

NÉGY ADVENTÍV LÁGYSZÁRÚ NÖVÉNYFAJ MIKORRHIZÁLTSÁGA BOLYGATOTT ÉLŐHELYEKEN

ZOLTÁN LÁSZLÓ¹, KALAPOS TIBOR² és ENDRESZ GÁBOR^{2,3}

¹ELTE TTK, Biológiai Intézet, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C; zoltan.laci@t-online.hu

²ELTE TTK, Biológiai Intézet, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C; kalapos@caesar.elte.hu

³Kőbányai Szent László Gimnázium, 1102 Budapest, Kőrösi Cs. Sándor út 28-34; endreszgabor@gmail.com

Elfogadva: 2014. február 23.

Kulcsszavak: *Ambrosia artemisiifolia*, *Cynodon dactylon*, *Erigeron annuus*, meghonosodott és inváziós adventív növények, *Solidago canadensis*, vezikuláris-arbuskuláris mikorrhiza

Összefoglalás: A természetben jelentős károkat okozó inváziós növények sikerét – több más sikert okozó tényező mellett – a velük szimbiota kapcsolatban álló mikorrhiza-gombák is eredményezhetik. Lágyszárú inváziós növényeknél elsősorban VAM (vezikuláris-arbuskuláris mikorrhiza) fordul elő. Magyarországi adataink ezen a téren elég kevésnek bizonyulnak. Négy inváziós növényfajunknál (*Ambrosia artemisiifolia*, *Cynodon dactylon*, *Erigeron annuus* és *Solidago canadensis*) a gyökér VAM-kolonizáltságának mértékét hasonlítottuk össze zavart és természetközeli élőhelyeken. Ezen kívül a mintavételi területek talajának humusztartalmát is vizsgáltuk a mikorrhizáltság mértékével való összefüggés keresése céljából. Az eredmények azt mutatják, hogy ezek a növények nem alakítanak ki jelentős mikorrhiza kapcsolatot, sőt a kapott adatok alapján az *A. artemisiifolia* és az *E. annuus* szinte teljesen mikorrhiza mentesnek bizonyultak. A *S. canadensis* mikorrhiza kolonizáltsága nagyobb volt a természetközeli élőhelyeken, mint a degradált élőhelyeken. A talajok humusztartalma alacsonytól közepesig változott. Ahol közepesen gazdag volt a talaj humuszban, ott a gyökerek mikorrhizáltsága is nagyobb volt. Azon a mintavételi helyen, ahol magasabb volt a talaj humusztartalma, a *C. dactylon* egyedei is nagyobb mikorrhizáltságot mutattak.

Bevezetés

Napjainkban a természetvédelem egyik jelentős problémája az inváziós növények előretörése. Sok különböző oka lehet annak, hogy egy behurcolt növény invázióssá válik (MACK et al. 2000). Jelentős károkat okoznak a mezőgazdaságban, a biodiverzításban, az életközösségek összetételét jelentősen megváltoztathatják (VAN DER HEIJDEN et al. 1998), illetve közülük kerülnek ki a legjelentősebb aeroallergén növények (MIHÁLY és BOTTA-DUKÁT 2004, BOTTA-DUKÁT és MIHÁLY 2006). Az elmúlt húsz év kutatásai kimutatták, hogy a mikorrhiza-kapcsolat befolyásolhatja a növényi inváziók kimenetelét (FITTER 2005, SHERRARD és MAHERALI 2012, ENDRESZ et al. 2013), de ez még nem egy teljes mértékben feltárt folyamat (PRINGLE et al. 2009). Az inváziós lágyszárú növényeknél elsősorban vezikuláris-arbuskuláris mikorrhiza (VAM) fordul elő. Ezen gombák hiánya megnehezítheti, vagy akár ellehetetlenítheti az adott növény megtelepülését (GOODWIN 1992), hiszen a szimbiózis már a növény magonc korában megvalósul (READ et al. 1976). Bizonyos gombafajokkal való kölcsönhatás esetén a gazdanövény nagyobb teljesítményt nyújthat, mint más gombákkal (VAN DER HEIJDEN et al. 2003). Mivel az inváziós fajok a meghódított térségekben nem őshonosak, nem biztos, hogy megtalálják a számukra kedvező gombapartnert, de lehet, hogy nincs is szükségük rájuk. A VAM gombák jelenlétét a talaj egyes tulajdonságai is befolyásolhatják (HEMPEL et al. 2013).

Jelen vizsgálat során a degradált és a természetközeli területekről származó egyes növények mikorrhizáltsági adatait hasonlítottuk össze, valamint megmértük a mintavételi helyek talajának humusztartalmát. Kutatásunk három inváziós (*Ambrosia artemisiifolia*, *Solidago canadensis*, *Erigeron annuus*) és egy meghonosodott inváziós növényre terjedt ki (*Cynodon dactylon*). E növények közül az első három Magyarországon súlyos természetvédelmi gondokat okozó, széles elterjedésű faj. A gyűjtés két helyszínről történt: Balatonszepezd és környéke, illetve a budapesti Merzse-mocsár környéke.

A hipotézisek a következők voltak: az inváziós fajok élőhelytől függően eltérő mértékű mikorrhizáltságot mutatnak. Ha magasabb a talaj humusztartalma (amely bomlásából a növény tápanyagokhoz jut), akkor a növény mikorrhizáltsága alacsonyabb.

Anyag és módszer

Vizsgált fajok

A vizsgált fajok közül Magyarországon az *Ambrosia artemisiifolia*, illetve a *Solidago canadensis* okozza a legtöbb természetvédelmi problémát, mindezek ellenére mikorrhizáltságukról elég kevés információ van Magyarországról.

