جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۴، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰
ص ۱۵-۲۸ (پژوهشی)

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

DOI: 10.22059/jfwp.2021.298302.1082

تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر صفات مورفولوژیکی نهال‌های یک‌ساله محلب (*Cerasus mahaleb* L.) تحت تنش خشکی

مسعود اسماعیلی شریف[1*]، بهمن زمانی کبرآبادی [2]، محسن دهقانی [3]

۱. استادیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲. دانش‌آموخته دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۳. استادیار پژوهش بخش تحقیقات آب و خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

چکیده

کاهش بارندگی و کم‌آبی، دو چالش مهم در جنگل‌های زاگرس محسوب می‌شوند. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها به منظور احیاء و غنی‌سازی این جنگل‌ها استفاده از گونه‌های بومی نظیر محلب می‌باشد. این تحقیق به صورت فاکتوریل با دو فاکتور تنش خشکی در چهار سطح ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و قارچ میکوریز آربوسکولار در سه سطح بدون قارچ میکوریز (شاهد)، *Rhizophagus irregularis* و *Funneliformis mosseae* در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان طی دو فصل زمستان و بهار ۹۷- ۱۳۹۶ اجرا گردید. نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی صفات ارتفاع، قطر یقه، تعداد شاخه و برگ، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، درصد کلونیزاسیون قارچ و سطح برگ نهال‌های محلب به طور معنی‌دار کاهش یافت ($p\leq1\%$)، لیکن هر دو قارچ توانستند باعث بهبود اغلب صفات مورد مطالعه شوند. در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد، کلونیزاسیون قارچ به طور متوسط از ۳۲/۱ درصد در شاهد به ۴۷/۲۷ درصد در تلقیح با قارچ *F. mosseae* و ۴۳/۲ درصد در تلقیح با قارچ *R. irregularis* رسید ($p\leq5\%$). در اثر تلقیح با قارچ *F. mosseae*، طول ریشه اصلی نهال‌ها در تنش‌های مختلف خشکی نسبت به شاهد روند افزایشی نشان داد و بیشترین طول ریشه (۴۲ سانتیمتر) در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد بدست آمد. بزرگترین اندازه سطح و تعداد برگ، رویش ارتفاعی و قطری نهال در شرایط بدون تنش خشکی (ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد) مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش، محلب در دوره نونهالی، با تلقیح قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار قدرت تحمل به خشکی بیشتری پیدا خواهد کرد.

کلمات کلیدی: درصد کلونیزاسیون، زیتوده، ظرفیت زراعی، کم‌آبی، نونهال.

مقدمه*

یکی از مشخصه‌های مهم جنگل‌های زاگرس که نقش مهمی در تامین آب، تعدیل آب و هوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی کشور دارد کمبود بارندگی در طول دوره رویشی است. لذا تنش خشکی عمدتا در طول دوره رشد گیاهان این مناطق حادث می‌شود؛ به ویژه در مراحل رویشی نهال که گیاه به همه عوامل محیطی و غیرمحیطی حساس است. این امر یکی از دلایل عدم موفقیت طرح‌های جنگل کاری و محدود شدن تولید نهال در نهالستان‌ها و در نهایت محدود شدن احیاء این مناطق شده است [۱]. تنش خشکی مخرب‌ترین تنش زیست

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۳۲۹۳۵۸۳
Email: m.esmaeilisharif@areeo.ac.ir

محیطی است که بر رشد، توسعه و عملکرد گیاهان به شدت تاثیر مهار کننده دارد [۲]. به طور کلی، در گیاهان سه نوع مکانیزم مقاومت به خشکی، شامل اجتناب از خشکی (مانند افزایش طول ریشه)، تحمل به خشکی (مانند تجمع موادی که موجب حفظ تعادل اسمزی می‌شود) و فرار از خشکی (مانند طی کردن فنولوژیک و رسیدگی، قبل از اینکه تنش خشکی به صورت عامل محدود کننده جدی درآید) مشاهده می‌شود [۳]. از پیامدهای تنش خشکی، کاهش رطوبت قابل دسترس برای ریشه، افزایش تبخیر و تعرق نسبت به جذب آب، افزایش تنفس سلولی و خسارت فرآیندهای متابولیکی و ساختمانی سلول، بازدارندگی نوری، اکسیداسیون نوری و سرانجام مرگ برگ‌ها است. همچنین، افزایش سفتی خاک ناشی از خشک شدن و اثر آن بر رشد ریشه، کاهش رشد برگ‌ها و فتوسنتز، غیرقابل دسترس شدن مواد غذایی در محیط ریشه، تجمع نمک در لایه‌های بالایی خاک و اطراف ریشه‌ها و مسمومیت عناصر غذایی، از دیگر خسارات ناشی از تنش خشکی است [۴].

گیاهان همزیست با میکوریز آب خاک را سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌نمایند و باعث می‌شوند پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کند، زیرا معمولاً اندام هوایی توسعه بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش یافته و این خود باعث افزایش نیاز تعرق گیاهان همزیست می‌شود. از طرف دیگر، سیستم ریشه‌ای در گیاهانِ تلقیح شده توسعه بیشتری یافته، بیشتر از ریشه گیاهان تلقیح نشده منشعب شده و قطر ریشه‌های فرعی در آنان کاهش و طول ریشه افزایش می‌یابد. همه این عوامل باعث می‌شوند که ریشه‌های همزیست سطح تماس بیشتری با خاک پیدا کرده و بدین صورت سریع‌تر آب را از خاک جذب نمایند [۵].

یکی از استراتژی‌های مقابله با خشکی که مدتی است مورد توجه قرار گرفته، تلقیح گیاهان با انواع مختلف قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد [۶، ۷]. از انواع قارچ‌های مفید خاکزی، قارچ‌های میکوریزایی هستند که می‌توانند رشد را بهبود داده، سبب فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک شده و با تعدیل اثر آن‌ها نقش مهمی در شرایط تنش ایفا کنند [۸، ۹]. قارچ‌های میکوریز با مکانیسم‌های مختلفی از جمله جذب آب و مواد غذایی بیشتر، تغییر در الاستیسیته برگ، بهبود در پتانسیل آب و آماس برگ، باز نگه داشتن روزنه‌ها و تعرق و افزایش طول و عمق نفوذ ریشه‌ها به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحمل به خشکی در گیاهان را افزایش می‌دهند [۱۰، ۱۱]. در مکانیسم اثر میکوریز بر باز و بسته شدن روزنه‌ها، همزیستی میکوریز باعث می‌شود تا در طی دوره تنش خشکی، کاهش نسبی میزان آب موجود در برگ‌ها به تعویق افتاده، روزنه‌ها مدت زمان بیشتری باز بمانند [۱۰].

