

## نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مدیریت بیماری‌های گیاهی

مهدی صدروی\*

دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه یاسوج، یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۱

صدروی، م. ۱۳۹۰. نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مدیریت بیماری‌های گیاهی. دانش بیماری‌شناسی گیاهی

(۱۱): ۱-۱۳.

### چکیده

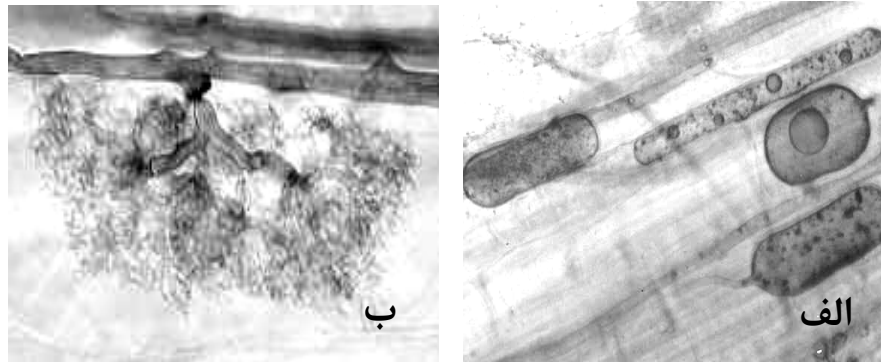
قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، همزیست ریشه ۸۰٪ گیاهان، از جمله اغلب گیاهان زراعی و درختان میوه هستند. آن‌ها ضمن استقرار درون بافت ریشه و تولید آربوسکول درون سلول‌های پوست داخلی آن، شبکه ظریف ریشه‌های خارج ریشه‌ای نیز تولید می‌کنند. این قارچ‌ها با افزایش جذب آب و عناصر غذایی برای گیاهان، تغییر در مواد شیمیایی بافت‌های گیاهی، رقابت با بیمارگرها برای محل استقرار و مواد غذایی، تغییر در ساختار ریشه، کاستن از تنش‌های محیطی و افزایش جمعیت باکتری‌های مفید خاک به مدیریت بیماری‌های قارچی، شبه قارچی، نامادی، باکتریایی، فیتوپلاسمایی و فیزیولوژیک گیاهان کمک می‌نمایند. جمع‌آوری، شناسایی، خالص‌سازی، تکثیر و تلقیح این قارچ‌ها به گیاهان می‌تواند مصرف کودها و سموم شیمیایی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: آربوسکول، بیماری، قارچ، نماتد، همزیستی