Az *Ambrosia artemisiifolia* észak-amerikai eredetű neofiton, mára kozmopolita elterjedésű egyéves. Régióinkba a XX. század elején került (CSONTOS et al. 2010), napjainkra a legkomolyabb károkat okozó lágyszárú özönnövényé vált. Elsősorban mezőgazdasági területeken és taposott gyomtársulásokban jellemző, de zavart gyepeken és erdőfelújításokon is elszaporodhat (SZIGETVÁRI és BENKŐ 2004). Az *Ambrosia artemisiifolia* életfázisait a világ több részén igen sokrétűen kutatták. 1997-es adat szerint a mezőgazdasági területeken 4,7% az előfordulási aránya (SZIGETVÁRI és BENKŐ 2004). VAM-ot hoz létre (KOVÁCS és SZIGETVÁRI 2002). FUMANAL et al. (2006) mezőgazdasági művelés alatt álló területeken alacsony (átlagosan 0–10%), bolygatott élőhelyeken (pl. útszélen, tarlón) pedig magasabb (átlagosan 20–30%) mikorrhiza-kolonizáltságot mutatott ki, míg KOVÁCS és BAGI (2001) egy tölgy-köris-szil ligeterdőben 26–50%-os mikorrhizáltságot állapított meg.

A *Solidago canadensis* észak-amerikai eredetű neofiton, legtömegesebb előfordulásait a Dunántúli- és Északi-középhegység mentén, nagyvárosok (Budapest, Gödöllő, Miskolc, Veszprém, Székesfehérvár) körül figyelték meg. A már kialakult *Solidago*-állományokban ivaros szaporodásra szinte soha nem kerül sor. A tarackokon keresztül az összeköttesben levő hajtások között tápanyag-kicserélődés van, amellyel az egyedek kiegyenlítik (kiátlagolják) az abiotikus tényezők térbeli heterogenitását, illetve a szomszédos növények okozta kompetíciót. Igen agresszíven képesek gátolni először a magról kelő egyéves, majd az élő növények fejlődését. Ennek kulcspontjai az igen intenzív növekedés és a sűrű hajtásfejlés, mert emiatt a talajfelszínre kevés fény jut. Az árnyékolás mellett az allelopatikus hatás okozza a *Solidago*-fajok kompetíciós előnyét. Az allelopatikus anyagokkal nemcsak közvetlenül hatnak a többi növényre, hanem a talaj nitrifikáló baktériumainak tevékenységét gátolva közvetve is (BOTTA-DUKÁT és DANCZA 2004). A már a talajban lévő mikorrhiza-gombákat is képes visszazsorítani (ZHANG et al. 2007) és számára előnyös fajokra cserélni (KLIRONOMOS 2002, ZHANG et al. 2010). Egy rokon fajról, a *Solidago gigantea*-ról vannak magyarországi adatok is (KOVÁCS és BAGI 2001), egy Kunfehértó közeli tölgy-köris-szil ligeterdőben 6–25% közötti mikorrhiza kolonizáltságot állapítottak meg.

Az *Erigeron annuus* észak-amerikai eredetű neofiton, képes 10.000–100.000 db genetikailag azonos információtartalmú életképes magot produkálni, és ezek az anyanövénytől képesek több kilométer távolságra eljutni. Mezőgazdasági területeken, főleg szőlőültvényekben jelentős problémát okoz. A kaszáláshoz is képes jól alkalmazkodni. Szerepel a legveszélyesebb adventív fajokat tartalmazó inváziós növények listáján (PAL 2012). Kevésbé intenzíven mikorrhizált külföldi adatok szerint (DHILLON és FRIESE 1994, WILSON és HARTNETT 1998).

A *Cynodon dactylon* Afrikából származó élő fű, hazánkban meghonosodott – valószínűleg archeofiton (TERPÓ et al. 1999), szubtrópusi és meleg mérséklet éghajlatú területeken ma már világszerte elterjedt, agresszív gyom (HOLM et al. 1977). Mélyre nyúló tarackrendszere van, de általában sekélyen terülnek el a gyökerei. A taposást jól tűri. Minden szárcsomónál képes gyökeret eresztetni, ezáltal sűrű gypetet alkotni. Leginkább így, és tarackjaival szaporodik vegetatív úton. A többi vizsgálandó növényfajtól eltérően egyszikű. Jól dokumentált vizsgálatok vannak a *Cynodon dactylon* mikorrhizáltságáról (ENDREZ és KALAPOS 2006, WANG és QIU 2006), de nem degradált élőhelyekről. Mikorrhizáltsága hazai homokpusztagyepben rendkívül alacsony (<5%) volt

(ENDRESZ et al. 2013), az észak-amerikai magasfüvű prérin 18%-ot ért el (WILSON és HARTNETT 1998), míg Délnyugat-Kínában egy általa dominált gyeppen 4–29% között markáns évszakos változást mutatott (LINGFEI et al. 2005). Ugyanennél a fajnál a VAM-kolonizáltság 32% volt nem szennyezett, míg 10% ásványolajjal szennyezett talajon Argentínában (CABELLO 1997).

A fajnevek SIMON (2000) nevezékát követik.

