

Mikorrhiza kolonizáció különböző fagyűrűsű, M9 alanyú alma- és vadalanyú kajszifajtáknál a téli nyugalmi időszak alatt

BAKOS JÓZSEF LÁSZLÓ^{1*}, SHEAK REHANA BEGUM^{1*}, ERŐS-HONTI ZSOLT²,
LADÁNYI MÁRTA¹, SZALAY LÁSZLÓ¹, BIRÓ BORBÁLA¹

¹Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar

²Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium

E-mail: bakosjosef123456@gmail.com; biro.borbala@gmail.com

Összefoglalás

Az arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gombák szimbiózisa gyümölcsfáknál jelentheti a gyorsabb termőre fordulást, a fák jobb egészségi állapotát és a termést veszélyeztető külső tényezők (pl. kórokozók és kártevők, kedvezőtlen időjárási és talajadottságok) hatásának mérséklését. Feltételeztük, hogy bizonyos mikorrhiza paraméterek előfordulása és dinamikája gyümölcsfajokon belül vagy fajtánként is különböző mértékű, és hogy mindez összefüggésbe hozható akár a fajták eltérő mértékű fagyűrűsével is.

Kísérletben vizsgáltuk két gyümölcsfaj, az M9 alanyra oltott alma (*Malus x domestica* Borkh.) és a vadalanyra oltott kajszji (*Prunus armeniaca* L.) öt-öt eltérő fagyűrűsű fajtájának gyökérrendszerében az arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gombák kolonizáltsági mutatóit, így a hifás infekció mértékét (F%) és a gomba által felhalmozott tartalék-tápanyagok fogyását, azaz a vezikulumok számának alakulását (V%) a téli nyugalmi időszak alatt, havonkénti mintavételezéssel.

Az eredmények szerint a mikorrhiza-kolonizáltság nem szűnik meg a téli nyugalmi időszakban. Mindkét mért AM tulajdonság (F%, V%) időbeli dinamikát mutat, novembertől márciusig mennyiségük csökken, majd tavasszal újra emelkedésnek indul, a kajszinál mindez gyorsabban és magasabb mért értékekkel. Mindkét gyümölcsfajnál statisztikailag is igazoltuk, hogy a dinamika nem független a vizsgált fajtától sem, és a fagyűrű-képesség az előzetes adataink szerint összefüggésbe hozható a mikorrhiza paraméterekkel, leginkább a telet megelőző időszakban felhalmozott tartalék-tápanyagok mennyiségével. A kajszifajták erősebb mikorrhizáltságának okai és az alanyfajták szerepe az AM gomba-gyümölcsfa kapcsolatban további vizsgálatokat igényel.

Kulcsszavak: *Malus x domestica* Borkh., *Prunus armeniaca* L., fagyűrűs, nyugalmi időszak

* - Mindkét szerző azonos mértékben járult hozzá a vizsgálatokhoz

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növények és a velük szimbiózisban élő arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gombák kapcsolata geográfailag széles körben előfordul: az Egyenlítőről a sarkokig, a síkvidékektől a magashegységig mindenhol, a hőmérsékleti és környezeti viszonyok rendkívül változatos és szélsőséges viszonyai között is (Bago et al. 2003). A gyümölcsfáknál nem csak az endofitaként ismert AM gombák, hanem a külső, úgynevezett ektomikorrhiza (EM) gombás szimbiózis is előfordulhat (Parádi 2013). Az AM-képző gombák leginkább a gyökéren belüli micéliumokat képeznek, de ezek képesek túlélni akár hosszan tartó fagyokat is a szabadban, még az élő növénypartner nélkül is (Addy et al. 1994; 1997). Degradált és szennyezett talajokban az is kimutatást nyert, hogy a növényi gyökerek jelenléte, illetve a növényen belüli kolonizáció védő hatását, így növeli a túlélés esélyét mindkét partner (a makro- és mikroszimbiota) számára is (Kabir et al. 1997; Biró et al. 2005). Az említett tulajdonságot és az adaptált AM gombákat jól hasznosítják a mikroszaporított gyümölcsfák (szilva és őszibarack fajták) akklimatizációjának az elősegítésére is (Balla et al. 2003). A környezeti körülményekhez a mikorrhiza gomba rugalmas anyagcseréje miatt gyorsabban alkalmazkodik, és ezt a tulajdonságát, a környezeti stressztűrő-képességet a gazdanövénye felé is át tudja adni (Füzy et al. 2010), ami szintén eredményesen hasznosítható lehet a kertészeti kultúráknál (Nagy és Szegedi 2017).

A mikorrhiza hifák anyagcsere-folyamatai a téli fagyok alatt csökkennek, mivel annak fenntartását a vegetációs időszak során a növényi zöld levelek fotoszintetikus aktivitása biztosítja. A gomba a tél során a vezikulumokban elraktározott tartalék-tápanyagokat használja fel. A szénhidrátok felhalmozásának szerepe a hidegtűrésben az AM gombáknál kevésbé tisztázott. Kimutatható a téli időszakban a trehalóz (Addy et al. 1998) és más diszacharidok (Bago et al. 2003) felhalmozódása a spórákban, az extra- és intraradikális micéliumban, azonban ezek krio-protéktáns szerepe leginkább még csak feltételezés, illetve kevésbé kutatott tulajdonság. A klímaváltozási anomáliák elviselése azonban a gyümölcsfáknál is sürgető kutatási irányként jelentkezik (Nagy et al. 2009; Szalay et al. 2017; 2019).

