تأثیر قارچ مایکوریز بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش شوری

اسماعیل رضائی چیانه*[۱]، موسی جمالی[۲]، علیرضا پیرزاد[۱] و سمیرا توفیق[۳]

[۱] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، [۲] گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور نقده،

[۳] گروه گیاهان دارویی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه،

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۰۸/۹)

چکیده:

همزیستی قارچ مایکوریز با ریشه گیاهان از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند در کاهش اثرات منفی تنش شوری موثر باشد. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریز بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه مرزه تابستانه آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل اول شامل سه سطح شوری صفر (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و عامل دوم گونه قارچ مایکوریز در هفت سطح شامل گونه *Glmus versiforme*، *G. mosseae*، *G. intraradices*، *G. caledonium*، *G. clarum*، *G. acaulospora longula* و شاهد (بدون کاربرد قارچ مایکوریز) بود. با افزایش سطوح شوری غلظت کلروفیل *a*، طول و قطر ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. بیشترین غلظت کلروفیل *a*، طول و قطر ساقه مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. versiforme* بود که تفاوت معنی‌داری با گیاهان همزیست با سایر گونه‌ها نشان نداد. اثر متقابل مایکوریز و سطح شوری روی تعداد برگ، وزن خشک کل، کلرفیل *b*، کلروفیل کل، پرولین و محتوای نسبی آب برگ (RWC) معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک گیاه مربوط به کاربرد گونه مایکوریز *G. intraradices* در غلظت صفر میلی‌مولار شوری بود. بیشترین میزان کلروفیل *b* و کلروفیل کل مربوط به تلقیح با گونه *G. intradices* در غلظت ۷۵ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۷/٦ درصد) مربوط به گیاهان تلقیح شده با گونه *G. caledonium* در غلظت ۷۵ میلی‌مولار شوری، و بیشترین میزان پرولین (٤/٦۱ میلی‌گرم بر گرم) از گونه *G. mosseae* در غلظت ۷۵ میلی‌مولار شوری به‌دست آمدند. نتایج نمایانگر بهبود عملکرد گیاه مرزه تحت شرایط شوری متوسط در همزیستی با گونه‌های *G. intraradices* و *G. caledonium* و در شرایط شوری بالا در همزیستی با گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، کلروفیل، کود زیستی، محتوای نسبی آب برگ.

مقدمه:

مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله از تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که دارای ساقه‌های منشعب به طول تا ۳۰ سانتی‌متر، رنگ گیاه سبز کدر می‌باشد که با همین مشخصه با دیگر گونه‌ها متفاوت است. برگ‌های گیاه باریک، دراز، نیزه‌ای شکل، نرم و پوشیده از تارهای کوتاه است که

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

مات و کدر به‌نظر می‌رسند. برگ‌های مرزه همچنین دارای یک رگبرگ و غده‌های حاوی اسانس می‌باشد. گل‌های آن نیز کوچک و به رنگ سفید، سفید مایل به گلی رنگ است که در فصل تابستان ظاهر می‌شوند. انتشار آن در اروپا ، سیبری، غرب آسیا از جمله ایران است. اندام‌های هوایی این گیاه حاوی حدود یک درصد اسانس می‌باشد که ترکیبات اصلی آن کارواکرول، تیمول، بتا پینن، پاراسیمن، لیمونن و کامفن است (امید بیگی، ۱۳۸۸). اندام‌های هوایی این گیاه دارای اثرات درمانی ضدتشنجی، ضدنفخ، به عنوان محرک و نیرو دهنده، تقویت معده، ضد عفونی کننده و تسهیل کننده عمل هضم غذا است (صفایی خرم و همکاران، ۱۳۸۷).

شوری یکی از فاکتورهای محیطی محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی و دارویی نواحی خشک و نیمه خشک است که سبب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاهان در مناطق وسیعی از سطح زمین می‌شود (Munns, 2002). اثر سمیت شوری از طریق یون‌های کلر و سدیم می‌باشد که باعث تخریب ساختار آنزیم‌ها، خسارت به غشای پلاسمایی و اختلال در فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و سنتز پروتئین می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۹۳). کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها، کاهش پتانسیل آب محیط ریشه، افزایش جذب و انتقال یون‌های سمی به بافت‌های گیاه، کاهش جذب عناصر ضروری، به هم خوردن توازن یونی و سمیت ناشی از انباشتگی یون‌های سدیم و کلر می‌باشد (حیدری، ۱۳۸٦). طی تنش شوری، فعالیت آنزیم‌هایی چون کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش یافته و در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل اختلال ایجاد می‌شود و باعث کاهش کلروفیل و به دنبال آن سبب تقلیل فتوسنتز می‌گردد (Smirnoff, 1993). محتوای نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش است که از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب حاصل می‌شود (Pessarakli, 1999). در بررسی تاثیر تنش شوری بر ویژگی مورفولوژیک و فیزیولوژیک پنج جمعیت مرزه تابستانه مشخص شد که سطوح مختلف شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد این گیاه تاثیر معنی داری داشت (رازقندی، ۱۳۹۳).

برای غلبه بر مشکل شوری خاک‌ها و حصول عملکرد قابل قبول از گیاهان، همزیستی با قارچ‌های مایکوریز به عنوان یک راهکار زیستی موثر باید مورد توجه قرار گیرد که نقش مهمی در بهبود جذب آب، عناصر غذایی و رشد گیاهان در شرایط شور دارند، به نحوی که بعضی آنها را به عنوان اصلاح کنندگان زیستی (Bio-ameliorators) خاکهای شور می‌نامند (Smith and Read., 2008). قارچ‌های وزیکولار آرباسکولار مایکوریز (Mycorrhiza Vesicular Arbuscular) با القاء سنتز مواد اسمزی همچون قندها و اسیدهای آمینه می‌توانند مقاومت گیاه را از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی به شوری افزایش دهند، ازجمله این مواد می‌توان به پرولین و بتائین اشاره کرد که در مواردی با افزایش شوری مقدار این ترکیبات زیاد می‌شود (Jindal *et al.*, 1993). محققان بر این باورند که قارچ‌های مایکوریز با نگه داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان، باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از طریق افزایش جذب یون پتاسیم نسبت به یون سدیم موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شوند (منصوری و همکاران، ۱۳۹۳). قارچ‌های مایکوریز جذب عناصر غذایی کم تحرک به خصوص فسفر، روی و مس را درگیاهان مایکوریزیی افزایش می‌دهد (جهان و نصیری محلاتی، ۱۳۹۱). مطالعات نشان داده که رابطه مایکوریزایی تحت شرایط شور منجر به افزایش غلظت کلروفیل و افزایش محتوای قند در برگ گیاه فلفل (Abdel Latef and Chaoxing, 2014) و افزایش غلظت کلروفیل با افزایش جذب منیزیم در گیاه گوجه فرنگی شد، و بازده فتوسنتز و رشد گیاه را نیز بهبود بخشید (Abdel Latef and Chaoxing, 2011). در تحقیقی دیگر مشخص شد که تلقیح گیاه مرزه با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در شرایط تنش شوری سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و جذب عناصر غذایی گزدید (جبالبازی، ۱۳۹۲).

با توجه به توسعه اراضی شور در جهان، یکی از راهکارهای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

اساسی برای کاهش اثرات منفی تنش شوری روی گیاه، بررسی روابط مایکوریزایی در جهت تامین نیازهای گیاه برای آب و بهبود تغذیه آن است. بنابراین، این تحقیق با هدف تعیین گونه مطلوب همزیست با گیاه مرزه، و بررسی اثرات گونه‌های مختلف قارچ مایکوریز در میزان کاهش اثرات تنش شوری از طریق پاسخ مورفوفیزیولوژیکی این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها:

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریز بر رشد و عملکرد گیاه مرزه، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل اول شامل سه سطح شوری صفر (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و عامل دوم گونه قارچ مایکوریزا در هفت سطح شامل گونه *Glmus versiforme*، *G. mosseae*، *intraradices* *G. caledonium*، *G. clarum*، *G. acaulospora longula* و شاهد (بدون کاربرد قارچ مایکوریز) بود. گونه‌های قارچ مایکوریز از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه ارومیه تهیه شد.