Mintagyűjtés

Összesen 4 növényfaj gyökereiből, két mintaterület különböző élőhelyeiről gyűjtöttük a mintákat. Az *Ambrosia artemisiifolia* mintái a Merzse-mocsár közeléből, két élőhelyről származnak (vetési és taposott gyomtársulás). A *Cynodon dactylon* esetében szintén két helyről – két balatonszepezi taposott gyomtársulásból – gyűjtöttünk gyökereket. Az *Erigeron annuus* gyökérminták egy Balatonszepezd környékén található cseres-tölgyes szélén lévő degradált sávból származnak, ahová az inváziós fajok benyomultak, valamint a közeli kaszálórétról. A *Solidago canadensis* mintákat négy élőhelyről gyűjtöttük, kettő a Merzse-mocsár környékén található (nádas, degradált kaszálórét), kettő pedig az előbb említett cseres-tölgyes és kaszálórét Balatonszepezd közelében. Minden faj esetében élőhelyenként 5 gyökérmintát vettünk. Ez összesen 50 mintát jelent. A gyűjtés körülményeit az 1. táblázat foglalja össze. A gyűjtések két nagyobb területen történtek, kevésbé degradált, természetközeli és erősen degradált állományokból. A minták gyűjtésének időpontjait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat
Table 1

A mintavételi területek és a gyűjtött növények jellemzői

The parameters of the locations and the examined plant species.

(1) Habitat; (2) Location (coordinates); (3) Plant species; (4) Date of sampling; (5) Trampled vegetation 1, 2; (6) Meadow; (7) Eutrophic reed bed; (8) Degraded meadow; (9) Wayside weed community; (10) Ploughland weed community; (11) Degraded Turkey oak woodland

Társulás (1)	Hely (koordináták) (2)	Növényfaj (3)	Gyűjtési időpont (4)
taposott gyomtársulás 1 (5)	Balatonszepezd (46.850556,17.66177)	<i>Cynodon dactylon</i>	2012. 06. 28.
taposott gyomtársulás 2 (5)	Balatonszepezd (46.853408,17.663422)	<i>Cynodon dactylon</i>	2012. 06. 28.
kaszálórét (6)	Balatonszepezd (46.866771,17.663092)	<i>Solidago canadensis</i>	2012. 06. 29.
kaszálórét (6)	Balatonszepezd (46.866771,17.663092)	<i>Erigeron annuus</i>	2012. 06. 29.
nádas (7)	Merzse-mocsár (47.447362,19.287593)	<i>Solidago canadensis</i>	2012. 08. 07.
degradált kaszálórét (8)	Merzse-mocsár (47.458182,19.265723)	<i>Solidago canadensis</i>	2012. 08. 07.
útszéli gyomtársulás (9)	Merzse-mocsár (47.456706,19.315338)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	2012. 11. 17.
vetési gyomtársulás (10)	Merzse-mocsár (47.453398,19.317205)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	2012. 11. 17.
degradált cseres-tölgyes (11)	Balatonszepezd (46.866568,17.661970)	<i>Erigeron annuus</i>	2012. 06. 28.
degradált cseres-tölgyes (11)	Balatonszepezd (46.866568,17.661970)	<i>Solidago canadensis</i>	2012. 06. 29.

Balaton-szepezd és környékéről *S. canadensis*, *E. annuus*, és *C. dactylon* fajokat mintáztunk. A városból és a környező erdő széléről származnak a minták. Egyrészt degradált cseres-tölgyesből, amely a környező területek emberi tájhasználatának hatására degradálódott természetközeli terület. Talaja barna erdőtalaj, domináns fája a csertölgy, az inváziós fajok (*Erigeron annuus*, *Solidago canadensis*) az erdő szélén húzódó útról nyomulnak be az erdőbe. Másrészt egy közeli kaszálórétről, melynek talaja szintén barna erdőtalaj, jellemző fűfajai az *Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigeios*, az inváziós fajok (*Erigeron annuus*, *Solidago canadensis*) szintén az útról nyomulnak be. A településen belüli gyomtársulásokból *Cynodon dactylon*-t gyűjtöttünk. Az egyik gyomtársulás (taposott gyomtársulás 1) a főút szélén volt, a *Cynodon dactylon* mellett jellemző gyomfajai az *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum aviculare*. A másik gyomtársulás (taposott gyomtársulás 2) a községeen belüli út mentén található, a csillagpázsit mellett jellemző gyomfajai a *Lolium perenne*, *Polygonum aviculare*. A koordináták az 1. táblázatban olvashatók.

A **Merzse-mocsár, és környéke** fővárosi jelentőségű természetvédelmi terület. A hozzá legközelebb gyűjtött minták a védett terület határáról származnak (nádas), illetve egy kaszálóról és a környező gyomtársulásokból. Mindezen helyekről *A. artemisiifolia*, *E. annuus*, és *S. canadensis* növényeket mintáztunk. A terület talaja réti öntéstalaj, a nádas domináns fája a nád (*Phragmites australis*), itt az inváziós *Solidago canadensis* a nád hajtásai között nő. A degradált kaszálórétben a kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis*) dominál, gyakori még a selyemkóró (*Asclepias syriaca*). A koordinátákat az 1. táblázat tartalmazza. Három gyűjtési időpont volt. Két nyári és egy őszi (1. táblázat).

Mikorrhiza kimutatása a gyökérmintákból

A gyökérmintákat a gyűjtéstől a feldolgozásig 50%-os etil-alkoholban tároltuk. Később 10%-os KOH-oldatban megtisztítottuk és anilín-kékkel megfestettük GRACE és STRIBLEY (1991) alapján. Mintánként 30 hajszálgyökér-darabot (körülbelül 1–2 cm hosszúak) vizsgáltunk meg keresve az egyes mikorrhiza-struktúrákat (hifa, arbuszkulum, vezikulum) TROUVELOT et al. (1986) eljárása alapján. A következő mikorrhizáltsági mutatók az arbuszkuláris mikorrhiza általi kolonizáltság mértékének becslését szolgálják ENDRESZ et al. (2005) alapján: mikorrhiza-képletek jelenléte (F%), mikorrhizáltság intenzitása (az egyes gyökérdarabokban lévő gombák mennyiségének becslése, M%), a mikorrhizált terület arbuszkulum-tartalma (a%), a teljes gyökér arbuszkulum-tartalma (A%).

