Erdészettudományi Közlemények 13. évfolyam 1. szám 2023

DOI: https://doi.org/10.17164/EK.2023.02

21–34. oldal

A HAZAI ERDÉSZETI MIKORRHIZAKUTATÁS ÉS EREDMÉNYEI – SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Dredor Dominik[1,2] és Szmatona-Túri Tünde[1]

[1]ÉASZC Mátra Erdészeti Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium, 3232 Mátrafüred, Erdész u. 11.
[2]Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18.

Kivonat

A mikorrhiza a gombák és növények gyökere közötti szimbiózis, mely során kölcsönös tápanyagátadás valósul meg. Hét típusa közül erdészeti szempontból az ektomikorrhiza a legjelentősebb, ilyen gyökérkapcsolatban él a legtöbb állományalkotó fafajunk. Dolgozatunkban az erdészeti jelentőségű mikorrhizakutatás magyar szakirodalmát tekintjük át a XIX. századtól napjainkig. Több kutató foglalkozott a gombák fákra történő mesterséges oltásával, és szinte minden esetben pozitív eredményeket értek el. Összességében elmondható, hogy a mesterséges mikorrhizálás nagyban segítheti a fák tápanyagfelvételét, így ellenállóképességét és növekedését. Hasznos lehet új erdősítések során, azonban a nagy pontosságot igénylő, szakszerű és drága munkavégzés miatt hazánkban a jó eredmények ellenére sem terjedt el még a gyakorlatban. Jelenleg egyedül a szarvasgomba-termesztésben alkalmazzák. A mikorrhizálásnak a jövőben a klímaváltozás elleni küzdelemben és a nagyobb ellenállóképességű erdők telepítése érdekében lehet létjogosultsága.

Kulcsszavak: gomba, csemetetermesztés, szimbiózis, mesterséges oltás, mikorrhizálás, tápanyagfelvétel

A LITERATURE REVIEW OF THE HUNGARIAN MYCORRHIZA RESEARCH AND ITS RESULTS

Abstract

Mycorrhiza is a symbiosis between the roots of plants and fungi, in which mutual nutrient transfer occurs. In forestry aspect, ectomycorrhiza is the most significant of its seven types of mycorrhiza, because the most of forest trees live in such root connections. In our work we review the Hungarian literature of mycorrhizal research of forest importance from the 19th century to the present. Several researchers have been examined the artificial grafting of fungi on trees and have positive results in almost all cases. Overall, artificial mycorrhization can greatly help the nutrient uptake and so the resistance and growth of trees. However, due to demand the high precision, professional and expensive work, it has not yet become widespread in Hungary despite the good results. Due to the effects of climate change, forest mycorrhization may be important in the future, currently it is used only in truffle cultivation. In the future, mycorrhization may have a importance in the fight against climate change and in order to creat more resistance forests.

Keywords: fungus, seedling production, symbiosis, artificial vaccination, mycorrhization, nutrition uptake

Levelező szerző/Correspondence:
Dredor Dominik, 3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., e-mail: dredor.dominik@gmail.com

BEVEZETÉS

A mikorrhiza, a gombák és növények közötti szimbiózis már igen régóta ismert. Az első említést Theophrastos tette róla tölgyekről, i.e. 300-ban (Kelley 2018). Gibelli 1883-ban, Frank 1885-ben említi, ezzel bevezetve a mikorrhiza (gomba-gyökér) megnevezést is (Gibelli 1883, Frank 1885, Trappe 2005). A mikorrhizának hét típusa közül a vezikuláris-arbuszkuláris a leggyakoribb. Erdészeti, ökológiai szempontból viszont az ektomikorrhiza a legjelentősebb, mert a célállományt alkotó fajaink nagy többsége ilyen szimbiózisban él gombákkal (Ubrizsy 1981, Jakucs & Vajna 2003).

Az ektomikorrhiza a hifák és a gyökérkortex-sejtek olyan együttélése, ahol a gombafonalak nem hatolnak a sejtbe, kizárólag az intercelluláris terekben találhatók, ez a Hartig-háló. Ez mellett a kapcsolat része a gyökér csúcsának felszínén megjelenő köpeny, mely sokszor határozóbélyege a mikorrhizát alkotó fajnak (Jakucs & Vajna 2003), valamint a köpenyről kiágazó hifák, melyek a tápanyagok felvételét végzik a talajból (Jakucs & Vajna 2003). A gomba a talajban lévő vizet és a benne oldott ásványi anyagokat a növény gyökerének átadja, segítve ezzel a növekedését, többletvízhez jutását. (Jakucs 2016). A gomba a növénytől a fotoszintézis során a hánccson keresztül (Melin & Nilsson 1957) megtermelt szerves anyagokat, a növekedését elősegítő anyagokat és vitaminokat kap (Jakucs 2016). A gyökérkapcsoltság mindkét fél számára hasznos, mert a gombák a gyökérszőrök általi felvételre nem alkalmas ionokat is képesek feloldani és a növénynek adni, továbbá a gombák micéliuma sem képes mikorrhizakapcsolat kialakítása nélkül termőtest kialakítására (Jakucs 2016), ezáltal ivaros szaporodásra sem. Az ektomikorrhizát képző gombafajok számát 7–8 ezerre becsülik, míg a növényvilág fajainak mintegy 3%-a él ilyen szimbiózisban (Jakucs & Vajna 2003). Ez a 3% viszont a legnagyobb fatömeggel megjelenő, erdészeti szempontból fontos nemzetségeket jelenti, mint az *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Picea, Pinus, Quercus*. A nyitvatermők közül valamennyi fás szárú faj ektomikorrhizát alkot (Jakucs & Vajna 2003). Jelentőségük miatt a hazai erdészeti mikorrhiza-kutatások az ektomikorrhiza vizsgálatára összpontosultak (Szántó 1990). Készült már hasonló áttekintő közlemény, mely az 1943–1990-ig tartó időszakról ír (Szántó 1990). Munkánk célja a hazai erdészeti ektomikorrhiza-vizsgálatok szakirodalmi áttekintése a teljesség igénye nélkül, de minden jelentősebb közlemény eredményeinek számbavétele és értékelése az első kutatási eredményektől napjainkig. Kéziratunk fő témája a mikorrhizás gombákkal történő csemeteoltás, annak érdekében, hogy irányt mutasson azon kutatóknak és gyakorlati szakembereknek, akik mikorrhizált csemeték ültetésével szeretnének foglalkozni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Áttekintő cikkünkhöz felhasznált magyar irodalmi forrásokat 1885–2000-ig a Csóka et al. (2002): Az erdővédelem magyarországi szakirodalma CD segítségével gyűjtöttük ki. A fafajok latin neveit a ma érvényes megnevezésével közöljük az egyértelműség érdekében, ugyanis a régi cikkekben sokszor régi latin név szerepel, például a lucfenyő (*Picea abies* (L.) H. Karst, 1881) esetében *P. excelsa*. A fafajok mellett a gombafajok neveinek aktualizálását is megtesszük.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A kezdetek – 1885–1906

A legelső magyar mikorrhizával kapcsolatos feljegyzés ismeretlen szerzőtől származik 1885-ből. A szerző ismerteti a mikorrhizakapcsolat felfedezésének körülményeit, mely szerint Krebs 1880-ban figyelt fel a közönséges álszarvasgomba (*Elaphomyces granulatus* Fr., 1829) és erdeifenyő (*Pinus sylvestris* L., 1753) közötti kapcsolatra, és abból kiindulva Frank (1885) részletesebben elkezdte tanulmányozni a jelenséget, aminek kapcsán arra jutott, hogy a tölgyek (*Quercus* spp.), szelídgesztenye (*Castanea staiva* Mill., 1768), bükk (*Fagus sylvatica* L., 1753), gyertyán (*Carpinus betulus* L., 1753), mogyorók (*Corylus* spp.), tiszafa (*Taxus baccata* L., 1753), borókák (*Juniperus* spp.), vörösfenyő (*Larix* spp.) és egyes fenyőfajok (*Pinus* spp.) szintén valamilyen gomba-gyökér kapcsolatban élnek.

