

MIKORRHIZA OLTÓANYAG HATÁSA KÉT FŰSZERPAPRIKA TERMESZTÉSÉRE ÉS A HELYI ARBUSZKULÁRIS MIKORRHIZA GOMBAKÖZÖSSÉGRE

HERNÁDI Ildikó, MAGURNO Franco, SASVÁRI Zita, POSTA Katalin

Szent István Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Mikrobiológiai és Környezettoxikológiai Csoport
2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1., e-mail: posta.katalin@mkk.szie.hu

Kulcsszavak: paprika, arbuszkuláris mikorrhiza, diverzitás, PCR-RFLP

Összefoglalás: Magyarországon engedélyezett mikorrhiza oltóanyag paprika terméshozamára gyakorolt hatásának tesztelésekor az oltás szignifikáns növekedést idézett elő két fűszerpaprika (Szegeci, Kalocsai) nedves hajtástömegében, de száraz hajtástömegre vonatkoztatva csak a Szegeci paprikánál mutatkozott szignifikáns hatás. Nedves gyökértömegben, csak a Kalocsai típusnál jelentkezett pozitív hatása a mikorrhiza oltásnak, mely a száraz gyökérre vonatkoztatva már nem volt kimutatható. Az összerterméshozam mennyiségének mérésekor szignifikáns termésnövekedést tapasztaltunk a Symbivit oltóanyag használatával, de annak mértékében jelentős eltérés volt, a Szegeci típus több mint 60%-os termésnövekedést produkált a Kalocsai paprika 10%-os hozamnövekedéséhez képest.

A mikorrhiza oltóanyagok használatának gazdasági előnyei mellett molekuláris módszerekkel vizsgáltuk meg annak hatásait a helyi AM gomba közösségre. A kimagasló termés mennyiséget mutató Szegeci paprikánál az első és a legmagasabb mikorrhiza aktivitást mutató augusztusi mintavételi időpontokat választottuk ki, hogy megvizsgáljuk az oltás hatását a helyi AM gomba közösségre PCR-RFLP módszer segítségével. Megállapítottuk, hogy a nem honos AM gombafajokat tartalmazó oltóanyag mix úgy növelte a Szegeci fűszerpaprika termésmennyiségét, hogy közben az oltóanyag mikorrhiza tagjai nem idézték elő a helyi AM gombaközösség erőteljes redukcióját. A vegetációs időszak folyamán vizsgálataink eredményei alapján nem jelentkezett agresszív, többlet elnyomó mikorrhiza gomba izolátum, de a mikorrhiza oltás hosszú-távú hatása még további megerősítést igényel.

Bevezetés

A mikorrhiza gombák mikroszkópos méretű, talajban élő mikroszervezetek, amelyek a szárazföldi növények többségével – köztük termesztett növényekkel, gyümölcsfákkal és erdőalkotó fákkal – képesek mindkét fél számára előnyös szimbiózisban élni. A különböző típusú mikorrhiza gombák közül legelterjedtebbek az endomikorrhizák közé tartozó obligát biotróf arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gombák, amelyek a gazdanövény gyökérszövetének endodermiszébe behatolva jellegzetes képleteket, arbuskulumokat és néha vezikulumokat hoznak létre.

Egyre több publikáció lát napvilágot az arbuszkuláris mikorrhiza gombák gazdanövényre gyakorolt pozitív hatásairól, azok jelentőségéről. A mikorrhiza gombák előnyös hatással vannak a gazdanövény növekedésére, elsősorban a talajból való foszforfelvétel fokozása révén (FITTER et al. 2011), de szerepet játszanak a növény só-, szárazság- és fém-tűrő-képességének fokozásában, valamint a kórokozók és kártevőkkel szembeni ellenállóság növelésében is (POZO és AZCÓN-AGUILAR 2007). Mindemellett a mikorrhiza gombáknak a talaj mikrobiális összetételére (VESTERGARD et al. 2008), a talaj struktúrájára (BEDINI et al. 2009), a gyom populációra (RINAUDO et al. 2010) vonatkozóan is egyre több adattal rendelkezünk.