Talajvizsgálat

A gyűjtött talajminták a gyökerekkel egy szintből származnak. A talaj összes szerves anyag- (humusz-) tartalma kimutatásánál az oxidálhatóságukat használtuk fel. Mintánként 4 ismétléssel (tehát összesen 32 minta) készítettük el a talajoldatokat KÁRÁSZ (2005) alapján.

A pontos humusz-tartalom (H%) megállapításához NYILAS (2009) spektroszkópos módszerét használtuk, 590 nm hullámhosszúságon mértük az abszorbanciát. Kalibrációnak ismert koncentrációjú glükóz oldatokat használtunk. A talajok minősítése humusz-tartalom alapján megtalálható a 2. táblázatban.

2. táblázat
Table 2

A talajok minősítése humusztartalmuk alapján
Soil classification by humus content.
(1) Low humus content; (2) Medium humus content; (3) High humus content

H% < 2%	alacsony humusz-tartalom (1)
2% < H% < 4%	közepes mennyiségű humusz (2)
H% > 4%	humuszban gazdag talaj (3)

Statisztikai analízis

A kapott eredményeket az élőhelyek között egyszempontos varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze ($p < 0,05$) és a Bonferroni post-hoc tesztet használtuk az átlagok összehasonlítására. Egyenlő számú adatok és varianciák esetében az ANOVA eléggé pontos akkor is, ha az eredmények nem normális eloszlásúak, ezért

normalitás-tesztet nem végeztünk. Levene-féle medián teszttel ellenőriztük az adatok varianciájának egyformaságát. A talaj humusztartalma és a növény mikorrhizáltsági mutatói közötti összefüggést Spearman-féle rangkorrelációval vizsgáltuk, a kis mintaméret miatt a fajok egyesített adatbázisán.

Eredmények

A vizsgált inváziós növényeket erős emberi zavarás alatt álló, illetve degradált területekről gyűjtöttük, mivel tudomásunk szerint a vizsgált fajok mikorrhizáltságát degradált területeken, Magyarországon még nem vizsgálták.

Általánosságban elmondható, hogy a növények mikorrhizáltsága elég alacsony volt az elemzett mintákban (1. ábra). Az összes mikorrhizáltsági mutató közül csak az F% (mikorrhiza-gyakoriság) értéke volt néhol magas, ami annyit jelent, hogy sok gyökérdarabban volt valamilyen mikorrhiza-képlet. Az ezen adatokhoz társuló alacsony M% (intenzitás) értékek azt jelentik, hogy bár voltak a növényben mikorrhiza-fonalak, de a jelentős részük mikorrhiza-mentesnek bizonyult. Mindezek mellett az arbuszkulum- (a%, A%) mutatók is alacsony értékkel bírtak.

A *Solidago canadensis* esetében a mikorrhizáltság intenzitása (M%) a degradált cseres-tölgyesben szignifikánsan nagyobb volt, mint a többi élőhelyről vett *S. canadensis* mintákban. Illetve nádasból vett minták értékei is – bár nem szignifikánsan különböznek – kiemelkednek a többi közül. Az arbuszkulumok száma is a degradált cseres-tölgyesben volt a legmagasabb a *S. canadensis* mintákban, bár csak a degradált kaszálónál volt ez szignifikáns.

A *Cynodon dactylon* minták két helyről származnak: mindkettő taposott gyomtársulás volt. Meglepő, hogy e két terület között ekkora különbség mutatkozott a minták mikorrhizáltságában. A mikorrhizáltság gyakorisága (F%), és intenzitása (M%) szignifikánsan nagyobb volt az első számú gyomtársulásban, melyben a csillagpázsit és a kakaslábfü (*Echinochloa crus-galli*) volt a legjellemzőbb gyom. A többi esetben nem volt szignifikáns különbség az eredmények között.

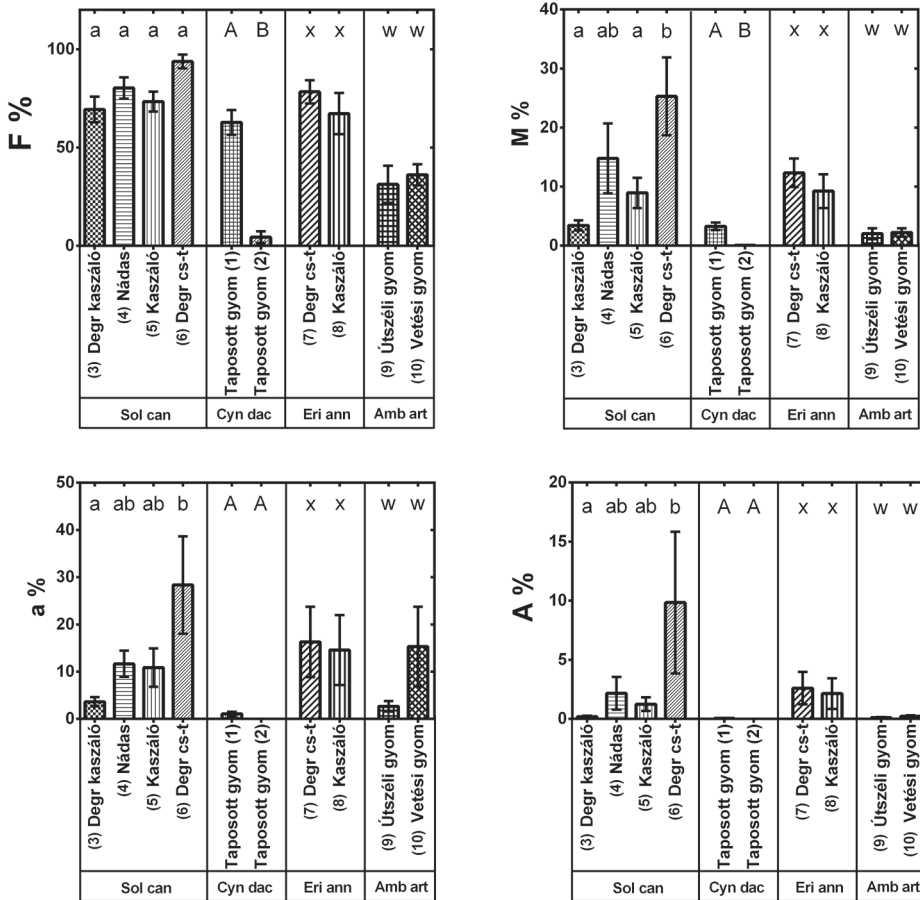
A talaj humusztartalom (H%) eredményei (2. ábra) során a legnagyobb humusztartalom egységnyi talajra nézve a nádasban volt. Ezen kívül még közepes mennyiségű értéke volt az első számú taposott gyomtársulásnak, a kaszálórétnek, és a degradált cseres-tölgyesnek is. A mikorrhizáltsági mutatók is ezekről a területekről gyűjtött gyökerekben voltak a legmagasabbak.

Megvitatás

Mivel a vizsgált növények M%-a elég alacsony volt és mindemellett az alacsony arbuszkulum- (a%, A%) gyakoriságokból arra lehet következtetni, hogy a vizsgált inváziós fajok degradált, zavart élőhelyeken, illetve gyomtársulásokban nem alakítanak ki jelentős mértékben mikorrhiza-kapcsolatot.

Ezen kutatás nem vizsgálta ennek okát, de több hipotézis is elképzelhető, ami további kutatások kiindulópontja lehet. Például az erősen zavart területeken (taposott gyomtársulás) a magas talajerózió miatt nem tud a talajban stabil mikorrhiza-gomba közösség kialakulni (POWELL 1980, OEHL et al. 2003). Továbbá az ezen a területen lévő alacsony

növényfajszám miatt az obligált mikorrhiza-gombák nem tudják megtalálni a számukra megfelelő partnert, annak ellenére sem, hogy ez a kapcsolat nem fajspecifikus (ENDRESZ ÉS KALAPOS 2013).

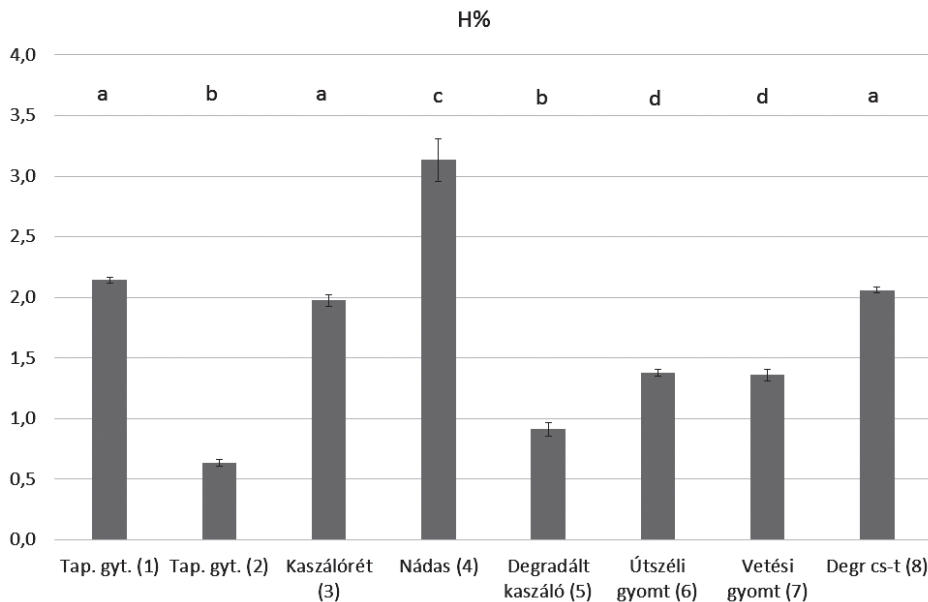


1. ábra. A vizsgált növények mikorrhizáltsági mutatóinak ANOVA kiértékelése társulásonként. Az azonos betűk szignifikánsan nem különböző értékeket jelentenek. Az egyes fajok csak egymással lettek összehasonlítva. A pálciók az átlagok standard hibáját (SEM) jelentik. A vezikulum mutatók varianciája különböző volt, ezért nem lehet azokat értékelni.

Figure 1. Indices of mycorrhizal colonisation for the plant species examined (ANOVA results).

Individuals of each species were compared only with themselves. Significant differences are indicated by different letters. Vertical bars represent standard errors of means (SEM). The variances of vesicle parameters were different, so they are not appraisable.

(1) Trampled vegetation 1; (2) Trampled vegetation 2; (3) Degraded meadow; (4) Eutrophic reed bed; (5) Meadow; (6) Degraded Turkey oak woodland; (7) Degraded Turkey oak woodland; (8) Meadow; (9) Wayside weed community; (10) Ploughland weed community



2. ábra. Az egyes társulások talajának humusz-tartalma (H%)

Figure 2. Soil humus content in the communities examined.

(1) Trampled vegetation 1; (2) Trampled vegetation 2; (3) Meadow; (4) Eutrophic reed bed; (5) Degraded meadow; (6) Wayside weed community; (7) Ploughland weed community; (8) Degraded Turkey oak woodland.

A *Solidago canadensis* minták cseres-tölgyesben való szignifikáns eltérése azt jelentheti, hogy a cseres-tölgyesben – hiába volt degradált állomány – valószínűleg stabilabb kapcsolat alakult ki a *S. canadensis* és a mikorrhiza-gombák között. A degradált cseres-tölgyes tűnt a legkevésbé zavart élőhelynek a mintavételi területek közül.

A nádasban lévő eltérésből arra lehet következtetni, hogy a vizsgált nádas (természetvédelmi terület határán) természetközeli a legtöbb mintavételi helynél. Annak, hogy nem teljesen az, az lehet az oka, hogy tanösvény mellett helyezkedik el, illetve, hogy rendszeresen kaszálják, és ez hatással lehet akár a mikorrhiza-gombákra is. Mivel a mikorrhizáltság mértéke szezonális változást mutathat (LUGO et al. 2003, ENDRESZ et al. 2005, LINGFEI et al. 2005, SASVÁRI et al. 2012), a degradált kaszáló és a degradált cseres-tölgyes állományok közötti különbségeket ez is magyarázhatja, mivel a két mintavétel között kb. 1 hónap telt el.

Elmondható, hogy a vizsgált élőhelyeken a vizsgált inváziós növények az eredmények szerint nem alakítanak ki eredményes mikorrhiza-kapcsolatot, viszont ezek hiányában is képesek jelentősen terjedni ezeken a területeken. Ez arra utal, hogy ezek a növények nem mikorrhiza-függőek, sőt, az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Cynodon dactylon* esetében azt is lehet mondani, hogy egyáltalán nem mikorrhizáltak ezeken a területeken. Az *A. artemisiifolia* esetében ez egy újabb ellentmondás a külföldi adatokkal (FUMANAL et al. 2006). Ezen két faj korábbi kutatások eredményeiben – kevésbé degradált területeken

– erősebben mikorrhizáltak bizonyult (KOVÁCS és SZIGETVÁRI 2002, ENDRESZ és KALAIPOS 2006, ENDRESZ et al. 2013), ami arra utal, hogy kevésbé mikorrhiza-függőek. Ez azt jelenti ezeknél az inváziós fajoknál, hogy mikorrhiza-kapcsolat nélkül is képesek jelentősen terjedni Magyarország különböző élőhelyein. Az *Ambrosia* által termelt allelopaticumok különböző mikorrhizagomba-közösségekre eltérő hatással lehetnek (SHAH et al. 2009), ez befolyásolhatja saját, és az előzőlött társulások őshonos fajainak mikorrhiza-kolonizáltságát is.

Amikor természetes társulásokban terjednek, akkor az alacsony mikorrhizáltságuk hátrányosan befolyásolhatja az őshonos mikorrhiza-közösséget, így a mikorrhizán keresztüli közvetett hatás is növelheti kompetíciós erélyüket az őshonos fajokkal szemben. Ez is hozzásegítheti ezeket a fajokat a sikeres invázióhoz (PRINGLE et al. 2009, ENDRESZ et al. 2013).

A vizsgált talajok humusztartalmára kapott adatokból arra lehet következtetni, hogy a mikorrhiza-gombák előnyben részesítik a közepes humusztartalmú talajokat. Ez megmagyarázhatja azt is, hogy miért volt az első számú taposott gyomtársulásban a *C. dactylon* F%-a magas: a talaj magas humusztartalma miatt jelen lévő nagyobb mikorrhiza-gomba koncentráció eredményezte a kevésbé eredményesen kapcsolt, de mégis jelenlévő gombafonalakat a hajszálgyökerekben. A humusz-tartalom és a mikorrhizák közti egyenes arányosság létét magyarázza az is, hogy a mikorrhiza-gombák valamennyire képesek befolyásolni a talaj humusztartalmát – megfelelő körülmények között (LINDAHL et al. 2010). Az itt kapott pozitív összefüggés magyarázatának fontos eleme lehet ugyancsak, hogy az összevetett élőhelyeken a talaj alacsonyabb humusztartalma elsősorban az ismétlődő talajbolygatás következménye, ami egyben a talaj mikorrhizagomba-közösségét is jelentősen szegényíti, így gyengébb gyökér-kolonizációhoz vezet (OEHL et al. 2003, BRITO et al. 2012). Érdemes lenne célszótan a talaj humusztartalom mértéke és a mikorrhiza-gombák közötti kölcsönhatásokat vizsgálni (például magas H%-ú talajokban).

Az erre vonatkozó hipotézist nyilvánvalóan megcáfolták az eredmények, amelyek az lehet az oka, hogy a talaj humusztartalmából származó tápanyagokat a gombák tudják könnyebben felvenni, ezáltal kapcsolatot kialakítani a növényekkel, a számukra feleslegben lévő tápanyagok átadásával.

Köszönetnyilvánítás

Zoltán László az Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Verseny támogatásában részesült az itt bemutatott kutatómunkához. Köszönet illeti Balogh Lajost és Dancza Istvánt a kézirat egy korábbi változatához nyújtott értékes megjegyzéseikért.

IRODALOM – REFERENCES

- BOTTA-DUKÁT Z., DANCZA I. 2004: Magas aranyvessző és kanadai aranyvessző. In: *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények* (szerk.: MIHÁLY B., BOTTA-DUKÁT Z.). A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 9., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 293–318.
- BOTTA-DUKÁT Z., MIHÁLY B. (szerk.) 2006: *Biológiai inváziók Magyarországon: Özönnövények II.* (szerk.: BOTTA-DUKÁT Z., MIHÁLY B.). A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 10., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.

- BRITO, I., GOSS, M. J., CARVALHO, M. A., CHATAGNIER, O., VAN TUINEN, D. 2012: Impact of tillage system on arbuscular mycorrhiza fungal communities in the soil under Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research* 121: 63–67.
- CABELLO, M. M. 1997: Hydrocarbon pollution: its effect on native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). *FEMS Microbiology Ecology* 22: 233–236.
- CSONTOS P., VITALOS M., BARINA Z., KISS L. 2010: Eddig feldolgozatlan herbáriumi adatok újraértelmezik a parlagfű felbukkanását és korai terjedését a Kárpát-Pannon térségben. *Botanikai Közlemények* 97: 69–77.
- DHILLON, S. S., FRIESE, C. F. 1994: The occurrence of mycorrhizas in prairies: application to ecological restoration. *Thirteenth North American Prairie Conference*.
- ENDRESZ G., KALAPOŠ T. 2006: Inváziós és nem inváziós fűvek mikorrhizáltsága. In: *XII. Magyar Növényanatómiai Szimpózium: Sárkány Sándor emlékére* (szerk.: MIHALIK E.). JATEPress, Szeged, pp. 184–188.
- ENDRESZ G., KALAPOŠ T. 2013: A talaj arbuszkuláris mikorrhiza gomba közösségének szerepe a növényi invázióban. *Természetvédelmi Közlemények* 19: 1–14.
- ENDRESZ, G., SOMODI, I., KALAPOŠ, T. 2013: Arbuscular mycorrhizal colonisation of roots of grass species differing in invasiveness. *Community Ecology* 14(1): 67–76.
- ENDRESZ G., ZÖLD-BALOGH Á., KALAPOŠ T. 2005: Local distribution pattern of *Brachypodium pinnatum* (Poaceae) - Field experiments in xeric loess grassland in N. Hungary. *PHYTON* (Horn, Austria) 45: 249–265.
- FITTER, A. H. 2005: Darkness visible: reflections on underground ecology. *Journal of Ecology* 93: 231–243.
- FUMANAL, B., PLENCHETTE, C., CHAUVEL, B., BRETAGNOLLE, F. 2006: Which role can arbuscular mycorrhizal fungi play in the facilitation of *Ambrosia artemisiifolia* L. invasion in France? *Mycorrhiza* 17: 25–35.
- GOODWIN, J. 1992: The role of mycorrhizal fungi in competitive interactions among native bunchgrasses and alien weeds: A review and synthesis. *Northwest Science* 66: 251–260.
- GRACE, C., STRIBLEY, D. P. 1991: A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research* 95: 1160–1162.
- HEMPEL, S., GÖTZENBERGER, L., KÜHN, I., MICHALSKI, S. G., RILLIG, M. C., ZOBEL, M., MOORA, M. 2013: Mycorrhizas in the Central European flora: relationship with plant life history traits and ecology. *Ecology* 94:1389–1399.
- HOLM, L. G., PLUCKNETT, D. L., PANCHO, J. V., HERBERGER, J. P. 1977: *The world's worst weeds. Distribution and biology*. University Press of Hawaii, Honolulu.
- KÁRÁSZ I. 2005: *Ökológiai és környezetelemzési komplex teregyakorlat*. Oktatási segédanyag a környezettan BSc szak részére. Eszterházy Károly Főiskola, Eger.
- KLIRONOMOS, J. N. 2002: Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature* 417: 67–70.
- KOVÁCS, M. G., BAGI, I. 2001: Mycorrhizal status of plants in mixed deciduous forest from the Great Hungarian Plain with special emphasis on the potential mycorrhizal partners of *Terfezia terfezioides* (Matt.) Trappe (Pezizales). *Phyton* (Horn, Austria) 41: 161–168.
- KOVÁCS, M. G., SZIGETVÁRI, Cs. 2002: Mycorrhizae and other root-associated fungal structures of the plants of a sandy grassland on the Great Hungarian Plain. *PHYTON* (Horn, Austria) 42: 211–223.
- LINDAHL, B. D., BOER, W., FINLAY, R. D. 2010: Disruption of root carbon transport into forest humus stimulates fungal opportunists at the expense of mycorrhizal fungi. *The ISME Journal* 4: 872–881.
- LINGFEI, L., ANNA, Y., ZHIWEI, Z. 2005: Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. *FEMS Microbiology Ecology* 54: 367–373.
- LUGO, M. A., GONZALEZ MAZA, M. E., CABELLO, M. 2003: Arbuscular mycorrhizal fungi in a mountain grassland II: Seasonal variation of colonization studied, along with its relation to grazing and metabolic host type. *Mycologia* 95: 407–415.
- MACK, R. N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W. M., EVANS, H., CLOUT, M., BAZZAZ, F. A. 2000: Biotic invasion: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689–710
- MIHÁLY B., BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.) 2004: *Biológiai inváziók Magyarországon. Őzönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei* 9., TermészetBÜVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- NYILAS Zs. 2009: Védelemre érdemes talajtani értékek feltárása és vizsgálata a Hortobágyi Nemzeti Park területén. Szeged. Diplomamunka, Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., MADER, P., BOLLER, T., WIEMKEN, A. 2003: Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 2816–2824.
- PÁL R. 2012: Egynyári seprince (*Erigeron annuus*). In: *Inváziós növényfajok Magyarországon* (szerk.: CSISZÁR Á.). Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 225–230.

- POWELL, C. L. L. 1980: Mycorrhizal infectivity of eroded soils. *Soil Biology and Biochemistry* 12: 247–250.
- PRINGLE, A., BEVER, J. D., GARDES, M., PARRENT, J. L., RILLIG, M. C., KLIRONOMOS, J. N. 2009: Mycorrhizal symbioses and plant invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40: 699–715.
- READ, D. J., KOUÇHEKI, H. K., HODGSON, J. 1976: Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. *New Phytologist* 77: 641–653.
- SASVÁRI Z., MAGURNO F., POSTA K. 2012: Hosszú időtartamú monokultúrás termesztésből és különböző vetésforgó rendszerekből származó növények arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gomba-közösségeinek vizsgálata. *Tájökológiai Lapok* 10: 351–360.
- SHAH, M. A., RESHI, Z. A., KHASA, D. P. 2009: Arbuscular mycorrhizas: drivers or passengers of alien plant invasion. *The Botanical Review* 75: 397–417.
- SHERRARD, M. E., MAHERALI, H. 2012: Local adaptation across a fertility gradient is influenced by soil biota in the invasive grass *Bromus inermis*. *Evolutionary Ecology* 26: 529–544.
- SIMON T. 2000: *A Magyarországi edényes flóra határozója*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- SZIGETVÁRI Cs., BENKŐ Zs. R. 2004: *Ürömlevelű parlagnyír*. In: *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnyövények* (szerk.: MIHÁLY B., BOTTA-DUKÁT Z.). TermészetBÜVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 337–370.
- TERPÓ, A., ZAJAC, M., ZAJAC, A. 1999: Provisional list of Hungarian archaeophytes. *Thaiszia* 9: 41–47.
- TROUVELOT, A., KOUGH, J.L., GIANINAZZI-PEARSON, V. 1986: Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: *Mycorrhizae: physiology and genetics-Les mycorrhizes: physiologie et génétique*. Proceedings of the 1st ESM/1er SEM, Dijon, 1-5 July 1985.-INRA, Paris, pp. 217–221.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A., KLIRONOMOS, J. N., URSIC, M., MOUTOGLIS, P., STREITWOLF-ENGEL, R., BOLLER, T., WIEMKEN, A., SANDERS, I. R. 1998: Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69–72.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A., WIEMKEN, A., SANDERS, I. R. 2003: Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. *New Phytologist* 157: 569–578.
- WANG, B., QIU, Y.-L. 2006: Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299–363.
- WILSON, G. W. T., HARTNETT, D. 1998: Interspecific variation in plant responses to mycorrhizal colonization in tallgrass prairie. *American Journal of Botany* 85: 1732–1738.
- ZHANG, Q., YAO, L. J., YANG, X. Y., YANG, R. Y., TANG, J. J., CHEN, X. 2007: Potential allelopathic effects of an invasive species *Solidago canadensis* on the mycorrhizae of native plant species. *Allelopathy Journal* 20: 71–78.
- ZHANG, Q., YANG, X. Y., YANG, R. Y., HU, S., TANG, J. J., CHEN, X. 2010: Positive feedback between mycorrhizal fungi and plants influences plant invasion success and resistance to invasion. *PLOS one* Vol 5: e12380.

MYCORRHIZAL COLONISATION OF FOUR HERBACEOUS ADVENTIVE PLANT SPECIES
IN DISTURBED HABITATS

L. Zoltán¹, T. Kalapos² and G. Endresz^{2,3}

¹Institute of Biology, Eötvös Loránd University, Pázmány P. s. 1/C; Budapest, H-1117, Hungary;
e-mail: zoltan.laci@t-online.hu

²Department of Plant Systematics, Ecology, and Theoretical Biology, Institute of Biology,
Eötvös Loránd University, Pázmány P. s. 1/C; Budapest, H-1117, Hungary; e-mail: kalapos@caesar.elte.hu

³Szent László Secondary School, Körösi Cs. Sándor út 28–34,
H-1102, Hungary; e-mail: endreszgabor@gmail.com

Accepted: 23 February 2014

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia*, arbuscular mycorrhizal fungi, *Cynodon dactylon*, *Erigeron annuus*, naturalised and invasive adventive plants, *Solidago canadensis*

Invasive species can cause substantial damage to natural habitats. Recent studies indicate that mycorrhizal associations of exotic and native plant species can influence the outcome of invasion events. Vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza is the most widespread among mycorrhizal associations that herbaceous plants form. Most of the invasive herbaceous plants, if mycorrhizal, form this type of symbiosis. There are few studies in Hungary on the mycorrhizal associations of invasive plant species in disturbed habitats. We compared the mycorrhizal colonisation of four invasive (archeophyte or neophyte) plant species (*Ambrosia artemisiifolia*, *Solidago canadensis*, *Erigeron annuus*, *Cynodon dactylon*) collected from degraded and semi-natural habitats. Soil humus content from these habitats was also examined. Results show that these invasive species tend to be poorly colonised by mycorrhizal fungi in degraded habitats, especially *A. artemisiifolia* and *E. annuus*, which were almost free of mycorrhiza. *S. canadensis* was colonised to a greater extent at semi-natural habitats as opposed to degraded habitats. Soil humus content varied from low to medium, with the highest in reed beds. Medium soil humus content resulted in greater degree of mycorrhizal colonisation of roots than low humus content. *C. dactylon* roots were colonised by mycorrhizal fungi to a greater degree in the habitat where soil humus content was higher.