Az ezt követő nemzetközi irodalmak mind a mikorrhiza pozitív hatásairól írnak (Frank 1885, Téglás 1892), azonban Téglás (1892) azt feltételezte, hogy a csemetekerti megfigyelések alapján a lucfenyő (*P. abies*) esetében a mikorrhiza akár káros is lehet, mert a legtöbb csemete, köztük a legerősebbek sem mutatták a szimbiózis meglétét (Téglás 1892). Ezen elméletet cáfolja Fekete 1894-ben megjelent írása, melyben Frank 1890-től 1893-ig tartó kísérletét írja le, amelyben cserepekbe erdeifenyvesből származó talajt rakott. Ezek egy részét sterilizálta, másik részét nem kezelte, így benne maradtak a talajban található gombafonalak. A talajmintákba erdeifenyő magot vetett. Vizsgálata egyértelműen igazolta a mikorrhizakapcsolat pozitív mivoltát, ugyanis a sterilizált talajban kikelt magvakból rossz növekedésű, átlagosan 7 centiméter magas, halvány sárgászöld levelű egyedek, míg a hifákban gazdag talajba vetett magvakból jó növekedésű, átlagosan 20 centiméter magas, egészséges levelű csemeték fejlődtek. Később gyökérvizsgálattal megerősítette a csemeték mikorrhizált voltát. Szintén Fekete 1894-es cikkében olvashatunk Frank (in Fekete 1894) bükkcsemete-vizsgálatáról, melyben kiemelte a tápanyagdús, humuszos erdőtalaj fontosságát. Erdőtalajban növekedett, mikorrhizálódott bükkcsemetéket tápanyagszegény homokba helyezett, ahol a mikorrhiza idővel visszafejlődött, és újra megjelentek a gyökérszőrök. Ezzel igazolta, hogy egyes fajoknál a gyökérkapcsoltság csak tápanyagdús közegben tud életképes maradni. Fekete (1894) ezek alapján a mikorrhizaképző gombákat a fehér akáccal (*Robinia pseudoacacia* L., 1753) szimbiózist alkotó *Rhizobium* baktériumokhoz hasonlította. Schliberszky Károly (1904) az Erdészeti Lapokban foglalta össze az addig ismert mikorrhizaképző növénynemzetségek mikorrhizatípusait. „Sejtbeli micéliumot", azaz endomikorrhizát alkot a cédrus (*Cedrus*), tiszafa (*Taxus*), szil (*Ulmus*) és juhar (*Acer*) nemzetség. A *Taxus* genus esetében ez egy ellentmondás Frank megfigyelésével, aki ektomikorrhizásként írta le. Schliberszky ismerteti még a mikorrhizát nem képező erdészetileg jelentős növénynemzetségeket is, melyek a kőris (*Fraxinus*), vadgesztenye (*Aesculus*) és bodza (*Sambucus*) nemzetségek. Hollós (1906) monográfiát jelentetett meg Magyarország földalatti gombáiról, melyben az akkor ismert összes hazai föld alatt termőtestet képző gombafajt ismertetett. Munkája irányt adott a későbbi szarvasgomba-kutatásokhoz, jelenleg is hasznos irodalom a földalattigomba-termesztés kutatóinak.

1943–1959 közötti időszak kutatásai

1. ábra: *Bokor Rezső (1898–1959), a magyar mikorrhizakutatás kiemelkedő személyisége*
Forrás: Soproni Egyetem Központi Levéltár
Figure 1: *Rezső Bokor (1898–1959)*
Prominent scientist of the Hungarian mycorrhiza research
Source: University of Sopron Central Archive

Hollós (1906) monográfiája után 36 éves szünet következett a hazai mikorrhizakutatások terén. 1943-ban jelent meg Bokor Rezső (1. ábra) talajbiológus első mikorrhizával kapcsolatos közleménye, mely az alföldi erdősítésekkel egy időszakra tehető (Szántó 1990). Bokor 1943-ban megjelent „A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása" című kétrészes cikkében összefoglalja az addig ismert ektomikorrhizát alkotó gombafajokat és a mikorrhizapartner fafajokat (Bokor 1943a).

Bokor (1943b) tanulmányának második, befejező részében fontos erdőművelési iránymutatásokat, elveket fogalmaz meg. Ezek szerint a mikorrhizakapcsolat megőrzésének és egyes esetekben kialakításának megsegítése érdekében a csemetekerti és az erdősítendő terület talajának kémhatása megegyező kell legyen. Beszámol arról, hogy az eltűnőben lévő „vándor", azaz ideiglenes csemetekertekben nevelt csemeték nagyobb arányban maradtak meg, mint az állandó csemetekertben nevelt egyedek. Bokor (1943b) megfigyelései szerint a savanyú talajon nagyobb eséllyel alakul ki mikorrhiza. Ezért a diverz gombavilág megőrzése érdekében szorgalmazta az erősen savanyú talajok átalakítását 5–6 pH értékű talajjá, valamint a savanyú tőzeglápok esetében a gombával történő talajoltás bevezetését. Fontosnak tartotta az erdősítés előtti talajvizsgálatot és a szakszerű munkavégzést is, valamint az elegyes erdők kialakítását. Kezdeti gombavédelmi intézkedéseket javasolt, ami az ismeretterjesztésre, a lakosságban történő bölcs gombagyűjtés iránti igény kialakítására irányult. Ide tartozik még a micéliumok megóvása érdekében az alomgyűjtés felszámolására

és az erdei legeltetés visszaszorítására mutató javaslat is. Fontos megjegyezni, hogy már II. Miksa 1565-ben kiadott rendelkezése is tiltotta a kecskék erdei legeltetését (Malatinszky 2017), de a magyar szakirodalomban először Bokor (1943b) hozta összefüggésbe a gombavédelemmel.

Oroszországban Viszockij (in Bokor 1954) foglalkozott azzal, hogy olyan területen, ahol eddig nem volt erdő, a mikorrhizakapcsolat nehezen tud létrejönni, ezért a csemeték gombával történő mesterséges oltása hozhatja a megoldást (Bokor 1954). Szintén 1902-ben Müller létrehozta az első gombával oltott csemetét (Bokor 1954). Baranyev (1940) pedig kimutatta, hogy a mikorrhizált tölgycsemeték 2–3-szor nagyobb növekedést érnek el, mint a mikorrhiza nélküliek.

