

EKTOMIKORRHIZÁK MORFOLÓGIAI ÉS DIVERZITÁSVIZSGÁLATA

Doktori értekezés tézisei

SERESS DIÁNA

ELTE TTK Biológia Doktori Iskola

Iskolavezető: Prof. Erdei Anna

Kísérletes Növénybiológia Doktori Program

Programvezető: Prof. Szigeti Zoltán, egyetemi tanár

Témavezető: Dr. Kovács M. Gábor, egyetemi docens,

ELTE TTK, Biológiai Intézet Növény szervezettani Tanszék



Készült az ELTE Biológiai Intézet

Növény szervezettani Tanszékén

Budapest

2015

Bevezetés

A legtöbb szárazföldi növény a gyökerein keresztül gombákkal él együtt mutualista szimbiózisban, melyet mikorrhizának nevezünk. A mikorrhizaképző gombák többek között segíthetik a növények életben maradását száraz környezetben.

Az egyik leggyakoribb mikorrhizatípus az ektomikorrhiza, melyet általában fásszárú növények képeznek tömlős és bazídiumos gombákkal. Az ektomikorrhiza képző gombaközösség megismerésére többféle módszer létezik: (i) ektomikorrhizák molekuláris taxonómiai és/vagy morfológiai vizsgálata, amely az egyetlen módszer, aminek az alkalmazásával gazdanövényhez tudjuk rendelni az ektomikorrhiza képző gombákat; (ii) termőtestek vizsgálata és (iii) talajmintákban lévő összDNS vizsgálatai (például új generációs szekvenálási módszereket alkalmazva).

Fő mintavételi területünkön, a Fülöpháza melletti félszáraz homokpusztagyepben (Kiskunsági Nemzeti Park) négy őshonos ektomikorrhiza képző növényfaj fordul elő, melyek a heverő naprózsa (*Fumana procumbens*), a fehér nyár (*Populus alba*), a rozmaringlevelű fűz (*Salix rosmarinifolia*) és az ékes napvirág (*Helianthemum ovatum*). A Fülöpházán előforduló ektomikorrhiza képző növények gyakori partnerei az *Inocybe*, *Cortinarius* és *Tomentella* nemzetségekbe tartozó gombafajok.

A nyílt homokpusztagyepet egy ültetett fenyőerdő (*Pinus nigra*) határolja. Fenyőegyedek, illetve néhány fenyőegyedekből álló foltok a homokpusztagyepben is találhatóak, az erdei ültetvénytől akár több száz méter távolságra. A fenyő a területen egyértelműen tájidegen növény.

Feltételezhetjük, hogy a tájidegen növények – amennyiben mikorrhizaképzők – kevésbé specialista gombapartnerekkel alakítanak ki mikorrhiza-kapcsolatot. Egy új területen általában nincsenek meg a tájidegen növényfaj eredeti gombapartneri. Hipotézisünk szerint az őshonos és tájidegen növények gyökerein egyaránt előforduló ektomikorrhiza képző gombák generalistának tekinthetők.

Vannak olyan növényfajok, amelyek gyökérendofiton gombapartneri mellett többfajta mikorrhiza-kapcsolatot képeznek különböző gombákkal. A növényi részekben egyszerre jelen lévő gombapartneri specifikus jelölése fontos lehet a kapcsolatok vizsgálatában. A fluoreszcens *in situ* hibridizáció (FISH) lehetővé teszi a növényi szöveteket kolonizáló gombák többszörös, ugyanakkor szelektív *in situ* lokalizációját, tehát alkalmas módszer mikorrhizaképző és endofiton gombapartneri, valamint látens fázisukban lévő kórokozó gombák *in planta* kimutatására is.

Célkitűzések

Az értekezésben bemutatott munka célja (1) a Fülöpháza melletti fűszáraz homokterületen tájidegen feketefenyő és őshonos heverő naprózsa, fehér nyár és rozmaringlevelű fűz ektomikorrhiza képző gombáinak diverzitásvizsgálata és összehasonlítása, a generalista és specialista ektomikorrhiza képző gombapartnerek azonosítása. (2) Célunk volt a területről az ektomikorrhiza képző gomba termőtestek gyűjtése, ezeknek és a korábban a területről gyűjtött termőtesteknek a molekuláris taxonómiai azonosítása. (3) Az elegendő mennyiségben talált, morfológiailag-anatómiailag még nem jellemzett ektomikorrhizák részletes morfológiai-anatómai összehasonlító vizsgálatát is célul tűztük ki. Célunk volt a fülöpházi területen is előforduló ektomikorrhizás gombanemzetségek más, magyarországi területekről származó mintáival történő molekuláris és/vagy anatómiai összehasonlítása. (4) Céljaink között szerepelt még ektomikorrhiza képző gombák szelektív fluoreszcens *in situ* hibridizációs (FISH) jelölésére a megfelelő protokoll adaptálása.