\* پست الکترونیک: msadravi@mail.yu.ac.ir

## مقدمه

همزیستی قارچ‌ها با ریشه گیاهان را میکوریزا (Mycorrhiza) می‌گویند، از بین قارچ‌های همزیست ریشه، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (Arbuscular mycorrhizal fungi)، اعضای شاخه گلوومرومیکوتا (*Glomeromycota* C. Walker & Schuessler) از سلسله قارچ‌ها، همزیست ریشه ۸۰٪ گیاهان، از جمله غلات (گندم، جو، برنج، ذرت، ذرت خوشه‌ای)، حبوبات (انواع لوبیا و نخود، باقلا، بونجه، انواع شبدر)، درختان میوه دانه‌دار (سیب، گلابی، به)، درختان میوه هسته‌دار (هلو، شلیل، گیلاس، آلبالو، آلو)، مرکبات (پرتغال، نارنگی، لیموترش، لیموشیرین، گریپ‌فروت)، سبزی‌ها (نعناع، پیاز، تره فرنگی، گوجه فرنگی)، صیفی‌جات، انواع رز، گیاهان پیازی (لاله)، درختان جنگلی و سایه‌دار (کاج، سرو، افرا، نارون)، گیاهان معطر و دارویی هستند (Gosling *et al.*, 2006). ریشه این قارچ‌ها که با اکثر گیاهان مناطق حاره، مرتفع و سرد، مرطوب و خشک همزیستی دارند، مستقیماً به دیواره ریشه‌های موبین یا ریشه‌های جانبی نفوذ کرده و در بین سلول‌های اپیدرمی رشد می‌کند، در لایه‌های بیرونی پوست ریشه ممکن است تولید حلقه‌هایی در درون اولین سلول‌های پوست ریشه بنماید. اغلب این قارچ‌ها در بین سلول‌های پارانشیم پوست ریشه، تولید حباب‌هایی (Vesicles) بیضی یا تخم مرغی شکل، با دیواره نازک در میان و یا انتهای ریشه می‌نمایند (شکل ۱ الف). نظر به این‌که این حباب‌ها سرشار از چربی هستند و در ریشه‌های مسن نیز تعدادشان افزایش می‌یابد، آن‌ها را به عنوان منبع ذخیره غذا و انرژی قارچ و پایداری آن پس از مرگ گیاه در خاک می‌دانند. بدین ترتیب قارچ می‌تواند، در صورتی که ریشه‌ها از خاک خارج نگردند، برای مدت‌های طولانی در بافت آن‌ها زنده باقی بماند. تمامی این قارچ‌ها، درون سلول‌های پوست داخلی (Endodermis) ریشه، تولید ساختار درختچه‌مانندی به نام آربوسکول (Arbuscule) در بین دیواره و غشای پلاسمایی سلول می‌نمایند (شکل ۱ ب)، که با هسته‌های فراوان، ذرات گلیکوژن، گوی‌های چربی و واکوئل‌های کوچک تیره رنگ خود، محل اصلی تبادل مواد بین قارچ و گیاه است. قارچ پس از استقرار در بافت ریشه، در سطح ریشه گیاه همزیست تولید شبکه ظریف و نامحسوسی از ریشه‌های بدون بند خارج ریشه‌ای می‌کند و ضمن جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آنها به درون بافت ریشه و آربوسکول‌ها، در نوک انشعاب‌های آن هاگ‌ها زاده می‌شوند، که پس از رها شدن از ریشه مادری و جوانه‌زدن، با سایر قسمت‌های ریشه همان گیاه و یا گیاهان مجاور رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. هاگ‌ها عامل بقای بعضی از این قارچ‌ها در خاک پس از برداشت گیاه همزیست هستند. این همزیستی همراه با نفع دو طرفه است، بدین معنی که قارچ به کمک شبکه



شکل ۱- اندامک‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در بافت ریشه، الف - حباب‌ها در بین سلول‌های پارانشیمی پوست ریشه، ب- آربوسکول درون سلول پوست داخلی ریشه (<http://mycorrhizas.info/resource.html>).

ریسه‌های خارج ریشه‌ای خود آب و عناصر غذایی را جذب کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و گیاه نیز کربوهیدرات‌های مورد نیاز قارچ را تامین می‌کند (Smith & Read, 2008). همزیستی با این قارچ‌ها اثرات مثبتی بر بیوشیمی و فیزیولوژی گیاه همزیست می‌گذارد و غلظت مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، ترشحات ریشه و دیگر مواد شیمیایی در بافت‌های گیاه تغییر می‌کند، میزان فتوسنتز و تبادل فرآورده‌های آن بین ریشه و ساقه، مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی، عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد، رشد و محصول گیاه افزایش می‌یابد (Pfleger & Linderman, 1994). از آنجا که تعداد زیادی از این قارچ‌ها از ایران گزارش شده‌اند (مهرآوران و میناسیان، ۱۳۶۲؛ رکنی و همکاران، ۱۳۸۵؛ زنگنه و همکاران، ۱۳۸۴؛ صدروی، ۱۳۸۱، ۱۳۸۳، ۱۳۸۶؛ صدروی و همکاران، ۱۳۷۸)، نقش آن‌ها در مدیریت بیماری‌های گیاهی شرح داده می‌شود.

