مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۴ صفحه‌های ۴۱۳ تا ۴۲۴ (۱۳۹۶)

تأثیر همزیستی قارچ مایکوریزا آربوسکولار بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب برخی عنصرهای غذایی در سه پایه بذری جنس *Prunus* [۱]

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis on Photosynthetic Pigments and Absorption of Some Nutrient Elements in Three Seedling Rootstocks of *Prunus* Genus

فاطمه حسین زاده طلایی و محمود اثنی عشری*[۲]

چکیده

به‌منظور بررسی همزیستی بین قارچ‌های مایکوریزا با سه پایه بذری از جنس *Prunus*، آزمایشی در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای اعمال شده شامل پایه‌های بذری در سه سطح (بادام تلخ،آلبالو تلخ و هلو) و قارچ های مایکوریزا از جنس *Glomus* در پنج سطح (*G. mosseae* + *G. intraradice* ، *G. mosseae* + *G. hoi*، *G. hoi* + *G. intraradices* و آمیخته هر سه قارچ و نیز تیمار بدون مایه‌زنی به‌عنوان شاهد) بودند. بیشترین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان (۳۴/۴۱ درصد) با تیمار آمیخته دو قارچ (*G. intraradices* + *G. hoi*) به‌دست آمد که با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. قارچ‌های مایکوریزا تأثیر اندکی بر غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در هر سه پایه بذری داشتند. مایه‌زنی قارچ‌های مایکوریزا بر جذب آهن، مس، روی، منیزیم، فسفر، پتاسیم و سدیم تأثیر معنی‌دار داشت و موجب افزایش برخی از این عنصرها نسبت به شاهد شد. بیشترین جذب فسفر و پتاسیم در پایه آلبالو تلخ (*Prunus mahaleb*) و به‌ترتیب با تیمارهای آمیخته هر سه قارچ و *G. hoi* + *G. intraradices* دیده شد. تیمارهای مایکوریزا بر جذب منگنز اثر معنی‌داری نداشتند. پایه‌ها از نظر جذب عنصرها اختلاف معنی‌دار نشان دادند ولی مقدار و روند این اختلاف برای عنصرهای گوناگون یکسان نبود.

واژه‌های کلیدی: کلونیزه شدن، آهن، مس، روی، منیزیم، فسفر، پتاسیم ، سدیم.

مقدمه

استفاده از پتانسیل ژنتیکی گیاهان برای دستیابی به بالاترین عملکرد و بهبود کارایی مصرف منابع و هم‌چنین به کارگیری ریزانداموارهای همزیست به منظور افزایش رشد گیاه و جذب عنصرهای غذایی از جمله راهکارهای مهم در زمینه حفظ محیط زیست و بهره برداری متعادل از طبیعت در راستای توجه به اصول کشاورزی پایدار می‌باشند (۳۲). افزایش سطح فعال سیستم ریشه گیاه برای جذب بهتر ماده‌های غذایی از خاک به‌ویژه در مناطقی که میزان باروری خاک در آن‌ها کم و ریشه گیاه به‌تنهایی قادر به جذب تمامی عنصرهای مورد نیاز خود نباشد با همزیستی دو جانبه گیاه- قارچ میکوریزا به‌عنوان یک عامل بسیار مهم در چرخه غذایی و بقاء گیاهان، مفید واقع می‌شود (۷).

۱- تاریخ ارسال: ۹۶/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۹

۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (m.esnaashari@basu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

استفاده از هر عملیاتی که به نوعی بهبود گسترش سیستم ریشه‌ای را به دنبال داشته باشد موجب افزایش کارایی مصرف آب و بهبود جذب عنصرهای غذایی می‌شود. در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی محیطی و آسیب‌های بوم‌شناسانه می‌شود که خود هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد. برای کاهش این خطرها باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که افزون بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، سبب پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه ریزانداموارہ که بیشترین سازگاری و کارایی را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سامانه کشاورزی مفید واقع شود (۲۹).

توجه به نقش و کارایی سیستم ریشه‌ای به‌عنوان اصلی‌ترین کانال جذب آب و عنصرهای معدنی در تمامی گیاهان و به‌ویژه در درختان میوه که کمترین تراکم ریشه‌ای با مقدار عددی دو تا شش سانتی‌متر ریشه بر سانتی‌متر مربع اندام هوایی را به خود اختصاص داده‌اند، از مباحثی است که در بخش تغذیه علمی گیاهان مورد تأکید قرار می گیرد. یکی از راهکارهای علمی ارائه شده برای رسیدن به این هدف استفاده از ریزانداموارہ‌های همزیست و به ویژه قارچ های میکوریزی در مجاورت ریشه گیاهان است (۵).

نگاهی به آخرین آمار و تولیدهای محصول‌های باغی به‌ویژه هسته‌دارها در آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[۱]نشان می‌دهد که کشور ایران جزء تولید کنندگان مطرح برخی از این محصول‌ها در دنیا می‌باشد. براساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵، سطح بارور باغ‌های کشور، ۲/۴ میلیون هکتار بوده که سهم سطح بارور اختصاص یافته به میوه‌های هسته‌دار ۹/۵٪ بوده است، هم‌چنین میزان تولید محصول‌های باغبانی در سال ۱۳۹۵، حدود ۲۱ میلیون تن بوده که سهم میوه‌های هسته دار ۱۱/۲٪ می باشد (۴).

مدیریت جوامع ریزجاندار با تأکید بر جهت دهی همزیستی میکوریزا می‌تواند رشد گیاه را در مراحل اولیه زیر تأثیر قرار داده و افزایش رشد گیاه را در نهالستان و در پی آن در باغ‌ها به‌دنبال داشته باشد. نهال‌ها در مقایسه با درختان، حساس‌تر و ضعیف تر بوده و نیازهای تغذیه‌ای بیشتری دارند (۱۱). نهال‌ها هم‌چنین به بیماری‌ها و آفت‌ها حساس‌ترند و پتانسیل لازم برای ایجاد همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا را دارند، بنابراین حضور قارچ‌های مایکوریزا می‌تواند به استقرار بهتر آن‌ها در محیط جدید منجر شود (۱۱).

