تأثیر گونه‌های قارچ مایکوریزای آربوسکولار بر برخی صفات رشدی، بیوشیمیایی و جذب عناصر در ریشه‌زایی قلمه ارقام زیتون

محمد رضا صفری مطلق[۱*]، بهزاد کاویانی[۲] و محمد حسین انصاری[۳]

[۱] **ایران، رشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، دانشکده کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی**

[۲] **ایران، رشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، دانشکده کشاورزی، گروه باغبانی**

[۳] **ایران، رشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

چکیده

قارچ‌های مایکوریزای آربوسکولار یکی از مهم‌ترین همزیست‌های قارچی در گیاهان هستند که تغذیه معدنی و رشد را اصلاح می‌کنند. این قارچ‌ها به عنوان کودهای زیستی، تنظیم کننده‌های زیستی و حمایت کننده‌های زیستی عمل می‌کنند. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی اثر *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر ریشه‌دهی و رشد قلمه‌های زیتون (*Olea europaea* L.) ارقام کرونایکی (Koroneiki) و زرد (Yellow)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور (ارقام زیتون و گونه‌های قارچ مایکوریزای آربوسکولار) و سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که در هر دو رقم، تلقیح مایکوریزایی، کلونیزاسیون ریشه و شدت آغشتگی (مقدار نفوذ قارچ مایکوریزا در ریشه) را به وجود می‌آورد. اثر بر هم کنش رقم و گونه‌های قارچی بر همه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. رقم *G. mosseae* نسبت به رقم *G. intraradices* و نیز نسبت به شاهد از برتری معنی‌داری در ارتقای همه صفات اندازه‌گیری شده به جز نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه برخوردار بود. همچنین غلظت و جذب عناصر فسفر، آهن، پتاسیم و منیزیم در برگ‌ها و کل گیاه در تیمارهای مایکوریزایی افزایش یافت. باتوجه به نتایج به دست آمده، برای افزایش ریشه‌زایی و تسریع استقرار قلمه در ارقام زیتون، کاربرد *G. mosseae* توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تلقیح مایکوریزایی، جذب عناصر، زیتون، صفات رشدی

* نویسنده مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۱۱۳۸۴۱۶۸، پست الکترونیکی: safarimotlagh@iaurasht.ac.ir

مقدمه

زیتون (*Olea europaea*) از خانواده Oleaceae مصارف غذایی، دارویی، صنعتی و بهداشتی فراوانی دارد. تولید نهال با ریشه‌زایی و تغذیه مناسب مهم‌ترین عامل توسعه گیاهانی نظیر زیتون در سراسر جهان است. با توجه به تقاضای بالا و رشد کند نهال‌های جوان زیتون، یافتن راهی برای افزایش رشد و عملکرد این گیاه ضروری است. رقم زرد زیتون دارای قدرت رشد نیمه قوی، عادت رشد گسترده و تراکم تاج نسبتاً متراکم است. مصرف این رقم دو منظوره (کنسروی و روغنی) است. رقم کرونایکی به طور عمده برای تولید روغن زیتون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده گسترده از کودهای شیمیایی هزینه‌بر است و مشکلات زیادی را برای محیط زیست ایجاد می‌کند، بنابراین استفاده از کودهای زیستی (بیولوژیک) پایدار ضروری است. کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی هستند که رشد گیاه را به وسیله تبدیل عناصر مهم غذایی از شکل غیرقابل‌دسترس به شکل قابل-

دسترس بهبود می‌بخشند (۲۲). کودهای زیستی با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می-گردند.

قارچ‌های مایکوریزای آربوسکولار به عنوان یک کود زیستی باعث تجزیه مواد آلی، انتقال آب و مواد مغذی به گیاه میزبان، تولید هورمون‌های گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها، کاهش آسیب‌های ریشه‌ای، تشکیل دانه‌بندی خاک، بهبود مقاومت به خشکی، شوری و تنش اکسیداتیو و از بین بردن برخی عوامل بیماری‌زا می‌شوند (۱۳، ۳۳ و ۳۴). مایکوریزا با نفوذ در خلل و فرج خاک، ساختمان آنرا اصلاح می‌کند و با جذب برخی عناصر سمی، نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد (۲۷ و ۳۰). افزایش عملکرد دانه آفتاب‌گردان و گندم، بعد از تیمار با مایکوریزا نشان داده شد (۵ و ۶). ذوالفقاری و همکاران (۷) اثر مثبت همزیستی قارچ مایکوریزای آربوسکولار *G. mosseae* با ریشه گیاه ریحان روی ویژگی‌های رشدی و میزان اسانس را نشان دادند. همچنین، همزیستی این قارچ با شوید و لوبیا باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد (۱۰).

حدود ۹۰ درصد از گونه‌های گیاهان آوندی حداقل با یکی از تیپ‌های مایکوریزا ارتباط همزیستی دارند (۳۹). تحقیقات نشان داد که در اکثر موارد، تلقیح ریشه گیاهان با این قارچ‌ها منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردد (۲۶). نقش عمده قارچ در این همزیستی، جذب و انتقال بیشتر عناصر غذایی به ویژه فسفر به گیاه میزبان است (۲۶). افزایش جذب و انتقال پتاسیم، منگنز، روی، مس و نیتروژن نیز توسط گیاهان مایکوریزایی مانند ذرت، سویا و سورگوم در بسیاری از آزمایش‌ها به اثبات رسیده است (۱۱ و ۲۰). در پژوهشی که توسط سوبرامانیان و همکاران (۳۸) روی گوجه فرنگی انجام گرفت مشخص گردید که همزیستی ریشه با یک گونه از مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد شد. اثر مثبت مایکوریزای آربوسکولار *G. mosseae* روی ارتقای بسیاری از صفات رویشی و زایشی و درصد پروتئین گیاه ذرت نشان داده شد (۹). میزان قندهای محلول و کلروفیل برگ در گیاه ریحان تیمار شده با قارچ مایکوریزا بیشتر از گیاه شاهد بود (۲). استفاده از قارچ‌های مایکوریزای آربوسکولار در برخی درختان سبب افزایش فتوسنتز و رشد می‌شود (۲۵). در مطالعه‌ای اثر مایکوریزای آربوسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتاب‌گردان در شرایط تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر تلقیح مایکوریزا بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز تعداد کل دانه‌ها، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌های پر و درصد روغن معنی‌دار بود (۴). ریشه‌های مایکوریزایی نسبت به ریشه‌های بدون مایکوریزا قادر به جذب و انتقال مواد غذایی بیشتر هستند، بنابراین مواد غذایی کم‌تحرک مثل فسفر را بیشتر در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۲۲). در یک بررسی دیگر، تأثیر تلقیح با میکوریزا و پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه بزرگ در سطوح مختلف خشکی مورد مطالعه قرارگرفت و مشخص شد که تلقیح مایکوریزایی اثرات مثبتی روی صفات مورد مطالعه مانند ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل اندام‌های هوایی دارد (۳).

