

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Az ektoparazita Laboulbeniales gombák  
és a hangyagazdáik kapcsolata a  
Kárpát-medencében**

Báthori Ferenc

Témavezető: Dr. Tartally András Szabolcs



**DEBRECENI EGYETEM**

**Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola**

Debrecen, 2023



## 1. Bevezetés

Környezetünkben igen gyakran megfigyelhető a különböző életformák szoros, rövidebb vagy hosszabb távú interakciója. Az ilyen jellegű, organizmusok közti kapcsolat egy formája a parazitizmus, mely az egyik leggyakoribb életmód az élővilágban <sup>[1]</sup>. Gyakoriságánál fogva megannyi taxont érint, így a gazdák és a paraziták közti kapcsolatok igen változatosak lehetnek, amelyek kihathatnak az egész ökoszisztémára <sup>[2]</sup>. Egy faj akár több különböző életmódot (pl. endo- és ektoparazita) folytató taxon által is parazitálva lehet, melyek mind eltérő, bár döntően negatív hatással lehetnek rá <sup>[3,4]</sup>. Ezek a hatások megnyilvánulhatnak a gazdaszervezetek egészen komplex fiziológiai, illetve viselkedésbeli változásaiban <sup>[5,6]</sup>, míg más fajok csak korlátozottabban képesek hatással lenni gazdafajaikra <sup>[7,8]</sup>). Ez utóbbiak közé tartozik számos ektoparazita faj, melyek kevésbé állnak a tudományos kutatások középpontjában, annak ellenére, hogy megannyi fajuk ismert és széles körben képesek parazitálni különböző taxonokat <sup>[1]</sup>. Az egyik ilyen alulkutatott csoport a Laboulbeniales Engler (1898) gombák rendje, mely csak az elmúlt évtizedben kezdett újra a tudományos érdeklődés középpontjába kerülni.

Az ektoparazita Laboulbeniales gombarend fajai morfológiailag és életmódjukat tekintve is igen változatosak <sup>[9,10,11]</sup>), melyek kutatása immár több mint 100 évre nyúlik vissza <sup>[12,13,14,15,16,17]</sup>. Annak ellenére, hogy a rend több mint

2300 faja <sup>[18]</sup> a föld számos kontinensén megannyi ízeltlábú taxont parazitál <sup>[19]</sup>, az elmúlt évtizedben megjelent tanulmányoktól eltekintve meglehetősen alulkutatott csoportról beszélhetünk. A mai napig alig több, mint 2200 tudományos publikáció jelent meg a Laboulbeniales renddel kapcsolatban (Google Tudós keresés eredménye alapján, dátum: 2023. szeptember 24.), mely még a csoportba sorolt fajok számát sem éri el. Habár az utóbbi években a Laboulbeniales gombákkal foglalkozó kutatók száma itthon és külföldön is egyaránt emelkedett, e csoportról még mindig igen hiányos ismeretekkel rendelkezünk <sup>[20,21,22,23,24]</sup>.

A napjainkban világszerte tapasztalható nagymértékű biodiverzitás csökkenés szinte valamennyi ismert taxont érinti és globális problémát jelent <sup>[25,26]</sup>. Nem képeznek kivételt ez alól a Laboulbeniales gombák által parazitált ízeltlábú taxonok sem, melyek számos más fajjal állnak szoros kapcsolatban <sup>[19]</sup>. Hazánkban például a *Rickia wasmannii* Cavara gombafaj által parazitált *Myrmica scabrinodis* Latreille, 1804 hangyafajnál fokozottan védett boglárkalepkék [*Phengaris* spp. (van Eecke, 1915)] fejlődnek. Ezekről a lepkékről ismert, hogy a szintén védett tárnics fajokra [*Gentiana* spp. L.] rakják petéiket <sup>[27,28]</sup>, ráadásul e fajoknak számos egyéb parazitája is ismert. A *M. scabrinodis*-nak egy zengőlégy (*Microdon myrmicae* Schönrogge, Barr, Wardlaw, Napper, Gardner, Breen, Elmes & Thomas 2002) és számos atka <sup>[29,30]</sup>, vagy a védett *Phengaris* spp. lepkehernyónak az *Ichneumon eumerus* Wesmael, 1857

darázsfa] <sup>[27]</sup>. Sokkal kevesebb ismerettel rendelkezünk a három másik Palearktiszban előforduló hangyaparazita gombafajjal kapcsolatban (*Laboulbenia camponoti* S.W.T. *Batra*, *Laboulbenia formicarum* Thaxt. és *Rickia lenorii* Santam.) <sup>[31,32,33]</sup>, annak ellenére, hogy az általuk parazitált *Camponotus* Mayr, 1861, *Messor* Forel, 1890 és *Lasius* Fabricius, 1804 nemzetség kolóniái szintén igen diverz életközösségeknek adhatnak otthont és állhatnak komplex kapcsolatban egymással <sup>[33,34,35,36]</sup>. A kiragadott példák alapján belátható, hogy egyetlen faj (jelen esetben a Laboulbeniales rendbe tartozó *R. wasmannii*) számtalan másik, sokszor ritka és védett fajra lehet hatással, illetve állhat azokkal kapcsolatban. Éppen ezért fontos, hogy eredményes jövőbeli védelmük érdekében minél hamarabb és minél átfogóbb ismereteket szerezzünk ezen összetett gazda-parazita rendszerekről, megismerve azok elterjedését és gazdáikra gyakorolt hatását.

## **2. Célkitűzések**

A kutatómunkám alapvető célja volt a Laboulbeniales rendbe tartozó, elsősorban hangyákat fertőző gombafajok elterjedésének és gazdafajaikra való hatásának vizsgálata.

Munkám fontosabb célkitűzései a következők voltak:

I. Az Európában honos négy hangyaparazita Laboulbeniales gombafaj előfordulásának és gazdahasználatának feltérképezése a Magyar Természettudományi Múzeum Hártyásszárnyú (Hymenoptera) gyűjteményének és az

AntWeb.com weboldal online elérhető képadatbázisának átvizsgálásával, valamint terepi bejárásokkal, különös tekintettel a Kárpát-medencére.

II. A Kárpát-medencében széles körben elterjedt *Rickia wasmannii* gombafaj *Myrmica scabrinodis* hangyafajra gyakorolt hatásainak kísérletes vizsgálata, melynek során laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a gomba hatását a gazdafaj viselkedésére (agresszió, bátorság) és vízigényére, valamint túlélésére.

### 3. Anyagok és módszerek

#### I. A hangyaparazita *Laboulbeniales* gombák előfordulási adatai Európában és a Kárpát-medencében

A hangyaparazita *Laboulbeniales* gombák új előfordulási adatainak feltérképezéséhez a Magyar Természettudományi Múzeum Hymenoptera gyűjteményének *Messor structor* (Latreille, 1798) és *Camponotus aethiops* (Latreille, 1798) rovartüre preparált egyedeit vettettük alá sztereomikroszkópos vizsgálatnak, annak érdekében, hogy bizonyítsuk a *R. lenoirii* és a *L. camponoti* kárpát-medencei előfordulását. Ennek érdekében több mint 200 egyed *C. aethiops* és mintegy 500 egyed *M. structor* került átvizsgálásra.

A *L. formicarum* kimutatásának érdekében az összes ismert magyarországi *Lasius neglectus* Van Loon, Boomsma & Andrasfalvy, 1990 (szuper)kolóniából megközelítőleg 100-100 dolgozót gyűjtöttünk be, majd a gomba talluszok jelenléte után kutatva sztereomikroszkóppal átvizsgáltuk azokat. A vizsgálat során 4907 dolgozót néztünk át az ország számos pontjáról.

A *R. wasmannii* új gazdafaj és előfordulási adatainak reményében a hangyákkal foglalkozó AntWeb.org tudományos weboldal digitalizált képanyagát néztünk át. A vizsgálat során az összes *Myrmica* Latreille, 1804 nemzetségbe tartozó egyed (dolgozó, hím és nőstény) digitalizált képanyaga ellenőrzésre került, ami 133 *Myrmica* faj 397 egyedéhez (44 királynő, 30 hím, 323 dolgozó) tartozó, összesen 1409 darab kép

ellenőrzését eredményezte. Az egyedek Európából, Afrikából, Ázsiából valamint Észak-Amerikából voltak gyűjtve (Báthori és mtsai. <sup>[37]</sup>, 1. Kiegészítő táblázat). A képeket a fertőzöttnek bizonyuló egyedek detektálásához, összevetettük az általunk készített fertőzött egyedekről készült képekkel.