در سال‌های پیشین، بررسی‌های گسترده‌ای روی اثرهای مثبت همزیستی مایکوریزا بر جذب عنصرهای غذایی توسط انواع درختان میوه برای بهبود شرایط تغذیه‌ای این گیاهان صورت گرفته است. نتیجه‌های بیشتر پژوهش‌ها نشان می دهد که همزیستی مایکوریزا جذب عنصرهای غذایی غیر متحرک در خاک مانند فسفر و روی را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۲۴). در پژوهشی آقابابایی و همکاران (۳) اظهار داشتند که همزیستی نژادگان‌های مختلف گیاه بادام (مامایی، ربیع، تلخ و سفید) با قارچ های مایکوریزا موجب افزایش غلظت و جذب عنصرهای فسفر و روی شد، ولی غلظت عنصرهای نیتروژن، آهن و منگنز را در اندام هوایی کاهش داد و بر جذب مس و پتاسیم اثر مثبت نشان نداد.

نتیجه‌های پژوهش رولدن فاگاردو و همکاران (۲۸) نشان داد که مایه‌زنی بادام توسط مایکوریزا به‌ویژه در سطوح زیاد فسفر، غلظت نیتروژن برگ ها را کاهش داد ولی اثر معنی‌دار بر غلظت پتاسیم نداشت، در حالی که کالوت و همکاران (۱۲) بیان کردند مایه‌زنی مایکوریزدورگه هلو-بادام با مایکوریزا اثری بر غلظت نیتروژن گیاه نداشته و غلظت پتاسیم، در شرایط تنش آلودگی‌های نماتدی، افزایش یافت. براساس نتیجه‌های وو و همکاران (۳۴) در بررسی اثر سه گونه از قارچ میکوریزا، *Glomus mosseae*، *Glomus versiforme* و *Paraglomus occultum* بر گیاهچه های هلو، مشخص شد که جذب عنصرهای P Mg، Fe، Ca و Zn در برگ گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با قارچ نسبت به شاهد افزایش داشته است اما جذب عنصرهای Cu و Mn کاهش

۱- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

نشان داده است و گیاهان شاهد به‌طور معنی‌داری جذب بیشتری نسبت به تیمارها داشتند. هم‌چنین میزان درصد همزیستی را ۵۴٪ بیان نمودند و *G. mosseae* بیشترین کارایی را در جذب عنصرها و درصد همزیستی داشته است.

زیومینگ و همکاران (۳۶) با مایه‌زنی قلمه‌های آلو دریایی (*Prunus maritime*) با سه گونه از قارچ میکوریزا از جنس *Glomus*، گزارش کردند که درصد همزیستی برای قلمه‌های چوب سخت ۵۹/۴۴٪ و برای قلمه‌های چوب نرم ۴۵/۳۲٪ بوده است. هم‌چنین بعد از گذشت ۸۰ روز از مایه‌زنی با گونه‌های قارچ جذب عنصرهایی مانند P, K, Mn و Zn افزایش داشته و دو گونه *G. mosseae* و *G. etunicatum* بیشترین تاثیر را بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده داشتند. رازوک و کاجی (۲۷) از نتیجه‌های آزمایش خود روی چهار رقم آلو (*Prunus domestica*) مایه‌زنی شده با دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus. intraradices*، زیر تنش خشکی دریافتند که مایه‌زنی نهال‌ها با قارچ‌های میکوریزا سبب افزایش جذب فسفر در شرایط تنش خشکی شده است. هم‌چنین، درصد همزیستی در چهار رقم از ۴۲/۵ تا ۵۲/۲٪ متغیر بوده است.

تاکنون همزیستی میکوریزای داخلی در چند جنس گراس سردسیری شامل *Lolium perenne*، *pratensis Poa*، *Festuca aurandinacea* و *Agropyron elongatum* (۱)، شیرین بیان (*Glycyrrhiza uralensis*) (۳۵) و کاهو وحشی (*Lactuca serriola*) (۳۳) انجام شده است و پژوهش های کمتری به مایه‌زنی میکوریزای داخلی درختان میوه به‌ویژه هسته‌دارها پرداخته‌اند. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی توانایی کاربرد قارچ‌های مایکوریزا به‌عنوان عوامل همزیست و سازگار با طبیعت برای افزایش رشد مطلوب و در نتیجه استقرار بهتر نهال‌ها، در سه پایه بذری از جنس *Prunus* انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی و با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، انجام شد. پایه‌های بذری جنس *Prunus* در سه سطح شامل: بادام تلخ (*Prunus amygdalus*)، آلبالو تلخ (*Prunus mahaleb*) و هلو (*Prunus persica*) و قارچ‌های مایکوریزا ازجنس *Glomus*، در پنج سطح شامل (*G. hoi + G. intraradices, G. hoi + G. mosseae, G. intraradices + G. mosseae,* و آمیخته هر سه قارچ و هم‌چنین یک تیمار بدون مایه‌زنی به عنوان شاهد، تیمارهای آزمایشی بودند. در ابتدا بذرها به‌مدت ۲۴ ساعت در آب ولرم خیسانده شدند. به منظور گندزدایی سطحی، بذرها به‌مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ قرار گرفتند و سپس به‌طور کامل با آب شسته شدند و به داخل ظرف‌هایی با تهویه مناسب که محتوی ماسه مرطوب بودند، انتقال داده شدند و برای چینه سرمایی در شرایط مرطوب و سرد در داخل یخچال، با دمای چهار درجه سلسیوس، نگهداری شدند.

برای یکنواختی در زمان تنژیدن بذرهای هر سه پایه بذری، بذرهای آلبالو تلخ در حدود چهار هفته زودتر از دیگر بذرها در داخل یخچال گذاشته شد. برای این منظور، بذرهای آلبالو تلخ در تاریخ اول بهمن ۱۳۹۲ و بذرهای بادام تلخ و هلو در تاریخ اول اسفند ۱۳۹۲ در دمای چهار درجه سلسیوس قرار داده شدند. گذراندن دوره چینه سرمایی در حدود سه ماه به‌طول انجامید و در این مدت ماسه‌ها مرطوب نگه داشته شدند. سپس بذرهای جوانه زده در داخل گلدان‌های کوچک پلاستیکی یک لیتری حاوی پیت ماس کشت شدند و برای رشد گیاهچه‌ها، گلدان‌ها در گلخانه با دمای روزانه و شبانه به ترتیب ۲۵ تا ۳۰ و ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰٪ در شرایط نور طبیعی نگهداری شدند. تا زمان شروع اعمال تیمارها، گیاهچه ها با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند(۱۹) و با توجه به حجم پیت ماس موجود در گلدان‌ها تغذیه شدند.