گزارش‌های متعددی مبنی بر بالاتر بودن پتانسیل آب برگ‌ها در گیاهان مایه‌زنی شده با میکوریز نسبت به گیاهان شاهد در شرایط تنش خشکی وجود دارد [۸، ۱۲]. Wubet (۲۰۰۳) کلونیزاسیون درختان جنگلهای اتیوپی با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار را بررسی کرد و نتیجه گرفت که همزیستی میکوریزیایی نقش ویژه‌ای در زنده‌مانی نهال‌های *Albizia schimperiana*، *Prunus africana*، *Juniperus procera* و *Cuspidata* ssp.، *Olea europaea*، و همچنین احیاء جنگل در اکوسیستم‌های خشک جنگل‌های اتیوپی دارد [۱۳]. میرزایی (۱۳۹۰) با بررسی اثر قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار بر نهال‌های زالزالک گرجی (*Crataegus pontica*) تحت تنش خشکی، تلقیح آنها با قارچ‌ها را جهت افزایش موفقیت در استقرار و رشد گونه‌های کاشته شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس پیشنهاد دادند [۱۴]. در پژوهش دیگری مشخص شد که در گونه *Pinus halepensis*، تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ، پتانسیل فشار برگ و هدایت روزنه‌ای می‌شود، اما شدت کاهش برای گیاهان غیرمیکوریزی بیش از گیاهان میکوریزی است. به‌عبارت دیگر، قارچ‌های میکوریزی، امکان جذب آب بیشتر از

خاک‌های خشک را به نهال‌ها دادند [۱۵]. یکی از پایدارترین و مناسب‌ترین روش‌ها به منظور احیاء و غنی‌سازی ناحیه رویشی زاگرس، استفاده از گونه‌های بومی و چند منظوره نظیر زالزالک (*Crataegus aronia* L.) و محلب (*Cerasus mahaleb*) می‌باشد [۱، ۱۶]. تلقیح بذرهای محلب با گونه‌های قارچی *Glomus intraradices* و *G. mosseae*، به‌عنوان راهکاری مناسب و کاربردی برای افزایش رشد و استقرار نونهال‌های محلب به‌ویژه در عرصه‌های تخریب یافته زاگرس پیشنهاد شده است [۱۷].

محلب از جنس *Cerasus* و تیره Rosaceae است. معمول‌ترین کاربرد این گونه، استفاده به عنوان پایه برای گیلاس و آلبالو می‌باشد [۱۸]. با تغییر اقلیم و کاهش بارندگی در جنگل‌های زاگرس، اهمیّت توجه به انجام مطالعات لازم جهت مقاوم‌تر کردن گونه‌های بومی جنگلی نسبت به تنش خشکی بیشتر احساس می‌شود. در سال‌های اخیر مطالعاتی برای حل مشکلات مرتبط به استفاده از درختان بومی در احیای جنگل‌های زاگرس انجام شد، اما در این گزارش‌ها، همزیستی میکوریزی گونه‌های مورد استفاده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا با توجه به اینکه در زمینه تاثیر تنش خشکی و نقش میکروارگانیسم‌های خاک بر رشد درختان جنگلی و مخصوصاً گونه مهم و در حال انقراض محلب تحقیقات جامعی انجام نگرفته است، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تحمل به خشکی نهال‌های محلب تلقیح شده توسط قارچ‌های میکوریزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تأثیر دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار *R. irregularis*، *F. mosseae* تهیه شده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، بر خصوصیات رشد و نمو نهال‌های یکساله محلب تحت تنش خشکی در سال ۹۷-۱۳۹۶ در استان اصفهان ارزیابی شد. نهال‌های یک‌ساله محلب با متوسط ارتفاع ۵۰-۷۰ سانتی‌متر، حداقل قطر ۱-۰/۵ سانتی‌متر و تعداد برگ حداقل ۳۰ عدد در بهمن ماه انتخاب و در گلدان‌های هشت کیلویی پلاستیکی (به دلیل گستردگی ریشه‌های محلب و اعمال تیمارهای قارچی در لایه مختلف خاک از گلدان‌های بزرگ استفاده شد.) کاشته شدند. به منظور جلوگیری از تبخیر سطحی خاک، با مسدود کردن منفذ گلدان‌ها و پوشش‌دار کردن سطح بیرونی آن‌ها، تیمار تنش اعمال شد. نهال‌ها در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و در چهار تکرار کشت شدند. فاکتورهای آزمایش شامل ۱- سه سطح تلقیح قارچ با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار *R. irregularis*، *F. mosseae* و شاهد (بدون تلقیح)، ۲- تنش خشکی در چهار سطح شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به عنوان شاهد (FC100%)، تنش کم (FC75%)، تنش متوسط (FC50%) و تنش شدید (FC25%) بود. بافت، اسیدیته (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. با کمک دستگاه صفحات فشاری، رطوبت نمونه‌های خاک در پتانسیل‌های ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ آتمسفر اندازه گیری و جدول مشخصه رطوبتی خاک تهیه گردید (شکل ۱ و جدول ۲).

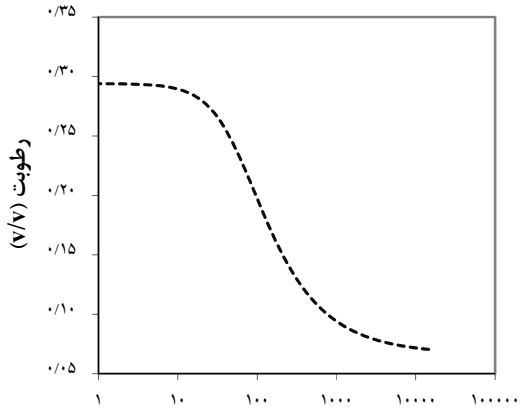
جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

قابلیت هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته	ازت کل N (%)	کربن آلی (%)	فسفر*	روی*	آهن*	پتاسیم*	بافت خاک
				($mg.kg^{-1}$)				
۱/۵	۷/۶۲	۰/۱۶	۱/۶	۱۸/۲۵	۲/۵	۳/۸	۴۵۷	لومی

* قابل جذب

جدول ۲. مشخصات رطوبتی خاک

مقدار رطوبت وزنی خاک ٪		مقدار درصد حجمی رطوبت٪		
ظرفیت زراعی	ظرفیت پژمردگی	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی	قابل استفاده گیاه
۱۷/۶	۶/۹	۳۲	۱۵	۱۷



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک مورد آزمایش

آب مورد نیاز برای هر تیمار بر اساس زمان رسیدن رطوبت خاک به رطوبت مورد نظر در هر تیمار تنش خشکی، با استفاده از یک دستگاه رطوبت سنج گلدانی (TDR) تعیین می‌شد [۱۹]. عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد [۲۰].

$$In = (\theta FC - \theta BL) \times D \quad (۱)$$

در این رابطه In نیاز خالص آبیاری، θFC میزان رطوبت حجمی (mm) ظرفیت زراعی برای هر تیمار، θBL میزان رطوبت حجمی (mm) خاک قبل از آبیاری برای هر تیمار، D عمق توسعه ریشه یا گلدان (mm) می‌باشد.

$$Ig = In / (1 - Lf) \quad (۲)$$

$$V = Ig * A \quad (۳)$$

در روابط (۲) و (۳)، Ig نیاز ناخالص آبیاری (mm)، Lf برخه آبشویی (Leaching fraction)، A سطح مقطع گلدان (mm^2) و V حجم آب آبیاری (mm^3) برای هر گلدان می‌باشد.