A mikorrhizával kapcsolatos tudományos vizsgálatok folyamán szinte minden esetben szükséges a gyökérekolonizáltság különböző paraméterekkel mérhető tulajdonságainak a meghatározása (Biró et al. 2005). Ennek célja lehet egyszerűen a kapcsolat kialakulásának ellenőrzése, de a legtöbb esetben mennyiségi és minőségi meghatározások is történnek. A kolonizáltság mértékének meghatározása és a szimbiózis hatékonyságának megítélése többféle módszerrel is lehetséges. Vizsgálják a gazdanövény gyökérzetében a gomba által átszőtt részek arányát, az infekciós frekvenciát (F%). A tartalék tápanyagokat hordozó vezikulumok mennyiségének (V%) a számbavételével becsülhető a gomba és a gazdanövény közötti működőképesség, ám ez a tulajdonság viszonylag ritkán kutatott. A partnerek közötti tápanyagátadást biztosító, gyökérsejteken belül kialakuló arbuszkulomok mennyiségének (a%) vizsgálata gyakoribb, mivel azzal megállapítható a gombának a gazdanövény felé mutatott hasznossága és a szimbiózis tényleges működőképessége is. Az arbuszkulomok élettartama azonban igen rövid, akár 1 hét alatt is felépülhet, vagy visszacsökkenhet, a környezeti biotikus és abiotikus tényezők függvényében. A téli időszakban az arbuszkulomok száma általában csökken a gazdanövény nyugalmi állapota miatt, ezért a gomba az aktív időszakban a vezikulumokban felhalmozott tartaléktápanyagokat

használja fel a túlélés érdekében. Egy-egy gombatorzsnek az „életrevalóságát”, azaz a szimbiózis kialakításának és fenntartásának a képességét a gyökéren talált belépési pontok (appressóriumok vagy hifopódiumok) számával is jellemezni szokták (Takács et al. 2005). Az AM kolonizáltság vizsgálatának a javasolt és leginkább használt módszereit Veirheilig és társai (2005) foglalták össze. A vezikulumok mennyisége és a gyümölcsfajták fagyállósága közti összefüggések vizsgálata a szakirodalomban is hiánypótló.

A korszerű gyümölcsstermesztésben egyre inkább felismerik az alany jelentőségét, ami a termés eredményességét tekintve szinte semmivel sem kisebb, mint a ráoltott nemesé. Az alany a nemessel kölcsönhatásban befolyásolja a fák méretét, az alkalmazható koronaformát, a művelésmódot, a termés mennyiségét és minőségét, s ezeken a tényezőkön keresztül az ültetvények üzemeltethetőségét és annak gazdaságosságát (Tóth 2013). Emellett alapvetően meghatározza az oltvány alkalmazkodóképességét a termesztés ökológiai viszonyaihoz (Hrotkó 1999), így a fagyűrőképesség alakulásához is (Szalay et al. 2016; 2017; 2019). A gyümölcsfák mikorrhiza-vizsgálatakor az oltványhasználat miatt lényegében az alany és a gombapartner kapcsolatát nézzük, amire indirekt, közvetett módon lehetnek hatással a nemes tulajdonságai. A mikorrhizát kialakító gombák nem fajspecifikusak, ugyanaz a gombapartner azonban más-más kolonizáltságot és működőképességet alakíthat ki a gazdanövény fiziológiai állapotától és a környezeti körülményektől is függően (Balla et al. 1998; Parádi 2013). Ezzel összefüggésben ismert az is, hogy bizonyos gombafajok előnyben részesíthetnek egyes alanyfajokat, illetve fajtákat, azok jobb növényélettani tulajdonságai (pl. asszimilációs hatékonysága, levélfelület nagysága) miatt (Rodrigo 2000; Calvet et al. 2004).

Célunk a mikorrhiza jelenlétének és a működőképesség dinamikájának a téli, nyugalmi időszakban történő, ritkán ellenőrzött vizsgálata volt. A kísérletbe vont gyümölcsfajták kiválasztásánál a téli időszakhoz köthető egyik legfontosabb tulajdonságukat, a fagyűrést vettük alapul. Így fagyérzékeny és fagyhatásnak jobban ellenálló fajtákat válogattunk a vizsgált növények közé. Emellett fontos szempont volt az is, hogy széles körben termesztett, vagy a jövőre nézve kiemelkedően ígéretes fajták legyenek a kísérlet alanyai. A vizsgált fajták fajonként azonos, almánál M9-es-, míg kajszinál vadkajszai alanyra lettek oltva, így a mikorrhizáltságban jelentkező különbségeket vélhetően a nemes tulajdonságai befolyásolták.

Vizsgálataink során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- a gyümölcsfák gyökérzetének AM gomba infekciója (F%) és a tartalék-tápanyagok, a vezikulumok (V%) mennyisége, vagy azok hiánya, fogyása függ-e a vizsgálat időpontjától (hónap)? Igazolható-e, hogy a vizsgált AM gomba kolonizáltsági mutatók aránya az időben szignifikánsan változik a tél folyamán? Minden fajtánál összehasonlítottuk az egyes vizsgált hónapokat a kolonizáltság eloszlását ellenőrizve a megfigyelt hifák, illetve a vezikulumok jelenlétének gyakoriságát.
- a gyökérzet AM gomba infekciójának (F%) gyakorisága, valamint a tartalék-tápanyagok, a vezikulumok (V%) mennyisége és a gyümölcsfajták között van-e szignifikáns kapcsolat? Igazolható-e, hogy az egyes fajták mikorrhiza kolonizáltsági mutatóinak aránya szignifikánsan különbözik egymástól? Minden hónapban összehasonlítottuk az egyes fajtákat a kolonizáltsági paraméterek eloszlása szerint a megfigyelt hifák, illetve a vezikulumok jelenlétének gyakoriságai alapján.

