

Válasz Dr. Erős Tibor, az MTA doktora

Dr. Geml József „*Filogeográfiától a tájökológiáig: a gombák diverzitása, előfordulása és a környezeti tényezők közötti kapcsolatok feltárása különböző térbeli léptékekben*” című MTA Doktori értekezésének bírálatára

Hálásan köszönöm bírálómnak, hogy elvállalta értekezésem bírálatát és külön köszönöm elismerő megjegyzéseit és kérdéseit! Örömmel olvastam bírálóm méltató szavait, amelyekkel az értekezést széles spektrumúnak, valamint módszertanilag és tematikusan is gazdagnak ítélte. Hasonlóan nagyra értékelem azon meglátásait, miszerint a gombákra vonatkozó filogeográfiai és ökológiai munkásságom nemzetközileg is jelentős és rendkívüli elhivatottságot és munkabírást tükröz. A doktori fokozataim megszerzését követő két évtized valóban tevékenyen telt és szerencsésnek vélem magam, hogy olyan munkát végezhetek, amiben ki tudok teljesedni, valamint ezáltal a Föld legszebb tájain kutathattam, ahol sok kiváló emberrel találkoztam és dolgoztam együtt.

A kérdésekre adott válaszaim:

A dolgozat kapcsán felmerül néhány további kutatási kérdés, amelyek a jövőbeli vizsgálatok számára is fontosak lehetnek. Pl. a pannon erdők gombaközösségeivel foglalkozó munkákban a dolgozat nem tér ki részletesen arra, hogy az erdőgazdálkodás, illetve az emberi hasznosítás (pl. gombagyűjtés) miként befolyásolhatja a gombaközösségek hosszú távú szerkezetét és fajösszetételét, az egyes fajok előretörését a szedett fajokkal szemben. Lehet-és milyen szerepe a bizonyos fajok szedésének más fajok előretörésében? Végeztek-e, végeznek- kutatásokat, hogy típuson belül az erdők fragmentációja, szerkezetének változásai és foltmérete miként befolyásolja a hazai gombaközösségek szerkezetét és diverzitását?

Köszönöm opponensem kérdéseit, amelyek nemcsak időszerűek, hanem fontos gyakorlati vonatkozásokkal is bírnak. A tájhasználatához kapcsolódó emberi beavatkozások a legjelentősebb ökológiai bolygatások közé tartoznak és nagyban befolyásolják a biológiai közösségek fajgazdagságát, összetételét és ökológiai funkcióit. Az értekezésben viszonylag háborítatlan természetes ökoszisztémák gombaközösségeit vizsgáltam, mert elsődleges célom a környezeti tényezők gombaközösségekre gyakorolt hatásának vizsgálata volt különböző éghajlati övek ökoszisztémáiban. Ezt azért tartottam fontosnak, mert ezek az adatok betekintést adtak az egyes vegetációtípusokra jellemző gombaközösségek összetételére, a lehető legkevesebb emberi beavatkozás mellett.

Az utóbbi években azonban az emberi beavatkozások gombaközösségekre gyakorolt hatását is vizsgálni kezdtem, elsősorban magyarországi erdészeti művelésmódokkal kapcsolatban az Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézetének Erdőökológia kutatócsoportjával együttműködve. A Dr. Ódor Péter által vezetett kutatócsoport a hagyományos rotációs (véghasználatra épülő) és a prograsszívabb, folyamatos erdőborításon alapuló örökérdő gazdálkodás hatásait vizsgálja a tölgy újulatra, aljnövényzetre, gerinctelenekre, a talaj fizikai-kémiai adottságaira és a mikroklímára vonatkozóan. Ezen kutatások két nagy projekt köré épülnek: a Pilis Üzemimód és Pilis Lék projekt. Az előbbi főképp a hagyományos erdőgazdálkodás fázisait reprezentáló kezelések (bontás, véghasználat, hagyásfa csoport) hatásait vizsgálja az örökérdő gazdálkodás módszerei közé tartozó lék kezelés mellett. A Pilis