در آغاز کشت گلخانه‌ای (بهمن ماه)، ۵۰ تا ۶۰ گرم زادمایه (در هر گرم زادمایه ۸۰-۷۰ اندام فعال قارچ موجود بود) در اطراف ریشه نهال‌های محلب پخش و روی آن‌ها با خاک پوشانده شد [۲۱]. بعد از کشت و تلقیح قارچ با ریشه نهال‌های محلب، نهال‌ها در شرایط گلخانه‌ای (دمای حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۸ در روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب با رطوبت نسبی ۵±۴۰ درصد) به مدت چهار ماه نگهداری شدند. قبل از اعمال تیمارها، ارتفاع نهال و قطر یقه نهال‌ها اندازه‌گیری و تا پایان دوره (خرداد ماه)، اندازه‌گیری‌ها هر ۳۰ روز یک‌بار تکرار شد. ارتفاع نهال‌ها از محل یقه تا جوانه انتهایی نهال با خط کش و قطر یقه نهال‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. رویش قطری، ارتفاعی، تعداد برگ و شاخه از طریق ارزیابی "میزان رشد در آخر دوره منهای میزان رشد در اول دوره" محاسبه شد. طول ریشه اصلی نهال‌ها نیز با خط‌کش

اندازه‌گیری شد. اندازه سطح ۳ برگ کاملاً توسعه یافته از بالاترین قسمت هر نهال با استفاده از دستگاه (model: HVN1223) Leaf Area Meter تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، پس از شستشو، اندام‌های مختلف (ریشه، ساقه و برگ) از هم جدا و به مدت ۴۸ ساعت در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) خشک و سپس توزین شدند. درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها بر اساس روش برمن و لیندرمن ارزیابی شد. میزان کلونیزاسیون با برآورد طولی ریشه‌هایی که با ریسه‌های قارچی همراه بودند محاسبه شد و میانگین کلونیزاسیون ریشه برای صد قطعه در پنج طبقه تعیین شد [۲۲]. تجزیه واریانس داده‌ها به‌روش فاکتوریل و توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و برای مقایسه میانگین صفات از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan Compare Means Test) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثرات متقابل نوع قارچ و تنش خشکی بر سطح برگ، تعداد برگ، رویش ارتفاعی ساقه، رویش قطری یقه نهال‌ها در سطح ۱ درصد و بر صفت طول ریشه اصلی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). صفات تعداد شاخه، درصد کلونیزاسیون قارچ میکوریز آربوسکولار، وزن خشک ریشه و اندام هوایی تحت تأثیر اثرات ساده قارچ و تنش خشکی واقع شدند (جدول‌های ۳ و ۴). در این پژوهش مساحت سطح برگ نهال‌های محلب با افزایش تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۲ راست) که این کاهش یک پاسخ سازشی اولیه به کمبود آب است. بیشترین و کمترین اندازه سطح برگ به ترتیب در تیمار بدون تنش خشکی تحت اثر تلقیح با قارچ *F. mosseae* ($۳۱mm^2$) و تیمار تنش خشکی FC25% و FC50% بدون تلقیح با قارچ ($۱۷mm^2$) بدست آمد.

از آن جایی که فشار اسمزی اولین اثر بیوفیزیکی مهم تنش آب است و فعالیت‌های وابسته به فشار اسمزی مانند توسعه برگ و رشد طولی ریشه، حساسترین فرآیندها به کمبود آب می‌باشند، لذا معمولاً با کاهش محتوای آب گیاه، سلول‌ها و دیواره سلولی چروکیده می‌شوند. کاهش حجم سلول منجر به کاهش فشار اسمزی شده و متعاقباً غلظت مواد محلول در سلول‌ها افزایش می‌یابد [۲۳]. نتایج بررسی‌های سایر پژوهشگران روی زیتون [۲۴] و بادام [۲۵] نیز مبین کاهش سطح برگ در نتیجه تنش خشکی می‌باشد، که همسو با نتایج بدست آمده در این پژوهش است. برخی درختان، مانند بادام در شرایط تنش خشکی جهت مدیریت بهینه مصرف آب (کاهش تبخیر و تعرق) بخشی از برگ‌های خود را از دست می‌دهند که این امر سبب کاهش سطح برگ در گیاه می‌شود [۲۵].

تعداد برگ (شکل ۲) و شاخه (شکل ۳) نهال‌های محلب در تنش‌های کم آبی کاهش یافت (شکل ۲). بیشترین تعداد برگ (۸۶) در تیمار *F. mosseae* بدون تنش خشکی حاصل شد که احتمالاً دلیل آن را می‌توان به تغییرات هورمونی مانند افزوده شدن آبسیزیک اسید در گیاه تحت تنش خشکی و ریزش برگ‌ها نسبت داد [۲۶]. نتایج این پژوهش نشان داد که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار باعث افزایش سطح برگ در تمامی تیمارهای خشکی شدند. گزارش‌های متعددی مبنی بر بالاتر بودن پتانسیل آب برگ‌ها در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی در شرایط تنش خشکی وجود دارد [۸، ۲۷]. همزیستی میکوریزی باعث می‌شود تا افت پتانسیل آب برگ‌ها در گیاه میزبان تحت تنش خشکی نسبت به گیاه غیرمیکوریزی به تعویق افتد. با برطرف شدن دوره تنش خشکی و افزایش میزان آب خاک، گیاهان میکوریزی خیلی سریعتر از گیاهان غیرمیکوریزی، آب جذب کرده، با افزایش مدت زمان باز ماندن روزنه‌ها و جذب بهتر مواد غذایی، پتانسیل آب برگ‌ها به حد متعادل می‌رسد [۲۸، ۲۹].

