نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۰۶-۹۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 1, Spring 2014, P. 96-106
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تأثیر همزیستی با قارچ مایکوریزا بر شاخص‌های رشد و عملکرد ریزغده در گیاهچه‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)

خسرو پرویزی[۱]- فرشاد دشتی[۲*]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۸/۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا بر رشد، عملکرد و کیفیت ریزغده تولیدی در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در سیب‌زمینی یک آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و سانته) و کاربرد قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا (*G. mosea*، *G. etunicatum* و مخلوط آن‌ها) و عدم کاربرد قارچ بودند. در مراحل رشد گیاهچه‌ها از صفاتی مانند میزان کلروفیل، طول میانگره، قطر ساقه، طول استولون، سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه و نیز مقدار کلونیزاسیون ریشه اندازه‌گیری به عمل آمد. پس از برداشت ریزغده‌ها به اندازه‌های مختلف تفکیک شده و درصد ماده خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که قارچ‌های مایکوریزا اثر معنی‌داری بر صفات رشد، عملکرد و میزان ماده خشک ریزغده تولیدی در گیاهچه‌های سیب‌زمینی دارند. در شاخص‌های رشد اثر متقابل رقم و قارچ مایکوریزا صرفاً با طول استولون و وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار شد. در تمامی کلاس‌های اندازهٔ ریزغده تولیدی، اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار شد. بیشترین میزان ریزغده در تلقیح با مخلوط دو گونه مایکوریزا حاصل گردید. در بررسی روابط همبستگی صفات با درصد کلونیزاسیون قارچ مشخص شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد کلونیزاسیون با اغلب شاخص‌های مورد اندازه‌گیری و عملکرد ریزغده وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، گیاهچه، مایکوریزا، همزیستی، تولید ریزغده

مقدمه

علاوه بر استفاده از روشهای شیمیایی و فیزیکی در ایجاد سازگاری در گیاهان حاصل از کشت بافت، آماده‌سازی[۳] و مقاوم نمودن گیاهچه ها در کشت بافت با عوامل بیولوژیک در قبل و یا در زمان انتقال نیز امکان پذیر می‌باشد. این اقدامات با استفاده از قارچ‌های همزیست و باکتری‌های مفید عملی می‌گردد. در این راستا و در طول دهه اخیر اثرات بکارگیری قارچ همزیست مایکوریزا در جهت ایجاد سازگاری و افزایش کارآیی گیاهان حاصل از کشت بافت در پژوهش های مختلف مثبت و ثمربخش بوده است (۱۲، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۴).

قارچ‌های مایکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی بوده که از طریق رابطه همزیستی با ریشه گیاهان موجب افزایش کارآیی جذب عناصر غذای پرمصرف و حتی کم مصرف توسط گیاهان می‌شوند. همچنین از طریق افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده (عوامل بیماریزا) و غیر زنده (خشکی، شوری و.....) سبب بهبود رشد، نمو وعملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (۹، ۲۷ و ۲۸).

در بررسی تأثیر دو ایزوله تجاری مخلوط از قارچ مایکوریزا با نام‌های Vaminoc و Endorize و نیز جدایه خالص شده از قارچ آربوسکولار مایکوریزا گونه *Glomus intraradices* بر میزان تولید غده و توزیع آن در اندازه‌های مختلف مشخص شد که گیاهچه‌های تلقیح شده با مخلوط دو ایزوله تجاری عملکرد غده بیشتری نسبت به بکارگیری *G. intraradices* به صورت خالص داشتند. همچنین دو مخلوط تجاری در مقایسه با تیمار شاهد و گونه خالص *G. intraradices* اثر کاملا معنی‌داری بر تولید بیشتر غده بذری در سایز ۳۵-۲۵ میلی‌متر داشتند. در مجموع ایزوله تجاری مخلوط Endorize نسبت به تمامی تیمارها سبب تولید غده بذری بیشتری شد (۸).

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: dashti1350@yahoo.com

3 -Priming methods

اثرات مثبت تلقیح دو جانبه قارچ همزیست آربوسکولار مایکوریزا بهمراه مایه زنی باکتریهایی از قبیل *Bacillus subtilis* گزارش شده است. در بررسی که توسط ووساتکا و گریندلر (۳۲) انجام شد، جدایه‌هایی از سه گونه قارچ آبوسکولار مایکوریزا شامل *Glomus fistolusum*، *G. fasciculatus* و *G.etunicatum* در ترکیبهای مختلف بهمراه دو سویه از باکتری *Bacillus subtilis* به گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در سه شرایط گلخانه، بسترهای سایه‌ای[1] و محیطهای نیمه پوششی توری مایه‌زنی شدند. نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط نیمه پوششی توری اثرات باکتری، قارچ و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان تولید ریزغده و وزن تازه آن‌ها معنی‌دار شد. اما در شرایط گلخانه اثر دو فاکتور و نیز اثرات متقابل آن‌ها صرفاً در تولید تعداد ریزغده معنی‌دار شد و تفاوتی در وزن تازه ریزغده‌ها حاصل نشد. در این آزمایش دو رقم سیب‌زمینی مورد استفاده شامل رقم‌های "کارین" و "کریستا" واکنش‌های متفاوتی در میزان صفات مورد اندازه‌گیری ریزغده و نیز درجه کلونیزاسیون قارچ در تیمارهای مختلف نشان دادند.

در بررسی اثر تلقیح قارچ مایکوریزا بر میزان استقرار و درصد زنده ماندن غده‌چه‌ها[2] و ریزغده‌چه‌های[3] حاصل از کشت بافت آزمایشی توسط چن و همکاران (۴) در دو شرایط گلخانه و مزرعه انجام گرفت. در این پژوهش جدایه‌هایی از ۵ قارچ از گونه‌های مختلف مایکوریزا آربوسکولار شامل گونه‌های *G. etunicatum*، *G. mosseae*، *Acaulospora mellea*، *Gigaspora margarita* و *Entrophora schenkii* استفاده شد. نتایج نشان داد که در شرایط گلخانه درصد کلونیزه‌شدن گیاهچه‌های حاصل از کاشت غده‌چه‌ها در گونه‌ها و جنس‌های مختلف قارچ متفاوت بود. گونه *G. etunicatum* با میزان ۷۸ درصد بالاترین درصد کلونیزه شدن را داشت که نسبت به تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد. میزان وزن تر ریشه در تیمارهای قارچی متفاوت بود. درصد میزان هدررفت ریزغده‌چه‌ها در تیمارهای قارچی در مجموع پایین‌تر از شاهد بود اگرچه در برخی گونه‌های قارچ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. در شرایط مزرعه اثرات استفاده از مخلوط قارچی بسیار چشمگیر و قابل توجه بود. بطوریکه میزان عملکرد در تیمارهای مخلوط قارچ مایکوریزا ۲۰/۹درصد بالاتر از شاهد بود. مهمتر اینکه غده‌های تولیدی در سایز تجاری (۴۰۰-۲۰۰ گرم) در تیمارهای قارچی بسیار بالاتر از تیمار شاهد بود.