۱- Hoagland nutrient solution

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

یک ماه پس از استقرار گیاهچه‌ها و رسیدن به مرحله ۴ تا ۵ برگی، گیاهچه‌های سالم که از نظر اندازه دارای یکنواختی بیشتری بودند انتخاب شدند و برای اعمال تیمارهای مایکوریزا به گلدان‌های پلاستیکی با عرض دهانه ۲۰ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری (با ظرفیت پنج کیلوگرم)، انتقال داده شدند. گلدان‌های اصلی که حاوی خاک زراعی، ماسه و کود دامی به نسبت حجمی (۱:۱:۲) بودند برای رشد نهال‌ها به بیرون از گلخانه منتقل شدند. مکان بررسی به‌گونه‌ای انتخاب شد که عواملی مانند شیب و جهت کمترین اثر را داشته باشد.

به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت تصادفی نمونه برداری انجام شد و با ارسال نمونه خاک به آزمایشگاه خاکشناسی، ویژگی‌های آن تعیین شد (جدول۱). به طور کلی، پیش از اجرای آزمایش‌های مربوط به بررسی کودهای زیستی باید از نبود جمعیت طبیعی ریزانداموارهای مورد بررسی در خاک اطمینان حاصل نمود. اما از آن‌جایی که امکان سترون کردن کل خاک مورد استفاده وجود نداشت، بنابراین از خاک مزرعه به همان صورت دست نخورده استفاده شد.

جدول ۱- نتیجه‌های تجزیه خاک.

Table 1. The results of soil analysis.

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	آهن Fe (mg kg^{-1})	پتاسیم (mg kg^{-1}) K	فسفر P (mg kg^{-1})	کربن آلی (%) OC
لومی شنی sandy-loam	0.713	7.8	21.34	465.5	4.02	1.72

مایه برای مایه‌زنی گیاهان از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک واقع در اسدآباد تهیه گردید. استفاده از مایه مایه‌زنی بدین صورت انجام شد که قبل از کاشت نهال ها در گلدان های مربوط به تیمار قارچی، مقدار ۱۰۰ گرم (بر اساس پیشنهاد شرکت تولید کننده) از مایه مایه‌زنی به خاک گلدان و محل استقرار ریشه افزوده شد. قبل از کاشت نهال‌ها نیز، ریشه‌های آن‌ها به مایه مایه‌زنی آغشته شدند. در پایان فصل و پس از پایان یک دوره رشد پنج ماهه نهال‌ها، اقدام به نمونه برداری و اندازه گیری شاخص ها شد که شامل درصد همزیست شدن ریشه گیاهان با تیمار مایکوریزا، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و غلظت برخی عنصرهای معدنی بود.

برای تعیین درصد همزیستی ریشه گیاهان و وابستگی میکوریزا، از روش فیلیپس و هیمن (۲۵) استفاده شد. بر اساس این روش ابتدا لایه سطحی خاک کنار زده شده و سپس از ریشه گیاه به صورت تصادفی نمونه برداری شد. سپس ریشه ها پس از شستشوی کامل با آب جهت رنگبری به محلول پتاس (KOH) با غلظت ۱۰٪ منتقل و به مدت حدود ۴۵ دقیقه در داخل بن ماری در حال جوش قرار داده شدند. بعد از شستشوی ریشه‌ها جهت خنثی کردن محیط قلیایی، آن‌ها به مدت پنج دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۱٪ قرار گرفتند تا آماده رنگ پذیری اندام‌های قارچ شوند. سپس ریشه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در محلول رنگ‌آمیزی تریپان بلو ۱٪ قرار داده شدند، بعد از رنگ آمیزی، نمونه ها در محلول الکل گلیکول نگه‌داری شدند. سپس با استفاده از روش تلاقی خطوط مشبک (۱۸) درصد همزیستی میکوریزایی ریشه ها محاسبه گردید.

برای تعیین غلظت کلروفیل، ابتدا برگ‌های تازه، بالغ و سالم گیاهان از قسمت‌های میانی گیاه انتخاب و جمع‌آوری شد. سپس اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی بر اساس روش لیچتنتالر (۲۳) انجام گرفت. در پایان غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

کلروفیل کل (mg g^{-1} FW) = (A645 × 20.2) + (A663 × 8.02)

کلروفیل a (mg g^{-1} FW) = (A663 × 12.7) – (A645 × 2.69)

کلروفیل b (mg g^{-1} FW) = (A645 × 22.9) – (A663 × 4.86)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

برای اندازه گیری عنصرهای برگ، نمونه‌هایی از برگ گیاهان که از قسمت‌های میانی گیاه جمع‌آوری شده بودند و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شده بودند را به‌طور کامل آسیاب کرده و به روش هضم تر (۹) غلظت عنصرهای آن‌ها اندازه گیری شد. براساس این روش، مقدار ۰/۲ گرم از بافت گیاهی آسیاب شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن گردید و چهار میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵٪ به آن افزوده شد تا هضم اسیدی انجام شد. نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در بن ماری در حال جوش و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از آن دما تا ۱۰۰ درجه سلسیوس افزایش یافت و پس از یک ساعت نمونه‌ها از بن‌ماری خارج شدند.

بعد از سرد شدن نمونه‌ها و رسیدن دمای آن‌ها به دمای آزمایشگاه، مقدار ۲۰۰ میکرو لیتر آب اکسیژنه ۳۷٪ به هر نمونه افزوده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه نگه داری شد. سپس عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن، به‌طور کامل فیلتر شده و حجم پایانی آن با آب مقطر به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. اندازه‌گیری عنصرهای آهن، منیزیم، روی، منگنز و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل ۲۲۰ واریان) انجام شد. غلظت عنصرهای سدیم و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای و با استفاده از دستگاه نورسنج شعله‌ای (دستگاه فلیم فتومتر مدل G ۴۰۵)، خوانده شد. مقدار جذب فسفر در طول موج ۴۳۰ نانومتر در دستگاه طیف سنج نوری (اسپکتروفتومتر) اندازه گیری شد و در پایان یادداشت به‌دست آمده به‌صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه و مورد واکاوی قرار گرفت (۱۰).

در پایان، واکاوی داده های آزمایش به‌کمک نرم افزار SAS (ver.9/1) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ($P\leq0/05$) و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel (2010) انجام شد.

