روش‌های تولید انبوه مایه قارچ‌های همزیست درون ریشه

مهدی صدروی✉ و فرزانه طلایی

دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیماری‌شناسی‌گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵

صدروی م. و طلایی ف. ۱۳۹۳. روش‌های تولید انبوه مایه قارچ‌های همزیست درون ریشه. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۴(۱):۲۲-۱۳.

چکیده

قارچ‌های همزیست درون ریشه یا آربوسکول‌دار، نقش مهمی در زندگی اکثر گیاهان زراعی، باغی، سبزی، صیفی و زینتی دارند. آن‌ها باعث افزایش جذب عناصر غذایی، مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرهای خاکزاد و محصول می‌شوند. از آنجا که این قارچ‌های مفید همزیست اجباری ریشه هستند، تکثیر و تولید انبوه مایه آن‌ها تنها روی بافت‌های زنده امکان‌پذیر است. اولین روشی که برای این منظور به کار رفت کشت‌های گلدانی بود، سپس روش‌های آبکشت، هواکشت و سرانجام تکثیر آن‌ها روی ریشه‌های کشت شده روی محیط‌های خاص ابداع شده‌اند. این روش‌ها و عوامل موثر در تکثیر و تولید انبوه مایه این قارچ‌های سودمند شرح داده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آربوسکول، قارچ، کشت بافت ریشه، همزیستی، هواکشت

مقدمه

قارچ‌های همزیست درون ریشه، یا قارچ‌های آربوسکول‌دار، با اکثر گیاهان زراعی، باغی، سبزی، صیفی و زینتی همزیستی اجباری دارند. این همزیستی همراه با نفع دو طرفه است، به این معنی که قارچ به کمک شبکه ریسه‌های خارج ریشه‌ای خود آب و عناصر غذایی مانند فسفر و روی را جذب کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و گیاه نیز کربوهیدرات‌های مورد نیاز قارچ را تامین می‌کند، در نتیجه میزان جذب آب، فتوسنتز، قندها، بعضی لیپیدها و پروتیین‌ها، هورمون‌ها، رشد گیاه، میزان محصول و کیفیت عناصر غذایی موجود در آن، تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و مقاومت گیاه در برابر شوری خاک و آب و بیمارگرهای خاکزاد افزایش می‌یابد (صدروی ۱۳۹۰، Smith & Read 2008). بنابراین توجه

✉ مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: msadravi@yu.ac.ir

روزافزونی به تولید مایه این قارچ‌ها برای افزایش رشد، محصول و سلامت گیاهان و کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی شده است. اما به دلیل همزیست اجباری بودن این قارچ‌ها تولید انبوه و کافی مایه آن‌ها با کیفیت مناسب گران تمام می‌شود و مایه آن‌ها به شکل تجارتی تنها در بعضی کشورهای آسیایی(هند)، اروپایی (بلژیک)، کانادا و ایالات متحده آمریکا برای استفاده به هنگام احداث باغ‌های درختان میوه، احیای مراتع، بیابان‌ها و زمین‌های بایر عرضه شده است. برای تولید مایه این قارچ‌ها معمولا از فراریشه (توده ریشه و خاک همراه آن) گیاهان همزیستی که ریشه افشان و مویین فراوانی دارند (مانند: جو، ذرت و ذرت‌خوشه‌ای) و دارای قارچ‌های آربوسکول‌دار بومی، فعال، متنوع و با فراوانی مناسب باشد، به عنوان منبع مایه اولیه استفاده می‌شود. در صورتی‌که در فراریشه جمع‌آوری شده هاگ‌های سالم زیادی وجود داشته باشد، می‌توان از آن‌ها برای تهیه کشت تک‌گونه و خالص این قارچ‌ها استفاده کرد، در غیر این صورت باید از فراریشه به عنوان مایه اولیه در کشت‌های گلدانی تله استفاده کرد تا شمار هاگ‌ها برای جداسازی و استفاده در مراحل بعدی تکثیر افزایش داد. بدین منظور فراریشه را یا با خاک سترون مناسب مخلوط می‌کنند ویا آن را به صورت یک لایه در زیر سطح خاک قرار می‌دهند و سپس گیاه همزیست مناسب کاشته و پس از ۳ تا ۴ ماه نگهداری در گلخانه، اقدام به جداسازی هاگ‌ها می‌شود و با مطالعه خصوصیات ریختی‌آن‌ها گونه‌ها شناسایی و از هم جدا می‌گردند و هاگ‌های هریک به عنوان مایه اولیه کشت‌های خالص گلدانی بعدی به کار می‌روند. پس از انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای لازم و شناسایی جدایه مناسب و کارآمد یک قارچ، آن را به یکی از این روش‌ها تکثیر نموده ومایه آن را به شکل تجارتی آماده می‌نمایند (Johansson *et al.*2004).

