نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۲، ص. ۴۹۴-۴۸۵

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.3, Jul.-Agu. 2013, p. 485-494

اثر قارچ میکوریز آربسکولار بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک پایه رافلمون در شرایط تنش کم آبی

مهدی زارعی[1*]- زهرا پیمانه[2]- عبدالمجید رونقی[3]- علی اکبر کامگار حقیقی[4]- علیرضا شهسوار[5]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۴/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۳/۸

چکیده

نوع پایه در صنعت مرکبات از مهمترین اولویت‌ها است. رافلمون یکی از مهمترین وگسترده‌ترین پایه‌های مورد استفاده در تولید مرکبات است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش شامل قارچ میکوریز آربسکولار (*گلوموس موسه* و شاهد بدون قارچ) و تنش کم آبی (دورهای آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز) بود. تنش کم آبی عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش داده و تأثیر تنش کم آبی بر اندام هوایی بیشتر از ریشه بوده است. با افزایش تنش کم آبی درصد کلنیزاسیون ریشه، پتانسیل آب برگ، شاخص کلروفیل کاهش، در حالی که دمای سطح برگ افزایش یافته است. قارچ میکوریز آربسکولار درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک ریشه و اندام هوایی، شاخص کلروفیل و پتانسیل آب برگ را افزایش در حالی که دمای سطح برگ را نسبت به تیمارهای بدون قارچ کاهش داده است.

واژه های کلیدی: گلوموس موسه، کم آبی، رافلمون، دمای سطح برگ، کلروفیل، پتانسیل آب برگ

مقدمه

در خشکسالی‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ میلادی، ۱۲ درصد از تولیدات کشاورزی و دامی ایران کاهش پیدا کرد. نتایج تحقیقات از خشکسالی‌های رخ داده در ایران نشان می‌دهد سرانه آب در ایران از ۷۰۰۰ متر مکعب در سال از ۵۰ سال قبل (زمانی که جمعیت ایران ۱۹ میلیون نفر بوده است) به ۱۹۱۰ متر مکعب در زمان حال (که جمعیت ۷۶ میلیون نفر است) رسیده است. جمعیت بسرعت در حال رشد است، تخمین زده می شود که این سرانه به ۱۴۰۰ متر مکعب در سال ۲۰۲۵ کاهش یابد. کاهش منابع آب، ذخیره و استفاده بهینه از آب برای زمان خشکسالی را ضروری می‌کند (۳۶). اسماکتین و همکاران (۲۶) که تنش کم آبی را به صورت استفاده انسان از منابع آب تجدیدپذیر (بعد از کسر نیازهای زیست محیطی از کل منابع آب) تعریف می‌کنند، ایران را به عنوان یک کشور دارای تنش آبی زیاد معرفی می‌نمایند. بیش از ۸۲ درصد زمین‌های کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است که متوسط بارندگی آن در حدود ۲۵۰ میلیمتر است که کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان میباشد. بعلاوه همین مقدار بارندگی از یک توزیع مناسب مکانی و زمانی نیز برخوردار نیست (۵ و ۱۲). تنش کم آبی مهمترین عامل محدود کننده تولید در مناطق کشاورزی به شمار می‌رود (۲۲). گیاهان در اثر کم آبی، علاوه بر واکنش‌های فیزیولوژیک، تغییرات مورفولوژیک نیز از خودشان نشان می‌دهند (۳۷). کشت مرکبات در کمربندی بین ۲۰ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی، در هر دو طرف خط استوا واقع شده است، که دارای آب هوای گرمسیری تا نیمه گرمسیری می‌باشد (۱). سطح کشت مرکبات در دنیا ۷/۶ میلیون هکتار است، از این رقم ۲۹۰ هزار هکتار باغ مرکبات در ایران وجود دارد (۴) بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۱ ایران رتبه جهانی‌سیزدهم در تولید مرکبات را دارد (۹). مرکبات از خانواده روتاسه و سیتروس یکی از جنس های مهم آن می باشند. رافلمون (*Citrus aurantium* L.) پایه مناسب برای مناطق گرم، مرطوب با خاکهای شنی عمیق می‌باشد. نهال‌های بذری رافلمون سریع رشد نمی‌کنند. با وجود این، درختانی که بر روی این پایه رشد می‌کنند زود بارده و پربار هستند و در مقایسه با سایر پایه‌ها زودتر به اوج محصول دهی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: Mehdizarei@shirazu.ac.ir)
۴- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۵- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