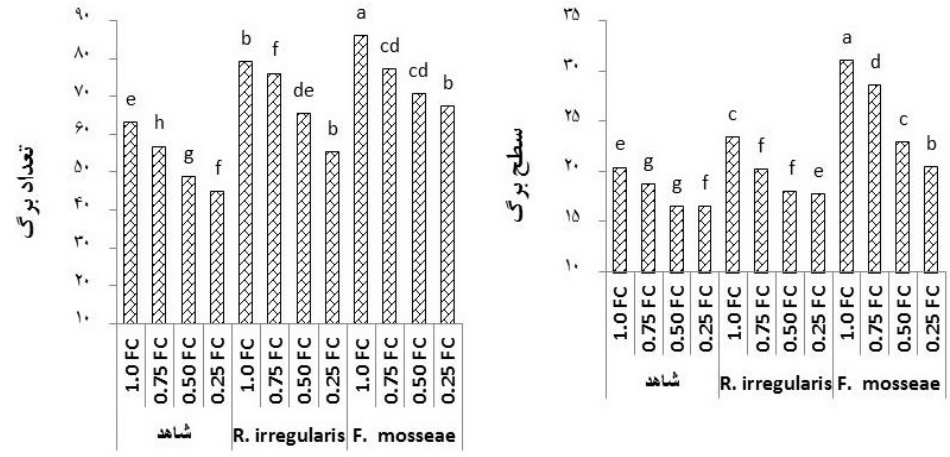
در تحقیق پیش رو، درصد فراوانی و کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار *R. irregularis* و *F. mosseae* تلقیح یافته با نهال‌های محلب با افزایش تنش خشکی کاهش یافت و کمترین میزان کلونیزاسیون قارچ مربوط به تنش خشکی شدید بود. در سطح مطلوب آبیاری (بدون تنش خشکی)، درصد کلونیزاسیون قارچ به طور متوسط از ۲۶/۲ درصد در شاهد به ۴۱/۳ درصد در گونه قارچی *F. mosseae* و به ۳۷/۰ درصد در گونه قارچی *R. irregularis* رسید (شکل ۴). همچنین، کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار موجب افزایش قابل ملاحظه درصد کلونیزاسیون قارچ در مقایسه با شاهد شد، به‌طوری که در تیمارهای تنش خشکی، در اکثر موارد، نهالهای آغشته به میکوریز درصد کلونیزاسیون بیشتری از گیاهان غیر میکوریزی داشتند ($p=٪۱$). Jinying و همکاران (۲۰۰۷) نیز که از سه رژیم ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد رطوبت نسبی برای بررسی اثر استرس خشکی بر نهال *Zizyphus spinosus* استفاده کردند، دریافتند که با افزایش استرس خشکی درصد کلونیزاسیون کم می‌شود [۳۰].

جدول ۳. تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر حسب خصوصیات رشدی نهال‌های محلب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		رویش قطری	رویش ارتفاعی	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک هوایی
تکرار	۳	۰/۰۰۰۹	۰/۴۱	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۵۲
قارچ (a)	۲	۰/۷۷۲**	۱۶۸/۴۹۸**	۴۷۵/۰۰**	۸۳۶/۴۴**	۳۷۹/۹۷**
تنش خشکی (b)	۳	۰/۱۶۷**	۷۴/۷۱۴**	۱۷۵/۲۷**	۱۸۳/۱۶**	۷۳/۰۵**
(b) ×(a)	۶	۰/۰۰۸**	۳/۶۶۵**	۲/۷۳*	۱/۵۲	۰/۸۵

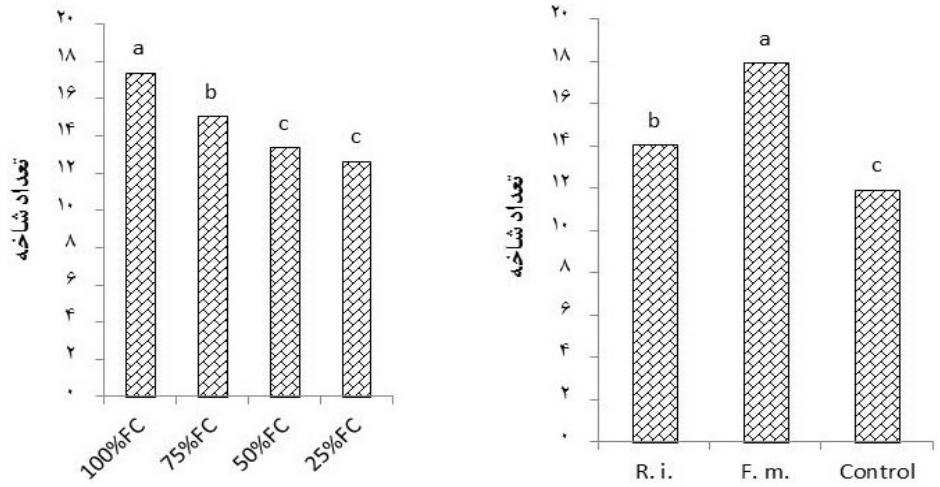
جدول ۴. تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر حسب سطح برگ، تعداد برگ و شاخه و کلونیزاسیون نهال محلب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سطح برگ	کلونیزاسیون	تعداد شاخه	تعداد برگ
تکرار	۳	۰/۲۰	۱/۰۳	۰/۳۵	۹/۴۷
قارچ (a)	۲	۲۶۰/۰۲۷**	۹۵۳/۲۴**	۴۵/۷۵**	۲۰۵۰/۱**
تنش خشکی (b)	۳	۱۱۵/۰۲**	۳۴۴/۷۰**	۲۴/۹۱**	۹۶۴/۸**
(b) ×(a)	۶	۱۱/۲۲۸**	۲/۳۵۶	۱/۳۱	۲۳/۶۹**

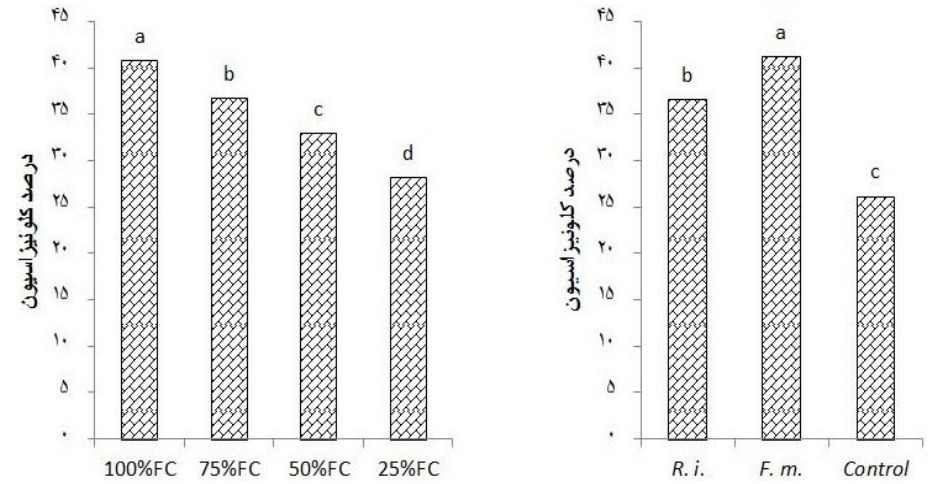


شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز و تنش خشکی بر مساحت سطح برگ و تعداد برگ نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE)، بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده (Simple effects) میکوریز (راست) و تنش خشکی (چپ) بر تعداد شاخه نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE). بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند. ***R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae***



شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده (Simple effects) میکوریز (راست) و تنش خشکی (چپ) بر مساحت سطح برگ نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE). بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند. ***R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae***

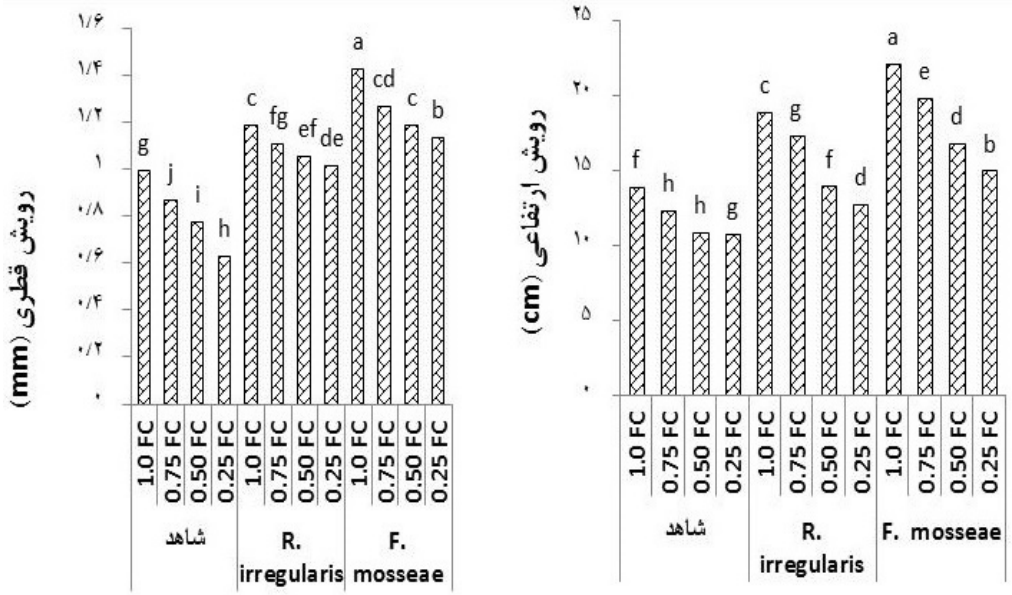
بیشترین رویش ارتفاعی (۲۲ سانتیمتر) و قطری (۱/۴ سانتیمتر) در اثر متقابل تلقیح نهال‌ها با قارچ *F. mosseae* در شرایط بدون تنش خشکی حاصل شد (شکل ۵). صرف نظر از نوع میکوریز به کار رفته، تنش خشکی باعث کاهش رشد (ارتفاع نهال و قطر یقه) نهال‌ها در تمامی تیمارهای تنش خشکی شد. کاهش ارتفاع گیاه تحت تاثیر تنش آبی در زیتون [۲۴] و صنوبر [۳۱] گزارش شده است. کاربرد میکوریز موجب افزایش قابل ملاحظه رویش (ارتفاع نهال، قطر یقه) در مقایسه با شاهد گردید، به‌طوری که در اکثر موارد گیاهان آغشته به میکوریز رشد کرده در تنش خشکی FC75%، FC50%، FC25% و بدون تنش شرایط رویشی بهتری از گیاهان غیرمیکوریز داشتند.

گزارشات متعدد حاکی از آن است که میکوریز، رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه

را برای جذب آب ایجاد می‌کند [۳۲، ۳۳]. در تحقیق حاضر، بیشترین طول ریشه در اثر متقابل تلقیح نهال‌ها با همان قارچ (*F. mosseae*) و در شرایط تنش خشکی FC50% به‌دست آمد (شکل ۶). متوسط طول ریشه نهال‌های یکساله محلب در گونه قارچی *F. mosseae* (۳۷ سانتیمتر) چهار سانتیمتر بیشتر از گونه قارچی *R. irregularis* (۳۳ سانتیمتر) بود. در تیمار تنش خشکی FC50% و در اثر همزیستی ریشه گیاه با قارچ *F. mosseae*، بیشترین طول ریشه (۴۲ سانتیمتر) حاصل شد که ۱۰ سانتیمتر بیش از تیمار عدم تنش خشکی FC100% بود (شکل ۶). تیمار قارچی *F. mosseae* باعث افزایش طول ریشه از تیمار تنش خشکی FC75% شد که نشان دهنده قدرت ریشه دوانی و توانایی رویش ریشه در شرایط تنش و همزیستی با این قارچ است (شکل ۶). با افزایش تنش خشکی بتدریج طول ریشه افزایش یافت و در تنش خشکی FC50% به حداکثر رسید و بعد از آن در تیمار FC25% کاهش یافت اما باز هم بیش از تیمار بدون تنش خشکی و تیمار FC75% بود.

مطابق یافته‌های ما، تنش خشکی به شدت، میزان ماده خشک نهال‌های محلب را کاهش داد اما قارچ میکوریز باعث افزایش ماده خشک نهال‌ها در سطوح خشکی شد. در تمامی تیمارهای خشکی، نهالهای تلقیح شده با قارچ *F. mosseae* بیشترین وزن خشک ریشه (۴۰/۳ گرم) و اندام هوایی (۲۳/۵ گرم) را به خود اختصاص دادند (شکل‌های ۷ و ۸).

بیشترین و کمترین ماده خشک ریشه در نهال‌های محلب به ترتیب مربوط به تیمارهای بدون تنش (۳۹ گرم)، و تنش خشکی FC25% (۳۰ گرم) بود. در نهال‌های محلب وزن خشک ریشه (۳۴/۵ گرم) نزدیک به ۲ برابر وزن خشک اندام هوایی (۱۸/۷ گرم) بود، که خود نشان دهنده سیستم ریشه‌ای قوی در نهال‌های یکساله محلب است. تنش خشکی به شدت میزان ماده خشک نهال‌های محلب را نسبت به شاهد کاهش داد و قارچ میکوریز آربوسکولار عث افزایش ماده خشک در تمامی تیمارهای تنش خشکی در نهال‌های یکساله محلب شد.

