تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار (*Glomu. mosseae* و *G. etunicatum*) بر جذب عناصر غذایی و تولید ریزغده در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی

خسرو پرویزی، فرشاد دشتی[1*]، محمود اثنی‌عشری، فرهاد رجالی و مهرداد چایچی

دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان؛ **kparvizi@yahoo.com**

استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان؛ **dashti1350@yahoo.com**

دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان؛ **m.esnaasnari@basu.ac.ir**

استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، بخش بیولوژی خاک، کرج؛ **frejali@yahoo.com**

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان؛ **mchaichi@yahoo.com**

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی اثرات همزیستی قارچ میکوریز در جذب عناصر غذایی، ارتقاء سازگاری گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی در گلخانه و افزایش راندمان تولید ریزغده در آنها، گیاهچه‌هایی از دو رقم سیب‌زمینی (رقم‌های آگریا و سانته) با دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولارا (*Glomus.mosseae* و *G.etunicatum*) به صورت مجزا و در مخلوط با هم در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و در چهارتکرار مایه‌زنی شدند. مایه‌زنی در گلخانه و در هنگام انتقال گیاهچه‌ها انجام شد. هشت هفته پس از مایه‌زنی درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهچه‌ها تعیین شد و از میزان عناصر غذایی آنها (فسفر، آهن، روی و منگنز) اندازه‌گیری به عمل آمد. ریزغده‌های تولیدی به اندازه‌های مختلف تفکیک شده و عملکرد کل برآورد شده و درصد ماده خشک ریزغده نیز تعیین گردید. نتایج نشان داد که زاد مایهٔ قارچ بر میزان کلونیزاسیون و تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال 1% اثر معنی‌دار داشت. اثر نوع رقم صرفاً در مورد آهن و روی تفاوت معنی‌دار نشان نداد. اما در سایر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال 1% معنی‌دار شد. با مقایسه میانگین صفات مشخص شد که مایه زنی باگونه *G.etunicatum* و مخلوط دو گونه بر شدت کلونیزاسیون ریشه، جذب عناصر غذایی و همچنین تعداد ریزغدهٔ تولیدی اثرات مثبت‌تری نسبت به گونه *G. mosseae* داشتند. بیشترین میزان جذب فسفر، آهن، روی و منگنز در گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با مخلوط دو گونه به دست آمد. بیشترین میزان ریزغده در مایه‌زنی با مخلوط دو گونه قارچ (متوسط تعداد 13/81 عدد ریزغده در گیاهچه) حاصل گردید که نسبت به کاربرد جداگانه دو گونه و تیمار شاهد در سطح 0/05 تفاوت معنی‌دار داشت. با کاربرد جداگانهٔ دو گونه قارچ و نیز مخلوط آنها درصد ماده خشک ریزغده افزایش پیدا کرد که تفاوت‌ها با تیمار شاهد در سطح 0/05 معنی‌دار شد. در مجموع مایه‌زنی گیاهچه‌های سیب‌زمینی با دو گونه قارچ میکوریز به صورت جدا و در مخلوط با هم کمک قابل توجهی به جذب عناصر غذایی کرد که به نوبه خود ضمن افزایش زیست توده گیاهی اثرات مثبتی در استقرار گیاهچه‌ها و افزایش راندمان تولید ریزغده در آنها داشت.

واژه‌های کلیدی: درصدکلونیزاسیون، عملکرد، غلظت عناصر غذایی، گیاهچهٔسیب‌زمینی، همزیستی میکوریزی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: همدان دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی کد پستی: 6517833131

* دریافت: 91/9/20 و پذیرش: 92/2/5

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

میکوریزا نوعی زندگی همزیستی بین قارچ و ریشه گیاهان می باشد که با تأمین قندهای فتوسنتزی تولید شده توسط گیاهان به عنوان منبع کربن آلی، قارچ غیرخودکفا[1] به حیات خود ادامه داده و بقاء و تکثیر آن تضمین می‌گردد. در مقابل این رابطه همزیستی سبب بهبود رشدگیاه از طریق افزایش جذب مواد غذایی، تحریک سنتز مواد تنظیم کننده رشد داخلی و افزایش راندمان فتوسنتز می‌شود (فری و اسچوپ، 1991 و 1992، نوریس و همکاران، 1992 و رخا و همکاران، 2009).

