فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۹، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۷۳-۸۴
https://doi.org/10.22034/14.69.73

مقاله پژوهشی

نقش قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و شاخص‌های رشدی درختان زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)

حامد عالی‌پور[1*] و حمید ملاحسینی[2]

[1] گروه مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

[2] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶)

چکیده

کشاورزی ارگانیک بر پایه چرخه‌های اکولوژیکی استوار است و هدف آن افزایش تولید محصولات با حداقل تأثیرات زیست‌محیطی، حفظ پایداری بلندمدت خاک و کاهش استفاده از منابع تجدیدناپذیر است. این پژوهش با هدف جایگزینی کودهای شیمیایی با محصولات ارگانیک مانند قارچ‌های میکوریزا و ورمی‌کمپوست در درختان ۱۵ ساله رقم آصفی انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل دو گونه قارچ میکوریزا (*Rhizophagus irregularis* و *Funneliformis mosseae*) و دو سطح کود ورمی کمپوست (۵ و ۱۰ کیلوگرم) بودند. نتایج نشان داد که ترکیب گونه میکوریزا *ایریگیولاریس* با ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ (۵۳٪) و میوه (۵۲٪)، میزان قندهای محلول، محتوای کلروفیل (۳۸٪)، غلظت عناصر نیتروژن (۴۲٪)، فسفر (۹۲٪)، پتاسیم (۳۰٪)، آهن (۳۰٪) و روی (۴۷٪) نسبت به شاهد شد. این تیمار بیشترین تأثیر را بر بهبود شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی درختان زردآلو داشت. استفاده از قارچ‌های میکوریزا به تنهایی تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، اما در ترکیب با ورمی‌کمپوست، تأثیر مثبت آن‌ها در بهبود شرایط رشدی درختان زردآلو مشهود بود. براساس نتایج این پژوهش، استفاده از قارچ‌های میکوریزا همراه با ورمی‌کمپوست می‌تواند به‌عنوان یک راهکار بیولوژیک و کاملاً ارگانیک برای بهبود رشد درختان زردآلو مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: درختان هسته‌دار، کرم خاکی، کشاورزی ارگانیک، میکروارگانیسم مفید

مقدمه

نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، پایداری کشاورزی را تحت‌تأثیر قرار داده است. بهبود پایداری کشاورزی منجر به تولید مواد غذایی مغذی و ایمن‌تر با حداقل آسیب‌های زیست‌محیطی می‌شود. کشاورزی ارگانیک با هدف پایداری کشاورزی و بر پایه اصلاح خاک با مواد آلی، تناوب زراعی و مدیریت یکپارچه آفات شکل گرفته است. این روش بر تولید محصولات کشاورزی بدون استفاده از نهاده‌های خارجی مانند کودهای شیمیایی تأکید دارد (Gamage *et al.*, 2023). با وجود مزایای کودهای شیمیایی مانند سهولت مصرف و اثربخشی سریع، استفاده بیش از حد از آن‌ها باعث آلودگی زیست‌محیطی شده است. برای حل این مشکل، ارائه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: h.ali@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

راهکارهایی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی ضروری به نظر می‌رسد (Tian *et al*., 2023).

امروزه استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در زمین‌های زراعی و باغات به طور قابل توجهی افزایش یافته است که علاوه بر هزینه‌های اضافی، اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و سلامت انسان دارد. آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی، مشکلات پیچیده‌ای را در این زمینه ایجاد کرده‌است (Jote, 2023). بنابراین معرفی جایگزین‌هایی برای کودهای شیمیایی که فاقد اثرات جانبی مخرب باشند، ضروری است. هدف کشاورزی ارگانیک، حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول با حداقل استفاده از مواد شیمیایی است. در این راستا، قارچ‌های میکوریزا و محصولات ارگانیک، مانند ورمی کمپوست می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشند و علاوه بر ارائه محصولات ارگانیک، می‌تواند به حفظ محیط‌زیست کمک کنند.

قارچ‌های میکوریزا از جمله میکروارگانیسم‌های همزیست با ریشه گیاهان هستند که استفاده از آن‌ها به عنوان کود بیولوژیک می‌تواند باعث حفظ منابع، بهبود کیفیت محیط زیست و پیامدهای مثبت دیگر شود (Chaudhary *et al*., 2025). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی مختلف می‌شود (Asrar *et al*., 2012; Aalipour *et al*., 2021; Paymaneh *et al*., 2023). این قارچ‌ها به صورت همزیست با ریشه گیاهان زندگی می‌کنند و کربن مورد نیاز خود را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند. در مقابل، طیف وسیعی از عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و پتاسیم را برای گیاه فراهم می‌کنند (Aalipour *et al*., 2021).

همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش مقاومت گیاهان به کم‌آبی می‌شود. مکانیسم‌های احتمالی این تأثیر شامل افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه، تنظیم روزنه‌ای و نسبت تعرق، افزایش جذب آب توسط هیف‌های خارج ریشه‌ای، تنظیم فشار اسمزی، تغییر در انعطاف‌پذیری دیواره سلولی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، تجمع پرولین و کربوهیدرات و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه است (Abdalla and Ahmed, 2021; Wu *et al*., 2024; Romero-Munar *et al*., 2024; Das and Sarkar, 2024). در واقع همزیستی با قارچ‌های میکوریزا گیاه میزبان را از نظر تغذیه‌ای، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بهبود می‌بخشد، بنابراین مقاومت گیاه را به تنش‌های زنده و غیرزنده افزایش می‌دهد (Garcia-Tejero *et al*., 2010).