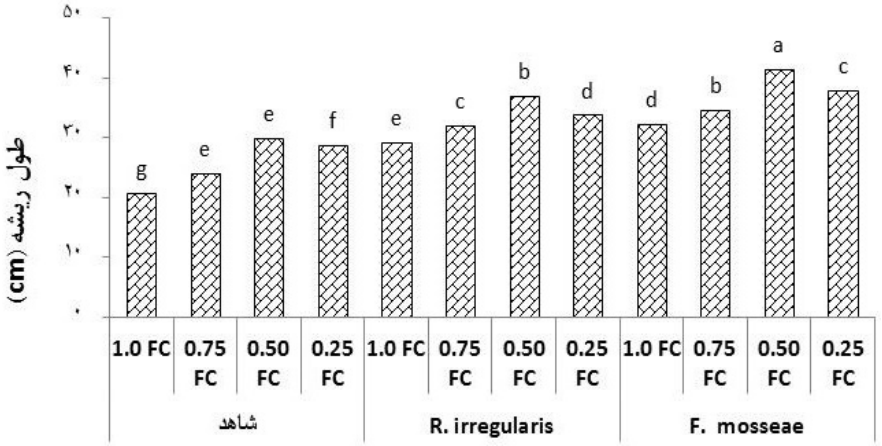


شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز و تنش خشکی بر رویش ارتفاعی (راست) و قطری (چپ) نهال‌های یکساله محلب. بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند. (میانگین±SE).

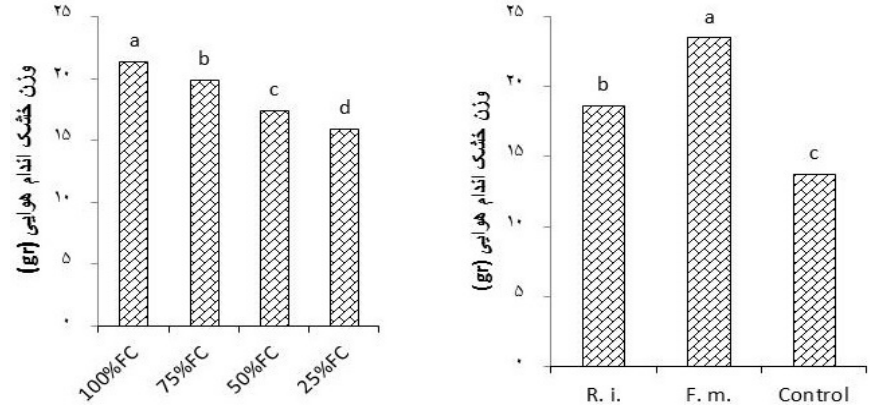
R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae

تلقیح با سویه‌های مختلف میکوریز ممکن است با تأثیرگذاری مستقیم بر فرآیندهای فیتوشیمیایی در برگ و به صورت غیرمستقیم با ممانعت از بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سطح برگ، اسمیلاسیون مواد غذایی، و در نتیجه بیوماس اندام هوایی را افزایش دهد [۳۴]. کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه تحت تنش کمبود آب در زیتون [۲۴]، *Parthenium argentatum* [۳۵] و نیز انجیر [۳۶] گزارش شده است. تاثیر مثبت تلقیح میکوریز بر افزایش وزن برگ‌ها و وزن خشک شاخه و ریشه تحت تنش رطوبتی در پسته [۳۷] اعلام شده است که مطابق با نتایج بدست آمده می‌باشد.

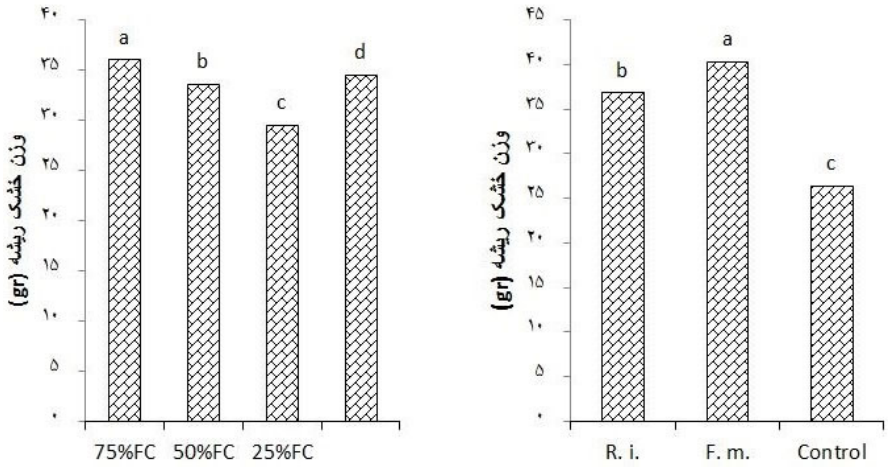
قارچ‌های میکوریز بر رشد رویشی بسیاری از گیاهان که با آن‌ها ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند تأثیر داشته و سبب افزایش رشد آنها می‌شوند [۳۸-۴۲]. سازوکارهای مختلفی در ارتباط با تأثیر میکوریز بر رشد رویشی گیاهان ذکر شده است. یکی از مهم‌ترین این ساز و کارها تأثیر میکوریز بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک می‌باشد [۴۱]. به علت نقش فسفر در ساختارهای مولکولی اسیدهای نوکلئیک، فتوسنتز [۴۳]، افزایش کارایی استفاده از آب، هدایت روزنه‌ای و روابط آبی [۴۴]، مقاومت گیاهان در برابر خشکی افزایش می‌یابد [۴۵].



شکل ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریز و تنش خشکی بر طول ریشه نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE). بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.
R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae



شکل ۷. مقایسه میانگین اثرات ساده (Simple effects) میکوریز (راست) و تنش خشکی (چپ) بر وزن خشک اندام‌های هوایی نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE). بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند. ***R. i.=R. irregularis F. m.= F. mosseae***



شکل ۸. مقایسه میانگین اثرات ساده (Simple effects) میکوریز (راست) و تنش خشکی (چپ) بر وزن خشک ریشه نهال‌های یکساله محلب. (میانگین±SE). بر اساس آزمون دانکن، میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند. *R. i.=R. irregularis* *F. m.= F. mosseae*

با شدت گرفتن تنش خشکی، تعداد برگ کاهش یافت و رنگ برگ‌ها به زردی گرایش پیدا کرد، بنابراین زرد شدن و ریزش برگ‌ها بهترین شاخص اندازه‌گیری میزان تحمل تنش خشکی در نهال‌های محلب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