نتایج تحقیقات مختلف در رابطه با اثر مایکوریزا داخلی بر عملکرد و راندمان تولید محصول در سیب‌زمینی بسته به نوع رقم و ایزوله انتخابی از قارچ متفاوت بوده است (۲). گراهام و همکاران (۱۱) دریافتند که تلقیح سیب‌زمینی با سویه قارچ *Glomus fasciculatus* عملکرد را افزایش می‌دهد در حالیکه گونهٔ *G. mossaea* قادر به افزایش معنی‌داری در عملکرد نبود. درتحقیق دیگر مشخص شد که ایزوله تجاری از قارچ مایکوریزا *G. intraradices* به صورتی معنی دار تولید ریزغده را در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در رقم آتلانتیک سیب‌زمینی افزایش می‌دهد (۲۳). داویس و همکاران (۵) با تلقیح مایکوریزا در شرایط گلخانه موفق به افزایش عملکرد در حد ۶۵ درصد در مقایسه با شاهد در رقم " یانگای" سیب‌زمینی شدند.

یااوو و همکاران (۳۳) نتیجه گرفتند که با تلقیح قارچ مایکوریزا در هنگامی که آلودگی ریزوکتونیا در گیاهچه‌های سیب‌زمینی انجام می‌شود میزان جذب عناصر غذایی نسبت به تیمارهای غیرمایکوریزایی افزایش معنی‌دار دارد. در میزان جذب عناصر غذایی در مقایسه تیمارهای مایکوریزایی و بدون آلودگی با رایزوکتونیا تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد در رقم "گولدراش" بوجود نیامد اما در رقم "LP8922" تفاوت در جذب مواد غذایی بین تیمارهای مایکوریزایی و شاهد معنی‌دار شد. همچنین با نتایج پژوهش ایشان در بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا بر وضعیت استولون‌زایی مشخص شد که کلونیزه‌شدن گیاهچه‌ها در سیب‌زمینی با قارچ مایکوریزا ضمن کاهش طول استولون و افزایش تعداد آن‌ها، زمان ورود به مرحله آغازیدن غده را کوتاه کرده در عین حال طول دوره رشد را افزایش می‌دهد. افزایش تعداد استولون با سرعت ورود به مرحله غده‌سازی و افزایش طول دوره رشد از عوامل عمده افزایش عملکرد نهایی تولید ریزغده در پژوهش ایشان بود.

دربرنامه تولید غده‌چه در سیب زمینی علاوه بر نیاز به استقرار مناسب‌تر گیاهچه‌ها، راندمان تولید غده‌چه و نسبت تکثیر آن نیز مسئله مهمی است که می بایستی مورد توجه قرار گیرد. برآوردها از نسبت تولید ریزغده به گیاهچه حاکی از میزان نسبتا پایین آن در برنامه های مختلف تکثیری در داخل کشور دارد و مجریان پروژه‌های مختلف این مسئله را به عنوان یک ضعف عمده در نظر می‌گیرند و از این موضوع اظهار نگرانی می‌نمایند (۱). در طول دهه اخیر با پژوهش‌هایی هرچند محدود در شرایط معمول مشخص شده است که قارچ مایکوریزا در عین حال که به مقاوم‌سازی ریز نمونه‌های کشت بافت پس از انتقال به محیط طبیعی کمک می کند، می تواند ظرفیت تولید ریز غده در گیاهچه را نیز افزایش دهد. در این پژوهش نیز ضمن بررسی کیفیت مقاوم‌سازی گیاهچه‌ها و تاثیر بر صفات رشد، ضریب تکثیر در گیاهچه‌ها وکیفیت غده‌چه های حاصل نیز مورد بررسی قرار گرفت. با این توضیحات اهداف اصلی تحقیق بر موارد زیر متمرکز بود.

۱- بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا بر قابلیت رشد گیاهچه‌ها و افزایش توانایی آن‌ها در انطباق با شرایط درون بدنی و امکان حذف یا کاهش اقدامات مقاوم سازی در آن‌ها.

۲- امکان افزایش تولید ریزغده‌ها با روشی مقرون به صرفه از

1- shadow house bed
2- minituber
3- microtuber

نظر اقتصادی وکاهش هزینه تولید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کاربرد دو گونه قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* و *G. etunicatum* بر روی عامل‌های رشدی و فیزیولوژیکی و همچنین عملکرد کمی و کیفی گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی انجام شد. محل اجرای پژوهش آزمایشگاه کشت بافت و گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی همدان بود. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام شد. در این آزمایش تلقیح قارچ مایکوریزا در گلخانه و در زمان انتقال گیاهچه‌های حاصل از رشد تک‌گره‌ها به گلدان‌ها انجام گرفت. در هنگام کاشت گیاهچه‌ها، مقدار ۱ گرم از ریشه‌های کلونیزه شده هر گونهٔ قارچ که واجد ۱۲۰ عضو از اندام فعال قارچ[1] بود به عنوان زادمایه در محل کاشت هر گیاهچه و در مجاورت ریشه‌ها قرار گرفت. در تیمار اختلاط دو گونه، جهت مایه‌زنی هر گیاهچه و از هر گونه مقدار نیم گرم از مخلوط خاکی ریشه‌های کلونیزه شده توزین و با همدیگر مخلوط شدند. جدایه مایه تلقیح از کلونیزه شدن دو گونه قارچ با ریشه گیاهان سویا و ذرت در گلخانه موسسه تحقیقات آب وخاک تهیه گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی بود که دو گونه قارچ مایکوریزا به صورت مجزا و در مخلوط با هم به همراه شاهد در چهار سطح در قالب یک فاکتور و نوع رقم (سانته و آگریا) به عنوان فاکتور دیگر در دو سطح مد نظر قرار گرفت. هر تیمار آزمایشی در چهار تکرار انجام شد و در هر تکرار هم تعداد ۱۶ گیاهچه در هر سینی کاشت باتراکم ۸۰ گیاهچه در متر مربع به صورت جداگانه کشت شدند. محیط کشت که ترکیبی از پیت و پرلایت (به نسبت ۲:۱) بود بوسیله دستگاه ضدعفونی خاک (با استفاده از بخار آب) ضدعفونی گردید. عملیات داشت و مراقبت از گیاهچه‌ها در تیمارهای شاهد (بدون استفاده از مایع تلقیح) و تیمارهای تلقیح شده به صورت یکسان انجام شده و تغذیه گیاهچه‌ها با محلول غذایی کامل فلورال به غلظت ۳ در هزار و به‌صورت محلول با حجم یکسان (۲۰۰ cc در هر جعبه کاشت) در هر ۱۲ روز صورت پذیرفت.