قلمه‌های زیتون سخت ریشه‌زا هستند و رشد کندی دارند. هدف از این تحقیق بررسی اثر دو گونه از قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار یعنی *G. mosseae* و *G. intraradices* روی صفات رشدی، تغییرات بیوشیمیایی و جذب برخی عناصر در ارقام کرونایکی و زرد نهال زیتون (*Olea europaea* L.) بود.

مواد و روشها

منطقه پاچنار شهرستان لوشان به لحاظ اقلیمی خاص، یکی از مناطق بسیار با صرفه اقتصادی برای تولید نهال زیتون

می‌باشد. به همین منظور این آزمایش در گلخانه‌ای واقع در این منطقه اجرا شد.

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل دو سطح (ارقام زیتون کرونایکی و زرد) و فاکتور دوم شامل سه سطح (گونه‌های قارچ *G. mosseae*، *G. intraradices* و شاهد) بود و در هر تکرار ۱۰ گیاه پایه‌ریزی شد. جدول ۱ مشخصات تیمارهای به‌کار رفته را نشان می‌دهد.

در این آزمایش دو رقم زیتون زرد و کرونایکی که تولید میوه‌های نسبتاً درشتی می‌نمایند، مورد بررسی قرارگرفتند. قلمه‌های ریشه‌دار شده این گیاه به تعداد مورد نیاز از بستر میست تهیه شدند. مایه تلقیح، قارچ مایکوریزای VAM بود که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) و به‌صورت پودر بسته‌بندی شده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید. در هر گلدان و قبل از گذاشتن نهال، ۵ گرم از مایه تلقیح زیر قلمه ریخته شد و سپس قلمه روی آن قرارگرفت و با خاک پوشانده شد. آبیاری (۴۰۰ میلی‌لیتر) بلافاصله پس از کاشت برای هر گلدان انجام شد. بقیه آبیاری از کف انجام شد، به طوری که در زیر هر گلدان یک سینی قرار داده شد و آب در سینی ریخته شد تا از کف گلدان جذب شود.

در این پژوهش برای بستر کشت از گلدان‌های پلاستیکی با دهانه ۱۸ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متر که با خاک بومی منطقه پر شده بودند، استفاده گردید. گلدان‌ها به فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۱۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها از یکدیگر در کنار هم قرار گرفتند (۳). بافت خاک مورد استفاده، رسی- لومی بود (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات تیمارهای به‌کاررفته در آزمایش

شماره تیمار	مشخصات تیمار	علامت اختصاری تیمار
۱	کرونایکی (شاهد)	C1M0
۲	کرونایکی + *G. mosseae*	C1M1
۳	کرونایکی + *G. intraradices*	C1M2
۴	زرد (شاهد)	C2M0
۵	زرد + *G. mosseae*	C2M1
۶	زرد + *G. intraradices*	C2M2

جدول ۲- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

مشخصات نمونه	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته کل اشباع	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)
خاک پاچنار	۱/۱۲	۶/۸۷	۲/۲۸	۰/۲۱	۵	۹۳

مقدار قارچ مایکوریزای استفاده شده برای تیمارهایی که در آن از قارچ مایکوریزا استفاده شد، ۱۰ گرم در هر گلدان بود. قارچ در فاصله یک سانتی‌متری از انتهای ریشه ریخته شد، سپس قلمه‌ها کشت گردیدند.

آبیاری در طول فصل رشد به‌صورت یکنواخت و به مقدار کافی صورت گرفت. در هفته اول، به‌منظور مقاوم‌سازی قلمه‌ها به شرایط جدید، آبیاری اتوماتیک سه نوبت در روز و به‌مدت ۳ دقیقه انجام شد. در هفته دوم، تعداد آبیاری به دو نوبت در روز و از هفته سوم به یک نوبت در روز کاهش یافت. از اوایل خرداد، به دلیل گرم شدن هوا، آبیاری یک نوبت در روز و به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. در ضمن، باتوجه به شرایط آب و هوایی، میزان و مدت آبیاری به صورت روزانه اصلاح گردید (هدایت الکتریکی آب ۰/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر بود). در طول

آزمایش مراقبت‌های لازم مانند کوددهی، آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها صورت گرفت (۳). در پایان هفته پنجم برای اطمینان از همزیستی، نمونه‌ای از ریشه‌ی قلمه‌ها پس از رنگ‌آمیزی زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرارگرفت.

برای تعیین درصد آغشتگی از روش تقاطع شبکه‌ای استفاده شد. برای این منظور ۰/۲ گرم از ریشه‌های رنگ - آمیزی شده با تری پن‌بلو در داخل تشتک‌های پتری (که زیر آنها کاغذ میلی‌متری قرار داشت) به صورت تصادفی پخش شدند و در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرارگرفتند و درصد کلونیزاسیون تعیین گردید (۱۷).

صفات وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، اندازه بلندترین طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و همچنین تعداد برگ اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری بلندترین طول ریشه، ریشه‌ها در ناحیه طوقه از اندام هوایی جدا شدند و پس از شستشو با آب، اندازه بلندترین ریشه با خط‌کش تعیین و ثبت گردید. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر ریشه، پس از محاسبه حجم ریشه، ریشه‌ها از آب خارج شدند و به‌مدت چندین ساعت روی حوله خشک و تمیز قرارگرفتند تا آب اضافی آنها خارج گردد، سپس با ترازوی دیجیتال وزن آنها خوانده شد. برای خشک کردن ریشه‌ها، از آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. وزن خشک ریشه‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه- گیری شد. برای محاسبه تعداد برگ، تمام برگ‌های موجود در هر گیاه در مرحله پایان آزمایش شمارش شدند. برای محاسبه وزن تر و خشک اندام هوایی، گیاهان در پایان دوره آزمایش از گلدان خارج و سپس اندام هوایی در ناحیه طوقه از ریشه جدا شد و وزن تر با ترازوی دیجیتال توزین گردید. آن‌گاه گیاهان به‌مدت ۲۴ ساعت درون آون در درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند تا خشک شوند، سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. بعد از خشک کردن برگ‌ها، یک نمونه ۱۰ گرمی از هر تیمار به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه‌گیری فسفر به روش وانادات–مولیبدات، آهن و منیزیم به روش جذب اتمیک و پتاسیم به روش فلیم فتومتری انجام شد (۴۰). بعد از به دست آوردن مقدار غلظت عناصر در برگ، مقدار جذب کل نیز محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی نتایج حاصل از داده‌ها، از نرم‌افزارهای SPSS و SAS استفاده شد.

