

اثر تلقیح قارچ‌های میکوریزی بر رشد نونهال‌های محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) در شرایط گلخانه‌ای

نگین آرمند^۱، محمد متینی‌زاده^{۲*}، انوشیروان شیروانی^۳ و مصطفی خوشنویس^۴

۱- کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: matini@rifr-ac.ir

۳- استادیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۱

چکیده

قارچ‌های میکوریز آربسکولار از جمله میکروارگانیزم‌های خاکزی هستند که نقش مهمی در اکوسیستم‌های خشکی ایفا می‌کنند. آنها قادرند با افزایش سطح جذب ریشه گیاه، آب و عناصر معدنی را در اختیار گیاه قرار دهند و در نتیجه استقرار، رشد و زنده‌مانی گیاه را بهبود بخشند. در پژوهش پیش‌رو تأثیر قارچ‌های میکوریزی *Glomus intraradices*، *G. mosseae* و *G. hoi* بر شاخص رویشی نونهال‌های محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. به منظور تولید نونهال محلب، بذرهاى آن از درختان مادری در منطقه چهارطاق اردل جمع‌آوری شد و پس از گذشت شش ماه، نونهال‌های میکوریزی و شاهد ارزیابی شدند. نتایج اندازه‌گیری کلنیزاسیون ریشه نشان داد که قارچ‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* توانسته‌اند به‌خوبی با نونهال محلب همزیستی برقرار کنند و این قارچ‌ها اثر معنی‌داری بر تمام شاخص‌های رویشی به‌جز طول ریشه اصلی داشته‌اند و سبب افزایش رشد گیاه شده‌اند؛ درحالی‌که قارچ *G. hoi* بر شاخص‌های رویشی اثرگذار نبوده است و همزیستی ضعیفی را برقرار کرده است. در مجموع، در پژوهش پیش‌رو استفاده از *G. intraradices* و *G. mosseae* مثبت ارزیابی شد، بنابراین می‌توان تلقیح بذرهاى محلب با این گونه‌های قارچی را به‌عنوان راهکاری مناسب و کاربردی برای افزایش رشد و استقرار نونهال‌های محلب به‌ویژه در عرصه‌های تخریب‌یافته زاگرس پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رویشی، محلب، میکوریز آربسکولار، نونهال میکوریزی.

مقدمه

دلایلی از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، سرنوشتی مشابه گونه‌های دیگر اکوسیستم زاگرس پیدا کرده است و در معرض خطر نابودی قرار دارد که استقرار و زادآوری آن را با مشکل مواجه کرده است (Zanganeh, 1999). در این

محب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) گونه‌ای از جنس *Cerasus* و خانواده Rosaceae است که در جنگل‌های زاگرس به‌طور طبیعی وجود دارد. این گونه به

همچنین نتایج Abbaspour و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تلقیح با قارچ *Glomus etunicatum* باعث افزایش رشد و زی توده گیاه میزبان شده است، اما برخی نتایج حاکی از آن است که همه گونه‌های میکوریزی برای گیاهان مفید نیستند و بسیاری از آنها می‌توانند مضر باشند (Klironomos, 2003). براساس نتایج Williams و همکاران (۲۰۱۲)، برخی از قارچ‌های میکوریزی می‌توانند باعث کاهش رشد و زنده‌مانی گیاه شوند، بنابراین انتخاب مناسب‌ترین قارچ میکوریز آربسکولار در بهبود موفقیت احیای گیاهان ضروری است.