۱-کشت‌های گلدانی

این روش سنتی تولید انبوه مایه این قارچ‌ها بر اساس تکثیر متوالی آن‌ها در کشت‌های گلدانی گیاهان همزیست مناسب در خاک سترون است. اجزای این روش و عوامل موثر در تکثیر بهینه این قارچ‌ها عبارتند از:

۱-۱- نوع قارچ

در این روش اغلب از ۱ یا مجموعه‌ای از چند گونه‌ی شناسایی شده استفاده می‌شود. مایه اولیه می‌تواند هاگ‌های جدا شده به روش الک کردن سوسپانسیون فراریشه در آب و سپس سانتریفیوژ کردن در محلول شکر ۴۰ تا ۶۰ درصد و یا ریشه‌های همزیست شده کشت‌های خالص گلدانی باشد. ریشه‌ها برای اکثر گونه‌های این قارچ‌ها که تولید ریسه‌های خارج ریشه‌ای و

حباب (Vesicle) درون بافت ریشه می‌کنند و هاگ‌ها به تنهایی برای تکثیر گونه‌های *Gigaspora* و *Scutelospora* مناسب هستند. مایه اولیه آماده شده قبل از کاشت گیاه با خاک سترون مخلوط می‌گردد (Klironomos and Hart 2002).

۱-۲-گیاه همزیست

گیاهی باید برای تکثیر این قارچ‌ها استفاده شود که رشد سریع و سازگاری با شرایط محیط رشد داشته باشد و به سهولت توسط این قارچ‌ها کلنیزه شود و مقدار زیادی ریشه در یک دوره نسبتا کوتاه رشد تولید کند.همچنین باید به آفت‌ها و بیماری‌هایی که در مکان تو لید معمول هستند مقاوم باشد. گیاهانی از قبیل ذرت‌خوشه‌ای، ذرت، جو، باهیاگراس، سودان‌گراس، یونجه، شبدر، تره‌فرنگی، پیازچه، بارهنگ کاردی (*Plantago lanceolata* L.) به علت دارا بودن دوره رشد کوتاه، رشد و گسترش سریع ریشه‌ها، برقراری همزیستی با دامنه وسیعی از قارچ‌های آربوسکول‌دار، تحمل به سطوح نسبتا پایین فسفر خاک، حساسیت کم به بیمارگرها و تحمل به دامنه وسیع دما معمولا برای این منظور به کار می‌روند (Gaur & Adholeya 2002).

۱-۳- نوع خاک

برای تکثیر این قارچ‌ها اغلب از خاک سبک (شنی یا مخلوط شنی:رسی به نسبت ۱:۲) که تهویه خوبی دارد و به آسانی با بخار آب سترون می‌شود، استفاده می‌شود. در این نوع خاک‌ها کودهای شیمیایی یا محلول‌های غذایی (محلول هوگلند ۵۰ درصد)، حاوی مقادیر کم نیتروژن(نیتراته)، فسفر (۸ میلی‌گرم در لیتر) و بعضی عناصر ریزمغذی در مراحل اولیه رشد گیاه تا زمان برقراری همزیستی نیز به کار برده می‌شوند. گاهی نیز از پیت، ورمی‌کولیت، پرلیت، برای رقیق کردن خاک‌های غنی از مواد غذایی و کمپوست استفاده می‌شود (Douds *et al.*2006). ثابت شده که کیتین میزان استقرار، رشد و تولید هاگ قارچ در ریشه را افزایش و سلولز کاهش می‌دهد. برای کاشت معمولا از گلدان‌های سفالی، پلاستیکی تیره و یا مقوایی با زهکش مناسب، استفاده می‌شود(Gryndler *et al.*2003).

۱-۴- شرایط محیطی

عواملی مانند شدت نور که فتوسنتز گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و میزان انتقال قندها به ریشه‌ها در برقراری رابطه همزیستی و تولید هاگ این قارچ‌ها اثر می‌گذارند. خصوصیات خاک از قبیل اسیدیته (pH)، ظرفیت تبادل کاتیونی، دما و میزان آب خاک نیز اهمیت زیادی دارند. گیاه همزیست باید به آب کافی دسترسی داشته باشد ولی از آبیاری زیاد که منجر به کمبود

اکسیژن در خاک می‌شود باید پرهیزکرد. خشکی نیز به عنوان عاملی موثر در تولید هاگ اهمیت دارد. کاهش تولید هاگ زمانی که اندازه ذرات خاک زیاد بین ۰/۷۸ تا ۱/۷ میلی‌متر و خاک توانایی کمتری در نگه‌داری آب داشته گزارش شده است (Brundrett *et al.*1996).

۱-۵- دوره رشد گیاه

برای کسب اطمینان از این‌که حداکثر همزیستی بین قارچ با ریشه گیاه برقرار شده و هاگ‌های زاده شده بالغ شده‌اند، بهتر است یک دوره رشد۱۲ تا ۱۴ هفته‌ای در نظر گرفته شود. سپس محیط کشت را با کاهش آبیاری در طی یک هفته و سپس قطع کامل آبیاری در هفته‌ی بعد خشک شود. اندام‌های هوایی خشک شده را جدا کرده و ریشه‌ها به قطعات کوچک (۱ سانتی‌متری) خرد و به خوبی با خاک مخلوط شوند و یا به طور جداگانه به عنوان مایه به کار روند. رطوبت خاک در این زمان باید ۵ درصد و یا کمتر باشد.

۱-۶- نگه‌داری مایه

هر ۲ نوع مایه، قبل از ذخیره‌سازی باید خشک شوند و میزان رطوبت آن‌ها به کمتر از۵ درصد برسد. تا جایی که ممکن است باید خشک کردن مایه هر چه سریعتر انجام گیرد تا رشد ریزجانداران دیگر به حداقل برسد. مایه خام را می‌توان روی یک سطح تمیز و خشک پخش و در معرض جریان هوا با رطوبت نسبی کمتر از ۶۵ درصد قرار داد تا خشک گردد. بهترین شیوه برای خشک کردن ریشه‌ها قرار دادن آن‌ها در آون، در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد است. بهتر است مایه در کیسه‌های پلاستیکی در بسته و در اتاقی خشک با دمای ۲۲ درجه نگه‌داری شود. بدین‌روش می‌توان بیش از ۲ سال مایه را بدون کاهش در بقای آن نگه‌داری کرد. مایه در دمای ۴ درجه بیش از ۴ سال قابل نگه‌داری است.

۱-۷- خوبی‌ها و عیب‌های روش

تکثیر قارچ‌های همزیست درون ریشه به این روش، به دلیل استفاده از خاک و نیاز کمتر به تخصص و هزینه‌های نسبتا پایین بیشتر مورد استفاده است. این روش طبیعی، باعث تولید انبوه مایه تک گونه‌ای یا چند گونه‌ای این قارچ‌ها می‌شود. به طور کلی این روش به عنوان یک روش آسان، با امکان تنظیم بهینه شرایط و کم‌هزینه برای تولید انبوه مایه این قارچ‌ها با تراکم حدود ۸۰ تا ۱۰۰ زادمایه (Propagule) در هر سانتی‌متر مکعب شناخته شده است (فیلدمان و گروتکاس، ۲۰۰۲). تنها عیب این روش

این است که در بعضی موارد نمی‌توان عدم آلودگی مایه تولیدی در محیط گلخانه را به علت حضور آفات یا سایر ریزجانداران کاملا تضمین کرد. استخراج هاگ‌ها معمولا با استفاده از روش الک کردن و سپس سانتریفیوژ در محلول شکر انجام می‌شود. اضافه کردن موادی ماند شن و یا ورمی‌کولیت به خاک به جداسازی هاگ‌های نسبتا تمیز کمک می‌کند(Millner & Kitt 1992).

۲-روش‌های گلخانه‌ای بدون خاک

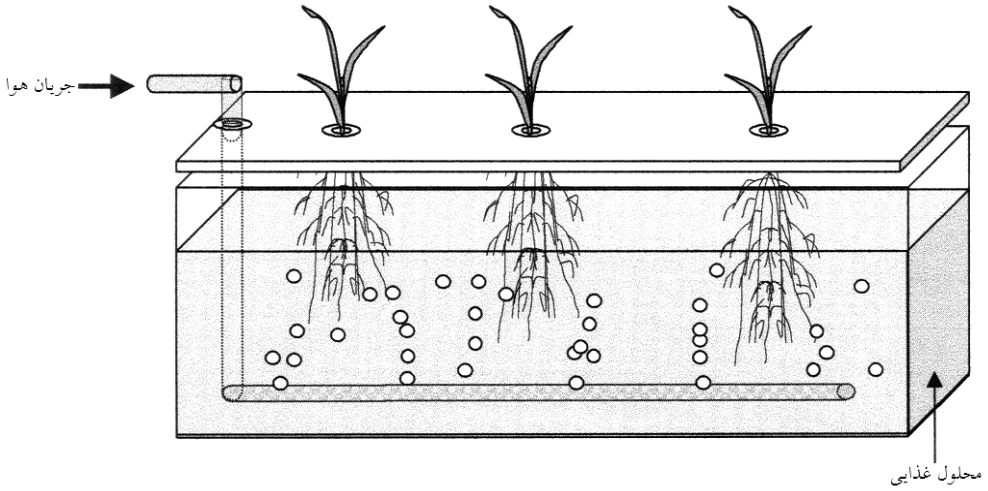
چند روش تکثیر گلخانه‌ای بدون خاک برای این قارچ‌ها نیز به این شرح ابداع شده‌اند:

۲-۱- آبکشت(Hydroponic)

در این روش ریشه‌های همزیست شده با این قارچ‌ها،گیاه‌چه‌های ذرت یا جو درون یک محفظه در جریان محلول غذایی مناسب (مانند هوگلند رقیق شده) با غلظت کم فسفر وازت نیتراته، به مدت ۹ تا ۱۰ هفته قرار داده می‌شود(شکل ۱). در طی این زمان محلول باید به طور دایم هوادهی شود و به طور منظم هر ۳ تا ۴ روز تعویض شود. سپس اندام‌های هوایی گیاه بریده می‌شود و از ریشه‌ها به عنوان مایه استفاده می‌شود(Dugassa *et al.*1995, Hawkins & George 1997).

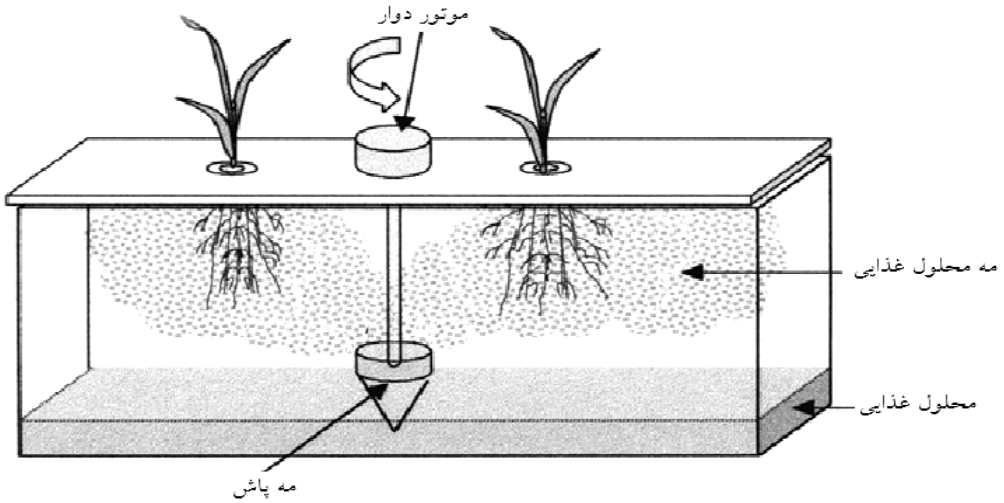
۲-۲-هواکشت(Aeroponic)

در این روش که بیشتر از روش قبل استفاده می‌شود ، محلول غذایی به روی ریشه‌های همزیست شده با قارچ درون محفظه‌ای پاشیده می‌شود. پاشیدن محلول غذایی به صورت قطرات ریز روی ریشه باعث افزایش تهویه، تبادل گازی ، تنفس ریشه، رشد و تکثیر مایه این قارچ‌ها می‌شود. محلول غذایی در داخل محفظه‌ای زیر ریشه‌های گیاه نگه‌داری و توسط یک موتور پیش برنده دوار به سمت بالا حرکت و تحت فشار قرار گرفته و از طریق نازل‌ها به صورت مه (قطر ۱ میکرومتر) به روی ریشه‌ها پاشیده می‌شود (شکل۲). محلول مورد استفاده معمولا هوگلند رقیق شده (یک هشتم) دارای اسیدیته ۶/۵ و فسفر پایین (۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر) است. اسیدیته محلول باید به طور مرتب بررسی و تنظیم گردد. محلول موجود در محفظه باید به طور مرتب عوض شود و محلول تازه جایگزین گردد. در این روش ابتدا ریشه گیاه (ذرت، ذرت‌خوشه‌ای،سودان‌گراس، قلمه انگور) با هاگ این قارچ‌ها تلقیح می‌شود و به مدت ۶ الی ۸ هفته در گلدان در خاک سترون کشت داده می‌شود. سپس قسمتی از ریشه‌های آن شسته و به منظور حصول اطمینان از برقراری همزیستی رنگ‌آمیزی می‌شوند. آن‌گاه به طول ۸-۶ سانتی‌متر کوتاه



شکل ۱- تکثیر مایه قارچ‌های همزیست درون‌ریشه به روش آبکشت (Hawkins & George 1997)

شده و به محفظه هواکشت انتقال داده می‌شوند. بین بوته‌ها روی محفظه باید ۱۲-۱۰ سانتی‌متر فاصله وجود داشته باشد. بعد از ۱۲-۱۰ هفته ریشه‌های بوته‌ها جدا و به قطعه‌های ۱ سانتی‌متری تقسیم و به عنوان مایه به کار برده می‌شوند. همچنین هاگهای موجود در ریشه را می‌توان به روش الک کردن جدا نمود و به عنوان مایه به کار برد. ریشه‌های تر و هاگ‌ها را می‌توان در آب مقطرسترون و یا در ورمی‌کولیت مرطوب در دمای ۴ درجه به مدت ۹-۴ ماه نگه‌داری کرد. ریشه‌های خشک شده در دمای اتاق (۲۵-۲۱درجه) به مدت ۷۲ ساعت را می‌توان در ورمی‌کولیت خشک شده در آون، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در تاریکی به مدت ۲ سال و در ورمی‌کولیت تر کمتر از ۱ ماه نگه‌داری کرد (Hung & Sylvia 1988).



شکل ۲- تکثیر مایه قارچ‌های همزیست درون‌ریشه به روش هواکشت (Hung & Sylvia 1988).

با این روش مایه فراوان و عاری از آلودگی قارچ‌های *Funneliformis mosseae* (T.H.Nicolson & Gerd.)C.Walker & A. Schussler ، *Funneliformis caledonium* (T.H. Nicolson & Gerd.) C.Walker & A.Schussler ، *Rhizophagus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler و *Gigaspora rosea* T.H. Nicolson & N.C. Schenck تولید شده است (Tajini *et al.*2009)