A nemzetközi tapasztalatokhoz hasonlóan Bokor (1954) is megfigyelte a mikorrhizált csemeték jobb alkalmazhatóságát, melyet főképp -az alföldfásítás miatt- erdeifenyőn (P. sylvestris) és feketefenyőn (*Pinus nigra* J.F. Arnold, 1785) vizsgált. Új oltási eljárást dolgozott ki, melynek során figyelembe vette, hogy a csemetének a neki legmegfelelőbb „valódi" mikorrhizás gombafajával kell társulnia. Ez az eljárás pedig a talajoltás agrotechnikai eljárásának kidolgozása volt, melyet csemetekertben lehet alkalmazni (Bokor 1954). A megfelelő gombafonalakban gazdag csemetekerti talajt úgy lehet készíteni, ha a mikorrhizás gombából tenyészetet készítünk, majd azt steril talajra oltjuk, és ezt a talajt juttatjuk ki a csemetekert talajába. A tenyészet készítéséhez univerzális táptalajt dolgozott ki, majd ebben spóráztatással szaporította a gombafajokat. A növény olyan gombafaj micéliumával is találkozhat, ami azt megbetegítheti, ezért a pontos fajmegválasztás, és az abból szakszerű munkával készült tiszta tenyészet kifejezetten fontos, ugyanakkor kiemelte, hogy a célfajon kívül a hasznos mikrobák talajba bevitele is fontos (Vanyin 1949, Bokor 1954). A csemetekerti talaj beoltása megoldható lett volna idősebb állományok faegyedeinek gyökeréről levágott mikorrhizadarabokkal, de Bokor (1954) belátta, hogy ez a magyar agrotechnikában nem gazdaságos, és a nyílt sebek erdővédelmi problémákat is okozhatnak, mert fertőzések megjelenésének adnak lehetőséget. A micéliumot tartalmazó steril talajt fészekszerűen juttatta ki a csemetekerti talajba, mert ha bekapálják, akkor a gombafonalak sérülhetnek, fragmentálódhatnak. Ajánlásokat tett a talaj minősége függvényében az erdei- és feketefenyő lehetséges mikorrhiza gombájára.

Bokor (1954) kutatásában megállapította még a mikorrhiza jótékony hatását a talaj vízgazdálkodására, ami a gombák lebontó tevékenységének köszönhető. Kimutatta, hogy a mikorrhizakapcsolat erdei- és feketefenyő-csemetéken (magvetés esetén) akkor jön létre, amikor az első sziklevelek megjelennek. Ezek mellett lejegyezte, hogy a ma már nem ültetett banksfenyő (*Pinus banksiana* Lamb, 1803) ektomikorrhizát alkot a *Lactarius quietus* (Fr.) Fr., 1838, *Amanita pantherina* (DC.) Krombh., 1846 és *Amanita rubescens* Pers., 1797 gombafajokkal.

Az alföldfásítás kihívása volt az olyan területekre való fenyőtelepítés, ahol korábban erdő nem állt. Bokor későbbi kutatásait meghatározta ez is, hogy olyan oltóanyagot készítsen, mellyel a csemeték az erdei gombafajokkal tudnak mikorrhizát képezni, ezzel javítva növekedésüket, fatermésüket. Már korábban is feltételezték azt, hogy bizonyos gombafajok antibiotikumokat termelnek (Bokor 1956). Ezen antibiotikumok erdei- és feketefenyő magjaira gyakorolt hatását vizsgálta Bokor (1956). Vizsgálatai alapján kimutatta, hogy a csírázásgátló anyagok termelésének mértéke arányosan növekszik a micélium méretével, illetve zárt állományokban a talajban a „gombaflóra" lesz az uralkodó. Ekkor a csírázásgátló anyagok nagy mennyiségben termelődnek, ezért is van az ilyen erdőkben kevés csemete, és ha van, akkor is gyakran más fafajé (Bokor 1956). Ennek oka, hogy ezen anyagok a fajspecifikusak, annak a fafajnak a magjára hatnak a legerősebben, aminek az antibiotikumot termelő gombafaj a „valódi", azaz a vélhetően neki legmegfelelőbb mikorrhizapartnere (Bokor 1956).

A csírázásgátló anyagok csak nagy koncentrációban fejtenek ki hatást a magvakra. Ezek vízzel kimoshatók a talajból, ezért is szükséges magvetés előtt a magágy megöntözése. Aszályos időben, csapadék híján könnyen felhalmozódhatnak a talajban a csírázásgátló anyagok, ami problémákat okozhat (Bokor 1956). A talajban lévő penészgombák jelenléte csökkentheti csírázásgátló anyagok hatását, de ugyanakkor képesek a mikorrhizás gombákat is meggyengíteni, melyeket ezek nagy része könnyen legyőz. Bokor (1956) szerint az erdeifenyő érzékenyebb a csírázásgátló anyagokra, mint a feketefenyő, illetve az erdeifenyő esetében a pH mértéke nincs jelentős hatással a magok csírázására. Fontos azonban, hogy a savanyú talajok az optimálisak számára, és a talajt is erősen savanyítja (Gencsi & Vancsura 1992, Nagy 2009).

Bokor (1959a) addigi eredményei alapján tovább vizsgálta a gyakorlatban alkalmazható oltóanyagokat, és azok még hatékonyabb előállításának lehetőségeit erdei- és feketefenyőn. Bazídiospórákból haploid micéliumú tiszta tenyészeteket készített, majd több tenyészetet helyezett egymás mellé, hogy azokból diploid micéliumok fejlődjenek. Ezzel biztosította a genetikai diverzitást, a jobb ellenállóképességet. Továbbra is talajra oltotta az agaros táptalajon kifejlődött micéliumokat. Kiszárított földes kultúrával bizonyította, hogy a mikorrhizapartner nélküli gomba aszályos időben is akár évekig képes a talajban túlélni. Következő vizsgálataihoz tőzeges talajt használt, mert szerkezete miatt annak egészét könnyen átszövik a hifák. Azt feltételezte, hogy jobb eredményeket érhet el azzal, hogy több gombafajt tartalmazó, oltóanyag-komplexet készít, ezért ennek megfelelően 20 féle komplex oltóanyagot hozott létre, melyek közül vizsgálatai alapján a legjobb a következő gombafajokat tartalmazó volt: *Boletus granulatus* = *Suillus granulatus* (L.) Roussel, 1806*, Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél., 1887*, A. pantherina, Russula cyanoxantha* (Schaeff.) Fr., 1863*, Scleroderma vulgare* = *Scleroderma citrinum* Pers., 1801, *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél., 1872. Mivel csemetekertben, „félüzemi" körülmények között pozitív eredményeket kapott, ezért alföldi homoktalajra és dombvidéki agyagtalajra kiültetett csemetékkel a gyakorlatban is vizsgálta oltóanyaga sikerességét, melynek eredményeként a mikorrhizált csemeték magassága kétszeres, légszáraz súlya pedig három-ötszöröse lett szemben a kontroll csemetékkel.

