تاثیر قارچ *Funneliformis mosseae* بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی و محتوای پرولین گیاه سنبل الطیب (*Valeriana officinalis* L.) تحت تنش شوری

زهره طغرانگار[۱،*]، ستاره امانی‌فر [۲]
۱و*- نویسنده مسوول: استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، ۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
ztoghranegar@znu.ac.ir

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی محدود کننده رشد گیاهان و تولیدات آن‌ها به شمار می‌رود. سنبل‌الطیب گیاهی دارویی است که با توجه به اثرات آرام بخش خفیف و خواص خواب آور در سراسر جهان در طب سنتی استفاده می‌شود. تحقیقات نشان دهنده آن است که همزیستی میکوریز آربوسکولار (AM) قادر به بهبود رشد گیاه و افزایش مقاومت آن‌ها در مقابل تنش‌های محیطی از جمله شوری در گونه‌های متعدد گیاهی می‌باشد، اگرچه اطلاعات اندکی در مورد نقش قارچ‌های میکوریز در گیاه سنبل‌الطیب وجود دارد. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی اثر کلونیزاسیون قارچ *Funneliformis mosseae* بر رشد گیاه سنبل‌الطیب تحت تنش شوری اجرا شد. گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی به مدت دو ماه در شرایط اتاق رشد تحت تیمارهای صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ سبب بهبود شاخص‌های رشدی و کاهش محتوای پرولین در بخش‌هوایی میزبان تحت تنش شوری گردید.

واژه های کلیدی: فونلیفرمیس موسه‌آ، سنبل الطیب، تنش شوری، ویژگی‌های ریخت شناسی ، پرولین

مقدمه

شوری در ایران و در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان عامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان بوده و اثرات زیانباری بر عملکرد گیاه و کیفیت محصول دارد (Amirjani et al., 2010). امروزه به دلیل تغییرات آب و هوایی و کاهش بارندگی سالانه، تبخیر شدید رطوبت خاک، انتقال و تجمع املاح محلول در قسمت های سطحی خاک، کافی نبودن آب جهت شستشوی املاح از خاک، ریزش باران‌های شور در مجاورت مناطق صنعتی، انتقال نمک‌های موجود در آب دریا به کمک بادهایی که از دریا به سمت ساحل می‌وزند، و هم چنین به دلیل نامطلوب بودن کیفیت آب آبیاری، زهکشی نامناسب و نیز بالا آمدن آب به دلیل آبیاری بیش از حد با آب‌های زیرزمینی، شوری خاک در حال افزایش است (برزگر، ۱۳۸۷). بنابراین برای افزایش تحمل گونه‌های گیاهی نسبت به شوری بایستی توجه بیشتری مبذول گردد. همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AM) موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده و نیز افزایش جذب مواد غذایی می‌شود (Khalil et al., 1994). بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند که قارچ‌های AM می‌توانند توانایی گیاهان برای مقابله با تنش شوری را افزایش دهند. مطالعات نشان داده است که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نقش موثری در افزایش کمی شاخص‌های رشد و بهبود ویژگی‌های کیفی گیاه میزبان داشته است که به طور عمده از طریق بهبود جذب عناصر غذایی، حفظ تعادل یونی، حفظ فعالیت آنزیمی و حمایت از جذب آب انجام می‌پذیرد (Duponnois, 2001; Morandi, 1996 ; Sheng et al. 2011). یکی از واکنش‌های مهم گیاهان در مواجهه با تنش شوری، به ویژه انواع غیرمتحمل به شوری، تجمع املاح آلی اسموتیک فعال به نام اسمولیت می‌باشد که نتیجه تغییر در متابولیسم واسطه و ثانویه نیتروژن و کربن است. این پاسخ یک جزء مهم از مکانیسم‌های تحمل به شوری در گیاهان است. املاح آلی مانند پرولین، اسیدهای آمینه آزاد، پروتئین

محلول در آب و قند، منجر به حفظ تعادل اسمزی و محافظت از آنزیم‌ها در حضور غلظت‌های بالای الکترولیت‌های سیتوپلاسمی می‌گردد. مطالعات نشان دهنده آن است که قارچ‌های AM می‌توانند تجمع این املاح آلی از جمله پرولین را در گیاه میزبان تحت تنش اسمزی تغییر دهند (Khaled et al., 2003 ; Jahromi et al., 2008 ; Ruiz-Lozano et al., 1996). گیاه سنبل‌الطیب با نام علمی *Valeriana officinalis* L. یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی بوده و در درمان بی‌خوابی و اضطراب به دلیل داشتن ترکیبات آرام‌بخش همانند والرنیک اسید و والرین موجود در ریشه و ریزوم حائز اهمیت است (Hattesohl et al., 2008). هدف کلی تحقیق این است که اولا تاثیر همزیستی با قارچ *F. mosseae* تحت شرایط تنش و بدون آن بر گیاه سنبل الطیب بررسی گردد و هم چنین تغییرات احتمالی تحمل گیاه مزبور در برابر تنش شوری در شرایط همزیستی با توجه به تغییرات بیوشیمیایی، ریختی و فیزیولوژیکی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر قارچ *Funneliformis mosseae* و تنش شوری بر گیاه سنبل‌الطیب، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. برای این منظور بذرهای سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis* L.) خریداری شده از شرکت بذر زرین گیاه ارومیه، بعد از ضدعفونی سطحی، در خزانه‌ای با کوکوبیت استریل در شرایط کنترل شده کشت و به مدت شش ماه آبیاری و تغذیه شدند، سپس گلدان‌های اصلی برای انتقال نشاها آماده شدند به این ترتیب که به نیمی از گلدان‌های حاوی پرلیت استریل، مایه تلقیح خاکی *Funneliformis mosseae* (با پتانسیل ۴۳ اسپور در هر گرم مایه تلقیح) (تهیه شده از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه شیراز) به میزان ۵۰ درصد حجمی اضافه شد، نیمی دیگر از گلدان‌ها به همان میزان مایه تلقیح اتوکلاو شده اضافه شد. نشاها به گلدان‌های اصلی منتقل و در اتاق رشد تحت شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای۲ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و با محلول غذایی لانگ‌آشتون (حاوی ۳۲ میکرومولار فسفر) یک روز در میان آبیاری شدند. ۲۵ روز بعد از انتقال نشا به گلدان اصلی، گیاهان تحت تیمار شوری قرار گرفتند. سطوح شوری در سه سطح شاهد (بدون شوری)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار اعمال شد که با اضافه کردن نمک کلرید سدیم به محلول غذایی اعمال گردید. دو ماه پس از اعمال تنش، بوته‌ها برداشت شدند. برخی از شاخص‌های رشدی و محتوای پرولین گیاه و کلنیزاسیون ریشه‌ها بعد از برداشت مورد مطالعه قرار گرفت. وزن تر بخش هوایی و ریشه با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ بر حسب گرم اندازه‌گیری شد و نیز طول آن‌ها با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ[1]، هر گلدان به عنوان یک تکرار و هر گیاه به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد. از هر گیاه دو برگ تهیه و از هر برگ ۳ دیسک با قطر ۱ سانتی‌متر تهیه شد و با ترازو وزن گردید (FW). سپس دیسک‌ها در ظروف پتری حاوی آب مقطر به مدت ۵-۴ ساعت غوطه‌ور گردیدند. دیسک‌ها پس از این مدت از پتری خارج شده و با استفاده از کاغذ صافی، خشک و دوباره وزن گردیدند تا وزن حالت تورژسانس کامل (TW) به دست‌آید. برای محاسبه وزن خشک (DW) دیسک‌ها درون فویل آلومینیومی پیچیده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن گردیدند. محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Weatherley, 1950).

$$RWC\ (\%) = [(FW-DW)/ (TW-DW)] \times 100$$

اندازه گیری مقدار پرولین بر اساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام گرفت. ۰/۰۵ گرم از بافت خشک اندام هوایی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد سائیده شد، بعد از صاف کردن با کاغذ صافی واتمن مخلوط یکنواختی تهیه شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از این عصاره با ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک‌گلاسیال مخلوط گردید و به مدت یک ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از این مدت جهت قطع انجام کلیه واکنش‌ها، لوله‌های محتوی مخلوط در آب سرد قرار داده شدند. سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه شد و لوله‌ها به خوبی مخلوط شدند. با ثابت نگه‌داشتن لوله‌ها به مدت ۲۰- ۱۵ دقیقه، دو لایه مجزا در آن‌ها تشکیل شد. از فاز صورتی که حاوی تولوئن و پرولین بود برای اندازه‌گیری غلظت پرولین استفاده شد. جذب این ماده رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین و مقدار پرولین

[1]. Relative Water Content

در هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد پرولین محاسبه گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار پرولین بر حسب میلی‌گرم وزن خشک محاسبه و ارائه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

مطالعات میکروسکوپی حاکی از کلونیزاسیون موثر ریشه‌ها با قارچ بود (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تنش شوری و اثر قارچ میکوریزی *Funneliformis mosseae* و بر هم کنش آن‌ها بر شاخص‌های رشد نشان داد که اثر شوری بر وزن تر بخش هوایی و ریشه، محتوی نسبی آب برگ و محتوای پرولین بخش هوایی و ریشه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی اثر معنی‌داری بر طول بخش هوایی و ریشه‌ها نشان نداد (جدول ۱). درسطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار وزن تر بخش هوایی و ریشه گیاهان بدون همزیست میکوریزی نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌داری نشان دادند، هم چنین شوری در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش محتوی نسبی آب برگ این گیاهان نسبت به شاهد بدون شوری گردید. ولی سطوح مختلف شوری بر طول بخش هوایی گیاهان بدون تلقیح قارچی اثر معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۲). اثر قارچ *F. mosseae* بر وزن تر و محتوای پرولین بخش هوایی و ریشه ($p<0.01$) و طول بخش هوایی ($p<0.05$) معنی‌دار بود ولی بر طول ریشه و محتوای نسبی آب برگ اثر معنی‌داری نداشت. همچنین، برهم کنش شوری و تلقیح با قارچ *F. mosseae* تنها بر وزن تر بخش هوایی، محتوای نسبی آب برگ ($p<0.05$) و محتوای پرولین بخش هوایی و ریشه‌ها ($p<0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). تلقیح گیاه سنبل الطیب با قارچ موجب افزایش وزن تر بخش هوایی و ریشه نسبت به شاهد بدون تلقیح در تمام سطوح شوری گردید ولی اثر مثبت آن بر طول بخش هوایی و محتوی نسبی آب برگ نسبت به شاهد تنها در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار شوری معنی‌دار بود. تلقیح میکوریزی گیاه سنبل‌الطیب منجر به کاهش محتوای پرولین بخش هوایی در تمام سطوح شوری نسبت به گیاهان بدون تلقیح گردید (جدول ۲).

شوری برتمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و انرژی مؤثر بوده، درنتیجه تمام مراحل زندگی گیاه ازجوانه‌زنی تا تولید توده زیستی و تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kumar et al., 2000). کاهش رشد گیاهان در اثر شوری ممکن است به دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالا ناشی از محیط رشد ریشه باشد که جذب آب و عناصر غذایی معدنی را کاهش داده و در نهایت منجر به کاهش رشد می‌گردد. هم چنین کاهش رشد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر کاهش انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع، کاهش کارایی استفاده از آب و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (Munns and Tester, 2008). تاثیر مثبت همزیستی میکوریزی در گیاه میزبان تحت شرایط شوری به طور عمده به دلیل بهبود بهره‌وری مصرف آب و جذب مواد غذایی و متعاقب آن حفظ نرخ فتوسنتز می‌باشد. کاهش اثرات زیان‌آور ناشی از یون‌های سمی در نفوذ پذیری غشاءها و اندامک‌های درون سلولی، حفظ سطح ترکیبات آلی سازگارکننده مانند قندهای محلول و پرولین، تنظیم ساخت فیتوهورمون‌ها و افزایش تولید آنتی اکسیدان (هم به طریق آنزیمی و هم غیر آنزیمی) و تنظیم و کنترل مثبت بیان ژن‌های درگیر در پاسخ به تنش شوری در مطالعات متعددی نشان داده شده است (Saxena et al. 2017). در این تحقیق اثر مثبت قارچ *F. mosseae* به ویژه در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار نمک در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح بر زیست توده، طول اندام هوایی و محتوای نسبی آب برگ مشهود است.