Anyag és módszer

A vizsgált gyümölcsfajok, fajták és alanyok

Vizsgálatunkhoz az almát (*Malus x domestica* Borkh.), és a kajszibarackot (*Prunus armeniaca* L.) választottuk. Egyrészt azért, mivel ezen fajok termesztésének nagy hagyománya van Magyarországon, a hazai nemesítésük az elmúlt fél évszázadban is számos értékes fajtát eredményezett, valamint a nemzeti fajtajegyzékben is széles választék található belőlük. Emellett a Szent István Egyetem soroksári kísérleti ültetvényében szintén bő fajtaválaszték állt rendelkezésünkre. A kísérletben vizsgált fajtákat és télállóságukat csökkenő sorrendben az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A vizsgált, M9 alanyra oltott alma és vad-alanyra oltott kajszibarack gyümölcsfajták és a fagytüro képességük csökkenő sorrendben (Forrás: Szalay et al. 2016; 2019)

	Alany	Fajta	Fagytürés
Alma	M9	Florina	nagyon jó
		Golden Delicious	jó
		Rosmerta	közepes
		Cordelia	gyenge
		Idared	gyenge
		Kioto	nagyon jó
Kajsz	vad-kajsz	Pannónia	jó
		Gönci magyar kajsz	közepes
		Harcot	közepes
		Pinkcot	gyenge

Table 1. Apple and apricot varieties and their potential frost hardiness in a decreasing order

Kísérleti háttér

A kísérletben vizsgált gyümölcsfajták gyökérmintáit a Szent István Egyetem soroksári kísérleti ültetvényében gyűjtöttük, a novembertől márciusig terjedő időszakban öt alkalommal, havonként egyszeri mintavételezéssel (2. táblázat). Ezekon felül május kezdetén egy hatodik mintaszedést is végeztünk, a tavaszi növény-mikorrhiza kapcsolat értékeléséhez.

2. táblázat. Az alma és kajszibarack fajták havonkénti gyökér-mintavételeinek időpontjai a 2017-2018-as téli időszak során

Gyökérminták gyűjtésének időpontjai					
November 8.	December 12.	Január 23.	Február 15.	Március 22.	Május 8.

Table 2. Dates of root sampling of apple and apricot varieties during the winter period of 2017-2018

A mintákat kézi ásó segítségével 10-30 cm-es mélységből gyűjtöttük, minden fajtánál két-két fáról. A kajszinál minden alkalommal ugyanaz a két-két fa állt rendelkezésünkre fajtánként, de az összes vizsgált fajta egy sorban helyezkedett el a kísérleti ültetvényben, a talajadottságaik ezért közel azonosak voltak. Az almafajták mintáinak gyűjtésére több fa állt rendelkezésünkre, így ezeknél minden hónapban véletlenszerűen választottuk ki a két-két mintázandó fát. Az ültetvényben az almafajták egy-egy sorban helyezkedtek el, de területileg egymáshoz közel, így a talajadottságaik szintén azonosnak tekinthetők. A gyökérminták előkészítését a festéshez Phillips és Hayman (1970) módszere szerint végeztük, és anilin-kék festéket használtunk (Grace és Stribley 1991).

A gyökérminták mikroszkópos vizsgálata

A megfestett gyökérmintákat két sorban a tárgylemezre helyeztük, soronként 5-5 darab, kb. 1-1 cm-es nagyságú gyökérdarabot. Filctollal bejelöltük a tárgylemezen a soronkénti öt-öt vizsgálati pontot, egyenletes távolságra egymástól.

Gyümölcsfajtánként 50 gyökérmintáról összesen 250 pontban végeztünk mikroszkópos vizsgálatot. A mikroszkóp látóterét a fedőlemez felett filctollal megjelölt pontokra irányítottuk, majd onnan azt csak függőleges irányban mozgatva a gyökérdarabok metszéspontjában végeztük a rácsszerű állapotfelmérést. Minden vizsgálati pontban a mikroszkóp látóterét (100x-os nagyítás mellett) figyeltük meg, és ez alapján határoztuk meg az AM gombák kolonizáltságánál a hifagyakoriság mértékét, azaz a sejteken áthaladó (intercelluláris) hifák meglétét (F%), valamint a gomba téli túlélését biztosító, a sejtek közötti tartalék-tápanyagokat tartalmazó vezikulumok jelenlétét vagy hiányát is (V%).

Külön-külön dokumentáltuk a hifák, a mikorrhiza infekciós frekvencia (F%) gyakoriságát és a vezikulumok (V%) jelenlétét, mennyiségét. Kétféle lehetséges állapotot különböztettünk meg: kolonizált vagy jelen levő (+), illetve nem kolonizált vagy hiányzó (-) értékekkel. Az adatbázisba feljegyeztük, hogy a 250 pont közül hány esetben figyeltünk meg pozitív vagy negatív állapotot, és az adatokat ennek megfelelően %-osan fejeztük ki.

A statisztikai elemzés módszertana

Az adatok statisztikai értékelését Khi-négyzet-próbával végeztük (Harnos és Ladányi, 2005). Szignifikáns eredmény esetén a módosított hibatarok (adjusted residual) post hoc elemzésével finomítottuk a következtetéseinket. Statisztikai elemzésünket IBM SPSS (v25) programcsomaggal végeztük.

Eredmények és értékelésük

A mikorrhiza hifa gyakoriság (F%) alakulása a tél folyamán

Az öt különböző almafajtánál a hifák jelenlétének gyakorisága (az F%) alapján végzett összehasonlítás során a Khi-négyzet-próba minden hónapban szignifikáns különbséget mutatott ($\chi^2(4) > 11,40$; $p < 0,05$).

Az öt különböző kajszifajtánál a hifák jelenlétének gyakorisága (az F%) alapján végzett összehasonlítás során a Khi-négyzet-próba február kivételével minden hónapban szignifikáns

különbséget mutatott ($\chi^2(4) > 10,76$; $p < 0,05$). Februárban az eredmény nem volt szignifikáns ($\chi^2(4) < 2,8$; $p > 0,5$).