اندازه گیری فاکتورهای رشد از ۸ هفته پس از تلقیح شروع شد. بدین منظور متوسط طول میانگره و ساقه (از قاعده تا نوک شاخساره) در تیمار و تکرارهای مختلف بوسیله خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شد. قطر ساقه (وسط ساقه) نیز در همین مرحله بوسیله کولیس اندازه‌گیری شد. جهت اندازه گیری سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک ساقه دو نمونه تصادفی از هر تکرار انتخاب و پس از اندازه‌گیری سطح برگ توسط از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T، ضمن شستشوی کامل ریشه‌ها اندام هوایی و ریشه از هم جدا و توزین شدند وبعد اندام‌های مذکور در داخل آون (دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک آن‌ها به طور جداگانه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، ۰/۵ گرم برگ تازه (برگ‌های کاملاً توسعه یافته) را انتخاب و کاملاً در یک آون چینی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰٪ مخلوط شده و سانتریفوژ گردید (۳۰۰۰ دور در دقیقه). پس از سانتریفوژ محلول روئی را برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. در نهایت غلظت کلروفیل های a و b و کل با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (۱۲).

$$Chl_a\left(mgml^{-1}\right)=11.64\times(A663)-2.16\times(A645)$$

$$Chl_b\left(mgml^{-1}\right)=20.97\times(A645)-3.94\times(A663)$$

$$Chl_{total}\left(mgml^{-1}\right)=Chl_a+Chl_b$$

که در این روابط A645 و A663 به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر می‌باشد. برای تعیین شدت کلونیزاسیون قارچ در ریشه از روش فیلیپس و هیمن (۲۵) استفاده شد. براساس روش فوق ابتدا ریشه‌های جدا شده در زیر آب جاری شستشو شده و سپس آن‌ها را در ظروف دربدار و در محلول فرمالین، اسید استیک و الکل (FAA) به نسبت حجمی ۵:۵:۹۰ نگهداری شدند. سپس این ریشه‌ها با آب مقطر شستشو شده و برای بی‌رنگ کردن سیتوپلاسم و نرم شدن بافت‌ها در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد به مدت ۱۲ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس ریشه‌ها از این محلول خارج شده و سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند. ریشه‌ها سپس برای شفاف شدن کامل بافت‌ها به محلول حاوی آب اکسیژنه قلیایی انتقال داده شده و به مدت دوساعت در این محلول نگهداری شدند. نمونه‌ها از محلول آب اکسیژنه قلیایی خارج کرده و با آب مقطر شستشو داده سپس این نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک ۱% قرار گرفته تا آماده رنگ‌پذیری اندام‌های قارچ شوند. سپس ریشه‌ها مستقیماً از محلول اسیدی به محلول رنگی تریپان‌بلو ۱ درصد و محلول در نیتروگلیسیرین منتقل و به‌مدت ده دقیقه در این محلول قرارگرفتند. سپس در الکل گلیکول تا زمان بررسی با میکروسکوپ نوری نگهداری شدند. درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها براساس روش گونیگل و همکاران (۱۰) محاسبه شد. بدین منظور برای تعیین درصد آغشتگی میکوریزایی ریشه‌ها، از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده با تریپان بلو بطور تصادفی در داخل ظرف پتری پخش شدند. سپس زیر لوپ آزمایشگاهی و با کمک کاغذ شطرنجی میزان همزیستی ریشه بر حسب طول ریشه همزیست تعیین شد. تعداد نقاطی از ریشه که با خطوط عمودی و افقی برخورد کرده بودند شمرده شدند. سپس نقاطی

1- Propagule

که آبی پر رنگ تری داشتند و اندام‌های قارچ را در بر می‌گرفت، شمارش شدند. در نهایت از تقسیم این عدد بر تعداد کل برخوردها، درصد طول ریشه همزیست با قارچ تخمین زده شد. این کار برای همه تیمارهای مایکوریزایی با سه تکرار انجام شد. در هنگام برداشت، گیاهچه‌ها با دقت از محیط کشت خارج شده و طول استولون (بوسیله خط‌کش دقیق) اندازه‌گیری شد. ریزغده‌های تولیدی پس از توزین به چهار کلاس با اندازه های متفاوت تفکیک شده (بزرگتر از پنج گرم، سه تا پنج گرم، یک تا سه گرم و کوچکتر از یک گرم)، تعداد آن‌ها در هر کلاس بذری مشخص شده و بر اساس نسبت به گیاهچه موجود در هر جعبه کاشت متوسط تعداد ریزغده در هر گیاهچه و در هر تکرار برآورد گردید. جهت اندازه گیری ماده خشک غده سه نمونه تصادفی از هر تکرار جدا شده و کاملا شسته شده و خشک شدند سپس توزین شدند. برش‌هایی به صورت چیپس از آن‌ها تهیه شد و در آون در دمای ^0C ۸۵ بمدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. چند نوبت توزین شده پس از رسیدن به وزن ثابت، درصد ماده خشک آن‌ها از تقسیم وزن نهایی بر وزن اولیه و ضرب عدد حاصل در ۱۰۰ تعیین شد. در خاتمه محاسبات آماری داده‌های حاصل از طریق نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ استفاده گردید. مقدار بحرانی ضریب همبستگی صفات رویشی و اندازه ریزغده با درصد کلونیزاسیون ریشه با ۸ جفت مشاهد برای هر صفت محاسبه شده و با روش پیرسون و نرم افزار SPSS مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج و بحث

با نتایج آزمایش مشخص شد که کاربرد قارچ مایکوریزا تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) بر تمامی صفات رشد اندازه‌گیری شده در گیاهچه‌های سیب‌زمینی داشته است. همچنین تأثیر تلقیح با قارچ مایکوریزا بر اندازه تولید ریزغده در تمامی کلاس‌ها و نیز تعداد کل ریزغده معنی دار بود. وزن خشک ریزغده و درصد کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر کاربرد با قارچ مایکوریزا قرار گرفت و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ حاصل شد. تأثیر نوع رقم بجز در مورد وزن تر ریشه، بر سایر صفات رویشی اندازه‌گیری شده و نیز اندازه و درصد ماده‌خشک ریزغده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم و قارچ مایکوریزا بر صفات رشد فقط در طول استولون و وزن‌تر وخشک ریشه معنی‌دار شد، اما در تولید اندازه ریزغده در تمامی کلاس‌ها و هم‌چنین تعداد کل ریزغده در گیاهچه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل رقم و قارچ مایکوریزا بر شدت کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. کاربرد قارچ‌های مایکوریزا به صورت جدا و مخلوط با هم قادر به افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل a و b و نیز کلروفیل کل در هر دو رقم سیب‌زمینی شد. در میزان کلروفیل کل و کلروفیل a تلقیح گیاهچه‌ها با گونه *G. etunicatum* و مخلوط دو گونه افزایش معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن در مقایسه با گونه *G. mosseae* نشان دادند. تلقیح با قارچ مایکوریزا مستقل از نوع رقم سبب افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل شد. میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تیمارهای شاهد و مایکوریزایی در مجموع در رقم آگریا بیشتر از رقم سانته بود و تفاوت‌ها در سطح ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار شد (جدول‌های ۱ و ۲).

افزایش قابل توجهی در متوسط اندازه میانگره و سطح برگ در تلقیح گیاهچه‌ها با گونه *G.etunicatum* و مخلوط دو گونه در مقایسه با گونه *G.mosseae* حاصل شد. به طوریکه تفاوت‌ها در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. بالاترین طول میانگره و بیشترین میزان سطح برگ در هر دو رقم در تلقیح با مخلوط دو گونه مایکوریزا به دست آمد که به ترتیب با ۳/۹۲ سانتی‌متر و ۱۲۳/۰۶ سانتی‌مترمربع با کاربرد گونه *G.etunicatum* تفاوت معنی‌دار نشان ندادند اما با گونه *G. mosseae* تفاوت‌ها در سطح ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار شد. با مایه‌کوبی قارچ مایکوریزا طول استولون در هر دو رقم کاهش پیدا کرد اگرچه پاسخ دو رقم نسبت به گونه قارچ مایکوریزا و مخلوط دو گونه روند یکسانی نداشت (جدول ۲). گیاهچه‌های تلقیح شده با قارچ مایکوریزا در گونه *G. etunicatum* و مخلوط دو گونه وزن تر وخشک ساقه و همچنین وزن تر و خشک ریشه بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد داشتند و تفاوت‌ها در سطح ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار شد. در مقابل تلقیح با گونه *G.mosseae* صرفاً در وزن تر و خشک ساقه نسبت به تیمارهای شاهد تفاوت معنی‌دار ایجاد کرد و در وزن تر و خشک ریشه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد نداشت. روند تغییرات وزن تر و خشک ساقه در دو رقم مورد آزمایش در تیمارهای مایکوریزایی و شاهد مشابه بود اما در وزن تر وخشک ریشه پاسخ‌های متفاوتی در تیمارهای مایکوریزایی و شاهد داشتند. کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه با متوسط ۳۶/۶۲ در گیاهچه های تلقیح شده با گونه *G. mosseae* بدست آمد که نسبت به تلقیح با گونه *G. etunicatum* و مخلوط دو گونه تفاوت معنی‌دار داشت. شدت کلونیزاسیون در رقم سانته در هر سه تیمار مایکوریزایی نسبت به رقم آگریا بالاتر بود اگرچه تفاوت‌ها بین دو رقم در تلقیح با گونه *G. mosseae* معنی‌دار نشد (جدول‌های ۱ و ۲).

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل رقم و قارچ مایکوریزا در اندازه ریزغده تولیدی مشخص کرد که تلقیح با قارچ مایکوریزا در هر دو رقم سبب افزایش معنی‌دار در تعداد ریزغده تولیدی در همه اندازه‌ها شد. اگرچه پاسخ دو رقم در اندازه‌های مختلف روند مشابهی نداشت. در متوسط تعداد ریز غده بزرگتر از پنج گرم، دو رقم در تلقیح با مخلوط دو گونه نسبت به کاربرد جداگانه و تیمار شاهد (عدم تلقیح قارچ مایکوریزا) تعداد بیشتری ریزغده درشت

تولید کردند که در رقم سانته با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت اما در رقم آگریا تفاوت معنی‌داری با تلقیح با گونه *G. etunicatum* نداشت. در متوسط تعداد ریزغده در محدوده سه تا پنج گرم با تلقیح قارچ افزایش معنی داری در تولید ریزغده بوجود آمد. دو رقم در کاربرد دو گونه مایکوریزا به صورت مجزی و نیز تیمار شاهد عکس‌العمل یکنواختی داشتند. اما با کاربرد مخلوط دو گونه، رقم سانته بیشترین میزان تعداد ریزغده را در این اندازه تولید نمود که با متوسط تعداد ۲/۳ عدد ریزغده در گیاهچه با سایر تیمارها در این رقم و نیز رقم آگریا تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد. در رقم سانته اثرات تلقیح با قارچ مایکوریزا در متوسط تولید تعداد ریز غده در محدوده یک تا سه گرم بسیار چشمگیرتر و قابل توجه بود. بطوریکه در این اندازه همه تیمارهای مایکوریزایی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند. اما در رقم آگریا صرفاً با مخلوط دو گونه مایکوریزا تفاوت معنی‌دار با شاهد (عدم کاربرد قارچ) حاصل شد. در تعداد ریزغده تولیدی در اندازه کوچکتر از یک گرم دو رقم کاملاً متفاوت از هم عمل کردند. در رقم سانته بیشترین میزان ریزغده در این اندازه در تلقیح با مخلوط دو گونه بدست آمد که با متوسط تعداد ۶/۷۵ عدد ریزغده در هر گیاهچه با سایر تیمارها در این رقم تفاوت معنی‌دار داشت. در مقابل در رقم آگریا بیشترین میزان ریزغده در این اندازه در تلقیح با گونه *G. etunicatum* حاصل شد که با متوسط تولید ۲/۲ عدد در گیاهچه تفاوت معنی‌داری با مخلوط دو گونه (با متوسط ۲/۰۲ عدد در هر گیاهچه) نداشت اما با گونه *G. mosseae* و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد. در مجموع دو رقم بیشترین تعداد کل ریز غده در گیاهچه را در تلقیح با مخلوط دو گونه قارچ مایکوریزا تولید کردند که در رقم سانته با متوسط تولید ۱۹/۰۲ با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد اما در رقم آگریا (با متوسط تعداد ۸/۶۰ عدد) تفاوت معنی‌دار در تلقیح با گونه *G.etunicatum* نداشت (جدول ۳).

با تلقیح گیاهچه‌ها توسط قارچ‌های مایکوریزا درصد ماده خشک ریزغده تولیدی به صورت قابل توجهی افزایش پیدا کرد بطوریکه میانگین درصد ماده خشک ریزغده در هر دو رقم در تیمارهای مایکوریزایی تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ با تیمار شاهد نشان داد. میزان افزایش ماده خشک ریزغده در هر دو رقم در گیاهچه های تلقیح شده با گونه *G. etunicatum* و مخلوط دو گونه بیشتر از میزان آن در تلقیح با گونه *G.mosseae* بود. هرچند تفاوت‌ها در سطح ۵٪ معنی‌دار نشد. وضعیت تغییر ماده خشک در هر دو رقم در تیمارهای مختلف روند مشابهی داشت. در مجموع میزان تولید ماده خشک ریزغده در رقم آگریا نسبت به رقم سانته بیشتر بود وتفاوت دو رقم در سطح ۵٪ با آزمون دانکن معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۱ – مقایسه میانگین های مربوط به اثر اصلی قارچ‌های مایکوریزا بر شاخص‌های رشد در گیاهچه‌های سیب‌زمینی.

تیمارها	شاخص‌های رشد				
سطوح مختلف قارچ مایکوریزا	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	طول‌میانگره (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)
شاهد(بدون مایه تلقیح قارچ)	۱/۲۳ c	۰/۷۰ b	۱/۹۴c	۳/۴۲c	۲/۵۹c
تلقیح با مایکوریزا (*G. mosea*)	۱/۴۱ b	۰/۷۹a	۲/۲۰b	۳/۶۵b	۲/۶۲bc
تلقیح با مایکوریزا (*G. etanicum*)	۱/۵۱ a	۰/۸۳ a	۲/۳۵a	۳/۹۰a	۲/۷۶ab
تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۱/۵۶ a	۰/۸۰a	۲/۳۷a	۳/۹۲a	۲/۸۸a

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین های مربوط به اثرات متقابل رقم و قارچ‌های مایکوریزا بر برخی شاخص‌های رشد و درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهچه‌های سیب‌زمینی.

ترکیب‌های مختلف رقم با سطوح قارچ مایکوریزا	طول استولون	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	درصد کلونیزاسیون
آگریا × بدون مایه تلقیح قارچ	۵/۱۲a	۰/۲۸۷c	۰/۰۱۲۷b	۰/۰۰ d
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (*G. mosea*)	۴/۳۲b	۰/۲۹۲c	۰/۰۱۳۷b	۳۵/۲۵c
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (*G. etanicum*)	۴/۲۰bc	۰/۴۶۷ab	۰/۰۱۸۲a	۴۹/۲۵b
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۴/۱۵bc	۰/۵۰۵a	۰/۰۱۹۲a	۵۲/۰۰b
سانته × بدون مایه تلقیح قارچ	۴/۱۲bc	۰/۳۶۲c	۰/۰۱۳۵b	۰/۰۰d
سانته× تلقیح با مایکوریزا (*G. mosea*)	۳/۹۰c	۰/۳۶۵c	۰/۰۱۴۵b	۳۸/۰۰c
سانته × تلقیح با مایکوریزا (*G. etanicum*)	۳/۹۵c	۰/۳۸۵bc	۰/۰۱۴۷b	۶۱/۲۵a
سانته × تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۳/۹۲c	۰/۳۷۷bc	۰/۰۱۵۵b	۶۴/۰۰a

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

ادامه جدول ۱- مقایسه میانگین های مربوط به اثر اصلی قارچ‌های مایکوریزا بر شاخص‌های رشد در گیاهچه‌های سیب‌زمینی.

سطوح مختلف قارچ مایکوریزا	وزن تر ساقه گرم	وزن خشک ساقه گرم	وزن تر ریشه گرم	وزن خشک ریشه گرم	سطح برگ سانتی‌مترمربع
شاهد(بدون مایه تلقیح قارچ)	۳/۲۴c	۰/۲۸۷b	۰/۳۲۲b	۰/۰۱۳۱c	۹۷/۰۶c
تلقیح با مایکوریزا (*G mosea*)	۳/۸۷b	۰/۳۵۲a	۰/۳۲۸b	۰/۰۱۴۱bc	۱۰۸/۲۹b
تلقیح با مایکوریزا (*G etanicum*)	۴/۲۵a	۰/۳۷۰a	۰/۴۲۶a	۰/۰۱۶۴ab	۱۱۸/۷۵a
تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۴/۳۶a	۰/۳۷۳a	۰/۴۴۱a	۰/۰۱۷۳a	۱۲۳/۰۶a

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

جدول٤ -ضریب همبستگی (pearson) بین درصد کلونیزاسیون با شاخص‌های رشد در گیاهچه‌های سیب‌زمینی.

تیمارها	شاخص رشد								
	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	طول‌میانگره	قطرساقه	طول‌استولون	سطح‌برگ	وزن ترساقه	وزن خشک‌ساقه	وزن خشک‌ریشه
شاهد(بدون مایه تلقیح قارچ)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
G. mosea	*۰/۷۶۵	**۰/۸۰۴	*۰/۷۹۳	*۰/۷۵۶	ns۰/۶۵۸	**-۰/۸۳۷	**۰/۸۲۹	ns۰/۵۶۶	*۰/۷۲۵	*۰/۷۷۲
G. etanicum	**۰/۹۰۳	**۰/۹۴۲	**۰/۹۱۶	**۰/۹۳۵	*۰/۷۲۳	**-۰/۹۱۲	**۰/۹۶۲	ns۰/۳۹۰	**۰/۸۳۲	**۰/۹۱۶
مخلوط دو گونه	**۰/۸۳۴	*۰/۹۵۳	**۰/۸۸۵	**۰/۸۲۳	**۰/۹۴۷	**-۰/۸۳۴	**۰/۹۱۱	**۰/۸۵۶	*۰/۷۸۵	**۰/۹۰۱

** ، * و ns به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ، ۰/۰۵ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد. n= ۸ و df= n-۲

جدول ۳- مقایسه میانگین های مربوط به اثرات متقابل رقم و کاربرد قارچ مایکوریزا بر تولید ریزغده و وزن خشک آن در گیاهچه‌های سیب‌زمینی.

ترکیبهای مختلف رقم با سطوح قارچ مایکوریزا	تعداد ریزغده بزرگتر از ۵ گرم	تعداد ریز غده ۳ تا ۵ گرم	تعداد ریزغده ۱ تا ۳ گرم	تعداد ریزغده کوچکتر از ۱ گرم	تعدادکل ریزغده	درصد ماده خشک ریز غده
آگریا × بدون مایه تلقیح قارچ	۱/۹۲b	۰/۶۵d	۱/۳۲f	۰/۷۲f	۴/۶۲g	۱۸/۴۹dc
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (*G. mosea*)	۱/۸۲b	۱/۲۵c	۱/۷۰e	۱/۰۵f	۵/۸۲f	۲۰/۰۱ab
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (*G. etanicum*)	۲/۲۲a	۱/۱۵c	۱/۶۵e	۲/۱۷e	۷/۲۰e	۲۰/۴۰a
آگریا × تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۲/۲۵a	۱/۸۷b	۲/۴۵d	۲/۰۲e	۸/۶۰d	۲۰/۳۲a
سانته × بدون مایه تلقیح قارچ	۰/۴۲e	۰/۷۲d	۳/۹۰c	۴/۲۷d	۹/۳۲c	۱۷/۳۲d
سانته× تلقیح با مایکوریزا (*G. mosea*)	۰/۸۵d	۱/۱۷c	۷/۲۲b	۶/۳۷b	۱۵/۶۲b	۱۸/۷۱bc
سانته × تلقیح با مایکوریزا (*G. etanicum*)	۰/۵۸e	۱/۰۷c	۸/۱۷a	۵/۴۷c	۱۵/۳۰b	۱۹/۱۷abc
سانته × تلقیح با مایکوریزا (مخلوط دو گونه)	۱/۵c	۲/۳۰a	۸/۴۷a	۶/۷۵a	۱۹/۰۲a	۱۹/۳۵abc

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۵- ضریب همبستگی (pearson) بین درصد کلونیزاسیون با اندازه ریزغده و درصد ماده خشک آن.

تیمارها	تعداد ریزغده بزرگتر از ۵ گرم	تعداد ریز غده ۳ تا ۵ گرم	تعداد ریزغده ۱ تا ۳ گرم	تعداد ریزغده کوچکتر از ۱ گرم	تعدادکل ریزغده	درصد ماده خشک ریز غده
	صفات مختلف					
شاهد(بدون مایه تلقیح قارچ)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
G. mosea	ns۰/۵۹۰	**۰/۸۵۴	**۰/۸۲	*۰/۶۹۲	*۰/۸۰۵	ns۰/۵۰۹
G. etanicum	*۰/۷۲۵	ns۰/۴۵۲	*۰/۸۱۱	**۰/۸۵۲	*۰/۸۱۷	ns۰/۳۶
مخلوط دو گونه	*۰/۷۷۲	**۰/۸۳۲	**۰/۸۲۵	*۰/۷۷۲	*۰/۸۲۱	*۰/۶۵

**، * و ns به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.
df= n-۲ و n= ۸

ضریب‌های همبستگی بین درصد کلونیزاسیون و شاخص‌های مورد ارزیابی (جدول۴) نشان داد که مقدار کلونیزاسیون در قارچ *G. mosseae* بجز در وزن تر ساقه و قطر ساقه با تمام عامل‌های مورد اندازه‌گیری و در قارچ *G. etunicatum* بجز وزن تر ساقه با تمام شاخص‌های رشد و در تلقیح با مخلوط دو گونه با تمامی شاخص‌های رشد همبستگی معنی‌دار داشت. شدت کلونیزاسیون با طول استولون در هر سه تیمار تلقیح مایکوریزایی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. همچنین ضریب‌های همبستگی بین شدت کلونیزاسیون و اندازه ریزغده تولیدی نشان داد که صرفاً در اندازه ریزغده بزرگتر از ۵ گرم در تلقیح با گونه *G. mosseae* و اندازه ۳ تا ۵ گرم با گونه *G. etunicatum* همبستگی معنی‌دار وجود نداشت اما با سایر اندازه‌های ریزغده تولیدی ضریب همبستگی در هر دو گونه قارچ مثبت و معنی‌دار شد. در تلقیح با مخلوط دو گونه شدت کلونیزاسیون با اندازه ریزغده در تمامی اندازه‌ها و نیز مقدار کل ریزغده تولیدی همبستگی مثبت ومعنی‌دار نشان داد. در کاربرد جداگانه دو گونه درصد کلونیزاسیون با درصد ماده خشک ریزغده همبستگی معنی‌دار نداشت اما در تلقیح با مخلوط دو گونه همبستگی مثبت ومعنی‌دار (r= ۰/۶۵) بین شدت کلونیزاسیون با میزان ماده خشک ریزغده بوجود آمد (جدول ۵).

با نتایج این تحقیق مشخص شد که قارچ همزیست مایکوریزا قابلیت بالایی در همزیستی و کلونیزه شدن با گیاهچه‌های سیب زمینی دارد. شدت این همزیستی نسبت به رقم سیب‌زمینی و ایزوله قارچ متفاوت می‌باشد. بطوریکه گونه *G. etunicatum* در ایجاد رابطه همزیستی با دو رقم سیب‌زمینی مؤثرتر از گونه *G.mosseae* عمل کرد و در تحریک رشد و راندمان تولید ریزغده کارآیی بالاتری نسبت به گونه *G. mosseae* داشت. همچنین پاسخ دو رقم سیب‌زمینی به این قابلیت درجات متفاوتی داشت. در رقم سانته سطح برگ و طول میانگره در تیمارهای تلقیح شده با این گونه قارچ افزایش قابل توجهی نسبت به رقم آگریا داشت. پیامد این تحریک رشد افزایش قابل توجهی در تولید تعداد ریزغده و عملکرد نهایی گیاهچه‌ها ایجاد شد. این یافته با پژوهش‌های قبلی (۱۱ و ۲۳) در پاسخ‌های متفاوت به همزیستی در قارچ مایکوریزا نسبت به گونه انتخابی ازآن و نوع رقم سیب‌زمینی، همخوانی دارد.

کلونیزه شدن با قارچ مایکوریزا کاهش چشمگیری در هر دو رقم در طول استولون ایجاد کرد. همچنین شدت کلونیزاسیون در هر دو گونه قارچ و مخلوط آن‌ها همبستگی منفی با طول استولون نشان داد. مشخص شده است که افزایش غیر عادی در طول استولون در سیب‌زمینی و در یک رقم خاص یک ناهنجاری فیزیولوژیکی است که عموما در تغذیه با سطوح بالای نیتروژن و نیز نوسانات شدید حرارت در خاک در ارتباط می‌باشد. همچنین افزایش طول استولون همبستگی منفی با عملکرد نهایی و همبستگی مثبت با افزایش قندهای احیاء دارد که فاکتور اخیر محدودکننده عمر انباری بوده و از ارزش فرآوری محصول می‌کاهد (۱۵ و ۲۲). با پژوهش اخیر مشخص شد که کلونیزه شدن مایکوریزا با گیاهچه‌های سیب‌زمینی قادر به

کاهش قابل توجه در طول استولون می‌باشد. این یافته یک ارزش دو جانبه از حیث کنترل طول استولون به عنوان یک ناهنجاری فیزیولوژیکی داشته ودر عین حال به عنوان یک عامل در ارتقاء عملکرد نهایی می‌تواند محسوب شود. همچنین با تحقیق یاوو و همکاران (۳۳) مشخص شد که کلونیزه‌شدن گیاهچه‌ها در سیب‌زمینی با قارچ مایکوریزا، ضمن کاهش طول استولون و افزایش تعداد آن‌ها زمان ورود به مرحله آغازیدن غده را کوتاه کرده در عین حال طول دوره رشد را افزایش می‌دهد. افزایش تعداد استولون با سرعت ورود به مرحله غده‌سازی و افزایش طول دوره رشد از عوامل عمده افزایش عملکرد نهایی تولید ریزغده در پژوهش ایشان بود. رقم‌های مورد استفاده در پژوهش ایشان متفاوت از نوع رقم در پژوهش حاضر بود. با جمع بندی دو تحقیق می‌توان استنباط کرد که قارچ مایکوریزا مستقل از نوع رقم قادر می‌باشد که با کاستن از طول استولون وافزایش تعداد استولون، ورود به مرحله غده‌سازی را تسریع کرده و ضمن افزایش طول دوره رشد، سطح برگ و دیگر عامل های رشد عملکرد نهایی را ارتقاء دهد.

همزیستی با قارچ های مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع و قطر ساقه گردید که از این نظر با نتایج تحقیقات حاصل در سیب‌زمینی (۷)، در گوجه فرنگی (۳۱)، در فلفل (۶) و نیز در *Artemisia annua* (۲۶) مطابقت دارد. افزایش میزان کلروفیل‌های a و b و نیز کلروفیل کل در تیمارهای تلقیح شده با دوگونه قارچ و مخصوصا مخلوط آن‌ها کاملاً مشهود بود. همچنین وزن خشک ریشه و ساقه و نیز درصد ماده خشک ریز غده تحت تاثیر تیمار با قارچ مایکوریزا قرار گرفت. کربن مورد نیاز در بقاء زندگی قارچ و برقراری رابطه همزیستی توسط گیاهان میزبان فراهم می‌شود. جبران این کربن مصرف شده موجب افزایش تقاضا برای کربن توسط گیاهان مایکوریزایی می‌شود که به نوبه خود سرعت فتوسنتز را در گیاهان میزبان افزایش می‌دهد. ثابت شده است که گیاهان مایکوریزایی در فراهم کردن میزان کربن نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی کارآمدی بالاتری دارند (۱۴، ۱۶ و ۲۹). در این پژوهش تأثیر مایکوریزا در افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه با افزایش در وزن خشک ریزغده همسویی کامل داشت و این می‌تواند به عنوان یافته‌ای مهم تلقی می‌شود چرا که با افزایش بیوماس گیاهی ضمن کمک به استقرار مطلوب‌تر گیاهچه‌ها و کاستن از اثرات نامطلوب شوک ناشی از انتقال، عملکرد نهایی را نیز در آن‌ها بهبود بخشیده است. این نتایج با اثرات مایکوریزا در تلقیح با سایر گیاهان همخوانی داشته و همچنین نتایج پژوهش ووساتکا و گریندلر (۳۲) را در ارتباط با تلقیح گیاهان سیب‌زمینی با قارچ مایکوریزا را نیز مورد تایید قرار می‌دهد.

در این پژوهش ثابت شد که استفاده از مخلوط دو نوع قارچ در ایجاد رابطه همزیستی بسیار موثرتر از کاربرد جداگانه دو گونه قارچ می‌باشد. با بررسی روابط هبستگی بین شدت کلونیزاسیون و فاکتورهای رشد و همچنین کیفیت و کمیت تولید ریزغده نیز مشخص شد که در تیمارهایی مایه‌کوبی شده با مخلوط دو گونه در کلیه صفات مورد اندازه‌گیری همبستگی معنی‌دار ایجاد شد. به نظر می‌رسد که در ایجاد رابطه همزیستی، دو گونه قارچ بر همدیگر همکنش مثبت داشته و با تقویت اثر همدیگر پاسخ سیگنالی موثرتری را در جهت استقرار بر ریشه در گیاهچه‌های سیب‌زمینی بوجود می‌آورند. قابلیت بالای مخلوط قارچ‌های مایکوریزا در ایجاد رابطه همزیستی موثرتر در گیاهچه‌های سیب‌زمینی قبلا در پژوهشی دیگر نیز به اثبات رسیده بود (۸).

ضریب تکثیر نسبتاً پایین در برنامه‌های تولید هسته بذری در سیب‌زمینی نه تنها هزینه تولید را افزایش می‌دهد در عین حال با افزایش شانس آلودگی در دوره‌های تکثیر طولانی‌تر، سلامت تولید بذر گواهی شده را نیز با خطر مواجه می‌کند (۳۰). با نتایج این پژوهش مشخص شد که تلقیح گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در سیب‌زمینی با قارچ مایکوریزا قادر می‌باشد ضمن توسعه عامل‌های رشد به استقرار مطلوب‌تر آنها کمک کرده و در عین حال ضریب تکثیر را نیز به صورت معنی‌داری افزایش دهد به طوریکه این افزایش به ازاء هر واحد تکثیر در بیشتر تیمارهای مایکوریزایی تا حدی بیشتر از دو برابر بود. این افزایش معنی دار در راندمان تولید ریزغده در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت یک دستآورد مهم در پروسه کشت بافت سیب‌زمینی می‌باشد که می‌تواند موفقیتی قابل توجه در کارآمدی و سلامت تولید در تکنولوژی تولید بذر در سیب‌زمینی باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع با نتایج پژوهش مشخص شد که تلقیح گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در سیب‌زمینی با قارچ مایکوریزا قادر می‌باشد ضمن توسعه عامل‌های رشد به استقرار مطلوب‌تر آن‌ها کمک کرده و در عین حال ضریب تکثیر را نیز به صورت معنی‌داری افزایش دهد به‌طوریکه این افزایش به ازاء هر واحد تکثیر در بیشتر تیمارهای مایکوریزایی تا حدی بیشتر از دو برابر بود. این افزایش معنی دار در راندمان تولید غده‌چه در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت یک دستآورد مهم در پروسه کشت بافت سیب زمینی در برنامه تولید بذر می‌باشد که می تواند نقطه عطفی در استفاده مطلوب‌تر، سالم‌تر و کارآمدتر از این تکنولوژی باشد.

منابع

۱- اشراف ح. ۱۳۸۷. بررسی کاربرد پاکلوبوترازول و تراکم کشت گیاهچه‌های سیب زمینی بر میزان تولید ریزغده و کیفیت آن. دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد.

2- Bhattarai I.D. and Mishra R.R. 1984. .Study on the vesicular-arbuscular mycorrhiza of three cultivars of potato (*Solanum tuberosum L.*), Plant Soil, 79:299–303.

3- Bierman B. and Linderman R.G. 1980. Quantifying vesicular – arbuscular mycorrhizae: a proposed method toward standardization, New Phytology, 87: 63 - 67.

4- Chen X., Chunhua Wu., Jianjun, T. and Shuijin, Hu. 2005. Arbuscular mycorrhiza enhance metal lead uptake and growth of host plant under a sand culture experiment, Chemospher Journal, 60: 665-671.

5- Davies J., Calderón F.T. and Huainan Z. 2005. Influence of arhuscular on growth, Yield, and leaf elemental concentration of 'Yungay' potatoes. Hort Science, 40: 381-385.

6- Demir S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.

7- Duffy E.M., Hurley, E. and Casseles A.C. 1999. Weaning performance of potato microplants following bacterization and micorrhization, Potato Research, 42: 521-527.

8- Elizabeth M., Duffy, A. and Cassele C. 2000. The effect of inoculation of potato microplant with arbuscular mycorrhizal fungi on tuber yield and tuber size distribution, Applied Soil Ecology, 15: 137-144.

9- Fortin J.A., Becard G., Dalpe, S. and St- Arnoud M.Y. 2002. Arbuscular mycorrhiza on root-organ cultures, Canadian Journal Botany, 80: 1-20.

10- Gonigle T., Miller, M. and Swan J. 1990. A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi, New Phytology, 115: 495-501

11- Graham S.O., Green N.E. and Hendrix J.W. 1996. The influence of vesicular- arbuscular mycorrhiza on growth and tuberization of potatoes, Mycologia Journal, 68: 925-929.

12- Gross J. 1991. Pigments in vegetables. 2th Ed. Von Nostrand Rrinhold, New York, 351p.

13- Guillon C., St-arnold M., Hamel, C. and Jabaji S.H. 2002. Differential and systematic alteration of defense related gene transcript levels in mycorrhizal bean plant with *Rhizoctonia solani*, Canadian Joural Botany, 80: 305-315.

14- Ho I. and Trappe M. 1973. Translocation of ^{14}C from Festuca plants to their endomycorrhizal fungi, Nature Journal London, 224: 30-33.

15- Jackson D.S. 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato plant, Plant Physiology Journal, 119: 1-8.

16- Jianjung T., Liming X.U., Chen Xi. and Shuijin Hu. 2009. Interaction between C_4 barnyard grass and C_3 upland rice under elevated CO_2: Impact of mycorrhiza, Acta Oecologica, 227-235.

17- Kierman J.M., Hendrix L.P. and Moronek D.M. 1984. Characterestics of srtawberry plants produced by tissue culture and infected with specific mycorrhizal fungi, Hort Science, 19: 883-885.

18- Lazarovits G. and Nowak J. 1997. Rhizobacteria for improvement of plant growth establishment, Hortscience, 32: 188-192.

19- Lemoine M.C., Gianinazzi-pearson, V. and Gianinazzi S. 1992. Application of endomycorrhizae to commercial production of Rhododendron microplants, Agronomic Journal, 12: 881-885.

20- Liesbeth V., Herve D., Laurent R., Desire-Georges, S. and Stephane D. 2005. Development of an Autotrophic culture system for in vitro mycorrhization of potato plantlets, FEMS Microbiology letters, 248: 111-118.

21- Lovato A., Guillemin J.P. and Giaminazzi S. 1992. Aplication of commercial arbuscular endomycorrhizalfungal inoculants to the establishment micropropagated grapevine rootstock and pineapple plants, Agronomie, 12: 873-880.

22- Menzel C.M. 1985. Tuberization in potato at high temperature: interaction between temperature and irradiance, Annual Botany, 55: 35-39.

23- Niemira B.A., Safir G.R. and Bird G.W. 1995. Production of prenuclear mini-tubers of potato with peat based arbuscular mycorrhiza fungal inoculums, Agronomy Journal, 87: 942-946.

24- Nowak J. 1998. Benefits of *in vitro* biotization of plant tissue cultures with microbial inoculants, Biology Plant Journal, 34: 122-130.

25- 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, Mycology Society Journal, 55: 159-161.

26- Rapparini F., Liusia, J. and penuelas J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhiza on contents of *Artemisia annua*, Plant Biology, 10(1): 108-122.

27- Ryan N.A., Deliopoulos T., Jones, P. and Haydock P.P. 2003. Effects of mixed-isolate mycorrhizal inoculums on the potato- potato cyst nematode interaction, Annual Applied Biology, 143: 111-119.

28- Smith S.E. and Read D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd edit, London Academic Press, 787p.

29- Snellgrove R.C., Splittstrosser W.E., Stribey D.P, and Tiker P.B. 1982. The distribution of carbon and the demand of fungal symbiontin lak plants with arbuscular mycorrhiza, New Phytologist, 92: 75-87.

30- Struik P.C. and Wiersema S.G. 1999. Seed Potato Technology. Wageningen Press, Wageningen, Netherland PP.185.
31- Subramania K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian P. 2006. Response of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drouth stress, Scientia Horticulture, 107(3): 245-253.
32- Vosatka M. and Gryndler M. 1999. Treatment with culture fractions from *pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus Fistulosum* mycorrhiza and response of potato to inoculation, Applied Soil Ecology, 11: 245-251.
33- Yao M.K., Tweddell R.J. and Desilets H. 2002. Effects of two Vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of microplanted potato plantlets, Mycorrhiza, 12: 235-242.