همان‌طور که ذکر شد، اهمیت روابط میکوریزی در احیا و ترمیم زیست‌بوم‌های تخریب‌شده توسط جوامع علمی به‌خوبی درک شده است. با این وجود، استفاده از فناوری میکوریزی در احیا و اصلاح جنگل‌های تخریب‌شده هنوز در بسیاری از نقاط جهان مورد توجه واقع نشده است. هدف از پژوهش پیش‌رو، ارزیابی اثر سه گونه از قارچ‌های میکوریز آربسکولار (*G. intraradices*, *G. hoi* و *G. mosseae*) بر صفات رویشی نونهال محلب و بررسی درصد کلنیزاسیون نونهال‌های میکوریزی محلب بود. با اتکا به یافته‌های پژوهش پیش‌رو می‌توان به پرورش نهال‌های سالم و مقاوم کمک کرد تا گامی در راستای کاهش مرگ و میر نهال‌های تولیدی در نهالستان‌ها و کاهش هزینه‌ها در امر جنگل‌کاری با این گونه در مناطق خشک و نیمه‌خشک برداشته شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تولید نهال میکوریزی محلب، بذره‌های آن از پنج درخت مادری محلب که از شادابی خوبی برخوردار بودند (با قطر متوسط ۲۰ سانتی‌متر)، از رویشگاه چهارطاق اردل با موقعیت جغرافیایی $31^{\circ} 49' 29''$ تا $31^{\circ} 50' 11''$ عرض شمالی و $50^{\circ} 51' 33''$ تا $50^{\circ} 18' 53''$ طول شرقی و ارتفاع ۲۴۰۰ متر از سطح دریا واقع در شهرستان اردل و در استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شدند. بذره‌های جمع‌آوری‌شده در محلول هیپوکلریت سدیم پنج

جنگل‌ها باید گونه‌های موجود را حفظ کرد و از نابودی گونه‌های در حال انقراض آن جلوگیری کرد. یکی از راهکارهایی که در سال‌های اخیر به‌منظور بهبود استقرار و پایداری گیاه در جنگل‌کاری‌ها مورد توجه واقع شده است، استفاده از قارچ‌های میکوریزی است. قارچ‌های میکوریزی از موجودات زنده خاک هستند که با بسیاری از گونه‌های گیاهی عالی همزیستی دارند (Smith & Read, 2008). در بین انواع مختلف میکوریز، میکوریز آربسکولار، رایج‌ترین نوع همزیستی مسالمت‌آمیز بین میکروارگانیسم‌های خاکزی و گیاهان است که اهمیت اکولوژیک و اقتصادی زیادی دارد (Zhu & Miller, 2003). در این همزیستی قارچ‌ها با افزایش سطح جذب ریشه، آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن را از خاک می‌گیرند و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و در مقابل گیاه نیز کربن و انرژی مورد نیاز قارچ‌ها را در اختیار آنها قرار می‌دهد. همچنین این قارچ‌ها می‌توانند توانایی گیاه میزبان را در مقابله با چندین تنش غیرزنده از جمله شوری، خشکی، درجه‌حرارت زیاد و عناصر سنگین افزایش دهند (Miransari, 2010; Wu & Zou, 2010). این تأثیرها از راه توسعه شبکه‌های هیف به‌طول ۱۶۰ متر در هر گرم خاک ریزوسفر و تشکیل یک سیستم جذبی مکمل برای سیستم ریشه گیاه میسر می‌شود (Degens et al., 1994).

تحقیقات نشان داده است که عدم وجود ساختمان میکوریزی در سیستم‌های ریشه گیاه یکی از دلایل عمده عدم موفقیت استقرار و رشد گونه‌های جنگلی و عدم احیای زمین‌های تخریب‌شده است (Alikhani et al., 2012). Khalvati و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که همزیستی قارچ‌های میکوریزی با ریشه از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز می‌شود و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد و ارتفاع گیاه می‌شود. در ایران، Mirzaei و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تلقیح قارچ آربسکولار با بذره‌های خنجوک تأثیر مثبتی بر مشخصه‌های ارتفاع، قطر یقه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی به‌جز طول ریشه اصلی داشته است.