استفاده مداوم از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزینی مناسب، باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. برای رفع این مشکل و مدیریت حاصلخیزی خاک، حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک توصیه می‌شود. در این راستا، استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست برای تغذیه گیاهان افزایش یافته است. فرآیند تولید ورمی‌کمپوست با استفاده از کرم‌های خاکی، به‌عنوان یک فناوری ساده و دوستدار طبیعت، برای تولید کودهای آلی از مواد زائد، مورد توجه قرار گرفته است (Singha and Deka, 2024). با افزایش سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک، غلظت عناصر غذایی در خاک افزایش می‌یابد (Toor *et al*., 2024). ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که از فعالیت گونه‌هایی از کرم‌های خاکی بر ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شود (Padmavathiamma, 2008). این کود منبع غنی از عناصر پرمصرف، کم‌مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است. استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، باعث رشد سریع و زیاد گیاهان می‌شود (Toor *et al*., 2024). تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها، از دیگر ویژگی‌های ورمی کمپوست است که استفاده از آن در کشاورزی باعث بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی می‌شود (Oyege and Balaji Bhaskar, 2023). با توجه به مطالعات انجام‌شده، اگر چه اطلاعات قابل توجهی در مورد توانایی قارچ‌های میکوریزا بر رشد گیاهان مختلف گزارش شده‌است، اما اثرات این قارچ‌ها به‌صورت چالکود بر درختان میوه به خوبی بررسی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

نشده است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی کارایی قارچ‌های میکوریزا و ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های رشدی درختان زردآلو و امکان‌سنجی توسعه کاربرد آن‌ها به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت تغذیه‌ای این محصول است.

مواد و روش‌ها

کلیات طرح: این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل دو درخت) در درختان زردآلوی آصفی ۱۵ ساله انجام شد. در این پژوهش از دو قارچ میکوریزا *Rhizophagus irregularis* و *Funneliformis mosseae* که از مرکز تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد، استفاده گردید. به منظور اعمال تیمارها بدین صورت عمل شد که در زیر هر درخت زرد آلو دو گودال با قطر و عمق نیم متر حفر شد (شکل ۱)، سپس در هر گودال حسب تیمار مد نظر میزان ۲۰۰ گرم کود میکوریزا (تقریباً ۶۰-۵۰ اسپور در گرم)، ۵ یا ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست و یا ترکیبی از آن‌ها اضافه شد.

اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک: وزن تر برگ و میوه درختان (۲۰ عدد در هر تکرار) پس از برداشت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون خشک و وزن خشک آن‌ها با همان ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان قندهای محلـول: میزان قندهای محلول برگ درختان با استفاده از روش استخراج با اسید سولفوریک و فنل و با استفاده از گلوکز به‌عنوان استاندارد انجام شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Dubois *et al*., 1956).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل: میزان کلروفیل برگ‌ها بر اساس روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ۰/۲ گرم از نمونه برگی در هاون چینی با ۳ میلی‌لیتر استون خالص کاملاً ساییده و حجم نهایی عصاره به ۱۰ میلی‌لیتر رسید. سپس عصاره به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت g × ۴۰۰۰ سانتریفیوژ شد. جذب عصاره در در طول‌موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b با دستگاه اسپکتوفتومتر (Shimadzu UV-160) خوانده شد.

اندازه‌گیری میزان عناصر: برای اندازه‌گیری عناصر از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد (Aalipour *et al*., 2019). در این روش، ۱ گرم از نمونه گیاهی آسیاب‌شده در کروزه چینی قرار داده شد و به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده تا مواد آلی آن سوخته و به خاکستر تبدیل شوند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به کروزه اضافه شد و با حرارت ملایم روی هات پلیت، مواد خاکسترشده در اسید حل شدند. محلول تهیه‌شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد و عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری گردید. حجم عصاره با آب مقطر به ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد. در نهایت، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7) و منحنی استاندارد، آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer AA3030)، و فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۸۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Cottenie, 1980).

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC): برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌برداری تصادفی از برگ‌های درخت انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب‌مقطر و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار داده شدند و وزن اشباع آن‌ها (TW) اندازه‌گیری شد. در نهایت، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و وزن خشک آن‌ها (DW) اندازه‌گیری گردید (Ritchie *et al*., 1990). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$RWC\ (\%) = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100$$

بررسی همزیستی قارچ میکوریزا: همزیستی قارچ میکوریزا با استفاده از روش Giovannetti و Mosse (۱۹۸۰) با کمی تغییرات انجام شد. بدین صورت که ریشه به همراه محلول KOH ۱۰ درصد به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

شکل ۱- نحوه اعمال چالکود و برداشت میوه درختان زردآلو

درجه سانتی‌گراد در اتوکلاو قرار داده شدند. سپس ریشه‌ها در محلول رنگ‌آمیزی تریپان بلو به مدت ۱۶ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند و میزان آغشتگی میکوریزایی با میکروسکوپ نوری بررسی شد. درصد کلونیزاسیون با شمارش ۱۰۰۰ قطعه از ریشه‌های رنگ‌آمیزی‌شده و سالم بر روی پلیت مدرج ۱ سانتی‌متری و محاسبه تعداد تقاطعات افقی و عمودی و آلودگی‌ها به‌دست آمد. درصد کلونیزاسیون با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد کلونیزاسیون ریشه} = \frac{\text{تعداد آلودگی در تقاطع}}{\text{تعداد کل تقاطعات به دست آمده}} \times 100$$

داده‌ها از نظر نرمال‌بودن بررسی شدند و در صورت نیاز، از تبدیل لگاریتمی برای نرمال‌سازی داده‌ها قبل از تحلیل استفاده شد. سپس، داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. معناداری تفاوت‌های بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنادار (LSD) در سطح $P\leq0.05$ برآورد شد. همبستگی آماری با ضریب همبستگی پیرسون (r) محاسبه شد. داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزارهای Statistical Analysis Systems (SAS) نسخه ۹/۱ و Statistics نسخه ۸/۰ تحلیل آماری شدند.