اثرات مثبت قارچ‌های میکوریز در تحرک بخشی به فسفر و جذب آن با مکانیسم های توسعه سطح ریشه، افزایش هدایت هیدرولیکی آب و تسهیل انتقال توده‌ای فسفر، افزایش تعرق در پتانسیل بالای آب در خاک و کمک به انتشار فسفر، ترشح ترکیبات آلی تعدیل کننده pH و افزایش فعالیت آنزیم پلی فسفات کیناز امکان پذیر می‌گردد (بیور و بورن، 1980، کاپاسیو و کالو، 1982 و دیوید و همکاران، 2007). نقش قارچ میکوریز در افزایش مقدار نیتروژن در گیاهان با تحریک بیان آنزیم نیترات رداکتاز و افزایش سطوح آنزیم دیکیناز گلوکان به خوبی مشخص شده است (شرامتی و همکاران، 2005). همچنین ثابت شده است که قارچ‌های میکوریز با ایجاد تعادل نسبی در جذب فسفر و نیتروژن می‌توانند از اثرات بازدارندگی و رقابتی آنها در جذب عناصر کم مصرف مس، آهن روی و منگنز بکاهند و به ایجاد تغذیه متعادل گیاهی هم کمک کنند (آزکون و همکاران، 2003 و چن و همکاران، 2005). قارچ میکوریز در افزایش جذب عناصر کم مصرف از طریق ترشح ترکیبات آلی سیدروفر به عنوان عامل کلاته کننده و نیز کاهش جذب آنها در شرایط سمیت با تحریک رشد و اثر رقیق سازی نقشی دو سویه و مثبت دارد (بگیاری و وارما، 1995).

در گیاهان حاصل از کشت بافت معمولاً مرحله سازگاری[2] نیاز به مدیریت خاص داشته و چنانچه با تدابیر کافی انجام نشود ممکن است استقرار گیاهچه‌ها را به تأخیر انداخته و توسعه و نمو آنها را با مشکل مواجه کند و در مواردی حتی منجربه مرگ آنها بشود. اغلب در این مرحله شوک ناشی از انتقال[3] توقف رشد ایجاد کرده و از کارآیی و راندمان نهایی محصول می‌کاهد. گزارش شده است که در حدود 10 تا 14 درصد از محصولات گل وسبزی که از طریق کشت بافت تولید می‌شوند در مرحله انتقال آسیب دیده و یا به استاندارد تجاری قابل عرضه به بازار نمی‌رسند. مشکل اساسی بدلیل عدم توسعه سیستم ریشه‌ای کارآمد در آنها می‌باشد (کلرک و بروگ، 1992). این مشکل از طریق بکارگیری قارچ‌های میکوریز در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در چندین محصول باغی مرتفع شده است (کیرمن و همکاران، 1984، راولانرینا و همکاران، 1989، وارما و اسچیوپ، 1995 و هبتی و همکاران، 2001) همچنین در پژوهش‌های مختلف در محصولات متعدد باغی و زراعی بر اثر مایه‌زنی با قارچ میکوریز شاخص‌های رشد افزایش معنی‌دار داشته و منجربه تولید گیاهچه‌های یکدست و یکنواخت تر شده است (اوسوکاینن و وستبرگ، 1994 و وستبرگ و استوان، 1994).

در سیب‌زمینی هرچند پژوهش‌های کمتری در مایه‌زنی قارچ میکوریز بر گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت انجام شده اما نتایج آنها در کارآیی فتوسنتز و توسعه فاکتورهای رشد و عملکرد نهایی مؤثر و مثبت بوده است (دوفی و همکاران، 1999 و الیزابت و همکاران، 2000) در مقابل در بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز بر میزان جذب عناصر غذایی در گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت فقط چند پژوهش محدود صورت گرفته است. یاوو و همکاران (2002) نتیجه گرفتند که با مایه‌زنی قارچ در هنگامی که آلودگی ریزوکتونیا در گیاهچه‌های سیب‌زمینی انجام می‌شود میزان جذب عناصر غذایی نسبت به تیمارهای غیرمیکوریزایی افزایش معنی‌دار دارد. در میزان جذب عناصر غذایی در مقایسه تیمارهای میکوریزایی 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 میکوریزایی و شاهد معنی‌دار شد. نتایج پژوهش‌های مختلف در رابطه با اثر میکوریز داخلی بر عملکرد و راندمان تولید محصول در سیب‌زمینی بسته به نوع رقم سیب‌زمینی و ایزولهٔ انتخابی از قارچ متفاوت بوده است. گراهام و همکاران (1996) دریافتند که مایه‌زنی سیب‌زمینی با سویه قارچ *Glomus. fasciculatum*، عملکرد را افزایش می‌دهد در حالیکه گونهٔ *G.mosseae* قادر به افزایش معنی‌داری در عملکرد نبود. داویس و همکاران (2005) با مایه‌زنی قارچ میکوریز در شرایط گلخانه موفق به افزایش عملکرد در حد 65% در مقایسه با شاهد در رقم "یانگای" سیب‌زمینی شدند.

دربرنامه تولید ریزغده در سیب زمینی علاوه بر نیاز به استقرار مناسب‌تر گیاهچه‌ها، راندمان تولید ریزغده و نسبت تکثیر آن نیز مسئله مهمی است که می‌بایستی مورد