قارچ به‌عنوان شاهد) انجام شد و هر تیمار با نه تکرار در گلدان‌های پلاستیکی سه کیلوگرمی (۱۵ سانتی‌متر قطر × ۳۰ سانتی‌متر ارتفاع) بررسی شد. به‌منظور آلوده کردن بذرهای محلب، هم‌زمان با کاشت آنها، حدود ۱۰۰ گرم مایه تلقیح (حاوی حدود ۱۰۰۰ عدد اسپور و اندام‌های مختلف قارچ) در کنار بذرهای جوانه‌زده و در خاک استریل‌شده (به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد در اتوکلاو) قرار داده شد. برای شمارش اسپورها از روش الک مرطوب (Gerdemann & Nicolson, 1963) استفاده شد. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. تا زمان استقرار کامل نونهال‌ها، گلدان‌ها به‌طور روزانه آبیاری شدند و پس از آن، آبیاری سه بار در هفته انجام شد.

درصد استریل شدند و به‌منظور تسریع در جوانه‌زنی، بذرها به‌مدت سه ماه تحت عمل لایه‌پردازی (Stratification) سرما قرار گرفتند. آزمایش گلخانه‌ای

آزمایش گلخانه‌ای پژوهش پیش‌رو در گلخانه تحقیقات میکوریز آریسکولار بخش جنگل مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور با میانگین دما و رطوبت روزانه به‌ترتیب ۳/۷ ± ۲۱/۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۰/۱ ± ۳۴/۴۴ درصد و میانگین دما و رطوبت شبانه به‌ترتیب ۲/۱ ± ۱۷/۳۳ درجه سانتی‌گراد و ۹/۷۹ ± ۴۵/۲۷ درصد انجام شد. این آزمایش با چهار تیمار (تلقیح با قارچ‌های *G. intraradices*, *G. hoi* و *G. mosseae* و تیمار بدون

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

کربن (%)	ازت کل (%)	فسفر (mg/kg)	pH	لوم (%)	رس (%)	شن (%)	بافت
۰/۲۳۴	۰/۰۴۱	۱۰/۵	۸/۲۹	۲۴/۴۲	۸/۹۲	۶۶/۶۵	لومی- شنی

Hayman (۱۹۷۰) رنگ‌آمیزی انجام شد. سپس ریشه‌ها برای بررسی ساختار قارچی و تعیین درصد کلنیزاسیون میکوریزی در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰، ۴۰ و ۱۰۰ مشاهده شدند. درصد کلنیزاسیون ریشه در دو فصل با استفاده از روش تقاطع شبکه محاسبه شد (Brundrett *et al.*, 1995). براساس این روش، ریشه‌های رنگ‌آمیزی‌شده به‌صورت تصادفی درون پتری‌دیش قرار داده شدند (حداقل ۵۰ قطعه). سپس یک صفحه شطرنجی به‌ابعاد یک سانتی‌متر تهیه و در زیر پتری‌دیش قرار داده شد. برای مشاهده ریشه‌های میکوریزی و غیرمیکوریزی از میکروسکوپ استفاده شد. ریشه‌های میکوریزی و غیرمیکوریزی که با خطوط عمودی و افقی، تقاطعی را ایجاد کرده بودند، هرکدام به‌طور جداگانه شمارش شدند و درنهایت از تقسیم تعداد قطعات ریشه میکوریزی به کل قطعات مشاهده‌شده، درصد کلنیزاسیون تعیین شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رویشی و کلنیزاسیون ریشه پس از گذشت شش ماه، درصد کلنیزاسیون ریشه و صفات رویشی نونهال شامل ارتفاع، قطر یقه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و صفات مورفولوژیکی ریشه ازجمله طول و قطر ریشه اصلی، حجم و تعداد ریشه فرعی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری حجم ریشه‌ها به‌طور مستقیم از طریق جابجا شدن آب در ظروف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته‌شده به داخل آنها انجام شد (براساس قانون ارشمیدس). همچنین وزن خشک اندام‌های مختلف، با قرار دادن نمونه‌ها در آون به‌مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. به‌منظور رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، پس از انتقال آنها به آزمایشگاه، ریشه‌ها با آب شسته شدند و تا زمان رنگ‌آمیزی در محلول تثبیت‌کننده (FAA) نگهداری شدند. برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌هایی که بهترین شرایط را داشتند با آب مقطر شسته شدند و براساس روش Philips و