A vizsgálat során talált fertőzött egyedről egyetlen *R. wasmannii* talluszt távolítottunk el majd PVA rögzítő közegbe tárgylemezre preparáltuk. A kipreparált gomba tallusz a Genfi Városi Konzervatórium és Botanikus Kertbe került (Gyűjteményi szám: G00562301).

## *II. A Rickia wasmannii gomba hatása a Myrmica scabrinodis hangyafajra*

Laboratóriumi körülmények között teszteltük a *R. wasmannii* gombafaj hatását a *M. scabrinodis* hangyafaj vízigényére és túlélésére, melyhez összesen három kísérletet végeztünk. Az elsőben vizsgáltuk a fertőzött és nem fertőzött hangyaegyedek túlélését, melynek során élelem és víz megvonás mellett óránként rögzítettük a vizsgálatba vont összesen 480 dolgozóból az elpusztuló egyedek számát. Ehhez kapcsolódóan végeztünk egy kontroll vizsgálatot is másik 480 dolgozóval, melyben a kísérletbe vont hangyaegyedek számára *ad libitum* biztosítottunk vizet és az első kísérlettel megegyező ideig rögzítettük az esetlegesen elpusztuló egyedek számát. A harmadik kísérletben a fertőzött és nem fertőzött *M. scabrinodis*

egyedek vízfogyasztását mértük oly módon, hogy egy 12 óráig tartó vízmegvonás után megmértük, hogy az egyes egyedek mennyi időt töltenek vízfogyasztással.

A *R. wasmannii* gombafaj viselkedésmódosító hatását kétféle módszer segítségével vizsgáltuk. Az első kísérletben 216 fertőzött és 216 nem fertőzött dolgozó bátorságát vizsgáltuk oly módon, hogy megmértük az eltelt időt, mely alatt az egyedek a rendelkezésre bocsájtott menedéket felfedezés céljából elhagyták. Az ezt követő agresszió tesztben 240 (120 fertőzött és 120 fertőzetlen) dolgozót vontunk a vizsgálatba, melynek során páronként vizsgáltuk az egyedek egymás felé mutatott interakcióit. Ennek során hét különböző interakció forma kerülhetett rögzítésre, melynek statisztikai elemzése alapján értékeltük az egyes egyedek agresszivitását.

#### 4. Új tudományos eredmények

A Laboulbeniales gombák rendjébe tartozó hangyaparazita fajok valódi természetét a növekvő kutatási intenzitásnak köszönhetően csupán az utóbbi néhány évben kezdtük el megérteni. Annak ellenére, hogy a hat ismert hangyaparazita fajból Európában négy (*R. wasmannii*, *R. lenoirii*, *L. formicarum*, *L. camponoti*) is megtalálható, a gazdafajaikkal való interakcióik és elterjedésük sokáig meglehetősen alulkutatott volt.

Kutatómunkám célja e fajok kárpát-medencei elterjedésének és gazdafajaikra gyakorolt hatásának jobb megismerése volt, melynek kapcsán az alábbi új tudományos eredményeket értem el:

- A hangyaparazita Laboulbeniales fajok elterjedésével foglalkozó négy vizsgálatunk eredményeképpen két új fajt (*L. camponoti* és *R. lenoirii*) sikerült kimutatnunk a Kárpát-medence területéről, mely mindkét faj esetében a legészakabbi ismert előfordulásnak tekinthető. Ez új megvilágításba helyezte a két, főként a Mediterráneumból ismert gomba lehetséges elterjedését.
- Egy digitalizált képanyag (AntWeb.org) átvizsgálásával sikerült azonosítanunk a *R. wasmannii* eddig korábban nem ismert gazdafaját (*Myrmica hellenica* Finzi, 1926) Görögországból, mellyel a gomba ismert gazdafajainak száma kilencről tízre emelkedett.

- A fertőzött dolgozók továbbá magasabb mortalitást mutattak élelem- és vízmegvonás hatására, valamint megnövekedett vízigénnyel rendelkeztek. Ezek a hatások természetes körülmények között, hátrányt jelenthetnek a fertőzött kolóniák számára és hatással lehetnek a fajjal kapcsolatban lévő (szociál)parazitákra is.

## 5. Diskusszió

Annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedben egyre több kutató kezdett foglalkozni a csoporttal, a hangyaparazita Laboulbeniales gombák bizonyos fajainak elterjedéséről a mai napig meglehetősen hiányos ismeretekkel rendelkezünk. A Dél-Amerikában honos *D. formicicola* és *L. ecitonis* a leírásuk óta eltelt hosszú idő ellenére mindössze néhány helyről ismert <sup>[38]</sup>, és ez, a régióban dolgozó kutatók érdeklődésének hiányában a közeljövőben valószínűleg nem is fog megváltozni. A holarktikus fajok közül a *R. wasmannii*-nak és a *L. formicarum*-nak már számos előfordulási adata ismert, habár megjegyzendő, hogy míg a *L. formicarum* őshonos elterjedési területéről származó adatok a múlt század első feléből származnak és a vele kapcsolatos kutatások a múlt század közepére elhaltak Észak-Amerikában <sup>[31]</sup>, addig a nem őshonos területekről származó előfordulási adatok java az elmúlt két évtizedből vált ismerté <sup>[32,38,39,40]</sup>. Viszonylag jól ismert mára a *R. wasmannii*

elterjedési területe is, mely az ismert előfordulási adatok alapján a Nyugat-Palearktisz egy jelentős részét lefedi <sup>[37]</sup>. A *L. camponoti* és a *R. lenoirii* fajok potenciális elterjedése azonban még a közelmúlt új adataival kiegészítve is meglehetősen bizonytalan. A *L. camponoti*-nak jelenleg 19 előfordulási adata ismert, azonban ezek egymástól igen távoli régiókból származnak, meglehetősen sporadikusak <sup>[41]</sup>. Hasonlóan bizonytalan még a *R. lenoirii* potenciális elterjedési területe is, habár az ismert 23 előfordulási adata jelentősen kisebb területet ölel fel, mint a *L. camponoti* esetében <sup>[33]</sup>. Mivel mindkét gombafaj egy-egy igen diverz, nagyszámú hangyafajt magába foglaló nemzetséget parazitál (*Camponotus* és *Messor* fajok) <sup>[31]</sup>, így fennmaradó érdeklődés esetén feltételezhetően még nagyszámú előfordulási adata fog ismerté válni a jövőben, ahogy ezt a jelen dolgozatban bemutatott új eredmények is alátámasztják.

Az elterjedésük mellett sokáig ismeretlenek voltak a hangyaparazita Laboulbeniales gombák gazdáik viselkedésére gyakorolt hatásai is, amiről az újabb kutatásoknak <sup>[42,43,44]</sup> köszönhetően egyre több információ áll rendelkezésünkre. Ezek a tanulmányok feltárták a gomba hangyagazdáinak viselkedésbeli változásait, mint a megnövekedett vízfogyasztás <sup>[43]</sup> a fokozott tisztogató magatartás <sup>[42]</sup>, vagy a csökkent agresszivitás és bátorság <sup>[45]</sup>. Azonban meg kell jegyezni, hogy jelen disszertációban bemutatott vizsgálatainkban csak olyan fertőzött és nem fertőzött populációkból származó kolóniákkal

volt lehetőségünk dolgozni, amelyek kissé eltérő élőhelyekről származtak, így a különböző élőhelyekből fakadó környezeti paraméterek esetleges hatását nem tudjuk teljesen kizárni. Későbbi vizsgálatokban azonban egyazon élőhelyekről származó fertőzött és fertőzetlen kolóniák, illetve egyedek közt is kimutattak különbségeket <sup>[42]</sup>, így valószínűsíthető, hogy eredményeinket nem befolyásolták jelentősen a vizsgált kolóniákra ható élőhelyi-környezeti paraméterek. Hangsúlyozni kell azt is, hogy eddig szinte minden hangyaparazita Laboulbeniales-ekkel kapcsolatos negatív és pozitív hatásra vonatkozó viselkedésökológiai eredményt laboratóriumi kísérletek során értek el, ezért további, elsősorban terepi kísérletekre lenne szükség, hogy pontosabb képet kapjunk e gombáknak a gazdákra gyakorolt komplex hatásáról.