می‌رسند (۱). درختان مرکبات درختانی همیشه سبز هستند و در دوره رشد رویشی‌شان نسبت به تنش کم آبی بسیار حساس می‌باشند (۲۹). گونه‌های مختلف مرکبات به دماهای پایین و خاک‌های دارای زهکشی ضعیف حساس هستند. بنابراین بیشتر در نواحی گرم با خاک دارای ظرفیت آبی کم کاشته می‌شوند و به دلیل کمبود آب در این مناطق، گیاهان در طول دوره رشد خود شرایط کم آبی را تجربه می‌کنند (۹). از آنجائیکه سیستم ریشه‌ای مرکبات کوچک و در برابر خشکی آسیب‌پذیر است، قارچ‌های میکوریز آربسکولار ممکن است قدرت ماندگاری دانهال‌ها را برای انتقال به زمین، با بهبود ارتباطات آبی افزایش دهند. قارچ‌های میکوریز با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌ها می‌باشند. بطوریکه بر طبق تخمین‌های موجود حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (۱۸). قارچ‌های میکوریز آربسکولار در کشاورزی پایدار دارای اهمیت فراوانی هستند. رابطه همزیستی میکوریزی تمامی جنبه‌های بیولوژیک سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همزیستی میکوریزی باعث بهبود ارتباط آبی و افزایش مقاومت به کم آبی و شوری در گیاهان میزبان می‌شوند (۱۱ و ۲۸). تحقیقات نشان می‌دهد که بین گیاهان شاهد و تلقیح شده با قارچ میکوریز آربسکولار از نظر رشد و فیزیولوژی تفاوت وجود دارد (۱۵ و ۲۱). دماهای بالا مانع رشد گیاه می‌شوند. حساسترین واکنش گیاه به دما، فتوسنتز می‌باشد. دمای مناسب برای فتوسنتز ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیشترین تثبیت دی اکسید کربن در دماهای نزدیک به ۳۰ درجه سانتی گراد است. افزایش دمای سطح برگ بیشتر از دامنه ذکر شده مانع فتوسنتز گیاه می‌شود. با افزایش دما کارایی فتوسنتز با افزایش تنفس نوری کاهش پیدا می‌کند و سبب آسیب به دستگاه فتوسنتز کننده گیاه می‌گردد. فتوسیستم نوری به عنوان عضو حساس به دما در دستگاه فتوسنتز گیاه شناخته شده است (۳۱). *گلوموس ورسیفرم* به طور معنی‌داری دمای سطح برگ را در دانهال‌های نارنج سه برگ در مقایسه با دانهال‌های بدون تلقیح کاهش داده که احتمالاً به علت خنک کردن با تبخیر و افزایش سرعت تعرق در دانهال‌های میکوریزی بوده است (۳۳). قارچ های میکوریز بوسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای بوسیله‌ی تغییر در تعادل هورمون‌های گیاه، روابط آبی گیاه را افزایش می‌دهد (۸). در شرایط تنش کم آبی هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، هدایت هیدرولیکی ریشه و پتانسیل آب برگ در گیاهان تلقیح شده با *گلوموس دزرتیکولا* بالاتر بوده است که نشان دهنده ارتباط آبی بالاتر در گیاهان میکوریزی است (۲۴). با توجه به اینکه در مورد اثر قارچ میکوریز آربسکولار بر پتانسیل آب و دمای سطح برگ رافلمون در شرایط تنش کم آبی اطلاعاتی موجود نبوده، این تحقیق انجام شده است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های تازه رافلمون از مرکز تحقیقات کشاورزی داراب تهیه شد. میوه‌های تازه به خوبی با آب شستشو و سپس با محلول وایتکس دارای هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضد عفونی شده و خشک گردیدند. در ادامه بذرهای آنها بیرون آورده شد و در الکل ۷۰ درصد برای مدت ۵ دقیقه غوطه ور و ضدعفونی سطحی و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شستشو گردید. گلدان‌های پلاستیکی حاوی بستری با نسبت حجمی۱:۱:۱ از مخلوط سترون (اتوکلاو) شده خاک برگ، ماسه بادی و خاک آماده گردید. تعداد سه عدد از بذرها در هر گلدان کاشته شد. گلدان‌ها بطور روزانه آبیاری و به مدت سه ماه نگهداری گردیدند. در پایان این دوره دانهال‌های یکسان و هم‌اندازه به دست آمده به گلدان‌های اصلی (کشت اصلی) منتقل گردید.

برای اعمال تیمارهای کم آبی، گلدان‌های محتوی ۵ کیلوگرم خاک سترون شده انتخاب و مقدار رطوبت آنها به حد ظرفیت زراعی (که مقادیر ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم قبلاً با صفحه فشاری اندازه‌گیری شده بود) رسانده شد. سپس روزانه در ساعت مشخصی رطوبت خاک اندازه‌گیری گردید و تا زمان رسیدن به نقطه پژمردگی دائم (حدود ۱۵ روز)، ادامه یافت. مقدار کاهش رطوبت در هر روز با استفاده از فرمول زیر بدست آمد (۲۵):

$$\frac{\Theta_{FC} - \Theta_{Specific\ day}}{\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}}$$

سپس منحنی رطوبتی با استفاده از مقادیر بدست آمده رطوبت طی ۱۵ روز رسم گردید (مقدار رطوبت بر روی محور عمودی و زمان بر روی محور افقی نشان داده شد) و با استفاده از این نمودار، دورهای آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز مشخص گردید که در هر دور آبیاری، با وزن نمودن رطوبت خاک به حد ظرفیت ظرفیت مزرعه می رسید (۲۵). در کشت اصلی آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه با نور طبیعی انجام گردید. فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش شامل قارچ میکوریز آربسکولار در دو سطح شامل *گلوموس موسه* و شاهد بدون قارچ و تنش کم آبی در ۴ سطح شامل دورهای آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز بود. گلدان‌هایی بدون زهکش انتخاب و با الکل سترون سطحی گردید. خاک سترون (اتوکلاو) شده به مقدار ۵ کیلوگرم به هر گلدان افزوده گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس آزمون خاک عناصر مورد نیاز به خاک افزوده گردید. مایه تلقیح قارچ از بخش علوم خاک دانشگاه شیراز تهیه و به روش تله تکثیر گردید. برای تلقیح قارچ میکوریز آربسکولار مقدار ۷۰ گرم از مایه تلقیح قارچ *گلوموس موسه* شامل اسپور (۱۰ اسپور در هر گرم بستر)، هیف و قطعات کلنیزه شده (۸۰ درصد) و کلنیزه نشده ریشه‌ای و بستر در ۵ سانتیمتری خاک گلدان قرار داده شد و با خاک