Lék kísérlet során pedig különböző alakú és nagyságú lékek hasonlítanak össze a fent említett szempontok alapján. Mindkét projekthez csatlakoztam és a 2021-ben elnyert OTKA pályázatom révén volt lehetőségem nemcsak a talaj, hanem más mikroélőhelyek, pl. avar, kéreg, élő növények, gombaközösségeit is tanulmányozni. Ehhez a projekthez két Ph.D. hallgatóm kutatómunkája is kapcsolódik. A kapott DNS-adatok nagy részét már kielemeztük, az első eredményeket hazai és nemzetközi tudományos konferenciákon bemutattuk, a tervezett publikációk kéziratait pedig jelenleg írjuk. Várhatóan a tél folyamán három kéziratunk kerül benyújtásra a témában. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a hagyományos erdőgazdálkodáshoz kapcsolódó kezelések a bolygatás mértékével arányosan befolyásolják az erdei gombaközösségeket: véghasználat hosszú időre gyökeresen átalakítja a gombaközösséget mind a talajban, mint a növények föld feletti részeiben, míg a bontás, a hagyásfa csoport és a lék kezelés kisebb átalakulással jár a kontrollhoz képest. Azt is megfigyeltem, hogy az erősen bolygatott parcellákban nagyobb arányban jelentek meg a szakirodalom által ruderalisként ismert fajok, pl. ektomikorrhizas gombák közül a pénzecskegombák (*Laccaria nemzetség*). Ezzel szemben a lékekben található gombaközösségek legtöbb esetben nem mutattak szignifikáns eltérést a kontroll parcellák közösségeitől és az összetételükben megfigyelt kismértékű eltéréseket leginkább az erdőterületen belüli edafikus heterogenitás okozta, mind a lék és a kontroll parcellák esetén. Ez arra enged következtetni, hogy a lékekre épülő örökzöld gazdálkodás még a környezeti változásokra érzékenyen reagáló gombák esetén is alkalmas az erdei élőhely megőrzésére az erdő gazdasági hasznosítása mellett.

Tanulmányoztam ezenkívül az erdei gombaközösségek természetes (pl. erdőtűz) és antropogén (pl. erdőirtás, gyérítés) bolygatások utáni másodlagos erdei szukcessziós folyamatait boreális, trópusi és mediterrán erdőkben (Geml et al. 2009, Geml et al. 2010, Castaño et al. 2019, Adamo et al. 2021, Martín-Pinto et al. 2021, Martín-Pinto et al. 2022, Sanz-Benito et al. 2023). Minden vizsgált esetben jelentős volt a talaj gombaközösségének szerkezeti átalakulása a szukcesszió folyamán és számos indikátor fajt is beazonosítottunk a szukcesszió egyes szakaszaira (pl. újulat, középkorú és idős erdő). Ezenkívül, a trópusi esőerdőkben a szukcesszió korai szakaszát reprezentáló parcellák között nagyobb heterogenitást tapasztaltunk, mint az idős ill. elsődleges erdők parcellái között. Ez arra enged következtetni, hogy a szukcesszió korai szakaszában az élőhelyi heterogenitás és a főleg ruderalis kolonizáló fajok érkezési sorrendje viszonylag nagy hatással lehet a kialakuló fajkészletre. Ezzel szemben a szukcesszió előrehaladtával megfigyeltünk egy bizonyos konvergenciát a gombaközösségek összetételére vonatkozóan. A szabad élőhelyek és felvehető tápanyagok csökkenésével várhatóan egyre erősödik a fajok közötti versengés a tápanyagokért, gazdászervezetekért és az élettérért, ami az idős erdei körülmények között kompetitív fajkészlet kialakulásának kedvez. A bolygatás témaköre és a kapcsolódó közleményeim leginkább helyszűke miatt nem kerültek az értekezésbe.

A gombagyűjtés hatását nem vizsgáltam a gombaközösségekre vonatkozóan, de a témában fellelhető, hosszútávú adatsorra épülő külföldi szakirodalom alapján rendelkezésre álló ismeretek azt mutatják, hogy elsősorban a gyűjtéshez vagy az egyéb emberi tevékenységhez kapcsolódó taposás során bekövetkező talajtömörödés van negatív hatással a gombákra vonatkozóan, melyek nagy része a talaj felső rétegeiben képez micéliumokat (Egli et al. 2006). A termőtestek leszedése önmagában legtöbbször nem káros, ha a kalapos gombákat teljesen kinyílt állapotban, lehetőleg késsel, a micélium károsítása nélkül szedik le, mivel ekkorra a spóraszórás rendszerint már megtörténik. Természetesen a ritka fajok minden esetben kímélendők és szerencsére egyre több gombafajunkról van ma már elegendő elterjedési adat ahhoz, hogy szükség esetén védetté lehessen nyilvánítani őket. Ezen információ túlnyomó része termőtest előfordulási adatokon alapszik, de a környezeti DNS-alapú gombaközösség

felmérések ilyen szempontból is hasznosak, mert információval szolgálnak az egyes fajok élőhely igényeire és elterjedésére vonatkozóan.