نتایج

صفات مورفولوژیکی: جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای اعمال‌شده تأثیر معناداری بر وزن تر و خشک برگ و میوه درختان زردآلو داشتند. مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک برگ در تیمار ترکیب گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست حاصل شد. این تیمار باعث افزایش ۵۱ درصدی وزن تر برگ و ۵۳ درصدی وزن خشک برگ نسبت به شاهد گردید. همچنین، بیشترین میزان وزن تر و خشک میوه نیز در همین تیمار مشاهده شد که به ترتیب ۴۹ و ۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۱). از سوی دیگر، کمترین وزن تر و خشک برگ و میوه (بجز شاهد) در تیمار گونه میکوریزای *ایریگیولاریس* مشاهده شد (جدول ۱).

میزان قندهای محلـول: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارها تأثیر معناداری بر محتوای کلروفیل برگ درختان زردآلو داشتند. مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که بیشترین میزان قندهای محلـول در تیمار ترکیبی گونه *موسه* و ۵ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد. در این تیمار، میزان قندهای محلـول برگ ۹۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۱). در مقابل، کمترین میزان قندهای محلـول (بجز شاهد) در تیمار میکوریزای *ایریگیولاریس* ثبت شد که تنها ۱۴ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۱).

محتوای کلروفیل برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

جدول ۱- تأثیر قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست بر میزان کلروفیل، قندهای محلول و برخی صفات مورفولوژیکی درختان زردآلو

قارچ میکوریزا	ورمی‌کمپوست	کربوهیدرات محلول	کلروفیل	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر میوه	وزن خشک میوه
	کیلوگرم	میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ		گرم			
عدم تلقیح	۰	۲۳/۷^{b}	۴/۲۹^{c}	۵/۹۴^{f}	۲/۰۳^{f}	۲۴۲^{cd}	۴۰/۲^{c}
	۵	۳۲/۱^{ab}	۵/۶۵^{a}	۶/۹۱^{de}	۲/۴۲^{de}	۲۸۵^{b}	۴۶/۸^{b}
	۱۰	۴۶/۲^{b}	۵/۸۳^{a}	۸/۰۵^{bc}	۲/۷۷^{bc}	۳۳۴^{a}	۵۶/۵^{a}
Funneliformis mosseae	۰	۲۷/۷^{ab}	۴/۶۸^{c}	۶/۵۳$^{d-f}$	۲/۲۷$^{d-f}$	۲۶۶^{bc}	۴۴/۸^{bc}
	۵	۴۵/۵^{a}	۵/۶۵^{a}	۸/۵۴^{ab}	۲/۹۹^{ab}	۳۳۴^{a}	۵۴/۷^{a}
	۱۰	۴۴/۷^{a}	۵/۴۴^{ab}	۷/۲۹^{cd}	۲/۵۲^{cd}	۲۷۹^{b}	۴۷/۵^{b}
Rhizophagus irregularis	۰	۲۷/۱^{ab}	۴/۸۶^{bc}	۶/۰۷^{ef}	۲/۱۳^{ef}	۲۲۷^{d}	۳۹/۰^{c}
	۵	۳۴/۷^{ab}	۵/۴۳^{ab}	۷/۸۷^{bc}	۲/۷۵^{bc}	۲۷۱^{bc}	۴۶/۲^{b}
	۱۰	۳۶/۶^{ab}	۵/۹۲^{a}	۸/۹۸^{a}	۳/۱۰^{a}	۳۳۸^{a}	۵۹/۲^{a}

میانگین‌های که حداقل یک حرف مشابه دارند، در سطح ۵٪ آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

که تیمارها تأثیر معناداری بر محتوای کلروفیل برگ درختان زردآلو داشتند. مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد. در این تیمار، محتوای کلروفیل برگ ۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۱). در مقابل، کمترین میزان کلروفیل (بجز شاهد) در تیمار میکوریزای *موسه* ثبت شد که تنها ۹ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۱).

غلظت نیتروژن در اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت نیتروژن برگ درختان زردآلو داشتند (جدول ۲). بیشترین غلظت نیتروژن در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۴۲ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین غلظت نیتروژن (بجز شاهد) در تیمار گونه میکوریزای *موسه* ثبت شد که تنها ۱۷/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

غلظت فسفر در اندام هوایی: تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت فسفر برگ درختان زردآلو داشتند (جدول ۲). بیشترین غلظت فسفر در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۹۲ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین غلظت فسفر (بجز شاهد) در تیمار گونه میکوریزای *موسه* ثبت شد که تنها ۲/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

غلظت پتاسیم در اندام هوایی: تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت پتاسیم برگ درختان زردآلو داشتند. بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۳۰ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین غلظت پتاسیم (بجزشاهد) در تیمار گونه میکوریزای *موسه* ثبت شد که تنها ۱۰ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