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a micéliumokkal jelzett kolonizáltság a novemberben mért kezdeti magas értékekhez viszonyítva (almafajtáknál 71-88% között, kajszifajtáknál 66-78% között) a tél folyamán fokozatosan visszaesett, de nem szűnt meg. Almafajtáknál ez a visszaesés jelentősebb volt, legalacsonyabb 10-27% között márciusban, a kajszifajtáknál pedig a január-februári időszakban 44-58% között. Ezt követően májusban erős növekedés volt tapasztalható, ami almafajtáknál megközelítette a novemberben mért értékeket, a kajszifajtáknál pedig meg is haladta azokat.

Az almafajták és a kajszifajták mikorrhiza fertőzés gyakoriságának vizsgálati eredményeit az 1. és a 2. ábra mutatja be.

1. ábra. A mikorrhiza gomba hifák jelenlétének gyakorisága, az AM fertőzés frekvencia (F%) alakulása 2017. november és 2018. május között az M9 alanyra oltott öt különböző almafajtánál a csökkenő télállóság sorrendjében.

A grafikonon „+” illetve „-” megjelölést kaptak azok a fajták, amelyek a statisztikai összehasonlításokkor a módosított hibatarjak alapján pozitív, illetve negatív irányban szignifikáns eltérést mutattak.

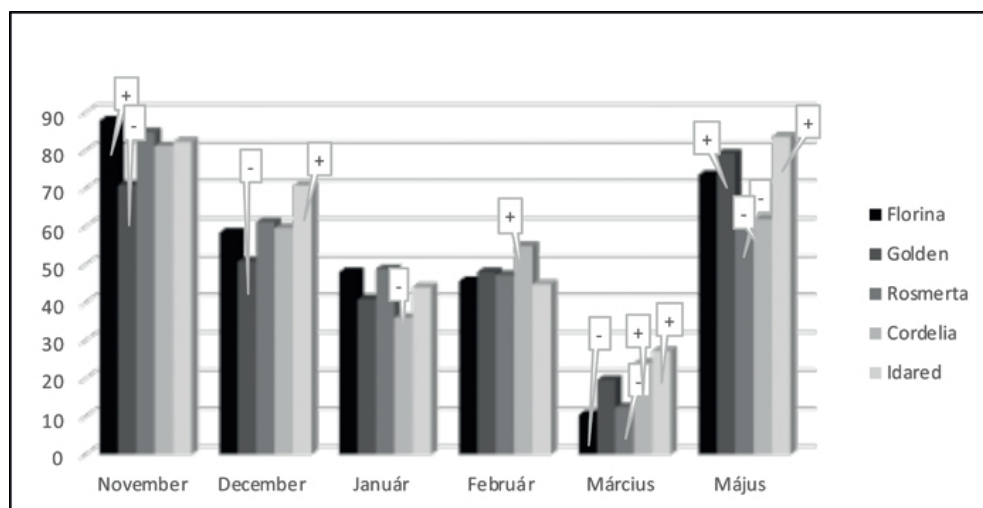


Figure 1. Mycorrhizal colonization, the infection frequency, F% of various apple varieties, grown on M.9 rootstock with decreasing frost hardiness values, between November 2017 and May 2018.

As a result of cross tabulation, varieties with significant positive or negative adjusted residuals are marked with „+” or „-”, respectively.

2. ábra. A mikorrhiza gomba hifák jelenlétének gyakorisága, az AM infekciós frekvencia (F%) alakulása 2017. november és 2018. május között vadalanyra oltott kajszifajtáknál, a csökkenő télállóság sorrendjében.

A grafikonon „+” illetve „-” megjelölést kaptak azok a fajták, amelyek a statisztikai összehasonlítások a módosított hibatajaik alapján pozitív, illetve negatív irányban szignifikáns eltérést mutattak.

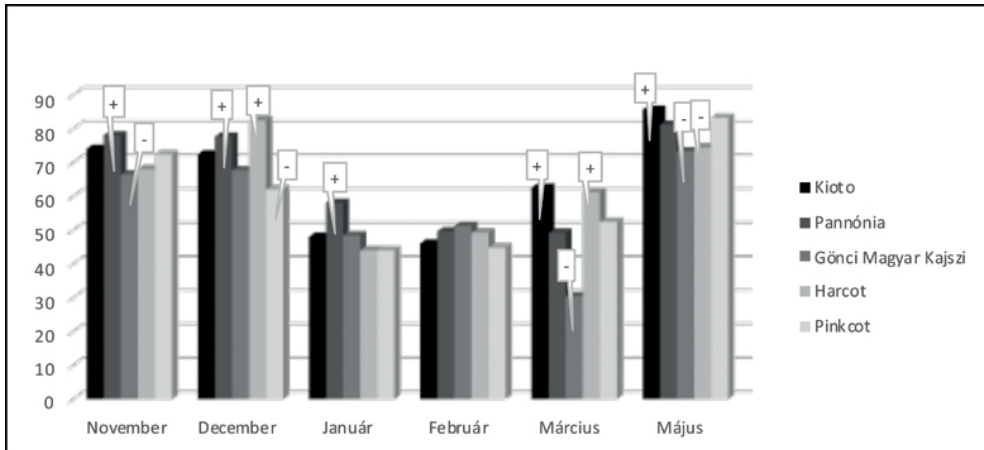


Figure 2. Mycorrhizal colonization, the infection frequency, F% of various apricot varieties, grown on wilde rootstock with decreasing frost hardiness values between November 2017 and May 2018.

As a result of cross tabulation, varieties with significant positive or negative adjusted residuals are marked with „+” or „-”, respectively.

A mikorrhiza vezikulumok (V%) mennyiségi alakulása a tél folyamán

A vezikulumok száma mutatja az AM gomba által gyűjtött tartalék-tápanyagok mennyiségét. Ennek fogyásából látható, hogy a gomba hogyan, milyen ütemben használja fel azokat a tápanyagokat a tél folyamán.