گونه محلب در شرایط گلخانه با گونه‌های قارچی *G. mosseae* و *G. intraradices* به خوبی همزیستی برقرار کرده امّا با توجه به نتایج حاصل، از بین دو گونه قارچی تحت مطالعه، گونه قارچی *F. mosseae* بیش از گونه دیگر موجب کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر نهال‌ها شد. در این آزمایش، طول ریشه نهال‌های محلب در تنش‌های FC25% و FC50% افزایش یافت که مبین تبعیّت این گونه از مکانیزم اجتناب برای مقابله با تنش خشکی بود. محلب در مرحله نهالی ریشه‌های مویی بیشتری دارد و همزیستی بهتری برقرار می‌نماید، لذا بهترین زمان تلقیح، قبل از انتقال نهال‌های گلدانی به عرصه‌های طبیعی می‌تواند می‌باشد. با توجه به نتایج کلی این پژوهش، محلب در دوره نونهالی، با تلقیح قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار قدرت تحمل به خشکی بیشتری پیدا خواهد کرد. از این رو، به منظور مقاوم‌سازی و در دسترس قرار دادن بهتر آب برای گیاه، به ویژه در عرصه‌هایی که واکاری نیاز است و یا اینکه نهال در حال نابودی است، تلقیح نهال‌ها به قارچ‌های میکوریزی می تواند توصیه شود.

References

[1]. Ashkavand, P., Tabari Kouchaksarai, M., and Zarafshar, M. (2014). Evaluation of drought resistance of *Crataegus aronia* L., and *Prunus mahaleb* L. seedlings with emphasis on biochemical parameters. Journal of Zagros Forest Research, 1 (1): 18-1.

[2]. Mahajan, S., and Tuteja, N. (2005). Cold, salinity, and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry, and Biophysics*, 444 (2): 139–158.

[3]. Bassett, C. L. (2013). Water use, and drought response in cultivated, and wild apples, In: Vahdati K Leslie Charles, eds. Abiotic Stress-Plant Responses, and Aplications in Agriculture. Croatia, Rijeka: InTech, 249–275.

[4]. Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. M. (2007). Mechanisms of plant resistance to environmental stresses. Ferdowsi University of Mashhad Publications, 468 p.

[5]. Ardakani, M. R., Farahvash, F., and Rejali F. (2016) Optimizing phosphorus use in sustainable maize cropping via mycorrhizal inoculation. *Journal of Plant Nutrition*, 39 (9): 1348-1356.

[6]. Bashan, Y., and De-Bashan, L. E. (2010). Chapter two—How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum promotes* plant growth–a critical assessment. Advances in Agronomy, 108: 77–136.

[7]. Fahad, S., Hussain, S., Bano, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Ahmed Khan, F., Khan, F., Chen, Y., Wu, C., Tabassum, M.A., Chun, M.X., Afzal, M., Jan, A., Tariq Jan, M., and Huang, J. (2015). Potential role of phytohormones, and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: coequences for changing environment. Environmental Science, and Pollution Research, 22: 4907–4921.

[8]. Augé, R. M., Kubikova, E., and Moore, J. L. (2001). Foliar dehydration tolerance of mycorrhizal cowpea, soybean, and bush bean. New Phytologist, 151(2): 535-541.

[9]. Augé, R. M. (2001). Water relation, drought, and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11 (1): 3-42.

[10]. Sharifi, M., Karimi F., and Khanpur Ardestani N. (2011). Mycorrhiza (Physiology, and Biotechnology). Biology Publishing House, Tehran. 234 p.

[11]. Auge, R. M., Schekel, K. A., and Wample, R. L. (1987). Rose leaf elasticity in response to mycorrhizal colonization, and droughtacclimation. Physiology Plant. 70:175–182.

[12]. Davies, F. T., Olalde-Portugal, V., Aguilera-Gomez, L., Alvarado, M. J., Ferrera-Cerrato, R. C., and Boutton, T. W. (2002). Alleviation of drought stress of Chileancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico. Scientia Horticulturae 92:347-359.

[13]. Wubet, T., Kottke, I., Teketay, D., and Oberwinkler F. (2003). Mycorrhizal status of indigenous trees in dry Afromontane forests of Ethiopia. Forest Ecology, and Management, 179: 387-399.

[14]. Mirzaei, J., Noorbakhsh, N., and Karamshahi A. A. (2014) Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with *Crataegus pontica* C. Koch from Ilam Province, Iran. Ecopersia, 2 (4): 767-777.

[15]. Morte, A., Díaz, G., Rodríguez, P., and Alarcón J. J. (2001). Growth, and water relations in mycorrhizal, and nonmycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. Biologia Plantarum, 44: 263–267.

[16]. Sekhavati, N., Akbarinia, M., Zangeneh, H., and Mirzaee J. (2014). The Influence of Topographic Factors on Species Diversity in *Cerasus mahaleb* L. Habitat. Journal of Forest, and Rangeland. 97: 24-32.

[17]. Armand, N., Matinizadeh, M., Shirvany, A., and Khoshnevis M. (2017). Effect of mycorrhizal fungi inoculation on growth of mahaleb cherry *Cerasus mahaleb* L.) (Mill.) seedlings in greenhouse condition. Iranian Journal of Forest, and Poplar Research, 24 (4): 656-664.

[18]. Sabati, H. (2005). *Iranian Forests*, Trees, and Shrubs. Yazd University, 806 p.

[19]. Doorenbos, J., and Pruitt, W. H. (1977). Crop water requirements. *FAO Irrigation, and Drainage*, paper No. 24, Romme, Italy. 108- 119.

[20]. Alizadeh, A. (1994). Principles of Designing Irrigation Systems (First Edition). Imam Reza University Press. 539 p.

[21]. Li, X. L., George, E., and Marschner, H. (1991). Exteion of phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. Plant, and Soil, 135: 41–48.

[22]. Giovannetti, M., and Mosse, B. (1980). An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. New Phytologist, 84, 489-500.

[23]. Taiz, L., and Zeiger, E. (2002). Plant physiology. 3rd edition. Sinauer Associates, Sunderland. 177-193.

[24]. Arji, I., and Arzani, K. (2004). Evaluation of growth responses, and proline accumulation of three Iranian native olive cultivars under drought stress. Journal of Agricultural Sciences, and Natural Resources. 10 (2). 91-100.

[25]. Rouhi, V. Samson, R. Lemeur, R., and Van Dammea, P. (2007). Photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress, and subsequent recovery. Environmental, and Experimental Botany 59:117–129.

[26]. Ahmadi Mousavi E., Kalantari Kh. M., Jafari R., Hasibi N., and Mahdavian K. (2011). Study of the effects of 24-epibrassinolide, and water stress on some physiological parameters in canola (*Brassica napus* L.). seedling. Iranian Journal of Biology. 275-286.