غلظت آهن در اندام هوایی: تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت آهن برگ درختان زردآلو داشتند. بیشترین غلظت آهن در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۳۰ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین غلظت آهن (بجز شاهد) در تیمار گونه میکوریزای *ایریگیولاریس* ثبت شد که تنها ۱۴/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

غلظت روی در اندام هوایی: تیمارها تأثیر معناداری بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

جدول ۲- تأثیر قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست بر محتوای نسبی آب برگ و غلظت عناصر درختان زردآلو

قارچ میکوریزا	ورمی‌کمپوست	محتوای نسبی آب	نیتروژن	پتاسیم	روی	آهن	فسفر
	کیلوگرم	(درصد)	میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک			میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک	
عدم تلقیح	۰	۸۵/۰^{b}	۵۴۹^{d}	۱۲۸^{d}	۲۴^{b}	۱۴۲^{d}	۱۲/۳^{c}
	۵	۸۹/۲^{a}	۷۰۰$^{a-c}$	۱۴۷$^{a-d}$	۳۰^{ab}	۱۶۷^{bc}	۱۴/۶^{abc}
	۱۰	۹۰/۸^{a}	۷۳۸^{ab}	۱۶۴^{ab}	۳۳^{a}	۱۷۹$^{a-c}$	۱۶/۲^{ab}
Funneliformis mosseae	۰	۹۲/۴^{a}	۶۴۵^{c}	۱۴۱^{cd}	۳۰^{ab}	۱۶۶^{bc}	۱۲/۶^{c}
	۵	۹۱/۲^{a}	۷۶۱^{a}	۱۶۱$^{a-c}$	۳۶^{a}	۱۸۰^{ab}	۱۶/۴^{ab}
	۱۰	۹۰/۱^{a}	۶۹۰$^{a-c}$	۱۴۳$^{b-d}$	۳۳^{a}	۱۶۳^{c}	۱۴/۴^{abc}
Rhizophagus irregularis	۰	۸۹/۹^{a}	۶۵۶^{bc}	۱۴۷$^{a-d}$	۳۰^{ab}	۱۶۲^{c}	۱۳/۳^{bc}
	۵	۹۱/۳^{a}	۷۱۴$^{a-c}$	۱۵۵$^{a-c}$	۳۱^{a}	۱۷۲$^{a-c}$	۱۵/۶^{abc}
	۱۰	۹۰/۳^{a}	۷۷۸^{a}	۱۶۷^{a}	۳۶^{a}	۱۸۴^{a}	۱۷/۲^{a}

میانگین‌های که حداقل یک حرف مشابه دارند، در سطح ۵٪ آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

غلظت روی برگ درختان زردآلو داشتند. بیشترین غلظت روی در تیمار ترکیبی گونه *ایریگیولاریس* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۴۷ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین غلظت روی نیز به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۲).

محتوای نسبی آب برگ: تیمارها تأثیر معناداری بر محتوای نسبی آب برگ درختان زردآلو داشتند. بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار ترکیبی گونه *موسه* و ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد که ۷/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). کمترین محتوای نسبی آب برگ (به‌جز شاهد) در تیمار ۵ کیلوگرم ورمی‌کمپوست ثبت شد که تنها ۴/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

بحث

تلقیح همزمان درختان با قارچ میکوریزا گونه *ایریگیولاریس* و اعمال ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست به طور قابل توجهی وزن خشک برگ (۵۳٪) و میوه (۵۲٪) را در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داد. این امر عمدتاً به دلیل شبکه هیف‌های خارج ریشه‌ای میکوریزی است که عناصر غذایی را از خاک اطراف جذب کرده و به ریشه‌های گیاه منتقل می‌کند و در عوض کربن دریافت می‌کند (Aalipour *et al.*, 2020, 2021). همچنین، افزایش زیست‌توده عموماً از طریق تأثیر قابل توجه بر حفظ آب و تأثیرات هورمون مانند که باعث تحریک توسعه ریشه و گسترش تارهای کشنده ریشه می‌شود، رخ می‌دهد. ورمی‌کمپوست به طور قابل توجهی در استقرار و رشد هیف‌های میکوریزایی کمک می‌کند (Paymaneh *et al.*, 2023). مطالعات نشان داده‌اند که ادغام اصلاح‌کننده‌های آلی در خاک می‌تواند زیست‌توده را افزایش دهد، استقرار میکوریزایی را تشویق کند و رشد هیف‌های میکوریزایی را در خاک تحریک کند (Soussani *et al.*, 2023). ورمی‌کمپوست، به عنوان یک بستر غنی از مواد مغذی، پتانسیل افزایش تکثیر اسپورهای میکوریز آربوسکولار را دارد. محتوای مغذی ورمی‌کمپوست احتمالاً رشد قارچی را به طور مستقیم یا غیرمستقیم با تشویق رشد ریشه میزبان، عمدتاً به دلیل میکروبیوم و بیومولکول‌های مرتبط با ورمی‌کمپوست، تقویت کرده‌است (Sarathambal *et al.*, 2024).

بیشترین میزان قندهای محلـول در تیمار ترکیبی گونه *موسه* و ورمی‌کمپوست مشاهده شد. به نظر می‌رسد قارچ‌های میکوریزا توانایی افزایش بهره‌وری ریشه‌های گیاه میزبان در استفاده از ورمی‌کمپوست را دارند، که این امر منجر به بهبود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

فعالیت فتوسنتزی و در نهایت افزایش میزان کل جامدات محلول در گیاه می‌شود (Javanmardi *et al*., 2014).