محتوای پرولین گیاه سنبل‌الطیب به‌ویژه در بخش هوایی گیاهان فاقد تلقیح در تمام سطوح شوری بیش از گیاهان تلقیح شده بود. پرولین علاوه بر نقشی که به عنوان یک اسمولیت در تنظیم اسمزی دارد، در حفاظت از ساختارهای زیرسلولی (نظیر غشاها و پروتئین‌ها) و شکار رادیکال‌های آزاد نیز شرکت می‌کند. پرولین به عنوان یک ماده محافظت کننده غیرسمی، جهت تنظیم اسمزی در شرایط شوری و سایر تنش‌های محیطی مطرح است. پرولین تجمع یافته در گیاهان، باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و خنثی سازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌گردد (Said-Alahl and Omer, 2011). تا به امروز تحقیقات در زمینه تنظیم اسمزی طی همزیستی میکوریزی محدود و گزارشات انتشار یافته تا حدودی متناقض است. مطالعات متعدد غلظت بالای پرولین در گیاهان میکوریزی را نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی گزارش کرده‌اند (Sharifi et al., 2007; Talaat

and Shawky, 2011) در حالی‌که، مطالعات دیگر نشان دهنده مقادیر بالای پرولین در گیاهان بدون تلقیح نسبت به گیاهان میکوریزی می‌باشند (Jahromi et al., 2008; Sheng et al., 2011). این نتایج نشان می‌دهد که تجمع پرولین در گیاهان به دلیل شوری و لزوما نتیجه تلقیح با قارچ‌های میکوریزی نیست یا این که تجمع پرولین ممکن است نشانه‌ای از تنش در گونه‌های حساس به نمک باشد. در هر صورت، مطالعات مختلف شامل گونه‌های گیاهی مختلف و قارچ‌های متفاوت با سازگاری مختلف به شوری می‌باشند که می‌تواند نتایج متضاد به دست آمده را توضیح دهد (Ruiz-lozano et al., 2012). تجمع کمتر این ترکیب سازگار کننده اسمزی در گیاهان بدون تلقیح، ممکن است نشانی از شرایط بهینه‌تر رشدی یا به عبارت دیگر سطح پایین‌تری از تنش شوری در گیاهان میکوریزی در این آزمایش باشد. هم چنین می‌تواند حاکی از آن باشد که تجمع پرولین نقش کمتری در تعادل اسمزی و تحمل به شوری در گیاهان میکوریزایی ایفا می‌کند. نتایج فوق نشان دهنده نقش حمایتی قارچ *F. mosseae* از گیاه سنبل‌الطیب میزبان تحت تنش شوری می‌باشد و انجام مطالعات بیشتر به منظور بررسی اثر همزیستی میکوریزی بر ویژگی‌های کیفی این گیاه ارزشمند دارویی تحت تنش شوری ضروری به نظر می‌رسد تا به عنوان یک محصول مقرون به صرفه در بهره برداری از خاک‌های شور مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر قارچ *F. mosseae* بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی ، محتوای نسبی آب برگ و پرولین در گیاه سنبل الطیب میکوریزی تحت تنش شوری

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بخش هوایی	وزن تر ریشه	طول اندام هوایی	طول ریشه	محتوای نسبی آب	پرولین بخش هوایی	پرولین ریشه
شوری	۲	۴۰۰/۹**	۶۷/۹**	۱/۶۱^{ns}	۱۰/۲۵^{ns}	۷۶/۵۳**	۰/۰۵۲**	۰/۰۴۶**
قارچ	۱	۴۲۰/۳**	۱۴۸/۸۳**	۲۳۹/۸۷*	۰/۵۸^{ns}	۱/۶^{ns}	۰/۳۷۵**	۰/۰۲۲**
شوری * قارچ	۲	۲۸/۲*	۳/۴۶^{ns}	۶۵/۴۱^{ns}	۴۰/۳^{ns}	۳۸/۳*	۰/۰۳۵**	۰/۰۲۸**
اشتباه آزمایشی	۱۲	۴/۳۸	۴/۷۸	۳۹/۷۲	۱۸/۱۴	۶/۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات٪	---	۱۴/۱۵	۱۴/۴۵	۲۱/۵۴	۱۸/۹۴	۳/۴۱	۵/۹۲	۱۸/۰۹

ns ، *و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی عدم معنی دار بودن، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین‌های اثر شوری و تلقیح با قارچ *F. mosseae* بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی ، محتوای نسبی آب برگ و محتوای پرولین گیاه سنبل‌الطیب

	شوری (mM)	درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها	وزن تر بخش هوایی(g)	وزن تر ریشه (g)	طول اندام هوایی (cm)	محتوای نسبی آب (٪)	پرولین بخش هوایی (mg/g DW)	پرولین ریشه (mg/g DW)
عدم تلقیح با قارچ	۰		۱۶/۸۹±۲/۱۳^{b}	۱۵/۴۴±۱/۲^{b}	۲۵/۸۷±۰/۷^{ab}	۷۸/۷۵±۱/۶۲^{a}	۰/۲۷۳±۰/۰۲۴^{b}	۰/۳۶۲±۰/۰۳۲^{a}
	۷۵		۷/۲۹±۱/۰۸^{d}	۱۰/۸۸±۰/۹۹^{c}	۲۸/۹۱±۱/۰۷^{ab}	۷۴/۳۶±۱/۱۴^{ab}	۰/۵۵۸±۰/۰۰۲^{a}	۰/۳۳۹±۰/۰۱۸^{a}
	۱۵۰		۵/۶۷±۰/۴^{d}	۱۰/۴۶±۰/۵۱^{c}	۲۲/۰۲±۱/۹۴^{b}	۶۶/۷۱±۲/۳۲^{c}	۰/۵۵۴±۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۹۵±۰/۰۲۷^{b}
تلقیح شده با قارچ	۰	۴۴/۴±۲/۸^{a}	۳۱/۱۶±۱/۳۵^{a}	۲۲/۵±۱/۲۷^{a}	۳۳/۷۷±۵/۴۲^{ab}	۷۴/۹۹±۰/۳۳^{ab}	۰/۱۵۲±۰/۰۰۴^{d}	۰/۲۹۷±۰/۰۲۶^{a}
	۷۵	۴۱±۲/۲^{a}	۱۶/۳۸±۰/۳۸^{b}	۱۵±۰/۸۶^{b}	۲۹/۳۳±۴/۴۹^{ab}	۷۳/۷۷±۰/۵۱^{b}	۰/۱۳۴±۰/۰۰۶^{d}	۰/۴۰۲±۰/۰۵^{a}
	۱۵۰	۳۲/۹±۱/۷^{b}	۱۱/۳۲±۰/۹۲^{c}	۱۶/۴۵±۲/۱۱^{b}	۳۵/۶±۴/۹۳^{a}	۷۲/۸۵±۱/۶۹^{b}	۰/۲۳۱±۰/۰۰۲^{c}	۰/۳۰۷±۰/۰۲^{a}

مقادیر میانگین سه تکرار ± SE می‌باشد. میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

منابع

برزگر، ع. ۱۳۸۷. خاکهای شور و سدیمی: شناخت و بهره وری. نشر دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ اول، صفحات ۳۵۵.
Amirjani M.R. 2010. Effect of NaCl on Some Physiological Parameters of Rice. EJBS, 3 (1): 06-16.

Bates, L., Waldren, R., and Teare, I. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39: 205-207.

Duponnois R., Plenchette C. and Ba A.M. 2001. Growth stimulation of seventeen fallow leguminous plants inoculated with *Glomus aggregatum* in Senegal. European Journal of Soil Biology, 37:181–186.

Hattesohl M., Feistel B., Sievers H., Lehnfeld R., Hegger M. and Winterhoff H. 2008. Extracts of Valeriana officinalis L. sl show anxiolytic and antidepressant effects but neither sedative nor myorelaxant properties. Phytomedicine, 15(1), pp.2-15.

Jahromi F., Aroca R., Porcel R. and Ruiz-Lozano J. M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of Glomus intraradices and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. Microbial Ecology, *55*(1), 45.

Khaled L., Morte Gomez A., Ouarraqi E. M. and Oihabi A. 2003. Physiological and biochemical responses to salt stress of mycorrhized and/or nodulated clover seedlings (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agronomie (France)*.

Khalil S., Loynachan T.E. and Tabatabai M.A. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. Agronomy Journal, 86: 949–958.

Kumar R. G., Shah K and Dubey R. S. 2000. Salinity induced behavioural changes in malate dehydrogenase and glutamate dehydrogenase activities in rice seedlings of differing salt tolerance. Plant Science, 156(1): 23-34.

Morandi D. 1996. Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. Plant Soil, 185: 241-251.

Munns R. and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59: 651-681.

Ruiz-Lozano J. M., Azcon R. and Gomez M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal Glomus species in Lactuca sativa plants. Physiologia plantarum, *98*(4), 767-772.

Ruiz-Lozano J. M., Porcel R., Azcón C. and Aroca, R. 2012. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. Journal of Experimental Botany, 63(11), 4033-4044.

Said-Al Ahl H. A. H. and Omer E. A. 2011. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. Herba polonica, 57(2), 72-87.

Saxena B., Shukla K. and Giri B. 2017. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Tolerance of Salt Stress in Plants. In *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants* (pp. 67-97). Springer Singapore.

Sharifi M., Ghorbanli M. and Ebrahimzadeh, H. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of plant physiology, 164(9), 1144-1151.

Sheng M., Tang M., Zhang F. and Huang, Y. 2011. Influence of arbuscular mycorrhiza on organic solutes in maize leaves under salt stress. Mycorrhiza, 21(5), 423-430.

Talaat N. B. and Shawky B. T. 2011. Influence of arbuscular mycorrhizae on yield, nutrients, organic solutes, and antioxidant enzymes of two wheat cultivars under salt stress. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174(2), 283-291.

Weatherley, P. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. The field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist, 49 (1): 81-97.

The Effect of *Funneliformis mosseae* on morphological parameters and proline content of *Valeriana officinalis* L. under salt stress

Z. Toghranegar [1,*], S. Amanifar[2]

[1,*] University of Zanjan, Faculty of Science, Iran, [2] University of Zanjan, Faculty of Agriculture, Iran
Email: ztoghranegar@znu.ac.ir

Abstract

Salinity is a major abiotic stress that limits plant growth and productivity. Studies have shown that the arbuscular mycorrhizal (AM) can improve plant growth and resistance to environmental stresses like salinity in several host plant species. *Valeriana officinalis* L. (Caprifoliaceae), is a medicinal plant which is, due to its mild sedative and sleep-enhancing properties, used worldwide in traditional medicine. However, little is known about the role of AM in mitigating salt stress in *V. officinalis* L. Therefore, the present study was aimed to evaluate the effect of AM (*Funneliformis mosseae*) on valerian growth under salinity stress conditions. Plants were subjected to 0, 75, 150 mM NaCl treatments in the presence and absence of AM fungi and pots were kept in growth chamber. The results indicated that the AM treatment improve the growth characteristics and decreased proline content of host plant shoot under salinity stress.

Keywords: *Funneliformis mosseae*, *Valeriana officinalis* L., growth parameters, proline