Az öt különböző almafajtánál a vezikulumok jelenlétének gyakoriságai alapján a különbség novemberben, decemberben és márciusban szignifikáns volt ($\chi^2(4) > 40,37$; $p < 0,001$), a többi hónapokban az eredmény nem volt szignifikáns ($\chi^2(4) < 5,8$; $p > 0,2$). A kolonizáltság gyakoriságainak időbeli dinamikáját vizsgálva a Khi-négyzet-próba minden fajtára a hifák és a vezikulumok esetében is szignifikáns különbséget mutatott ($\chi^2(5) > 176,28$; $p < 0,001$).

Az öt különböző kajszifajtának a vezikulumok jelenléte alapján végzett összehasonlítás során a Khi-négyzet-próba február kivételével minden hónapban szignifikáns különbséget jelzett ($\chi^2(4) > 10,76$; $p < 0,05$). Februárban az eredmény nem volt szignifikáns ($\chi^2(4) < 2,8$; $p > 0,5$). A kolonizáltság gyakoriságainak időbeli dinamikáját vizsgálva a Khi-négyzet-próba minden fajtára a hifák és a vezikulumok esetében is szignifikáns különbséget adott ($\chi^2(5) > 79,00$; $p < 0,001$).

A kolonizáltság fokát a vizsgált vezikulumok számával (V%) jellemezve hasonló téli lefutást tapasztaltunk mindkét gyümölcsfajnál. A magas novemberi értékről fokozatos a vezikulumok számának (és így az abban raktározott tápanyagoknak) a csökkenése, bár a fogyás üteme a hifákéhoz viszonyítva lassabb ütemű. Eltérést tapasztaltunk a vizsgált két gyümölcsfaj között abban is, hogy mikor éri el ez a csökkenés a mélypontját, kajszifajtánál a mélypont februárban, míg almafajtánál márciusban alakult ki. Ezután májusig a vezikulumok száma lassú növekedésnek indul, ami a hifák növekedésének mértékéhez képest jelentősen gyengébb. Mindkét tulajdonság vélhetően összefüggésben van a kétféle gyümölcsfaj élettani, ökofiziológiai tulajdonságaival, és a különbségeket leginkább ezeknek a tenyészidővel is összefüggő paramétereknek tulajdoníthatjuk.

A különböző gyümölcsfajták vezikulum-számának a vizsgálati eredményeit a 3. és 4. ábra mutatja be.

3. ábra. A mikorrhiza vezikulumok jelenlétének gyakorisága (V%) 2017. november és 2018. május között az M9 alanyra oltott öt különböző almafajtánál, a fajták fagyűrűrésének csökkenő sorrendjében. A grafikonon „+” illetve „-” megjelölést kaptak azok a fajták, amelyek a statisztikai összehasonlításkor a módosított hibatagjaik alapján pozitív, illetve negatív irányban szignifikáns eltérést mutattak.

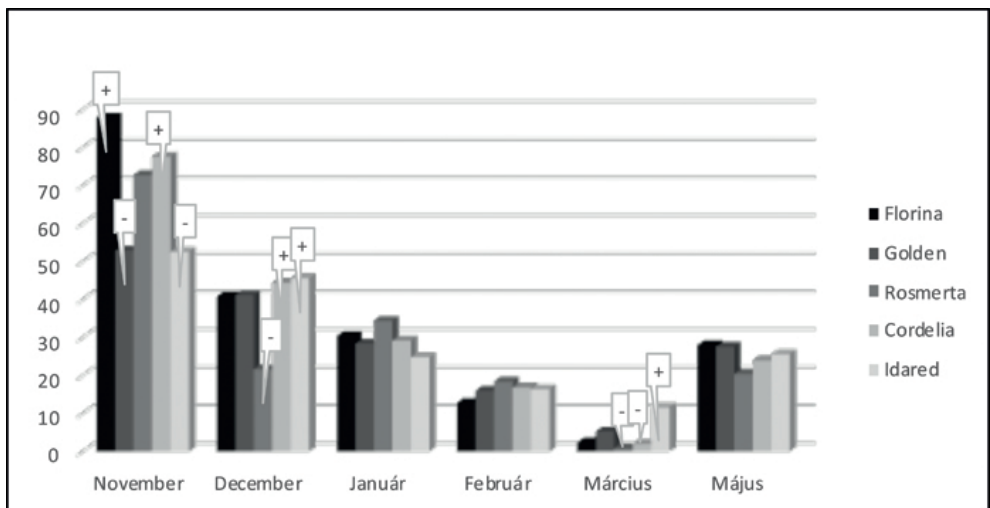


Figure 3. Mycorrhizal colonization, the presence of vesicles, V% of various apple varieties, grown on M9 rootstock with decreasing frost-hardiness values between November 2017 and May 2018.

As a result of cross tabulation, varieties with significant positive or negative adjusted residuals are marked with „+” or „-”, respectively.)

4. ábra. A mikorrhiza vezikulumok jelenlétének gyakorisága (V%) 2017. november és 2018. május között a vadalanyra oltott 5 különböző kajszifajtánál, a fajták fagyűrésének csökkenő sorrendjében. A grafikonon „+” illetve „-” megjelölést kaptak azok a fajták, amelyek a statisztikai összehasonlításkor a módosított hibatajaik alapján pozitív, illetve negatív irányban szignifikáns eltérést mutattak.