#### ۱- تاثیر بر بیماری‌های قارچی و شبه قارچی

همزیستی قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schussler با ریشه چند رقم جو، در محیط کشت بافت، باعث محافظت معنی‌دار آن‌ها در برابر آلودگی به قارچ بیماری‌زای *Gaeumanomyces graminis* (Sacc.) von Arex & Olivier var. *tritici* Walker شده است (Castellanos-Morales *et al.*, 2011).

همزیستی قارچ *Glomus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm. با ریشه نخود باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، رشد، وزن خشک ساقه، تعداد غلاف، تعداد گره در ریشه، میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر و کاهش پوسیدگی ریشه ناشی از قارچ *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich شده است (Akhtar & Sedighi, 2010).

تلقیح مایه مخلوط چند قارچ میکوریز آربوسکولار به ریشه خیار در گلخانه باعث افزایش رشد آن و کنترل بیماری پژمردگی آوندی ناشی از قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* J. H. Owen گردیده است (Hu et al., 2010).

کاربرد تیمارهای تلقیح مایه مخلوط ۲ قارچ میکوریز آربوسکولار، باکتری *Pseudomonas fluorescens* 1895 Migula (Flugge 1886)، به تنهایی و یا ترکیب مایه قارچ‌ها و باکتری به ریشه لوبیای فرانسوی (*Phaseolus vulgaris* L. برای کنترل بیماری پوسیدگی ریشه، ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* J. G. Kuhn، نشان داده که تیمار ترکیب مایه قارچ‌ها و باکتری باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی ریشه و افزایش رشد و محصول می‌گردد (Neeraj, 2011).

تلقیح مایه مخلوط ۲ قارچ میکوریز آربوسکولار *F. mosseae* و *G. intraradices* به ریشه توت فرنگی باعث حفاظت و کنترل معنی‌دار آن در برابر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی، ناشی از قارچ *Verticillium dahliae* Klebahn گردیده است، به طوری که در بوته‌های تلقیح نشده با این قارچ‌ها، محصول به میزان ۶۰٪ در اثر قارچ بیمارگر کاهش یافته است (Tahmatsidou et al., 2006).

مایه قارچ میکوریز آربوسکولار *G. intraradices* Rifai، *Trichoderma harzianum* و باکتری *P. fluorescens*، به تنهایی و یا مخلوط با هم، به گوجه فرنگی، در شرایط گلخانه و نیز مزرعه برای مبارزه با بیماری پژمردگی فوزاریومی ریشه، ناشی از قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder & H. N. Hansen، تلقیح شدند. نتایج نشان داده، هرچند که هر یک از این عوامل به تنهایی باعث کاهش معنی‌دار میزان و شدت بیماری می‌گردند، ولی بهترین تاثیر متعلق به مخلوط مایه این قارچ‌ها و باکتری است، به طوری که این تیمار باعث کاهش ۷۴ درصدی میزان و شدت بیماری و افزایش ۲۰ درصدی محصول گردید. همچنین اضافه کردن

کمپوست فضولات گاو به تیمارها، باعث شد که در تیمار مخلوط مایه قارچ ها و باکتری با این کمپوست، میزان بیماری در گلخانه و مزرعه به ترتیب ۸۱ و ۷۴ درصد کاهش یابد و میزان محصول ۳۱ درصد افزایش یابد ( Srivastava et al., 2009).

تلقیح خیار با قارچ میکوریز آربوسکولار *F. mosseae* و قارچ‌های *Penicillium simplicissimum* Thom (Oudem.) و *T. harzianum*، به تنهایی و یا مخلوط با یکدیگر، برای مبارزه با بیماری مرگ گیاهچه ناشی از قارچ *R. solani* نشان داده که هرچند که هر یک از این قارچ‌ها می‌توانند باعث کاهش بیماری گردند ولی بهترین تاثیر را تیمار مایه مخلوط *T. harzianum* + *F. mosseae* داشته است (Chandanie et al., 2009).