Az erdők fragmentációjával ill. az egyes erdőfoltok méretével és elszigeteltség mértékével kapcsolatban nem végeztem még önálló kutatásokat. Az erdőfoltokhoz kapcsolódó külföldi szakirodalomban elsősorban a többé-kevésbé természetes ökotónok (pl. a spontán erdősödő rétek kolonizációs frontját képező erdőfoltok) esetén vizsgálták, főleg fenyőkkel együttélő ektomikorrhizas gombákra fókuszálva, amelyek a mérsékeltövi fátlan élőhelyekről, a vizsgált esetekben rétekről, általában hiányoznak ill. ott csak spóraként vannak jelen. A különböző erdőfoltokat összehasonlító tanulmányok rendszerint a sziget biogeográfiából ismert mintázatokhoz hasonló eredményekre jutottak: az ektomikorrhizas gombák fajgazdagsága pozitív korrelációt mutat az erdőfolt méretével és negatív korrelációt az összefüggő erdőterülettel való távolsággal (Glassman et al. 2017). Az erdőirtás okozta fragmentáció során azonban a fent említett másodlagos szukcessziós folyamatok lehetnek a jellemzők, vagyis a kimondottan erdei fajok lokálisan és ideiglenesen kipusztulhatnak a kivágott területről vagy abundanciájuk drasztikusan lecsökken és helyüket főként ruderalis fajok vehetik át átmenetileg. A meghagyott erdőfoltok mérete azonban fontos: kis hagyásfa csoportok esetén a szegélyzóna:magterület arány kedvezőtlenül nagy, így ezek általában nem tudják megfelelő mértékben biztosítani az erdei mikroklímát (Kovács et al. 2020).

A dolgozatból kiviláglik, hogy viszonylag kis területről nagyon sok gombafaj gyűjthető, azonban a szerző hangsúlyozza, hogy ez is csak töredéke lehet a valós gazdagságnak. Befolyásolhatta-e a gombák szerkezetéről és diverzitásáról nyert képet, hogy milyen időszakban gyűjtötték a talaj eDNS mintákat? Végeztek-e vagy terveznek-e mintareprezentativitási kérdéseket megválaszolni, pl. hogy milyen mértékben változik a gombaközösség szerkezetéről nyerhető kép a minták számának növelésével különböző tér és időbeli skálákon?

A gombák fajgazdag közösségei hasonlítanak más fajgazdag közösségekre (pl. trópusi esőerdők növényközösségei) abban, hogy a közösségeket viszonylag kevés domináns és szubdomináns faj és számos szórványosan előforduló ritka faj alkotja. A talaj gombaközösségek eltérőek lehetnek néhány méteren belül is, elsősorban a ritka fajok kicserélődéséből adódóan. Ezen különbségek részben sztochasztikus, azaz véletlenszerű, folyamatokból, részben pedig a környezeti (pl. edafikus és mikroklimatikus) paraméterek finomléptékű változásaiból adódnak. Ezek együttesen hatnak a spóraterjedésre és megtelepedés mértékére. Ebből adódóan vizsgálataimban mindig több talajmintát kombináltam egy-egy parcella reprezentatív jellemzése céljából.

Saját vizsgálataim és a szakirodalom is azt mutatja, hogy egyfajta évszakosság figyelhető meg a gombaközösségek összetételében, amit elsősorban a közösség tagjainak abundanciájában bekövetkező szezonális fluktuáció okoz (Buscardo et al. 2021). Azonban a nem bolygatott élőhelyeken a gombaközösségek viszonylag stabilak: ugyanazon évszakban mintázva az évek között általában kis eltérések mutatkoznak (Geml et al. 2010, Taylor et al. 2010). Összességében ezek az időbeli változások eltörpülnek az élőhelyek közötti fajkicserélődés mellett.

A minták reprezentativitását több módszerrel is vizsgáltam. A kapott adatokra vonatkozóan rutinszerűen vizsgáltam, hogy egy adott mintából generált DNS-szekvenciák alapján meghatározott operációs taxonómiai egységek (operational taxonomic units, OTUs) vagy

genotípusok (amplicon sequence variants, ASVs) száma mennyire közelíti meg az abundancia-értékeik alapján becsült ritkítási görbe telítettségi maximális értékét. Ez azt mutatja meg, hogy a szekvenálási mélység, vagyis a mintából generált DNS-szekvenciák száma, elegendő-e ahhoz, hogy a mintában található gombaközösség szinte minden tagja képviseltetve legyen az adatokban. Az évek alatt azt figyeltem meg, hogy a várható fajgazdagsághoz (vagy az ezt helyettesítő OTU-gazdagsághoz) képest legalább 100-szoros szekvenálási mélységre van szükség, hogy a ritkítási görbe telített legyen, vagyis a mintákban található ritka és alacsony abundanciával rendelkező fajok többségéről is kapjunk adatokat. Mivel tapasztalataim alapján a mintánkénti OTU-gazdagság talajminták esetén 500 és 1000 között mozog, ezért mintánként célszerű minimum 50-100 ezer olvasattal számolni.

Ezenkívül vizsgáltam azt is, hogy egy élőhely típuson belül tájszinten hány parcella mintázására van szükség ahhoz, hogy az élőhelyre jellemző fajközösséget alaposan megismerjük (Geml et al. 2015). Ez nagyban függ a közösség diverzitásától és a környezeti heterogenitástól, azonban viszonylag homogén tájrészletben is lehetőség szerint érdemes legalább 8-10 parcellát mintázni élőhelyenként, hogy az élőhelyen található gombafajok túlnyomó részét detektálni tudjuk. A gyakorlatban erre nem mindig van lehetőség terepi, logisztikai vagy pénzügyi okokból. A bíráló által említett megjegyzésem, miszerint az adott területen élő gombafajoknak csak egy töredéke lehet az, amiről tudomásunk van, erre a területi heterogenitásra és a mintázással lefedhető terület kis méretére utal. Azonban ez főleg a ritka, szórványos fajokra érvényes, míg az adott élőhelyre jellemző közösséget meghatározó lokálisan domináns vagy karakterisztikus (pl. indikátor) fajokról sokkal teljesebb információink vannak.

A dolgozat jól alátámasztja, hogy a gombaközösségek összetételét (legalábbis a vizsgált mátrai és bükki területeken) az erdőtípusok határozzák meg döntő mértékben, amik kialakulását persze számos abiotikus tényező befolyásolja. Mennyire lehet azonos élőhelytípusok (pl. erdőtípusok) között az a hiányosság, hogy csak ilyen korlátozottan tudjuk becsülni a gombák faji diverzitását? Befolyásolhatja-e ez az összevethetőséget mintareprezentatívási szempontból és a gombaközösségek funkcionális szerveződésnek megértése szempontjából?

Itt szeretnék visszautalni az előző kérdésre adott válaszomra, miszerint a hiányos megismerés problémája elsősorban a ritka fajokat érinti, amelyek azonban az élőhelytípusok közösségeinek differenciálásához csekély mértékben járulnak hozzá. Az értekezésemben szereplő tanulmányokban minden esetben találtam számos indikátor fajt, amely csak egy bizonyos élőhelytípusban fordult elő, abban viszont jelen volt a parcellák túlnyomó részében.

A gombaközösségekben vannak gyakori, generalista, sokszor domináns fajok, amelyek az adott tájban található élőhelytípusok túlnyomó részében megtalálhatók. Ezenkívül megtalálhatók közepesen gyakori, olykor lokálisan domináns, egy vagy néhány élőhelytípusban elterjedt fajok és vannak a szórványos és/vagy ritka fajok. Az élőhelytípus jellemzése szempontjából a középső kategóriában szereplő fajok szolgáltatják a legtöbb információt.

A szerző rámutat arra, hogy a niche alapú és a diszperzió alapú szerveződési mechanizmusok vizsgálatával a gombaközösségek szerkezetében rejlő variancia kis hányadát sikerült csak megmagyarázni, hasonlóan/általánosan más közösségekhez. Mit gondol, ha sokkal pontosabb

képünk lesz a közösségszerkezetről, ez a magyarázott varianciahányad vajon nőni vagy csökkenni fog?

A gombák előfordulását befolyásoló mechanizmusokról még mindig nagyon hiányosak az ismereteink. Az értékezésben olyan környezeti tényezők gombaközösségekre gyakorolt hatását tudtam vizsgálni, amelyek terepen vagy a mintákból viszonylag könnyen mérhetők és amelyeket legtöbb ökológiai projekt során rutinszerűen gyűjtenek (pl. a talaj kémhatása, makro- és mikroelemtartalma, regionális klímaadatok, topográfiai jellemzők stb.). Ezek mellett azonban minden bizonnyal számos olyan környezeti tényező van hatással a gombaközösségekre, amelyeket egyelőre nem ismerünk vagy a kapcsolatot nem tártuk még fel. Pl. ugyanazon tápanyagok többféle formában vannak jelen a talajban és ezekhez eltérő mértékben férhetnek hozzá a gombák, növények és más élőlények. Ezek valószínűleg hatással vannak a közösségek összetételére, mert, bár az egyes gombafajok ökológiai funkcióiról és biokémiai képességeiről keveset tudunk, a modell fajokat leszámítva, a niche elmélet és az eddigi gombaéletani ismereteink alapján bizonyos, hogy a gombafajok között jelentős eltérések vannak ilyen tekintetben, sokszor még egy nemzetségen belül is.

Ugyancsak fontosak lehetnek a fajok közötti kölcsönhatások a közösségek formálása szempontjából. Ezek közül talán a növény-gomba interakciókról tudunk a legtöbbet, különösen a gazdaságilag is jelentős területeken (pl. mezőgazdasági növényvédelem), azonban a természetes közösségeket illetően ez a terület is még gyerekcipőben jár. Azt tudjuk, hogy a növényzet összetétele hatással van a talaj gombaközösségeire és ez fordítva is igaz (Kiers & Denison 2008). A talajban növényekkel mutualista szimbiózist létesítő mikorrhizás gombák nagy része viszonylag tág gazda-spektrummal rendelkezik, de néhányuk specifikus egy növénynemzetségre vagy családra. Jó példák erre az égerfajokkal (*Alnus* nemzetség) együttélő ektomikorrhizás gombák és néhány fenyőspecialista pl. a fenyőtínórú (*Suillus*) és a rokon álpöfeteg (*Rhizopogon*) fajok (Molina et al. 1992).

Az is ismert, hogy a növények a környezet változásaira reagálva, a pillanatnyi szükségleteik alapján részesítik előnyben a szimbiotaközösségük egyes tagjait. A mikorrhizás gombafajok között fontos funkcionális különbségek vannak a víz és az egyes tápanyagok felszívási képességét tekintve különböző edafikus viszonyok között, ami lehetővé teszi, hogy a növény az adott környezetben a számára leghasznosabb tulajdonságokkal bíró gombapartnerrekebe investáljon szénhidrátot, vízárt és/vagy tápanyagokért cserébe (Bever et al. 2015, Rúa & Hoeksema 2024). Sőt, még ugyanazon növény-gomba fajpár alkotta szimbiózis során lezajló interakciók is kontextusfüggők (Piculell et al. 2008). Továbbá, a szaprotróf gombák is kötődhetnek bizonyos növényekhez, mint szubsztrátum. Jó példák erre az avarbontó és farontó gombák, amelyek túlnyomó része egy bizonyos szubsztrátumtípushoz (pl. holt fa, avar stb.) és olykor azon belül egy bizonyos növénycsoporthoz kötődik (Ye et al. 2019). Hasonlóképpen, a növénypatogén gombák között is találunk gazdaspecialista és generalista fajokat, amelyeket eltérő mértékben befolyásol a növényzet. A fent említett Pilis Üzem mód Kísérlet során három növényfajban, egy epifita mohában (*Hypnum cupressiforme*), egy aljnövényzetet alkotó sásban (*Carex pilosa*) és a lombkoronában domináns kocsánytalan tölgyben (*Quercus petraea*) tártuk fel a levél-endofita gombaközösségeket és jelentős összetételbeli különbségeket tapasztaltunk a három növényfaj között.

Felhasznált szakirodalom

- Adamo I, Ortiz-Malavasi E, Chazdon R, Chaverri P, ter Steege H, Geml J. 2021. Soil fungal community composition correlates with site-specific abiotic factors, tree community structure, and forest age in regenerating tropical rainforests. *Biology* 10, 1120.
- Bever JD. 2015. Preferential allocation, physio-evolutionary feedbacks, and the stability and environmental patterns of mutualism between plants and their root symbionts. *New Phytologist* 205, 1503-1514.
- Buscardo E, Souza RC, Meir P, Geml J, Schmidt SK, da Costa ACL, Nagy L. 2021. Effects of natural and experimental soil drought on soil fungi and biogeochemistry in an Amazon rainforest. *Communications Earth & Environment* 2, 1-12
- Castaño C, Dejene T, Mediavilla O, Geml J, Oria-de-Rueda JA, Bekele T 2019. Changes in fungal diversity and composition along a chronosequence of Eucalyptus grandis plantations in Ethiopia. *Fungal Ecology* 39, 328-335.
- Egli S, Peter M, Buser C, Stahel W, Ayer F. 2006. Mushroom picking does not impair future harvests—results of a long-term study in Switzerland. *Biological conservation* 129, 271-276.
- Geml J, Laursen GA, Herriott I, McFarland JM, Booth MG, Lennon N, Nusbaum HC, Taylor DL. 2010. Phylogenetic and ecological analyses of soil and sporocarp DNA sequences reveal high diversity and strong habitat partitioning in the boreal ectomycorrhizal genus *Russula* Pers. (Russulales; Basidiomycota). *New Phytologist* 187, 494-507.
- Geml J, Laursen GA, Timling I, McFarland JM, Booth MG, Lennon N, Nusbaum HC, Taylor DL. 2009. Molecular phylogenetic biodiversity assessment of arctic and boreal *Lactarius* Pers. (Russulales; Basidiomycota) in Alaska, based on soil and sporocarp DNA. *Molecular Ecology* 18, 2213-2227
- Geml J, Morgado LN, Semenova TA, Welker JM, Walker MD, Smets E. 2015. Long-term warming alters richness and composition of taxonomic and functional groups of arctic fungi. *FEMS Microbiology Ecology* 91, fiv095
- Glassman SI, Wang IJ, Bruns TD. 2017. Environmental filtering by pH and soil nutrients drives community assembly in fungi at fine spatial scales. *Molecular Ecology* 26, 6969-6973.
- Kiers ET, Denison RF. 2008. Sanctions, cooperation, and the stability of plant-rhizosphere mutualisms. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 39, 215-236.
- Kovács B, Tinya F, Németh C, Ódor P. 2020. Unfolding the effects of different forestry treatments on microclimate in oak forests: results of a 4-yr experiment. *Ecological Applications* 30, e02043.
- Martín-Pinto P, Dejene T, Benucci GMN, Mediavilla O, Hernández-Rodríguez M, Geml J, Baldrian P, Olaizola J, Bonito G, Oria-de-Rueda JA. 2023. Co-responses of bacterial and fungal communities to fire management treatments in Mediterranean pyrophytic ecosystems. *Science of Total Environment* 875, 162676.
- Martín-Pinto P, Sanz-Benito I, Santos M, Oria-de-Rueda JA, Geml J. 2021. Anthropological impacts determine the soil fungal distribution of Mediterranean oak stands. *Ecological Indicators* 132, 108343.
- Molina R, Massicotte H, Trappe JM. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses: community-ecological consequences and practical implications. *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process* 357, 423.
- Piculell BJ, Hoeksema JD, Thompson JN. 2008. Interactions of biotic and abiotic environmental factors in an ectomycorrhizal symbiosis, and the potential for selection mosaics. *BMC Biology* 6, 23.
- Rúa, M.A. and Hoeksema, J.D., 2024. Interspecific selection in a diverse mycorrhizal symbiosis. *Scientific Reports*, 14(1), p.12151.
- Sanz-Benito I, Stadler T, Mediavilla O, Hernández-Rodríguez M, Oria-de-Rueda JA, Dejene T, Geml J, Martín-Pinto P. 2023. Into the void: ECM fungal communities involved in the succession from rockroses to oak stands. *Scientific Reports* 13, 10085.
- Taylor DL, Herriott IC, Stone KE, McFarland JW, Booth MG, Leigh MB. 2010. Structure and resilience of fungal communities in Alaskan boreal forest soils. *Canadian Journal of Forest Research* 40, 1288-1301.
- Ye L, Li H, Mortimer PE, Xu J, Gui H, Karunarathna SC, Kumar A, Hyde KD, Shi L. 2019. Substrate preference determines macrofungal biogeography in the Greater Mekong sub-region. *Forests* 10, 824.

Tisztelettel és köszönettel,



Dr. Geml József

Sírok, 2025. október 29.