## 6. Köszönetnyilvánítás

Ez úton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, dr. Tartally Andrásnak, aki lehetővé tette és az évek alatt végig támogatta kutatásaim elvégzését. Köszönöm dr. Pfliegler Walternek, dr. Rádai Zoltánnak, dr. Csata Enikőnek, dr. Vincze Orsolyának, dr. Danny Haelewaters-nek, Tóth Enikőnek, dr. Gareth Dyke-nak, dr. Petr Klimes-nek, Alexander Wild-nak és Mirkó Erikának a kéziratok elkészítésében nyújtott nélkülözhetetlen segítségét. Köszönettel tartozok az Aggteleki, a Bükki és a Hortobágyi Nemzeti Park munkatársainak, hogy lehetővé tették a terepi kutatások feltételeit. Hasonló okokból köszönettel tartozom dr. Vas Zoltánnak, Puskás Gellértnek és Bernard Landry-nak a Magyar Természettudományi Múzeum és a Genfi Természettudományi Múzeum munkatársainak. Külön köszönet illeti dr. Rádai Zoltánt, Somogyi Anna Ágnesset, Márku Vivient, Ballai Lillát, Tóth Zsófiát, dr. Fekete Juditot, Sári Zsuzsannát, Varga Krisztinát, Czibere Juditot és Barta Kittit a terepi és laboratóriumi munkák során nyújtott segítségükért. Vizsgálatainkat az „AntLab” Marie Curie Career Integration Grant within the 7th European Community Framework Programme támogatta.



Nyilvántartási szám: DEENK/451/2023.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Báthori Ferenc  
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10048783

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Idégen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. Tartally, A., **Báthori, F.**: Does *Laboulbenia formicarum* (Ascomycota: Laboulbeniales) fungus infect the invasive garden ant, *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae), in Hungary? *e-Acta Nat. Pannon.* 8, 117-123, 2015. ISSN: 2061-3911.

#### Idégen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (5)

2. **Báthori, F.**, Pfliegler, V. P., Zimmerman, C. U., Tartally, A.: Online image databases as multi-purpose resources: discovery of a new host ant of *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota, Laboulbeniales) by screening AntWeb.org. *J. Hymenopt. Res.* 61, 85-94, 2017. ISSN: 1070-9428.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/jhr.61.20255>  
IF: 0.902
3. **Báthori, F.**, Rádai, Z., Tartally, A.: The effect of *Rickia wasmannii* (Ascomycota, Laboulbeniales) on the aggression and boldness of *Myrmica scabrinodis* (Hymenoptera, Formicidae). *J. Hymenopt. Res.* 58, 41-52, 2017. ISSN: 1070-9428.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/jhr.58.13253>  
IF: 0.902
4. **Báthori, F.**, Pfliegler, V. P., Tartally, A.: First records of the recently described ectoparasitic *Rickia lenoirii* Santam. (Ascomycota: Laboulbeniales) in the Carpathian Basin. *Sociobiology.* 62 (4), 620-622, 2015. ISSN: 0361-6525.  
IF: 0.702
5. **Báthori, F.**, Csata, E., Tartally, A.: *Rickia wasmannii* increases the need for water in *Myrmica scabrinodis* (Ascomycota: Laboulbeniales; Hymenoptera: Formicidae). *J. Invertebr. Pathol.* 126, 78-82, 2015. ISSN: 0022-2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.01.005>  
IF: 2.198





6. **Báthori, F.**, Pfielger, V. P., Tartally, A.: First records of the myrmecophilous fungus *Laboulbenia campanoti* Batra (Ascomycetes: Laboulbeniales) from the Carpathian Basin.  
*Sociobiology*. 61 (3), 338-340, 2014. ISSN: 0361-6525.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.338-340>  
IF: 0.372

### További közlemények

#### Magyar nyelvű könyvek (1)

7. Szerk. Gallé, L., Kovács, É., Csósz, S., Somogyi, A. Á., Tartally, A., **Báthori, F.**, Tánzos, E.:  
Contribution to the distribution of ant species in Hungary (e-book) . Debrecen : Debreceni  
Egyetemi Kiadó., 393 p., 2022. ISBN: 9789633189962

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

8. Csathó, A. I., Gallé, L., Lőrinczi, G., Tartally, A., **Báthori, F.**, Kovács, É., Maák, I. E., Markó, B.,  
Módra, G., Nagy, C., Somogyi, A. Á., Csósz, S.: A hazánkban előforduló és az ismertebb  
külföldi hangyafajok magyar nevei.  
*Állattani Közlemények*. 106 (1-2), 47-102, 2021. ISSN: 0002-5658.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.20331/AllKoz.2021.106.1-2.4>
9. Deák, B., Bede, Á., Tóth, C. A., Valkó, O., Lisetskii, F., Buryak, Z., Bragina, T. M., Apostolova, I.,  
Bán, M., **Báthori, F.**: Eurázsiai Kurgán Adatbázis - Új nemzetközi adatbázis a kunhalmok  
védelméért = Eurasian kurgan database - A new initiation for conserving steppe burial  
mounds.  
*Tájékológiai Lapok*. 18 (2), 97-111, 2020. ISSN: 1589-4673.
10. Deák, B., Lukács, K., **Báthori, F.**, Valkó, O.: Közönséges kígyónyelv (*Ophioglossum vulgatum*)  
meglepő új előfordulása a Tiszafüred-Kunhegyesi síkon.  
*Kitaibelia*. 24 (2), 257, 2019. ISSN: 1219-9672.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17542/kit.24.257>

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (19)

11. Csósz, S., **Báthori, F.**, Rádai, Z., Herczeg, G., Fisher, B. L.: Comparing ant morphology  
measurements from microscope and online AntWeb.org 2D zstacked images.  
*Ecol. Evol.* 13 (3), 1-11, 2023. ISSN: 2045-7758.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.9897>  
IF: 2.6 (2022)





12. Deák, B., Bede, Á., Rádai, Z., Dembicz, I., Apostolova, I., Batáry, P., Gallé, R., Tóth, C. A., Dózsai, J., Moysiyenko, I. I., Sudnik-Wójcikowska, B., Zachwatowicz, M., Nekhrizov, G., Lisetskii, F., Buryak, Z., Kis, S., Borza, S., Godó, L., Bragina, T. M., Smelansky, I., Molnár, Á., Bán, M., **Báthori, F.**, Árgay, Z., Dani, J., Kiss, R., Valkó, O.: Contribution of cultural heritage values to steppe conservation on ancient burial mounds of Eurasia.  
*Conserv. Biol.* 2023, 1-13, 2023. ISSN: 0888-8892.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.14148>  
IF: 6.3 (2022)
13. **Báthori, F.**, Jégh, T., Csósz, S.: Formerly considered rare, the ant species *Cryptopone ochracea* (Mayr, 1855) can be commonly detected using citizen-science tools.  
*Biodivers. Data J.* 10, 1-13, 2022. ISSN: 1314-2836.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/BDJ.10.e83117>  
IF: 1.3
14. Csósz, S., **Báthori, F.**, Molet, M., Majoros, G., Rádai, Z.: From Parasitized to Healthy-Looking Ants (Hymenoptera: Formicidae): Morphological Reconstruction Using Algorithmic Processing.  
*Life (Basel)* 12 (5), 1-11, 2022. EISSN: 2075-1729.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/life12050625>  
IF: 3.2
15. Lapeva-Gjonova, A., Csósz, S., **Báthori, F.**: Fungi Associated with Messor Ants on the Balkan Peninsula: First Biogeographical Data.  
*Diversity* 14 (12), 1-8, 2022. EISSN: 1424-2818.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/d14121132>  
IF: 2.4
16. Tartally, A., Szabó, N., Somogyi, A. Á., **Báthori, F.**, Haelewaters, D., Mucsi, A., Fűrjes-Mikó, Á., Nash, D. R.: Ectoparasitic fungi of Myrmica ants alter the success of parasitic butterflies.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-13, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-02800-3>  
IF: 4.996
17. Csósz, S., Rádai, Z., Tartally, A., Ballai, L. E., **Báthori, F.**: Ectoparasitic fungi *Rickia wasmannii* infection is associated with smaller body size in *Myrmica* ants.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-9, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-93583-0>  
IF: 4.996
18. Deák, B., **Báthori, F.**, Lőrinczi, G., Végvári, Z., Nagy, D., Mizser, S., Torma, A., Valkó, O., Tóthmérész, B.: Functional composition of ant assemblages in habitat islands is driven by habitat factors and landscape composition.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-9, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-00385-5>  
IF: 4.996