تلقیح ریشه نخودفرنگی با قارچ میکوریز آربوسکولار *G. intraradices*، باعث افزایش فسفر موجود در بافت‌های گیاه و کاهش معنی‌دار شدت بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از قارچ *Aphanomyces euteiches* Drechsler گردیده است (Bodker et al., 1998).

تلقیح ریشه نهال‌های ۳ رقم مرکبات با مایه ۲ قارچ میکوریز آربوسکولار *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe و *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler برای کنترل بیماری پوسیدگی ریشه، ناشی از شبه قارچ *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan نشان داده، که ضمن اینکه مرگ سرشاخه‌ها در اثر این همزیستی به میزان معنی‌داری کاهش می‌یابد، میزان فسفر موجود در برگ‌ها افزایش می‌یابد (Watanarajanaporn et al., 2011).

## ۲- تاثیر بر بیماری‌های نامادی

مروری بر ۶۵ مقاله علمی- پژوهشی منتشر شده در طی ۲۰ سال گذشته در مورد تاثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر نماتدهای انگل ریشه گیاهان نشان داده است که از بین قارچ‌های میکوریز آربوسکولار *G. intraradices*، *C. etunicatum* و *F. mosseae* توانایی کاهش خسارت نماتدهای مولد غده ریشه (*Meloidogyne* spp.) و *Tylenchorhynchus* spp. را دارند (Gera Hol & Cook, 2005). نهال‌های گیلاس همزیست با قارچ *G. intraradices* مقاومت بیشتری در برابر نماتد *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen خود نشان داده و وزن تر و قطر ساقه آن‌ها به میزان معنی‌داری بیشتر از نهال‌های غیر میکوریز بوده است

( Pinochet et al., 1995 ). نهال‌های سیب همزیست با قارچ *F. mosseae* مقاومت بیشتری در برابر نماتد *P. vulnus* از خود نشان داده و وزن تر ریشه و طول شاخه‌های آن‌ها به میزان معنی‌داری بیشتر از نهال‌های غیر میکوریز بوده است (Pinochet et al., 1993). همزیستی قارچ *F. mosseae* با ریشه مرکبات باعث حفاظت ریشه‌ها در برابر نماتد *Radopholus similis* Cobb و کاهش ۵۰ درصدی جمعیت نماتد گردیده است (Elsen et al., 2001). تلقیح ریشه نشاهای گوجه‌فرنگی با قارچ *Funneliformis coronatus* (Giovann.) C. Walker & A. Schüssler ضمن تحریک رشد گیاه، آلودگی آن‌ها به نماتد مولد غده ریشه *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood را نیز به میزان معنی‌داری کاهش داد (Diedhiou et al., 2003).

### ۳- تاثیر بر بیماری باکتریایی

بوته‌های گوجه‌فرنگی کلنیزه شده با یک قارچ میکوریز آربوسکولار که بعد از ۳ هفته توسط باکتری مولد پژمردگی *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 تلقیح شدند رشد بیشتری نسبت به بوته‌های غیرمیکوریزی نشان داده‌اند و جمعیت باکتری هم در آن‌ها کمتر بوده است (Grcia-Garrido & Ocampo, 1989).

### ۴- تاثیر بر بیماری فیتوپلاسمایی

تلقیح ریشه توتون با یک قارچ میکوریز آربوسکولار، برای بررسی تاثیر آن بر بیماری فیتوپلاسمایی زردی مینا (Aster yellow) نشان داده که این همزیستی باعث افزایش معنی دار طول ریشه و میزان فتوسنتز بوته‌های بیمار، دارای قارچ همزیست می‌شود (Kaminska et al., 2010).