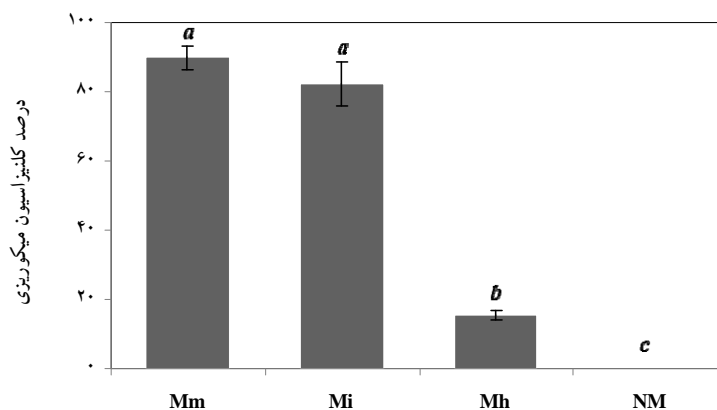
تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا به وسیله آزمون‌های کولموگروف-سمیرنوف و لیون، نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها بررسی شد و به منظور مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه

براساس نتایج رنگ‌آمیزی ریشه، هیچ‌کدام از ساختارهای میکوریزی در ریشه نونهال‌های شاهد مشاهده نشد، اما تیمارهای مختلف میکوریزی نرخ همزیستی متفاوتی را نشان دادند (شکل ۱). *G. intraradices* و *G. mosseae* نسبت به *G. hoi* درصد همزیستی بیشتری را نشان دادند و اختلاف آنها معنی‌دار بود.



شکل ۱- درصد کلنیزاسیون میکوریزی در ریشه نونهال محلب (NM: Non- و Mh: *G. hoi*, Mi: *G. intraradices*, Mm: *G. mosseae*) (mycorrhizal control)

صفات رویشی اندام هوایی

شد (جدول ۲)، اما بین نونهال‌های تلقیح‌یافته با قارچ‌های *G. hoi* و شاهد در هیچ‌کدام از شاخص‌های ارتفاع، قطر یقه، سطح و تعداد برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

به‌طور کلی، تلقیح میکوریزی با قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به‌طور معنی‌داری باعث افزایش صفات رویشی اندام هوایی نونهال‌های محلب نسبت به تیمار شاهد

جدول ۲- تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر صفات رویشی اندام هوایی نونهال محلب (اشتباه معیار ± میانگین)

تیمار	ارتفاع نونهال (cm)	قطر یقه (mm)	سطح برگ (cm ²)	تعداد برگ
Mm	۳۲/۶۷۵±۲/۴۸۸ ^a	۷/۵۹۸±۰/۶۰۵ ^a	۲۳/۲۳±۱/۷۳ ^a	۱۸/۸۷۵±۱/۱۸۶ ^a
Mi	۲۶/۵۳۳±۲/۸۱۱ ^a	۷/۶۱۸±۰/۵۶۸ ^a	۲۱/۷۵۵±۰/۹۶۹ ^a	۱۷/۵±۱/۳۸۴ ^a
Mh	۱۱/۴±۳/۱۵۵ ^b	۴±۰/۵۴۷ ^b	۶±۰/۴۷ ^b	۸/۲±۱/۷۷ ^b
شاهد	۹/۳۸۸±۰/۲۴۲ ^b	۳/۴۶۶±۰/۲۴۲ ^b	۴/۱۶±۰/۱۰۷ ^b	۸±۰/۶ ^b

Mm: *G. mosseae*, Mi: *G. intraradices*, Mh: *G. hoi*

حروف انگلیسی متفاوت در ستون، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

مورفولوژی ریشه

نتایج بررسی‌های مربوط به شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه نشان داد که تلقیح میکوریزی آربسکولار روی این ویژگی‌ها اثرگذار بوده است (جدول ۳). در رابطه با قطر ریشه، حجم ریشه و تعداد ریشه جانبی، تیمارهای میکوریزی *G. intraradices* و *G. mosseae* تأثیر مثبتی بر

این شاخص‌ها داشتند و اختلاف آنها با تیمار شاهد در معنی‌دار بود، اما بین تیمار تلقیح‌یافته با قارچ *G. hoi* و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در خصوص شاخص طول ریشه اصلی تیمارهای میکوریزی *G. mosseae* و *G. intraradices* با تیمارهای *G. hoi* و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند.