---

1. Heterotrophic fungus.
2. Acclimation.
3. Transfer shock.

Archive of SID

www.SID.ir

توجه قرار گیرد. برآوردها از نسبت تولید ریزغده به گیاهچه حاکی از میزان نسبتاً پایین آن در برنامه‌های 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. به طوری که در پژوهشی دیگر که نگارنده انجام داده‌اند متوسط تولید ریزغده به گیاهچه در حد 6/5 عدد ریزغده به ازاء هر گیاهچه حاصل گردیده که نسبتی به مراتب پایین‌تر از میزان تولید آن در کشورهای پیشرو در این زمینه است (اشراف و همکاران، 1387). نظر به اهمیت تأثیر قارچ میکوریز بر جذب عناصر غذایی و محدودیت پژوهش‌های انجام گرفته در گیاهچه‌های میکوریزایی شده پس از انتقال به گلخانه، لازم است همراه با اندازه گیری راندمان تولید ریز غده و عملکرد نهایی، تغییرات عناصر غذایی و چگونگی تأثیر رابطه همزیستی بر این فاکتورها نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر کاربرد دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولارا *G. mosseae* و *G.etunicatum* بر میزان جذب عناصر غذایی 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 و منابع طبیعی همدان بود. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام شد. در این آزمایش مایه‌زنی با قارچ میکوریز در گلخانه و در زمان انتقال گیاهچه‌های حاصل از رشد تک‌گره‌ها به گلدان‌ها انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی بود که دو گونه قارچ میکوریز (*G.mosseae* و *G. etunicatum*) 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 16 گیاهچه در هر سینی کاشت با تراکم 80 گیاهچه در متر مربع به صورت جداگانه کشت شدند. بدین منظور گیاهچه‌های انتخابی از دو رقم آگریا و سانته با زادمایه از دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار به صورت مجزا و همچنین مخلوط با هم مایه‌زنی شدند. جدایهٔ زادمایه از کلونیزه شدن دو گونهٔ قارچ با ریشه گیاهان سویا و ذرت در گلخانه موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شده و در کلکسیون میکروبی بخش بیولوژی نگهداری می‌شد. در هنگام کاشت گیاهچه‌ها، مقدار 1 گرم از ریشه‌های کلونیزه شده هر گونهٔ قارچ که واجد 120 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. سپس در زمان کاشت گیاهچه‌ها در محل کاشت و در مجاورت ریشه قرار گرفتند. با توجه به اینکه جمعیت زادمایه در هر دو گونه یکسان بود بنابراین انتخاب نیم گرم از هر گونه در تیمار مخلوط دو گونه ظرفیت یکسانی را در توزیع جمعیت فعال قارچ نسبت به تلقیح جداگانه از گونه‌ها فراهم می‌کرد. گیاهچه‌ها در محیط کشتی که ترکیبی از پیت و پرلایت (به نسبت 2:1) بود و به وسیله دستگاه ضدعفونی خاک (با استفاده از بخار آب) ضدعفونی شده بود، کشت شدند. عملیات داشت و مراقبت از گیاهچه‌ها در تیمارهای شاهد (بدون استفاده از زادمایه) و تیمارهای مایه‌زنی شده به صورت یکسان انجام گرفت. تغذیه گیاهچه‌ها با کود کامل فلورال (در بسته‌های 2/5 کیلوگرمی، با ترکیب (N.P.K) به نسبت 20:20:20 و حاوی تمام عناصر کم مصرف تولیدی شرکت چیفو در کشور ایتالیا) به غلظت 3 در هزار و به صورت محلول با حجم یکسان (200cc در هر جعبهٔ کاشت) در هر 12 روز صورت پذیرفت (اشراف و همکاران، 1387). شرایط محیط گلخانه از نظر نور و دما به صورت خودکار تنظیم شد. در دو ماه اول کاشت و قبل از غده‌زایی طول روز با 16 ساعت تنظیم شد و دوره نوری بیشتر با روشن نمودن لامپ‌های سدیمی فشار بالا به صورت خودکار با زمان‌سنج مرکزی تأمین شد. در دو ماه آخر دورهٔ رشد، طول روز معمولی 12 ساعته و کمتر برقرار شد. در ارتباط با شدت نور معمولاً با توجه به استفاده از گلخانه با پوشش شیشه‌ای، شدت نوری معادل 20 تا 22 هزار لوکس قابل دریافت بود اما در روزهای ابری و بارانی با روشن کردن لامپ‌های سدیمی فشار بالا (با توزیع 2 عدد لامپ 250 واتی در هر 10 متر مربع از سطح گلخانه) و تأمین شدت نوری معادل 5000 لوکس به ازاء هر لامپ، کمبود نور در گلخانه جبران شد. دمای داخلی گلخانه با تنظیم سیستم تهویه مطبوع و حرارت مرکزی در محدوده 16 تا 18 درجه سانتی‌گراد در شب و 24 تا 26 درجه در روز تأمین شد.

هشت هفته پس از مایه‌زنی گیاهچه‌هایی به صورت تصادفی برداشت شده و جهت ارزیابی شدت کلونیزاسیون ریشه از روش فیلیپس و هایمن (1970) استفاده شد.

[1] Propagule

Archive of SID

www.SID.ir

درصد کلونیزاسیون ریشه ها براساس روش بیرمن و لیندرمن (1980) محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری میزان جذب مواد غذایی نمونه‌هایی به صورت تصادفی از گیاهچه‌ها انتخاب وپس از خشک کردن در آون و عصاره‌گیری به روش خشک سوزانی (Dry ashing)، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر و آهن، روی و منگنز با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (امامی، 1375).