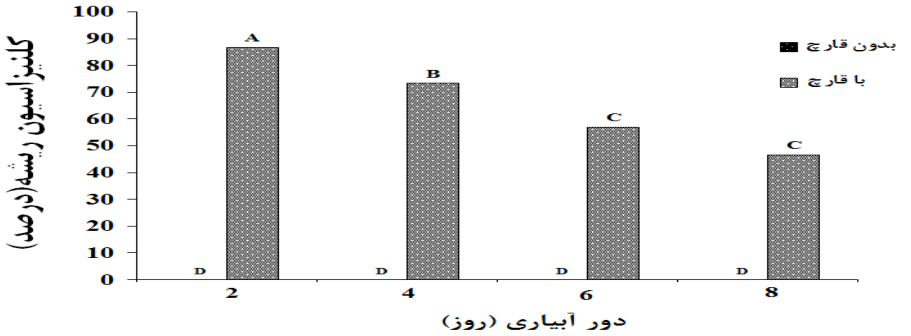
زیر بطور کامل مخلوط گردید. به منظور حفظ جمعیت میکروبی غیر از قارچ میکوریز و یکسان شدن وزن گلدانها، مقدار ۷۰ گرم از بستر گلدان های شاهد تلقیح نشده با قارچ که در مرحله کشت تله نگهداری شده بودند به تیمارهای بدون قارچ در کشت اصلی اضافه گردید. دانهال‌ها به تعداد ۲ عدد در هر گلدان منتقل شدند. بعد از گذشت یک ماه از کاشت تیمارهای تنش کم آبی اعمال گردید و تا پنج ماه ادامه یافت. در مرحله داشت بعد از اعمال تیمارهای تنش کم آبی دمای سطح برگ با دماسنج مادون قرمز (فرو سرخ) مدل (kyoritsu-5500) در حدود ۲ عصر در ۴ مرحله شامل ۳۰، ۹۰، ۱۰۵ و ۱۲۰ روز بعد از اعمال تنش کم آبی، شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفِیل سنج SPAD قبل و بعد از اعمال تنش کم آبی و پتانسیل آب برگ ۲ بار در طول کشت (۳ و ۴ ماه بعد از اعمال تیمارهای تنش آبی) با دستگاه پمپ فشار تعیین شد. بعد از گذشت ۶ ماه از کشت اصلی برداشت صورت گرفت. مقداری از ریشه‌ها (۰/۵ گرم) نمونه برداری و برای اندازه‌گیری درصد کلنیزاسیون ریشه در محلول فرمالدئید- اسید استیک -الکل نگهداری گردید (۳۵). رنگ‌آمیزی ریشه به روش کورمانیک و مک گرو (۱۴) انجام و به روش خطوط متقاطع درصد کلنیزاسیون ریشه تعیین گردید. اندام‌های گیاه شامل اندام هوایی و ریشه با استفاده از آب مقطر شستشو و در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا زمانی که وزن خشک آنها ثابت شود قرار داده شدند و سپس وزن آنها تعیین گردید. تجزیه آماری با کمک نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده ها با آزمون LSD انجام و نمودارها با Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

تلقیح قارچ میکوریز آربسکولار بطور معنی‌داری کلنیزاسیون ریشه را افزایش داده و با افزایش شدت تنش کم آبی درصد کلنیزاسیون ریشه کاهش پیدا کرده، بطوریکه درصد کلنیزاسیون ریشه بین ۸۷ درصد در زمانی که تمام نیاز گیاه به آب تامین شده تا ۴۷ درصد در دور آبیاری ۸ روز کاهش یافته است. در تیمارهای بدون قارچ هیچ گونه اندام قارچ مشاهده نشده است (شکل ۱). وو و همکاران (۳۵) گزارش کردند که بالاترین درصد کلنیزاسیون ریشه مرکبات در کاربرد با قارچ میکوریز زمانی بود که گیاه تحت تأثیر تنش کم آبی نباشد. آنان عنوان کردند تنش کم آبی، درصد کلنیزاسیون ریشه مرکبات را کاهش می‌دهد. با کاهش رطوبت خاک، کمیت و کیفیت ترشحات ریشه‌ای تغییر می‌کند که بر روی تندش اسپورها تأثیر می‌گذارد. کاهش رطوبت همچنین بطور مستقیم بر تندش اسپورها تأثیر می‌گذارد (۲۷).

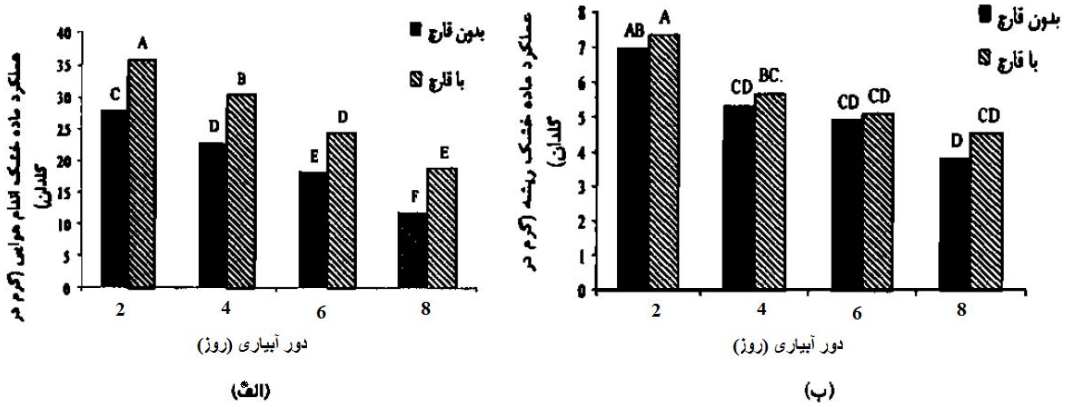
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

خصوصیات خاک (واحد)		خصوصیات خاک (واحد)	
بافت	لوم رسی شنی	ماده آلی (درصد)	۰/۹۳
رطوبت ظرفیت مزرعه (٪)	۲۳/۷	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol+ kg^{-1}$)	۲۴
رطوبت نقطه پژمردگی دائم (٪)	۹/۸۳	فسفر محلول در بیکربنات سدیم ($mg\ kg^{-1}$)	۹
پ‌هاش عصاره اشباع	۷/۹۶	مس قابل استخراج با دی.تی.پی.ا ($mg\ kg^{-1}$)	۱/۵۰
قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۳۳	آهن قابل استخراج با دی. تی. پی. ا ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۶۶
روی قابل استخراج با دی. تی. پی. ا ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۹۷	منگنز قابل استخراج با دی. تی. پی. ا ($mg\ kg^{-1}$)	۴/۳۰