[27]. Subramanian, K. S., and Charest, C. (1997). Nutritional, growth, and reproductive respoe of maize *(Zea mays* L.). to arbusculsr mycorrhizal inoculation daring, and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza. 7: 25-32.

[28]. Panwar, J. D. S. (1993). Respoe of VAM and Azospirillum inoculation to water status, and grain yield in wheat under water stress condition. Indian Journal of Plant Physiology. 36: 41-71.

[29]. Zarrabi, M. M., Talaii, A. R., Lesani, H. (2008). The Effect of Drought on morphophysiologic Anatomic Characteristic of Some *Olive* Cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science. 39 (1): 109-117.

[30]. Jinying, L., Min, L., Yongmin, M., and Lianying, S. (2007). Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphus spinosus* Hu) seedlings. Frontiers of Agriculture in China, 1(4): 468-471.

[31]. Yousef B., and Modir Rahmati A. R. (2018). Evaluation of growth, and yield of black poplar (*Populus nigra* L.). clones under drought stress period in comparative populetum of Sanandaj. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26 (2): 276- 290.

[32]. James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., and Tariq, H. (2008). Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM). fungi inoculation on coppicing ability, and drought resistance of *Senna spectabilis*. Botanicaly, 40: 2217-2224.

[33]. Mizoguchi, T. (1992). Effects of inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth, and nutrient uptake of non-nodulated *Acacia* spp. Seedlings in two soil water regimes. Plant Nutrition, 74: 409–419.

[34]. Wu, Q. S., and Xia, R. X. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment, and photosynthesis of citrus under well-watered, and water stress conditions. J Plant Physiol. 163(4):417-25.

[35]. Baher Nik, Z., Mirza, M., Abbaszadeh, B., and Naderi Hajy Bagher Candy, M. (2007). The effect of metabolism in response to water stress in *Parthenium argentatum* Gray. *Iranian Journal of Medicinal, and Aromatic Plants*. 23 (3): 315- 322.

[36]. Shirbani, S., Abdolahi Pour Haghighi, J., Jafari M., and Davaryneja, G. (2013). Physiological and Biochemical Responses of Four Edible Fig Cultivars to Water Stress Condition. J Agri Sci 3: 473-479.

[37]. Abbaspour, H., S. Saeidi-Sar, H. Afshari, and M. A. Abdel-Wahhab. (2012). Tolerance of Mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. Journal of Plant Physiology. 169(7): 704-709.

[38]. Qiangsheng, W., Renxue, X., and Zhengjia, H. (2006). Effect of arbuscular mycorrhizal on the drought tolerance of *Poncirus trifoliate* seedling. Frontiers of Forestry in China, 1: 100-104.

[39]. Shuman, L. M. (2000). Mineral nutrition, In: R. E. Wikion (Ed), Plant environment interactio. Marcel Dekker, New York, 65-111.

[40]. Sawwan, J., Shibli, R. A., Swaidat, I., and Tahat, M. (2000). Phosphorus regulates osmotic potential, and growth of African violet under in vitro-induced water deficit. Plant Nutrition, 23: 759–771.

[41]. Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., and Tas, I. (2003). Mycorrhizal colonisation improves fruit yield, and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered, and water-stressed conditio. Plant, and Soil, 253: 287-292.

[42]. Lu, J., Liu, Yongmin, M., and Shen, L. (2007). Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphs spinosus*). seedlings. Frontiers of Agriculture in China 1(4):468-471.

[43]. Linda B. Stabler, Chris A. Martin, and Stutz J. C. (2001). Effect of urban expansion on Arbuscular Mycorrhizal fungal mediation of landscape tree growth. Journal of Arboriculture 27(4): 193- 202.

[44]. Fini, A., Frangi, P., Amoroso, G., Piatti, R., Faoro, M., Bellasio, C., and Ferrini, F. (2011). Effect of controlled inoculation with specific mycorrhizal fungi from the urban environment on growth, and

physiology of containerized shade tree species growing under different water regimes. Mycorrhiza 21:703–719.

[45]. Mousavi, S. A., Tatari, M., Mehantkesh, A., and Haghighi B. (2010). Vegetative growth response of young seedlings of five almond cultivars to water deficit. Seed and Plant Improvment Journal. 25 (4): 551-567.

Influence of Arbuscular mycorrhiza fungi on morphological characteristics of *Cerasus Mahaleb* L. one year old seedlings under drought stress

M. Esmaeili Sharif*; Assist., Prof., Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural, and Natural Resources Research, and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, AREEO, Isfahan, I.R. Iran.

B. Zamani Kebrabadi; PhD student, Department of Forestry, and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences, and Natural Resources University (SANRU), Mazandran, I.R. Iran.

M. Dehqani; Assist., Prof., Research Division of Water & Soil, Isfahan Agricultural, and Natural Resources Research, and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, AREEO, Isfahan, I.R. Iran.

(Received: 03 March 2020, Accepted: 14 February 2021)

ABSTRACT

Rainfall reduction and dehydration are important features of the Zagros forests. One of the most sustainable, and suitable ways to restore, and enrich these forests is the use of native, and multipurpose species such as *Cerasus mahaleb* L.. This study was conducted as a factorial randomized complete block design at Isfahan Agricultural, and Natural Resources Research Center from winter to spring of 2018. The first factor included four levels of drought stress (100, 75, 50, and 25% of field capacity), and the second factor was three levels of arbuscular mycorrhizal fungi without mycorrhizal fungi (control), Rhizophagus irregularis, and Funneliformis mosseae in four replications on fungal colonization, and traits of the morphological characteristics of one-year-old seedlings of *C. mahale* L. in greenhouse conditions. The results showed that with increasing drought stress; height, collar diameter, number of branches, and leaves, root, and shoot dry weight, fungal colonization percentage, and leaf area of *C. mahaleb* seedlings were significantly reduced (p≤1%), however, both fungi were able to improve most of the studied traits. At 100% field capacity, fungal colonization increased from 32.1% in control to 47.27% in inoculation with F. mosseae, and 43.2% in inoculation with R. irregularis (p≤5%). Due to inoculation with *F. mosseae* fungi, the seedlings main root length in different drought stress treatments, compared to the control, showed an increasing trend, and the maximum root length (42 cm) in the conditions FC50% stress was obtained. The largest size of the surface, and the number of leaves, the height, and diameter of the seedlings were observed in conditions without drought stress (FC100%). According to the results of this study, in the seedling period, *C. mahaleb* can be considered as a relatively drought tolerant species.

Keywords: Greenhouse, Field capacity, Percentage of colonization, Seedling.

* Corresponding Author, Email: m.esmaeilisharif@areeo.ac.ir, Tel +989133293583