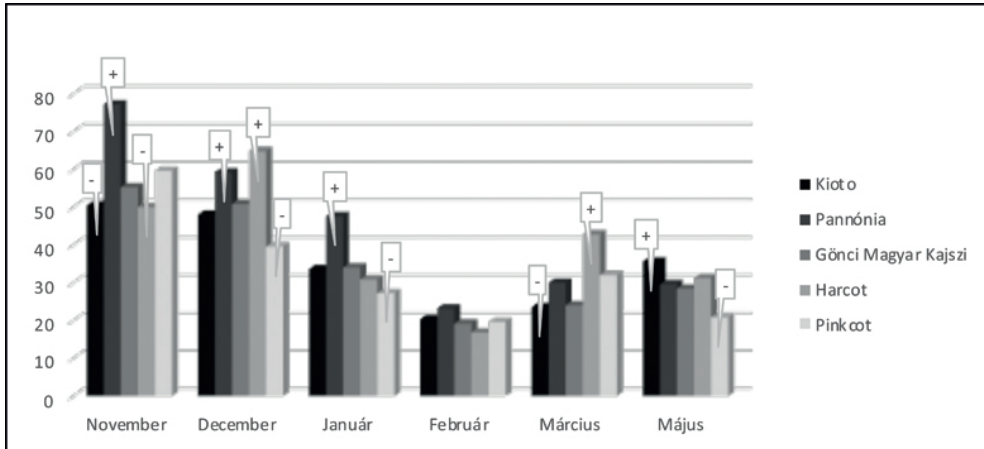


Figure 4. Mycorrhizal colonization, the presence of vesicles, V% of various apricot varieties, grown on wild-rootstock with decreasing frost-hardiness values between November 2017 and May 2018.

As a result of cross tabulation, varieties with significant positive or negative adjusted residuals are marked with „+” or „-”, respectively.

A mikorrhizáltsági mutatók és a gyümölcsfajták télállósága közötti összefüggések értékelése

A vizsgált alma és kajszi mind a tíz fajtájára elmondható, hogy szignifikáns eltérés tapasztalható a hónapok között az AM kolonizáltság mértékében. Általánosan (kevés kivételtől eltekintve) november-decemberben szignifikánsan magasabb, márciusra pedig szignifikánsan alacsonyabb a kolonizáltság. A tél közepén fajtától és a vizsgálati szemponttól (hifa, illetve vezikulumszám) függően a magas és alacsony értékek közti átmenetet tapasztaltuk. Ennek különböző üteme számos tényező együttes hatásaként alakul ki, amelyek között a legmeghatározóbbak a hőmérséklet alakulása és a növény téli tápanyagfelvételének a visszaesése. Ezen idő alatt az AM gomba az általa a vegetációs időszak során felhalmozott tartalék-tápanyagokat használja fel, de ezzel párhuzamosan a hifák gyakoriságával jellemzett kolonizációs értékek is csökkennek, mivel nincs aktív kapcsolat a növényekkel, azok nyugalmi állapota miatt.

A gyümölcsfajtákat összehasonlítva az első szembetűnő eredmény az, hogy február hónapban nem mérhető szignifikáns különbség sem a hifák (F%), sem a vezikulumok (V%) mennyiségében, egyik vizsgált gyümölcsfajtánál sem. Egyetlen kivétel a Cordelia almafajta micéliumának mennyisége, amely enyhén kiemelkedik a többi almafajtaéhoz viszonyítva, ennek okait, illetve az élettani tulajdonságokkal való összefüggéseit tovább kell vizsgálni.

A téli időszak végéhez közelítve megállapíthatjuk, hogy az esetleges fajták közti különbségek elmosódnak, az előzetesen becsült télállóságtól függetlenül is, ami mindkét gyümölcsnél igaz. Ennek oka vélhetően abban keresendő, hogy a tél folyamán a gomba és a növény közötti interakció csökken, a gomba függetlenedik a gazdanövény anyagcseréjétől és csak a tartalék-tápanyagait használja. További indok lehet, hogy mindkét gyümölcsfajta területét azonos mikorrhiza fajták népesítették be az adott vizsgált területen és ezért az infekciót kialakító gombák ökofiziológiai tulajdonságai (pl. a tápanyagigényük) is azonosak mindegyik gyümölcsfajtnál. A tél végére a különbségek az azonos ütemet és a mikorrhiza gomba azonos élettani igényét feltételezve kiegyenlítődnek.

Az almafajták közül az Idared emelhető ki, mint amelyiknek az infekciós hifa (F%) kolonizáltsága a többi fajtához viszonyítva decemberben, márciusban és májusban is szignifikánsan magasabb értéket mutatott, bár novemberben, amikor az asszimilátumokat kell gyűjteni, gyengébbet. A fagyűrész és a mikorrhiza kolonizáltság mértékének összefüggését vizsgálva érdekes lehet, hogy a novemberi gyenge kolonizáltság összefügghet az Idarednek az öt vizsgált almafajta közül a legrosszabb fagyűrészével. A téli időszak végén, márciusban tapasztalt nagyobb infekciós aktivitás (F%) a leggyengébben a fagyűrőknél, így a Cordelia és az Idared fajtáknál fordult elő, ami szintén jelzésértékű.

A kajszifajtáknál a Pannónia emelkedett ki az öt vizsgált fajta közül, novemberben, decemberben és januárban is szignifikánsan erősebben kolonizált volt, mint a többi fajta, és a többi hónapban sem tapasztaltunk átlagosnál gyengébb kolonizáltságot, azaz infekciós frekvenciát (F%) és vezikulum-számot (V%). Érdekes a Pannónia fajtánál, hogy mindkét mikorrhiza kolonizációs mutató azonos tendenciát mutatott az idővel a tél folyamán. A novembertől januárig tartó időszak a mikorrhiza téli visszaszorulásának időszaka, ami a Pannónia fajtánál lassabb ütemben megy végbe, mint a többi fajtánál. A télállóságot tekintve a Pannónia jó fagyűrészűnek mondható, így elképzelhető, hogy az erősebb kolonizáltság a novembertől januárig terjedő időszakban elősegíti a télre való felkészülést és a rügyek jobb fagyűrészésének a kialakulását is. Kérdés ezek után, hogy vajon milyen mértékben segíthetjük a jobb fagyűrész érdekében az erősebb mikorrhiza működőképességet?