در هنگام برداشت، ریزغده‌های تولیدی پس از توزین به چهار کلاس با اندازه‌های متفاوت تفکیک شده (بزگتر از 5 گرم، 3 تا 5 گرم، 1تا 3 گرم و کوچکتر از 1 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 اندازه‌گیری ماده خشک ریزغده سه نمونه تصادفی از هر تکرار جدا شده وکاملاً شسته شده و خشک شدند سپس توزین شدند. برش‌هایی به صورت چیپس از آنها تهیه شد ودر آون در دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 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 100 تعیین شد. در خاتمه محاسبات آماری داده‌های حاصل از طریق نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای 5% استفاده گردید.

نتایج

با مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمایش و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد که اثر قارچ‌های میکوریز بر شدت کلونیزاسیون، میزان جذب فسفر و عناصر کم مصرف در سطح 1% معنی‌دار شد. اثر نوع رقم بر میزان فسفر، درصد کلونیزاسیون و نیز مقدار جذب روی در سطح 1% معنی‌دار شد. اما نوع رقم تفاوت معنی‌داری در میزان جذب منگنز و آهن ایجاد نکرد. اثرات متقابل رقم و قارچ میکوریز صرفاً در میزان فسفر و شدت کلونیزاسیون ریشه در سطح 5% معنی‌دار شد بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون در گیاهچه‌های سیب‌زمینی درمایه‌زنی با مخلوط دو گونهٔ قارچ حاصل شد که با متوسط 58 درصد نسبت به کاربرد گونه *G. etunicatum* با متوسط 55/28 درصد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5% نشان نداد اما با گونه *G. mosseae* (با متوسط 36/62 درصد) تفاوتها در سطح 5% معنی‌دار شد. از طرفی واکنش دو رقم در پاسخ به شدت کلونیزاسیون در تیمارهای مختلف میکوریزایی روند مشابهی نداشت و رقم سانته نسبت به رقم آگریا به شیوه‌ای مؤثرتر تحت تأثیر مایه‌زنی با مخلوط دو گونه ونیز مایه‌زنی با گونه *G. etunicatum* قرار گرفت (جدول 1).

میزان فسفر در گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با گونه *G. etunicatum* و مخلوط دو گونه بسیار به هم نزدیک بود که به ترتیب با متوسط 0/436 % و 0/445 % نسبت به گیاهچه های مایه‌زنی شده با گونه *G. mosseae* و تیمارهای شاهد (عدم مایه‌زنی با قارچ) اختلاف معنی‌دار در سطح 5% نشان دادند. روند جذب فسفر در تیمارهای میکوریزایی و شاهد در دو رقم آگریا و سانته روال مشابهی نداشت و بویژه در رقم آگریا در تیمارهای میکوریزایی سطح جذب فسفر بالاتر از رقم سانته بود. بیشترین میزان جذب آهن، روی و منگنز در تیمار با مخلوط دو گونه و نیز گونهٔ *G. etunicatum* بدست آمد که در مقایسه با گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با گونه *G.mosseae* و تیمار شاهد تفاوت‌ها در سطح 5% معنی‌دار شد. همچنین نسبت جذب این عناصر در گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با گونه *G. mosseae* به مراتب بالاتر از تیمارهای شاهد بود و اختلاف معنی‌داری بین آنها بوجود آمد. روند تغییرات جذب عناصر غذایی ریزمغذی در دو رقم در این تیمارها نسبتاً مشابه بود (جدول1).

مایه‌زنی با قارچ در هر دو رقم سبب افزایش معنی‌دار در تعداد ریزغدهٔ تولیدی در همه اندازه‌ها و نیز تعداد کل ریزغدهٔ تولیدی شد. همچنین وزن خشک ریزغده نیز تحت تأثیر کاربرد با قارچ میکوریز قرار گرفت و تفاوت معنی‌دار در سطح 1% با تیمار شاهد حاصل شد. اثر نوع رقم و همچنین اثر متقابل رقم و قارچ میکوریز در تولید اندازه ریزغده در تمامی کلاسها و همچنین تعداد کل ریزغده در گیاهچه در سطح 1% معنی‌دار شد (جدول 2 و شکل 1). اما اثر متقابل رقم و قارچ میکوریز در درصد ماده خشک ریزغده معنی‌دار نشد (شکل 2). در متوسط تعداد ریز غدهٔ بزرگتر از 5 گرم، دو رقم در مایه‌زنی با مخلوط دو گونه نسبت به کاربرد جداگانه و تیمار شاهد (عدم مایه‌زنی قارچ میکوریز) تعداد بیشتری ریزغدهٔ درشت تولید کردند که در رقم سانته با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت اما در رقم آگریا تفاوت معنی‌داری با مایه‌زنی با گونه*G. etunicatum* نداشت. در متوسط تعداد ریزغده در محدوده 3 تا پنج گرم با مایه‌زنی قارچ افزایش معنی‌داری در تولید ریزغده بوجود آمد. دو رقم در کاربرد دو گونهٔ قارچ میکوریز 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 سایر تیمارها در این رقم