Az intenzív növénytermesztési technológiákban műtrágyák és peszticidek használatával biztosítják a tápelem utánpótlást, illetve a kórokozók elleni védekezést. Az egészsé-

ges élelmiszerek termelése azonban olyan környezetkímélő mezőgazdasági technológiák alkalmazását igényli, amelyek csökkent mértékű műtrágya és növényvédőszer felhasználása mellett is biztosítják a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer-alapanyagok előállítását. Ilyen módszer lehet a természetben megtalálható mikorrhiza gombák tevékenységére épülő mikorrhiza technológia mezőgazdasági felhasználása. Számos tanulmány bizonyítja, hogy az intenzív mezőgazdasági művelés, a peszticidek használata csökkenti a talaj AM gomba populáció mennyiségét és diverzitását, ami a növények stressztűrésének csökkenésével is járhat. A természetben kialakult, de az intenzív gazdálkodás miatt felborult egyensúlyt állíthatjuk vissza mikrobiológiai oltóanyagokkal, köztük mikorrhiza oltóanyagokkal. Ezért nem meglepő, hogy az elmúlt években többszörösre nőtt a mikorrhiza oltóanyag előállítás és felhasználás világviszonylatban és Magyarországon egyaránt. A külföldi előállítású és Magyarországon is engedélyezett mikorrhiza oltóanyagok összetevői biológiailag lebonthatók, és alkalmazásuk során nem keletkezik a környezetre káros termék. Ugyanakkor, ezek a készítmények nem tartalmazzak Magyarországon honos AM gombafajokat, ezért bevezetésüket jogos fenntartásokkal fogadják, hiszen a flóra-idegen AM gombafajok elterjedésének következményei kiszámíthatatlanok.

Ezért célunk volt egy engedélyezett mikorrhiza oltóanyagként a paprika termésához-mára gyakorolt hatása mellett megvizsgálni, hogy milyen változásokat idéz elő a mikorrhiza oltóanyag használata a helyi arbuszkuláris mikorrhiza gomba közösségben.

Anyag és módszer

Szabadföldi kísérlet beállítása, mintavételezés

A kísérletet a Szent István Egyem, Növényvédelmi Intézetének kísérleti területén állítottuk be (hosszúság 19°21'39'85'', szélesség 47°35'37'63''). A terület kontinentális klímájú, évi 10,6°C-os átlaghőmérséklettel és 539 mm-es átlagos mennyiségű csapadékkal jellemezhető.

A vizsgálathoz használt paprika palántákat (*Capsicum annuum* L. var. longum cv. Szegedi, *Capsicum annuum* L. var. longum cv. Kalocsai) üvegházban neveltük fel. A magokat speciális kertészeti ültető közegbe (Klasmann TS3: 80% fehér tőzegmoha tőzeg és 20% fekete tőzegmoha tőzeg, NPK trágya (14:16:18 w/w/w), pH 6.0) vetettük, majd 7 hét növekedés után ültettük ki őket a kísérleti telep mérsékelt foszfortartalmú homokos talajába. A palánták kiültetésekor, a növények felének gyökeréhez palántánként 15 g (400 spóra/g) engedélyezett, a kereskedelemben is kapható mikorrhiza oltóanyagot, Symbivit-et adagoltunk. A Symbiom Ltd. (Lanscroun, Csehország; www.symbiom.cz) által gyártott oltóanyag hat mikorrhiza gomba törzset (*G. intraradices* BEG140, *G. mosseae* BEG95, *G. etunicatum* BEG92, *G. claroideum* BEG96, *G. microaggregatum* BEG56, *G. geosporum* BEG199) tartalmazott gyökérdarabok, hifák és spórák formájában. A paprika növényeket szeptember 3-ig neveltük, igény szerinti öntözés biztosítása mellett.

A paprika hajtás és gyökér nedves valamint száraz tömegének meghatározása az utolsó betakarításkor, szeptember 3-án begyűjtött növényekkel történt. Kezelésenként 5–5 véletlenszerűen kiválasztott növényt a talajból gyökérrzel együtt kiástunk, majd alapos csapvízes mosás után a hajtásokat és gyökereket különválasztottuk, és nedves tömegüket meg-

mértük. A növényi részeket 60°C-on súlyállandóságig (72 h) történő szárításuk után újra lemértük a száraz tömeg meghatározása céljából.

A kézi szüretelésből származó termés mennyiségi adatok (kezelésként 100 növényről, összes tömeg) is meghatározásra kerültek.

A gyökérekolonizáció mértékének meghatározásához 4 időpontban, június 26-án, július 27-én, augusztus 14-én és szeptember 3-án vettünk mintát. Minden alkalommal 3–3 random módon kiválasztott (3 ismétlésben) növényt ástunk ki 25×25×25 cm-es földlabdával.