۲-۳- خوبی‌ها و عیب‌های این روش‌ها

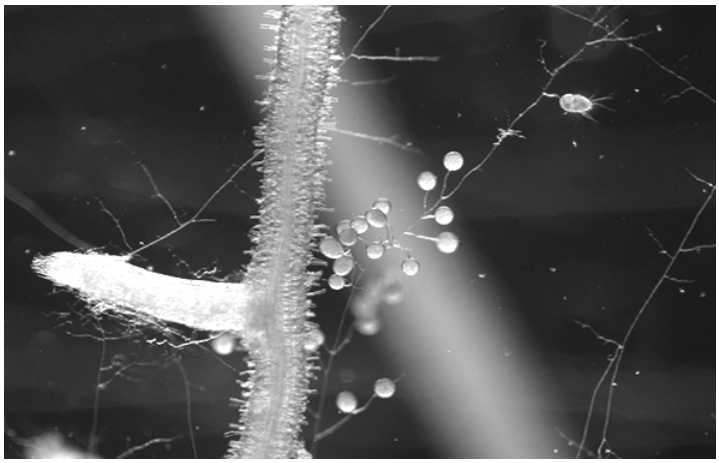
مهمترین مزیت این روش‌ها تولید مایه بدون ذرات خاک و یا بقایای مواد آلی است. ریشه‌ها دارای میزان بالای زادمایه‌های قارچی هستند و می‌توانند مستقیما مورد استفاده قرار گیرند. هاگ‌ها نیز به راحتی از ریشه‌ها جدا شوند. همچنین خطر آلودگی با دیگر ریزجانداران بسیار کم است. از عیب‌های این روش‌ها این است که محلول‌های غذایی محیط مناسبی برای رشد و تکثیر ریزجانداران مضر و جلبک‌ها هستند، لذا سترون بودن آن‌ها، پوشاندن و یا تیره بودن محفظه و مجاری عبور محلول، استفاده از شن ویا مواد فاقد خاک در مرحله قبل از انتقال به محفظه می‌تواند خطر آلودگی را کاهش دهد (Voets *et al.*2009)

۳-کشت بافت ریشه (Root organ culture)

اولین بار در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی یک قارچ آربوسکول‌دار (*F. mosseae*) به طرز موفقیت‌آمیزی در ریشه گوجه‌فرنگی روییده در محیط کشت بافت تعدیل شده وایت (White) مستقر و تکثیر شد. ده سال بعد، روش تکثیر این قارچ‌ها در ریشه‌های موبین تحریک به رشد شده‌ی هویج تراریخته با باکتری *Agrobacterium rhizogenes* (Riker *et al.* 1930) Conn 1942 روی محیط تعدیل شده اماس(Murashige and Skoog=MS) ابداع شد(شکل۳). با این روش‌ها محققین موفق شده‌اند تعدادی از گونه‌های مهم این قارچ‌ها متعلق به جنس‌های *Funneliformis* ، *Rhizophagus*، *Gigaspora* و *Scutellospora* را روی ریشه گوجه‌فرنگی، هویج، یونجه، شبدر، نخود و سیب‌زمینی با تولید حدود ۱۲۰۰۰ هاگ در طی ۱۲ هفته کشت در شرایط آزمایشگاهی تکثیر نمایند(Cranenbrouck *et al.*2005) . اخیرا نیزبا این روش قارچ *F. mosseae* را روی ریشه تراریخته کتان(*Linum usitatissimum* L.) تکثیر شده است (Rodrigues & Rodrigues 2015).

۳-۱- خوبی‌ها و عیب‌های روش

مهم‌ترین مزیت این روش تولید انبوه و با کیفیت بالای مایه قارچ‌ها و کاملا سترون و عاری از آلودگی بودن آن است.



شکل۳- ریسه‌های خارج ریشه‌ای و هاگ‌های یک قارچ همزیست ریشه آربوسکول‌دار تشکیل شده در ریشه هویج تراریخته برروی محیط کشت تعدیل شده اماس در شرایط آزمایشگاهی (دانشگاه تولوز فرانسه)

کشت‌ها در اتاقک‌های رشد با حداقل فضا و فاقد نور نگهداری می‌شوند. عواملی که تولید بهینه را تحت تاثیر قرار می‌دهد مانند در دسترس بودن مواد غذایی و حضور آلوده‌کننده‌ها را به راحتی می‌توان در آزمایشگاه ردیابی و مدیریت کرد. از عیب‌های این روش هزینه‌های بالای تولید، نیاز به تکنیسین‌های ماهر و تجهیزات آزمایشگاهی مانند انکوباتورو اتاقک رشد است.

نتیجه

اولین روشی که برای تکثیر و تولید انبوه مایه قارچ‌های همزیست درون ریشه مورد استفاده قرار گرفت، روش کشت‌های متوالی گلدانی با گیاهان همزیست مناسب بود. از آنجا که تکثیر این قارچ‌ها به این روش نیاز به زمان زیادی دارد، در سه دهه‌ی اخیر روش‌های جدیدی مانند هواکشت، آبکشت و کشت بافت ریشه ابداع شده‌اند و با این روش‌ها، تعدادی از این قارچ‌ها تکثیر شده‌اند و مایه انبوه و سترونی از آن‌ها به دست آمده است. این روش‌ها که در زمان کمتری مایه بیشتری نسبت به روش کشت گلدانی تولید می‌کنند، هزینه بیشتری دارند. پژوهش‌ها در این مورد برای تکثیر تعداد بیشتری از این قارچ‌ها به روش‌های نوین همراه با کاستن هزینه‌های تولید همچنان ادامه دارد.

منابع References

صدروی م. ۱۳۹۰. نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مدیریت بیماری‌های گیاهی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۱(۱) : ۱۳-۱.

Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. and Malajczuk N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research, Canabera, Australia, 374p.

Douds D. D. Jr., Nagahashi G., Pfeffer P. E., Reider C. and Kayser W. M. 2006. On-farm production of AM fungus inoculums in mixtures of compost and vermiculite. *Bioresource Technology* 97:809-818.

Dugassa D. G., Grunewaldt-Stöcker G. and Schönbeck F. 1995. Growth of *Glomus intraradices* and its effect on linseed (*Linum usitatissimum* L.) in hydroponic culture. *Mycorrhiza* 5:279-282.

Gaur A. and Adholeya A. 2002. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculums production in marginal soil amended with organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 35:214-218.

Gryndler M., Jansa J., Hršelová H., Chvátalové I. and Vosátka M. 2003. Chitin stimulates development and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi. Applied Soil Ecology 22:283-287.

Hawkins H. J. and George E. 1997. Hydroponic culture of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* with *Linum usitatissimum* L., *Sorghum bicolor* L. and *Triticum aestivum* L. *Plant and Soil* 196:143-149.

Hung L. L. L. and Sylvia D. M. 1988. Production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculum in aeroponic culture. *Applied Environmental Microbiology* 54: 353-357.

Johansson J. F., Paul L. R. and Finlay R. D. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology* 48:1-13.

Klironomos J. M. and Hart N.N. 2002. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. *Mycorrhiza* 12:181-184.

Millner P. D. and Kitt D.G. 1992. The Beltsville method for soilless production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 2:9-15.

Rodrigues K. M. and Rodrigues B. F. 2015. Endomycorrhizal association of *Funneliformis mosseae* with transformed roots of *Linum usitatissimum*: germination, colonization, and sporulation studies. *Mycology: An International Journal on Fungal Biology* 6:1:42-49.

Smith S.E. and Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, New York, USA, 815p.

Tajini F., Suriyakup P., Vailhe H., Jansa J. and Drevon J. J. 2009. Assess suitability of hydroaeroponic culture to establish tripartite symbiosis between different AMF species, beans, and rhizobia. *BMC Plant Biology* 9:73.

Voets L., de la Providencia I E, Fernandez K., Ijdo M., Cranenbrouck S. and Declerck S. 2009. Extraradical mycelium network of arbuscular mycorrhizal fungi allows fast colonization of seedlings under in vitro conditions. *Mycorrhiza* 19:347-356.

Methods of Mass Production of Inoculum of Endomycorrhizal Fungi

MEHDI SADRAVI✉ & FARZANEH TALAEI

Associate Professor & Graduated MSc. of Plant Pathology, Faculty of Agriculture,
Department of Plant Protection, Yasouj University, Yasouj, Iran
(✉Corresponding author, E.mail: msadravi@yu.ac.ir)

Sadravi M. and Talaei F. 2015. Methods of mass production of inoculum of endomycorrhizal fungi. *Plant Pathology Science* 4(1):13-22.

Abstract

Endomycorrhizae or arbuscular mycorrhizal fungi, play an important role in the life of field crops, flower and fruit gardens and vegetables. They increase nutrient uptake and yield of plants and resistance to soil-borne pathogens of plants as well. As these beneficial fungi, are obligate root symbiotic, mass production of their inoculum is only possible on the living tissue of root. The first method for this purpose was pot culturing, then the hydroponic, aeroponic and root organ culture have been devised. Methods and factors affecting the mass production of these beneficial fungi are described and discussed here.

Key words: Arbuscule, Fungus, Root organ culture, Symbiosis, Hydroponic