### ۵- تاثیر بر بیماری‌های فیزیولوژیک

گیاهان همواره در معرض شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی، شوری و سمیت خاک قرار دارند، که باعث بروز بیماری‌های فیزیولوژیک در آن‌ها می‌شود. قهوه یکی از گیاهان حساس به خشکی و شوری آب و خاک است، که این عوامل باعث ناهنجاری‌های فیزیولوژیک، مخصوصاً در نهال‌های آن می‌گردند. تلقیح ریشه نهال‌های قهوه با قارچ میکوریز آربوسکولار از جنس *Glomus* باعث افزایش مقاومت آن‌ها به خشکی و شوری آب و خاک شده است

(Andrade et al., 2009). تلقیح ریشه نشاهای گوجه فرنگی با قارچ میکوریز آربوسکولار *F. mosseae*، در آزمایشی گلخانه‌ای، باعث افزایش معنی‌دار رشد و محصول آن‌ها در خاک شور در مقایسه با بوته‌های تلقیح نشده گردیده است (Zhong Qun et al., 2007). نهال‌های درخت کافور تلقیح شده با یک قارچ میکوریز آربوسکولار، میزان کلروفیل و فتوسنتز بیشتری در مقایسه با نهال‌های بدون قارچ همزیست در خاک آلوده به مقادیر کم و متوسط یون آلومینیوم  $Al^{3+}$  داشته‌اند (Ming & Zhang-Cheng, 2008).

#### ۶- نحوه اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار

این قارچ‌ها معمولاً به وسیله یک یا چند نحوه زیر باعث مهار زیستی بیمارگرها می‌شوند.

#### ۶-۱- افزایش جذب آب و عناصر غذایی

این قارچ‌ها باعث افزایش جذب و انتقال آب به درون ریشه گیاهان همزیست می‌گردند و این در اثر افزایش سطح جذب ریشه به دلیل ایجاد پوشش میسیلیومی در منطقه تارهای کشنده است. همچنین نفوذ و گسترش ریشه آن‌ها تا پوست داخلی ریشه یک مسیر مناسب در عرض ریشه برای حرکت آب و رسیدن آن به آوندهای چوبی فراهم می‌آورد. این قارچ‌ها همچنین رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک سیستم گسترده از ریشه را برای جذب آب فراهم می‌شود. این قارچ‌ها عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، گوگرد، مس، نیکل و روی را از خاک جذب کرده و به گیاه منتقل می‌کنند، ولی مهم‌ترین فایده آن‌ها برای گیاهان، افزایش جذب عناصر غذایی نامتحرک در خاک، به ویژه فسفر و روی، برای گیاهان با ترشح آنزیم‌هایی مانند فسفاتاز است. افزایش جذب فسفر، که در رشد و نمو گیاهان نقش کلیدی دارد، توسط این قارچ‌ها برای گیاهان منجر به افزایش سرعت رشد و عبور سریع‌تر گیاه از مرحله حساس جوانی و قدرت تکثیر بیشتر سلول‌ها و ترمیم بافت‌های آسیب دیده از بیمارگرها می‌شود، به طوری که دیده شده است که همزیستی گندم و یا پنبه با این قارچ‌ها و یا افزودن کود فسفره به این گیاهان باعث کاهش خسارت بیماری‌های پاخوره در گندم و پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه می‌گردد، که این حالت نشان دهنده نحوه اثر این قارچ‌ها از طریق افزایش جذب فسفر برای این گیاهان است (Pfleger & Linderman, 1994).

### ۲-۶- تغییر در مواد شیمیایی بافت‌های گیاهی

در ریشه‌های کلنیزه شده توسط یک قارچ میکوریز آربوسکولار، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و تره‌فرنگی (*Allium porrum* (L.) J. Gay)، افزایش سطح ارتو دی‌هیدریک فنل (Orto dihydric phenol) که ماده‌ای بازدارنده قوی بیمارگرها است، گزارش شده است (Mahadevan, 1991). افزایش مواد ایزوفلاونوئیدی (Isoflavonoid) شبه فیتوآلکسینی در ریشه‌های میکوریز آربوسکولار سویا، که نسبت به آلودگی به قارچ‌ها و نماتدهای بیمارگر مقاومت نشان داده‌اند، گزارش شده است (Pfleger & Linderman, 1994).

### ۳-۶- رقابت با بیمارگرها برای محل استقرار و مواد غذایی

از آنجا که نماتدهای انگل گیاهان اغلب به ریشه‌ها حمله می‌کنند و برای رشد و تولیدمثل، نیاز به مواد غذایی تولید شده توسط گیاهان دارند و در این زمینه به طور مستقیم با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار رقابت می‌کنند، بنابراین استقرار زودتر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مانع از استقرار نماتدها و بدست آوردن مواد غذایی توسط آن‌ها می‌گردد (Gera Hol & Cook, 2005).

### ۴-۶- تغییر ساختار ریشه‌ها

افزایش لیگنینی شدن در سلول‌های ریشه‌های میکوریزی خیار و گوجه‌فرنگی مشاهده شده است، که همین حالت را عامل اصلی مقاومت آن‌ها به پژمردگی فوزاریومی آوندی دانسته‌اند (Pfleger & Linderman, 1994).

### ۵-۶- کاستن از تنش‌های محیطی

تنش‌های محیطی باعث افزایش حساسیت گیاهان نسبت به عوامل بیماری‌زا می‌شوند. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با افزایش سطح جذب و نفوذپذیری انتخابی ریشه‌ها و نیز ترشح آنزیم‌هایی مانند فسفاتاز، به جذب بیشتر آب و عناصر غذایی برای گیاهان کمک کرده و بدین ترتیب آن‌ها مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، کمبود عناصر غذایی، وجود عناصر سمی در خاک و بیمارگرها می‌یابند (Pfleger & Linderman, 1994).



## ۶-۶- افزایش جمعیت باکتری‌های مفید خاک

ریشه‌های میکوریزی تراوشات غنی تری دارند و ریشه‌های خارج ریشه‌ای این قارچ‌ها نیز بستر مناسبی برای رشد بعضی باکتری‌ها است، همچنین ریشه‌های خارج ریشه‌ای این قارچ‌ها باعث چسبیدن ذرات ریز خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها، که باعث بهبود جریان هوا در خاک، که برای رشد و تکثیر باکتری‌های خاک ضروری است، می‌گردد، بنابراین در ریزوسفر این گیاهان جمعیت باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاهان (Plant Growth Promoting Rhizobacter = PGPR)، باکتری‌های تثبیت کننده ازت و تعدادی از باکتری‌های گرم مثبت که توانایی بازدارندگی از رشد بیمارگرها را دارند، بیشتر است، به طوری که افزایش جمعیت این باکتری‌های مفید را عامل کمک کننده به کاهش جمعیت بیمارگرهایی از جنس فوزاریوم و یا فیتوفترا دانسته‌اند (Tarkka & Frey-Klett, 2008).

## ۷- نتیجه

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توانند باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی برای گیاهان، مقاومت به بیمارگرها، بیماری‌های فیزیولوژیک و بهبود ساختمان خاک گردند، بنابراین جمع‌آوری، شناسایی، خالص‌سازی، تکثیر و تلقیح آن‌ها به گیاهان می‌تواند مصرف کودها و سموم شیمیایی را که خطرات بسیاری برای مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی و باغی و محیط زیست دارند، کاهش دهد. به هنگام استفاده از این قارچ‌ها باید به این نکات توجه داشت: الف- کارآمد بودن قارچ میکوریز آربوسکولار مورد استفاده، ب- کافی بودن میزان مایه تلقیح این قارچ‌ها، ج- مناسب بودن ژنوتیپ گیاه همزیست، این قارچ‌ها علی‌رغم این‌که میزبان اختصاصی ندارند، ولی از نظر استقرار در بافت ریشه و تکثیر در آن بین ارقام مختلف یک گیاه ممکن است تفاوت وجود داشته باشد، که این حالت در کارآیی آن‌ها تاثیر می‌گذارد، د- تلقیح و استقرار آن‌ها قبل از حمله بیمارگرها، ه- مناسب بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط محیطی برای حداکثر کارآیی و بازدارندگی آن‌ها از بیمارگرها. همچنین برای پایداری و بقای این قارچ‌ها، که همزیست اجباری ریشه گیاهان هستند، بعد از برداشت محصول باید به اجرای عملیات زراعی با حداقل خاکورزی (Tillage)، تا ریشه‌های گیاهان همزیست، که این قارچ‌ها در آن مستقر هستند، از خاک خارج نگردند و نیز برقراری تناوب زراعی با گیاهان همزیست مناسب مانند غلات و حبوبات، جمعیت آن‌ها در خاک افزایش یابد و