نتایج و بحث

با مقایسه میانگین‌های داده‌های حاصل از آزمایش و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص شد که اثر قارچ‌های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون در سطح ۵٪ معنی‌دار بود، اما اثر پایه و برهمکنش میکوریزا و پایه معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌های اثرهای نوع میکوریزا نشان داد که بیشترین میزان همزیستی ریشه گیاهان (۳۴/۴۱٪) با تیمار آمیخته دو قارچ *G. intraradices* + *G. hoi* بود که با شاهد اختلاف معنی‌دار ۳۵/۶۸ درصدی داشت. بر همین اساس، بین پایه‌ها اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری مشاهده شد و گونه‌های قارچ مایکوریزا قادر بودند ۵۰/۷۲٪ از ریشه‌های گیاه بادام تلخ، ۳۲/۹۴٪ از ریشه‌های هلو و ۲۷/۱۵٪ از ریشه‌های آلبالو تلخ را آلوده نمایند.

قارچ‌های مایکوریزا، ریشه‌های گیاهان را به میزان‌های مختلف آغشته می‌کنند. این ویژگی ممکن است زیر کنترل ژنتیکی میزبان، قارچ، یا به طور محتمل تر برهمکنش پیچیده بین دو شریک همزیست باشد (۱۷). رولدن فاگاردو و همکاران (۲۸) که برای اولین بار امکان برقراری همزیستی درختان بادام وحشی را با آربوسکولار مایکوریزا نشان دادند، گزارش کردند، گونه *G. mossea* قادر است ۵۳٪ ریشه درخت بادام وحشی را آغشته نماید. کالوت و همکاران (۱۲) گزارش کردند که درخت دورگه هلو- بادام تا ۹۰٪ توسط گونه‌های قارچی، *G. mossea* ، *G. etunicatum* و *G. intraradices* آغشته می‌شود. کالوت و همکاران (۱۳)، در پژوهشی با مایه‌زنی ۱۸ رقم مختلف از سه پایه بذری هلو، آلو و گیلاس توسط سه گونه از قارچ‌های مایکوریزا (*G. mossea* , *G. intraradices* و *G. etunicatum*) به این نتیجه دست یافتند که بیشترین درصد همزیستی (۶۹/۶۱٪) در پایه آلو رقم (*Prunus insititia*) مایه‌زنی شده با گونه *G. intraradices* می‌باشد. هم‌چنین پایه هلو دورگه (*Prunus persica×dulcis*) بیشترین درصد همزیستی (۳۴/۶٪) را با گونه *G. mossea* داشته است. کاستزیستانیس و همکاران (۱۴) طی پژوهش‌های خود روی سه رقم زیتون (*Olea europaea*) یونانی، که در سه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

نوع خاک متفاوت با قارچ‌های مایکوریزا مایه‌زنی شده بودند، دریافتند که درصد همزیستی بین ۴۵ تا ۷۳٪ در سه رقم زیتون و در هر سه نوع خاک متغیر بود.

بر اساس نتیجه‌های حاصل از پژوهشی که روی نهال‌های بادام (مامایی، ربیع، سفید، تلخ) انجام شد مشخص گردید که گونه‌های قارچ استفاده شده قادر بودند حدود ۴۰٪ از ریشه‌های گیاه بادام را در همه نژادگان‌های مورد استفاده آغشته نمایند، اما گونه قارچ استفاده شده بر درصد همزیستی اثر معنی‌دار نداشت (۲).

جدول۲- مقایسه میانگین اثر پایه و قارچ مایکوریزا بر درصد همزیستی ریشه و قارچ در سه پایه بذری جنس *Prunus*.

Table 2. Mean comparison of the effect of rootstock and mycorrhizal fungi on the root and fungi symbiosis percentage in three seedling rootstocks of the *Prunus* genus.

تیمار Treatment	درصد همزیستی Symbiosis percentage
P1	50.72 a
P2	32.94 b
P3	27.15 c
T1	24.60 b
T2	34.41 a
T3	27.90 ab
T4	30.20 ab
T5	25.36 b

P1, P2 and P3 are bitter almond, peach and bitter cherry rootstocks respectively, and T1, T2, T3, T4 and T5 are mycorrhiza treatments including *G. hoi* + *G. mosseae*, *G. hoi* + *G. intraradices*, *G. intraradices* + *G. mosseae*, *G.intraradices* + *G. hoi* + *G.mosseae* and control respectively. Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

P1، P2 و P3 به‌ترتیب پایه بادام تلخ، هلو و آلبالو تلخ و T1، T2، T3، T4 و T5 به‌ترتیب تیمارهای میکوریزا شامل *G. hoi* + *G.mosseae*، *G. hoi* + *G. intraradices*، *G. intraradices* + *G. mosseae*، *G.intraradices* + *G. hoi* + *G.mosseae* و شاهد می باشند. میانگین‌های با حرف‌های مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

به نظر می‌رسد که با افزایش همزیستی ریشه، سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان گسترش یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه‌ها به علت نفوذ ریسه‌های قارچ در خاک افزایش یافته و ریشه به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کرده و کارایی جذب آب و عنصرهای غذایی افزایش می‌یابد.

نتیجه‌های به‌دست آمده در پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد تیمارهای قارچ مایکوریزا و نژادگان پایه روی درصد همزیستی اثر معنی‌دار داشت. نتیجه‌های این پژوهش همسو با برخی از گزارش‌های پژوهشگران (۲، ۲۸) است.

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس، اثر پایه و برهمکنش میکوریزا و پایه بر غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح یک درصد و اثر مایه‌زنی با قارچ‌های مایکوریز بر غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح یک درصد و بر کلروفیل a در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

گیاهچه‌های مایه‌زنی شده پایه هلو با تیمار آمیخته دو گونه قارچ *G. intraradices* +*G. mosseae* بیشترین افزایش را در غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل نشان دادند (شکل ۲ و۳). هم‌چنین بیشترین مقدار کلروفیل a در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

تیمار شاهد پایه آلبالو تلخ مشاهده شد (شکل ۱). براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از این پژوهش، بین تیمارهای دارای قارچ و شاهد در شاخص کلروفیل اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، هر چند که در برخی تیمارهای دارای قارچ شاخص کلروفیل بیشتر از شاهد بود. هم‌چنین پایه هلو نسبت به دو پایه دیگر از غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتری برخوردار بود.