از طرفی، براساس نتایج این آزمایش، مشخص شد که ترکیب قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست، مؤثرترین تیمار در افزایش محتوای کلروفیل درختان زردآلو بود. عدم استفاده از کود و استفاده از قارچ میکوریزا به تنهایی نیز کمترین نتایج را به همراه داشت. این نتایج احتمالاً به دلیل همبستگی مثبت بین قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست است که نقش آن‌ها را در تأمین عناصر مورد نیاز گیاه به عنوان عامل انرژی در فرآیند فتوسنتز تأیید می‌کند (Aalipour *et al*., 2020, 2021).

جذب عناصر غذایی تحت تأثیر مثبت تلقیح همزمان قارچ میکوریزا و تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به درختان شاهد قرار گرفت. این یافته‌ها احتمالاً نتیجه مواد آلی فراوان موجود در ورمی‌کمپوست، همراه با نقش محوری قارچ‌های میکوریزا در متابولیسم ترکیبات مختلف آزادشده توسط ریشه‌های گیاه است (Rehman *et al*., 2023). ورمی‌کمپوست از نظر عناصر ماکرو و ریزمغذی‌ها غنی‌تر از سایر کمپوست‌ها است. استفاده از ورمی‌کمپوست همراه با قارچ‌های میکوریزا جذب آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد که برای باز شدن روزنه‌ها و فتوسنتز ضروری است. وجود مواد آلی در خاک می‌تواند تأمین قوی عناصر غذایی ضروری را از طریق معدنی‌شدن تقویت کند. قارچ‌های میکوریزا می‌توانند اثربخشی سطح ریشه را بهبود بخشند، اکتشاف کامل‌تر خاک را تسهیل کرده و بر مناطق تخلیه آب و مواد مغذی اطراف سطوح فعال ریشه غلبه کنند (Sarathambal *et al*., 2024).

قارچ‌های میکوریزا با افزایش منطقه توسعه ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را در گیاهان بهبود می‌بخشند (Aalipour *et al*., 2021). این قارچ‌ها در شرایط محدویت آب، با گسترش شبکه هیفی خود، وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود می‌دهند (Azcon *et al*., 2000). شبکه هیف‌ها فراتر از منطقه تخلیه گسترش می‌یابد و منطقه خاک قابل دسترس برای جذب فسفر را افزایش می‌دهد. همزیستی میکوریزی به استفاده و جذب فسفر کمک می‌کند. با وجود اینکه فسفر دومین عنصر مغذی حیاتی برای رشد و توسعه گیاه است، جذب آن به دلیل تحرک کم، حلالیت محدود و تثبیت در خاک با مشکل مواجه است. شواهد فراوانی نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزا نقش مثبتی در جذب عناصر غذایی ماکرو (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و میکرو (آهن و روی) دارند (Aalipour *et al*., 2020, 2021). هیف‌های خارج سلولی قارچ میکوریزا می‌توانند به ترتیب ۲۵، ۸۰ و ۱۰ درصد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاهان را تأمین کنند (Rooney *et al*., 2011). در شرایط تنش خشکی، هیف‌های میکوریزایی در گیاهان تلقیح‌شده فعالیت بالایی و آب و عناصر غذایی بیشتری را برای ریشه فراهم می‌کنند (Aalipour *et al*., 2020). همچنین، قارچ‌های میکوریزا تحرک عناصر ریز مغذی را با تأثیر بر مورفولوژی و فیزیولوژی ریشه گیاه میزبان و همچنین تولید آنزیم‌های خاکی بهبود می‌بخشند (Sarathambal *et al*., 2024).

محتوای نسبی آب برگ، شاخصی مرتبط با فتوسنتز و عملکرد بالای گیاه است. در شرایط تنش خشکی، این شاخص به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا، میسیلیوم‌های داخلی قارچ به درون ریشه نفوذ کرده و شبکه هیفی گسترده‌ای ایجاد می‌کنند که جذب آب را بهبود می‌بخشد. گیاهان میکوریزایی کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به گیاهان فاقد میکوریزا دارند (Asrar *et al*., 2012). برخی مطالعات نشان داده‌اند که گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش آبی، محتوای نسبی آب بافت خود را بهتر حفظ می‌کنند (Aalipour *et al*., 2021; Asrar *et al*., 2012).

قارچ‌های میکوریزا با افزایش طول ریشه و تغییر سیستم مورفولوژیک ریشه، جست‌وجوی آب را بهبود بخشیده و محتوای نسبی آب برگ را افزایش می‌دهند (Aalipour *et al*., 2020; Aalipour *et al*., 2021).

قارچ‌های میکوریزا بر تعادل آب گیاه میزبان در شرایط مختلف آبیاری تأثیرگذارند. این قارچ‌ها، کربن مورد نیاز خود را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند و در عوض، عناصری مانند آهن و منیزیم را برای گیاه فراهم می‌کنند (Hobbie and Wallander, 2006). این قارچ‌ها با تغییر pH خاک و تولید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

ترکیبات آلی مانند سیدروفورها، جذب عناصر معدنی را افزایش می‌دهند (Kraemer, 2004). عموماً کود و مواد معدنی جهت حفظ عملکرد به درختان داده می‌شود که استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند با جایگزینی میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌های میکوریزا کاهش یابد (Kuila and Ghosh, 2022). مهم‌ترین اثر مفید قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان از طریق بهبود جذب عناصر غذایی است (Kuila and Ghosh, 2022). این قارچ‌ها با بیشتر تیره‌های گیاهی رابطه همزیستی داشته و در خاک های فقیر و مناطق خشک، جذب عناصر غذایی و رشد رویشی گیاهان را افزایش می‌دهند.