Archive of SID

www.SID.ir

و نیز رقم آگریا تفاوت معنی‌دار در سطح 5% نشان داد. رقم سانته نسبت به آگریا در مایه‌زنی با قارچ ریزغدهٔ بیشتری در محدوده 1 تا 3 گرم تولید نمود. به طوری که در این اندازه همه تیمارهای میکوریزایی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند. اما در رقم آگریا صرفاً با مخلوط دو گونه قارچ تفاوت معنی‌دار با شاهد (عدم کاربرد قارچ) حاصل شد. در تعداد ریزغدهٔ تولیدی در اندازه کوچکتر از 1 گرم دو رقم کاملاً متفاوت از هم عمل کردند. در رقم سانته بیشترین میزان ریزغده در این اندازه در مایه‌زنی با مخلوط دو گونه بدست آمد که با سایر تیمارها در این رقم تفاوت معنی‌دار داشت. در مقابل در رقم آگریا بیشترین میزان ریزغده در این اندازه در مایه‌زنی با گونه *G. etunicatum* حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با مخلوط دو گونه نداشت اما با گونه *G.mosseae* و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول2). در مجموع دو رقم بیشترین تعداد کل ریز غده در گیاهچه را در مایه‌زنی با مخلوط دو گونه قارچ میکوریز تولید کردند که در رقم سانته با متوسط تولید 19/02 با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد اما در رقم آگریا (با متوسط تعداد 8/60 عدد) تفاوت معنی‌دار در مایه‌زنی با گونه *G.etunicatum* نداشت (شکل 1). با مایه‌زنی گیاهچه‌ها توسط قارچ‌های میکوریز درصد ماده خشک ریزغده به صورت قابل توجهی افزایش پیدا کرد به طوری که میانگین درصد ماده خشک ریزغده در هر دو رقم در تیمارهای میکوریزایی تفاوت معنی‌دار در سطح 5% با تیمار شاهد نشان داد. میزان افزایش ماده خشک ریزغده در هر دو رقم در گیاهچه های مایه‌زنی شده با گونه *G.etunicatum* و مخلوط دو گونه بیشتر از میزان آن در مایه‌زنی با گونه *G.mosseae* بود. هرچند تفاوتها در سطح 5% معنی دارنشد. 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 و تفاوت دو رقم در سطح 5% با آزمون دانکن معنی دار شد (شکل2).

بحث

اثرات قارچ میکوریز در تسهیل جذب فسفر، تحریک رشد و افزایش کارآیی و عملکرد سیب‌زمینی در شرایط مزرعه با پژوهش‌هایی چند مورد تأیید قرار گرفته است. اما پژوهش‌های کمتری در بررسی اثرات آن در جذب فسفر و سایر عناصر کم مصرف در شرایط کشت بافت و در هنگام انتقال گیاهچه‌ها صورت گرفته است. اثرات قابل توجه قارچ میکوریز در افزایش جذب فسفر، آهن منگنز و روی در این پژوهش و بویژه در تیمار مخلوط قارچ می‌تواند به عنوان یک دستآورد مهم تلقی شود. از آنجاییکه محدودیت منابع غذایی در محیطهای کشت معمول (پیت و پرلایت) در کشت گیاهچه‌ها وجود دارد، قارچ میکوریز با افزایش جذب عناصر غذایی می‌تواند خلأ ناشی از کمبود آنها را جبران کند. همچنین در شرایطی که استفاده از مواد غذایی تکمیلی از طریق کودهای شیمیایی شبیه این پژوهش مد نظر باشد، قارچ میکوریز ضمن افزایش جذب به کارآمدی بهتر سیستم تولید در گلخانه کمک می‌کند.

فسفر و عناصر غذایی کم مصرف همواره با مشکلات بیشتری در جذب توسط گیاهان زراعی و بویژه در سیب‌زمینی مواجه هستند. این محدودیت‌ها به ویژه با اثرات آنتاگونیستی فسفر بالا در ممانعت از جذب روی و یا مقدار منگنز بیشتر در ممانعت از جذب روی دو چندان نیز می‌شود (جایاچاندران و همکاران، 1992 و دیوید و همکاران، 2007). قارچ میکوریزا با اثر رقیق سازی و تحریک رشد ضمن کاهش جذب هر کدام از عناصر در شرایط سمیّت و افزایش جذب در شرایط کمبود عنصر، اثرات آنتاگونیستی را تا حدودی تعدیل می‌کند. در این پژوهش تفاوت قابل توجهی در میزان جذب فسفر و هر سه عنصر ریز مغذی در دو رقم سیب‌زمینی سانته و آگریا در تیمار شاهد و تیمارهای میکوریزایی وجود داشت. این یافته تأییدی بر نتایج پژوهش جرلف (1977) می‌باشد که ارقام سیب‌زمینی را از لحاظ قابلیت جذب عناصر غذایی به تیپ‌های کارآمد[1] و واکنشی[2] تقسیم نمود.

مایه‌زنی با مخلوط دو گونه قارچ در مقایسه با کاربرد مجزای دو گونه در افزایش جذب عناصر غذایی و راندمان تولید ریزغده مؤثرتر بود. به نظر می‌رسد 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 میکوریز در ایجاد رابطه همزیستی مؤثر در گیاهچه‌های سیب‌زمینی قبلاً با پژوهش الیزابت و همکاران (2000) نیز به اثبات رسیده بود.

ضریب تکثیر نسبتاً پایین از مشکلات اصلی برنامه‌های تولید هسته بذری در سیب‌زمینی می‌باشد. این نقیصه 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 (استروویک و ویرسما، 1999) با این وصف امروزه با

[1] Efficient type.
[2] Responsive type.

Archive of SID

www.SID.ir

اجرای پروژه‌های مختلف در صدد رفع این معضل برآمده و با انجام روش‌های نوین از جمله استفاده از شیوهٔ هواکشت موفقیت‌هایی نیز کسب شده است (آتازو، 2010). ثابت شده است که مایه‌زنی قارچ‌های میکوریز در سیستم هواکشت بسیار موفق بوده و امروزه به عنوان یک روش سالم و مؤثر در تکثیر زادمایه از قارچ میکوریز به کار گرفته می‌شود (آیجدو و همکاران، 2010). پیشنهاد می‌شود که با توجه به موفقیت‌آمیز بودن نتایج پژوهش اخیر در افزایش ضریب تکثیر، در برنامه‌های تولید بذر سیب‌زمینی با روش هواکشت نیز مایه‌زنی با قارچ میکوریز مورد آزمون و بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در مجموع با نتایج این پژوهش مشخص شد که مایه‌زنی گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در سیب‌زمینی با قارچ میکوریز تأثیر قابل توجهی در کارآیی جذب مواد غذایی و در نتیجه تحریک رشد در آنها دارد. افزایش قدرت رشد گیاهچه‌ها ضمن اینکه به استقرار مطلوب‌تر آنها در محیط گلخانه کمک کرد، در عین حال ضریب تکثیر گیاهچه و ماده خشک ریزغده را نیز به صورت معنی‌داری افزایش داد. افزایش در ضریب تکثیر به ازاء هر واحد در بیشتر تیمارهای میکوریزایی تا حدی بیشتر از دو برابر بود. این افزایش معنی‌دار در راندمان تولید ریزغده در گیاهچه‌های سیب‌زمینی یک دستآورد مهم در برنامه کشت بافت سیب‌زمینی در تولید بذر می‌باشد که نقطه عطفی در استفاده مطلوب‌تر، سالم‌تر و کارآمدتر از این تکنولوژی محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

از زحمات بی‌دریغ خانم مهندس قربانی و همچنین مساعدت آقای مهندس نوائی مسئول گلخانه کشت بافت در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان تشکر می‌نماییم. همچنین از تلاش‌های جناب آقای مهندس یزداندوست عضو هیأت علمی و رئیس بخش تحقیقات اصلاح بذر در ایجاد هماهنگی لازم در اجرای پروژه قدردانی می‌گردد.

جدول 1- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم، قارچ‌های میکوریز و نیز اثرات متقابل آنها بر درصد کلونیزاسیون و غلظت عناصر غذایی در گیاهچه‌های سیب‌زمینی

تیمارها	عنصر غذایی			
سطوح رقم		آهن	منگنز	منگنز
	درصد کلونیزاسیون	فسفر (%)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)
آگریا	34/12 a	0/384 a	268/93 a	148/50 b	98/87 a
سانته	40/81 a	0/332 b	255/37 a	184/87 a	96/87 a
سطوح مختلف قارچ میکوریز					
شاهد(بدون زادمایه قارچ)	0/00 c	0/210 c	174/63 c	97/37 c	64/50 c
مایه‌زنی با قارچ (گونه *G. mosseae*)	36/62b	0/340 b	250/00 b	163/25 b	92/62 b
مایه‌زنی با قارچ (گونه *G. etunicatum*)	55/28 a	0/436 a	305/88 a	194/00 a	115/25 a
مایه‌زنی با قارچ (مخلوط دو گونه)	58/00 a	0/445 a	318/13 a	212/12 a	119/12 a
اثرات متقابل رقم و قارچ میکوریز					
آگریا × بدون زادمایه قارچ	0/00 d	0/221 d	175/00 d	87/50 e	65/50 c
آگریا × گونه *G. mosseae*	35/25 c	0/341 c	246/75 c	137/50 d	91/00 b
آگریا × گونه *G. etunicatum*	49/25 b	0/487 a	321/25 ab	175/25 c	114/00 a
آگریا × مخلوط دو گونه	52/00 b	0/486 a	331/75 a	192/75 bc	117/00 a
سانته × بدون زادمایه قارچ	0/00 d	0/200 d	173/25 d	107/25 e	63/50 c
سانته× گونه *G. mosseae*	38/00 c	0/339 c	253/25 c	189/00 bc	94/25 b
سانته × گونه *G. etunicatum*	61/25 a	0/385 b	290/50 b	211/75 ab	116/50 a
سانته × مخلوط دو گونه	64/00 a	0/405 b	304/50 ab	231/50 a	121/25 a

حروف غیر مشابه در هر ستون با اثر مربوطه، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها می‌باشد.

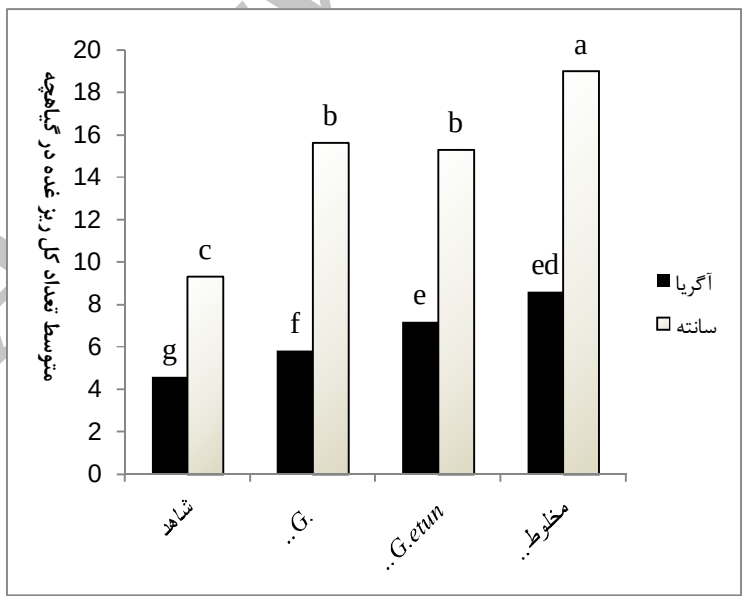
Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم، قارچ‌های میکوریز و نیز اثرات متقابل آنها بر تولید ریزغده در اندازه‌های مختلف در گیاهچه‌های سیب‌زمینی

تیمارها	اندازه ریزغده			
سطوح رقم	تعداد ریزغده در گیاهچه (بزرگتر از 5 گرم)	تعداد ریزغده در گیاهچه (3-5 گرم)	تعداد ریزغده در گیاهچه (1-3 گرم)	تعداد ریز غده در گیاهچه (کوچکتر از 1 گرم)
آگریا	2/05 a	1/23 a	1/78 b	1/49b
سانته	0/83 b	1/31 b	6/94 a	5/71 a
سطوح مختلف قارچ میکوریز				
شاهد (بدون زادمایه قارچ)	1/17 c	0/68 c	2/61 d	2/50 c
مایه‌زنی با قارچ (گونه *G. mosseae*)	1/33 b	1/21 b	4/46 c	3/71 b
مایه‌زنی با قارچ (گونه *G. etunicatum*)	1/40 b	1/11 b	4/91 b	3/82 b
مایه‌زنی با قارچ (مخلوط دو گونه)	1/87 a	2/08 a	5/46 a	4/38 a
ترکیب‌های مختلف رقم با سطوح قارچ میکوریز				
آگریا × بدون زادمایه قارچ	1/92 b	0/65 d	1/32 f	0/72 f
آگریا × گونه *G. mosseae*	1/82 b	1/25 c	1/70 e	1/05 f
آگریا × گونه *G. etunicatum*	2/22 a	1/15 c	1/65 e	2/17 e
آگریا × مخلوط دو گونه	2/25 a	1/87 b	2/45 d	2/02 e
سانته × بدون زادمایه قارچ	0/42 e	0/72 d	3/90 c	4/27 d
سانته× گونه *G. mosseae*	0/85 d	1/17 c	7/22 b	6/37 b
سانته × گونه *G. etunicatum*	0/58 e	1/07 c	8/17 a	5/47 c
سانته × مخلوط دو گونه	1/5 c	2/30 a	8/47 a	6/75 a

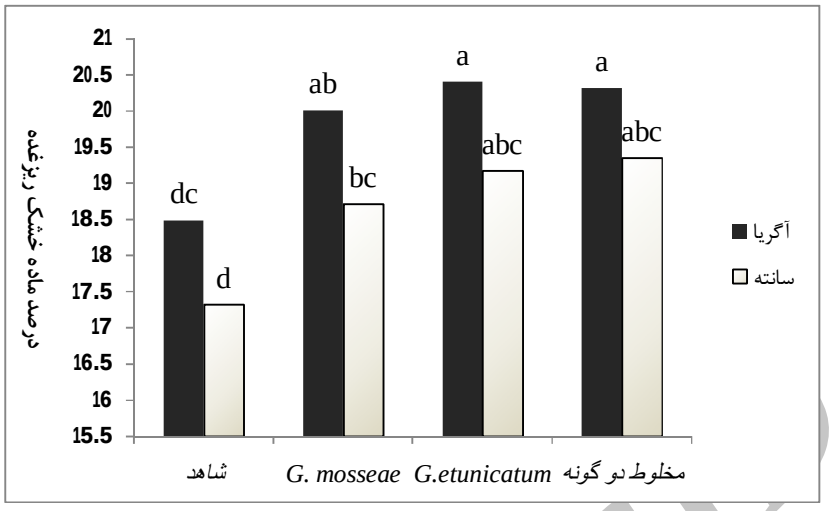
حروف غیر مشابه در هر ستون با اثر مربوطه، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها می‌باشد.