به‌این ترتیب ضمن افزایش کارایی آن‌ها، توان بازدارندگی آن‌ها از بیمارگرها نیز پایدار بماند (Gosling et al., 2006 ، Koltai, 2010 ، صدری، ۱۳۸۵).

## منابع

- رکنی، ن.، محمدی گل‌تپه، ا. و علیزاده، ع. ۱۳۸۵. معرفی یک گونه قارچ میکوریز آربوسکولار از مزارع نیشکر خوزستان جدید برای ایران. رستنی‌ها ۷: ۲۲۲-۲۱۸.
- زنگنه، س.، شیروانی، ع. ب.، محمد علیان، ی.، نجفی‌نیا، م.، کرم‌پور، ف. و قلعه‌دزدانی، ح. ۱۳۸۴. معرفی گونه‌های جدیدی از قارچ‌های آربوسکولار- میکوریزا از ریزوسفر مرکبات در ایران. رستنی‌ها ۶: ۸۹-۷۷.
- صدری، م. ۱۳۸۱. معرفی پنج گونه گلوموس از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ایران. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۹: ۳۰-۱۵.
- صدری، م. ۱۳۸۳. معرفی هفت قارچ جدید برای ایران. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱: ۷۷-۷۱.
- صدری، م. ۱۳۸۵. اثر تناوب زراعی بر جمعیت قارچ‌های همزیست ریشه گندم. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳: ۹۸-۹۰.
- صدری، م. ۱۳۸۶. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مزارع گندم در استان گلستان. رستنی‌ها ۷: ۱۴۰-۱۲۹.
- صدری، م.، محمدی گل‌تپه، ا.، باشکوفسکی، ی.، میناسیان، و. و علیزاده، ع. ۱۳۷۸. معرفی چهار گونه قارچ میکوریز و سیکولار- آربوسکولار ایران. نهال و بذر ۱۵: ۲۴-۹.
- مهرآوران، ح. و میناسیان، و. ۱۳۶۲. بررسی قارچ‌های میکوریز مرکبات در ایران. خلاصه مقالات هفتمین کنگره گیاهپزشکی ایران، کرج، ایران، ص ۹۱.
- Akhtar, M. S. & Siddiqui, Z. A. 2010. Effect of AM fungi on the plant growth and root-rot disease of chickpea. *American –Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 8: 544-549.

- Andrade, S. A. L., Mazzafera, P., Schiavinato, M.A. & Silveira, A. P. D. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science* 147: 105–115.
- Bodker, L., Kjoller, R. & Rosendahl, S. 1998. Effect of phosphate and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on disease severity of root rot of peas (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. *Mycorrhiza* 8 : 169–174.
- Castellanos-Morales, V., Keiser, C., Cárdenas-Navarro, R., Grausgruber, H., Glauning, J., García-Garrido, J. M., Steinkellner, S., Sampedro, I., Hage-Ahmed, K., Illana, A., Ocampo, J. A. & Vierheilig, H. 2011. The bioprotective effect of AM root colonization against the soil-borne fungal pathogen *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* in barley depends on the barley variety. *Soil Biology & Biochemistry* 43: 831-834.
- Chandanie, W.A., Kubota, M. & Hyakumachi, M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth-promoting fungi and their significance for enhancing plant growth and suppressing damping-off of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Applied Soil Ecology* 41: 336–341.
- Diedhiou, P. M., Hallmann, J. & Oerke, E.C. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and a non-pathogenic *Fusarium oxysporum* on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. *Mycorrhiza* 13: 199-204.
- Elsen, A., Declercq, S. & de Waele, D. 2001. Effects of *Glomus intraradices* on the reproduction of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) in dioxenic culture. *Mycorrhiza* 11: 49-51.
- Gera Hol, W. H. & Cook, R. 2005. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi-nematode interactions. *Basic and Applied Ecology* 6: 489-503.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G. Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 17–35.
- García-Garrido, J. M. & Ocampo, J. A. 1989. Effect of VA mycorrhizal infection of tomato on damage caused by *Pseudomonas syringae*. *Soil Biology & Biochemistry* 21: 165-167.