تأثیر همزیستی میکوریزایی بر رشد و جذب عناصر غذایی درختان میوه مختلف مانند شلیل (Baldi *et al*., 2016)، زیتون (Tekaya *et al*., 2017)، انگور (Aslanpour *et al*., 2019)، مرکبات (Navarro and Morte, 2024)، سیب (Schubert and Lubraco, 2000)، پسته (Abbaspour *et al*., 2012)، ماکادمیا (Suravoot *et al*., 2013) و غیره مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که جذب عناصری مانند فسفر (Smith *et al*., 2004; Smith *et al*., 2009)، نیتروژن (Leigh *et al*., 2009; Lee *et al*., 2012)، روی (Abbaspour *et al*., 2012) و آهن (Abbaspour *et al*., 2012) در حضور قارچ‌های میکوریزا افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال، در دانهال‌های هلو، تلقیح با قارچ *گلوموس موسه* جذب عناصر غذایی و رشد رویشی را بهبود بخشید (Wu *et al*., 2011). همچنین، همزیستی بوته‌های انگور با قارچ‌های میکوریزا در خاک‌های غیرحاصلخیز، جذب عناصر غذایی را افزایش داد (Aslanpour *et al*., 2019).

ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی غنی از عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز شناخته می‌شود (Campitelli and Ceppi, 2008 Jeyabal and Kupposwamy, 2001). افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، رشد ریشه و اندام هوایی گیاه را تقویت می‌کند. این کود همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک مانند قارچ‌های میکوریزا را افزایش داده و جذب عناصر غذایی را بهبود می‌بخشد (Paymaneh *et al*., 2023).

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که استفاده از قارچ‌های میکوریزا به همراه ورمی‌کمپوست به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بهبود شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی درختان زردآلو دارد. ترکیب قارچ‌های میکوریزا (به‌ویژه گونه *R. irregularis*) با ۱۰ کیلوگرم ورمی‌کمپوست، بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن تر و خشک برگ و میوه، محتوای کلروفیل، غلظت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی) و محتوای نسبی آب برگ داشت. این نتایج بیانگر آن است که همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه گیاهان و استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی، می‌تواند به بهبود شرایط تغذیه‌ای، افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و در نهایت افزایش عملکرد و کیفیت محصول درختان زردآلو منجر شود. با توجه به مزایای زیست‌محیطی و کشاورزی پایدار، استفاده از این روش‌های ارگانیک نه‌تنها باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از آن‌ها می‌شود، بلکه به حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش پایداری سیستم‌های کشاورزی کمک می‌کند. این رویکرد با تلاش‌های جهانی برای ترویج کشاورزی پایدار و مقابله با چالش‌های تغییرات اقلیمی و امنیت غذایی همسو است.

در نتیجه، این تحقیق شواهد قانع‌کننده‌ای برای استفاده از قارچ‌های میکوریزا و ورمی‌کمپوست به عنوان یک استراتژی ارگانیک و بیولوژیک برای بهبود رشد و بهره‌وری درختان زردآلو ارائه می‌دهد. با اتخاذ چنین روش‌هایی، کشاورزان می‌توانند به کشاورزی پایدار کمک کرده و در عین حال تعادل اکولوژیک را حفظ و تأثیرات محیطی را کاهش دهند. بنابراین، یافته‌های این پژوهش می‌توانند زمینه‌ساز توسعه روش‌های کشاورزی ارگانیک و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی در آینده باشند. از طرفی، مطالعات آینده باید مقیاس‌پذیری و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

امکان‌سنجی اقتصادی این نهاده‌های ارگانیک را بررسی کنند تا فراهم شود.
زمینه برای پذیرش گسترده آن‌ها در سیستم‌های کشاورزی

منابع

Aalipour, H., Nikbakht, A., & Etemadi, N. (2019). Relationship between chlorosis, photosynthesis and the nutrient content of plane trees in the presence of chemical and organic fertilizers. *Advances in Horticultural Science*, *33*(2), 171-178.

Aalipour, H., Nikbakht, A., Ghasemi, M., & Amiri, R. (2020). Morpho-physiological and biochemical responses of two turfgrass species to arbuscular mycorrhizal fungi and humic acid under water stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*, 566-576. https://doi.org/10.1007/s42729-019-00146-4

Aalipour, H., Nikbakht, A., Etemadi, N., & MacDonald, J. E. (2021). Co-inoculation of Arizona cypress with mycorrhizae and rhizobacteria affects biomass, nutrient status, water-use efficiency, and glomalin-related soil protein concentration. *Urban Forestry and Urban Greening*, *60*, 127050. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127050

Abbaspour, H. S., Saeidi-Sarb, H., Afsharia, M. A., & Abdel-Wahhab, A. (2012). Tolerance of Mycorrhiza infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of Plant Physiology*, *169*, 704-709. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.01.014

Abdalla, M, & Ahmed, M. A. (2021). Arbuscular mycorrhiza symbiosis enhances water status and soil-plant hydraulic conductance under drought. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 722954. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.722954

Aslanpour, M., Baneh, H. D., Tehranifar, A., & Shoor, M. (2019). Effect of mycorrhizal fungi on macronutrients and micronutrients in the white seedless grape roots under the drought conditions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences and Technologies*, *10*(3), 397-408.