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد کلنیزاسیون ریشه پایه رافلمون تلقیح شده با قارچ *گلوموس موسه* در شرایط تنش کم آبی

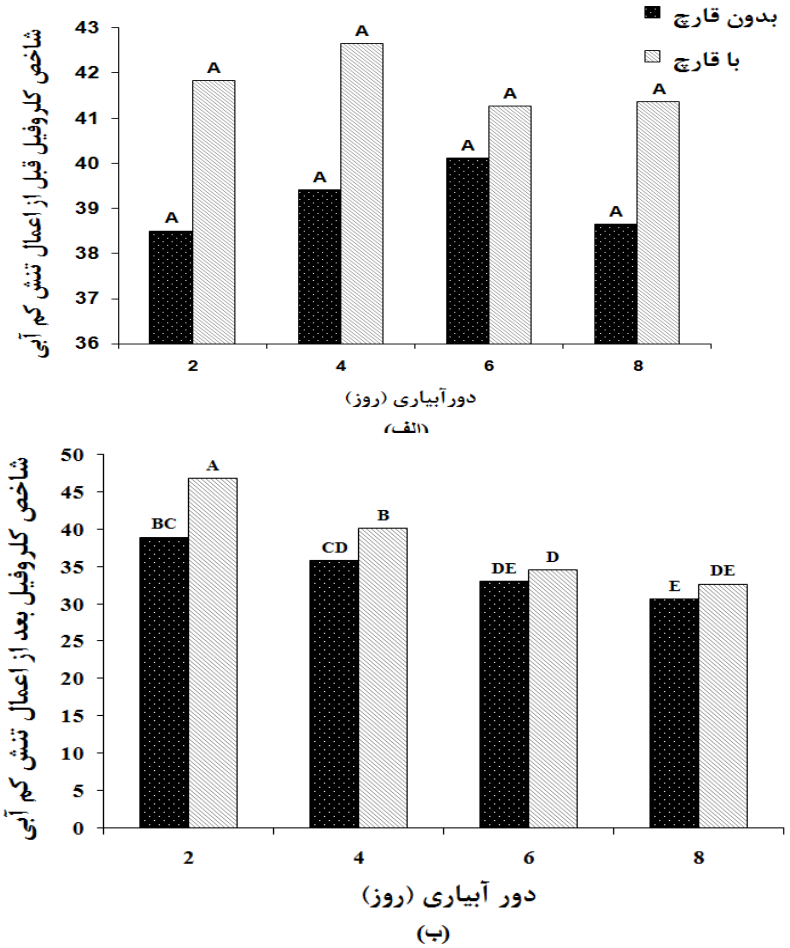
با افزایش شدت تنش کم آبی عملکرد ماده خشک ریشه و اندام هوایی کاهش پیدا کرده و قارچ تأثیر مثبت بر عملکرد ماده خشک داشته و سبب افزایش عملکرد ماده خشک نسبت به تیمارهای بدون قارچ شده است. بیشترین ماده خشک در تیمارهای دارای قارچ و زمانی که تمام آب مورد نیاز گیاه تأمین شده و کمترین عملکرد ماده خشک در تیمارهای بدون قارچ و دور آبیاری ۸ روز بوده است. اندام هوایی بیشتر از ریشه تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفته است (شکل‌های ۲ الف و ب). علت کاهش عملکرد وزن خشک گیاهان در زمان تنش کم آبی کاهش ارتفاع، ریزش برگ، کاهش سطح برگ و بطور کلی کاهش رشد گیاه است. در زمان تنش کم آبی، ترشح هورمون‌های موثر در ریزش برگ و هورمون‌های موثر در کاهش تقسیم سلولی افرایش و سرعت تقسیم سلولی و فشار تورژسانس کاهش می یابد، که در نتیجه آن رشد سبزینه‌ای گیاه و بخصوص رشد اندام هوایی گیاه کاهش می یابد (۳۰). رشد برگ‌ها نسبت به سایر قسمت‌های گیاه نسبت به تنش حساس‌تر است و با شروع تنش خشکی اولین پاسخ گیاه کاهش سطح برگ است. کاهش سطح و تعداد برگ‌ها موجب کاهش تنفس و فعالیتهای متابولیکی می‌شود (۷). تولید اسید آبسزیک در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی سبب بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه فعال شدن ژن‌های مقاومت به تنش کم آبی می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها با کاهش تعرق و هدر روی آب از گیاه همراه است. افزایش اسید آبسزیک سبب طویل شدن ریشه‌ها در خاکهای با پتانسیل آب پایین می‌شود. تولید اسید آبسزیک با کاهش تولید اتیلن، رشد گیاه در معرض تنش را کاهش می‌دهد. بدلیل تاثیر منفی تنش کم آبی بر فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک، رشد گیاه کاهش می‌یابد از جمله این فرایندها فتوسنتز، تنفس، جذب و جابه‌جایی یون و کربوهیدراتها، متابولیسم عناصر غذایی و هورمون‌های رشد می باشد (۱۷). قارچ سبب تنظیم اسمزی بهتر و بهبود رابطه آب گیاه می‌شود. قارچ سبب گسترش سیستم هیف در اطراف ریشه و متعاقباً افزایش تماس ریشه با خاک می‌شود و در نتیجه توانایی جذب آب در آنها بیشتر می‌گردد. قارچ با افزایش جذب آب در گیاه سبب افزایش فشار تورمی در سلول‌ها می‌گردد که خود یک عامل محرک طویل شدن سلول‌ها است. علاوه بر این قارچ موجب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می‌گردد که سبب افزایش رشد ریشه و اندام هوایی می‌باشد (۳۲). برخی محققین تأثیر قارچ میکوریز بر رشد گیاهان میزبان در طول تنش خشکی را وابسته به بهبود تغذیه عناصر غذایی خصوصاً فسفر بیان نموده‌اند (۲۰). هیف‌های خارج ریشه‌ای، تنظیمات روزنه‌ای و به طور غیر مستقیم تغذیه فسفر و جذب آب را در ریشه‌های میکوریز افزایش می‌دهند (۱۶). محققین دیگر از جمله وو (۳۴) در نارنج سه برگ مایه‌زنی شده با قارچ *گلوموس موسه* در شرایط تنش کم آبی دریافتند که قارچ در هر دو شرایط تنش و آب مناسب موجب افزایش ارتفاع گیاهان نسبت به گیاهان بدون قارچ شده است. وو و همکاران (۳۵) با تلقیح گیاه نارنگی با ۵ گونه قارچ *گلوموس* در شرایط تنش کم آبی، وو و زیا (۳۳) در گیاه نارنج سه برگ مایه‌زنی شده با قارچ *گلوموس ورسیفرم* در شرایط تنش کم آبی دریافتند که عملکرد گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ بیشتر از گیاهان بدون قارچ است و تنش کم آبی موجب کاهش عملکرد گیاهان شده است.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) پایه رافلمون تلقیح شده با قارچ *گلوموس موسه* در شرایط تنش کم آبی