Anyag és módszer

(1) Ektomikorrhiza diverzitásvizsgálatok

A fülöpházi homokterületen mind a négy vizsgált növény foltjaiból talajfuratokat vettünk fel. A heverő naprózsa minden egyes ektomikorrhizáját legyűjtöttük, a másik három vizsgált növény ektomikorrhizáit pedig morfológia alapján csoportosítottuk, ún. morfortípusokba soroltuk. Az ektomikorrhiza morfortípusok reprezentánsaiból és a területen gyűjtött termőtestekből DNS izolálás (EZNA Fungal DNA Mini Kit) után a magi riboszomális DNS ITS (Internal Transcribed Spacer) régióját szaporítottuk fel és szekvenáltattuk. A szekvenciák kromatogramjait a Staden programcsomag segítségével ellenőriztük.

A gombapartnerek azonosítására irányuló vizsgálatok során előfordult, hogy több amplikon volt látható az agaróz gélen egy-egy minta esetében. A kevert mintákat egy diagnosztikus PCR-el is vizsgáltuk, ahol egy, a területen gyakran előforduló endofiton gombanemzetség, a *Cadophora* jelenlétét próbáltuk kimutatni.

A mothur program segítségével 3%-os küszöbérték mellett a szekvenciákat csoportokba (ún. mOTU-kba, Molecular Operational Taxonomic Units) rendeztük. A kapott mOTU-k reprezentáns szekvenciáit BLAST kereséssel (Basic Local Alignment Search Tool, szekvencia hasonlóságon alapuló keresés) vetettük össze a különböző nyilvános adatbázisokban elhelyezett szekvenciákkal (NCBI Blast: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>; Unite (<http://unite.ut.ee/>)).

Diverzitási indexeket számoltunk a mothur és Past3 program (3.06-os verzió) segítségével, valamint az utóbbi programmal NMDS ordinációt (non-metrical

multidimensional scaling) és a talajparaméterek bevonásával CCA (canonical correspondence analysis) vizsgálatot végeztünk.

Filogenetikai vizsgálatok során az ektomikorrhiza képző gombacsoportok azonosításához az ITS szekvenciák illesztését a MAFFT 7 online programmal végeztük.

Maximum likelihood (ML) elemzést futtattunk a RAxML grafikus verziójával (raxmlGUI), alapbeállításokkal GTRGAMMA modellt használva. Az elágazások megbízhatóságának meghatározására bootstrap módszert alkalmaztunk, az elágazások támogatottsági értékeit ezer ismétlésből számoltuk. A törzsfákat a TreeGraph 2 programban jelenítettük meg és szerkesztettük.

(2) Termőtestvizsgálatok

Az általunk talált, valamint a területről 10 év során gyűjtött termőtestek molekuláris taxonómiai azonosítását az ektomikorrhiza gombapartnernek esetében leírt módszerrel végeztük.

(3) Részletes ektomikorrhiza jellemzések, *Tomentella* ektomikorrhizák

A morfológiai-anatómiai jellemzéshez használt *Inocybe* ektomikorrhizákat Fülöpházán gyűjtöttük, részben susulyka termőtestek alól, más esetekben pedig a diverzitásvizsgálat során gyűjtött, nagyobb mennyiségben és jó állapotban lévő *Inocybe* ektomikorrhizákat részletes jellemzését készítettük el. Az újonnan jellemzett *Cortinarius saturninus* ektomikorrhiza egy budaörsi kertből származott. Az ektomikorrhizák részletes jellemzéséhez sztereomikroszkópot és fénymikroszkóp fáziskontraszt és Nomarski (DIC) optikáját használtuk.