Asrar, A. A., Abdel-Fattah, G. M., & Elhindi, K. M. (2012). Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. *Photosynthetica*, *50*, 305-316. https://doi.org/10.1007/s11099-012-0024-8

Azcon, R., Rodriguez, R., Amora-Lazcano, E., & Ambrosano, E. (2000). Uptake and metabolism of nitrate in mycorrhizal plants as affected by water availability and N concentration in soil. *European Journal of Soil Science*, *59*, 131-138. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.00962.x

Baldi, E., Amadei, P., Pelliconi, F., & Tosell, M. (2016). Use of Trichoderma spp. and arbuscular mycorrhizal fungi to increase soil beneficial population of bacteria in a nectarine commercial orchard: Effect on root growth, nutrient acquisition and replanting disease. *Journal of Plant Nutrition*, *39*(8), 1147-1155. https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109111

Campitelli, P, & Ceppi, S. (2008). Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. *Geoderma*, *144*, 325-333. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.12.003

Chaudhary, A., Poudyal, S., & Kaundal, A. (2025). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in maintaining sustainable agroecosystems. *Applied Microbiology*, *5*(6), 1.

Cottenie, A. (1980). Soil and Plant Testing as a Basis of Fertilizer Recommendations. FAO Soils Bull., Rome, Italy.

Das, S, & Sarkar, S. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungal contribution towards plant resilience to drought conditions. *Frontiers in Fungal Biology*, *5*, 1355999. https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1355999

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, *28*, 350-356. https://doi.org/10.1021/ac60111a017

Gamage, A., Gangahagedara, R., Gamage, J., Jayasinghe, N., Kodikara, N., Suraweera, P., & Merah, O. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming System*, *1*, 100005. https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100005

Garcia-Tejero, I., Romero-Vicente, R., Jimenez-Bocanegra, J. A., Martinez-Garcia, G., Duran-Zuazo, V. H., & Muriel-Fernandez, J. L. (2010). Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Management*, *97*, 689-699. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.12.012

Giovannetti, M, & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular Arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, *84*, 489-500. https://doi.org/ 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x

Hobbie, E. A, & Wallander, H. (2006). Integrating ectomycorrhizal fungi into quantitative frameworks of forest carbon and nitrogen cycling. *Fungi in Biogeochemical Cycles*, *24*, 98.

Javanmardi, J., Zarei, M., & Saei, M. (2014). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on physiology and fruit quality of Pepino (*Solanum muricatum* Ait.) in vermicompost amended medium. *Advances in Horticultural Science*, *28*(1), 35-42.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

Jeyabal, A, & Kupposwamy, G. (2001). Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and it's response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy, 15*, 153-170. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00100-3

Jote, C. A. (2023). The impacts of using inorganic chemical fertilizers on the environment and human health. *Organic and Medicinal Chemistry International Journal, 13*(3), 555864.

Kraemer, S. M. (2004). Iron oxide dissolution and solubility in the presence of siderophores. *Aquatic Sciences, 66*, 3-18. https://doi.org/10.1007/s00027-003-0690-5

Kuila, D, & Ghosh, S. (2022). Aspects, problems and utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) application as bio-fertilizer in sustainable agriculture. *Current Research in Microbial Sciences, 3*, 100107. https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100107

Kumar, S. P. (2011). Effect of different mulches and irrigation method on root growth nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Horticultural Science, 127*, 318-324. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.023

Lee, B. R., Muneer, S., Avice, J. C., Jung, W. J., & Kim, T. H. (2012). Mycorrhizal colonisation and P-supplement effects on N uptake and N assimilation in perennial ryegrass under well-watered and drought-stressed conditions. *Mycorrhiza, 22*, 525-534. https://doi.org/10.1007/s00572-012-0430-6

Leigh, J., Hodge, A., & Fitter, A. H. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material. *New Phytologist, 181*, 199-207. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02630.x

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076- 6879(87)48036-1

Navarro, J. M, & Morte, A. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi as biofertilizers to increase the plant quality of Sour-Orange seedlings. *Agronomy, 14*(1), 230. https://doi.org/10.3390/agronomy14010230

Oyege, I, & Balaji Bhaskar, M. S. (2023). Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems, 7*(4), 101. https://doi.org/10.3390/soilsystems7040101

Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y., & Kumari, U. R. (2008). An experimental study of vermin biowaste composting for agriculture soil improvement. *Bioresource Technology, 99*, 1672-1681. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028

Paymaneh, Z., Sarcheshmehpour, M., Mohammadi, H., & Hesni, M. A. (2023). Vermicompost and/or compost and Arbuscular mycorrhizal fungi are conducive to improving the growth of pistachio seedlings to drought stress. *Applied Soil Ecology*, *182*, 104717. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104717

Rehman, S. U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy, 13*, 1134. https://doi.org/10.3390/agronomy13041134

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science, 30*, 105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Romero-Munar, A., Munoz-Carrasco, M., Balestrini, R., De Rose, S., Giovannini, L., Aroca, R., & Ruiz-Lozano, J. M. (2024). Differential root and cell regulation of maize aquaporins by the Arbuscular mycorrhizal symbiosis highlights its role in plant water relations. *Plant, Cell and Environment, 47*(11), 4337-4353. https://doi.org/10.1111/pce.15029