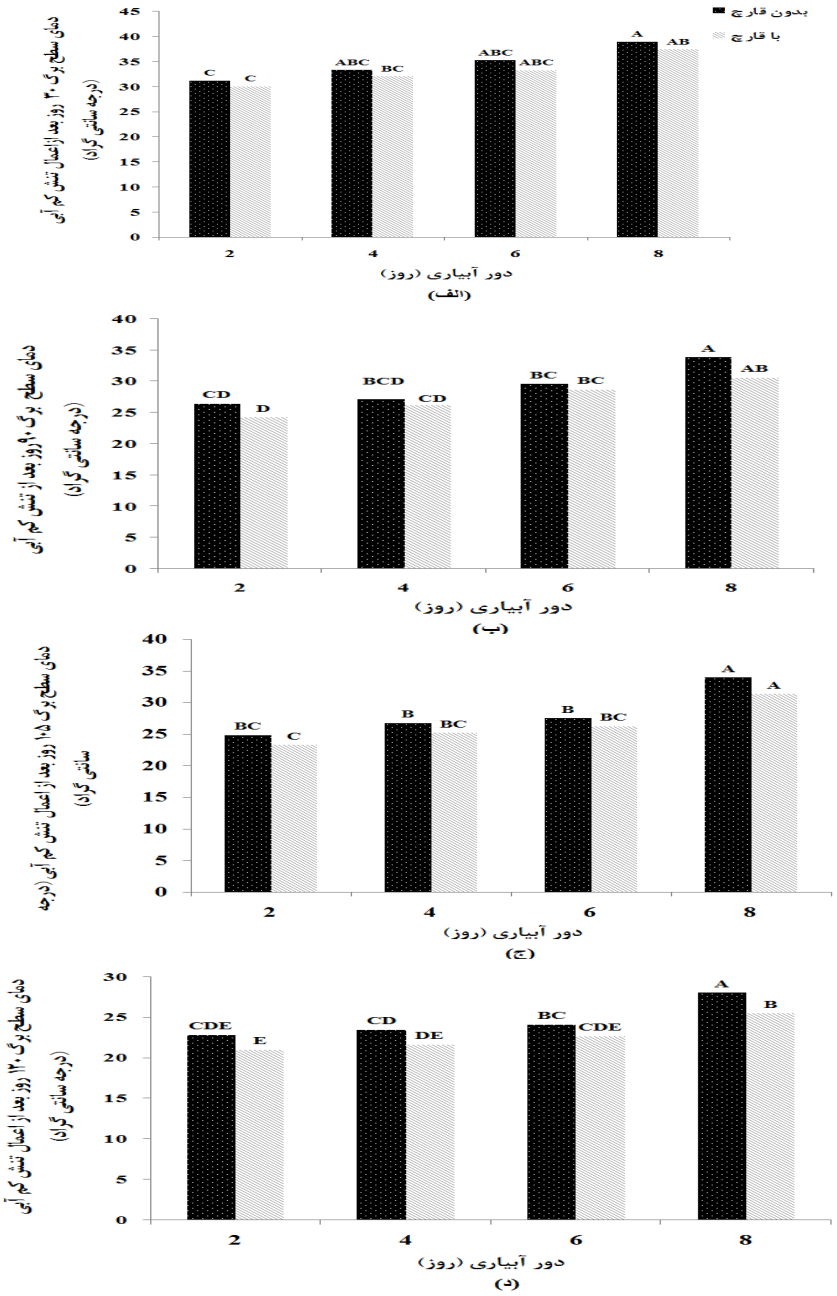
در بین تیمارهای دارای قارچ و بدون قارچ، در شاخص کلروفیل قبل از اعمال تنش کم آبی اختلاف معنی‌دار وجود نداشته هرچند که در تیمارهای دارای قارچ شاخص کلروفیل بیشتر از تیمارهای بدون قارچ بوده است (شکل ۳ الف). شاخص کلروفیل بعد از اعمال تنش کم آبی با افزایش شدت تنش کم آبی کاهش یافته است. در تیمارهای دارای قارچ عدد قرائت شده بیشتر از تیمارهای بدون قارچ بوده است. در زمانی که تمام آب مورد نیاز گیاه تأمین شده است و در دور آبیاری ۴ روز بین تیمارهای دارای قارچ و تیمارهای بدون قارچ اختلاف معنی‌دار وجود داشته در صورتی که در دورهای آبیاری ۶ و ۸ روز بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در شاخص کلروفیل وجود نداشته است (شکل ۳ ب). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (۱۳). کم آبی باعث پیری گیاهان، شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. در اثر کم آبی تشکیل پلاستید جدید و کلروفیل a و b کاهش یافته و نسبت کلروفیل a به b تغییر می‌کند (۱۱). همچنین تنش سبب کاهش جذب عناصر معدنی (مثل منیزیم و آهن) که برای سنتز کلروفیل لازم است، می‌شود (۱۸).