Bokor Rezső utolsó publikációját 1959-ben adták ki „*A mykorrhiza-gombák növekedése és a tápláló közeg reakciója közötti kölcsönhatások vizsgálata*" címmel. E munkát előzetes közleménynek szánta, de sajnos halála miatt nem tudta befejezni. A leírt kísérletéből megállapítható, hogy a vizsgált mikorrhizás gombafajok laboratóriumi körülmények között nem érzékenyek a talaj kémhatására, hasonló növekedést mutattak a tenyészetek savanyú (pH = 6,8) és lúgos (pH = 8,3) táptalajon is (Bokor 1959b). A *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm., 1871 gombafajt mikorrhizaképzőként tünteti fel, azonban azóta már a faj bizonyítottan fán élő szaprotrófként van számontartva (Kalmár & Makara 1972, Ewald et al. 2017).

1960–2000 közötti időszak kutatásai

Bokor Rezső halála után Kiss László mikológus folytatta tovább a mikorrhizakutatásokat. Első közleményében (Bencze & Kiss 1960) összefoglalta az erdészeti mikorrhizálás eddigi főbb eredményeit, majd később figyelme a növényvédőszerek gyökérkapcsolt gombákra gyakorolt hatására irányult. Kiss (1965) kéttűs fenyőkkel mikorrhizás gombákat, a *S. granulatus* és a *Boletus luteus* = *Suillus luteus* (L.) Roussel, 1821 fajt tenyésztette ki agaron, majd több, ma már betiltott vagy

nem alkalmazott, többek között diklór-difenil-triklóretán (DDT), hexaklór-ciklohexán (HCH) tartalmúrovarölőszert juttatott a táptalajokba. Megállapította, hogy az egyes növényvédőszerek különbözőképpen hatnak a gombákra, melyek tavasszal nagyobb dózist viselnek el, mint ősszel. A kontroll micéliumhoz képest serkentő hatás ritkán, gátló hatás viszont igen gyakran jelentkezett. Ezen hatások kimutathatóak voltak a micéliumok növényvédőszertől mentes táptalajra való átoltása után is, ami igazolja, hogy a gombák képesek a szubsztrátumból felvenni és akkumulálni különböző anyagokat (Jakucs & Vajna 2003). A DDT-t az általa okozott ökológiai károk miatt számos helyen, közülük a világon először Magyarországon, betiltották (Malatinszky 2017). Kiss (1967a, 1967b) további kutatásaiban laboratóriumban vizsgálta más vegyszerek hatását is *Suillus flavus* (Quél.) Singer, 1945, *S. granulatus*, *S. luteus*, *H. crustuliniforme*, *Lactarius deliciosus* (L.) Gray, 1821 és *X. subtomentosus* fajokkal kapcsolatban.

Ezek a vizsgálatok megerősítették korábbi nézeteit, miszerint a növényvédőszerek használata különbözőképpen, de mindenképpen negatívan hat a mikorrhizaképző gombákra, ugyanis egy teljes talajfertőtlenítés eltüntethet és visszaszoríthat olyan gombafajokat, amelyek nélkülözhetetlenek az erdei fák számára.

Ennek okán szorgalmazta a peszticidek használatának mielőbbi felülvizsgálatát. A későbbiekben kimutatták, hogy a rovarölőszereken kívül a légszennyező anyagok is (főleg iparterületek környékén) károsak a mikorrhizára, ami jóval kisebb mértékben jelenik meg szennyezett területeken és legyengült, beteg *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., 1784 egyedeken (Holes 1988). Felmerülhet a kérdés, hogy – amennyiben szükséges – ezek tükrében milyen megoldás lehet a megfelelő talajfertőtlenítési eljárás. Barna (2000) szerint a csemetekertben a mikorrhizás csemeték ültetését és fungicid szerek együttes használatát, az integrált módszert érdemes alkalmazni a gyökérpatogén gombák ellen. Nem tisztázott azonban, hogy milyen fungicideket és hogyan kell alkalmazni, hogy elkerülhető legyen a mikorrhizára gyakorolt negatív hatás, egyedül a *Paxillus involutus* (Batsch) Fr., 1838 gombafaj oltása és minimális mennyiségű benomyl gombaölőszer kombinálása mutatott pozitív eredményeket (Barna 2000).

Gyurkó Pál erdőmérnök (1924–2008), talajbiológus is foglalkozott a mikorrhiza kutatásával. A témában megjelent fontos cikke a mikorrhizás gombák élettanával kapcsolatos. Gyurkó (1978) az *Amanita*, *Boletus*, *Leccinum*, *Suillus* és a *Xerocomus* nemzetség fajaiból többféle kémhatású tenyészeteket készített, melyek 3,0–6,8 pH között mutattak növekedést. Megfigyelte, hogy a szubmerz (merült) és légmicélium megjelenése a táptalaj kémhatásától függ. A laboratóriumi körülmények között a légmicélium a mikorrhizás gomba talajban lévő részének, a merült micélium pedig a gyökérsejtek közötti részének feleltethető meg. Kísérletei azt mutatták, hogy 4,9–5,0 pH alatt légmicélium jelenik meg. Ennek az erdészeti mikorrhizálás szempontjából komoly gyakorlati jelentősége lehet, mert az előbbiek alapján a talajoltást a gomba légmicéliumos alakjával célszerű megtenni, így oltóanyaggyártásnál kémhatás tekintetében a légmicélium preferenciáját célszerű figyelembe venni (Gyurkó 1978).

1990-től az ERTI Erdővédelmi Osztályának kutatója, Szántó Mária (1953–2014) foglalkozott mikorrhizakutatással. Érdeklődése elődeihez hasonlóan a kéttűs fenyőkre irányult. Első jelentősebb kísérletének célja a foszfortartalom alapján megfigyelni a mikorrhizakapcsolat növényekre gyakorolt hatását (Szántó 1992). Egy és 2 éves erdei- és feketefenyő csemetéket oltott *Hebeloma radicans* = *Hebeloma radicosum* (Bull.) Ricken, 1915*, A. pantherina*, *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm., 1871 és *R. cyanoxantha* diploid micéliumából készült oltóanyaggal. Bokor (1954) és Kiss (1966)