- 
- Hu, J. L., Lin, X. G., Wang, J. H., Shen, W. S., Wu, S., Peng, S. P. & Mao, T. T. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation enhances suppression of cucumber *Fusarium* wilt in greenhouse soils. *Pedosphere* 20: 586–593.
- Kaminska, M., Klamkowski, K., Berniak, H. & Treder, W. 2010. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on aster yellows phytoplasma-infected tobacco plants. *Scientia Horticulturae* 125: 500-503.
- Koltai, H. 2010. Mycorrhiza in floriculture: difficulties and opportunities. *Symbiosis* 52:55–63.
- Mahadevan, A. 1991. Post Infectional Defence Mechanisms in Plants. Today and Tomorrows Publishers, New Delhi, 871 p.
- Miller, S.P. 2000. Arbuscular mycorrhizal colonization of semi-aquatic grasses along a wide hydrologic gradient. *New Phytologist* 145: 145-155.
- Ming, Y. & Zhang-cheng, Z. 2008. Effects of aluminum stress on photosynthesis of *Cinnamomum camphora* seedlings inoculated with AMF. *Xibei Zhiwu Xuebao* 28:1816-1822.
- Neeraj, K. S. 2011. Organic amendments to soil inoculated arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* treatments reduce the development of root-rot disease and enhance the yield of *Phaseolus vulgaris* L. *European Journal of Soil Biology* 47: 288-295.
- Pinochet, J., Calvet, C., Camprubi, A. & Fernandez, C. 1995. Interaction between the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal association of *Glomus intraradices* and Santa Lucia 64 cherry rootstock. *Plant & Soil* 170: 323-329.
- Pinochet, J., Camprubi, A. & Calvet, C. 1993. Effects of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the growth of EMLA-26 apple rootstock. *Mycorrhiza* 4: 79-83.
- Pfleger, F. L. & Linderman, R. G. 1994. Mycorrhizae and Plant Health. APS Press, St. Paul, MN, USA, 85p.
- Smith, S. E. & Read, D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3<sup>rd</sup> ed. Elsevier, UK, 815p.

- 
- Srivastava, R., Khalid, A., Singh, U. S. & Sharma, A. K. 2009. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological Control* 53:24–31.
- Tahmatsidou, V., O’Sullivan, J., Cassells, A. C., Voyiatzis, D. & Paroussi, G. 2006. Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of Verticillium wilt of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. *Selva*). *Applied Soil Ecology* 32: 316–324.
- Tarkka, M. T. & Frey-Klett, P. 2008. Mycorrhiza helper bacteria. Pp. 113-134, *In*: A.Varma (ed.). Mycorrhiza, State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Watanarajanaporna, N., Boonkerda, N., Wongkaewb, S., Prommanop, P. & Teaumroong, N. 2011. Selection of arbuscular mycorrhizal fungi for citrus growth promotion and *Phytophthora* suppression. *Scientia Horticulturae* 128: 423–433.
- Zhong Qun, H., Chao Xing, H., Zhi Bin, Z., Zhi Rong, Z. & Huai Song, W. 2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* 59: 128-133.