نتایج

اثر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده

۱ – ارتفاع ساقه: تفاوت‌های ارتفاع ساقه در نمونه‌های گیاهی تیمار شده با دو گونه قارچ مایکوریزا، همچنین اثر متقابل رقم و مایکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد ($P\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۳). اختلاف معنی‌داری بین ارقام زیتون در مورد صفت ارتفاع وجود نداشت (جدول ۳). ارتفاع ساقه با کاربرد قارچ مایکوریزا روی ارقام زیتون تغییر یافت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع ساقه در گیاه (۱۵۰ سانتی‌متر) در رقم زرد تلقیح شده با *G. mosseae* به دست آمد (جدول ۴). این ارتفاع تقریباً دو برابر ارتفاع در گیاهان تلقیح نشده با قارچ‌های مایکوریزا بود. گونه *G. mosseae* نسبت به گونه *G. intraradices* در ارتباط با تحریک رشد ساقه از برتری معنی‌داری برخوردار بود. همچنین از نظر ارتفاع ساقه، رقم زرد واکنش بهتری به تلقیح نشان داد. قارچ *G. mosseae* ، رقم زرد و *G. intraradices*، رقم کرونیکا را بیشتر تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴).

۲ – شدت آغشتگی: جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان دهنده وجود اثر معنی‌دار ترکیب‌های تیماری رقم و قارچ مایکوریزا بر شدت آغشتگی (مقدار نفوذ قارچ مایکوریزا در ریشه) در سطح احتمال ۱ درصد ($P\leq ۰/۰۱$) بود. بیشترین شدت آغشتگی برای هر دو رقم کرونایکی (با میانگین ۸۷ درصد) و زرد (۷۴ درصد) با

استفاده از *G. mosseae* به دست آمد (جدول ۴). کمترین شدت آغشتگی برای هر دو رقم کرونایکی (با میانگین ۶۱ درصد) و زرد ۵۷ درصد) با به کارگیری *G. intraradices* به دست آمد (جدول ۴).

۳ – کلونیزاسیون ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رقم و قارچ بر کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه نشان داد که بیشترین کلونیزاسیون ریشه برای هر دو رقم کرونایکی (با میانگین ۷۳ درصد) و زرد (۶۵ درصد) با استفاده از *G. mosseae* به دست آمد (جدول ۴). کمترین کلونیزاسیون ریشه برای هر دو رقم کرونایکی (با میانگین ۵۰ درصد) و زرد ۴۵ درصد) با استفاده از *G. intraradices* به دست آمد (جدول ۴).

۴ – وزن خشک اندام هوایی: مقایسه میانگین اثر گونه مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی قلمه نشان داد که تلقیح مایکوریزایی با *G. mosseae* به طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش داد ولی *G. intraradices* برتری معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نیز نشان داد که در هر دو رقم زیتون، تلقیح مایکوریزایی منجر به برتری معنی‌دار در وزن اندام هوایی نسبت به شاهد شده است و *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices* از برتری معنی‌داری برخوردار بود. بر خلاف وزن خشک ریشه که رقم کرونایکی واکنش بهتری به تلقیح نشان داده بود، از نظر وزن خشک اندام هوایی، رقم زرد واکنش بهتری داشت و در رقم زرد، *G. mosseae* نسبت به شاهد، وزن خشک اندام هوایی را ۱۲/۴۵ درصد افزایش داد، در حالی که در رقم کرونایکی افزایش وزن خشک توسط *G. mosseae* نسبت به شاهد ۷۶/۳۰ درصد بود. در مجموع بیشترین وزن خشک اندام هوایی در رقم زرد و با به کارگیری *G. mosseae* با میانگین ۸۰ گرم به دست آمد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه مایکوریزا و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد ($P\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۳).

۵ – وزن خشک ریشه: اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ارقام زیتون، گونه‌های قارچ مایکوریزا و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد ($P\leq ۰/۰۱$) وجود داشت (جدول ۳). با نگاهی به جدول ۴ می‌توان دریافت که تلقیح مایکوریزایی به‌طور معنی‌دار وزن خشک ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد و *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices* از برتری معنی‌داری برخوردار بود. همچنین مقایسه میانگین اثر رقم بر وزن خشک ریشه نشان داد که رقم کرونایکی با میانگین ۲۷ گرم نسبت به رقم زرد با میانگین ۳۳/۲۰ گرم وزن خشک ریشه بیشتری دارد. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و قارچ بر وزن خشک ریشه نیز نشان داد که اگرچه بین ارقام زیتون در مورد *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی ارقام به تلقیح *G. mosseae* واکنش متفاوتی نشان دادند و رقم کرونایکی واکنش بهتری نشان داد و نسبت به شاهد، وزن خشک ریشه را ۲۱/۷۰ درصد افزایش داد، در حالی که در رقم زرد افزایش وزن خشک ریشه توسط *G. mosseae* نسبت به شاهد ۲۹/۶۱ درصد بود. در مجموع بیشترین وزن خشک ریشه (۴۷ گرم) در مورد رقم کرونایکی و با استفاده از قارچ *G. mosseae* به - دست آمد (جدول ۴).

۶ – وزن خشک کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه مایکوریزا، رقم زیتون و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک کل گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک کل نشان داد که در هر دو رقم زیتون، تلقیح مایکوریزایی وزن خشک کل را نسبت به عدم تلقیح افزایش داد و *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices*

برتری معنی‌داری داشت. بیشترین وزن خشک ریشه نیز در مورد رقم کرونایکی و با به‌کارگیری *G. mosseae* با میانگین ۱۲۵ گرم به دست آمد (جدول ۴).

۷ – نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه: براساس جدول تجزیه واریانس، اثر گونه مایکوریزا در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل رقم و مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد روی صفت نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نیز نشان داد که در هر دو رقم زیتون، تلقیح مایکوریزایی منجر به کاهش معنی‌دار نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد گردید. همچنین رقم کرونایکی مایه زنی شده با *G. mosseae* با میانگین ۶۵/۲ کمترین نسبت را دارا بود (جدول ۴).