módszereitől eltérően, Szántó (1992) steril búzacsírát szövetett át a micéliumokkal, majd ezt keverte tőzeggel, és így végezte az oltást. A foszfortartalom meghatározását plazmagerjesztéses fotometriával (ICP) végezte, és azt az eredményt kapta, hogy bár az oltott csemetéknél a foszfor mennyisége nagyobb volt, de szignifikáns eltérést nem mutatott ki, és ezért további megfigyeléseket tartott indokoltnak. Kandidátusi értekezésében mikorrhizált és kontroll erdei- és feketefenyő összehasonlító vizsgálatát végezte. Eredményeiből megállapítható, hogy a mikorrhizált egyedek össznövekedése számottevően javult, a tömegük 50%-kal nőtt. A tömegnövekedés az erdeifenyő esetében volt jelentősebb (Szántó 1995a). Megfigyelései szerint a kétéves csemeték voltak az érzékenyebbek a gombával történő kezelésre (Szántó 1995a), véleményünk szerint ezt Bokor (1954) megfigyelése támasztja alá, mely szerint a mikorrhiza természetes körülmények között már a sziklevelek megjelenésekor létre jön. Az oltott csemeték rost (ADF)-, lignin-, cellulóz-, összes oldható cukor és nitrogénszintje is magasabb volt a kontroll fákkal szemben. Szántó (1995a) eredményeivel megerősítette a mikorrhizakapcsolat előnyeit, és javasolta a gombával történő oltás rutinszerűvé tételét az erdészetben. Az évezred utolsó jelentős erdészeti kutatása egy témát, a mikorrhizált erdei- és feketefenyő összehasonlító vizsgálatát érinti, melyet Szántó négy publikációban közöl. *H. radicosum*, *H. crustuliniforme*, *L. quietus*, *R. cyanoxantha*, *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordholm, 1817 és *S. luteus* fajokból tenyészetet, majd abból oltóanyag-szuszpenziót készített Szántó (1995b). Ő alkalmazta először a hazai irodalmak alapján a szuszpenzióba áztatásos mikorrhizálást (Szántó 1995b). A kezelt csemeték összességében jelentős növekedést mutattak a kontrollal szemben, de nem minden gombafaj esetében voltak egyformán meggyőzőek. Ennek magyarázata Szántó (1995b) szerint az lehet, hogy egyes gombafajok a csemeték korai, míg mások késői életszakaszában segítik jelentősen a növekedést (Stenstorm 1990). A legnagyobb gyökértömeget a *L. quietus* fajjal oltott 3 éves erdeifenyő érte el, és elmondható, hogy a feketefenyő a legtöbb esetben alulteljesített az erdeifenyővel szemben (Szántó 1995c). Ezt a feketefenyő nagyobb gyantatartalmával (Bondor 1987), szárazságtűrésével (Gencsi & Vancsura 1992) és a gyökérpatogén gombákkal szemben mutatott nagyobb ellenállóképességével (Pagony 1987) magyarázza. Szántó (1996) vizsgálta ültetvénye fáinak kémiai összetevőit is, mely során kimutatta, hogy a hamu-, rost (ADF)-, cellulóz-, lignin-, oldható összcukortartalom jóval magasabb volt a kezelt csemetékben, illetve a fiatal feketefenyők kivételével a nitrogén terén is ezt tapasztalta. A legjobb eredményeket a gombák közül a *L. quietus* és *Suillus variegatus* (Sw.) Kuntze, 1898, a fák közül pedig a 3 éves erdeifenyő-csemetékkel érte el (Szántó 1996). Hiánypótló volt Szántó (1997) ásványianyagtartalom-meghatározásra irányuló vizsgálata, mert addig kevés ilyet végeztek nemzetközi szinten is. ICP analízissel határozta meg az ásványi anyagokat, és kimutatta, hogy számos elemnél jelentős növekedés tudható be a mikorrhizálás hatásának. Különösen a kálium, foszfor és nitrogén tartalom növekedése volt jelentős a mikorrhizált csemetékben. Az ásványianyag-tartalom terén is a *L. quietus* gombafaj produkálta a legjobb eredményeket (Szántó 1997).

Elengedhetetlen még Jakucs Erzsébet és Bratek Zoltán munkásságát megemlíteni, mert közleményeik irányt mutattak a 2000-es évek „modern” mikorrhizakutatásaihoz. Bratek et al. (1992) több földalatti gomba talajigényét mutatta ki. Megállapította, hogy a *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng., 1827, *Tuber brumale* Vittad., 1831, *Tuber excavatum* Vittad., 1831, *Hydnobolites cerebriformis* Tul. & C. Tul., 1843 fajok a lúgos talajokat, a *Tuber borchi* Vittad., 1831 és a *Terfezia terfezoides* = *Mattirolomyces terfezoides* (Mattir.) E.Fisch., 1938 a gyengén savanyú talajokat kedveli. Ezzel ellentétben az *Elaphomyces muricatus* Fr., 1829 álszarvasgombafaj a talaj kémhatása

iránt közömbös. Jakucs (1996) összefoglalta az ektomikorrhizák morfológiai határozásához lehetséges módszereit, továbbá kiadta magyar nyelven az ismert tölgymikorrhizák határozókulcsát is (Jakucs 1997).

Az új évezred hazai kutatásai

A mikorrhizakutatások a XXI. században is folytatódtak. Számos olyan munka jelent meg neves kutatóktól az évszázadban, mely kötődik a mikorrhizás gombákhoz. A fejezetben az erdészethez kötődő főbb publikációkat tekintjük át. Szántó (2001) igazolni próbálta azon feltevést, miszerint a mikorrhizakapcsolat az erdő egészségére pozitív hatással van. Ehhez erdeifenyő- és bükkállományok erdőegészségi állapotát vette figyelembe Pagony (1993) módszerével, valamint a gombatermőtestek jelenlétének mértékét vizsgálta. Kevés felvétellel is jól tudta bizonyítani a pozitív hatást mindkét fafaj esetében (Szántó 2001), de megjegyezte, hogy a téma további vizsgálatokat igényel. Ilyen kutatások jelenleg is folynak (Dredor & Szmatona-Túri 2023a). Barna et al. (2001) szintén az erdők vitalitásának fokozása céljából foglalkoztak mesterséges mikorrhizálással. Steril és nem fertőtlenített termesztőközegben fehér nyár (*Populus alba* L., 1753), közönséges mogyoró (*Corylus avellana* L., 1753), kislevelű hárs (*Tilia cordata* Mill., 1768), ezüst hárs (*Tilia tomentosa* Moench, 1785), bibircses nyír (*Betula pendula* Roth, 1788) és török mogyoró (*Corylus colurna* L., 1753) csemetéket ültettek, melyeket több gombafajjal oltottak, de eredményeikben csak a *T. cordata* és *B. pendula* spontán, más gombafajjal való mikorrhizálódottsága igazolódott, a mesterséges oltások közül csak a *Rhizopogon vulgare* = *Rhizopogon vulgaris* (Vittad.) M. Lange, 1956 megtelepedése volt észlelhető feketefenyő gyökérzetén (Barna et al 2001). Zöld et al. (2002) igazolták a *B. pubescens*, *P. sylvestris*, *Quercus sp*. és *Salix aurita* Host, 1828 magasfokú mikorrhiza-kolonizációját az Őrségi Fekete-tó Úszólápban. A *M. terfezoides* és a *R. pseudoacacia* közötti kapcsolat ektomikorrhizás volta mai napig egy tisztázatlan kérdés. Kovács (2002) doktori téziseiben megkérdőjelezte a mikorrhizakapcsolat meglétét, Szegő et al. (2007) viszont vizsgálataikkal kimutatták a kapcsolatot. Jakucs (2003) és Jakucs et al. (2006) javasolták a mikorrhizált csemeték erdészetben történő alkalmazását. Jakucs (2003) ismertette a mikorrhizálás esetleges veszélyeit is, mely szerint problémát okozhat a szakszerűség hiánya, a nem megfelelő gomba- és fafajmegválasztás és a tájidegen fajok oltóanyagként történő felhasználása. A hazai gombaminták használata Jakucs (2003) szerint a származási területen belül veszélytelen. Ez a módszer az erdészeti szaporítóanyag-kereskedelemben jól működik, ennek céljából az ország származási körzetekre van osztva (Kristó 2008). Ezen csemetéket nagy hatékonysággal lehetne alkalmazni a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan, kivett területek erdősítésére (Jakucs 2008a). Jakucs (2008b, 2010) akadémiai doktori értekezésében leírja, hogy alföldi vizsgálatai alapján, az előbb említett területekre fehér nyárral (*P. alba*) történő erdőtelepítés céljából a *Tuber rapaeodorum* Tul. & C. Tul., 1843, *Xerocomus armeniacus* (Quél.) Quél.,1888, *Scleroderma bovista* Fr., 1829 és *Hebeloma ammophilum* Bohus, 1978 gombafajokból készült oltóanyagot javasolja (Jakucs 2008b, Jakucs 2010). Ektomikorrhiza-oltóanyag előállítási kísérletek szintén voltak a században és jelenleg is vannak. Kollár (2007) folyékony táptalajban, folyamatos rázógépen tartással *R. cyanoxantha* micéliumot tenyésztett, melyből turmixolással és vízzel való hígítással inokulumot készített, mellyel sikeresen tudta beoltani a kocsányos tölgyet. Nem tudott viszont oltóanyagot készíteni friss ter-