19. Deák, B., Kovács, B., Rádai, Z., Apostolova, I., Kelemen, A., Kiss, R., Lukács, K., Palpurina, S., Sopollieva, D., **Báthori, F.**, Valkó, O.: Linking environmental heterogeneity and plant diversity: The ecological role of small natural features in homogeneous landscapes.  
*Sci. Total Environ.* 763, 1-13, 2021. ISSN: 0048-9697.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144199>  
IF: 10.753
20. Csősz, S., **Báthori, F.**, Gallé, L., Lőrinczi, G., Maák, I. E., Tartally, A., Kovács, É., Somogyi, A. Á., Markó, B.: The Myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: Survey of Ant Species with an Annotated Synonymic Inventory.  
*Insects.* 12 (1), 1-14, 2021. EISSN: 2075-4450.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/insects12010078>  
IF: 3.139
21. Rádai, Z., Kiss, J., Babczyńska, A., Kardos, G., **Báthori, F.**, Samu, F., Barta, Z.: Consequences of rapid development owing to cohort splitting: just how costly is it to hurry?  
*J. Exp. Biol.* 223 (6), 1-15, 2020. ISSN: 0022-0949.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.219659>  
IF: 3.312
22. Szentiványi, T., Haelewaters, D., Rádai, Z., Mizsei, E., Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Tartally, A., Christe, P., Glazot, O.: Climatic effects on the distribution of ant- and bat fly-associated fungal ectoparasites (Ascomycota, Laboulbeniales).  
*Fungal Ecol.* 39, 371-379, 2019. ISSN: 1754-5048.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2019.03.003>  
IF: 2.656
23. Deák, B., Tóth, C. A., Bede, Á., Apostolova, I., Bragina, T. M., **Báthori, F.**, Bán, M.: Eurasian Kurgan Database - a citizen science tool for conserving grasslands on historical sites.  
*Hacquetia.* 18 (2), 179-187, 2019. ISSN: 1581-4661.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/hacq-2019-0007>
24. Haelewaters, D., Boer, P., **Báthori, F.**, Rádai, Z., Reboleira, A. S. P. S., Tartally, A., Pfliegler, V. P., De Kesel, A., Nedvéd, O.: Studies of Laboulbeniales on Myrmica ants (IV): host-related diversity and thallus distribution patterns of Rickia wasmannii.  
*Parasite.* 26, 1-17, 2019. ISSN: 1252-607X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2019028>  
IF: 2.05
25. Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Wang, T., Tartally, A., Haelewaters, D.: Herpomyces ectoparasitic fungi (Ascomycota, Laboulbeniales) are globally distributed by their invasive cockroach hosts and through the pet trade industry.  
*Mycologia.* 110 (1), 39-46, 2018. ISSN: 0027-5514.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00275514.2017.1418567>  
IF: 2.861





26. **Báthori, F.**, Pfliegler, V. P., Rádai, Z., Tartally, A.: Host age determines parasite load of Laboulbeniales fungi infecting ants: Implications for host-parasite relationship and fungal life history.  
*Mycoscience*. 59 (2), 166-171, 2018. ISSN: 1340-3540.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.myc.2017.09.004>  
IF: 1.38
27. Pfliegler, V. P., Tálas, L., **Báthori, F.**, Tartally, A., Pócsi, I., Szemán-Nagy, G.: Antifungal Effect of Silver Nanoparticles on *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota: Laboulbeniales) Infecting *Myrmica scabrinodis* Nylander (Formicidae) Ants.  
*Sociobiology*. 63 (2), 851-854, 2016. ISSN: 0361-6525.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.1049>  
IF: 0.699
28. Pfliegler, V. P., Fekete, J., **Báthori, F.**, Tartally, A.: First Central European record of the fungus *Prolixandromyces triandrus* Santam. (Ascomycota: Laboulbeniales), a parasite of veliid bugs (Heteroptera: Veliidae), with notes on its biology and DNA barcoding.  
*Aquat. Insects*. 37 (3), 215-223, 2016. ISSN: 0165-0424.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01650424.2016.1194434>  
IF: 0.524
29. Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Haelewaters, D., Tartally, A.: Studies of Laboulbeniales on Myrmica ants (III): myrmecophilous arthropods as alternative hosts of *Rickia wasmannii*.  
*Parasite-J. Soc. Fr. Parasitol.* 23 (50), 1-7, 2016. ISSN: 1252-607X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2016060>  
IF: 2.545

Idégen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

30. Deák, B., Tóth, C. A., Bede, Á., Apostolova, I., Bán, M., **Báthori, F.**: Citizen science as a tool for conserving grasslands on sacred natural sites: the main goals of the Eurasian Kurgan Database.  
*Fritschiana*. 92, 8, 2019. ISSN: 1024-0306.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 65,783**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 5,076**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományterületi ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2023.10.02.



**Short thesis for the degree of doctor of  
philosophy (PhD)**

**The relationship between ectoparasitic  
Laboulbeniales fungi and their ant hosts  
in the Carpathian Basin**

by Ferenc Báthori

Supervisor: Dr. Tartally András Szabolcs



UNIVERSITY OF DEBRECEN  
Juhász-Nagy Pál Doctoral School

Debrecen, 2023



## 1. Introduction

In our environment, we can often observe close interactions between different life forms, lasting for longer or shorter periods of time. Parasitism is a form of this kind of relationship between organisms and is one of the most common lifestyles in the biosphere <sup>[1]</sup>. As it is a very common lifestyle, it affects a wide range of taxa and can therefore be very diverse, with implications for the whole ecosystem <sup>[2]</sup>. A species may be parasitized by several taxa with different life styles (e.g. endo- and ectoparasitic), all of which may have different, albeit predominantly negative effects on their host <sup>[3,4]</sup>. These effects can manifest themselves in quite complex physiological and behavioral changes in hosts <sup>[5,6]</sup>, but some taxa have only limited ability to affect their hosts <sup>[7,8]</sup>. The latter include a number of ectoparasitic species that have received less scientific attention, despite the fact that many species are known and can parasitize a wide range of taxa <sup>[1]</sup>. One of these understudied groups is the fungal order Laboulbeniales Engler (1898), which has only in the last decade begun to attract renewed scientific attention.

The ectoparasitic Laboulbeniales species are highly diverse <sup>[9,10,11]</sup>, with research dating back over 100 years <sup>[12,13,14,15,16,17]</sup>. Despite the fact that more than 2,300 species of the order <sup>[18]</sup> parasitize a large number of arthropod taxa on many continents of the world <sup>[19]</sup>, it is a rather understudied group, apart from studies published in the last decade. To date, there have been just over 2200 scientific publications on the order

Laboulbeniales (based on a Google Scholar search result dated 24 September 2023), which is less than the number of species included in the group. Although the number of researchers working on Laboulbeniales fungi has increased in recent years, both at national and international level, there is still a very limited knowledge of this group <sup>[20,21,22,23,24]</sup>.