شکل 1- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و قارچ میکوریز بر تولید کل ریز غده در گیاهچه‌های سیب‌زمینی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 2- مقایسه میانگین مربوط به اثر رقم و قارچ میکوریز بر درصد ماده خشک ریز غده در گیاهچه‌های سیب‌زمینی

فهرست منابع:

1. اشراف، ح.، دشتی، ف و پرویزی، خ. 1387. بررسی کاربرد پاکلوبوترازول و تراکم کشت گیاهچه های سیب زمینی بر میزان تولید ریزغده و کیفیت آن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی سینا همدان.
2. امامی، ع. 1375. روشهای تجزیه گیاه .جلد اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج، 128 صفحه.
3. Azcón, R., Ambrosano, E. and Charest, C. 2003 Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. Plant Science 165: 1137-1145.
4. Bagyaraj, D.J and Varma, A. 1995. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants, and their importance in sustainable agriculture in arid and semi-arid tropics. Advances in Microbial Ecology 14: 119-142.
5. Beever, R.E and Burns, D.J.V. 1980. Phosphorus uptake, storage and utilization by fungi. Advances in Botanical Research 8: 128-137.
6. Bierman, B. and Linderman, R.G. 1980. Quantifying vesicular – arbuscular mycorrhizae: a proposed method towards standardization. New Phytologist 87:63 – 67.
7. Capaccio, L.C and Callow, J.A. 1982. The enzymes of polyphosphate metabolism in vesicular arbuscular mycorrhizas. New Phytologist 91: 81-97.
8. 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 J 60: 665-671.
9. David, D., Gerald, N., Carolyn, R and Paul, R.H. 2007. Inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. Biological Agriculture and Horticulture 25: 67-78.
10. Davies, Jr., 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.
11. Duffy, E. M., Hurley, E.M and Casseles, A.C. 1999. Weaning performance of potato microplants following bacterization and micorrhization. Potato Res 42: 521-527.
12. 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.

Archive of SID

www.SID.ir

13. Frey, B and Schuep, F. 1992. Transfer of Symbiotically fixed nitrogen from berseem(*Trifolium alexandrium L.*) to maize via vesicular arbuscular mycorrhizal hyphae. New Phytologist 122: 447-454.
14. Gerloff, S. 1977. Plant efficiencies in use of N, P and K. in: adaptation to mineral stress in problem soils. New York7 Cornell Univ Press. pp. 161– 174.
15. 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.
16. Habte, M., Miyasaka, S.C and Matsuyama, D.T. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi improve early forest tree establishment. Plant nutrition Food security and sustainability of agro-ecosystems. Kluwer Academic Publishers, Netherland. pp. 644-645.
17. Ijdo, M., Cranenbrouck, S., and Declerck, S. 2010. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. Mycorrhiza Spriger-Verlag, 2010.
18. Jayachandran, K., Schwab, A.P and Hetrick, B.A.D. 1992. Mineralization of organic phosphorus by vesicular mycorrhizal fungi. Soil Biology and Biochemical 9: 897-903.
19. Kierman, J.M., Hendrix, J.W., Soltz, L.P. and Moronek, D.M. 1984. Characterization of strawberry plants produced by tissue culture and infected with specific mycorrhizal fungi. Horticultural Science 19: 883-885.
20. Klerk, G.I and Brugge, J. 1992. Factors affecting adventitious root formation in microcuttings of Malus. Agronomie Journal 12: 747-755.
21. Norris, J.R., Read, D.J and Varma, A.K. 1992. Methods in microbiology, Vol. 23, Academic press, UK.
22. Otazu, V. 2010. Manual on quality seed potato production using aeroponics. International potato Cenre (CIP). Lima, Peru. 44 pp.
23. Ravolanirina, F., Gianinazzi, S., Trouvelot, A. and Carre, M. 1989. Production of endomycorrhizal explants of micropropagated grapevine rootstocks. Agriculture Ecosystem and Environment 29: 323-327.
24. Rekha, B., Shruti, C., Rashmi, S., Sharma, A.K and Johri, B. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and nutrient status of *Dalbergia sissoo*. Tropical Ecology Journal 50 (2): 231-242.
25. Sherameti, I., Shahollari, B., Venus, Y., Altschmied L., Varma, A. and Oelmuller, R. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* stimulates the expression of nitrate reductase and the starch degrading enzyme glucan water dikinase in tobacco and Arabidopsis roots through a homeodomain transcription factor that binds to conserved motif in their promoters. Journal Botany and Chemistry 280: 26241-26247.
26. Struik, P.C. and Wiersema, S.G. 1999. Seed Potato Technology. Wageningen Press, Wageningen, Netherland.
27. Usoukainen, M. and Vestberg, M. 1994. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizas on rooting, weaning and subsequent growth of micropropagated Malus (L) Moench. Agriculture Science Finland 21: 66-72.
28. Varma, A. and Schuepp, H. 1995. Mycorrhization of mycorrhizal plantlets. In 'Mycorrhizae: biofertilizers for the future' (eds. Adholeya A and Singh S), Tata Energy Research Institute, New Delhi. pp. 322-327.
29. Vestberg, M. and Estaun, V. 1994. Micropropagated plants, an opportunity to positively management of mycorrhizal activities. Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystem'. Birkhauser Verlag, Basel/Switzerland. pp. 217-226.
30. 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 Journal 12: 235-242.

Archive of SID

www.SID.ir