mőtestből, ez igazolja, hogy a táptalajon történő micéliumtenyésztés az ektomikorrhiza-oltóanyag készítésének megkerülhetetlen lépése (Kollár 2007). Gyökérvizsgálattal kimutatásra került a Kiskunsági Nemzeti Park törzsterületéhez tartozó fülöpházi homokgyepről és feketefenyvesből a helyszínre nézve két tájidegen gombafaj, a *Rhizopogon* sp. és a *S. variegatus*, melynek oka a fenyőtelepítéssel történő behurcolás (Seress 2009, Seress & Kovács 2010). Ezen tájidegen gombafajok Seress (2015) szerint ökológiai problémát okozhatnak az őshonos gombák kiszorításával. Véleményünk szerint ennek kiküszöbölése érdekében is jelentős lehet Jakucs (2003) által említett származási területen belüli, nem tájidegen gombából készült inokulummal történő oltás.

A különböző szarvasgombák (*Tuber* spp.) ültetvényes termesztése is az erdészetet érinti, ugyanis ezen ültetvények nagyrésze a földalattigomba-termelő rendeltetésű erdő kategóriába sorolandó (Erdőtörvény 2009). A legátfogóbb kutatást Csorbainé (2011) végezte a *T. aestivum* és *Tuber macrosporum* Vittad., 1831 termesztésével kapcsolatban. Egyrészt kimutatta, hogy szarvasgombával való mikorrhizálásra kiválóan alkalmas a *Q. robur*, *Quercus cerris* L. 1753, *C. avellana* és a *Tilia platyphyllos* Scop. 1771 is, valamint egy csemetevizsgáló- és minősítő eljárást is kidolgozott (Csorbainé 2011). Bagi & Fekete (2007) monográfiát jelentetett meg a triflagyűjtés gyakorlatát bemutatva. Bratek et al. (2010) igazolták a lőcslábú gombabogárka (*Leiodes cinnamomea* Panzer, 1793) részvételét a *Tuber*-fajok spórájának terjesztésében. A Jászság legnagyobb részének erdőgazdálkodója, a NEFAG Zrt. területén számos meszes talajú kocsányos tölgyes állomány található, melyek különböző szarvasgombafajokban igen gazdagok. Jászivány község határában található az a földalattigomba-termelő erdő, ahol az ország eddigi legnagyobb nyári szarvasgomba *(T. aestivum)* trifla előkerült (NEFAG 2020). Az erdőgazdálkodási vállalatnak külön ágazata épült ki a szarvasgombára. A NEFAG Zrt. hazánkban elsőként vezette be az arcképes igazolvánnyal lehetséges triflagyűjtést, továbbá szarvasgomba-feldolgozó üzemükben a gyűjtőktől felvásárlást végeznek és sajátmárkás élelmiszereket gyártanak (NEFAG 2020), azonban a hazánkban begyűjtött triflák nagyrésze exportra megy (Bratek 2021). A kiemelkedő adottságú területek vélhetően Közép-Európa legjobb szarvasgomba-termőhelyének számítanak, ezért tudományos kutatásoknak is teret ad: a területen vizsgálják az öntözéses szarvasgomba-termesztést, továbbá a természetes mikorrhizálás lehetőségeit is (Nagy 2010). A Bratek Zoltán által 2002-ben franciaországi szaporítóanyagból a Jászságban telepített ültetvényről már begyűjtésre került az első hazai termesztett francia szarvasgomba (*Tuber melanosporum* Vittad., 1831) (Bratek 2021). Jelenleg *T. aestivum* és *Neoboletus xanthopus* (Klofac & A.Urb.) Klofac & A.Urb. 2014 gombafajokkal oltott *Q. petraea*, *Q. cerris*, *T. cordata* és *C. betulus* fafajokkal végzünk vizsgálatokat Mátrafüreden, az ÉASZC Mátra Erdészeti Technikum területén, ahol az ültetvény a tudományos kutatás mellett egyben oktatási-bemutatási jelentőséggel is bír (Dredor & Szmatona-Túri 2022). Munkánk céljai közé tartozik az ültetvényen megjelent növényi károsítók és kórokozók felmérése is. Vizsgálataink során még gyökérvizsgálattal nem bizonyítottuk a mikorrhizakapcsolat kialakulását, mivel ilyen korai fázisban nem célszerű a csemeték bolygatása, azok meglétére a fafajok ellenállóképességéből és növekedési erélyéből tudunk csak következtetni. A kislevelű hársaknál azt figyeltük meg, hogy a mikorrhizált egyedek kártevőktől mentesek, egészségesek és jó növekedési eréllyel rendelkeztek. Ez további gyökér- és növedékvizsgálatokat indokol a mikorrhizált kislevelű hárs gyakorlati erdészeti alkalmazhatóságának céljából (Dredor & Szmatona-Túri 2023b.

Elengedhetetlen szót ejteni a klímaváltozás és a mikorrhizálás kapcsolatáról. Az időjárás egyre szélsőségesebbé válik, és az előrejelzések alapján hosszú távon arra kell az agráriumnak beren-