۸ – غلظت آهن برگ: مقدار آهن برگ‌ها، در تیمارهای مختلف، تفاوت‌های قابل توجهی را نشان داد. در هر دو رقم، تلقیح مایکوریزایی غلظت آهن برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. در میان تیمارهای مختلف، بیشترین مقدار آهن (۱۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ رقم کرونایکی تحت تلقیح با *G. mosseae* مشاهده شد (جدول ۴). برگ رقم زرد تلقیح شده با *G. mosseae* با میزان ۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن نسبت به سایر تیمارها بهتر بود. کمترین مقدار آهن (۵۴ و ۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به‌ترتیب در برگ ارقام زرد و کرونایکی زیتون شاهد (مایه‌زنی نشده با قارچ‌های مایکوریزا) مشاهده شد (جدول ۴). تفاوت‌های میزان آهن در نمونه‌های رشد یافته تحت تلقیح مایکوریزایی و اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۴). اثر رقم روی میزان آهن برگ معنی‌دار نبود.

۹ – غلظت فسفر برگ: مقدار فسفر برگ‌ها، در تیمارهای مختلف، تفاوت‌های قابل توجهی را نشان داد. در هر دو رقم، تلقیح قارچ‌های مایکوریزایی غلظت فسفر برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. در میان تیمارهای مختلف، بیشترین غلظت فسفر (۰/۳۶ و ۰/۳۲ درصد)، به ترتیب در برگ رقم کرونایکی و زرد مایه‌زنی شده با *G. mosseae* مشاهده شد (جدول ۴). کمترین مقدار فسفر (۰/۲۰ و ۰/۲۱ درصد)، به ترتیب در برگ ارقام کرونایکی و زرد زیتون شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). تفاوت‌های میزان فسفر در نمونه‌های رشدیافته تحت تلقیح مایکوریزایی و اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۳). اثر رقم روی میزان فسفر برگ معنی‌دار نبود.

۱۰ – غلظت پتاسیم برگ: در میان تیمارهای مختلف، بیشترین مقدار پتاسیم (۱/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برگ هر دو رقم زیتون (کرونایکی و زرد) شاهد مشاهده شد (جدول ۴). کمترین مقدار پتاسیم در برگ رقم کرونایکی و زرد تحت تلقیح با گونه *G. mosseae* مشاهده شد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه مایکوریزا بر غلظت پتاسیم برگ در سطح احتمال پنج درصد ($P\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار بود ولی اختلاف معنی‌داری بین اثر رقم و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر غلظت پتاسیم برگ وجود نداشت (جدول ۳).

۱۱ – غلظت منیزیم برگ: تفاوت‌های میزان منیزیم در ارقام زیتون رشدیافته تحت تلقیح مایکوریزایی، گونه‌های قارچی مایکوریزایی و اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار نبود (جدول ۳). در میان تیمارهای مختلف، بیشترین مقدار منیزیم در برگ هر دو رقم زیتون (کرونایکی و زرد) شاهد، محاسبه شدند. کمترین مقدار پتاسیم در برگ رقم کرونایکی و زرد مایه‌زنی شده با *G. mosseae* مشاهده شد (جدول ۴).

۱۲ – جذب آهن: قارچ مایکوریزا *G. mosseae* به میزان قابل‌توجهی مقدار جذب آهن را به ویژه در رقم زرد افزایش داد. میزان جذب با کمک این قارچ در رقم زرد بیش از دو برابر ارقام تلقیح نشده با قارچ‌ها بود. بالاترین

میزان جذب آهن (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم زرد زیتون تیمار شده با *G. mosseae* به‌دست آمد (جدول ۴). پایین‌ترین میزان جذب آهن (۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم کرونایکی شاهد محاسبه گردید (جدول ۴). تفاوت‌های میزان جذب آهن در نمونه‌های رشدیافته تحت تلقیح مایکوریزایی، در ارقام زیتون و اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۳).

۱۳ – جذب فسفر: قارچ مایکوریزا *G. mosseae* به‌میزان قابل‌توجهی مقدار جذب فسفر را به‌ویژه در رقم کرونایکی افزایش داد. بالاترین میزان جذب فسفر (۳۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) توسط رقم کرونایکی تیمار شده با *G. mosseae* دیده شد (جدول ۴). میزان جذب فسفر با کمک این قارچ در رقم کرونایکی بیش از سه برابر ارقام شاهد بود. پایین‌ترین میزان جذب فسفر (۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم کرونایکی شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). تفاوت‌های میزان جذب فسفر در تیمارهای مایکوریزایی، ارقام زیتون و اثر متقابل رقم و مایکوریزا معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۳).

۱۴ – جذب پتاسیم: بیشترین مقدار جذب پتاسیم (۱۱۲۰ و ۱۰۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به‌ترتیب در برگ هر دو رقم زیتون (کرونایکی و زرد) که با *G. mosseae* مایه‌زنی شده بودند، به دست آمد (جدول ۴). کمترین مقدار جذب پتاسیم (۵۰۲ و ۵۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به‌ترتیب در برگ زیتون کرونایکی و زرد شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه مایکوریزا بر میزان جذب پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد (P≤۰/۰۱) معنی‌دار بود ولی اثر رقم و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر میزان جذب پتاسیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳).

۱۵ – جذب منیزیم: بیشترین مقدار جذب منیزیم (۱۷۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به ترتیب در برگ هر دو رقم زیتون (زرد و کرونایکی) که با *G. mosseae* تلقیح شده بودند، به دست آمد (جدول ۴). کمترین مقدار جذب پتاسیم (۸۰ و ۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به ترتیب در برگ هر دو رقم زیتون (کرونایکی و زرد) که با قارچ‌ها تلقیح نشده بودند، به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه مایکوریزا بر میزان جذب منیزیم برگ در سطح احتمال یک درصد (P≤۰/۰۱) معنی‌دار بود ولی اثر رقم و اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر میزان جذب منیزیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر متقابل غلظت‌های مختلف دو گونه قارچ مایکوریزا و ارقام زیتون بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	صفات						
		ارتفاع ساقه	کلونیزاسیون ریشه	شدت آغشتگی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	وزن خشک کل
قارچ‌های مایکوریزا	۲	۱۳۶۵**	۱۳۰۸۱**	۲۳۷۱۱**	۱۶۲۲**	۱۱۱۲**	۴/۳۴۹*	۵۰۹۶**
رقم زیتون	۱	۵۰^{ns}	۶۴۵۳**	۱۳/۴۰۹^{ns}	۴۶/۷۲^{ns}	۲۰۰**	۰/۵۶۱^{ns}	۳۹۲*
رقم × گونه	۲	۱۱۷۹**	۱۶۸۳**	۷۶۴۵**	۱۰۶۰**	۹۸**	۱۸/۴۶**	۶۰۸*
خطا	۱۲	۱۵۰/۱	۷۳/۱۰۱	۶۳/۳۸۶	۱۰۵/۵	۶/۰۱	۰/۵۸۹	۷۶/۶۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۳۴	۳۹/۱۷	۰۹/۲۸	۱۶/۵۸	۱۰/۳۴	۲۰/۲۹	۹/۴۵

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۳ – تجزیه واریانس اثر متقابل غلظت‌های مختلف دو گونه قارچ مایکوریزا و ارقام زیتون بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	صفات						
		غلظت آهن برگ	غلظت فسفر برگ	غلظت پتاسیم برگ	غلظت منیزیم برگ	جذب آهن	جذب فسفر	جذب پتاسیم	جذب منیزیم
قارچ‌های مایکوریزا	۲	۲۲۵۹**	۰/۰۳۰**	۰/۰۳۶*	۰/۰۰۲۴^{ns}	۵۰۵/۵**	۴۹۵۱۴**	۴۵۶۴۸۹**	۱۴۳۹۵**

رقم زیتون	۱	۸۸۲^{ns}	۰/۰۰۰۲۰^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱۸^{ns}	۱۸۰/۵**	۲۳۱۲**	۴۴۱۸^{ns}	۴۲۰/۵^{ns}
رقم × گونه	۲	۳۲۹۲**	۰/۰۶۳**	۰/۰۰۳۹^{ns}	۰/۰۰۰۱۵^{ns}	۱۹۸/۳**	۵۲۲۲**	۱۸۰۷۵^{ns}	۳۰/۵۰^{ns}
خطا	۱۲	۳۲۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۸۴۳	۰/۰۰۲۱	۱۵/۴۸	۱۵۸	۵۹۰۳/۳	۱۷۹/۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۹/۹۹	۱۵/۷	۷/۳۱	۳۶/۰۲	۱۳/۳۸	۴۹۵۱۴**	۹/۶۷	۱۱/۲۸

^{ns} ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت‌های مختلف دو گونه قارچ مایکوریزا و ارقام زیتون بر صفات اندازه‌گیری شده *

ارقام زیتون	گونه‌های قارچ مایکوریزا	صفات						
		ارتفاع ساقه	کلونیزاسیون ریشه	شدت آغشتگی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	وزن خشک کل
کروناپکی	شاهد	۹۸d	-	-	۵۴e	۱۴d	۴/۷۸a	۶۷d
	G. mosseae	۱۲۱b	۷۳a	۸۷a	۷۸b	۴۷a	۲/۶۵d	۱۲۵a
	G. intraradices	۱۱۰c	۵۰c	۶۱c	۶۲c	۲۰c	۴/۱۱b	۸۱c
زرد	شاهد	۸۰f	-	-	۴۵f	۱۲d	۴/۹۱a	۵۹e
	G. mosseae	۱۵۰a	۶۵b	۷۴b	۸۲a	۳۱b	۳/۶۴c	۱۱۳b
	G. intraradices	۸۹e	۴۵d	۵۷d	۵۴d	۱۸c	۴/۰۵b	۷۳cd

*حروف مشترک در هر ستون عدم وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۴ – مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت‌های مختلف دو گونه قارچ مایکوریزا و ارقام زیتون بر صفات اندازه‌گیری شده *

ارقام زیتون	گونه‌های قارچ مایکوریزا	صفات							
		غلظت آهن برگ	غلظت فسفر برگ	غلظت پتاسیم برگ	غلظت منیزیم برگ	جذب آهن	جذب فسفر	جذب پتاسیم	جذب منیزیم
کروناپکی	شاهد	۶۸bc	۰/۲۰۰d	۱/۲۰۰	۰/۱۲۷	۲۱e	۹۷c	۵۰۲	۸۰
	G. mosseae	۱۰۵a	۰/۳۶۰a	۱/۰۶۰	۰/۰۹۰	۳۲b	۳۱۵a	۱۱۲۰	۱۶۰
	G. intraradices	۹۳a	۰/۲۳۰cd	۱/۰۷۰	۰/۱۰۰	۲۹c	۱۱۸d	۹۵۶	۷۱
زرد	شاهد	۵۴c	۰/۲۱۰cd	۱/۲۰۰	۰/۱۵۰	۲۷c	۱۲۰c	۵۹۱	۸۵
	G. mosseae	۹۴a	۰/۳۲۰b	۱/۰۳۰	۰/۱۰۰	۵۰a	۲۲۵b	۱۰۶۳	۱۷۰
	G. intraradices	۷۶b	۰/۲۴۰c	۱/۱۴۰	۰/۱۲۰	۲۴d	۱۱۷c	۸۳۰	۸۵

*حروف مشترک در هر ستون عدم وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

بحث

قارچ‌های مایکوریزا با افزایش جذب عناصر معدنی نظیر فسفر و آهن که تحرک نسبتاً کمی در خاک دارند، موجب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند. این قارچ‌ها به‌شدت ریشه‌های جانبی را در خاک افزایش می‌دهند و با تشکیل یک ریشه شعاعی، به گیاه برای جذب آب و مواد معدنی کمک می‌کنند. تلقیح گیاهچه‌های ریزازدیادی شده با قارچ‌های مایکوریزا نقش مهمی در حفظ آب گیاه ایفا می‌نماید (۲۱). افزایش مقدار اکسین، جیبرلین و سیتوکینین در گیاه *Prosopis juliflora* همزیست با *G. fasciculatum* توسط سلواراج و چلاپان (۳۶) گزارش شده است.

تلقیح با قارچ مایکوریزای آربوسکولار، رشد شاخه را در گیاهان زیتون رشدیافته در بستر حاوی میزان فسفر بالا در مقایسه گیاهان رشدیافته در بستر حاوی میزان فسفر پایین کاهش داد. همچنین رشد ریشه در گیاهان زیتون تلقیح شده با قارچ رشدیافته در یک خاک با فسفر کم، افزایش یافت (۱۹). یک سیستم ریشه‌ای به‌خوبی توسعه‌یافته، برای جذب مقدار مناسب آب به‌ویژه طی انتقال گیاه که بسیاری از ریشه‌ها از بین رفته یا آسیب دیده‌اند و گیاه تحت تنش قرار دارد، بسیار مهم است (۳۱). در زیتون، پاسخ رشدی به کلونیزاسیون قارچ مایکوریزای آربوسکولار، در اصلاح نمو ریشه نسبت به اصلاح نمو شاخه موثرتر است (۳۲).

البته برخی تحقیقات دیگر نشان داد که موثربودن این همزیستی در رشد اندام‌ها به فراهم‌بودن فسفر خاک بستگی دارد (۱۹).

کارتی‌کیان و همکاران (۲۲) نشان دادند که همزیستی گیاه پروانش با قارچ مایکوریزا *G. mosseae* می‌تواند موجب افزایش ارتفاع گیاه شود. به‌نظر می‌رسد قارچ مایکوریزا با افزایش سطح تماس ریشه با محیط اطراف خود باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه می‌شود و رشد رویشی را افزایش می‌دهد (۹). همچنین، اثر این قارچ‌ها بر شاخص‌هایی نظیر وزن تر و وزن خشک اندام هوایی گزارش شده است (۲۹). اثر مثبت چند گونه از قارچ‌های مایکوریزا بر رشد و ارتفاع گیاهچه‌های *Vitis vinifera* در طول سازگاری درون شیشه‌ای نشان داده شد (۲۴). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار جذب فسفر در مطالعه حاضر نیز بیانگر اثر مثبت قارچ‌های مایکوریزا بر مقدار این شاخص بوده است. برهم‌کنش همزیستی در اجتماعات مایکوریزایی، براساس تبادل کربوهیدرات‌ها و ساخت پلی‌ساکاریدها استوار است. میزان قندهای محلول در برگ دانه‌رست‌های نارنج سه برگ همزیست با قارچ *G. mosseae* افزایش یافت (۴۱). از سوی دیگر، قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند با افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی نظیر سیتوکینین که در باز شدن روزنه‌ها موثرند، موجب افزایش فتوسنتز و در نهایت تشکیل کربوهیدرات‌ها در گیاه شوند. میزان قندهای فروکتوز و گلوکز و مقدار قند کل در گیاه فلفل همزیست با *G. intraradices* بالاتر از انواع غیرمایکوریزای بوده است (۱۶).

تیمار مایکوریزای آربوسکولار با هر دو قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاهچه‌ها، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی و برگ‌ها، طول میانگره و میزان کل فنل‌ها، کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدهای برگ را در زیتون افزایش داد، اما تأثیر قابل‌توجهی روی سطح برگ نداشت (۳۵). این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر در ارتباط با افزایش ارتفاع گیاه هم‌خوانی دارد. مطالعات نشان داده‌اند که غلظت کلروفیل در گیاهان تیمار شده با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار بالاتر از انواع غیرمایکوریزایی بود (۲۱). بالا بودن غلظت کلروفیل در نمونه‌های مایکوریزایی را می‌توان به بالا بودن جذب فسفر به‌عنوان یک حامل انرژی طی فرایند فتوسنتز نسبت داد (۳۶). از سوی دیگر، قارچ‌های مایکوریزا با افزایش جذب عناصر ضروری مانند آهن و منیزیم می‌توانند موجب افزایش ساخت کلروفیل‌ها و در نهایت افزایش میزان فتوسنتز شوند (۲۴). افزایش مقدار کلروفیل a و b در گیاهان *Prosopis juliflora* همزیست با *G. fasciculatum* گزارش شده است (۳۶). همچنین کریشنا و همکاران (۲۴) افزایش غلظت کلروفیل کل را در گیاهان *Vitis vinifera* همزیست با چند گونه از قارچ‌های مایکوریزا و مورائس و همکاران (۲۸) در گیاه *Podyphillum peltatum* طی فرایند سازگاری در شرایط درون‌شیشه‌ای گزارش کرده‌اند. از آن‌جایی که فسفر جزء ساختمانی تعدادی از ترکیبات حیاتی از قبیل مولکول‌های انتقال‌دهنده انرژی، ADP، ATP، NAD، NADPH، استرهای فسفات و ترکیبات سیستم انتقال اطلاعات ژنتیکی مثل DNA و RNA است می‌تواند در بسیاری از فرایندهای رشد و نموی گیاهان نقش داشته باشد. عبدالفتاح و همکاران (۱۲) به این نتیجه رسیدند که تلقیح گیاه *Vicia faba* با قارچ مایکوریزا، کلونیزاسیون ریشه و تولید ماده خشک گیاه را افزایش داد که با نتایج تحقیق حاضر انطباق دارد. بر همین اساس، احمدی و همکاران (۱) در مطالعه‌ای در مورد شناسایی قارچ‌های میکوریز اطراف ریزوسفر *Thymus daenensis* و میکوریزاسیون این‌گونه گیاه در شرایط گلخانه‌ای با *Glomus intraradices*، مشاهده کردند که کلونیزاسیون با قارچ موردنظر تفاوتی از نظر ارتفاع ساقه، وزن خشک اندام هوائی و میزان پوترسین باند شده ایجاد نکرد ولی سبب کاهش وزن تر اندام هوائی، میزان ازت و پوترسین کونژوگه در گیاهان تیمار نسبت به کنترل‌ها شده

بود که با تحقیق حاضر سازگار نبود. در تحقیق حاضر غلظت و جذب عناصر فسفر، آهن، پتاسیم و منیزیم در برگ‌ها و کل گیاه در تیمارهای مایکوریزایی افزایش نشان داد که با بسیاری از تحقیقات انجام شده در گذشته در مورد افزایش جذب مواد غذایی در گیاهان در نتیجه تلقیح آنها با قارچ‌های مایکوریزایی که منجر به افزایش مقاومت این گیاهان در مقابل تنش‌ها و انواع بیماری‌ها می‌گردد، سازگاری دارد (۳۲). مقاومت گیاهان زیتون همزیست با قارچ مایکوریزای آربوسکولار توسط اصلاح ساختار و نمو سیستم ریشه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش یافت (۱۹). همچنین در بررسی تأثیر شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بر فعالیت آنزیم‌های اکسایشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در گیاه ذرت تلقیح میکوریزایی باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و وزن خشک بوته گیاه و نیز افزایش جذب عناصری هم‌چون سدیم، پتاسیم و مولیبدن گردید (۸) که با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت.

در مطالعه حاضر، کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه، عملکرد گیاه و وزن تر و خشک ریشه گردید که به‌نظر می‌رسد علت آن قابلیت قارچ مایکوریزا در جذب فسفر است. این یافته‌ها با نتایج حاصل از مطالعات برخی محققان طی به‌کارگیری قارچ‌های مایکوریزا از جمله *G. fasciculatum* و *G. mosseae* هم‌خوانی دارد (۱۵ و ۲۳). مطالعه داگ و همکاران (۱۴) روی زیتون نشان داد که *G. intraradices* باعث افزایش جذب فسفر توسط گیاهان جوان شد، در حالی‌که در مطالعه دیگری (۱۹) هیچ افزایشی گزارش نشد. این عدم هم‌خوانی نتایج می‌تواند به علت تفاوت در گونه مورد استفاده قارچ و ارقام متفاوت زیتون است. البته چنانچه گیاه میزبان به‌خوبی با فسفر تغذیه شود، امکان عدم تأثیر قارچ مایکوریزا روی میزان فسفر گیاه افزایش می‌یابد (۱۹). از طرف دیگر، این محققان گزارش کردند که گیاه زیتون برای رشد مناسب نیاز کمی به فسفر دارد. گو و همکاران (۱۸) گزارش دادند که همزیستی بین گندم کشت شده در خاک آهکی با قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار و استفاده از مقادیر مناسبی از کودهای حاوی فسفر و روی منجر به افزایش انتقال فسفر و روی از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی گیاه به سمت دانه می‌شود و عملکرد گندم را از لحاظ کمی و کیفی افزایش می‌دهد که با نتایج آزمایش‌های سابرامانیان و کارست (۳۷) در گیاه ذرت و نیز مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

کاربرد قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد نهال زیتون شود که این مزیتی است برای صاحبان نهالستان‌ها که به میزان کمتری از کودهای تقویتی استفاده کنند و در زمان کمتری به استاندارد مناسب رشد نهال دست یابند. همچنین با استفاده از این قارچ‌ها می‌توان باعث تسریع در رشد و متعاقب آن تسریع در انتقال گیاه از فاز رویشی به فاز زایشی شد که خود مزیت بزرگی به‌حساب می‌آید. در مقایسه کارآیی دو گونه قارچ مایکوریزایی به‌کار رفته در این مطالعه، *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices* از سودمندی بیشتری برخوردار بود. در ضمن با توجه به این که هریک از گونه‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند تأثیر متفاوتی را روی صفات رشدی ارقام مختلف گیاهی بگذارند باید برای شناسایی گونه‌ها و ارقام سازگارتر با یکدیگر، تحقیقات بیشتری انجام شود.

منابع

۱- احمدی، ط.، برنارد، ف.، زنگنه، س.، و رجالی، ف.، ۱۳۹۴. شناسایی قارچ‌های میکوریز اطراف ریزوسفر *Thymus daenensis* و میکوریزاسیون این‌گونه گیاه در شرایط گلخانه‌ای با *Glomus intraradices*، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۸، شماره ۴، صفحات ۶۷۴ – ۶۸۳.

۲- اصلانی، ز.، حسنی، ع.، رسولی صدقیانی، م. ح.، سفیدکن، ف.، برین، م.، و غیبی، س. ع.، ۱۳۸۸. تأثیر همزیستی با قارچ مایکوریزا بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی، مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، جلد دوم، شماره دوم، صفحات ۱۰۹ – ۱۱۷.

۳- انصاری، آ.، رزمجو، ج.، مجنی، ح. س.، و زارعی، م.، ۱۳۹۳. تأثیر تلقیح با میکوریز و پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف خشکی بر خصوصیات مورفولوژی و عملکرد بزرگ، مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۴، شماره ۱۲، صفحات ۱۸۱ – ۱۹۴.

۴- جمشیدی، ا.، قلاوند، ا.، صالحی، ا.، زارع، م. ج.، و جمشیدی، ع. ر.، ۱۳۸۸. اثر مایکوریزا آربوسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتابگردان در شرایط تنش خشکی، مجله علوم زراعی ایران، جلد یازدهم، شماره ۲، صفحات ۱۳۶ – ۱۵۰.

۵- حسینی‌نژاد، س. م.، سینکی، ج. م.، بیابانی، ع.، و عابدینی اسفهلانی، م.، ۱۳۹۵. بررسی اثرات تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان، نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۱۱۰، صفحات ۹۵ – ۱۰۲.

۶- حمیدی، ح.، و مرعشی، س. ک.، ۱۳۹۷. اثر سویه‌های قارچ مایکوریزا و کود فسفره بر صفات رشدی و عملکرد دانه گندم، مجله علوم به زراعی گیاهی، دوره هشتم، شماره ۱، صفحات ۱۳ – ۲۲.

۷- ذوالفقاری، م.، ناظری، و.، سفیدکن، ف.، و رجالی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی تأثیر گونه‌های مختلف مایکوریزا بر ویژگی‌های رشدی و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان، مجله تولیدات گیاهی، جلد ۳۷، شماره ۴، صفحات ۴۷ –۵۶.

۸- عبداالهی، م.، قربانی، ه.، و حیدری، م.، ۱۳۹۶. بررسی تأثیر شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بر فعالیت آنزیم‌های اکسایشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در گیاه ذرت، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۳۰، شماره ۳، صفحات ۶۰۷ – ۶۱۸.

۹- مبصر، ح. م.، مهربان، ا.، کوهکن، ش.، و مرادقلی، ا.، ۱۳۹۳. بررسی اثر مایکوریزا *Glomus mossea* بر صفت های زراعی و درصد پروتئین چهار رقم ذرت دانه ای در منطقه سیستان، نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۱۰۳، صفحات ۱۰۵ – ۱۱۴.

۱۰- ویسانی، و.، راعی، ی.، سلماسی، س. ز.، و سهرابی، ی.، ۱۳۹۵. اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد شوید و لوبیا قرمز در کشت خالص و مخلوط، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۶، شماره ۳، صفحات ۱ – ۱۹.

11- A1-Karaki, G. N., and Clark, R. B., 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress, Journal of Plant Nutrition, 21 (2), PP: 263-276.

12- Abdel-fattah, G. M., Migaher, F. F., and Ibrahim, A. H., 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions, Pakistan Journal of Biological Sciences, 5(8), PP: 835-841.

13- Atul-Nayyar, A., Hamel, C., Hanson, K., and Germida, J., 2009. The arbuscular mycorrhizal symbiosis links N mineralization to plant demand. Mycorrhiza, 19, PP: 239-246.

14- Dag, A., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A., Zipori, I., and Kapulnik, Y., 2009. Nursery and posttransplant field response of olive trees to arbuscular mycorrhizal fungi in an arid region, *Crop* and *Pasture Science*, 60, PP: 427–433.