خاکها در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به میزان مساوی تقسیم گردید. برای اعمال تیمار قارچ‌های مایکوریز، قبل از کاشت، خاک رویی گلدان به اندازه سه تا چهار برابر عمق کاشت بذر کنار زده و مقدار ۵۰ گرم خاک آغشته به قارچ به خاک هر گلدان اضافه شد. سپس در هر گلدان ۲۰ عدد بذر کشت شد و گلدان‌ها در شرایط گلخانه نگهداری شدند و با آب شیر آبیاری شدند تا سبز شوند. پس از سبز شدن بذرها، تنک کردن گیاهچه‌ها در چند مرحله انجام گردید و در نهایت، داخل هر گلدان پنج بوته نگهداری شد. آبیاری گلدان‌ها هر چهار روز یکبار با آب غیرشور به مدت سه هفته انجام شد. بعد از سه هفته تیمار شوری اعمال شد. به منظور جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری از روز بیستم و یکم در سه مرحله با فاصله زمانی پنج روز اعمال گردیدند. به نحوی که کلیه گلدان‌ها به جزء تیمار شاهد با اضافه کردن تدریجی شوری به میزان ۲۵ میلی‌مولار در هر سطح (جهت سازگار شدن گیاهان) آبیاری شدند. اعمال تیمارهای شوری تا مرحله گلدهی کامل با نسبت‌های ذکر شده و همزمان با نیاز آبی گیاه ادامه داشت و به منظور جلوگیری از تغییر شوری خاک گلدان ها، علاوه بر زهکشی گلدان‌ها، آبشویی با آب به‌طور یکنواخت در زمان لازم برای تمامی تیمارها صورت گرفت. لازم به ذکر است، برای ایجاد زهکش، در ته گلدان سوراخ‌هایی تعبیه و سپس در کف گلدان تا ارتفاع دو سانتیمتری شن دانه درشت شسته شده ریخته و بقیه حجم گلدان با خاک پر شد. همچنین در زمان کاشت، جهت رفع نیازهای غذایی ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۲۰گرم فسفات پتاسم و ۱۰۰ گرم اوره در ۵۰۰ میلی-لیتر آب حل گردید و سپس از این محلول به میزان ۱۰ میلی-لیتربه خاک هر گلدان به‌طور جداگانه اضافه شد و بعد بذرها کشت گردیدند. قبل از اجرای آزمایش و برای اطلاع از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، اقدام به نمونه برداری مرکب از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ آورده شده است.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک: در مرحله گلدهی کامل، صفات مورفولوژیک از قبیل طول ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، تعداد برگ در ساقه اصلی و وزن خشک هر گیاه از هر واحد آزمایشی اندازه گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه گیاهی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن نمونه، قرار گرفت و سپس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند.

میزان کلروفیل: ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی با پنج میلی لیتر استون ۸۰ درصد به تدریج در هاون سائیده شد تا کلروفیل وارد محلول شد و در نهایت، حجم محلول با استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی لیتر رسانیده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ٤۰۰۰ دور سانتریفیوژ و جذب نوری کلروفیل‌های a و b به ترتیب در طول موج‌های ٦٤٥ و٦٦٣ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل‌های a و b بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به ترتیب با استفاده از روابط (۱) و (۲) به دست آمد (Arnon, 1949).

$$a_{\text{کلروفیل}} = \frac{[12/7(D663) - 2/69(D645)] \times V}{1000W} \quad \text{رابطه (۱)}$$

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

رابطه (۲) $b_{\text{کلروفیل}} = \frac{[22/9(D645)-4/68(D663)]\times V}{1000W}$

که در این روابط، D: جذب در طول موج خاص،V: حجم نمونه بر حسب میلی‌متر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	موادآلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	هدایت الکتریکی $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۲۱۰	۸/۱	۱/٤٤	۰/۱٤	۰/۷۸	۷/٦	٤٦	۳۵	۱۹	رس سیلتی

می‌باشد.

تعیین میزان پرولین: برای سنجش پرولین آزاد از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۲ گرم از بافت گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد اسید سولفوسالسیک در هاون سائیده شد و محلول با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. آنگاه دو میلی‌لیتر از مایع رویی با دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (۱۲۵ میلی‌گرم نین‌هیدرین+ ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار + ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال) در درون لوله‌های درپوش مخلوط شده و به مدت یک ساعت در درون بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شدند. بعد از این مدت جهت قطع انجام کلیه واکنش‌ها لوله‌های آزمایش را به حمام یخ منتقل شدند تا سرد شوند. سپس به لوله‌های آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و لوله‌ها را به خوبی با دستگاه ورتکس به مدت ۲۰ ثانیه هم زده شد. با ثابت نگه داشتن لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه دو لایه مجزا در آنها تشکیل شد. سرانجام از لایه‌ی رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین بود، در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد.

محتوای نسبی آب برگ: جهت اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ مرزه، در شروع گلدهی از هر واحد آزمایشی پنج برگ کامل از برگ‌های میانی جمع آوری و پس از توزین با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، به پتری دیش‌های درب دار حاوی آب دوبار تقطیر شده انتقال یافتند و به مدت ۲٤ ساعت جهت آبگیری کامل در دمای چهار درجه سانتیگراد در یخچال و تاریکی نگهداری شدند. پس از خارج کردن برگ‌های فوق جهت حذف رطوبت اضافی، آنها را در بین دو لایه کاغذ صافی خشک نموده و سپس وزن آماس آنها اندازه گیری شد. برگ‌های فوق بعد در آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ٤۸ ساعت خشک گردیده و دوباره توزین شدند. بدین ترتیب محتوای آبی نسبی برگ‌ها با استفاده از رابطه (۳) تعیین شد (Smart and Bingham,1974).

رابطه (۳) $RWC= (F_W-D_W)/ (T_W-D_W) \times 100$

که در این معادله، F_w: وزن تر برگ، D_w: وزن خشک برگ و T_w: وزن آماس یافته برگ (اشباع شده از آب) است.

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS9.1 و مقایسات میانگین بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع مایکوریز و سطوح شوری بر ارتفاع ساقه، قطر ساقه و کلروفیل *a* اثر معنی‌دار داشت. اثر متقابل بین نوع مایکوریز و سطح شوری روی تعداد برگ، وزن خشک گیاه، کلرفیل *b*، پرولین و محتوای نسبی آب برگ (RWC) در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲).