The large-scale biodiversity loss worldwide affects almost all species and is a global problem <sup>[25,26]</sup>. Arthropod taxa parasitized by Laboulbeniales fungi are no exception, and are closely associated with many other species <sup>[19]</sup>. In our country, for example, the ant species *Myrmica scabrinodis* Latreille, 1804 is simultaneously infected by *Rickia wasmannii* and parasitized by highly protected butterflies [*Phengaris* spp. (van Eecke, 1915)]. These butterflies are known to lay their eggs on the also protected *Gentiana* spp. L plants <sup>[27,28]</sup>, and in addition, several other parasites of these species are known. For *M. scabrinodis*, it is a species of hoverflies (*Microdon myrmicae* Schönrogge, Barr, Wardlaw, Napper, Gardner, Breen, Elmes and Thomas 2002) and several mites <sup>[29,30]</sup>, or for the protected *Phengaris* spp. butterflies, *Ichneumon eumerus* Wesmael, 1857 wasp species <sup>[27]</sup>. Much less is known about the three other species of ant parasitic fungi (*Laboulbenia camponoti* S.W.T. Batra, *Laboulbenia formicarum* Thaxt. and *Rickia lenorii* Santam.) occurring in the Palearctic <sup>[31,32,33]</sup>, despite the fact that the colonies of the genera *Camponotus* Mayr, 1861, *Messor* Forel, 1890 and *Lasius* Fabricius, 1804 that they parasitize may also

harbour highly diverse communities [33,34,35,36]. The examples given show that a single species can affect or be related to countless other, often rare and protected species. It is therefore important to gain a more comprehensive understanding of these complex host-parasite systems as soon as possible, in order to ensure their effective conservation in the future, by understanding their distribution and impact on their hosts.

## 2. Objectives

The main objective of my research was to investigate the distribution and impact on host species of fungi of the order Laboulbeniales.

The main objectives of my thesis were the following:

I. To map the occurrence and host use of the four ant-parasitic Laboulbenial species, occurring in Europe, by reviewing the Hymenoptera collection of the Hungarian Natural History Museum and the online image database of the AntWeb.com website, with special emphasis on the Carpathian Basin.

II. To experimentally study the effects of the widespread *Rickia wasmannii* fungus on *Myrmica scabrinodis* ant species, testing the effects of the fungus on their aggression, boldness, water consumption and survival.

### 3. Materials and Methods

#### *I Occurrence data of ant parasitic Laboulbeniales fungi in Europe and the Carpathian Basin*

In order to investigate new occurrence data of *R. lenoirii* and *L. camponoti*, we examined specimens of *Messor stuctor* and *Camponotus aethiops* prepared on insect pins from the Hymenoptera collection of the Hungarian Natural History Museum. For this purpose, more than 200 specimens of *C. aethiops* and about 500 specimens of *M. stuctor* were subjected to stereomicroscopic examination.

To detect *L. formicarum*, approximately 100-100 worker specimens from all known *Lasius neglectus* (super)colonies in Hungary were collected and examined by stereomicroscopy for the presence of fungal thalli. During the study, more than 4900 workers were screened from several locations in the country.

In search of a new host species and occurrence data for *R. wasmannii*, digitized images from the AntWeb.org scientific website on ants were reviewed. Digitized images of all individuals (worker, male and queen) belonging to the genus *Myrmica* were screened, resulting in a total of 1409 images of 397 individuals (44 queens, 30 males, 323 workers) from 133 *Myrmica* species. The screened specimens were collected from Europe, Africa, Asia and North America (Báthori et al. <sup>[37]</sup>, Supplementary Table 1). To detect infected individuals, the images were compared with our images of infected individuals.

A single *R. wasmannii* thallus was removed from the infected specimen found during the study (see 2.5.2) and prepared on slides in PVA mounting medium. The slide-mounted fungal thallus was deposited at Conservatoire and Jardin botaniques de Genève (Collection No. G00562301).

## *II. Effect of the fungus Rickia wasmannii on the ant species Myrmica scabrinodis.*

The effect of *R. wasmannii* on the water consumption and survival of *M. scabrinodis* was tested under laboratory conditions, in a total of three experiments. In the first, the survival of infected and uninfected ant individuals was examined by recording the number of individuals dying every hour from a total of 480 workers in the study, under food and water deprivation. A control study was also conducted with another 480 workers, in which water was provided ad libitum to the ants in the experiment and the number of individuals that died was recorded for the same time as in the first experiment. In the third experiment, the water consumption of infected and uninfected *M. scabrinodis* individuals was recorded by measuring the time spent by each individual consuming water after a 12-hour water deprivation period.

The behaviour modifying effect of *R. wasmannii* was investigated using two different methods. In the first experiment, the boldness of 216 infected and 216 uninfected workers was assessed by measuring the time spent by

individuals leaving the shelter provided for exploration. In a subsequent aggression test, 240 workers (120 infected and 120 uninfected) were included in the study, and pairwise interactions between individuals were examined. Seven different types of interactions were recorded and the statistical analysis was used to evaluate the aggressive behaviour of each individual.

#### 4. New scientific results

The true nature of the ant parasitic species of the order Laboulbeniales fungi has only begun to be understood in the last few years, thanks to increasing scientific research intensity. Despite the fact that four of the six known ant parasitic species (*R. wasmannii*, *R. lenoirii*, *L. formicarum*, *L. camponoti*) are found in Europe, their interactions and distribution with their host species have been rather understudied for a long time.

The aim of my research was to gain a better understanding of the distribution of these species in the Carpathian Basin and their impact on their host species, and I have achieved the following new scientific results:

- Our four studies on the distribution of the ant parasitic Laboulbeniales species resulted in the detection of two new species (*L. camponoti* and *R. lenoirii*) from the Carpathian Basin, which are the northernmost known occurrences of both species. This sheds new light on the possible distribution of these two fungi, which are mainly known from the Mediterranean.
- By scanning a digitised image data set (AntWeb.org), we also identified a previously unknown host species (*Myrmica hellenica* Finzi, 1926) of *R. wasmannii* from Greece, bringing the total number of known host species of the fungus from nine to ten.

- Compared with uninfected individuals, infected workers showed less boldness and aggression during the studies. Infected workers also showed higher mortality under food and water deprivation and increased water consumption. These effects, under natural conditions, can be detrimental to infected colonies and may also affect (social)parasites associated with the host species.

## 5. Discussion

Despite the increasing number of researchers working on ant parasitic Laboulbeniales fungi over the last decade, knowledge about the distribution of certain species of this group is still rather incomplete. *D. formicicola* and *L. ecitonis*, native to South America, are known from only a few localities, despite the long time since their description <sup>[38]</sup>, and this is unlikely to change in the near future, given the lack of interest from researchers working in the region. Among the Holarctic species, the distribution area of *R. wasmannii* and *L. formicarum* is now fairly well known, although it should be noted that while the occurrence data from the native distribution of *L. formicarum* comes from the first half of the last century and research on it died out in North America by the middle of the last century <sup>[31]</sup>, while most of the data from non-native areas have become known in the last two decades <sup>[32,38,39,40]</sup>. Similarly, the distribution range of *R. wasmannii* is now well known, covering a significant part of the Western Palaearctic with numerous occurrence data <sup>[37]</sup>. However, the potential distribution of *L. camponoti* and *R. lenoirii* is still rather uncertain, even with the addition of recent data. Currently, 19 occurrence data are known for *L. camponoti*, but these are from very distant regions and are quite sporadic <sup>[41]</sup>. The potential range of *R. lenoirii* is similarly uncertain, although the 23 known occurrence data cover a significantly smaller area than for *L. camponoti* <sup>[33]</sup>. As both fungal species parasitize a very diverse genus with a large

number of ant species (genera *Camponotus* and *Messor*)<sup>[31]</sup>, it is assumed that, if there is continued interest, a large number of occurrence data will become available in the future, as supported by the new results presented in my thesis.

In addition to their distribution, the effects of ant parasitic Laboulbeniales fungi on the behaviour of their hosts were unknown for a long time, but thanks to recent research<sup>[42,43,44]</sup> more and more information is available about this topic. These studies have revealed behavioural changes in their hosts, such as increased water consumption<sup>[43]</sup>, increased cleaning behaviour<sup>[42]</sup>, or reduced aggression and boldness<sup>[45]</sup>. It should be noted, however, that in the studies presented in this thesis we were only able to work with colonies from infected and non-infected populations from slightly different habitats, so we cannot completely rule out the possible influence of environmental parameters from different habitats. However, subsequent studies have also shown differences between infected and uninfected colonies and individuals from the same habitats<sup>[42]</sup>, so it is likely that our results were not influenced by different environmental parameters affecting the colonies studied. It should also be emphasized that, so far, almost all results on negative and positive effects of ant parasitic Laboulbeniales have been obtained in laboratory experiments, and further experiments, mainly in the field, would be needed to obtain a more accurate picture of the complex effects of these fungi on their hosts.