dezkedni, hogy a nyaraink szárazabbá válnak, a csapadék jelentős része télen és tavasszal fog lehullni (Bartholy & Pongrácz 2017). Az előrevetítések szerint azzal is mindenképp számolni kell, hogy a jövőben számottevően növekedhet hazánkban az erdősztyepp és sztyepp klímájú területek nagysága (Gálos & Führer 2018). Valószínűsíthető, hogy ha olyan csemetét ültetünk ki, melyet a számára legmegfelelőbb gombával kezelünk, akkor az már fiatal korában jobb vízfelvételt, ezáltal jobb ellenállóképességet és nagyobb növedéket eredményezhet, és nagyobb eséllyel maradhatnak meg őshonos fafajaink. A kalapos gombákkal történő mikorrhizálást hazánkban erdőgazdasági körülmények között nem alkalmazzák, viszont szarvasgomba-mikorrhizás csemetéket több cég is értékesít, sokszor a mikorrhizálatlanok százszoros árán. Ilyen árkülönbség esetén érthető, hogy nem bevett gyakorlat a mikorrhizás csemeték ültetése, viszont egy szélesebb körű támogatási rendszer esetén elterjedne a módszer, továbbá megfelelő termőhely esetén számolni lehet a gazdálkodónak a faanyagon túl a gomba értékesítéséből járó bevétellel is. Földalatti gombák termesztésére jelenleg is vannak pályázatok, de érdemes lenne elgondolkodni az egyéb, kalapos gombákkal történő mikorrhizáláson is.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során a hazai erdészeti mikorrhizakapcsolatok kutatásainak irodalmait tekintettük át 1885-től napjainkig. A legelső munkát Frank (1885) végezte, aki bebizonyította a mikorrhiza létezését. Utána Bokor Rezső végzett jelentős kutatásokat, melynek során számos növény- és gombafaj közötti szimbiózist írt le, és mesterséges oltásra vonatkozó agrotechnikai eljárást dolgozott ki. A Bokor halálát követő évtizedben Kiss László kutatásai voltak a legjelentősebbek, aki főleg a növényvédőszerek hatását vizsgálta mikorrhizás gombákra. Szántó Mária munkássága szintén meghatározó volt, aki elsősorban az erdei- és feketefenyő mikorrhizakapcsolatait és élettani folyamatait vizsgálta. A XXI. században Jakucs Erzsébettől származik több mikorrhizás munka, leginkább az erdők mikorrhizáltságának mértéke és az ektomikorrhizák morfológiai vizsgálatának témaköréből. Napjainkban a mikorrhizakutatások leginkább a szarvasgomba-termesztésre összpontosulnak, ahol a Csorbainé Gógán Andrea, Bratek Zoltán és a NEFAG Zrt. tevékenysége számít kiemelkedőnek. Ezek mellett több erdészeti mikorrhizával kapcsolatos kutatás zajlik Magyarországon. Összességében elmondható, hogy a korábbi számos pozitív tapasztalat alapján a mikorrhizás gombákkal való oltást érdemes lehet bevinni a csemetekerti gyakorlatba, ezzel is növelve fiatal erdeink klímához való alkalmazkodását.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki Jakucs Erzsébetnek, Hirka Anikónak, Bratek Zoltánnak és Csóka Györgynek a rendelkezésre álló irodalom biztosításáért és a hasznos tanácsaiért. Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Bagi I. & Fekete A. O. 2007: A szarvasgombász mesterség. Trajan Könyvesműhely, 190.

Banyajev A. V. 1940: A mykorrhizás gombáknak a talajban való megtelepítése céljából végzett kísérletek. „Lesznoje Hozjajsztvo" 10.

Barna T. 2000: A mikorrhizák szerepe a csemetekertinövényvédelemben, a talajlakó kórokozókkal szemben. In: Kutatói nap 2000 Tudományos eredmények a gyakorlatban, Szeged, 27.

Barna T., Jakucs E., Bratek Z. & Szántó M. 2001: Az erdősítések eredményességét fokozó közös mikorrhiza kutatások. In: Mátyás Cs., Führer E. & Tóth J. (eds.): Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 15: 169–178.

Bartholy J. & Pongrácz R. 2017: A közelmúlt és a jövő országos éghajlati trendjei. (A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai II.) Erdészeti Lapok 152(5): 134–136.

Bencze L. & Kiss L. 1960: A mykorrhiza-oltásban rejlő lehetőségek. Az Erdő 9(7): 274–280.

Bokor R. 1943a: A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása. Erdészeti Lapok 82(8): 355–360.

Bokor R. 1943b: A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása. Erdészeti Lapok 82(9): 399–406.

Bokor R. 1954: A Mykorrhiza-gombákkal történő talajoltások új agrotechnikai eljárása. Erdészeti Kutatások 4: 27–45.

Bokor R. 1956: A Mykorrhiza-gombák által termelt antibiotikumok hatása egyes fenyőfélék magjának csírázására. Erdészeti Kutatások 1: 67–79.

Bokor R. 1959a: Vizsgálatok az erdei- és feketefenyő csemeték mesterséges mykorrhizálása terén többgombás (komplex) tiszta tenyészetekkel. Erdészeti Kutatások 12: 355–388.

Bokor R. 1959b: A Mykorrhiza-gombák növekedése és a tápláló közeg reakciója közötti kölcsönhatások vizsgálata. Erdészeti Kutatások 6(1-2): 389–394.

Bondor A. 1987: Feketefenyő. In: Bondor A. (ed.): A fenyő termesztése és hasznosítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 21.

Bratek Z., Király I., Láng F. 1992: R-spectra of some hypogeous mushrooms. Micologia e Vegetazione Mediterranea 7(1): 95-102.

Bratek Z, Merényi Zs., Illyés Z., *László* P., Anton A., Papp L., Merkl O., Garay J., Vikor J., Brandt S. 2010: Studies on the ecophysiology of Tuber aestivum populations in the Carpatho-pannon region. Austrian Journal of Mycology 19: 221-226.

Bratek Z. 2021: L'essor de la truffe et sa culture en Hongrie. Le Trufficulteur 114: 26.

Csóka Gy., Hirka A. & Csiky Zs. 2002: Az erdővédelem magyarországi szakirodalma CD. Agroinform Kiadó, Budapest.

Csorbainé G. A. 2011: A nyári szarvasgomba (*Tuber aestivum* Vittad.) és a nagyspórás szarvasgomba (Tuber macrosporum Vittad.) magyarországi termeszthetőségének vizsgálata. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő. 120–123.

Dredor D. & Szmatona-Túri T. 2022: Mikorrhizálás erdészeti alkalmazhatósága hazai viszonyok között a fák növekedésének, tápanyag- és vízellátásának javítása, fokozása érdekében. In: Haltrich A. & Varga Á. (eds.): 68. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2022. február 22., 58.

Dredor D. & Szmatona-Túri T. 2023a: Mikorhizás kísérleti ültetvény növénykórtani vizsgálata. In: Haltrich A. & Varga Á. (eds.): 69. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2023. 02. 21., 73.

Dredor D., Szmatona-Túri T. 2023a: Mikorrhizás kísérleti ültetvény növénykórtani vizsgálata. In: Haltrich Attila (szerk.) 69. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Magyarország: Magyar Növényvédelmi Társaság, 73.

Erdőtörvény 2009: 2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról. 26§.

Ewald G, Vasas G. & Locsmándi Cs. 2017: Gombászok kézikönyve. Cser Kiadó, Budapest, 57.

Frank A. B. 1894 (in Fekete): A mykorrhiza gombák befolyása az erdei fák táplálkozására. Erdészeti Lapok 33(5): 403–407.

Frank A.B. 1885: Über die auf Wurzelsymbiose beninde Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 3: 128–145.

Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55. DOI: 10.17164/EK.2018.003

Gencsi L. & Vancsura R. 1992: Dendrológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 147–151.
Gibelli G. 1883: Nuovi studii sulla malattia del castagno detta dell'inchiostro Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna 4: 287–314.
Gyurkó P. 1978: Mikorhiza gombák élettani vizsgálata laboratóriumi körülmények között. Mikológiai Közlemények 17(1-2): 29–34.
Holes L. 1988: Mikorrhiza és vékonygyökér vizsgálatok beteg és egészséges *Quercus petraea fákon. In: Bartha S. (ed.): I. Magyar Ökológus Kongresszus. Budapest 1988 04. 27. – 1988. 04. 29. MTA 70.*
Hollós L. 1911: Magyarország földalatti gombái, szarvasgombaféléi. K. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 248.
Ismeretlen szerző 1885: A gombák és fák közötti élettani összefüggés. Erdészeti Lapok 24: 737–738.
Jakucs E. 1997: Az eddig ismert magyarországi tölgymikorrhizák határozó kulcsa. Mikológiai Közlemények 36(2-3): 35–38.
Jakucs E. & Vajna L. 2003: Mikológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 291–304.
Jakucs E. 2003: A mikorrhizák erdészeti alkalmazásának perspektívái és veszélyei. Erdészeti Lapok 138(5) 136–137.
Jakucs E. 2008a: A mikorrhizák szerepe a növények szárazságtűrésében. A Magyar Biológiai Társaság XXVII. Vándorgyűlése, 2008. szeptember 25-26., előadások összefoglalói. 61–65.
Jakucs E. 2008b: Egyes magyarországi erdők ektomikorrhizái. MTA doktori értekezés tézisei, Eötvös Loránd Tudományegyetem Biológiai Intézet Növényszervezettani Tanszék, 1–15.
Jakucs E. 2010: Egyes magyarországi erdők ektomikorrhizái. Mikológiai Közlemények, Clusiana 46(1-2): 167–175.
Jakucs E. (ed.) 2016: Gombaszakértői praktikum. Flaccus Kiadó, Budapest, 247.
Kalmár Z. & Makara Gy. 1973: Ehető és mérges gombák. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 172–173.
Kelley P. A. 2018: The Concept of Mycorrhiza. Mycologia 147–151. DOI: https://doi.org/10.1080/00275514.1931.12017032
Kiss L. 1965: Rovarölőszerek hatása mikorrhiza gombákra. Az Erdő 14(4): 153–157.
Kiss L. 1966: Mikorrhiza szabadföldi oltások eredményei. Erdészeti Kutatások 62(1-3): 285–292.
Kiss L. 1967a: Rovarölőszerek hatásának vizsgálata az erdei- és feketefenyő fontosabb mikorrhiza-gombáin laboratóriumi körülmények között. Erdészeti Kutatások 63(1-3): 241–247.
Kiss L. 1967b: Gyomirtószerek hatásának vizsgálata mikorrhiza-gombákon laboratóriumi körülmények között. Erdészeti Kutatások 63(1–3): 249–258
Kollár T. 2007: Ektomikorrhiza oltóanyag előállítási kísérletek. TDK dolgozat, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet, Sopron, 1–23.
Kovács M. G. 2002: Mikorrhiza vizsgálatok alföldi területeken. Ph.D. értekezés tézisei, Szegedi Tudományegyetem, Növénytani Tanszék, Szeged, 1–10.
Kristó L. 2008: Erdészeti szaporítóanyag-termelés. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft, Budapest, 45–89.
Malatinszky Á. 2017: Bevezetés a természetvédelembe. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem, Gödöllő, 10–14.
Melin E. & Nilsson H. 1957: Transport of 14e-labelled photosynthate to the fungal associate of pine mycorrhiza. Svensk Botanisk Tidskrift. 51: 166–86.
Nagy Cs. 2009: Erdészeti növénytan. Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, Budapest, 4.
Nagy Zs. 2010: Szarvasgomba, mint erdei melléktermék az Alföldön. In: Szulcsán G.: Kutatói Nap – Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, 50–53.
NEFAG 2020: Szarvasgomba – NEFAG Zrt. https://szarvasgomba.nefag.hu. Letöltés: 2023. 04. 08.
Pagony H. (ed) 1993: Erdei károsítók. Képes határozó. Erdőrendezési Szolgálat, Budapest, 24–27.
Pagony H. 1987: A gyökérrontó tapló *(Fomes annosus).* Erdőgazdaság és faipar 12: 18–19.
Schilberszky K. 1904: Az erdei fák gyökérgombáiról (mykorrhiza). Erdészeti Lapok 43(4): 336–337.
Seress D. & Kovács M. G. 2010: Tájidegen ektomikorrhiza-képző gombák a fülöpházi homokpusztagyepben. Mikológiai Közlemények, Clusiana 49 (1-2): 129–137.
Seress D. 2009: Fenyők ektomikorrhiza-képző gombáinak vizsgálata a fülöpházi homokterületen. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológus TDK Konferencia, 1–20.

Seress D. 2015: Ektomikorrhizák morfológiai és diverzitásvizsgálata. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Intézet, Növényszervezettani Tanszék, Budapest, 100.

Stenström E. & Unestam T. 1990: Variation in field response of *Pinus silvestris* to nursery inoculation with four different ectomycorrhizal fungi. Canadian Journal of Forest Research. 20:1796–1803.

Szántó M. 1990: A hazai mikorrhiza kutatás története. Mikológiai Közlemények 29(1-3): 89–102.

Szántó M. 1992: Adatok a mikorrhizált fenyőcsemeték P-tartalmáról. Mikológiai Közlemények 31(1-2): 27–34.

Szántó M. 1995a: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nig*ra Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. Erdészeti Lapok 130(10): 306–307.

Szántó M. 1995b: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; Pinus nigra Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 1. Növedékvizsgálat, a magasság alakulása, hossznövekedés. Mikológiai Közlemények 34(1): 64–74.

Szántó M. 1995c: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 2. A növények tömegviszonyai. Mikológiai Közlemények 34(2-3): 42–47.

Szántó M. 1996: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 3. A kémiai összetevők vizsgálata. Mikológiai Közlemények 35(1-2): 85–91.

Szántó M. 1997: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 4. A vizsgált növények ásványianyag tartalma. Mikológiai Közlemények 36(1): 39–46.

Szántó M. 2001: A mikorrhiza kapcsolatok szerepe az erdők egészségi állapotában. In: Mátyás Cs., Führer E. & Tóth J. (eds.): Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 15: 154–158.

Szegő D., Rudnóy Sz., Zöld-Balogh Á. & Bratek Z. 2007: Homoki szarvasgombával beoltott akáccsemeték mikorrhizáinak és gyökérasszociált gombáinak morfológiai és molekuláris vizsgálata. Mikológiai Közlemények, Clusiana 46(2): 269–279.

Téglás K. 1892: Ártalmas-e a fiatal fenyőcsemetéknek a mycorhiza képződésre vezető symbiózis? Erdészeti Lapok 31(12): 903.

Trappe M. J. 2005: A.B. Frank and mycorrhizae: the challenge to evolutionaryand ecologic theory. Mycorrhiza 15: 277–281. DOI: 10.1007/s00572-004-0330-5

Ubrizsy A. 1981: A mikorrhiza jelentősége a fák betegség elleni védekezésében. Az Erdő 30(8): 358–359.

Vanyin Sz. I. 1949: A mykorrhiza jelentősége a sztyepek erdősítésekor. „Príroda" 8.

Zöld-Balogh Á., Parádi I. & Bratek Z. 2002: Az őrségi Fekete-tó úszóláp növényeinek mikorrhiza-kapcsolatai. Kanitzia 10: 217–224.

Érkezett: 2023. január 31.
Közlésre elfogadva: 2023. július 12.