در تمام مراحل اندازه‌گیری دمای سطح برگ، با افزایش شدت تنش کم آبی دمای سطح برگ افزایش پیدا کرده است و قارچ سبب کاهش دمای سطح برگ شده است هرچند که در بعضی از سطوح اندازه‌گیری شده بین تیمارهای دارای قارچ و تیمارهای بدون قارچ اختلاف معنی‌دار وجود نداشته است.

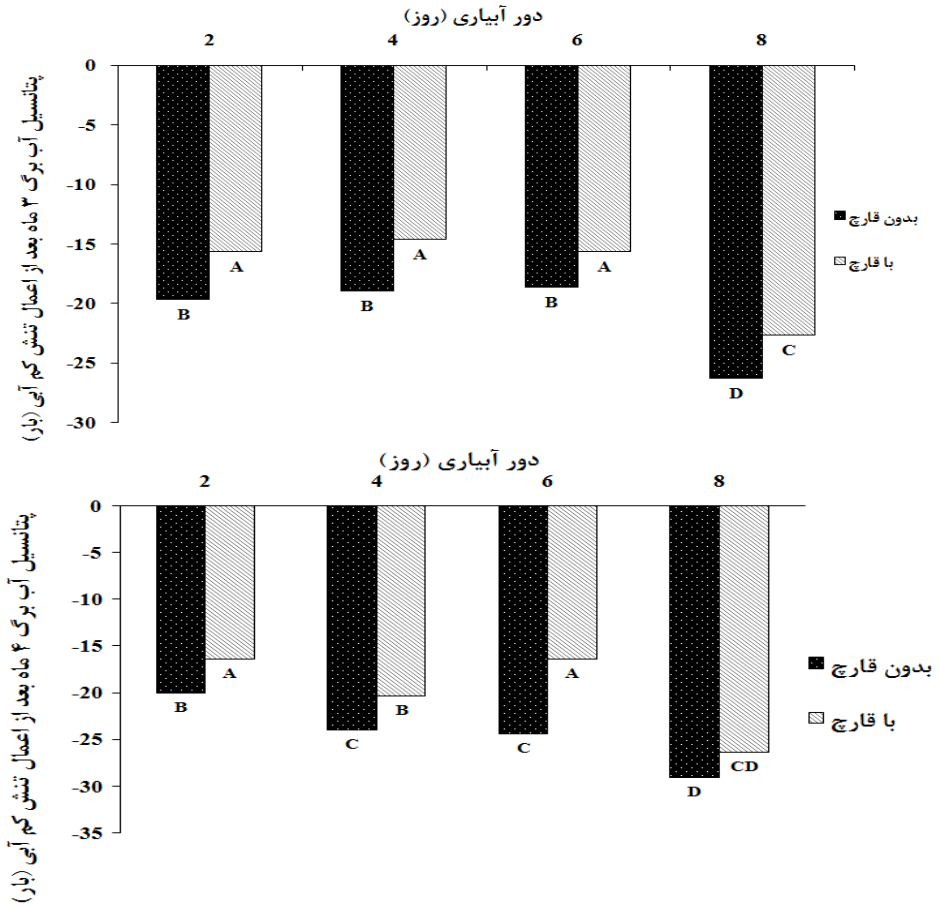


شکل ۳- مقایسه میانگین عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر قبل از اعمال تنش کم آبی (الف) و بعد از اعمال تنش کم آبی (ب) در پایه رافلمون تلقیح شده با قارچ گلوموس موسه

بیشترین دمای اندازه‌گیری شده در طول دوره اعمال تنش کم آبی در ۳۰ روز بعد از اعمال تنش کم آبی و کمترین دمای اندازه‌گیری شده در ۱۲۰ روز بعد از اعمال تنش کم آبی بوده است (شکل های ۴ الف، ب، ج، د). با افزایش تنش کم آبی، روزنه‌های گیاه بسته می‌شود تا مقدار تبخیر آب از سطح گیاه کاهش یابد. با کاهش مقدار تبخیر آب و تبادلات گازی، دمای سطح برگ افزایش می‌یابد. به طور کلی وقتی شدت جذب انرژی توسط برگ بالا می‌رود، گیاه به دلیل عدم دسترسی به آب، روزنه‌های خود را بسته و تعرق کاهش یافته و گیاه نمی‌تواند خود را خنک کند، بنابراین از طریق انتقال طول موج بلند و هدایت گرمایی حرارت را از خود دفع می‌کند (۳۰).



شکل ٤- مقایسه میانگین دمای سطح برگ ۳۰ (الف) ۹۰ (ب) ۱۰۵ (ج) و ۱۲۰ (د) روز بعد از اعمال تنش کم آبی در پایه رافلمون تلقیح شده با قارچ گلوموس موسه



شکل۵- نمودارهای مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ ۳ ماه (الف) و ٤ ماه (ب) بعد از اعمال تنش کم آبی در پایه رافلمون تلقیح شده با *گلوموس موسه*

قارچ‌های میکوریز آربسکولار با کمک به باز نگه داشتن روزنه‌ها از کاهش تبخیر آب و افزایش دمای سطح برگ جلوگیری می‌کند. تبخیر آب باعث خنک شدن سطح برگ و ایجاد تعادل دمایی می‌شود. قارچ‌های میکوریزی با باز نگه داشتن روزنه‌ها، به افزایش تبادلات گازی کمک می‌کنند. محققین نشان داده‌اند که افزایش تبادلات گازی در گیاهان دارای قارچ سبب تعدیل گرمایی و کاهش دمای سطح برگ می‌شود (۶ و ۲۳). وو و همکاران (۳۵) بر روی گیاه نارنگی تلقیح شده با ۵ گونه *گلوموس* (*گلوموس موسه*، *گلوموس ژئوسپوروم*، *گلوموس ورسیفرم*، *گلوموس اتونیکاتوم* و *گلوموس دیافانوم*) در شرایط تنش کم آبی و شرایط آب مناسب نشان دادند که هدایت روزنه‌ای در گیاهان دارای قارچ نسبت به گیاهان بدون قارچ بیشتر بوده است. همچنین دمای سطح برگ در گیاهان دارای میکوریز صرف نظر از تیمارهای آب کمتر از گیاهان بدون میکوریز بوده است و دلیل آن را بالاتر بودن تبخیر به علت بالاتر بودن میزان تعرق گیاهان میکوریز نسبت به گیاهان غیر میکوریزی بیان کردند.