15- Deepadevi, M., Basu, M. J., and Santhaguru, K., 2010. Response of *Sorghum bicolor* (L.) Monech to Dual inoculation with *Glomus fasciculatum* and *Herbaspirillum seropediaae*, General and Applied Plant Physiology, 36 (3-4), PP: 176-182.

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

17- Giovanetti, M., and Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular–arbuscular micorrhizal infections in roots. New Phytologist, 84, PP: 489–500.

18- Goh, T., Banerjee, B., Shihua, M. R., and Burton, D. L., 1997. Vesicular-arbuscular mycorrhiza mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian Journal of Plant Science, 77, PP: 339-346.

19- Jiménez-Moreno, M. J., Moreno-Márquez, M. C., Moreno-Alías, I., Rapoportb, H., and Fernández-Escobar, R., 2018. Interaction between mycorrhization with *Glomus intraradices* and phosphorus in nursery olive

plants, Scientia Horticulturae, 233, PP: 249–255.

20- 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, PP:1–13.

21- Kapoor, R., Sharma, D., and Bhatnagar, A. K., 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. Scientia Horticulturae, 116, PP: 227-239.

22- Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., and Changxing, Z., 2008. The effect of AM fungi and phosphorous level on the biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*, Eurasian Journal of Biosciences, 2, PP: 26-33.

23- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J., 2006. Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae), Mycorrhiza, 16 (6), PP: 443- 446.

24- Krishna, H., Singh, S. K., and Sharma, R. R., 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization, Scientia Horticulturae, 106 (4), PP: 554-567.

25- Manoharan, P., Pandi, M., Shanmugaiah, V., Gomathinayagam, S., and Balasubramanian, N., 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiology and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. African journal of biotechnology, 7 (19), PP: 3431-3436.

26- Medina, O. A., Sylvia, D. M., and Kretschmer, A. E., 1994. Response of siratro to vesicular – arbuscular mycorrhizal fung: l. selection of effective vesicular – arbuscular fungi in amended soil, Soil Science Society American Journal, 52, PP: 416-419.

27- Miransari, M., Bahrami, H. A., Rejali, F., Malakouti, M. J., and Torabi, H., 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea mays* L.) growth. Soil Biology and Biochemistry, 39, PP: 2014-2026.

28- Moraes, R. M., Andrade, Z. D., Bedir, E., Dayan, F. E., Lata, H., Khan, I., and Pereira, M. S., 2004. Arbuscular mycorrhiza improves acclimatization and increases lignin content of micropropagated mayapple (*Podophyllum peltatum* L.), Plant Science, 166, PP: 23-29.

29- Morone–Fortunato, I., and Avato, P., 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp., *Hirtum* (Link) Ietswaart. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 93, PP: 139-149.

30- Pardo, A., Amato, M., and Chiaranda, F. Q., 2000. Relationship between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.)., Plant growth and water distribution. European Journal of Agronomy, 13, PP: 39–45.

31- Porcel, R., Aroca, R., and Ruiz-Lozano, J. M., 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. *Agronomy* for *Sustainable Development*, 32 (1), PP: 181–200.

32- Porras-Soriano, A., Soriano-Martín, M. L., Porras-Piedra, A., and Azcón, R., 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions, *Journal* of *Plant Physiology*, 166, PP: 1350‑1359.

33- Ravnskov, S., Jensen, B., Knudsen, I. M. B., Bodker, L., Jensen, D. F., Karlinski, L., and Larsen, J., 2006. Soil inoculation with the biocontrol agent *Clonostachys rosea* and the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* results in mutual inhibition, plant growth promotion and alteration of soil microbial communities, Soil Biology & Biochemistry, 38, PP: 3453-3462.

34- Rillig, M. C., Wright, S. F., and Eviner, V., 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species, Plant and Soil, 238, PP: 325-333.

35- Seifi, E., Shiri Teymoor, Y., Alizadeh, M., and Freeydooni, H., 2014. Olive mycorrhization: Influences of genotype, mycorrhiza and growing periods. Scientia Horticulturae, 180, PP: 214-219.

36- Selvaraj, T., and Chellappan, P., 2006. Arbuscular mycorrhizae: A diverse personality, Journal of Central European Agriculture, 7, PP: 349-358.

37- Subramanian, K. S., and Carst, C., 1997. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought press at tasselling, Mycorrhiza, 7, PP: 25-32.

38- Subramanian, K. S., Santhane Krishnan, P., and Balasubramanian, P., 2006. Responses of field

grown tomato plants to arbascular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulture, 107 (6), PP: 245-253.

39- Trappe, J. M., 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. pp. 5-25. In: Safir GR (ed.) Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants, CRC Press, Florida, Boca Raton, Florida, pp 5–25.

40- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. G. G., and Van Der Lee, J. J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Wageningen Agriculture University. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Netherlands, 10-167.

41- Wu, Q. S. H., and Xia, R. X., 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on leaf solutes and root absorption areas of trifoliate orange seedlings under water stress conditions, Frontiers of Forestry in China, 3, PP: 312−317.

Effect of arbuscular mycorrhizal fungus species on some growth and biochemical traits and nutrients uptake in the rooting of cutting of olive cultivars

Safari Motlagh M.R.,[1] Kaviani B.[2] and Ansari M.H.[3]

[1] Dept. of Plant Protection, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, I.R. of Iran.

[2] Dept. of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, I.R. of Iran.

[3] Dept. of Agronomy, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, I.R. of Iran.

Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi are one of the most important mycorrhizal symbioses in plants that improve the inorganic nutrition and growth. These fungi act as biofertilizers, bioregulators and bioprotectors. In this research, in order to evaluate the effect of *Glomus mosseae* and *G. intraradices* on rooting and growth of olive (*Olea europaea* L.) cuttings in two cultivars Koroneiki and Yellow, a factorial experiment in a completely randomized design (CRD) in two factors (olive cultivars and arbuscular mycorrhizal fungi species) and three replications was done. The results showed that mycorrhizal inoculation create root colonization and colonization severity (the amount of mycorrhizal fungus penetration in the root) in both cultivars. Interaction effect of cultivar and fungi species was significant on all measured traits. Cultivar *G. mosseae* was significantly superior compared to cultivar *G. intraradices* and non-inoculated treatment in enhancing all measured traits except for proportion of shoot dry weight to root. Also, the concentration and uptake of phosphorus, iron, potassium and magnesium in leaves and whole plant increased in mycorrhizal treatments. According to the obtained results, it is recommended to use *G. mosseae* for acceleration of the rooting of cutting and establishment in olive cultivars.

Key words: Elements uptake, Growth traits, Mycorrhizal inoculation, Olive