Gyenge kolonizáltságot két kajszifajtánál is tapasztaltunk. A Pinkcotnál decemberben, januárban és májusban mértünk szignifikánsan gyengébb eredményeket, míg a Gönci magyar kajszinál novemberben, márciusban és májusban. A fagyűrész tekintetében a Pinkcot az öt fajta közül a legérzékenyebb, fagyűrészése kifejezetten gyenge, a Gönci magyar kajszi fagyűrészése közepesnek mondható. A két fajta gyengébb kolonizáltságának mikéntjében több különbség is mutatkozik. Míg a Gönci magyar kajszinál a téli hónapokban (decembertől februárig) átlagos értékeket mértünk, addig a Pinkcotnál pont ezen hónapokból kettőben is gyenge eredményeket kaptunk. Egy másik különbség pedig abban mutatkozik, hogy a Pinkcotnál a hifák és a vezikulumok száma is kevesebb volt ezekben a hónapokban, míg a Gönci magyar kajszinál csak a hifák mennyisége volt kevesebb, a vezikulumok száma sosem maradt el az átlagostól. Mind a hifáknak, mind pedig a vezikulumoknak megvan a szerepe a gazdanövény télállóságában, de a gomba tartaléktápanyagainak a mennyisége mellett fontos lehet az összetétel, azaz a minőség vizsgálata is, ahogy arra a bevezetőben hivatkozott irodalmi adatok is utaltak.

Következtetések

Eredményeink mindkét gyümölcsfajnál (alma és kajszi) igazolták azt a kezdeti feltételezésünket, hogy az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gomba-kapcsolat nem szakad meg a növények téli nyugalmi időszakában, annak ellenére, hogy nincs, vagy csak nagyon minimális az anyagcsere-kapcsolat a növény (makroszimbionta) és a gombapartner (mikroszimbionta) között.

Feltételezésünk szerint a gomba által kialakított infekció, a hifák mennyiségének mértéke a gyökérben nem állt meg a tél beköszöntével egy adott, addigra kialakult szinten, hanem a fokozatos csökkenés jellemezte a kialakult szimbiotikus kapcsolatot. A csökkenés igaz a gomba által addigra összegyűjtött tartalék-tápanyagok mennyiségére is, amit a vezikulumok számának alakulásával jellemeztünk. A vezikulum egy olyan tápanyag-raktározó képlet, amit a tél folyamán fokozatosan él fel a mikorrhiza-gomba, de kora tavasszal, a tápanyagáramlás felerősödésével ezt pótolni igyekszik. A vezikulumokat azonban a gomba kora tavasszal még nem tudja, és élettanilag akkor még nem is szükséges olyan gyors ütemben újraépíteni, mint a micéliumokat, amelyekkel a kapcsolat a növény és a mikroszimbionta között erősödhet. A növényi vegetációs időszakban az aktív növényi asszimilátumok tartják fenn elsősorban a szimbiózis hatékonyságát.

A jelen körülmények között a különböző fagyűrűsű és kiválasztott gyümölcsfajtákat azonos alanyra oltva vizsgáltuk azért, hogy a fajták közötti különbség valóban összehasonlítható legyen. Megállapítottuk, hogy mindegyik vizsgált mikorrhiza paraméter hatással van a két gyümölcsfaj fagyűrűse közti különbségekre. A téli időszak elején, különösen a november hónapban a mikorrhiza gomba által gyűjtött nagyobb mennyiségű tartalék tápanyagok, a nagyobb vezikulumszám általában javították a gazdanövényük fagyűrűző képességét is. A kajszi-fajták magasabb mikorrhizáltsági értékeit és a tavaszi korai mikorrhiza-aktivitását is a két növény (alma és kajszi) közötti élettani különbségekkel, így például a vegetációs időszak hosszával is magyarázhatjuk. További célként ezért érdemes vizsgálni a kiválasztott alma- és kajszi-fajták átlagos és általános mikorrhizáltsági tulajdonságait, a kajszi stabilabb és erősebb mikorrhiza-függőségének az okait, illetve a nemes lett a különböző alanyoknak az AM gomba-gyümölcs kapcsolatra kifejtett befolyásoló hatásait is.

Köszönetnyilvánítás

Sheak Rehana Begum munkáját a Stipendium Hungaricum ösztöndíj támogatta.

Irodalomjegyzék

1. Addy, H.D., Schaffer, G.F., Miller, M.H. and Peterson, R.I. 1994. Survival of the external mycelium of a VAM fungus in frozen soil over winter. *Mycorrhiza*, 5: 1-5.
2. Addy, H.D., Miller, M.H. and Peterson, R.I. 1997. Infectivity of the propagules associated with extraradical mycelia of two AM fungi following winter freezing. *New Phytologist*, 135: 745-753.
3. Addy, H.D., Boswell, E.P. and Koide, R.T. 1998. Low temperature acclimatization and freezing resistance of extraradical VA mycorrhizal hyphae. *Mycological Research*, 102: 582-586.
4. Bago, B., Pfeiffer, P.E., Abubaker, J., Jun, J., Allen, J.W., Brouillette, J., Douds, D.D., Lammers, P.J. and Shachar-Hill, Y. 2003. Carbon export from arbuscular mycorrhizal roots involves the translocation of carbohydrate as well as lipid. *Plant Physiology*, 131: 1496-1507.

5. Balla, I., Vértési, J., Biró, B., Vörös, I. 1998. Survival and growth of micropropagated peach inoculated with endomycorrhizal strains. *Acta Horticulturae*, 477: 115-118.
6. Balla, I., Vértesy, J., Végvári, Gy., Szűcs, E., Kállay, T., Vörös, I. and Biró, B. 2003. Nutrition of the micropropagated fruit trees *in vitro* and *ex vitro*. *International Journal of Horticultural Sciences*, 9: 43-46.
7. Biró, B., Posta, K., Füzy, A., Kádár, I. and Németh, T. 2005. Mycorrhizal functioning as part of the survival mechanisms of barley (*Hordeum vulgare* L.) at long-term heavy metal stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 49: 65-68.
8. Calvet, C., Estaún, V., Camprubí, A., Hernández-Dorrego, A., Pinochet, J. and Moreno, M. 2004. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 100(1-4): 39-49.
9. Füzy, A., Biró, B. and Tóth, T. 2010. Effect of saline soil parameters on endomycorrhizal colonization of dominant halophytes in four Hungarian sites. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S1): 44-48.
10. Grace, C. és Stribley, D.P. 1991. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95(10): 1160-1162.
11. Harnos, Zs. és Ladányi, M. 2005. *Biometria agrártudományi alkalmazásokkal*. Aula Kiadó Kft.
12. Hrotkó K. 1999. *Gyümölcsfaiskola*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
13. Kabir, Z., O'Halloran, I.P. és Hamel, C. 1997. Overwinter survival of arbuscular mycorrhizal hyphae is favored by attachment to roots, but diminished by disturbance. *Mycorrhiza*, 7: 197-200.
14. Nagy, P.T., Szabó, Z. and Nyéki J. 2009. Frost-induced nutrient disorders in integrated apple orchard. *Cereal Research Communication*, 37(2): 293-296.
15. Nagy P.T. és Szegedi L. 2017. Klimatikus anomáliák hatása gyümölcsösök tápanyag-gazdálkodására. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok*, 12(3): 97-107.
16. Parádi, I. 2013. Növényi szimbiózisok élettana. In: Fodor F. (szerk.) *A növényi anyagcsere élettana*. Eötvös L. Tudományegyetem, 12. fejezet.
17. Phillips, J.M. and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1): 158-161.
18. Rodrigo, J. 2000. Spring frosts in deciduous fruit trees. Morphological damage and flower hardiness. *Scientia Horticulture*, 85: 155-173.
19. Szalay, L., Ladányi, M., Hajnal, V., Pedryc, A. and Tóth, M. 2016. Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. *Horticultural Science*, 43(3): 134-141.
20. Szalay, L. Molnár, Á. and Kovács, Sz. 2017. Frost hardiness of flower buds of three plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 214(1): 228-232.
21. Szalay, L., György, Zs. and Tóth, M. 2019. Frost hardiness of apple (*Malus x domestica*) flowers in different phenological phases. *Scientia Horticulturae*, 253: 309-315.
22. Takács, T., Biró, I., Anton, A. and Chaoxing H. 2005. The effect of AMF inoculation on growth and nutrient uptake of tomato. *Cereal Research Communications*, 33: 125-128.
23. Tóth M. 2013. Az alma. *Malus domestica* Borkh. Magyarország kultúrflórája 77. II. kötet. 3. füzet. Agroinform Kiadó, Budapest.
24. Vierheilig, H., Schweiger, P. and Brundrett, M. 2005. An overview of methods for the detection and observation of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. *Physiologia Plantarum*, 125: 393-404.

Winter colonization of mycorrhiza fungi on apple (M9) and apricot (wilde-type) varieties selected for different frost hardiness

BAKOS, J.L.^{1*}, BEGUM, S.R.^{1*}, ERŐS-HONTI, ZS.², LADÁNYI, M.¹,
SZALAY, L.¹, BIRÓ, B.¹

¹Szent István University, Faculty of Horticulture

²Fazekas Mihály Primary and Secondary School and Training Centre

E-mail: bakosjozsef123456@gmail.com; biro.borbala@gmail.com

Summary

The arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis and the presence of AM fungi can be beneficial to the fruit trees, resulting in a faster turning of the productive phases and better health conditions. Furthermore, they can reduce the negative effects of several external stress-factors, such as diseases, pests, adverse weather and detrimental soil effects. We hypothesized, that the pattern of AM colonization parameters and the dynamics of changes may vary for species and potentially have a direct effect on the frost hardiness of the different fruit cultivars.

We carried out experiments for two fruit species, the apple (*Malus domestica* Borkh.) and the apricot (*Prunus armeniaca* L.), with various frost-tolerance abilities. The colonization levels of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi, the infection frequency (F%) and the numbers of vesicles (V%), including the use of reservoir nutrients during the winter were determined. Five varieties of each fruit species were examined during the winter dormant period, while samples were taken on a monthly basis.

The results showed that, AM fungal colonization is not diminished during the winter period, and both parameters examined show a specific dynamism over time. A decrease can be detected generally between November and March, followed by an increase with the warming weather, which was found to be faster in case of the apricot species. We proved statistically that this dynamism is highly dependent on the cultivars, and the frost-tolerance corresponds with the AM parameters, more particularly with the higher vesicle numbers and the collected nutrients of the mycorrhiza fungi. More examinations are required to study the reasons of higher AM-colonization rates of apricot cultivars and the role of various rootstocks in AM fungi-fruit tree interrelation.

Keywords: *Malus x domestica*, *Prunus armeniaca*, frost hardiness, dormant period

Szerzők

Bakos József László (kapcsolattartó szerző) – MSc hallgató, kertészmérnök, SZIE KERTK, 1118 Budapest, Villányi út 35-43.

Sheak Rehana Begum – PhD hallgató, SZIE KERTK, 1118 Budapest, Villányi út 35-43.

Erős-Honti Zsolt – PhD, igazgatóhelyettes, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, 1082 Budapest, Horváth Mihály tér 8.

Ladányi Márta – PhD, egyetemi docens, SZIE KERTK Biometria és Agrárinformatika Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 35-43.

Szalay László – PhD, egyetemi docens, SZIE KERTK Gyümölcsstermő Növények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 35-43.

Biró Borbála, – DSc, egyetemi tanár, SZIE KERTK Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 35-43.