جدول ۳- تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر مورفولوژی ریشه نونهال محلب (اشتباه معیار ± میانگین)

تیمار	طول ریشه اصلی (cm)	قطر ریشه (mm)	حجم ریشه (cm ³)	تعداد ریشه فرعی
Mm	۳۷/۳۶۶ ± ۴/۱۹۱ ^a	۹/۰۸ ± ۰/۲۸ ^a	۱۳/۴ ± ۱/۰۳۷ ^a	۴۷/۵ ± ۵/۵ ^a
Mi	۳۱/۳۳۳ ± ۵/۹۹۷ ^a	۸/۹۷۳ ± ۰/۹۴ ^a	۱۱/۸۳۶ ± ۱/۱۳۳ ^a	۵۰ ± ۱۶ ^{ab}
Mh	۲۷/۱ ± ۴/۰۵ ^{ab}	۳/۵ ± ۰/۰۵ ^b	۲ ± ۰/۱۷ ^b	۲۹/۲ ± ۱/۱۲ ^{bc}
شاهد	۲۴/۳ ± ۰/۹۰۷ ^b	۳/۷۶۶ ± ۰/۳۶ ^b	۱/۳۸۵ ± ۰/۰۷۶ ^b	۱۷/۳۳۳ ± ۱/۲۰۱ ^c

Mm: *G. mosseae*, Mi: *G. intraradices*, Mh: *G. hoi*

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که قارچ‌های میکوریزی *G. mosseae* و *G. intraradices* اثر مثبتی روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده (وزن تر و خشک اندام هوایی

و ریشه) داشتند و اختلاف بین تیمارهای تلقیح‌یافته با این قارچ‌ها با تیمار شاهد معنی‌دار بود، در حالی‌که بین تیمارهای *G. hoi* و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه نونهال محلب (اشتباه معیار ± میانگین)

تیمار	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)
Mm	۸/۷۹۳ ± ۱/۳۳۷ ^a	۴/۲۴۵ ± ۰/۵۳۳ ^a	۱۳/۴۷۶ ± ۰/۶۲ ^a	۵/۳۸ ± ۰/۴۶ ^a
Mi	۶/۲۷۳ ± ۰/۸۱۱ ^a	۳/۳۴۵ ± ۰/۶۶۹ ^a	۱۲/۱۵ ± ۱/۴۸ ^a	۴/۱۵۸ ± ۰/۷۴ ^a
Mh	۰/۹۵ ± ۰/۲۵۱ ^b	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^b	۱/۵۵ ± ۰/۱۴ ^b	۰/۷۵ ± ۰/۲۹۵ ^b
شاهد	۱/۰۸۱ ± ۰/۲۷ ^b	۰/۴۷۷ ± ۰/۱۲۳ ^b	۱/۳۷ ± ۰/۰۸۴ ^b	۰/۷۶۹ ± ۰/۰۳۴ ^b

Mm: *G. mosseae*, Mi: *G. intraradices*, Mh: *G. hoi*

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو درصد چشمگیری از همزیستی را بین ریشه نونهال‌های محلب با قارچ‌های میکوریزی نشان داد. تحقیقات بسیاری بیان کرده‌اند که رویش گیاهان میکوریزی و درصد کلنیزاسیون آنها، در pH‌های اسیدی

افزایش می‌یابد (Clark & Zeto, 1996; Mendoza & Borie, 1998)، اما پژوهش پیش‌رو در یک خاک قلیایی انجام شد و درصد زیادی از همزیستی مشاهده شد. نتایج کلنیزاسیون ریشه در تیمارهای میکوریزی نونهال‌های محلب، تفاوت معنی‌داری را بین گونه‌های قارچی نشان داد.

دامنه تغییرات کلنیزاسیون در تیمارهای میکوریزی بین ۱۵ تا ۸۹ درصد بود که این امر می‌تواند به دلیل توقعات اکولوژیکی و ادافیکی متفاوت قارچ‌های میکوریزی باشد. طبق نتایج Liu و همکاران (۲۰۰۴) عامل‌هایی مانند شرایط خاک، سطح مواد غذایی خاک، شدت نور و سیستم‌های کشت بر رشد و گسترش قارچ‌های میکوریزی تأثیرگذار هستند.

Aroa و همکاران (۱۹۹۱) بیان داشتند که برقراری رابطه همزیستی میکوریزی فعال و متعاقب آن افزایش پتانسیل میکوریزی خاک، تحت کنترل سه عامل گیاه میزبان، گونه‌های موجود از قارچ‌های میکوریزی و شرایط محیطی است. گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز آریسکولار، توانایی متفاوتی برای برقراری رابطه همزیستی با گیاهان میزبان دارند، بنابراین توانایی آنها در افزایش جذب عناصر و افزایش رشد در گیاه میزبان نیز متفاوت است. برخی از پژوهشگران معتقدند که گیاهانی که همزیستی بیشتری با قارچ‌های میکوریز برقرار می‌کنند، از رشد بهتری نیز برخوردار هستند (Camargo-Ricalde et al., 2010)، زیرا قارچ‌ها قادر هستند از طریق تحریک ریشه‌زایی و تغییر در مورفولوژی ریشه گیاه میزبان و همچنین افزایش سطح جذب از طریق هیف‌های خود، میزان آب و عناصر غذایی بیشتری جذب کنند و باعث بهبود رشد گیاه میزبان شوند. در پژوهش پیش‌رو نیز مشاهده شد که نونهال‌های میکوریزی از رشد بهتری برخوردار بودند و قارچ‌های میکوریزی *G. intraradices* و *G. mosseae* سبب افزایش ارتفاع، قطر یقه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قطر ریشه اصلی، حجم و تعداد ریشه فرعی شدند و فقط بر طول ریشه اصلی تأثیرگذار نبودند. یافته‌های بسیاری اثر معنی‌دار قارچ‌های میکوریزی را بر رشد گیاهان نشان داده‌اند (Wu & Zou, 2010; Williams et al., 2012; Yang et al., 2013). نتایج آزمایش‌های Wu و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تلقیح میکوریزی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع، وزن تر، طول ریشه، حجم ریشه و تعداد ریشه فرعی شد. براساس یافته‌های

Amayoo-Carpio و همکاران (۲۰۰۹)، استفاده از قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش تعداد برگ‌ها، سطح برگ، میزان فتوسنتز برگ و در نتیجه وزن خشک کل گیاه شد. همچنین Mirzaei و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تلقیح قارچ آریسکولار با بذره‌های خنجوک، تأثیر مثبتی بر مشخصه‌های ارتفاع، قطر یقه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی به‌جز طول ریشه اصلی داشت. این افزایش در رشد گیاه به بهبود جذب آب که منجر به افزایش تغذیه فسفر می‌شود (Roldán et al., 2008) و جذب مستقیم آب و انتقال از طریق هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزی نسبت داده شده است (Augé et al., 2003). به‌علاوه، افزایش سطح برگ گیاهان می‌تواند به‌طور مستقیم به دلیل افزایش فتوسنتز همراه با افزایش جذب فسفر در گیاه باشد (Dietz & Foyer, 1986). از سوی دیگر، افزایش وزن گیاه به کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریزی ریشه وابسته است، به‌طوری‌که کاهش کلنیزاسیون میکوریزی موجب کاهش تأثیر این قارچ‌ها بر وزن گیاه می‌شود (Ryan & Ash, 1996).

به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو نشان داد که همزیستی با قارچ‌های میکوریز آریسکولار باعث افزایش رشد اندام هوایی و افزایش ریشه‌های جانبی نونهال‌های محلب شد. در پژوهش پیش‌رو، استفاده از *G. intraradices* و *G. mosseae* مثبت ارزیابی شد. با توجه به این‌که گونه‌های قارچی مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو از عمومیت بیشتری برای برقراری همزیستی برخوردار هستند، اما نتایج نشان داد که همه گونه‌های قارچ میکوریز آریسکولار قادر به برقراری همزیستی مفید با همه گونه‌های گیاهی نیستند. همچنین با وجود این‌که نونهال‌های شاهد از رشد بسیار کمی برخوردار بودند، اما قارچ‌های میکوریزی توانستند با افزایش سطح جذب ریشه و تحریک ریشه‌زایی، بیشتر مواد غذایی موجود در خاک را در اختیار گیاه قرار دهند و این کاهش رشد را در نونهال‌های تلقیح‌یافته با قارچ‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* جبران کنند. همچنین این قارچ‌ها با افزایش قطر و حجم ریشه باعث

- 24: 67-78.
- Clark, R.B. and Zeto, S.K., 1996. Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 28: 1495-1503.
 - Degens, B.P., Sparling, G.P. and Abbott, L.K., 1994. The contribution from hyphae, roots and to the aggregation of a sandy loam under long-term clover based and grass pastures, European organic carbon constituents. *Soil Science*, 45: 459-468.
 - Dietz, K.J. and Foyer, C., 1986. The relationship between phosphate and photosynthesis in leaves: Reversibility of the effects of phosphate deficiency on photosynthesis. *Planta*, 167: 376-81.
 - Gerdemann, J.W. and Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
 - Khalvati, M.A., Mozafar, A. and Schmidhalter, U., 2005. Quantification of water uptake by arbuscular-mycorrhizal hyphae and its signification for leaf growth, water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology*, 7(6): 706-712.
 - Klironomos, J.N., 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology*, 84: 2292-2301.
 - Liu, A., Wang, B. and Hamel, C., 2004. Arbuscular mycorrhiza colonization and development at suboptimal root zone temperature. *Mycorrhiza*, 14: 93-101.
 - Mendoza, J.Y. and Borie, F., 1998. The effect of *Glomus etunicatum* inoculation on aluminum, phosphorus, calcium and magnesium uptake in two barley genotypes with different aluminum tolerance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29: 681-695.
 - Miransari, M., 2010. Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. *Plant Biology*, 12: 563-569.
 - Mirzaei, J., Akbarinia, M., Mohamadi Goltapeh, E., Sharifi, M. and Rezaei Danesh, Y., 2011. Effect of arbuscular mycorrhizae fungi on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under drought stress. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(2): 291-300 (In Persian).

افزایش پنجه‌دوانی گیاه در خاک می‌شوند و استقرار و بقای آن را بهبود می‌بخشند. این مسأله نشان‌دهنده جایگاه ویژه قارچ‌های میکوریز در حفاظت از گونه‌های گیاهی بومی در برنامه‌های احیا و مدیریت جنگل‌های کشور است و می‌توان آن را به‌عنوان راهکاری مناسب و کاربردی برای افزایش رشد و زنده‌مانی محلب به‌ویژه در جنگل‌های تخریب‌یافته زاگرس پیشنهاد داد.

References

- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H. and Abdel-Wahhab, M.A., 2012. Tolerance of mycorrhiza infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of Plant Physiology*, 169: 704-709.
- Alikhani, H., and Ghorchiani, M., 2013. *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry* (translation). Jahad-e Daneshgahi, Tehran, 374p (In Persian).
- Amaya-Carpio, L., Fox Davies, F.T. and He, C.T., 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic fertilizer influence photosynthesis, root phosphate activity, nutrition and growth of *Ipomea carnea* sp. *fistulosa*. *Photosynthetica*, 47(1): 1-10.
- Arora, D.K., Mukerji, K.G. and Rai, B., 1991. *Hand Book of Applied Mycology: Soil and Plant*. Marcel Dekker Inc. Press, New York, 256p.
- Augé, R.M., Moore, J.L., Stutz, J.C., Sylvia, D.M., Al-Agely, A.K. and Saxton, A.M., 2003. Relation foliar dehydration tolerance of mycorrhizal *Phaseolus vulgaris* to soil and root colonization by hyphae. *Journal of Plant Physiology*, 160: 1147-56.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N., 1995. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Published by Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia, 374p.
- Camargo-Ricalde, S.L., Montano, N.M., Reyes-Jaramillo, I., Jimenez-Gonzalez, C. and Dhillion, S.S., 2010. Effect of mycorrhizae on seedlings of six endemic Mimosa L. species (Leguminosae-Mimosoideae) from the semi-arid Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. *Trees*,