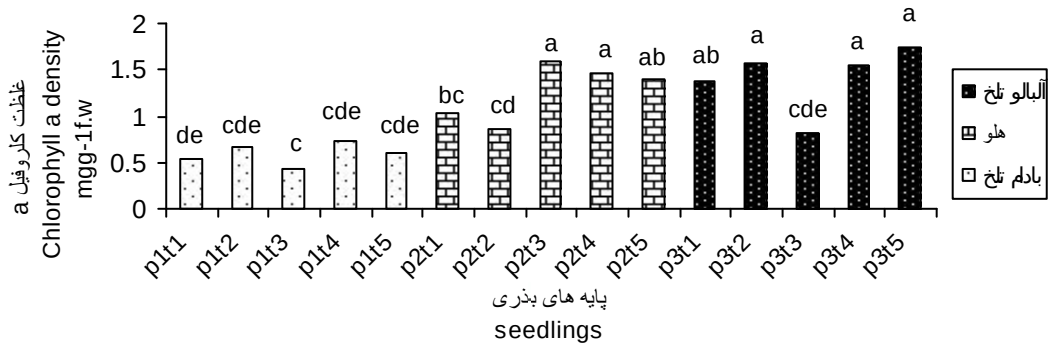

Fig. 1. Mean comparison of rootstock and mycorrhizal fungi interactions on chlorophyll a density in three seedling rootstocks of the *Prunus* genus. Means with the same letters have no significant differences based on the Duncan's test ($p \leq 0.05$).

شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش‌های پایه و مایکوریز بر غلظت کلروفیل a در سه پایه بذری جنس *Prunus*. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

پژوهش‌ها نشان داده است که مقدار کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد و بسته به ویژگی‌های ژنتیکی هر پایه غلظت کلروفیل در برگ‌ها تغییر می‌کند (۱۵). به طور کلی، هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، مانند عنصرهای غذایی، نور، رطوبت، آفت و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها بیشتر می شود و از این رو عامل‌هایی مانند همزیستی مایکوریزایی که سبب بهبود برخی از این شرایط می شوند به‌احتمال بر مقدار کلروفیل نیز اثر دارند (۱۵، ۲۸). در پژوهشی که زارعی و همکاران (۶)، روی پایه رافلمون از تیره مرکبات انجام دادند، مشخص شد که در تیمارهای دارای قارچ مایکوریزا، شاخص کلروفیل بیشتر از تیمارهای بدون قارچ بوده است. در بررسی که توسط دات و همکاران (۱۶) انجام شد مشخص گردید که پایه زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) با تیمار مایکوریزا *G. fasciculatum* بیشترین غلظت کلروفیل کل را نسبت به مایه‌زنی با دیگر گونه‌های قارچ مایکوریزا داشته است. هم‌چنین در فلفل سیاه (*Piper nigrum*) مایه‌زنی شده با قارچ *G. intraradices* کلروفیل a و b به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی افزایش یافت (۱۵).

غلظت عنصرهای آهن، روی، مس و منگنز

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس، اثر قارچ‌های مایکوریزا بر غلظت آهن در سطح پنج درصد و بر غلظت مس و روی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اما بر غلظت منگنز معنی‌دار نبود. هم‌چنین برهمکنش مایکوریزا و پایه بر غلظت آهن و مس در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما بر غلظت روی و منگنز تغییرهای معنی‌داری را ایجاد نکرد. اثر پایه بر غلظت هر چهار عنصر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتیجه‌های مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار جذب آهن در پایه آلبالو تلخ با تیمار آمیخته دو قارچ *G. mossea* + *G. hoi* بود و بیشترین مقدار جذب مس در پایه بادام تلخ با تیمار آمیخته دو قارچ *G. intraradices* + *G. hoi* به دست آمد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

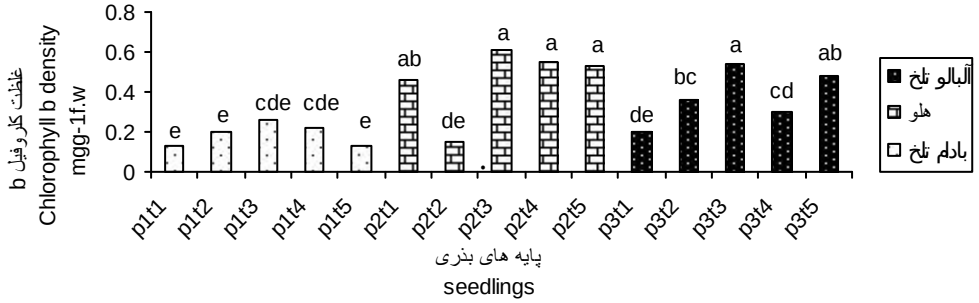

Fig. 2. Mean comparison of rootstock and mycorrhizal fungi interactions on chlorophyll b density in three seedling rootstocks of the *Prunus* genus. Means with the same letters have no significant differences based on the Duncan's test (p≤0.05).

شکل ۲- مقایسه میانگین‌های برهمکنش پایه و مایکوریز بر غلظت کلروفیل b در سه پایه بذری جنس *Prunus*. میانگین های دارای حرف‌های مشترک بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤0.05).

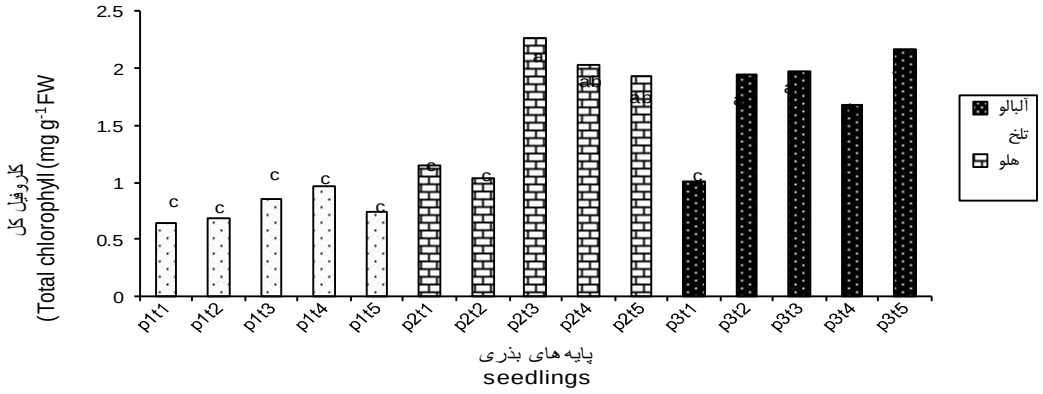

Fig. 3. Mean comparison of rootstock and mycorrhizal fungi interactions on total chlorophyll in three seedling rootstocks of the *Prunus* genus. Means with the same letters have no significant differences based on the Duncan's test (p≤0.05).

شکل ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش پایه و مایکوریز بر غلظت کلروفیل کل در سه پایه بذری جنس *Prunus*. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤0.05).

براساس نتیجه‌های جدول ۳، با این‌که اثر قارچ مایکوریزا روی جذب عنصر منگنز معنی‌دار نشد ولی تیمار آمیخته قارچ *G. intraradices + G. hoi* بهتر از دیگر تیمارها عمل نموده و افزایش ۴/۲۹ درصدی نسبت به شاهد داشت. پایه بادام تلخ دارای بیشترین میانگین از نظر جذب عنصر منگنز بود. پایه‌ها از نظر جذب عنصر روی تفاوت معنی‌داری با هم داشتند به طوری‌که بیشترین میانگین مربوط به پایه آلبالو تلخ و کمترین آن مربوط به پایه هلو بود. در بین تیمارها نیز تیمار آمیخته دو قارچ *G. mosseae + G. hoi* بهتر از دیگر تیمارها عمل نمود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت به طوری‌که افزایش ۳۴/۲۷ درصدی نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ۳).

نتیجه‌ها نشان داد که غلظت عنصر روی افزایش داشته اما غلظت عنصرهای آهن، مس و منگنز تنها در برخی تیمارها نسبت به شاهد افزایش داشت. مس و روی در جذب با هم رقابت داشته و سیستم جذب و انتقال آن‌ها یکسان است. بین روی و آهن نیز به همین صورت برهمکنش وجود دارد. ممکن است با افزایش جذب روی در اندام هوایی، جذب عنصرهای آهن و مس کاهش یابد (۲۲). عنصر روی به‌عنوان یکی از عنصرهای کم‌مصرف برای بسیاری از موجودات زنده ضروری می‌باشد. حدود ۲۰۰ آنزیم و عامل رونویسی به عنصر روی به‌عنوان یکی از اجزاء اساسی نیاز دارند. بنابراین، روی نقش مهمی را در ساخت پروتئین و کربوهیدرات‌ها بازی می‌کند و در تنظیم سوخت‌وساز قندها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌ها شرکت دارد. روی در زیست‌ساخت کلروفیل تأثیر می‌گذارد (۲۰).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش پایه و قارچ مایکوریزا روی غلظت برخی عنصرهای معدنی موجود در برگ سه پایه بذری از جنس *Prunus*.

Table 3. Mean comparison of rootstock and mycorrhizal fungi inteactions on the concentration of some mineral lelements in leaves of three seedling rootstocks of the *Prunus* genus.

تیمار Treatment	پتاسیم K%	فسفر P%	منیزیم Mg%	روی Zn $mgkg^{-1}$ (DW)	منگنز Mn $mgkg^{-1}$ (DW)	مس Cu $mgkg^{-1}$ (DW)	آهن Fe $mgkg^{-1}$ (DW)	سدیم Na %
P1T1	0.46 efg	0.04d e	0.88 a	23.27 cd	44.54 abc	22.58 b	65.70 de	0.14 c
P1T2	0.29 gh	0.01 f	0.94 a	17.94 de	40.79 abcde	32.04 a	93.39 cd	0.11 c
P1T3	0.26 h	0.04 de	0.59 b	16.53 e	48.49 abc	30.99 a	117.29 bc	0.14 c
P1T4	0.49 defg	0.05 de	0.32 defg	18.45 de	49.45 abc	31.16 a	133.46 bc	0.13 c
P1T5	0.39 fgh	0.01 f	0.21 efg	14.86 ef	51.54 a	31.16 a	92.71 cd	0.14 c
P2T1	0.77 c	0.07 cd	0.19 fg	9.01 fg	34 abcde	9.16 g	92.79 cd	0.04 d
P2T2	0.68 cd	0.04 ef	0.23 efg	7.70 g	41.45 abcde	15.41 de	62.62 ed	0.03 d
P2T3	0.57 cdef	0.09 bc	0.20 fg	7.34 g	24.45 e	13.62 ef	62.12 ed	0.03 d
P2T4	0.66 cde	0.09 abc	0.22 efg	5.67 g	31.70 cde	13.49 ef	33.29 e	0.04 d
P2T5	0.54 def	0.10 abc	0.18 g	7.94 g	25.91 de	14.66 de	61.95 ed	0.03 d
P3T1	1.36 a	0.11 ab	0.33 def	42.24 a	32.25 bcde	19.14 c	199.78 a	0.23 a
P3T2	1.45 a	0.10 abc	0.42 cd	41.23 a	50.43 ab	15.68 de	138.96 b	0.20 ab
P3T3	1.04 b	0.08 bc	0.34 de	28.61 bc	42.89 abcd	11.08 fg	191.83 a	0.19 b
P3T4	1.32 a	0.12 a	0.47 bc	31.53 b	42.70 abcd	17.49 cd	103.56 bcd	0.14 c
P3T5	1.29 a	0.10 abc	0.47 bc	32.71 b	49.74 abc	16.25 cde	184.37 a	0.22 ab

P1, P2 and P3 are bitter almond, peach and bitter cherry rootstocks respectively, and T1, T2, T3, T4 and T5 are mycorrhiza treatments including *G. hoi* + *G. mosseae*, *G. hoi* + *G. intraradices*, *G. intraradices* + *G. mosseae*, *G.intraradices* + *G. hoi* + *G.mosseae* and control respectively. Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

P1، P2 و P3 به‌ترتیب پایه بادام تلخ، هلو و آلبالو تلخ و T1، T2، T3، T4 و T5 به‌ترتیب تیمار های میکوریزا شامل *G. hoi* + *G.mosseae*، *G. hoi* + *G. intraradices*، *G. intraradices* + *G. mosseae*، *G.intraradices* + *G. hoi* + *G.mosseae* و شاهد می باشند. میانگین های با حرف‌های مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

از آن‌جا که در این پژوهش غلظت روی افزایش نشان داده است این نتیجه می‌تواند حائز اهمیت باشد. مشخص شده است که همزیستی مایکوریزا اثرهای متفاوتی در جذب عنصرهای کم‌مصرف در گیاهان میزبان دارد. نوع گیاه میزبان و ویژگی‌های ژنتیکی آن، باعث می‌شود که جذب عنصرهای کم‌مصرف، (مانند روی و منگنز) در گیاهان مختلف متغیر باشد (۲۱). در پژوهشی دات و همکاران (۱۶)، افزایش عنصرهای کم‌مصرف مانند روی، مس، منگنز و آهن را در گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با قارچ مایکوریزا به مقدار زیاد همزیستی ریشه و افزایش سطح جذب عنصرهای غذایی از ریزوسفر خاک نسبت داده اند.

غلظت عنصرهای فسفر، منیزیم، سدیم و پتاسیم

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس، اثر قارچ‌های مایکوریزا و اثر پایه بر غلظت هر چهار عنصر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش مایکوریزا و پایه بر غلظت منیزیم و سدیم در سطح یک درصد و بر غلظت فسفر در سطح پنج درصد معنی‌دار بود اما بر غلظت پتاسیم معنی‌دار نبود. با توجه به نتیجه‌های مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) در رابطه با مقدار جذب فسفر، بیشترین میانگین مربوط به پایه آلبالو تلخ با تیمار آمیخته هر سه قارچ بود. در ارتباط با مقدار جذب منیزیم بیشترین میانگین مربوط به پایه بادام تلخ با تیمار آمیخته دو قارچ *G. intraradices* + *G. hoi* بود. نتیجه‌ها نشان داد که تیمارهای به کار رفته در این آزمایش در جذب فسفر و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

منیزیم دارای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر بودند اما غلظت سدیم در گیاهان مایه‌زنی شده و گیاهان شاهد یکسان بود. هم‌چنین در جذب پتاسیم افزایش مشاهده شد به طوری‌که تیمار آمیخته دو قارچ *G. mosseae + G. hoi* بهتر از دیگر تیمارها بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت و افزایش ۱۲/۴۰درصدی نسبت به شاهد داشت اما با تیمارهای آمیخته *G. intraradices+G. hoi* و آمیخته هر سه قارچ اختلاف معنی‌دار نشان نداد.

تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های مایکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیر محلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب شود (۳۱).

نتیجه‌های این پژوهش در رابطه با جذب سدیم با نتیجه‌های منصوری و همکاران (۸) که بیان داشتند، قارچ‌های مایکوریزا با نگه داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان، باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این راه موجب مقاومت گیاه می‌شوند، همسو است. شی و همکاران (۳۰) با مایه‌زنی نهال‌های *Lonicera confiusa* با قارچ‌های مایکوریزا در پنج سال، گزارش کردند که در نهال‌های مایه‌زنی شده، غلظت عنصرهای نیتروژن، پتاسیم وفسفر در برگ و گل به طور چشمگیری نسبت به گیاهان مایه‌زنی نشده افزایش یافت. سازوکار تأثیر قارچ‌های مایکوریزا روی جذب عنصر به وسیله ریشه گیاه به‌طور کامل اثبات نشده است و به نوع عنصر و گونه گیاهی نیز بستگی دارد. برخی شواهد نشان می‌دهند قارچ‌های مایکوریزا سبب جلوگیری از جذب عنصر می‌شوند (۲۶). وو و همکاران (۳۴) برخی از دلایل جذب عنصرهای پرمصرف مانند P, K و Mg را در برگ های هلو، نتیجه گسترش ریسه‌های های قارچ در خاک و گسترش ریشه های گیاه و هم‌چنین گونه های قارچ میکوریزا می‌دانند و بیان نمودند که گونه قارچ *G. mosseae* کارآمدتر بوده است. نتیجه‌های این پژوهش با نتیجه‌های دیگر پژوهشگران (۲۶، ۳۴) که بیان نمودند، قارچ‌های مایکوریزا غلظت برخی عنصرهای غذایی را افزایش می‌دهند و باعث بهبود وضعیت غذایی گیاه میزبان می‌شوند، همسویی دارد.

نتیجه گیری

نتیجه‌های حاصل از این پژوهش گویای آن است که تیمارهای میکوریزا تأثیر چندانی بر غلظت رنگدانه های فتوسنتزی نداشتند به طوری‌که بیشتر تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با شاهد نداشتند. در ارتباط با جذب عنصرهای غذایی دو پایه بادام تلخ و آلبالو تلخ کارایی بیشتری داشته و میانگین بالاتری را نشان دادند. با توجه به نتیجه‌های این پژوهش تیمار آمیخته *G. intraradices + G. hoi* در پایه بادام تلخ و آلبالو تلخ و هم‌چنین تیمار آمیخته *G. intraradices + G. mossea* در پایه هلو کارایی بیشتری در افزایش برخی از شاخص های اندازه گیری شده داشتند.

منابع References

۱. اشراف،ح.، ح. زکی زاده، س. م. احتشامی و م. ح. بیگلویی. ۱۳۹۶. تأثیر همزیستی قارچ ریشه بر ویژگی های رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چهار جنس گراس سردسیری در شرایط تنش خشکی. مجله علوم باغبانی ایران، ۸۵۵-۸۷۳: ۴.

۲. آقابابایی، ف. و ف. رئیسی. ۱۳۸۸. بررسی امکان برقراری رابطه همزیستی اندو مایکوریزایی در توده های بذری چند نژادگان تجاری بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۴۰-۱۲۷: ۲.

۳. آقابابایی، ف.، ف. رئیسی و ح. ا. نادیان. ۱۳۹۰. اثر همزیستی مایکوریزایی بر جذب عنصرهای غذایی توسط برخی ژنوتیپ های تجاری گیاه بادام در یک خاک لومی شنی. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۱۳۸-۱۴۷: ۲.

۴. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۵. جلد سوم. محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۲۵ ص.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

۵. رجالی، ف. ۱۳۹۶. آشنایی با قارچ های میکوریزی و کاربرد آنها در اکوسیستم های مختلف. سازمان پژوهشات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۵۴ ص.

۶. زارعی، م.، ز. پیمانه، ع .ا. رونقی، ع.ا. کامکار حقیقی، و ع.ر. شهسوار. ۱۳۹۲. اثر قارچ مایکوریز آربوسکولاربر رشد و پارامتر های فیزیولوژیک پایه رافلمون در شرایط تنش کم آبی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۴۹۴-۴۸۵: ۳.

۷. شریفی، م. ف. کریمی، و ن. خانپور اردستانی. ۱۳۸۹. مایکوریزا فیزیولوژی و بیوتکنولوژی. خانه زیست شناسی، ۲۳۴ ص.

۸. منصوری، ح.، ع. احمدی مقدم، و ن. روحانی. ۱۳۸۶. پاسخ گیاهان لوبیای مایکوریزی و غیر مایکوریزی به تنش شوری. مجله زیست شناسی ایران، ۸۶-۸۰: ۱.

9. Abdel-Shafy, H., W. Hegemann and A. Teiner. 1994. Accumulation of metals by vascular plants. Environ. Manag. Health. 5:21-24.
10. Benton, J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press.New York. Pp 384.
11. Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuk. 1996 .Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. Pp 374.
12. Calvet, C., J. Pinochet, A. Hernandez-Dorrego, V. Estan and A. Camprubi. 2001. Field microplot performance of the *peach-almond* hybrid GF-677 after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in a replant soil infested with root-khnot nematodes. Mycorrhiza, 10:295-300.
13. Calvet, C., V. Estan, A. Camprub, A. Hernandez-Dorrego, J. Pinochet and M.A. Moreno. 2004. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. Sci. Hort. 100:39-49.
14. Chastzistathis, T. H., M. Orfanoudakis, D. Alifragis, and L. Therios, 2013. Colonization of greek olive cultivars root system by arbuscular mycorrhizal fungus root morphology, growth and mineral nutrition of olive plants. Sci. Agr. 70:185-194.
15. Demir S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of *pepper*. Turkish J.Biol. 28:85-90.
16. Dutt S., S. D. Sharma, and P. Kumar 2013. Arbuscular mycorrhiza and Zn fertilization modify growth and physiological behavior of apricot (*Prunus armeniaca* L.). Sci. Hort. 155:97-104.
17. Entry, J. A., P. T. Ygiewicz, L. S. Watrud, and P. K. Donnelly. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhiza. Adv. Environ. Res.123-138.
18. Gonigle T., M. Miller, and J. Swan. 1990. A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 115:495-501.
19. Hogland D. R., and D.I. Arnon 1950. The water-culture method of growing plant without soil. Circular 347, California Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, CA.
20. Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1999. Biogeochemistry of trace elements. Polish Scientific Publishing Company. Varsovia. Poland.
21. Kucey R. M. N. and H. H. Janzen 1987. Effects of VAM and reduced nutrient availability on growth and phosphorus and micronutrient uptake of wheat and field beans under greenhouse conditions. Plant Soil. 104:71-78.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

22. Leon V. and A. Kochain. 1991. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plant. P. 229-285. In Mortvelt, J. J., F. R. Cox., L. M. Shuman and R. M. Welch (ed.) Micronutrient in Agriculture. 2nd ed. Soil Science Society of America. Pp 666.
23. Lichtenthaler H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomern branes. Met .Enzym. 148:350-382.
24. Marschner H., and B. Dell 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159:89-102.
25. Phillips J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular Arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. Mycol. Soc. J. 55:159-161.
26. Rabie G. H. 2005. Influence of Arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater. Mycorrhiza, 15:225-230.
27. Razouk, R., and A. Kajji. 2015. Effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on water relations and growth of young *Plum* trees under severe water stress conditions. Plant. Soil. Sci. 5: 300-312.
28. Roldan-Fagardo B. E., J. M. Barea, J. A. Ocampo and C. Azcon-Aguilar 1982. The effect of season on VA mycorrhiza of the almond tree and of phosphate fertilization and species of endophyte on its mycorrhizal dependency. Plant. Soil. 68:361-368.
29. Sharma, A. K. 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios, India. PP. 627.
30. Shi, A. D., Q. Li, J. G. Huang, and L. Yuan. 2013. Influence of arbuscular mycorrhizae fungi on growth, mineral nutrition and chlorogenic acid content of lonicera confusa seedlings under field condition. Pedosphere, 23:333-339.
31. Song H. 2005. Effects of vam on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Elect. J. Biol. 1:44-48.
32. Tilman, D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, and S. Polaskt. 2002. Agriculturl sustainability and intensive protection practices. Nature, 418: 671-677.
33. Wazny, R., P. Rozpadek, R. Jedrzejczyk., M. Sliwa., A. Stojakowska., T. Anielska, and K. Turnau. 2018. Does co-inoculation of *Lactuca serriola* with endophytic and Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth in a polluted environment. Mycorrhiza, 28:235-246.
34.Wu, Q. S., G.H. Li., and Y.N. Zou. 2011. Roles of Arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient acquisition of peach (*Prunus persica* L.) seedlings. Animal Plant Sci. 4:746-750.
35. Xie, W., Z. Hao., X. Zhou., X. Jiang., L. Xu., S. Wu., A. Zhao., X. Zhang, and B. Chen. 2018. Arbuscular mycorrhizal facilitates the accumulation of glycyrrhizin and liquiritin in (*Glycyrrhiza uralensis*) under drought stress. Mycorrhiza, 28:285-300.
36. Xueming, Z., Q. Pei, W. Shuwen., Z. Fugeng., W. Guang, and Y. Daoliang. 2007. Effect of Arbuscular mycorrhizal fungi on the rooting and growth of beach plum (*Prunus maritime*) cutting. J. Hort. Sci. Biotech. 82:863-866.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (4):413-424 (2017)

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis on Photosynthetic Pigments and Absorption of Some Nutrient Elements in Three Seedling Rootstocks of *Prunus* Genus

F. Hoseinzadeh Talaie and M. Esna-Ashari[1*]

In order to the study of symbiosis between the mycorrhizal fungi and three seedling rootstocks of *Prunus* genus, an experiment was conducted based on the completely randomized design with three replications. Treatments included seedling rootstocks at three levels (*Prunus Amygdalus*, *Prunus mahaleb* and *Prunus persica*) and mycorrhizal fungi of *Glumus* genus at five levels (*G. mossea* + *G. hoi*, *G. intraradices* + *G. hoi*, *G. mossea* + *G. intraradices*, and a mixture of all three fungi, plus a non-inoculation treatment as control). The highest root colonization percentage (34.41%) belonged to the mixture of *G. intraradices* + *G. hoi* that was significantly different from the control. Mycorrhizal fungi had a little effect on the concentration of photosynthetic pigments in all three seedling rootstocks. Inoculation of mycorrhizal fungi had a significant effect on the absorption of Cu, Fe, Zn, Mg, P and K showing their increase compared to the control. The highest absorption of P and K was observed in *Prunus mahaleb* treated with the mixture of three fungi and *G. hoi* + *G. intraradices* respectively. Mycorrhizal treatments had no significant effect on Mn absorption. The seedlings were significantly different in terms of element absorption but the amount and the trend of this differences were not similar for the various elements.

Keywords: Colonization, Cu, Fe, K, Na, Mg, P, Zn.

1. Former M.Sc. Student and Professor, Department of Horticultural Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
* Corresponding author, E-mail: (m.esnaashari@basu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.5.4]