## **6. Acknowledgements**

I would like to thank my supervisor, Dr. András Tartally, who made my research possible and supported me throughout the years. I thank Dr. Walter Pfliegler, Dr. Zoltán Rádai, Dr. Enikő Csata, Dr. Orsolya Vincze, Dr. Danny Haelewaters, Enikő Tóth, Dr. Gareth Dyke, Dr. Petr Klimes, Alexander Wild, and Erika Mirkó for their indispensable help in preparing the manuscripts. I would like to thank the staff of the Aggtelek, Bükk and Hortobágy National Parks for making the field research possible. For similar reasons, I am grateful to Dr. Zoltán Vas, Gellért Puskás and Bernard Landry of the Hungarian Museum of Natural History and the Natural History Museum of Geneva. Special thanks go to Dr. Zoltán Rádai, Anna Ágnes Somogyi, Vivien Márku, Lilla Ballai, Zsófia Tóth, Judit Fekete, Zsuzsanna Sári, Krisztina Varga, Judit Czibere and Kittit Barta for their help during field and laboratory work. Our studies were supported by the "AntLab" Marie Curie Career Integration Grant within the 7th European Community Framework Programme.



Registry number: DEENK/451/2023.PL  
Subject: PhD Publication List

Candidate: Ferenc Báthori

Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences

MTMT ID: 10048783

### List of publications related to the dissertation

#### Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

1. Tartally, A., Báthori, F.: Does *Laboulbenia formicarum* (Ascomycota: Laboulbeniales) fungus infect the invasive garden ant, *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae), in Hungary? *e-Acta Nat. Pannon.* 8, 117-123, 2015. ISSN: 2061-3911.

#### Foreign language scientific articles in international journals (5)

2. Báthori, F., Pfliegler, V. P., Zimmerman, C. U., Tartally, A.: Online image databases as multi-purpose resources: discovery of a new host ant of *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota, Laboulbeniales) by screening AntWeb.org. *J. Hymenopt. Res.* 61, 85-94, 2017. ISSN: 1070-9428.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/jhr.61.20255>  
IF: 0.902
3. Báthori, F., Rádai, Z., Tartally, A.: The effect of *Rickia wasmannii* (Ascomycota, Laboulbeniales) on the aggression and boldness of *Myrmica scabrinodis* (Hymenoptera, Formicidae). *J. Hymenopt. Res.* 58, 41-52, 2017. ISSN: 1070-9428.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/jhr.58.13253>  
IF: 0.902
4. Báthori, F., Pfliegler, V. P., Tartally, A.: First records of the recently described ectoparasitic *Rickia lenoiri* Santam. (Ascomycota: Laboulbeniales) in the Carpathian Basin. *Sociobiology.* 62 (4), 620-622, 2015. ISSN: 0361-6525.  
IF: 0.702
5. Báthori, F., Csata, E., Tartally, A.: *Rickia wasmannii* increases the need for water in *Myrmica scabrinodis* (Ascomycota: Laboulbeniales; Hymenoptera: Formicidae). *J. Invertebr. Pathol.* 126, 78-82, 2015. ISSN: 0022-2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.01.005>  
IF: 2.198





6. **Báthori, F.**, Pfliegler, V. P., Tartally, A.: First records of the myrmecophilous fungus *Laboulbenia campanoti* Batra (Ascomycetes: Laboulbeniales) from the Carpathian Basin.  
*Sociobiology*. 61 (3), 338-340, 2014. ISSN: 0361-6525.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.338-340>  
IF: 0.372

#### List of other publications

##### Hungarian books (1)

7. Szerk. Gallé, L., Kovács, É., Csőszy, S., Somogyi, A. Á., Tartally, A., **Báthori, F.**, Tánccos, E.:  
Contribution to the distribution of ant species in Hungary (e-book). Debreceni Egyetemi  
Kiadó, Debrecen, 393 p., 2022. ISBN: 9789633189962

##### Hungarian scientific articles in Hungarian journals (3)

8. Csathó, A. I., Gallé, L., Lőrinczi, G., Tartally, A., **Báthori, F.**, Kovács, É., Maák, I. E., Markó, B.,  
Módra, G., Nagy, C., Somogyi, A. Á., Csőszy, S.: A hazánkban előforduló és az ismertebb  
külföldi hangyafajok magyar nevei.  
*Állattani Közlemények*. 106 (1-2), 47-102, 2021. ISSN: 0002-5658.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.20331/AllKoz.2021.106.1-2.4>
9. Deák, B., Bede, Á., Tóth, C. A., Valkó, O., Lisetskii, F., Buryak, Z., Bragina, T. M., Apostolova, I.,  
Bán, M., **Báthori, F.**: Eurázsiai Kurgán Adatbázis - Új nemzetközi adatbázis a kunhalmok  
védelméért = Eurasian kurgan database - A new initiation for conserving steppic burial  
mounds.  
*Tájékológiai Lapok*. 18 (2), 97-111, 2020. ISSN: 1589-4673.
10. Deák, B., Lukács, K., **Báthori, F.**, Valkó, O.: Közönséges kígyónyelv (*Ophioglossum vulgatum*)  
meglepő új előfordulása a Tiszafüred-Kunhegyesi síkon.  
*Kitaibelia*. 24 (2), 257, 2019. ISSN: 1219-9672.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17542/kit.24.257>

##### Foreign language scientific articles in international journals (19)

11. Csőszy, S., **Báthori, F.**, Rádaj, Z., Herczeg, G., Fisher, B. L.: Comparing ant morphology  
measurements from microscope and online AntWeb.org 2D zstacked images.  
*Ecol. Evol.* 13 (3), 1-11, 2023. ISSN: 2045-7758.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.9897>  
IF: 2.6 (2022)





12. Deák, B., Bede, Á., Rádai, Z., Dembicz, I., Apostolova, I., Batáry, P., Gallé, R., Tóth, C. A., Dózsai, J., Moysiyenko, I. I., Sudnik-Wójcikowska, B., Zachwatowicz, M., Nekhrizov, G., Lisetskii, F., Buryak, Z., Kis, S., Borza, S., Godó, L., Bragina, T. M., Smelansky, I., Molnár, Á., Bán, M., **Báthori, F.**, Árgay, Z., Dani, J., Kiss, R., Valkó, O.: Contribution of cultural heritage values to steppe conservation on ancient burial mounds of Eurasia.  
*Conserv. Biol.* 2023, 1-13, 2023. ISSN: 0888-8892.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.14148>  
IF: 6.3 (2022)
13. **Báthori, F.**, Jégh, T., Csósz, S.: Formerly considered rare, the ant species *Cryptopone ochracea* (Mayr, 1855) can be commonly detected using citizen-science tools.  
*Biodivers. Data J.* 10, 1-13, 2022. ISSN: 1314-2836.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/BDJ.10.e83117>  
IF: 1.3
14. Csósz, S., **Báthori, F.**, Molet, M., Majoros, G., Rádai, Z.: From Parasitized to Healthy-Looking Ants (Hymenoptera: Formicidae): Morphological Reconstruction Using Algorithmic Processing.  
*Life (Basel)*. 12 (5), 1-11, 2022. EISSN: 2075-1729.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/life12050625>  
IF: 3.2
15. Lapeva-Gjonova, A., Csósz, S., **Báthori, F.**: Fungi Associated with Messor Ants on the Balkan Peninsula: First Biogeographical Data.  
*Diversity*. 14 (12), 1-8, 2022. EISSN: 1424-2818.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/d14121132>  
IF: 2.4
16. Tartally, A., Szabó, N., Somogyi, A. Á., **Báthori, F.**, Haelewaters, D., Mucsi, A., Fűrjes-Mikó, Á., Nash, D. R.: Ectoparasitic fungi of Myrmica ants after the success of parasitic butterflies.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-13, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-02800-3>  
IF: 4.996
17. Csósz, S., Rádai, Z., Tartally, A., Ballai, L. E., **Báthori, F.**: Ectoparasitic fungi *Rickia wasmannii* infection is associated with smaller body size in *Myrmica* ants.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-9, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-93583-0>  
IF: 4.996
18. Deák, B., **Báthori, F.**, Lőrinczi, G., Végvári, Z., Nagy, D., Mizser, S., Torma, A., Valkó, O., Tóthmérész, B.: Functional composition of ant assemblages in habitat islands is driven by habitat factors and landscape composition.  
*Sci. Rep.* 11 (1), 1-9, 2021. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-00385-5>  
IF: 4.996





19. Deák, B., Kovács, B., Rádai, Z., Apostolova, I., Kelemen, A., Kiss, R., Lukács, K., Palpurina, S., Sopotlieva, D., **Báthori, F.**, Valkó, O.: Linking environmental heterogeneity and plant diversity: The ecological role of small natural features in homogeneous landscapes. *Sci. Total Environ.* 763, 1-13, 2021. ISSN: 0048-9697.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144199>  
IF: 10.753
20. Csősz, S., **Báthori, F.**, Gallé, L., Lőrinczi, G., Maák, I. E., Tartally, A., Kovács, É., Somogyi, A. Á., Markó, B.: The Myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: Survey of Ant Species with an Annotated Synonymic Inventory. *Insects.* 12 (1), 1-14, 2021. EISSN: 2075-4450.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/insects12010078>  
IF: 3.139
21. Rádai, Z., Kiss, J., Babczyńska, A., Kardos, G., **Báthori, F.**, Samu, F., Barta, Z.: Consequences of rapid development owing to cohort splitting: just how costly is it to hurry? *J. Exp. Biol.* 223 (6), 1-15, 2020. ISSN: 0022-0949.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.219659>  
IF: 3.312
22. Szentiványi, T., Haelewaters, D., Rádai, Z., Mizsei, E., Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Tartally, A., Christe, P., Glazit, O.: Climatic effects on the distribution of ant- and bat fly-associated fungal ectoparasites (Ascomycota, Laboulbeniales). *Fungal Ecol.* 39, 371-379, 2019. ISSN: 1754-5048.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2019.03.003>  
IF: 2.656
23. Deák, B., Tóth, C. A., Bede, Á., Apostolova, I., Bragina, T. M., **Báthori, F.**, Bán, M.: Eurasian Kurgan Database - a citizen science tool for conserving grasslands on historical sites. *Hacquetia.* 18 (2), 179-187, 2019. ISSN: 1581-4661.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/hacq-2019-0007>
24. Haelewaters, D., Boer, P., **Báthori, F.**, Rádai, Z., Reboleira, A. S. P. S., Tartally, A., Pfliegler, V. P., De Kesel, A., Nedvéd, O.: Studies of Laboulbeniales on Myrmica ants (IV): host-related diversity and thallus distribution patterns of Rickia wasmannii. *Parasite.* 26, 1-17, 2019. ISSN: 1252-607X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2019028>  
IF: 2.05
25. Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Wang, T., Tartally, A., Haelewaters, D.: Herpomyces ectoparasitic fungi (Ascomycota, Laboulbeniales) are globally distributed by their invasive cockroach hosts and through the pet trade industry. *Mycologia.* 110 (1), 39-46, 2018. ISSN: 0027-5514.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00275514.2017.1418567>  
IF: 2.861





26. **Báthori, F.**, Pfliegler, V. P., Rádai, Z., Tartally, A.: Host age determines parasite load of Laboulbeniales fungi infecting ants: Implications for host-parasite relationship and fungal life history.  
*Mycoscience*. 59 (2), 166-171, 2018. ISSN: 1340-3540.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.myc.2017.09.004>  
IF: 1.38
27. Pfliegler, V. P., Tálas, L., **Báthori, F.**, Tartally, A., Pócsi, I., Szemán-Nagy, G.: Antifungal Effect of Silver Nanoparticles on *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota: Laboulbeniales) Infecting *Myrmica scabrinodis* Nylander (Formicidae) Ants.  
*Sociobiology*. 63 (2), 851-854, 2016. ISSN: 0361-6525.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.1049>  
IF: 0.699
28. Pfliegler, V. P., Fekete, J., **Báthori, F.**, Tartally, A.: First Central European record of the fungus *Prolixandromyces triandrus* Santam. (Ascomycota: Laboulbeniales), a parasite of veliid bugs (Heteroptera: Veliidae), with notes on its biology and DNA barcoding.  
*Aquat. Insects*. 37 (3), 215-223, 2016. ISSN: 0165-0424.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01650424.2016.1194434>  
IF: 0.524
29. Pfliegler, V. P., **Báthori, F.**, Haelewaters, D., Tartally, A.: Studies of Laboulbeniales on *Myrmica* ants (III): myrmecophilous arthropods as alternative hosts of *Rickia wasmannii*.  
*Parasite-J. Soc. Fr. Parasitol.* 23 (50), 1-7, 2016. ISSN: 1252-607X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2016060>  
IF: 2.545

Foreign language abstracts (1)

30. Deák, B., Tóth, C. A., Bede, Á., Apostolova, I., Bán, M., **Báthori, F.**: Citizen science as a tool for conserving grasslands on sacred natural sites: the main goals of the Eurasian Kurgan Database.  
*Fritschiana*. 92, 8, 2019. ISSN: 1024-0306.

**Total IF of journals (all publications): 65,783**

**Total IF of journals (publications related to the dissertation): 5,076**

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.



02 October, 2023

## Irodalomjegyzék/References

1. Dobson, A., Lafferty, K.D., Kuris, A.M., Hechinger, R.F., & Jetz, W. 2008: Homage to Linnaeus: how many parasites? How many hosts?. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 11482–11489. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803232105>
2. Hatcher, M.J., Dick, J.T., & Dunn, A.M. 2012: Diverse effects of parasites in ecosystems: linking interdependent processes. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(4): 186–194. <https://doi.org/10.1890/110016>
3. Duron, O., Bouchon, D., Boutin, S., Bellamy, L., Zhou, L., Engelstädter, J., & Hurst, G.D. 2008: The diversity of reproductive parasites among arthropods: Wolbachia do not walk alone. *BMC biology* 6: 1–12. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-6-27>
4. Haelewaters, D., Shapiro-Ilan, D.I., & Cottrell, T.E. 2018: Will dual fungal infections increase mortality of *Harmonia axyridis* in natural populations. *IOBC-WPRS Bulletin* 137: 12–16.
5. Biron, D.G., Marché, L., Ponton, F., Loxdale, H.D., Galéotti, N., Renault, L., ... & Thomas, F. 2005: Behavioural manipulation in a grasshopper harbouring hairworm: a proteomics approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272(1577): 2117–2126. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3213>
6. Mongkolsamrit, S., Kobmoo, N., Tasanathai, K., Khonsanit, A., Noisripoom, W., Srikitikulchai, P., ... & Luangsa-Ard, J.J. 2012: Life cycle, host range and temporal variation of *Ophiocordyceps unilateralis/Hirsutella formicarum* on Formicine ants. *Journal of Invertebrate Pathology* 111(3): 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.08.007>
7. Barnard, C.F. (Ed.). 1990: *Parasitism and Host Behaviour* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12650>

8. Goater, T., Goater, C., & Esch, G. 2013: Parasitism: *The Diversity and Ecology of Animal Parasites* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139047876>
9. Majewski, T. 1994: The Laboulbeniales of Poland. *Polish Botanical Studies* 7: 1–466.
10. Weir, A., Hammond, P.M. 1997: Laboulbeniales on beetles: host utilization patterns and species richness of the parasites. *Biodiversity & Conservation* 6(5): 701–719.
11. Santamaria, S. 2001: Los Laboulbeniales, un grupo enigmático de hongos parásitos de insectos. *Lazaroa* 22: 3–19.
12. Thaxter, R. 1896: Contribution towards a monograph of the Laboulbeniaceae, Part I. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* 12(3): 188–429.
13. Thaxter, R. 1908: Contribution toward a Monograph of the Laboulbeniaceæ: Part II. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* 13(6): 219–469.
14. Thaxter, R.. 1924: Contribution towards a monograph of the Laboulbeniaceae, Part III. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* 14(5): 315–409.
15. Thaxter, R.. 1926: Contribution towards a monograph of the Laboulbeniaceae, Part IV. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* 15(4): 331–555.
16. Thaxter, R.. 1931: Contribution towards a monograph of the Laboulbeniaceae, Part V. *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences* 16: 7–435.
17. Faull, J.H. 1911: The cytology of the Laboulbeniales. *Annals of Botany* 25(99): 649–654.
18. Kirk PM. 2019: Catalogue of Life database. Website: <http://www.catalogueoflife.org>.
19. Kaur, S., Mukerji, K.G. 2006: The Laboulbeniales (Ascomycetes): distribution and host parasite relationships.

*Current Concepts in Botany*. IK International, New Delhi, 19–35.

20. Pfliegler, W.P., Báthori, F., Haelewaters, D., Tartally, A. 2016: Studies of Laboulbeniales on *Myrmica* ants (III): myrmecophilous arthropods as alternative hosts of *Rickia wasmannii*. *Parasite* 23: 50. <https://doi.org/10.1051/parasite/2016060>
21. Haelewaters, D., Pfliegler, W.P., Gorczak, M., & Pfister, D.H. 2019: Birth of an order: comprehensive molecular phylogenetic study excludes Herpomycetes (Fungi, Laboulbeniomycetes) from Laboulbeniales. *Molecular phylogenetics and evolution* 133: 286–301. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.01.007>
22. Reboleira, A.S.P., Moritz, L., Santamaria, S., & Enghoff, H. 2021: Penetrative and non-penetrative interaction between Laboulbeniales fungi and their arthropod hosts. *Scientific Reports* 11(1): 22170. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01729-x>
23. Haelewaters, D., Matthews, T.J., Wayman, J.P., Cazabonne, J., Heyman, F., Quandt, C.A., & Martin, T.E. 2023: Biological knowledge shortfalls impede conservation efforts in poorly studied taxa—A case study of Laboulbeniomycetes. *Journal of Biogeography* <https://doi.org/10.1111/jbi.14725>
24. Van Caenegem, W., Blondelle, A., Dumolein, I., Santamaria, B., Dick, C. W., Hiller, T., ... & Haelewaters, D. 2023: Five new species of *Gloeandromyces* (Fungi, Laboulbeniales) from tropical American bat flies (Diptera, Streblidae), revealed by morphology and phylogenetic reconstruction. *Mycologia* 1–24. <https://doi.org/10.1080/00275514.2023.2230114>
25. Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S., Naeem, S.

- 2012: Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401): 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
26. Giam, X. 2017: Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23): 5775–5777. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706264114>
27. Tartally, A. 2008: Myrmecophily of *Maculinea* butterflies in the Carpathian Basin (Lepidoptera: Lycaenidae). University of Debrecen: Debrecen, Hungary.
28. Tartally, A., Thomas, J. A., Anton, C., Balletto, E., Barbero, F., Bonelli, S., Bräu, M., Casacci, L.P., Csósz, S., Czekes, Zs., Dolek, M., Dziekańska, I., Elmes, G., Fürst, M.A., Glinka, U., Hochberg, M.E., Höttinger, H., Hula, V., Maes, D., Munguira, M.L., Musche, M., Nielsen, P.S., Nowicki, P., Oliveira, P.S., Peregovits, L., Ritter, S., Schlick-Steiner, B.C., Settele, J., Sielezniew, M., Simcox, D.J., Stankiewicz, A.M., Steiner, F.M., Švitra, G., Ugelvig, L.V., Van Dyck, H., Varga, Z., Witek, M., Woyciechowski, M., Wynhoff, I., Nash, D. R. 2019: Patterns of host use by brood parasitic *Maculinea* butterflies across Europe. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374(1769): 20180202. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0202>
29. Bonelli, S., Witek, M., Canterino, S., Sielezniew, M., Stankiewicz-Fiedurek, A., Tartally, A., Balletto, E., Schönrogge, K. 2011: Distribution, host specificity and the potential for cryptic speciation in hoverfly *Microdon myrmicae* (Diptera: Syrphidae), a social parasite of *Myrmica* ants. *Ecological Entomology* 36(2): 135–143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01253.x>
30. Witek, M., Barbero, F., Markó, B. 2014: *Myrmica* ants host highly diverse parasitic communities: from social parasites to microbes. *Insectes Sociaux* 61(4): 307–323. <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0362-6>
31. Espadaler, X., Santamaria, S. 2012: Ecto- and endoparasitic fungi on ants from the Holarctic Region. *Psyche* 2012: 1–10. <https://doi.org/10.1155/2012/168478>

32. Gómez, K., Espadaler, X., Santamaria, S. 2016: Ant-fungus interactions: *Laboulbenia camponoti* Batra in Italy and a new host for *L. formicarum* Thaxter (Fungi: Ascomycota, Laboulbeniales). *Sociobiology* 63(3): 950–955. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i3.1057>
33. Lapeva-Gjonova, A., Csósz, S., & Báthori, F. 2022: Fungi Associated with *Messor* Ants on the Balkan Peninsula: First Biogeographical Data. *Diversity* 14(12): 1132. <https://doi.org/10.3390/d14121132>
34. Ayre, G.L. 1962: *Pseudometagea schwarzii* (Ashm.)(Eucharitidae: Hymenoptera), a parasite of *Lasius neoniger* Emery (Formicidae: Hymenoptera). *Canadian Journal of Zoology*, 40(2), 157-164. <https://doi.org/10.1139/z62-020>
35. Boulton, A. M., Jaffee, B. A., & Scow, K. M. 2003: Effects of a common harvester ant (*Messor andrei*) on richness and abundance of soil biota. *Applied Soil Ecology* 23(3): 257–265. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00046-5)
36. Fiedler, K. 2012: The host genera of ant-parasitic Lycaenidae butterflies: a review. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/153975>
37. Báthori, F., Pfliegler, W.P., Zimmerman, C.U., Tartally, A. 2017: Online image databases as multi-purpose resources: discovery of a new host ant of *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota, Laboulbeniales) by screening AntWeb.org. *Journal of Hymenoptera Research* 61: 85–94. <https://doi.org/10.3897/jhr.61.20255>
38. Espadaler, X., Santamaria, S. 2003: *Laboulbenia formicarum* Thaxt.(Ascomycota, Laboulbeniales) crosses the Atlantic. *Orsis: organismes i sistemes* 18: 97–101.
39. Herraiz J.A., Espadaler X. 2007: *Laboulbenia formicarum* (Ascomycota, Laboulbeniales) reaches the Mediterranean. *Sociobiology* 50(2): 449–455.
40. Espadaler, X., Lebas, C., Wagenknecht, J., & Tragust, S. 2011: *Laboulbenia formicarum* (Ascomycota,

Laboulbeniales), an exotic parasitic fungus, on an exotic ant in France. *Vie et Milieu* 61(1): 41–44.

41. Gómez, K., Espadaler, X., Santamaria, S. 2017: First record of an epizoic Laboulbenia (Fungi: Laboulbeniales) on ants (Hymenoptera: Formicidae) in Africa. *Sociobiology* 64(2): 155–158. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i2.1532>
42. Csata, E., Erős, K., Markó, B. 2014: Effects of the ectoparasitic fungus *Rickia wasmannii* on its ant host *Myrmica scabrinodis*: Changes in host mortality and behavior. *Insectes Sociaux* 61: 247–252. <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0349-3>
43. Báthori, F., Csata, E., Tartally, A. 2015: *Rickia wasmannii* increases the need for water in *Myrmica scabrinodis* (Ascomycota: Laboulbeniales; Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 126: 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.01.005>
44. Konrad, M., Grasse, A.V., Tragust, S., Cremer, S. 2015: Anti-pathogen protection versus survival costs mediated by an ectosymbiont in an ant host. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1799): 20141976. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1976>
45. Báthori, F., Rádai, Z., Tartally, A. 2017: The effect of *Rickia wasmannii* (Ascomycota, Laboulbeniales) on the aggression and boldness of *Myrmica scabrinodis* (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Hymenoptera Research* 58: 41–52. <https://doi.org/10.3897/jhr.58.13253>