- Zealand Journal of Botany, 50(4): 473-479.
- Wu, Q.S., He, X.H., Zou, Y.N., Liu, C.Y., Xia, O.J. and Li, Y., 2012. Arbuscular mycorrhizas alter root system architecture of *Citrus tangerine* through regulating metabolism of endogenous polyamines. *Plant Growth Regulation*, 68: 27-35.
 - Wu, Q.S. and Zou, Y.N., 2010. Citrus mycorrhizal responses to abiotic stresses and polyamines. *Advances in Plant Physiology*, 12: 31-56.
 - Yang, Y., Chen, Y., Cai, B., Jie, W., and Lv, D., 2013. The arbuscular mycorrhizal symbiotic status of *Populus euphratica*, a drought resistant tree species from arid lands. *Ecohydrology*, 6(6): 1001-1008.
 - Zanganeh, H., 1999. Report of existence *Cerasus mahaleb* (L.) Mill. in Kermanshah province forests. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 13p (In Persian).
 - Zhu, Y.G. and Miller, R.M., 2003. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. *Trends in Plant Science*, 8(9): 407-509.
 - Philips, J.M. and Hayman, J.M., 1970. Improved procedures for clearing roots by staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *British Mycological Society*, 55: 158-160.
 - Roldán, A., Díaz-Vivancos, P., Hernández, J.A., Carrasco, L. and Caravaca, F., 2008. Superoxide dismutase and total peroxidase activities in relation to drought recovery performance of mycorrhizal shrub seedlings grown in an amended semiarid soil. *Journal of Plant Physiology*, 165: 715-722.
 - Ryan, M.H. and Ash, J.E., 1996. Colonization of wheat in southern New South Wales by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi is significantly reduced by drought. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 36(5): 563-569.
 - Smith, S.E. and Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, 605p.
 - Williams, A., Norton, D.A. and Ridgway, H.J., 2012. Different arbuscular mycorrhizal inoculants affect the growth and survival of *Podocarpus cunninghamii* restoration plantings in the Mackenzie Basin, New Zealand. *New*

Effect of mycorrhizal fungi inoculation on growth of mahaleb cherry (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) seedlings in greenhouse condition

N. Armand¹, M. Matinizadeh^{2*}, A. Shirvany³ and M. Khoshnevis⁴

1- M.Sc. Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2* - Corresponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: matini@rifr-ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 21.04.2015

Accepted: 19.06.2015

Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are soil microorganisms that play an important role in ecosystem processes. They are able to increase the water uptake and mineral nutrients to the plant roots, and thus improve establishment, growth and survival of plants. Here, the effect of mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, *G. mosseae* and *G. hoi*) on growth parameters of seedlings of mahaleb cherry (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) under greenhouse condition were investigated. To produce the *Cerasus mahaleb* seedlings, seeds of native trees were collected in Chahar Tagh-e Ardal, Chaharmahal and Bakhtiari province. After one growth season, mycorrhizal and control seedlings were evaluated. Results of measurements on root colonization showed that fungal can establish well symbiosis with *Cerasus mahaleb* seedlings. The results also revealed that mycorrhizal fungi significantly influenced all parameters except the length of main root and plant development, while *G. hoi* did not significantly affect the growth parameters and established a weak symbiosis. Overall, using of *G. intraradices* and *G. mosseae* were assessed to be positive here, therefore it can be applied as an appropriate way to increase the seedling growth and establishment in *C. mahaleb*, particularly in the degraded areas of Zagros forests.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, *Cerasus mahaleb*, growth parameters, mycorrhizal seedling.