با افزایش شدت تنش کم آبی پتانسیل آب برگ کاهش یافته است. در اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ در ۳ ماه بعد از اعمال تنش کم آبی تأثیر تنش کم آبی بر پتانسیل آب برگ فقط در دور آبیاری ۸ روز معنی دار بوده است. در اندازه گیری بعد از ۴ ماه از اعمال تنش کم آبی تأثیر تنش کم آبی بر پتانسیل آب برگ در تمام سطح‌های تنش کم آبی معنی‌دار بوده است، ولی در دور آبیاری ۶ روز به علت آبیاری گیاهان یک روز قبل از اندازه‌گیری، پتاسیل آب برگ نسبت به دورهای آبیاری ۲ و ۴ روز پتانسیل آب برگ بیشتری بدست آمده است (شکل های۵ الف و ب). کاهش پتانسیل آب برگ را در شرایط تنش کم آبی می‌توان به دلیل کاهش تبخیر و جذب آب در گیاه دانست. شعبانی و همکاران (۲) بر روی گیاه کلزا در شرایط تنش کم آبی و کاتوزی و همکاران (۳) بر روی گیاه برنج در شرایط کم آبی نشان دادند که با افزایش شدت تنش کم آبی پتانسیل آب برگ کاهش پیدا می‌کند. این یک نوع سازگاری گیاه با تنش است که بتواند در خاکهای با آب کم، آب جذب کند. قارچ‌های میکوریز با باز

نگهداشتن روزنه‌های گیاه، افـزایش تبخیـر و جـذب آب، پتاسـیل آب برگ را در مقایسه با گیاهان بدون قارچ افزایش می‌دهند. بسته شـدن روزنه‌های برگ وابسته به وضـعیت آب بـرگ و فشـار تـورمی اسـت. تنظیم وضعیت آب برگ و فشار تورمی در طول دوره تنش بوسـیله دو فرایند صورت می‌گیرد ۱- با کم کردن پتانسیل اسمزی بوسیله تجمع ملکول‌های محلول که منجر به نگهداری آب در بافت‌ها می‌شـود، ۲- افزایش قابلیت ارتجاعی دیواره سلولی که فراینـد فشـار تـورمی را در زمانی که آب کم می‌شود نگه می‌دارد. در ۳ ماه بعد از اعمال تنش کم آبی بین تیمارهای با قارچ و بدون قارچ در تمام سطح‌های تـنش کـم آبی اختلاف معنی دار وجود داشته است و در اندازه گیری ۴ ماه بعد از اعمال تنش کم آبی تمام سطح‌های تـنش کـم آبـی بجـز دور ۸ روز اختلاف معنی‌دار وجود داشته است (شکل های ۵ الف و ب). نلسون و سفیر (۲۰) در گیاهان پیاز تلقیح شده با قارچ میکوریز نیز این نتـایج را بیان کردند، وو و همکاران (۳۵) بر روی دانهال‌های نـارنج سـه بـرگ تلقیح شده با قارچ *گلوموس ورسیفرم* به نتایج مشابه‌ای دست یافتند و بیان کردند بالاتر بودن سرعت تـنفس و تبـادلات گـازی در گیاهـان میکوریزی نسبت به گیاهان غیـر میکـوریزی در شـرایط مشـابه آب، سبب کاهش مقاومت روزنه های برگ در مقابـل انتقـال بخـار آب از برگ به اتمسفر می‌شود. بالاتر بودن پتانسیل و میزان نسبی آب بـرگ و کمتر بودن دمای سطح برگ در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی به علت مساعد بودن انتقال بخار آب از گیاه به اتمسفر است. از مقایسه دو دوره مشخص می‌شود با افزایش طول دوره تـنش کم آبی در هر دو تیمارهای دارای قـارچ و بـدون قـارچ، پتانسـیل آب برگ افزایش پیدا کرده است که می‌تواند به علت سازگاری گیاهان بـا شرایط تنش باشد.

نتیجه گیری

تنش کم آبی عملکـرد مـاده خشـک گیـاه، کلنیزاسـیون ریشـه، شاخص کلروفیل برگ و پتانسیل آب برگ را کاهش ولی دمای سطح برگ را افزایش داد. در شرایط تنش کم آبی، قارچ میکوریز آربسکولار با برقراری رابطه همزیستی با پایه رافلمون، وزن خشک گیاه، پتانسیل آب و شاخص کلروفیل برگ گیاه را افـزایش و دمـای سـطح بـرگ را کاهش و بطور کلی رشد گیاه را بهبود داد.

منابع

۱- رادنیا ح. ۱۳۷۵. پایه‌های درختان میوه (ترجمه). چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی.

۲- شعبانی ع.، کامگار حقیقی ع.ا.، سپاسخواه ع.، امام ی. و هنر ت. ۱۳۸۸. اثر تنش آبی بر ویژگی های فیزیولوژیک گیاه کلزا، علـوم آب وخـاک. علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۹: ۴۲-۳۱.