Rooney, D. C., Prosser, J. I., Bending, G. D., Baggs, E. M., Killham, K., & Hodge, A. (2011). Effect of Arbuscular mycorrhizal colonisation on the growth and phosphorus nutrition of *Populus euramericana* c.v. Ghoy. *Biomass Bioenergy, 35*, 4605-4612. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.08.015

Sarathambal, C., Srinivasan, V., Jeevalatha, A., Sivaranjani, R., Alagupalamuthirsolai, M., Peeran, M. F., ... & Dilkush, F. (2024). Unravelling the synergistic effects of Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on improving plant growth, nutrient absorption, and secondary metabolite production in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *8*, 1412610. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1412610

Schubert, A, & Lubraco, G. (2000). Mycorrhizal inoculation enhances growth and nutrient uptake of micropropagated apple rootstocks during weaning in commercial substrates of high nutrient availability. *Applied Soil Ecology, 15*, 113-18. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00086-X

Singha, W. J, & Deka, H. (2024). Instrumental characterization of matured vermicompost produced from organic waste. *In Earthworm Technology in Organic Waste Management, 1*, 231-255. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16050-9.00017-7

Smith, S. E., Grace, E. J., & Smith, F. A. (2009). More than a carbon economy: nutrient trade and ecological sustainability in facultative Arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist, 182*, 347-358. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02753.x

Smith, S. E., Smith, F. A., & Jakobsen, I. (2004). Functional diversity in Arbuscular Mycorrhizal (AM) symbioses: The contribution of mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with the mycorrhizal responses in growth or total P

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

uptake. *New Phytologist, 162*, 511-524. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01039.x

Soussani, F. E., Boutasknit, A., Ben-Laouane, R., Benkirane, R., Baslam, M., & Meddich, A. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi and compost-based biostimulants enhance fitness, physiological responses, yield, and quality traits of drought-stressed tomato plants. *Plants. 12*, 1856. https://doi.org/10.3390/plants12091856

Suravoot, Y., Nuttawuth, P., Suriyan, C., & Kanyaratt, S. (2013). Arbuscular mycorrhiza improved growth performance in *Macadamia tetraphylla* L. grown under water deficit stress involves soluble sugar and proline accumulation. *Plant Growth Regulation, 69*, 285-293. https://doi.org/10.1007/s10725-012-9771-6

Tekaya, M., Mechri, B., Mbarki, N., Cheheb, H., Hammami, M., & Attia, F. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* influences key physiological parameters of olive trees (*Olea europaea* L.) and mineral nutrient profile. *Photosynthetica, 55*, 308-316. https://doi.org/10.1007/s11099-016-0243-5

Tian, S., Xu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Yuan, X., Ma, Q., Feng, X., Ma, H., Liu, J., Liu, C., & Hussain, M. B. (2023). The effect of optimizing chemical fertilizers consumption structure to promote environmental protection, crop yield and reduce greenhouse gases emission in China. *Science of The Total Environment*, *857*, 159349. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159349

Toor, M. D., Anwar, A., Koleva, L., & Eldesoky, G. E. (2024). Effects of vermicompost on soil microbiological properties in lettuce rhizosphere: An environmentally friendly approach for sustainable green future. *Environmental Research, 243*, 117737. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117737

Wu, C., Bi, Y., & Zhu, W. (2024). Is the amount of water transported by arbuscular mycorrhizal fungal hyphae negligible? Insights from a compartmentalized experimental study. *Plant and Soil*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s11104-024-06477-1

Wu, Q. S., Li, G. H., & Zou, Y. N. (2011). Roles of Arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient acquisition of peach (*Prunus persica* L. Batsch) seedlings. *The Journal of Animal and Plant Sciences, 21*, 746-750.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]

The role of mycorrhizal fungi and vermicompost on the yield and growth indices of apricot (*Prunus armeniaca*)

Hamed Aalipour[1*] and Hamid Mollahoseini[2]

[1] Department of Landscape Engineering, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2] Agricultural and Natural Resources Research Center of Isfahan, Iran
(Received: 2024/08/03, Accepted: 2025/04/15)

Abstract

Organic farming is based on ecological cycles and aims to increase production with minimal environmental impact, maintain long-term soil sustainability, and reduce the use of non-renewable resources. This research aimed to replace chemical fertilizers with organic products such as mycorrhizal fungi and vermicompost in 15-year-old Asifi variety apricot trees. The experiment was conducted as a factorial in a randomized complete block design with three replications at the Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center during the years 2020-2021. The factors examined included two species of mycorrhizal fungi (*Rhizophagus irregularis* and *Funneliformis mosseae*) and two levels of vermicompost (5 and 10 kg). The results showed that the combination of *R. irregularis* with 10 kg of vermicompost significantly increased dry leaf weight (53%) and fruit weight (52%), soluble sugar content, chlorophyll content (38%), and the concentration of nitrogen (42%), phosphorus (92%), potassium (30%), iron (30%), and zinc (47%) compared to the control. This treatment had the greatest impact on improving the growth and physiological indices of apricot trees. The use of mycorrhizal fungi alone did not show a significant difference compared to the control, but when combined with vermicompost, their positive effect on improving the growth conditions of apricot trees was evident. Based on the results of this study, the use of mycorrhizal fungi along with vermicompost can be employed as a completely organic and biological strategy to enhance the growth of apricot trees.

Keywords: Stone fruit tree, Earthworm, Organic agriculture, Beneficial microorganism

Corresponding author, Email: h.ali@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOI: DOI: 10.22034/14.69.73]