طول ساقه: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین گونه‌های مایکوریزا بیشترین طول ساقه (۱٤/۱سانتی‌متر) مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. versiforme* بود که تفاوت معنی‌داری با سایر گونه‌های مایکوریز نشان نداد. همچنین، کمترین ارتفاع ساقه (۱۰/۷۸ سانتی‌متر) از تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۱-a). همزیستی قارچ مایکوریز با ریشه از طریق

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

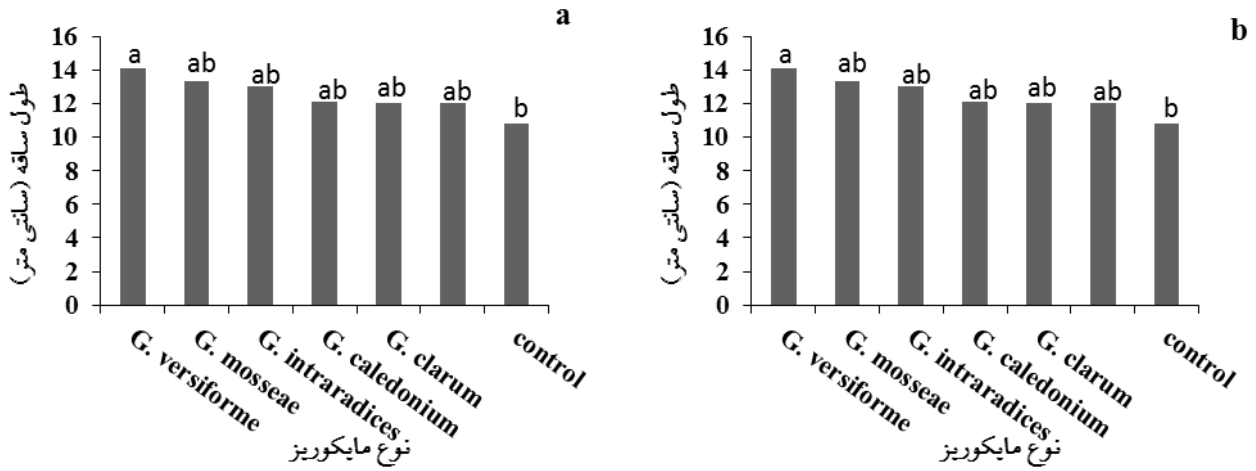
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

جذب آب و عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، آهن و مس، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود خصوصیات رشدی گیاه می‌گردد (Khalvati *et al.*, 2005). در این ارتباط گزارش شده است که قارچ‌های مایکوریز پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تأثیر گذاشته و

جدول ۲- **نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر گونه‌های قارچ مایکوریز بر برخی از صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و وزن خشک مرزه در شرایط تنش شوری**

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه	قطر ساقه	تعداد برگ	وزن خشک	کلروفیلa	کلروفیلb	کلروفیل کل	پرولین	RWC
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۷	۸/۰۵	۲/۳٦	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۲	۱/۱۰	۳۷۰/۰۸
گونه مایکوریز	٦	۰/۰۰۲۱ *	٦/۲۱**	۷/٤۰*	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۰۱٤**	۰/۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۰٦**	۷/۳۳**	۲۲٦/۷٥*
شوری	۲	۰/۰۰۲*	۸۲/۷٥**	٦۰/۸۰**	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۰۰۱٤*	۰/۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰٤**	۳/۷٤**	۲٤۹۲/۷**
مایکوریز × شوری	۱۲	۰/۰۰۰۷	۲/۳٦	۳/۲۳**	۰/۰۰٥**	۰/۰۰۰۰۰٦	۰/۰۰۰۰٤**	۰/۰۰۰۰۱**	۲/۸۲**	۷۰۸/۱۹**
اشتباه آزمایشی	٤۰	۰/۰۰۰۸	۱/۸۸	۲/۳۱	۰/۰۰٤۷	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰٤	۰/٤٥	۹٦/۹۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۸/۹٤	۱۰/۸٦	۹/۱٥	۲۲/۸۱	۱۸/۲٤	۱٤/۱۳	۱۲/٦۲	۲٥/٦٤	۱٤/۲۰

*، **به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.



شکل ۱- تاثیر نوع مایکوریز (a) و سطوح شوری (b) بر طول ساقه مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

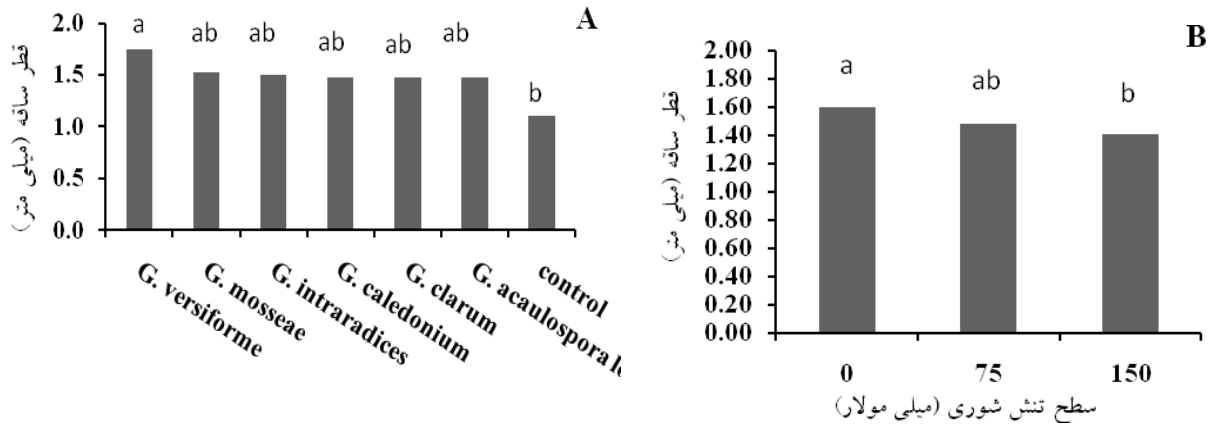
منجر به بهبود رشد و نمو گیاهان میزبان می‌شوند (موسوی جنگلی و همکاران، ۱۳۸٤). اثرات مثبت قارچ مایکوریزا در افزایش ارتفاع بوته در گیاه شاهدانه توسط تدین و زارعی (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است.

طبق نتایج آزمایش، با افزایش سطوح شوری و رسیدن به ۱۵۰ میلی‌مولار، طول ساقه مرزه در مقایسه با سطح شوری صفر میلی‌مولار تا ۲۷ درصد کاهش یافت، به طوری‌که طویل ترین (۱٤/٦۹ سانتی متر) و کوتاه‌ترین (۱۰/۷۳ سانتی متر) طول ساقه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (بدون شوری) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود (شکل۱-b). کاهش ارتفاع بر اثر شوری می‌تواند یک راهکار مناسب برای مقابله با شوری باشد .در اثر کاهش ارتفاع، میزان مصرف آب به دلیل رشد کمتر و همچنین تعرق کمتر کاهش می‌یابد (سلامی و همکاران، ۱۳۸۵). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی و در نتیجه کاهش طول ساقه می‌گردد (Kummar *et al.*, 2003). شوری ممکن است از طریق به هم زدن تعادل یونی و اثر روی تغذیه نیز رشد گیاه را محدود کند. Aziza و همکاران (۲۰۰۸)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

در آزمایش مشابهی که روی سه گونه نعناع انجام دادند کاهش ارتفاع اندام هوایی را در تمام سطوح شوری (۰، ۱/۵، ۳ و ٤/٥ گرم در لیتر NaCl) گزارش کردند.

قطر ساقه: قطر ساقه از صفاتی است که استحکام گیاه را مشخص می‌نماید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین قطر ساقه از تیمار عدم کاربرد مایکوریز و



شکل ۲- تاثیر نوع مایکوریز (A) و سطوح شوری (B) بر قطر ساقه مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

بیشترین قطر ساقه (۱/۷۵ میلی‌متر) مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. versiforme* بود که تفاوت معنی‌داری با سایر گونه های مایکوریز نشان نداد (شکل ۲-a). با توجه به مطالعات مهربان و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه سورگوم، استفاده از قارچ های همزیست سبب افزایش قطر ساقه نسبت به عدم کاربرد آن شده است. با توجه به نتایج حاصل و طبق نتایج تحقیقات قبلی می‌توان اظهار نمود که گیاه مرزه به علت حضور قارچ مایکوریز در خاک توانسته است عناصر و املاح مورد نیاز خود را از خاک جذب کند و این امر افزایش قطر ساقه را در پی داشته است.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین سطوح شوری بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد و کمترین قطر ساقه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد که تفاوت معنی داری با سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار نداشت (شکل ۲- b). خرسندی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی سطوح شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌مول در لیتر کلرورسدیم) در گیاه آگاستاکه (*Agastache foeniculum* kuntz) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح شوری قطر ساقه کاهش یافت.

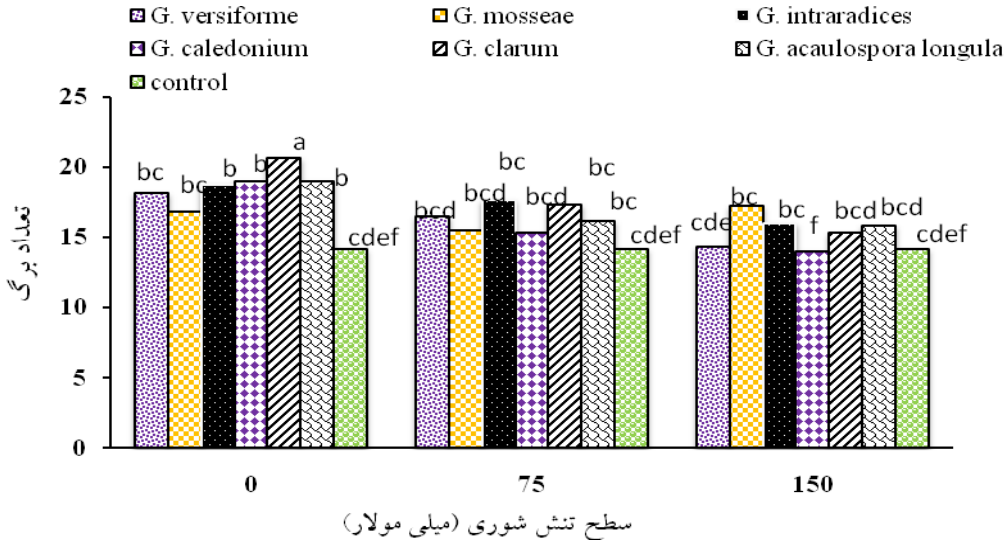
تعداد برگ: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد برگ (۲۰/٦٦ عدد) از گیاهان تلقیح شده با گونه *G. clarum* در غلظت صفر میلی‌مولار شوری حاصل شد، و کمترین تعداد برگ (۱۳عدد) از تیمار کاربرد گونه *G. caledonium* در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد. با افزایش شوری تعداد برگ مرزه کاهش یافت، اما تلقیح مایکوریزی در شرایط شوری متوسط باعث افزایش تعداد برگ نسبت به شرایط عدم حضور مایکوریز شد. در حالیکه در شدیدترین سطح شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) روابط مایکوریزی نتوانست تعداد برگ در گیاه را بهبود بخشد (شکل ۳). در شرایط تنش شوری، مایکوریز مواد معدنی مورد نیاز گیاه را، مخصوصا فسفر که تمایل به ته نشینی توسط توسط یون‌های مانند کلسیم، منیزیم و روی دارد را بهبود می‌بخشد (جهان و نصیری محلاتی، ۱۳۹۱). گزارش شده است که تلقیح با قارچ مایکوریز در شرایط شور با ریشه گیاه مو باعث افزایش تعداد برگ و وزن خشک کل شد (Belew *et al*., 2010). کاهش تعداد و سطح برگ‌ها در شرایط شوری توسط حسنی (۱۳۸۲) در ریحان نیز گزارش شده است. در تحقیق دیگر مشخص شد که با افزایش سطح شوری تعداد برگ و سطح برگ آگاستاکه کاهش یافت. این محققان علت کاهش مشاهده شده در تعداد و سطح برگ‌ها (در شوری‌های بالای ۲۵ میلی‌مولار) را از مرگ و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

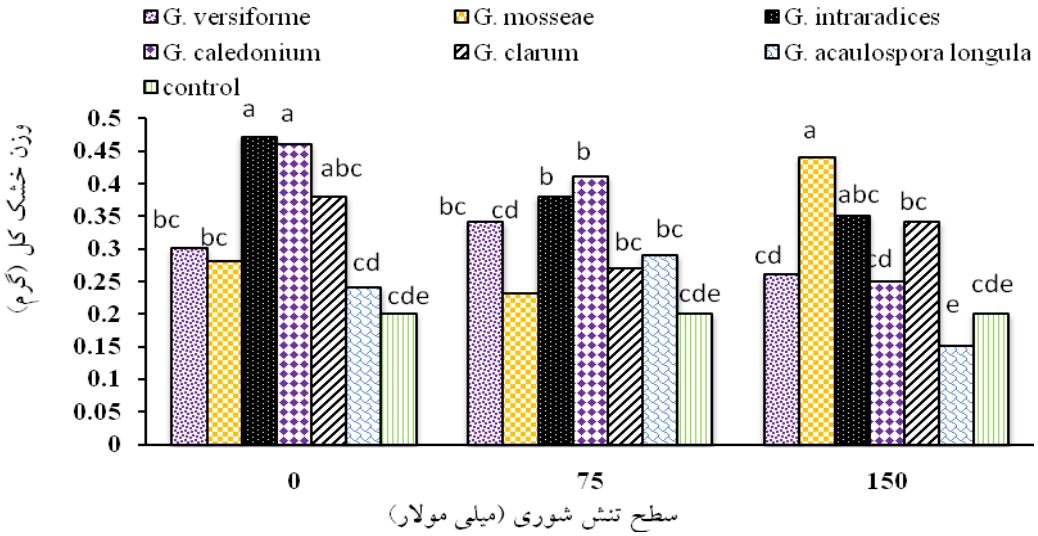
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

ریزش برگهای مسن و پایینی گیاه در اثر شوری گزارش کرده اند (خرسندی و همکاران، ۱۳۸۹). بدیهی است که با کاهش سطح برگ و تعداد برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد، بنابراین محدود شدن سطح برگ و تعداد برگ را شاید بتوان به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاهان برای اجتناب از شوری در نظر گرفت.

وزن خشک کل: کمترین وزن خشک کل بوته (۰/۱۵ گرم) از تیمار کاربرد گونه *G. acaulospora longula* در غلظت ۱۵۰



شکل ۳- اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر تعداد برگ مرزه. میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.



شکل ٤- اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر وزن خشک کل مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

میلی‌مولار شوری و بیشترین وزن خشک کل بوته (۰/٤۷ گرم) از تیمار کاربرد گونه *G. intraradices* در غلظت صفر میلی مولار شوری به‌دست آمد بود که با تیمار *G. caledonium* در غلظت صفر میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌داری نداشت. با وجود اثرمتقابل معنی‌دار، گیاهان غیرمیکوریزایی در کلیه سطوح شوری دارای کم‌ترین ماده خشک تولیدی بودند،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

هرچند برخی گونه‌ها در سطوح شوری مشخص با گیاهان میکوریزایی مثل گونه‌های *G. versiforme* و *G. caledonium* از این نظر تفاوت نداشتند. با این حال بیشترین ماده خشک تولیدی در شرایط غیر شور از گونه *G. intraradices* و در شوری ۷۵ از همزیستی با گونه *G caledonium* .و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار از گیاهان تلقیح شده با گونه *G. mosseae* به‌دست آمد (شکل ٤).

با افزایش غلظت املاح به‌دلیل افزایش فشار اسمزی محلول خاک، جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش می‌یابد و منجر به کاهش سرعت رشد و خصوصیات رویشی گیاه می‌شود و نهایتا وزن خشک اندام هوایی نیز کاهش می‌یابد، اما تلقیح با قارچ در شرایط شوری اثرات منفی تنش شوری را کاهش می دهد. به‌طوری که قارچ‌های مایکوریز با داشتن شبکهٔ هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصرغذایی نظیر نیتروژن، فسفر، منیزیم، مس و روی از منطقهٔ تخلیه عناصر غذایی افزایش داده و موجب بهبود رشد و وضعیت تغذیه‌ای و نهایتا منجر به افزایش سرعت فتوسنتز گیاه و وزن خشک گیاه می‌شوند (Smith and Read, 2008). میرمحمدی میبدی و قره‌یاضی (۱۳۸۱) دلیل کاهش وزن اندام هوایی را در شرایط شوری را کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع کلر و سدیم در اندام‌ها و یا تخریب ساختمان کلروپلاست گزارش کرده اند. Al- karaki و Hammad (۲۰۰۱) دو رقم گوجه فرنگی را تحت تنش شوری و با حضور قارچ مایکوریز بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که وزن خشک بوته در گیاهان مایکوریزی شده بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود، چرا که مقدار کربن تثبیت شده در اثر همزیستی مایکوریزایی بسیار بیشتر از نیاز قارچ است، از این رو قارچ‌های مایکوریز سبب افزایش سرعت فتوسنتز در گیاه همزیست خود می‌شوند. در تحقیقی دیگر مشخص شد که قارچ‌های مایکوریزی با بهبود تغذیه و رشد گیاه باعث افزایش عملکرد گیاه گندم شد (سادات و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به مشاهدات تدین و زارعی (۱۳۹۳)، تلقیح مایکوریزیی شاهدانه در شرایط شور باعث افزایش وزن خشک کل گیاه به میزان ۲۱/٦ درصد نسبت به عدم تلقیح گردید. تلقیح گیاهان با قارچ مایکوریز در شرایط تنش شوری جذب یون پتاسیم در گیاه را افزایش می‌دهد و از انتقال یون سدیم به بافت‌های ساقه جلوگیری می‌کند. همچنین پتاسیم نقش مهمی در متابولسیم گیاهان از جمله فعال شدن برخی آنزیم‌ها، حرکات روزنه‌ای و ساخت پروتئین‌ها دارد (Evelin *et al.*, 2009). محققان علت افزایش تحمل به شوری در تلقیح مایکوریزیی را افزایش مواد غذایی معدنی، به خصوص جذب نیتروژن و فسفر، تغییر در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند افزایش دی اکسید تبادلی، تعرق، هدایتی روزنه‌ای و کارایی مصرف آب می‌دانند (Ileana *et al.*, 2007).

محتوی کلروفیل: بیشترین میزان کلروفیل *a* (۰/۰۱۳٦ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. versiforme* بود که تفاوت معنی‌داری با سایر گونه‌ها نشان نداد و کمترین میزان کلروفیل *a* (۰/۰۰٤٤ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۵– a).

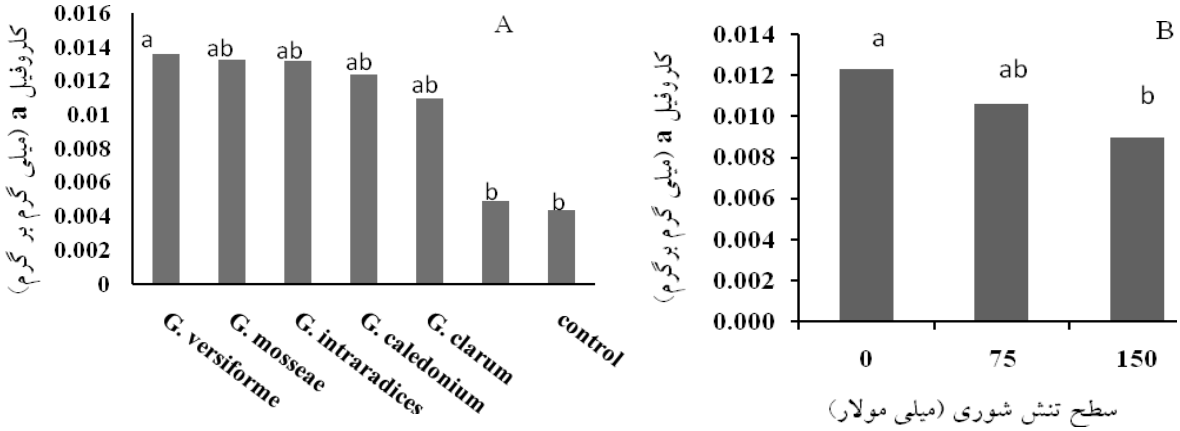
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح مختلف شوری، بیشترین میزان کلروفیل *a* (۰/۰۱۲۳ میلی‌گرم بر گرم) در سطح شوری صفر میلی‌مولار و کمترین میزان کلروفیل *a* (۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار شوری بود. به‌طوری که با افزایش سطح شوری از صفر میلی‌مولار به ۱۵۰ میلی‌مولار میزان کلرفیل *a* به‌طور میانگین ۲٦ درصد کاهش یافت (شکل ۵– b). بیشترین میزان کلروفیل *b* (۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۰/۳۱ میلی‌گرم بر گرم) نیز از تیمار تلقیح شده با گونه *G. intraradices* در غلظت شوری ۷۵ میلی‌مولار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با گونه *G. mosseae* در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری نداشت و کمترین میزان کلروفیل b (۰/۰۰۲۹ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۰/۱۰ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار کاربرد مایکوریز گونه *G. caledonium* در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد (شکل ٦ و ۷).

در تنش‌های محیطی با کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش مقدار برخی از هورمون‌ها نظیر اتیلن و اسیدآبسزیک، فعالیت

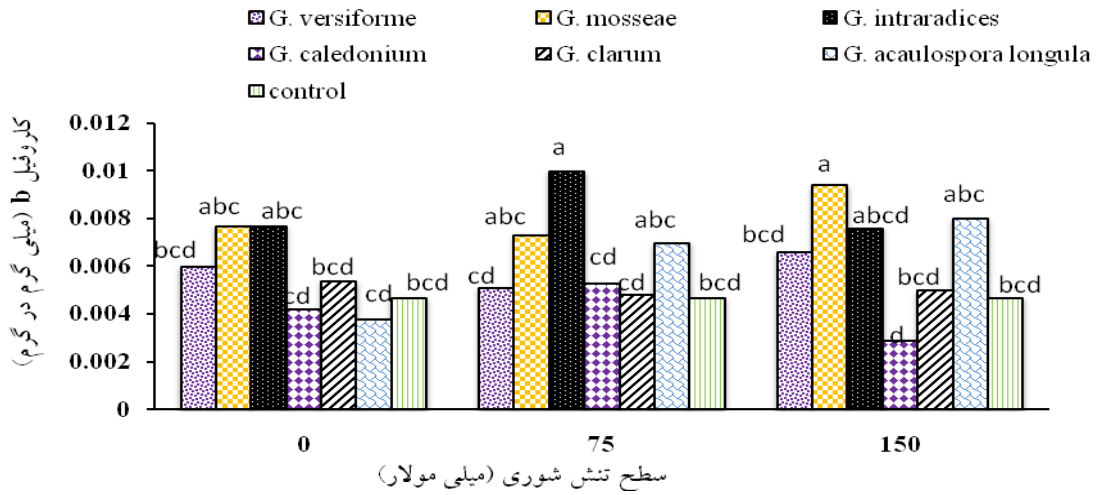
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

کلروفیلاز به‌طور ناگهانی زیاد شده و موجب تخریب کلروفیل می‌شود (Loggini *et al*., 1999). از طرفی، طی تنش شوری و خشکی، تولید رادیکال‌های اکسیژن افزایش می‌یابد و این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه‌ها می‌گردد. اما، مایکوریز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی دخیل در سنتز کلروفیل نظیر نیتروژن و منیزیم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل می‌شود و به دنبال آن غلظت کلروفیل افزایش و میزان فتوسنتز بهبود می‌یابد (Giri *et al*., 2004). در یک تحقیق گزارش شده است که همزیستی مایکوریزی در شرایط تنش شوری بر برخی



شکل ۵- تاثیر گونه مایکوریز (A) و سطوح شوری (B) بر کلروفیل a در گیاه مرزه. میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند .

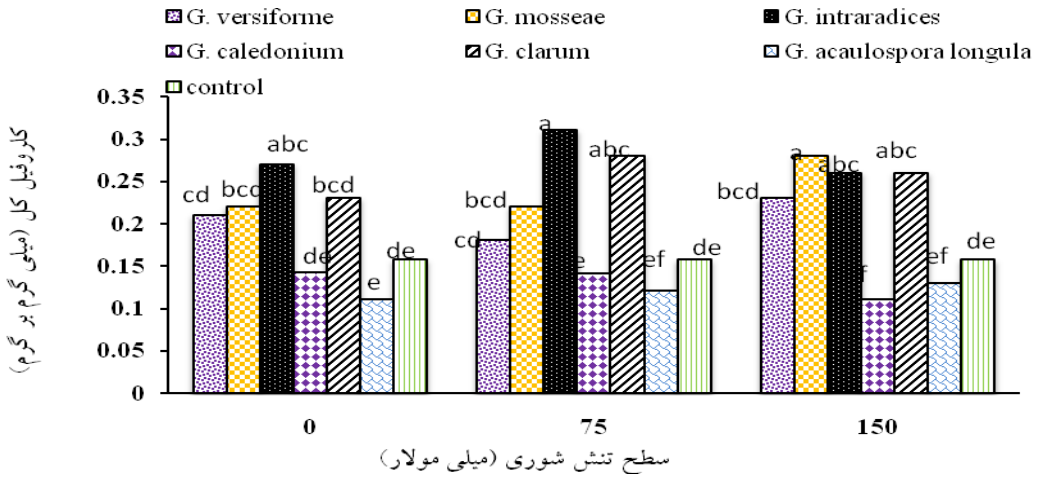


شکل ٦- اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر کلروفیل b مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]



شکل ۷-اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر کلروفیل کل مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

ویژگی‌های مهم فیزیولوژیکی از جمله غلظت کلروفیل کل (افزایش ۱۹ درصدی)، سرعت فتوسنتز در برگ‌ها (۳ برابر)، میزان و سرعت تثبیت کربن در گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاه شاهد (عدم تلقیح) تاثیر مثبت داشت (Ghollarata and Raiesi, 2007). در تحقیق دیگر در گیاه فلفل مشخص شد که میزان کلروفیل a و b تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* به طور معنی‌دار نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی افزایش یافت (Demir, 2004). محققان دیگر نیز نشان دادند که تلقیح با قارچ مایکوریز گونه *G. fasciculatum* با ریشه نعناع از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش فتوسنتز و بهبود عملکرد گردید (Gupta *et al*., 2007).

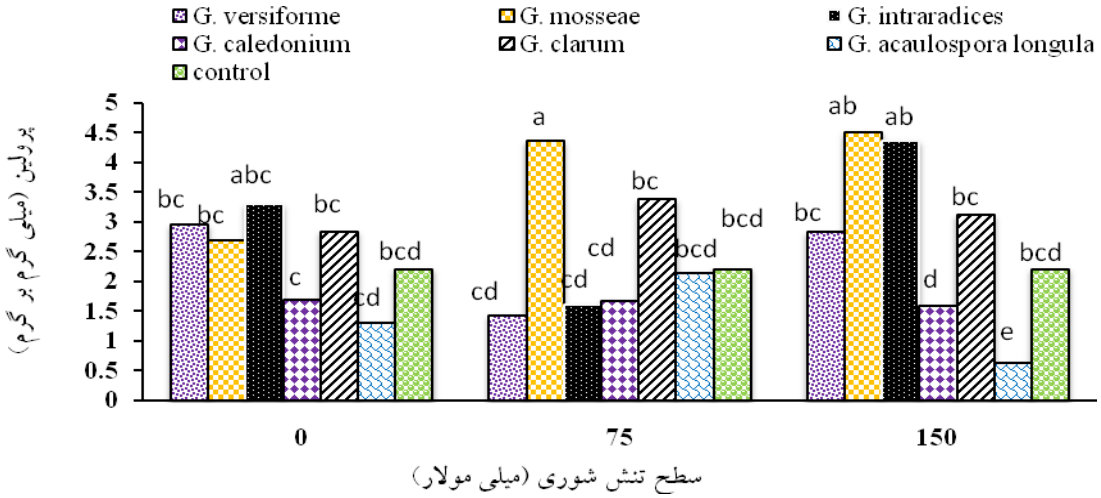
پرولین: کمترین میزان پرولین (۰/٦۳ میلی‌گرم بر گرم) از کاربرد مایکوریز گونه *G. acaulospora longula* در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری و بیشترین میزان پرولین برگ مرزه (٤/٦۱ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار کاربرد مایکوریز گونه *G. mosseae* در غلظت ۷۵ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد که با تیمار *G. intraradices* و *G. mosseae* در غلظت ۱۵۰ میلی مولار شوری تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۸). پرولین اسید آمینه‌ای است که در هنگام تنش شوری، به جهت تنظیم اسمزی، حفظ ساختمان پروتئین‌ها و از بین بردن رادیکال‌های آزاد در گیاه مقدار آن افزایش می‌یابد و از اثرات مخرب تنش بر گیاه می‌کاهد (میرمحمد میبدی و قره یاضی، ۱۳۸۱).

همچنین، مشخص شده است که تجمع پرولین در سیتوپلاسم مانند یک اسموتیکوم در حفظ تورم و کاهش خسارت غشاء عمل کرده و به عنوان منبع انرژی، کربن و نیتروژن در گیاهان به شمار می‌رود و به صورت یک ترکیب غیرسمی برای حفظ تعادل اسمزی تحت شرایط شوری و پتانسیل آبی‌کم تجمع می یابد (Sannazzaro *et al*., 2007). در این راستا، آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند (and Shevykova, 1999 Kuznetsov). بنابراین افزایش پرولین در گیاه مرزه می‌تواند سبب پایداری کلروفیل تحت تنش شوری شود و به دنبال آن منجر به حفظ ظرفیت فتوسنتزی و ثبات نسبی عملکرد این گیاه گردد. افزایش میزان پرولین در گلرنگ توسط جوادی پور و همکاران (۱۳۹۱)، در گیاه مریم گلی توسط آقائی و همکاران (۱۳۹۳) و گوجه فرنگی توسط عسگری و همکاران (۱۳۹۳) تحت تنش شوری گزارش شده است که با نتایج این پژوهش همسو است. در یک تحقیق دیگر مشخص شد که با افزایش شوری میزان تجمع پرولین در گیاه مرغ (*Cynodon dactylon*) افزایش یافت (Kenneth and Marcum, 2008). محققان دیگر نیز دریافتند که استفاده از قارچ مایکوریز در شرایط تنش شوری سبب افزایش غلظت پرولین در گیاه سیر شد و این امر موجب کاهش صدمات حاصل از شوری گردید (Bord *et al*., 2010).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

محتوای نسبی آب برگ: کمترین محتوای نسبی آب برگ (۲۸/۶۲ درصد) مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. Intraradices* در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بود و بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۷/۶ درصد) مربوط به کاربرد مایکوریز گونه *G. caledonium* در غلظت ۷۵ میلی-مولار شوری حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با مایکوریز گونه *G. interaradices* در غلظت ۷۵ میلی‌مولار نداشت (شکل ۹). کاهش محتوای آب برگ و افزایش پتانسیل اسمزی، به همراه افزایش غلظت یون سدیم، پراکسیداسیون چربی‌ها و اختلال در کارکرد و ساختار غشاهای سلولی را در پی دارد (Farooq *et al*., 2006;Ashraf *et al*., 2008). از آنجایی که محتوای آب برگی، یک شاخص مناسب برای تنش در گیاه محسوب می‌شود، از نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان دریافت که تنش شوری اعمال شده بر متابولیسم گیاه مرزه مؤثر بوده و حرکت آب در طی شیب کاهش پتانسیل آب به درون گیاه هدایت یافته است. بنابراین گیاه مرزه توانسته است محتوای آب نسبی خود را تحت تنش شوری متوسط نسبتاً بالا نگاه دارد. اسماعیل پور و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که تلقیح با قارچ مایکوریز شاخص‌های رشد رویشی و محتوای نسبی آب برگ گیاه مرزه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به‌طور معنی‌داری افزایش داد. جوادی پور همکاران (۱۳۹۱) در گلرنگ و تاجمیر ریاحی (۱۳۹۳) در علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum*) نیز دریافتند که

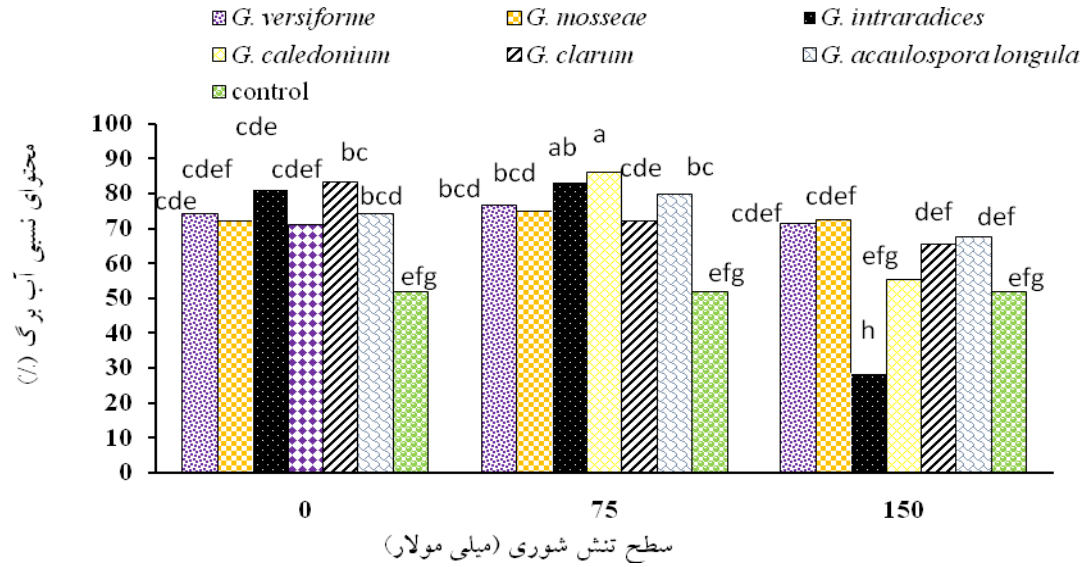


شکل ۸- اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر پرولین مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]



شکل ۹- اثر متقابل سطوح شوری و نوع مایکوریز بر محتوای نسبی آب برگ مرزه.

میانگین‌های با حروف متفاوت در شکل، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

با افزایش شدت تنش شوری محتوای نسبی آب برگ گیاهان مذکوربه طور معنی‌داری کاهش یافت.

نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان دریافت که شوری موجب کاهش میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ شده و گیاه مرزه به عنوان یک واکنش در برابر شرایط شوری برای حفظ وضعیت خود مقدار پرولین را افزایش داد تا از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی به‌شرایط تنش، سازش و تا حدودی با شوری مقابله کند. در تحقیق حاضر، مشاهده شد که تلقیح با گونه‌های مختلف قارچ مایکوریز روی تمامی صفات مورد اندازه گیری تاثیر مثبت داشته است. به‌طوری که کاربرد قارچ‌های مایکوریز در حضور تنش شوری به‌دلیل جذب برخی عناصر غذایی و آب منجر به‌بهبود رشد گیاه مرزه شد. همچنین نتایج نشان داد که عکس‌العمل گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزایی نسبت به تنش شوری متفاوت بوده است، که این امر به دلیل تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی این شش گونه قارچ، در برقراری ارتباط همزیستی با گیاه مرزه در شرایط شوری می باشد. با بررسی کلیه صفات اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت که با به کارگیری قارچ‌های مایکوریزی می‌توان مقاومت به شوری در گیاه مرزه را افزایش داد و اقدام به کشت آن در خاک شور نمود. در شرایط غیرشور و حتی در شوری متوسط (۷۵ میلی‌مولار)، گیاه مرزه در همزیستی با گونه‌های *G. intraradices* و *G. caledonium* بیشترین عملکرد را تولید کرد، ولی در شرایط شوری بالا (۱۵۰ میلی‌مولار) بیشترین عملکرد در همزیستی با گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد گونه *G. intraradices* برای بهبود رشد مرزه در همه شرایط مناسب‌تر باشد.

منابع:

اسماعیل‌پور، ب.، جلیلوند، پ. و هادیان، ج. (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی و قارچ مایکوریز بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۲: ۱۷۷-۱۶۹.

امید بیگی، ر. (۱۳۸۸) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی.

آقائی، ک.، طایی، ن.، کنعانی، م.ر. و یزدانی، م. (۱۳۹۳) اثر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیو شیمیایی دو گونه مریم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

گلی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۹: ۹۶-۸۵.

تاجمیر ریاحی، ر.، اعتمادی، ن.ا.، مرتضی نژاد، ف. و صادقی، ا. (۱۳۹۳) بررسی تحمل به شوری گونه بومی علف گندمی بیابانی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۷: ۱۰۴-۹۳.

تدین، م. ر. و زارعی، م. (۱۳۹۳) بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریز گونه *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکوتیپ شاهدانه. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی۷: ۱۱۴-۱۰۵.

جبالبازی، ب. (۱۳۹۲) تاثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر ویژگی‌های مورفو فیزیولوژیک گیاه مرزه (Satureja hortensis L.) در شرایط تنش شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، شیراز ، ایران.

جوادی پور، ز.، موحدی دهنوی، م. و بلوچی، ح. ر. (۱۳۹۱) تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول و پروتئین محلول برگ شش رقم گلرنگ بهاره تحت تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۲: ۲۴-۱۳.

جهان، م. و نصیری محلاتی، م. (۱۳۹۱) حاصل‌خیزی خاک و کودهای زیستی (رهیافتی اگرواکولوژیک)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

حسنی، ع. (۱۳۹۲). بررسی اثرهای تنش خشکی و شوری ناشی از کلرور سدیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ریحان رقم کشکنی لولو. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

حیدری ، م. (۱۳۸۶) واکنش گیاهان به تنش های محیطی، انتشارات ارس رایانه.

خرسندی، ا. ع.، حسنی، ع.، سفیدکن، ف.، شیرزاد، ح. و خرسندی، ع. ر. (۱۳۸۹) اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب های اسانس *Agastache foeniculum* kuntz. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳: ۴۵۱-۴۳۸.

رازقندی، ج. (۱۳۹۳) در بررسی تاثیر تنش شوری بر ویژگی مورفولوژیک و فیزیولوژیک پنج جمعیت مرزه تابستانه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

سادات، ع.، ثواقبی، غ.، رجالی، ف.، فرحبخش، م.، خاوازی، ک. و شیرمردی، م. (۱۳۸۹) تاثیر چند نوع قارچ مایکوریز آربوسکلار باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۶۲-۵۳.

سلامی، م. ر.، صفرنژاد، ع . و حمیدی، ح. (۱۳۸۵) اثر تنش شوری بر خصوصیت مورفولوژی زیره سبز و سنبل الطیب. مجله پژوهش و سازندگی ۷۲: ۸۳-۷۷.

صفایی خرم، م.، جعفرنیا، س. و خسروشاهی، س. (۱۳۸۷) مهم ترین گیاهان دارویی جهان، مجتمع آموزش کشاورزی سبز ایران.

عسگری، م.، امینی، ف. و جمالی، ف. (۱۳۹۳) اثرات روی بر روی رشد، رنگیزه های فتوسنتزی، پرولین، پروتئین و کربوهیدرات‌های گوجه فرنگی در تحت تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۹: ۵۷-۴۵.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۹۳) فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

منصوری، ح. و احمدی مقدم، ع. (۱۳۹۳) تأثیر خاکهای میکوریزی مختلف بر پاسخ گیاه ذرت به تنش شوری. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران) ۱: ۱۵۵-۱۴۲.

موسوی جنگلی، ب.، شریفی، م. و حسینی نژاد، ز. (۱۳۸۴) بررسی تأثیر حل کننده فسفات و قارچهای مایکوریز در عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌های (رقم سینگل کراس ۷۰۴) فصلنامه علمی دانش کشاورزی ۱: ۶۰-۴۶.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

مهربان، ا.، نور محمدی، ق.، وزان، س.، اردکانی، م. ر. و حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۹۱) بررسی نقش میکروارگانیسم‌های مایکوریزیی از نوع ویسکولار آربوسکولار بر برخی صفات گیاه سورگوم. مجله زارعت و اصلاح نباتات ۲ : ۹-۱.

میرمحمدی میبدی، ع. و قره یاضی، ب. (۱۳۸۱) جنبه‌های فیزیولوژیک و به نژادی تنش شوری گیاهان، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

نوروزی، ح.، روشنفکر، ح.ا.، حسیبی، پ. و مسگر باشی، م. (۱۳۹۳) ارزیابی برخی خصوصیات فتوسنتزی دو رقم ارزن علوفه ای در شرایط تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ٤: ۸۵-۷۵.

Abdel Latef, A. A. and Chaoxing, H. (2011) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. Scientia Horticulturae 127:228-233

Abdel Latef, A. A. and Chaoxing, H. (2014) Does the inoculation with Glomus mosseae improve salt tolerance in pepper plants. Journal of Plant Growth Regulation 33: 644-653.

Al-karaki, G. N. and Hammad R. (2001) Mycorrhiza influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 24: 1311-1323.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany 63: 266–273.

Aziza, E. E., Al-Amir, H. and Craker, L. E. (2008) Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal and apple mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 14: 77-87.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, L.D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Belew, D., Astatkie, T., Mokashi, M. N., Getachew, Y. and Patil, C. P. (2010) Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (*Glomus fasciculatum*) on growth responses of grape rootstocks (*Vitis* spp.). South African Journal for Enology and Viticulture 31: 82-88.

Bord, M., Dudhane, M. and Jite P. K. (2010) AM fungi influences the photosynthetic activity, gowth and antioxidant enzymes in *Allium sativum* L. under salinity condition. Notulae Scientia Biologica 2:64-71.

Demir, S. (2004) Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104:1263-1280.

Farooq, S. and F. Azam. (2006) The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. Journal of Plant Physiology 6: 629-637.

Ghollarata, M. and Raiesi. F. (2007) The adverse effects of soil salinization on the growth of *Trifolium alexandrinum* L. and associated microbial and biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry 39: 1699–1702.

Giri, B. and Mukerji, G. K. (2004) Mucorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza 14: 307-312.

Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2002) Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.

Ileana, V., Rodolfo, G. and Mendoza, E. (2007) Arbuscular mycorrhizal fungi and plant symbiosis in a saline-sodic soil. Mycorrihza 17:167-174.

Jindal, V., Atwal, A., Seckhon, B. S. and Singh, R. (1993) Effect of Vesicular-arbuscular mycorrhizae on metabolism of moong plant under NaCl salinity. Plant Physiology and Biochemistry 31: 475-481.

Kenneth, B. and Marcum, K. B. (2008) Relative salinity tolerance of turfgrass species and cultivars. CRC press.

Khalvati, M. A., Mzafar, A. and Schmidhalter, U. (2005) Quantification of water uptake by arbuscularmycorrhizal hypha and its signification for leaf growth, water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology 6: 706-712.

Kummar, S., Matta Reddy, G. and Sudhakar, C. (2003) NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genitypes of mulberry with contrasting salt tolerance. Plant Science 165: 1245-1251.

Kuznetsov, V. I. and Shevykova, N.I. (1999) Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari Izzo, F. (1999) Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiology 119:1091-1100.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment 25: 239-250.
Pessarakli, M. (1999) Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker. New York.
Sannazzaro, A. I., Echeverria, M., Alberto, E.O., Ruiz, O.A. and Mene´ndez, A.B. (2007) Modulation of polyamine balance in Lotus glaber by salinity and arbuscular mycorrhiza, Plant Physiology and Biochemistry 45: 39–46.
Smart, R. E. and Bingham, G. E (1974) Rapid estimates of relative water content. Plant Physiology 53: 258-260.
Smirnoff, N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water tolerance. Trend in Plant Science 6: 431- 438.
Smith, S. E. and Read, D. J. (2008) Mycorrhizal Symbiosis, third ed. Academic Press, San Diego, USA.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]

Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in salt stress conditions

Esmaeil Rezaei- Chiyaneh[*1], Mousa Jamali[2], Alireza pirzad[1] and Samira tofig[3]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, [2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Payamenoor University Nagadeh, Nagadeh, Iran. [3]Department of Medicinal Plants, Shahid Bakeri Higher Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran.

(Received: 19 January 2014, Accepted: 31 October 2015)

Abstract:

Mycorrhizal fungi symbiosis with plants roots through effective uptake of water and nutrients can reduce the negative effects of salinity. To evaluate the effect of mycorrhizal fungi on some morpho-physiological traits and yield of summer savory a greenhouse factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Laboratory of Medicinal Plants, Payamenoor University of West Azerbaijan-Nagadeh, Iran, in 2013. The first factor included three salinity levels as zero (control), 75 and 150 mM. Second factor included of six mycorrhizal fungi species as *Glmus versiforme, G. mosseae, G. intraradices, G. caledonium, G. clarum, G. acaulospora longula* and control treatment. Increasing salinity caused to significant reduction of chlorophyll *a*, stem length and stem diameter. The highest concentrations chlorophyll *a*, stem length and stem diameter were obtained from mycorrhizal plants of *G. versiforme* which showed no significant changes with respect to other species. The interaction between mycorrhiza and salinity on number of leaf, total dry matter, chlorophyll *b* and total chlorophyll, prolin and leaf relative water content were significant. The maximum total dry matter was observed in non-saline treatments of *G. intraradices*. The highest concentrations of chlorophyll *b* and total chlorophyll belonged to plants treated by 75 mM NaCl and inoculated with *G. intraradices*. The highest leaf relative water content (87.6 %) and prolin were respectively obtained from plants treated by *G. caledonium* and *G. mosseae* in 75 mM of NaCl. In conclusion, Mycorrhizal fungi symbiosis led to enhance morpho-physiological traits and yield of savory affected by salinity. Results showed the enhancement of summer savory plant performance and yield in symbiosis with *G. intraradices* and *G. caledonium* for medium level of salinity, and in symbiosis with *G. intraradices* and *G. mosseae* for high salinity condition.

Key words: Biofertilizer, Chlorophyll, Prolin, Relative Water Content

*corresponding author, Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2]