AM gomba gyökérekolonizáció mértékének meghatározása

A növények gyökereinek alapos csapvizes mosása után minden egyes növény gyökérzetéről reprezentatív mintaként 5 különböző (összesen 1,5 g nedves tömegnek megfelelő) gyökérrészt gyűjtöttünk, melyek festését tinta-ecetsavas módszerrel végeztük el (VIERHEILIG et al. 1998). A szimbiotikus kapcsolat erősségére utaló mikorrhizáltsági százalékok becslését sztereomikroszkóp segítségével, 100-szoros nagyítással végeztük el „gridline intersection” módszerrel (GIOVANETTI és MOSSE 1980), öt ismétlésben.

Nested-PCR a mikorrhiza gomba közösség kimutatására

A Szegedi paprika júniusi és augusztusi mintáinál a növények hajszálgyökereiből kezelésként 5-5 ismétlésben, valamint az oltóanyag (Symbivit) 2 g mennyiségéből DNS izolálást végeztünk a Qiagen által forgalmazott DNeasy® plant Mini Kit-tel, a gyártó utasításai alapján. A mikorrhiza gomba 18S rDNS gén egy részének nested-PCR amplifikálását, első lépésben eukarióta, majd második lépésben AM gomba specifikus indítószekvenciákkal végeztük (SAITO et al. 2004). A kapott PCR termékeket agaróz gélelektroforézissel mutattuk ki és választottuk el, 2%-os agaróz gélen, 0,1 µl ml⁻¹ etidium-bromid jelenlétében. Az agaróz gélből a megfelelő méretű (~650 bp) fragmenteket GFX PCR DNA and Gel Band Purification Kit-tel (GE Healthcare, Amersham Biosciences) visszaizoláltuk, az ugyanazon kezelésekhöz és mintavételi időpontokhoz tartozó PCR fragmenteket egy „pool”-ban – és pGEM®-T Easy Vector System-mel (Promega) pGEM®-T Easy vektorba (3015 bp) építettük, majd *E. coli* DH5α törzsbe transzformáltuk.

Plazmid DNS izolálás és RFLP csoportok meghatározása

A pozitív klónokból, a Wizard® Plus SV Minipreps DNA Purification System Kit (Promega) segítségével izolált plazmidokat BsuR1-el (Fermentas) emésztettük a restrikciós fragment hossz polimorfizmus (RFLP) osztályok azonosításához. Emésztés után gélelektroforézissel futtatást végeztünk 0,8%-os agaróz gélen. Minden kezelésnél 96 klón emésztését végeztük el, és az azonos ribo-típusokhoz tartozó klónok összegzése után meghatároztuk a gyökérmintákban előforduló típusok előfordulásának relatív gyakoriságát.

Eredmények

Mikorrhiza oltóanyag paprika terméshozamára gyakorolt hatásának tesztelésekor az oltás szignifikáns növekedést idézett elő mindkét paprika típus nedves hajtástömegében, de száraz hajtástömegre vonatkoztatva csak a Szegedi paprikánál mutatkozott szignifikáns

hatás (1. táblázat). Nedves gyökértömegben, csak a Kalocsai típusnál jelentkezett pozitív hatása a mikorrhiza oltásnak, mely a száraz gyökérre vonatkoztatva már nem volt ki-mutatható. Az összterméshozam mennyiségének mérésekor szignifikáns terméshozam-növekedést tapasztaltunk a Symbivit oltóanyag használatával. A terméshozam növelő hatás mértékében azonban jelentős eltérés volt, a Szegedi fajta több mint 60%-os, míg a Kalocsai 10%-os terméshozam-növekedést produkált.

1. táblázat Mikorrhiza oltás hatása Szegedi és Kalocsai fűszerpaprika hajtástömegére, gyökérkolonizációjára és össz-terméshozamára

Table 1. Effects of mycorrhizal inoculants on growth, cumulative crop production and root colonization during cultivation of two types of spice pepper (Szegedi, Kalocsai)

Kezelések	Nedves hajtástömeg (g növény ⁻¹)		Száraz hajtástömeg (g növény ⁻¹)		Gyökérkolonizáció ^x (%)				Össz terméshozam (g/100 növény)
	Gyökér	Hajtás	Gyökér	Hajtás	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	
Szegedi									
AM+	1,66a	19,32b	1,30a	13,45b	60±5	64±9	79±5	76±4	5251,27
Kontroll	1,77a	13,22a	0,97a	7,09a	38±4	59±5	70±3	58±6	3189,56
Kalocsai									
AM+	3,38b	18,69b	2,18a	11,76a	52±10	60±5	72±7	59±3	1126,11
Kontroll	2,16a	15,05a	1,48a	9,19a	40±6	42±2	67±3	58±7	1032,95

Jelölések: mikorrhiza oltóanyaggal kezelt (AM+), mikorrhiza oltóanyag nélküli kezelés (Kontroll)

^xGyökérkolonizáció mérése négy időpontban történt.

Az adatokat követő azonos betűk nem szignifikáns eltéréseket jelentek, melyet Tukey teszttel állapítottunk meg (P≤0.05). Az adatok mérése öt ismétlésben történt.

AM+: treated with mycorrhizal inoculants, Kontroll: treatment without mycorrhizal inoculation

^xRoot colonization measured at four different times.

Values in a column followed by the same letter are not significantly different, P≤0.05, Tukey test; values mean of five observations.

A mikorrhiza aktivitásra jellemző gyökérkolonizáció mértékét is meghatároztuk a gyökerek festése után. Kalocsai típusnál csak a júliusi mintavételi időpontban mutatott szignifikáns eltérést az oltott és oltás nélküli növény kolonizációs értéke. Ettől eltérően a mikorrhiza gombával kezelt illetve oltás nélküli növények között a júliusi mintavétel kivételével jelentős különbségek jelentkeztek a Szegedi típusnál. Mindkét kezeléskor (AM+, Kontroll) a kísérlet első mintavételi időpontjában, júniusban mértük a legkisebb kolonizációs értékeket. Meglepően magas kolonizációt találtunk a kontroll növények gyökereiben, melyek a helyi mikorrhiza populáció aktivitását mutatják. Kezelésektől függetlenül, a vegetációs időszak előre haladásával nőtt a gyökérkolonizáció mértéke, mely szeptemberben már kismértékű csökkenést mutatott. Az általános tendencia mellett azonban kismértékű eltérés volt tapasztalható az oltott növényeknél. A mikorrhiza gombával oltott növények ugyanis sokkal egyenletesebb gyökérkolonizációs értékeket mutattak, mint a kezelés nélküli növények. A szeptemberben jelentkező csökkenő gyökérkolonizáció is kisebb mértékű volt az oltott növényeknél a kontrollhoz viszonyítva.

A kimagasló termés mennyiséget mutató Szegedi paprikánál, az első és a legmagasabb mikorrhiza aktivitást mutató augusztusi mintavételi időpontokat választottuk ki, hogy megvizsgáljuk az oltás hatását a helyi AM gomba közösségre.

A SAITO et al. (2004) által tervezett primer kombináció segítségével kivitelezett PCR reakcióval felszaporított DNS szakaszt (650 bp) a gélelektroforézises futtatás után izoláltuk, klónoztuk majd restriktációs endonukleázzal emésztettük, és eltérő RFLP csoportokat hoztunk létre (1. ábra). A különböző kezeléseknél jelentkező PCR-RFLP csoportokhoz tartozó klónok százalékos arányát is meghatároztuk.

A paprika palánták kiültetését követő hetedik héten vett mintákban 14 PCR-RFLP csoportot tudunk kimutatni (1. A ábra). Az oltott (AM+) és oltás nélküli (Kontroll) kezelések növényeinek gyökereit kolonizáló mikorrhiza gombák 10-10 különböző RFLP csoportba voltak oszthatók, melyek között 6 típus mindkét kezelésnél megtalálható volt. Megfigyelhetők olyan RFLP típusok is, melyek csak az adott kezelésre jellemzőek. Ilyenek a 4,6,9 és 10 PCR-RFLP típusok megjelenése a kontroll, valamint a 8,12,13,14 csoportoké az oltott növényeknél. Itt azonban a típusok megjelenésének aránya igen alacsony, 3% alá esett.

Az oltott növényeknél, az AM gombák 85%-a az 1,2 és 7 csoportba, míg a kontroll növényeknél a mikorrhiza gombák 70%-a az 1,2,3 és 5 csoportba tartozott.

Az augusztusi mintavételnél a kezelések AM gomba közösségei 10 eltérő PCR-RFLP csoportot alkottak, de közülük csak három, az 1,5 és 9 típusba tartozók érték el a 10%-os megjelenési szintet (1. B ábra). Augusztusban is megjelentek mindkét kezelésnél kimutatható (1, 5, 9, 10, 18), valamint a júniusi mintavételtől eltérő PCR-RFLP csoportok is. A mikorrhizával oltott növények gyökereiben új (16, 17, 18) csoportok is megfigyelhetők voltak. Az oltóanyag AM gomba közösségének PCR-RFLP képe csak két ribotípus csoportba tartozott, az 1. és 5. csoportba.

Eredmények megvitatása

Mikorrhiza oltóanyagok magyarországi elterjedése elsősorban a kertészeti kultúrákban várható, ahol az egészséges élelmiszerek előállítására iránti igény olyan környezetkímélő mezőgazdasági technológiák alkalmazását kívánja, melyek csökkent mennyiségű műtrágya és növényvédőszer felhasználása mellett is biztosítják a megfelelő mennyiségű és minőségű zöldség és gyümölcs előállítását. Habár a külföldi szakirodalomban egyre több információt találunk az AM gombákkal történő oltás kertészeti technológiákba történő beillesztéséről, Magyarországon igen kevés tudományos megalapozottságú vizsgálat ismert. A Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézetének szakmai irányításával több kísérletet állítottunk be, melyek célja volt arbuskuláris mikorrhizagomba oltóanyagok különböző növényekre gyakorolt hatásának tesztelése. Jelen munkánkban két fűszerpaprika (*Capsicum annuum* L. var. longum cv. Szegedi és *Capsicum annuum* L. var. longum cv. Kalocsai) oltását végeztük el normál szántóföldi termesztési módban.

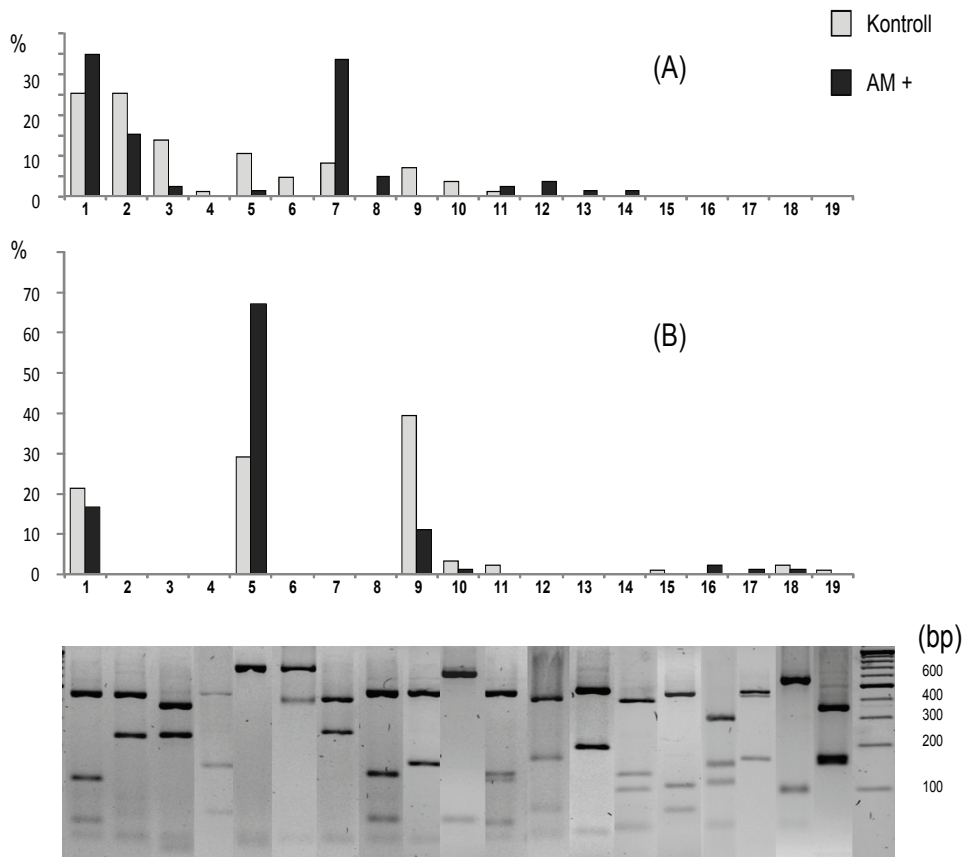
A fűszerpaprika palánta kiültetésekor alkalmazott AM gomba-oltás jelentős változásokat idézett elő az oltott növényeken. A hajtás növekedésére gyakorolt pozitív hatás mellett az oltás a Kalocsai típusnál 10%-os, a Szegedi fajtánál pedig több mint 60%-os terméshozam növekedést eredményezett. Az AM oltás termésnövelő hatását már mások is megfigyelték (KAYA et al. 2009, RUSSO és PERKINS-VEAZIE 2010), de a mikorrhiza oltásnak a hungarikumként elismert fűszerpaprika termesztési technológiájába történő beillesztését és leírását elsőként tettük meg.

1. ábra Szegedi paprika gyökereit kolonizáló mikorrhiza gomba fajok PCR-RFLP csoportjainak százalékos aránya júniusi (A) és augusztusi (B) mintavételi időpontban.

Jelölések: mikorrhiza oltóanyaggal kezelt (AM+), mikorrhiza oltóanyag nélküli kezelés (Kontroll)

Figure 1. Percentage distribution of PCR-RFLP profiles of AM fungi recovered from roots of pepper var. Szegedi collected in June (Fig.1A) and in August (Fig.1B).

Kontroll: roots from plants without inoculation, AM+: roots from plants treated with mycorrhizal inoculant (Symbivit).



A mikorrhiza oltóanyagok használatának nyilvánvaló gazdasági előnyei ellenére az ökológiai következmények, nevezetesen az oltóanyag hatásai a helyi AM gomba közösségre, még nem kellő mértékben ismertek. Egy természetes ökoszisztémában még jelentősebb egy nem honos szervezet bejuttatásával előidézett változások tanulmányozása, de a mezőgazdasági, kertészeti kultúrákban is ismernünk kell az előidézett változásokat. A növények AM oltásra történő reakciója ugyanis számos tényezőtől függ: a talaj karakterisztikájától (GEORGE 2000), az őshonos AM gomba közösségtől (REQUENA et al. 2001), az izolátumoktól (PELLEGRINO et al. 2011), az oltóanyag mennyiségétől és nem utolsósorban

sorban magától a növénytől (ANTUNES et al. 2009) is. A legtöbb tanulmány csupán egy AM gombafajt tartalmazó mikorrhiza oltóanyag hatásait méri fel (ANTUNES et al. 2009, KOCH et al. 2011), csak néhány publikáció szól több fajt tartalmazó készítmény hatásairól (LEKBERG et al. 2007). Ezért a paprika-oltási kísérletben, a Szegedi paprika termésmennyiségében előidézett változást alapul véve, két időpontot választottunk ki a paprika gyökereket kolonizáló AM gombafajok azonosítására. A mintavételek kiválasztásánál a kiindulási illetve a legnagyobb mikorrhiza kapcsolatra utaló magas kolonizációs értékkel jellemezhető időpontot választottuk ki. Az oltott illetve oltás nélküli paprika növények gyökereiből izolált DNS felhasználásával AM gomba specifikus primerpár segítségével végzett PCR reakcióval felszaporítottuk a rDNS kis alegységének megfelelő tartományát, majd restriktions endonukleázzal kivitelezett emésztés után megállapítottuk az AM gomba közösségre jellemző PCR-RFLP profilt.

Eredményeink azt mutatják, hogy az oltóanyag mix használata – mely több, nem bennszülött AM gombát is tartalmaz –, úgy növelte a paprika termésmennyiségét, hogy közben az oltóanyag mikorrhiza tagjai nem idézték elő a helyi AM gomba közösség erőteljes redukcióját. A Symbivit oltóanyag AM gomba összetevőinek PCR-RFLP képének elemzésekor csak két ribotípussal rendelkező mikorrhiza típus jelentkezett, melyeket mind a kontroll, mind a kezelt növények gyökereiben egyaránt kimutattuk.

Az oltóanyag hatott a helyi AM gomba közösségre, de szignifikánsan nem befolyásolta annak összetételét. Mindkét kezeléknél az augusztusi mintákban azonos (1,5 és 9) ribotípusú AM gombák domináltak, ami bizonyítja, hogy ebben a rövid periódusban nem jelent meg valóban agresszív, többet elnyomó izolátum, mint ahogy SCHWARTZ et al. kimutatták (2006).

Tudjuk, hogy a kis mennyiségben jelenlevő AM gombák nem detektálhatók ezzel a technikával, de eredményeink összhangban vannak ANTUNES et al. (2009) eredményeivel, akik kukorica oltását végezték nem őshonos *G. intraradices* gombával. Ettől eltérően KOCH és munkatársai (2011) két *G. intraradices* izolátummal való kezelést követően az őshonos AM gombák közösségének ribotípus csökkenését tapasztalták csakúgy, mint MUMMEY et al. (2009), akik pre-inokulációban használtak AM oltóanyag mixet.

A paprika gyökereket kolonizáló AM gomba közösségben, a kezelések hatására bekövetkező eltérések mellett a vegetációs időszakban bekövetkező változásokat is nyomon tudunk követni a molekuláris eszközök segítségével. Az AM gombák szezonálisitását már más szerzők is leírták, de munkájuk többnyire a spórák mennyiségi meghatározásán alapult (GEMMA és KOSLE 1988). Az augusztusi mintákban a kontroll és oltott növények rizoszférájában kevesebb PCR-RFLP típust találtunk a júniusi mintákkal összehasonlítva, amely néhány AM gomba dominanciáját mutatja a közösségen belül. Ez a változékonyság valószínűleg az abiotikus (tápanyag hozzáférhetőség) és biotikus (gyökér exudátumok, mikrobiológiai tevékenység) környezeti elemeknek egyaránt köszönhető illetve annak a ténynek, hogy a növény szelektál a körülötte levő mikorrhiza gomba fajok között. A kiválasztás alapja a szimbiózis legkedvezőbb energiamérlegének megfelelő, a növény szempontjából legmegfelelőbb mikorrhiza gombák kiválasztása.

Az alkalmazott módszer korlátait is figyelembe véve, az oltóanyag helyi AM gomba közösségre gyakorolt hatásának vizsgálatokor fajra nem, csupán a ribotípusra vonatkozóan tudunk következtetéseket levonni. Ezért további vizsgálatok szükségesek, hogy pontosítsuk az AM közösségben bekövetkező faj-szintű változásokat, valamint hogy megállapítsuk az oltás hosszú távú hatásait a helyi AM gomba közösségre.

Közönetnyilvánítás

Kutatásaink az OTKA K101878, illetve a TÁMOP 4.2.2/B-10/1-2010-011 „A tehetség gondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” c. pályázat támogatásával valósult meg.

Irodalom

- ANTUNES P. M., KOCH A. M., DUNFIELD K. E., HART M. M., DOWNING A., RILLIG M. C., KLIRONOMOS J. N. 2009: Influence of commercial inoculation with *Glomus intraradices* on the structure and functioning of an AM fungal community from an agricultural site. *Plant Soil* 317: 257–266.
- BEDINI S., PELLEGRINO E., AVIO L., PELLEGRINI S., BAZZOFFI P., ARGESI E., GIOVANNETTI M. 2009: Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 1491–1496.
- FITTER A. H., HELGASON T., HODGE A. 2011: Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Fungal Biology Reviews* 2: 68–72.
- GEMMA J. N., KOSKE R. E. 1988: Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and mycorrhizal inoculum potential of a dune soil. *Mycologia* 80: 211–216.
- GEORGE E. 2000: Nutrient uptake. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to plant mineral nutrition. In: *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*. In: KAPULNIK Y., DOUDS D. D. JR. KLUWER (Eds.) pp. 307–343.
- GIOVANNETTI M., MOSSE B. 1980: An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489–500.
- KAYA C., ASHRAF M., SONMEZ O., AYDEMIR S., TUNA A. L., CULLU M. A. 2009: The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae* 121: 1–6.
- KOCH A. M., ANTUNES P.M., BARTO E. K., CIPOLLINI D., MUMMEY D. L., KLIRONOMOS J. N. 2011: The effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal and garlic mustard introductions on native AM fungal diversity. *Biological Invasions* 13: 1627–1639.
- LEKBERG Y., KOIDE R. T., ROHR J.R., ALDRICHWOLFE L., MORTON J.B. 2007: Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Journal of Ecology* 95: 95–105.
- MUMMEY D. L., ANTUNES P. M., RILLIG M. C. 2009: Arbuscular mycorrhizal fungi pre-inoculant identity determines community composition in roots. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 1173–1179.
- PELLEGRINO E., BEDINI S., AVIO L., BONARI E., GIOVANNETTI M. 2011: Field inoculation effectiveness of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi in a Mediterranean agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry* 43: 367–376.
- POZO M.J., AZCÓN-AGUILAR C. 2007: Unravelling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 393–398.
- REQUENA N., PEREZ-SOLIS E., AZCÓN-AGUILAR C., JEFFRIES P., BAREAL J. M. 2001: Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 495–498.
- RUSSO V.M., PERKINS-VEAZIE P. 2010: Yield and nutrient content of bell pepper pods from plants developed from seedlings inoculated, or not, with microorganisms. *Hort Science* 45: 352–358.
- RINAUDO V., BARBERI P., GIOVANNETTI M., VAN DER HELDEN M.G.A. 2010: Mycorrhizal fungi suppress aggressive agricultural weeds. *Plant and Soil* 333: 7–20.
- SAITO K., SUYAMA Y., SATO S., SUGAWARA K. 2004: Defoliation effects on the community structure of arbuscular mycorrhizal fungi based on 18S rDNA sequences. *Mycorrhiza* 14: 363–373.
- SCHWARTZ M. W., HOEKSEMA J. D., GEHRING C. A., JOHNSON N. C., KLIRONOMOS J. N., ABBOTT L. K., PRINGLE A. 2006: The promise and the potential consequences of the global transport of mycorrhizal fungal inoculum. *Ecology Letters* 9: 501–515.
- VESTERGARD M., HENRY F., RANGEL-CASTRO J. I., MICHELSEN A., PROSSER J. I., CHRISTENSEN S. 2008: Rhizosphere bacterial community composition responds to arbuscular mycorrhiza, but not to reductions in microbial activity induced by foliar cutting. *FEMS Microbiology Ecology* 64: 78–89.
- VIERHEILIG H., COUGHLAN A.P., WYSS U., PICHE Y. 1998: Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 5004–5007.

EFFECTS OF MYCORRHIZAL INOCULANTS ON CULTIVATION OF TWO SPICE PEPPER TYPES AND LOCAL ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGAL COMMUNITY

I. HERNÁDI, F. MAGURNO, Z. SASVÁRI, K. POSTA

Szent István University, Plant Protection Institute, Microbiology and Environmental Toxicology Group,
H-2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
e-mail: posta.katalin@mkk.szie.hu

Keywords: pepper, arbuscular mycorrhiza, diversity, PCR-RFLP

Plants in most of the major plant families form symbiotic associations between their roots and mycorrhizal fungi in nature. One type of mycorrhizal association, the arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis, can contribute significantly to plant nutrition by promoting the uptake of phosphorus, nitrogen, resulting in improved plant growth and health. Colonization by AM may also improve rooting and plant establishment and enhance plant tolerance to biotic and abiotic stress. Though the majority of horticultural crops are mycorrhiza-dependent, the role of arbuscular mycorrhizal inoculation in plant production has been neglected in high-input agriculture.

Field application of commercial inoculum mix of *Glomus* spp. was tested in two types of spice pepper (*Capsicum annum* L. var. *longum*), cv. Szegedi and cv. Kalocsai cultivation. With polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP), differences in small subunit ribosomal RNA genes were used to characterize groups of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with respect to effects of mycorrhizal inoculation on indigenous AMF population. However, due to limitations of the applied technique, we couldn't draw conclusions about the change at species level, but only at ribotypes level.

The AMF inoculant was able to establish in the rhizosphere of both pepper types. According to the Tukey test, mycorrhizal inoculation significantly increased fresh weight of shoots of both variants and highly significantly enhanced dry weights of shoots of spice pepper var. Szegedi. Treated plants exhibited an increase in cumulative crop production compared to controls, mycorrhizal inoculation increased yield of spice pepper var. Szegedi by more than 60% compared to the non-treated control plants. Having relatively high root colonization in the control, non-inoculated treatment indicated high presence of indigenous populations of AMF in the field soil. The effect of seasonality, as a change in the fungal community colonizing the roots of pepper, was also detected using molecular tools. Although the inoculation affected structure of resident AM fungal community, there was no remarkable decrease in AMF species diversity and apparently no deleterious effects connected with aggressiveness as regards native populations of the AMF. However, further research is needed to specify the shift in AMF community and to consider long-term effects of inoculation on maintenance of diversity of the AMF community.