A *Salix* és *Populus* gyökerek megkülönböztetése olykor nehézségekbe ütközik, ezért a susulyka termőtestek alól gyűjtött ektomikorrhizák növénypartnerének azonosításához diagnosztikus PCR-t használtunk ITS1 „forward” és saját tervezésű, *Salix* és *Populus* specifikus reverz primerekkel.

Az újonnan jellemzett ektomikorrhizákat összehasonlítottuk a megfelelő csoportok korábban leírt ektomikorrhizáival.

A Fülöpházán talált ektomikorrhizákból származó *Tomentella* ITS szekvenciákat összevetettük más magyarországi területekről származó *Tomentella* szekvenciákkal.

(4) Fluoreszcens in situ hibridizáció (FISH)

Az ektomikorrhiza gombahifák jelöléséhez a Bas ITS4B_af488 (5'-[A488] CAGGAGACTTGTACACGGTCCAG-3', PCR primer) bazídiumos gombákra specifikus primert használtuk. Olyan mosási hőmérséklet és idő kombinációkkal dolgoztunk, melyek estén a nem-target minta nem mutatta a jelet, a megfelelő target pedig erős jelet adott megfelelő kontraszttal. Epifluoreszcens és konfokális mikroszkópot használtunk a metszetek vizsgálatához.

Eredmények és értékelésük

(1) Ektomikorrhiza diverzitásvizsgálatok

- **Talajminták, gombaszekvenciák, ektomikorrhiza gombapartnerek diverzitása:** A munka során 177 talajfurat feldolgozása történt meg. Összesen 882 megfelelő minőségű szekvenciát kaptunk (*Fumana*: 316, *Salix*: 271, *Populus*: 177, *Pinus*: 118). A kapott szekvenciák 3%-os küszöbérték mellett összesen 101 mOTU-ba, növényenként rendre 35, 54, 50 és 36 mOTU-ba rendeződtek. A gazdanövényeket tekintve a rozmaringlevelű fűznél tapasztalható az ektomikorrhiza partnerek legnagyobb diverzitása, következő a sorban a fehér nyár, ezt követi a feketefenyő, és a naprózsa rendelkezik a legkevesbé diverz ektomikorrhiza partnerközösséggel.
- **Közös ektomikorrhiza partnerek:** A legnagyobb átfedés a rozmaringlevelű fűz és fehér nyár ektomikorrhiza partnerei között van (24 közös mOTU), erre a két növény közeli rokonsága adhat magyarázatot („gazdahatás”). A naprózsa és a feketefenyő közös mOTU-jainak a száma is magas (17), valószínűleg amiatt a terület miatt, ahol a két növény együtt fordult elő („területhatás”). A feketefenyő ektomikorrhiza partnereinek átfedése a fűz és a nyár ektomikorrhiza partnereivel (17, ill. 14 közös mOTU) is elég magas, a fenyő saját specialista koinvador gombapartnerei mellett „válogat” a szomszédok partnerei közül is, itt tehát egy harmadik jelentős hatás, a „szomszédhatás” befolyásolja a fenyő ektomikorrhiza partnerközösségét. A fülöpházi homokpusztagyep ektomikorrhiza képző gombaközösségét tehát a terület, a gazdanövény és a szomszédok is befolyásolják.
- **Specialista gombák:** Találtunk olyan gombákat, amelyek csak egy-egy vizsgált növény gyökerein előforduló, specialista ektomikorrhiza képző gombák, ilyenek például a feketefenyőhöz kapcsolt, a területen tájidegen *Rhizopogon* és *Suillus* fajok. Először mutattuk ki ezeknek a tájidegen gombafajoknak az ektomikorrhizáit a területen. A kimutatott fenyőspecialista tájidegen gombák problémákat okozhatnak a terület őshonos gombaközösségére nézve. A specialistáknál jóval kevesebb generalista ektomikorrhiza partnert találtunk.
- **Generalista gombák:** Őshonos és tájidegen növényeket egyaránt kolonizáló, generalistának tekinthető ektomikorrhiza képző gombák jelenlétét (például *Pachyphloeus* sp., *Inocybe* sp., *Geopora* sp.) is igazoltuk. A generalista gombapartnerek között tömlősgombákat és susulykákat találunk.

- **Gazdakör bővülés:** A Fülöpházán valószínűsíthetően őshonos gombafajok között vannak olyanok, amelyek a feketefenyővel is képeznek ektomikorrhizát (pl. *Inocybe* sp., *Pachyphloeus* sp.). Mivel a fenyő nem őshonos növény a területen, az új ektomikorrhiza kapcsolatok kialakulását az adott gombák gazdakör bővülésének tekinthetjük.
- **Domináns ektomikorrhiza partnerek:** Kimutattuk, hogy az ektomikorrhiza képző gombapartnerek között a tömlősgombák vannak többségben (az összes szekvencia 54,65%-a, az összes mOTU 47,52%-a). Száraz területeken, tápanyagszegény talajokban az ektomikorrhiza közösségekben gyakran a Pezizales rendbe tartozó fajok dominanciája figyelhető meg, melyek jól alkalmazkodnak a szélsőséges környezethez.
- **A területről újonnan kimutatott gombák:** Az *Inocybe*, *Tomentella* és *Geopora* taxonoknál a korábbi termőtestvizsgálatokhoz képest nagyobb fajgazdagság mutatkozott. Olyan ektomikorrhiza képző gombákat is sikerült kimutatnunk, melyek nem voltak ismertek korábban a területről (például *Tuber* fajok). A *Tuber gennadii*-nek, mely egy mediterrán faj, megtaláltuk az eddig ismert legészakibb élőhelyét.
- **Talajparaméterek hatása:** Az ektomikorrhiza képző gombaközösségre a talajparaméterek közül leginkább a pH van rá hatással. Többek között a talaj pH gombaközösségre gyakorolt hatása miatt is probléma a tájidegen feketefenyő jelenléte a területen, hiszen lassan bomló avarja savanyítja a talajt.
- **Cadophora tesztek:** Kimutattuk, hogy a vizsgált növényfajok között eltérés van az ektomikorrhizák *Cadophora* kolonizációjának mértékében. Az összes mintára vonatkoztatva a feketefenyő esetében a *Cadophora*-ra nézve 3,2%-os, a naprózsánál 1,83%-os, a fehér nyárnál 1,17%-os, a rozmaringlevelű fűznél pedig a vizsgált növények között a legmagasabb, 14,74%-os kolonizáltság volt kimutatható.

A *Cadophora* a vizsgált növényekben valószínűleg endofitonként van jelen, de az sem kizárt, hogy mikorrhizát képez.

(2) Termőtestvizsgálatok

- A munka során a fülöpházi homokpusztagyepből gyűjtött 136 darab termőtest, köztük 60 darab ektomikorrhiza képző gomba termőtest ITS-szekvencia alapján történő azonosítását végeztük el. Az ektomikorrhiza képző gombákból származó ITS szekvenciák 39 mOTU-ba, a nem ektomikorrhiza képzőkből származók 64 mOTU-ba rendeződtek.
- A kapott termőtest ITS szekvenciákból referencia adatbázist hoztunk létre, amely nagyon hasznosnak bizonyult a területen talált ektomikorrhiza képző gombák azonosításához, hiszen olyanok is voltak ezek között, amelyek azonosításához nem volt megfelelő referenciaként szolgáló ITS szekvencia a nyilvános szekvencia adatbázisokban.
- A nehezen észrevehető és a földalatti termőtestet képző gombák (pl. *Hydnobolites* sp., *Pachyphloeus* sp., *Tomentella* fajok, *Tuber* fajok) jelenléte az ektomikorrhiza képző közösségben eltérést okozhat az ektomikorrhizák és termőtestek vizsgálatával kapott eredményekben. Ezek a gombák, valamint a termőtestet egyáltalán nem képző *Cenococcum geophilum* sok esetben pedig domináns fajai az ektomikorrhiza közösségnek, ezt Fülöpházán is tapasztaltuk.

(3) Részletes ektomikorrhiza jellemzések, *Tomentella* ektomikorrhizák

- Inocybe ektomikorrhizák jellemzése: A susulyka nemzetségből nyolc ektomikorrhiza morfológiai-anatómiai jellemzését készítettük el. A leírt susulyka ektomikorrhizák között a *Salix rosmarinifolia*-val képzett ektomikorrhizák is voltak, melyek ennek a növényfajnak az első részletesen jellemzett ektomikorrhizái.
- A korábban leírt és a jelen munkában jellemzett susulyka ektomikorrhizákra is jellemző néhány közös vonás. A csatos kiágazó hifák miatt a köpenyfelszín vattás. Plektenhimatikus gombaköpenyűk van, némelyik ektomikorrhizánál zselatinszerű mátrix is jelen van a köpenyhifák között. Cisztida és rizomorfák megléte nem jellemző rájuk.
- Az általunk részletesen jellemzett *Cortinarius saturninus* *Salix alba*-val képzett ektomikorrhizája az első *Salix* gyökérről leírt pókhálósgomba ektomikorrhiza.

- A *Cortinarius saturninus* által képzett ektomikorrhizákon is megfigyelhetőek az eddig leírt, *Telamonia* alnemzetségbe tartozó ektomikorrhizák jellemző karakterei, mint például a világos színű, ezüstösen csillogó, vattás köpenyfelszín, a plektenhimatikus típusú köpeny, melyben a hifák az egyes rétegek közt beljebb haladva egyre tömörebben helyezkednek el. A nagyszámú, csatos kiágazó hifa és a sok, differenciálatlan, zászlósan elágazó rizomorfa jelenléte is hasonló más *Telamonia* csoportba tartozó ektomikorrhizákhoz.
- A fülöpházi homokterület és más magyarországi területek *Tomentella* közösségében jelentős eltérést mutattunk ki. Összesen három közös *Tomentella* fajt (*T. ferruginea*, *T. fuscocinerea*, *T. atramentaria*) találtunk a korábban Magyarországról leírt ektomikorrhizák gombapartnerének az általunk Fülöpházán talált gombapartnerekkel való összevetése során, melyek mindegyike a fehér nyár partnere volt. A bükről és tölgyről leírt *Tomentella* ektomikorrhiza partnereket egy esetben sem találtuk meg a vizsgált fülöpházi növényeken.
- A vizsgált *Tomentella* közösségek nagyfokú különbözőségét a társulástípusok és a gazdanövények eltérése okozhatja.

(4) Fluoreszcens in situ hibridizáció (FISH)

- Sikeresen adaptáltuk és optimalizáltuk a riboszomális RNS-FISH módszert ektomikorrhizák gombapartnerének jelölésére többféle növény gyökerében. Először jelöltünk *in planta* ektomikorrhiza képző gombákat specifikus rRNS-FISH próba segítségével. A bazídiomos gombákra specifikus ITS4-B PCR primerből készített Bas_ITS4B_af488 fluoreszcens próba megfelelően jelölte az ektomikorrhizák köpenyét, Hartig-hálóját és kiágazó hifáit. A jelölés intenzitása a riboszómák mennyiségétől is függ és a detektálható fluoreszcens jel erőssége összefüggésben van a jelölt sejtek metabolikus aktivitásával, így megtudhatjuk, hogy funkcionáló ektomikorrhiza kapcsolatról volt-e szó a mintavételkor; ez is mutatja a módszer előnyét.
- Az RNS-FISH tehát alkalmas az ektomikorrhiza képző gombák, valamint ezek mellett jelenlévő más mutualista gyökérkolonizáló gombák szelektív *in situ* fluoreszcens jelölésére.

Következtetések

Eredményeink jelentősen hozzájárulnak a magyarországi ektomikorrhiza-közösségek megismeréséhez. A vizsgált területek ektomikorrhiza közösségének diverzitásvizsgálata a gombapartnerek azonosítása mellett azért is fontos, mert így a gazdanövényeikről is több információ áll rendelkezésünkre.

A specialista és generalista gombacsoportok azonosítása hasznos lehet a későbbiekben ektomikorrhiza-kapcsolatokra irányuló funkcionális vizsgálatoknál.

A tájidegen gombák és ektomikorrhizáik kimutatása természetvédelmi szempontból érdekes. Arról nincsenek ismereteink, hogy milyen mértékben befolyásolják a tájidegen gombák a terület őshonos ektomikorrhiza képző gombaközösségét és egész talajbiótáját, de fennáll a lehetőség, hogy kiszorítanak például őshonos gombákat, ezeken keresztül akár őshonos növényeket is és megváltoztathatják a talaj pH-ját, valamint további olyan változásokat indukálhatnak az őshonos közösségben amelyek további invazív fajok megtelepedésének kedveznek.

A magyarországi területekről származó ektomikorrhizák molekuláris és/vagy morfológiai-anatómiai összehasonlító vizsgálatai során is érdekes eredményeket kaptunk, melyek hozzájárulnak a megfelelő gombanemzetségekkel kapcsolatos ismereteinkhez.

Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy egy terület ektomikorrhiza gombaközösségét többféle módszerrel érdemes vizsgálni, mert az ektomikorrhiza és termőtestvizsgálatok adatai kiegészíthetik egymást, de önmagukban nem biztos, hogy elegendők ahhoz, hogy minden ektomikorrhiza képző fajt megtaláljunk egy adott területen.

Az általunk optimalizált rRNS-FISH módszer alkalmas lehet a gyökereket kolonizáló többféle mutualista gomba egyidejű specifikus kimutatására és lokalizációjára, és alkalmazható lehet környezeti minták esetében is. A módszer segítségével specifikusan kimutathatunk a mutualista gombákon kívül más gyökérkolonizáló gombákat is, akár a növényi szövetekben látens állapotban lévő kórokozó gombákat is, így ez a módszer növényvédelmi szempontból is ígéretes.

A kutatásokat az OTKA (K72776) támogatta.

A tézisek alapjául szolgáló közlemények listája

Referált tudományos folyóiratokban megjelent dolgozatok:

Seress D, Dima B, Kovács GM (2015) Characterisation of seven *Inocybe* ectomycorrhizal morphotypes from a semiarid woody steppe. – *Mycorrhiza* (in press). doi: 10. 1007/s00572-015-0662-3. (IF2014: 3,459)

Jakucs E, Erős-Honti Zs, Seress D, Kovács GM (2015) Enhancing our understanding of anatomical diversity in *Tomentella* ectomycorrhizas: characterization of six new morphotypes. – *Mycorrhiza* 25: 419-429. (IF2014: 3,459)

Vági P, Knapp DG, Kósa A, Seress D, Horváth ÁN, Kovács GM (2014) Simultaneous specific *in planta* visualization of root-colonizing fungi using fluorescence *in situ* hybridization (FISH). – *Mycorrhiza* 24: 259-266. (IF2014: 3,459)

Seress D, Kovács MG, Jakucs E (2012) *Cortinarius saturninus* (Fr.) Fr. + *Salix alba* L. – *Descriptions of Ectomycorrhizae* 13: 33-38.

Seress D, Kovács MG (2010) Tájidegen ektomikorrhiza-képző gombák a fülöpházi homokpusztagyepben. – *Mikológiai Közlemények, Clusiana* 49: 129-137.

Témához kapcsolódó konferencia prezentációk

Horváth ÁN, Seress D, Knapp DG, Vági P, Kovács GM (2013) Optimization of a fluorescence *in situ* hybridization method for the examination of plant-fungus interactions. – Annual Meeting of the Hungarian Society for Microscopy. Siófok, Hungary. (előadás)

Seress D, Nagy GL, Lukács FA, Németh BJ, Kovács MG (2012) Őshonos és tájidegen növények ektomikorrhiza-képző gombái Fülöpházán. – V. Magyar Mikológiai Konferencia, 2012. 05. 23-25., Budapest, Magyarország (előadás)

Jakucs E, Erős-Honti Zs, Kovács MG, Seress D (2012) Új *Tomentella* ektomikorrhizák magyarországi bükkösökből – V. Magyar Mikológiai Konferencia, 2012. 05. 23-25., Budapest, Magyarország (poszter)

Seress D, Nagy LG, Lukács AF, Németh JB, Kovács GM (2011) Ectomycorrhizae of adventive and indigenous plants in a semiarid grassland. – XVI Congress of European Mycologists, 2011.09.19-23., Porto Carras, Görögország (angol nyelvű poszter)

Erős-Honti Zs, Jakucs E, Seress D, Kovács MG (2010) Species composition of ectomycorrhizal communities of Hungarian beech forests. – The 9th International Mycological Congress, The Biology of Fungi, 2010.08.1-6., Edinburgh, Anglia (angol nyelvű poszter)

Seress D, Kovács GM (2009) Morphological and molecular characterization of ectomycorrhizae of *Pinus* species from a semiarid sandy grassland. – Second Central European Forum for Microbiology, 2009.10.07-09., Keszthely, Magyarország (angol nyelvű poszter)

Knapp D, Seress D, Kovács MG (2009) Inváziós növények nempatogén gyökérkolonizáló gombáinak vizsgálata félszáraz homokterületeken. – 8. Magyar Ökológus Kongresszus, 2009.08.26-28., Szeged, Magyarország (poszter)