۳- کاتوزی م.، رحیم زاده خ. و صبوری ح. ۱۳۸۸. تأثیر مدیریت آبیاری بر سرعت پرشدن دانه و محتوای نسبی آب برگ سه رقم برنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی۴۷: ۶۳۹-۶۲۳.

۴- کشاورز م.ع. ۱۳۸۹. پرورش مرکبات (کاشت، داشت، برداشت). نشر آموزش و ترویج کشاورزی.

5- Amiri M.J., and Eslamian S.S. 2010. Investigation of Climate Change in Iran. Journal of Environmental Science and Technology, 3(4):208-216.

6- Auge R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science, 84:373–81.

7- Close T.J. 1997. Dehydrins: a commonality in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiologia Plantarum, 100:291–296.

8- Elwan L.M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. Zagazig Journal of Agricultural Research, 28:163-172.

9- FAO. 2011. http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

10- Fereres E. and Soriano M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, 58:147–159.

11- Giri B. and Mukerji K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza, 14:307–312.

12- Heidari Sharif Abad H. 2001. Plants, Aridity and Drought. Islamic Republic of Iran Ministry of Jahad-e-Sazandegi. Research Institute of Forests and Rangelands, Technical Publication no. 250. 200pp.

13- Jiang Y., and Huang N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 41:436-442.

14- Kormanik P.P., and McGraw A.C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant root. p. 37-45. In: Methods and Principles of Mycorrhizal Reseach,ed. by Schenk N.C. The American Phytopathological Society, St. Paul, pp. 37–45.

15- Krikum J., and Levy Y. 1980. Effect of Vesicular mycorrhiza on Citrus growth and composition. Phytoparasitica, 8(3):195-200.
16- Levy Y., and Krikun, J. 1980. Effect of vesicular-arbuscular on *Citrus jambhiri* water relations. New Phytologist, 85:25-31.
17- Mans Weld T.J., and Atkinson C.J. 1990. Stomatal behavior in water stressed plants. p. 241–264. in: R.G. Alscher, J.R. Cumming (Eds.), Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms, Wiley-Liss, New York.
18- Mukerji K.G., and Chamola B.P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research A.P.H. Publisher New Delhi.
19- Mukerji K.G. 1996. Concepts in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publisher, London.
20- Nelsen C.E., and Safir G.R. 1982. The water relations of well-watered, mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107:271–4.
21- Nemec S., Menge J.A., Platt R.G., and Johnson E.L.V. 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and notes on their distribution and ecology. Mycologia, 73:112-125.
22- Oweis T. 1997. Supplemental Irrigation: a highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
23- Ruiz-Lozano J.M., and Azcon R. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Plant Physiology, 95:472-478.
24- Sanchen-Blanco M.J., Ferrandez T., Morales M.A., Morte A., and Alarcon J. 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants with *Glomus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology, 161:675–82.
25- Sepaskhah A.R., and Yarami N. 2009. Interaction effects of irrigation regime and salinity on flower yield and growth of saffron. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84 (2):216-222.
26- Smakthin V., Revenga C., and Doll P. 2004. Taking into Account Environmental Water Requirements in Global Scale Water Resources Assessments. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Research Report 2, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
27- Smith S.E., and Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.
28- Smith S.E., and Read D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd ed. Academic Press, London.
29- Syvertsen J.P. 1985. Integration of water stress in fruit trees. Horticultural Science, 20:1039–1043.
30- Taiz L., and Zeiger E. 2004. Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
31- Thompson L.K., Blaylock R., Sturtevant J.M., and Brudvig G.W. 1989. Molecular basis of the heat denaturation of photosystem II. Biochemistry, 28:6686–6695.
32- Wu Q.R., and Xia X 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology, 163:417-425.
33- Wu Q.S., and Xia R.X. 2006. Reactive oxygen metabolism in non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress. Journal Plant Physiology, 163:1101—1110.
34- Wu Q.S. 2011. Mycorrhizal efficacy of trifoliate orange seedlings on alleviating temperature stress. Plant, Soil and Environment, 57(10):459–464.
35- Wu Q.S., and Zou Y.N., Xia R.X. and Wang M.Y. 2007. Five *Glomus* species affect water relations of *Citrus tangerine* during drought stress. Botanical Studies, 48:147-154.
36- Yang H., Reichert P., Abbaspour K., and Zehnder A.J.B. 2003. A water resources threshold and its implications for food security. Environmental Science and Technology, 37:3048-3054.
37- Yordanov I., Velikova V., and Tsonev T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 29:187-206.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.3, Jul.-Agu. 2013, p. 485-494

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۲، ص. ۴۹۴-۴۸۵

Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Growth and Physiological Parameters of Rough Lemon Rootstock under Water Deficit Conditions

M. Zarei[1*]- Z. Paymaneh[2]- A. Ronaghi[3]- A.A. Kamgar Haghighi[4] –A. Shahsavar[5]

Received: 17-07-2012
Accepted: 29-05-2013

Abstract

Rootstocks are of primary importance to the citrus industry. Rough lemon (*Citrus jambhiri* L.) is one of major and widely used rootstocks in Citrus production. The experiment was a completely randomized design in a factorial arrangement with three replications. The factors were mycorrhizal treatments at two levels (inoculation with *Glomus mosseae* and control) and irrigation treatments in 4 irrigation intervals (2, 4, 6 and 8 days). Water deficit decreased shoot and root dry weights and decreasing effect was more on the shoot. As water deficit levels increased, root colonization, leaf water potential and chlorophyll content decreased, but leaf temperature increased. Arbuscular mycorrhizal fungus increased root colonization, shoot and root dry weights, chlorophyll content and leaf water potential, while decreased leaf temperature in comparison with non mycorrhizal treatments.

Keywords: *Glomus mosseae*, Drought dificit, Rough lemon, Leaf temperature, Chlorophyll content, Leaf water potential

1,2,3- Assistant Professor, Former MSc Student and Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: Mehdizarei@shirazu.ac.ir)
4- Professor, Department of Irrigation, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
5- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran