

ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگوی شیرازی (*Lallemantia royleana*) در پاسخ به تنش شوری و قارچ‌های میکوریزا

اسمعیل نبی‌زاده^۱، مسعود حق شناس^۲، خدیجه احمدی^۳

۱- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران.

۲- دانشجوی دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

پست الکترونیک نویسنده مسئول: nabizadeh.esmaeil@gmail.com

چکیده

گیاهان دارویی منابع مهمی از ترکیبات دارویی هستند که از زمان‌های قدیم در درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده شده است. گیاهان دارویی با میکروارگانیزم‌های متعددی که به صورت همزیست در قسمت‌های مختلف گیاهان رشد می‌کنند، ارتباط برقرار کرده‌اند. به منظور بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عناصر ریزمغذی گیاه دارویی بالنگوی شیرازی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی مهاباد اجرا شد. فاکتور اول تنش شوری در چهار سطح (صفر (آب مقطر)، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر ناشی از نمک کلرید سدیم) و عامل دوم تلقیح نشا با سه قارچ میکوریزا (*R. irregularis*, *G. versiform*, *F. mosseae*) بودند. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه تک بوته، درصد روغن دانه، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، محتوای پرولین، نشت مواد یونی و عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم بودند. نتایج نشان داد که صفات مورد ارزیابی در پژوهش حاضر تحت تأثیر تیمارهای قارچ میکوریزا، تنش شوری و اثر متقابل قارچ در تنش شوری قرار گرفتند. گیاهچه‌هایی که با قارچ میکوریزا *R. irregularis* تلقیح شده دارای بیش‌ترین میزان عملکرد دانه تک بوته (۲۷۶/۹۴ گرم)، درصد روغن (۳۰/۵۱ درصد)، پرولین (۲۴۶/۶۰ میلی‌گرم بر گرم)، قدرت آنتی‌اکسیدان (۴۹/۳۲ درصد) و عناصر معدنی نسبت به دو سویه دیگر قارچ میکوریزا بودند. تنش شوری موجب افزایش درصد روغن (۲۷/۳۳ درصد)، پرولین (۲۴۲/۰۸ میلی‌گرم بر گرم)، قدرت آنتی‌اکسیدان (۳۹/۱۳ درصد) برگ گیاه دارویی بالنگوی شیرازی شد و با افزایش تنش شوری از صفر به ۸ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش صفات عملکرد دانه (۱۰۹/۰۳ گرم) و عناصر معدنی (۳/۴۷٪، $N=3/47\%$)، $K=1/16\%$ و $P=0/40\%$) شد. طبق نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ در تنش شوری، بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۳۶۱/۸۱ گرم) و عناصر معدنی ($N=7/33\%$ ، $P=0/79\%$ و $K=2/55\%$) در تلقیح گیاه با قارچ *R. irregularis* در عدم تنش شوری مشاهده شد و همچنین بیش‌ترین میزان صفات درصد روغن (۳۳/۶۸ درصد)، پرولین (۳۱۱/۳۳ میلی‌گرم بر گرم) و قدرت آنتی‌اکسیدانی (۶۰/۲۷ درصد) در تنش ۸ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد. باتوجه به نتایج تحقیق حاضر استفاده از سویه قارچ *R. irregularis* بیش‌ترین تأثیر مثبت بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگوی شیرازی نسبت به عدم تلقیح قارچ برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، بالنگوی شیرازی، میکوریزا، محتوای پرولین، نیتروژن

مقدمه

گیاه دارویی بالنگوی شیرازی (*Lalemantia royleana* Benth) متعلق به خانواده Labiateae یا Lamiaceae است. این گیاه با ارزش دارویی بومی مناطق گرمسیری آسیا، هند، افغانستان و پاکستان است (Abbas et al., 2012).

این گیاه همچنین در مناطق مختلف کشورهای خاورمیانه و اروپا به ویژه ترکیه، ایران و در مناطق سیبری روسیه یعنی در سیبری غربی یافت می‌شود (Zargari, 1980). دانه‌های بالنگوی شیرازی به دلیل وجود محتوای موسیلاژ بالا، با فرآیند هیدراتاسیون به سرعت آب را جذب می‌کنند و مایعی چسبنده، کدر و بی مزه تولید می‌کنند که می‌تواند به عنوان منبع جدیدی از هیدروکلوئید در فرمولاسیون‌های غذایی و همچنین در طیف وسیعی از محصولات سنتی یا محصولات صنعتی در ترکیه و ایران استفاده شود (Razavi et al., 2008). صمغ بذر آن حاوی ۰/۸۷ درصد پروتئین، ۶۱/۷۴ درصد کربوهیدرات، ۸/۳۳ درصد خاکستر و ۲۹/۶۶ درصد فیبر خام است (Amini, 2007). دانه‌های موسیلاژی معمولاً به عنوان عوامل ترمیم کننده در برابر بیماری‌های مختلف استفاده می‌شود. ریشه این گیاه برای درمان سرفه شناخته شده است و پماد دانه‌های مرطوب شده برای جوش، آبسه و التهاب مفید است. در طب چینی، *L. royleana* یکی از مواد اصلی پماد مورد استفاده در درمان تومورهای پوستی است. از دانه های این گیاه به عنوان آرام بخش نیز استفاده می شود و قابض، مقوی قلب، ضد نفخ و تسکین دهنده ناراحتی های روده و گرمی معده است (Naghbi et al., 2008). جوشانده برگ و ریشه آن برای درمان ذات الریه استفاده می شود. همچنین حاوی تمام آمینو اسیدهای موجود در گیاه است. این مطالعات وجود کربوهیدرات، فیبر، روغن، پروتئین و تانن را نشان داده است (Abdulrasool et al., 2011).

شوری خاک یک مشکل رو به رشد در اکوسیستم‌های کشاورزی است که رشد و بهره‌وری گیاهان را به خطر می‌اندازد. شوری باعث سمیت یونی (Cl^- و Na^+)، عدم تعادل تغذیه‌ای، تخریب رنگدانه و مهار فتوسنتز، تنش اکسیداتیو و اسمزی، انتشار محدود CO_2 در برگ، تغییر مسیرهای متابولیک، تغییر شکل سلولی، پیری زودرس و در نهایت مرگ سلولی در گیاه می‌شود (Zelm et al., 2020). پیش‌بینی می‌شود که حدود یک میلیارد هکتار از بیش از ۱۰۰ کشور جهان با مشکلات تنش شوری مواجه هستند و شوری به سرعت در حال افزایش است. ۰/۳ الی ۱/۵ میلیون هکتار زمین‌های کشاورزی تحت تنش شوری هستند (FAO, 2015). بنابراین، راهکارهای کارآمد برای مقابله با شوری خاک تحت سیستم‌های مدیریت کشاورزی می‌تواند شامل انواع گونه‌های مقاوم به نمک و رویکردهای بیوتکنولوژیکی مانند استفاده از میکروارگانیسم‌های مفیدی باشد که قادر به بهبود تحمل گیاه به نمک هستند (Baum et al., 2015).

قارچ‌های مایکوریزی، یکی از میکروارگانیسم‌های رایج خاک هستند که می‌توانند با ریشه‌های بیشتر گونه‌های گیاهی رابطه همزیستی برقرار کنند. گزارش شده است که این قارچ‌های همزیست به‌طور قابل توجهی مزایای مختلفی مانند افزایش جذب مواد مغذی معدنی و آب و افزایش تحمل به محیط‌های استرس‌زا را برای گیاهان میزبان خود ارائه می‌دهند (Baum et al., 2015). به طور قابل توجهی، قارچ‌های مایکوریزی می‌توانند تحمل گیاه میزبان را به تنش شوری با مجموعه‌ای از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، از جمله راندمان مصرف آب بالاتر، ظرفیت فتوسنتزی، حفظ هموستاز یونی، محافظت از اسمز، حفظ فراساختار سلولی، و تقویت متابولیسم آنتی‌اکسیدانی بهبود بخشند (Evelin et al., 2019). در کاهو، تلقیح قارچ‌های مایکوریزی باعث افزایش تجمع پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کاتالاز (CAT)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و آسکوربات پراکسیداز شد، اما سنتز ترکیبات فنلی و استرس اکسیداتیو را با رشد زیاد در گیاهان در معرض تنش شوری کاهش داد (Santander et al., 2019). اخیراً ثابت شده است که قارچ‌های مایکوریزی باعث افزایش رشد، جذب مواد مغذی (Mg, K, P) و نسبت کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، Ca:Na، Mg:Na و K:Na در شاخساره‌های گیاه دارویی *Valeriana officinalis* تحت تنش شوری شده است (Amanifar and Toghranegar, 2020). نویسندگان همچنین پرولین ریشه تحریک شده، کل قندهای محلول و فنول کل را در شاخساره گیاهان مایکوریزی تحت شرایط تنش شوری نشان دادند (Li et al., 2020). ترکیبات زیست فعال انباشته شده در گیاهان دارویی مستعد تغییرات در فصول رشد، سال‌های رشد و عوامل محیطی هستند (Li et al., 2020). در واقع، تنش‌های

غیرزیستی محرک‌های قوی تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند، زیرا آنها از انرژی خود در مکانیسم‌های دفاعی با فعال کردن مسیرهای بیوستنز خاص استفاده می‌کنند (Caretto et al., 2015; Toscano et al., 2019). علیرغم اثرات مضر شوری، این تنش غیر زیستی یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر فیزیولوژی، بیوشیمی و سنتز ترکیبات فعال زیستی در بسیاری از گیاهان دارویی است (Behdad et al., 2020). اخیراً بررسی شده است که ترکیبات محلول، ظرفیت آنتی‌اکسیدان و ترکیبات فنلی در گیاهان *Polygonum equisetiforme* با سطوح شوری به طور قابل توجهی در تنش ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم افزایش یافتند (Boughalleb et al., 2020). این مطالعه با هدف بررسی نقش سه قارچ میکوریزای بر عملکرد دانه، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عناصر معدنی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) گیاه دارویی بانگوی شیرازی در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

مراحل آزمایش و شرایط رشد

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل تیمار قارچ میکوریزا در سه سطح (*R. irregularis*, *G. versiform*, *F. mosseae*) با تعداد اسپورها $10^6 \times 5$ عدد در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح و تنش شوری شامل چهار سطح (صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلرید سدیم) در سه تکرار انجام گرفت. این آزمایش در سال ۱۳۹۸ به صورت گلخانه‌ای در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد انجام شد، دمای روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد، با دو سطح رطوبت نسبی ۶۰ (طی روز) و ۴۰ (طی شب) درصد و مقدار دی‌اکسید کربن حدود $(500-600 \text{ mMol.mol}^{-1})$ بود. بذور بانگوی شیرازی از شرکت پاکان بذر اصفهان با درجه خلوص ۹۹٪ و قوه نامیه ۸۰٪ تهیه شدند. برای تیمار صفر (شاهد) از آب مقطر و برای تهیه محلول‌هایی با هدایت الکتریکی ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر از نمک کلرید سدیم خالص (مرک، آلمان) استفاده گردید. برای این آزمایش گیاهچه‌های یکسان برای کشت در گلدان‌های حاوی خاک مزرعه انتخاب شدند. گلدان‌هایی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر تا زیر لبه گلدان با خاک پر شدند. خاک مورد استفاده بافت رسی-لومی بود و در هر گلدان سه نهال کشت شد. در دو هفته اول کشت، تمام گلدان‌ها به طور یکسان آبیاری شدند.

تهیه زادمایع قارچ‌های میکوریزا

زاد مایه قارچ‌های میکوریزا از کلکسیون گروه خاکشناسی دانشگاه تبریز تهیه شد و به روش کشت تله گلدانی با میزبان سورگوم تکثیر گردید (AL-Khaliel, 2010). به منظور حذف قارچ‌های بومی خاک و به طور کلی ایجاد یک محیط عاری از قارچ و حذف عوامل بیماری‌زا خاک لازم برای تکثیر قارچ‌های میکوریزا با میزبان سورگوم، توسط اتو کلاو در ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار لازم به مدت یک ساعت ضد عفونی شدند. در پایان دوره، بخش هوایی قطع، سپس ریشه‌های سورگوم خشک، خرد و با خاک گلدان مخلوط شدند و به عنوان زادمایه قارچ میکوریزا مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور شمارش جمعیت اسپورهای قارچ میکوریزا در خاک از روش شستشو با الک و شناورسازی در محلول ساکاروز ۵۰ درصد استفاده شد (Dalpe, 1993).

برای کشت قارچ‌ها از محیط کشت پیچیده (Complex medium) حاوی عناصر میکرو، ماکرو، نمک‌ها، پیتون و عصاره مخمر استفاده شد، با تهیه تعداد کافی پتری‌دیش محتوای محیط کشت پیچیده، قارچ *P. indica* کشت و در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد درون انکوباتور به مدت ۱۸ روز جهت تکثیر و تولید کافی اسپور نگهداری شد. پس از اتمام این مدت، اسپورهای قارچی با استفاده از محلول آب-توئین (۰/۰۲ درصد) و با کمک پاروی پلاستیکی جمع‌آوری شدند و پس از

¹ Inoculum

انجام مراحل ساتریفیوژ و انحلال طی سه مرتبه، تعداد آن‌ها با استفاده از لام نئوبار در حدود 5×10^6 تنظیم شد (Hill and Käfer, 2001).

آماده‌سازی خاک

یک نمونه ترکیبی از خاک لومی شنی (از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی متر) از افق سطحی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد جمع‌آوری شد و سپس از نظر فیزیکی و شیمیایی مشخص شد (جدول ۱). خاک در هوای آزاد خشک شد، با الک ۲ میلی‌متری الک شد و در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت (۳ بار در ۳ روز متوالی) به‌منظور از بین بردن افزایش قارچ‌های بومی میکوریزا آربوسکولار و سایر میکروارگانیسم‌ها، استریل شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil of Research Farm

بافت Texture	درصد اجزای بافت Components of soil percent			کربن آلی O.C (%)	اسیدیته pH	شوری EC (ds.m ⁻¹)	N (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)
	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)						
لوم شنی Sandy Loam	22.2	20.2	57.6	1.2	7.35	1.62	6.28	6.52	133

کاشت بذور بالنگوی شیرازی و اعمال تیمارها

بذور بالنگوی شیرازی در اواسط مهر در گلدان‌های با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و طول ۱۸ سانتی‌متر حاوی خاک، ماسه و کود دامی (۲:۱:۱) در عمق ۱-۵/۰ سانتی‌متری کشت گردید. جهت تلقیح میکوریزا از سه قارچ‌های *G. versiform* و *R. irregularis* و *F. mosseae* استفاده شد که داخل هر گرم از خاک حداقل ۵۰ عدد اسپور زنده وجود داشت. نسبت ماده تلقیح استفاده شده به خاک یک به نه (حجمی) و به صورت لایه لایه بود (Aliasgharzadeh et al., 2001). جهت جلوگیری از بروز هر گونه کمبود عناصر غذایی به تمام گلدان‌ها هر هفته ۱۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند با نصف غلظت فسفر یک روز در میان اضافه شد. زمانی که گیاهچه‌ها به رشد رویشی مناسب ۶ تا ۸ برگ رسیده تیمار شوری اعمال شد، تنش شوری توسط سیستم هیدروپونیک و همراه محلول غذایی هوگلند اعمال شد و به‌منظور جلوگیری از اثرات تجمعی نمک در پایان هر هفته گیاهان با آب معمولی به‌طور کامل شستشو داده شدند تا تغییرات pH و هدایت الکتریکی بستر کاشت به حداقل برسد (Mavi and Marschner, 2013). پس از اتمام طول دوره رشد سه عدد بوته از هر گلدان انتخاب و تعداد دانه آن وزن گردید سپس با استفاده از نسب عملکرد درگلدان مشخص شد.

درصد روغن: سنجش روغن دانه به روش سوکسله (Soxhlet, 1879) انجام گردید. ابتدا دانه‌ها را توسط آسیاب پودر شده سپس مقدار ۵ گرم از پودر را در اتوکلاو خشک کرده و در کارتریج سلولزی دستگاه سوکسوله قرارداده و سپس در محفظه بالایی دستگاه مستقر گردید. حلال هگزان در محفظه پایینی ریخته و گرم کننده دستگاه روشن شد. بخار حلال داغ با گرم شدن محفظه پایینی و پس از تبرید به محتویات پودر دانه‌ها رسیده و مایع ایجاد شده چربی را در خود حل و از طریق مجرای مخصوص خارج و جداگانه جمع‌آوری شد. سپس چربی به جا مانده پس از تبخیر حلال اولیه را توزین کردیم. سپس درصد روغن از نسبت چربی خارج شده از فرمول زیر به دست آمد.

$100 \times \text{مقدار اولیه} / \text{مقدار چربی خارج شده} = \text{درصد روغن}$

پرولین: جهت اندازه‌گیری پرولین از روش بیتس و همکارانش (Bates et al., 1973) استفاده شد. برای اندازه‌گیری پرولین، ابتدا مقدار ۰/۲ گرم از نمونه گیاهی تر بافت برگ توزین شد و در هاون چینی در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک

۱۳۳ ۳ درصد، به خوبی ساییده شد. ماده همگن حاصل در دستگاه سانتیفریوژ با دور ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه، در دمای ۴ درجه
۱۳۴ سانتی‌گراد و به مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ شد. سپس، دو میلی‌لیتر از عصاره‌های صاف شده را به لوله‌های درب‌دار منتقل
۱۳۵ نموده و به همه لوله‌ها مقدار دو میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال، اضافه شد. پس از
۱۳۶ بستن درب لوله‌ها، آن‌ها به مدت یک ساعت در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از سرد شدن، به هر یک از
۱۳۷ لوله‌ها مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد. برای مخلوط کردن این دو محلول، به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه با استفاده از
۱۳۸ ورتکس لوله‌ها تکان داده شدند. سرانجام فاز رویی که به رنگ قرمز در آمده و حاوی پرولین محلول در تولوئن بود را
۱۳۹ برداشته و همزمان با نمونه‌های استاندارد، میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و
۱۴۰ غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ، با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد.

۱۴۱ **نشست یونی مواد:** برای اندازه‌گیری شاخص ثبات غشا (نشست مواد محلول)، روش ردمن و همکاران (Redman et al., 1986)
۱۴۲ استفاده شد برای این منظور از برگ‌های کاملاً توسعه یافته یک گرم به صورت دیسک‌هایی عاری از آلودگی
۱۴۳ تهیه گردیده و در ظروف در بسته‌ی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد
۱۴۴ روی دستگاه شیکر تکان داده شدند. پس از پایان زمان مورد نظر، قرائت اولیه هدایت الکتریکی انجام صورت گرفت (Lt).
۱۴۵ سپس نمونه به محلول برگردانیده شده و پس از اتوکلاو کردن به مدت ۲۰ دقیقه مجدداً قرائت ثانویه انجام شد (L0). در
۱۴۶ نهایت میزان نشست مواد محلول از معادله زیر محاسبه گردید.

$$۱۴۷ \text{ درصد نشست مواد محلول} = (Lt/L0) \times 100$$

۱۴۸ **ظرفیت آنتی‌اکسیدانی:** روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل (یا قدرت آنتی‌اکسیدان) نمونه‌های
۱۴۹ بیولوژیکی شناخته شده است. در مطالعه حاضر، از روش FRAP برای اندازه‌گیری کاهش میزان کمپلکس ferric
۱۵۰ tripyridyltriazine (Fe (III)-TPTZ) به ferrous tripyridyltriazine (Fe (II)-TPTZ) با استفاده از یک ماده
۱۵۱ کاهش دهنده در pH پایین استفاده شد. بنابراین، ظرفیت کاهش به‌عنوان شاخص قدرت آنتی‌اکسیدانی در نظر گرفته شده
۱۵۲ است. جهت تعیین قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های برگ گیاه بالنگوی شیرازی به مدت ۳۰ دقیقه برای اندازه‌گیری در
۱۵۳ تاریکی قرار داده شدند. یک گرم از بافت برگ با هاون و با استفاده از ۹ میلی‌لیتر بافر فسفات سرد ۰/۱ مولار (pH= ۷/۶)،
۱۵۴ حاوی ۰/۱ میلی‌مولار (EDTA) ساییده شد. این مخلوط بعد از عبور از کاغذ صافی و با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به
۱۵۵ مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ شد. مایع رویی برای اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدان برگ استویا توسط توانایی کاهش آهن
۱۵۶ پلازما استفاده شد (FRAP; Benzie and Strain, 1996). جذب در ۵۹۳ نانومتر قرائت شد. پتانسیل آنتی‌اکسیدانی
۱۵۷ عصاره در برابر منحنی استاندارد معادل سولفات آهن محاسبه شد.

۱۵۸ **تعیین عناصر معدنی:** نمونه‌های گیاه خشک شده آسیاب شده (۰/۱ گرم) و با مخلوطی HNO₃ و HClO₄ (با نسبت
۱۵۹ ۷:۱) هضم شدند (Zhang et al., 1994). غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر محلول‌های هضم شده با استفاده از
۱۶۰ اسپکتروفتومتر جذب اتمی (Shimadzu, Japan) تعیین شد.

۱۶۱ تجزیه آماری داده‌ها

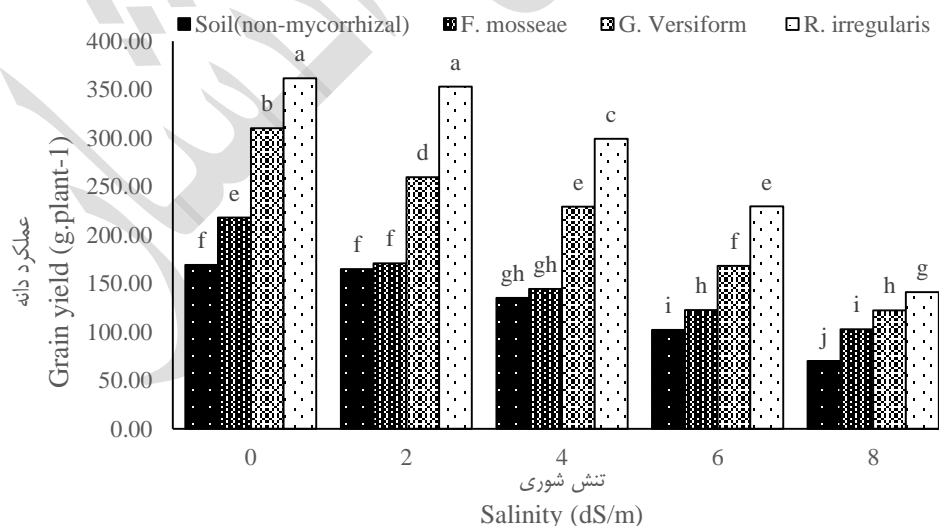
۱۶۲ برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون
۱۶۳ دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۱۶۴ نتایج و بحث

۱۶۵ عملکرد دانه تک بوته

۱۶۶ طبق نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی قارچ میکوریزا و تنش شوری و هم‌چنین اثر متقابل قارچ و تنش شوری بر
۱۶۷ صفت عملکرد دانه تک بوته در سطح احتمال ۱٪ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین حاصل از داده‌ها نشان

۱۶۸ داد بیش‌ترین عملکرد بوته در تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطوح شوری صفر و دو دسی‌زیمنس بر متر (به
 ۱۶۹ ترتیب، ۳۶۱/۸۳ و ۳۵۳/۲۲ گرم در بوته) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت. کم‌ترین میزان
 ۱۷۰ عملکرد بوته نیز مربوط به تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار خاک (بدون میکوریزا با میانگین ۷۰/۱۴ گرم در
 ۱۷۱ بوته) بود. تیمار تلقیح با *G. versiform* نسبت به تیمار تلقیح با *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار
 ۱۷۲ تلقیح *R. irregularis* کم‌تر بود (شکل ۱). به طور کلی نتایج نشان داد با بالا رفتن سطح شوری میزان عملکرد کاهش
 ۱۷۳ می‌یابد. افزایش عملکرد در تیمار تلقیح میکوریزا می‌تواند ناشی از تأثیر این قارچ‌ها باشد. قارچ‌های میکوریزا از طریق بهبود
 ۱۷۴ جذب عناصر غذایی به خصوص عناصر غیرمتحرک سبب افزایش رشد گیاه شده و در نهایت عملکرد بوته و اجزای عملکرد
 ۱۷۵ بوته را افزایش می‌دهند. گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در محیط شور به دلیل بهبود جذب مواد غذایی به ویژه فسفر و یا
 ۱۷۶ تغییر در فیزیولوژی گیاه به تنش شوری تحمل بیش‌تری را نشان می‌دهند. بنابراین گیاهان میکوریزایی شده عملکرد بذر
 ۱۷۷ و مقاومت به شوری بیش‌تری را نشان می‌دهند. می‌توان استنباط کرد که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب
 ۱۷۸ و افزایش زیست توده، باعث رشد بیش‌تر و در نتیجه عملکرد بوته و بذر بیش‌تر می‌شود (Daghighi et al., 2022).
 ۱۷۹ نتایج این پژوهش با نتایج سعادت و همکاران (Sadat et al., 2010) مطابقت دارد که معتقدند که همزیستی میکوریزا
 ۱۸۰ با بذر زیره سبز به دلیل افزایش سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر موجب بهبود
 ۱۸۱ رشد و عملکرد بوته شد. تلقیح با میکوریزا می‌تواند در افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری و افزایش ماده خشک و عملکرد
 ۱۸۲ بذر گیاه مؤثر باشد (Sadat et al., 2010). در گیاهان میکوریزایی به دلیل جذب بیشتر فسفر و عناصر کم مصرف که
 ۱۸۳ همگی در فرآیند تثبیت نیتروژن مولکولی و فتوسنتز تأثیرگذار می‌باشند، بنابراین بهبود رشد گیاهان بقولات پس از
 ۱۸۴ برقراری رابطه همزیستی میکوریزی به افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود جذب آن از خاک خصوصاً به فرم NH_4 نسبت
 ۱۸۵ داده شده است که همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و در نهایت عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد
 ۱۸۶ (Seyed sharifi and Namvar, 2015).



۱۸۷ شکل ۱- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر عملکرد دانه بالنگوی شیرازی
 ۱۸۸ (میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)
 ۱۸۹

۱۹۰ Fig 1- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of grain yield *L. royleana*
 ۱۹۱ (Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)
 ۱۹۲

درصد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی قارچ و اثر متقابل قارچ و تنش شوری بر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و تنش شوری بر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان درصد روغن در تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطوح شوری ۶ و ۸ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با میانگین ۳۱/۰۸۳ و ۳۰/۶۰۶ درصد و تیمار میکوریزای *G. versiform* با شوری ۸ دسی زیمنس بر متر با میانگین ۳۰/۴۷۶ درصد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد و کم‌ترین میزان درصد روغن در تیمار بدون میکوریزا با شوری صفر دسی زیمنس بر متر با میانگین ۴/۰۹۳ درصد بود. تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *G. Versiform* نسبت به تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزای *R. irregularis* کم‌تر بود (شکل ۲). استفاده از میکوریزا از طریق فراهمی جذب بیش‌تر فسفر و نیتروژن توسط ریشه، باعث بهبود عملکرد گیاه و افزایش درصد روغن شد. با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های روغن ضروری می‌باشد، از این رو همزیستی میکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات قارچ میکوریزا و تنش شوری بر صفات بالنگوی شیرازی

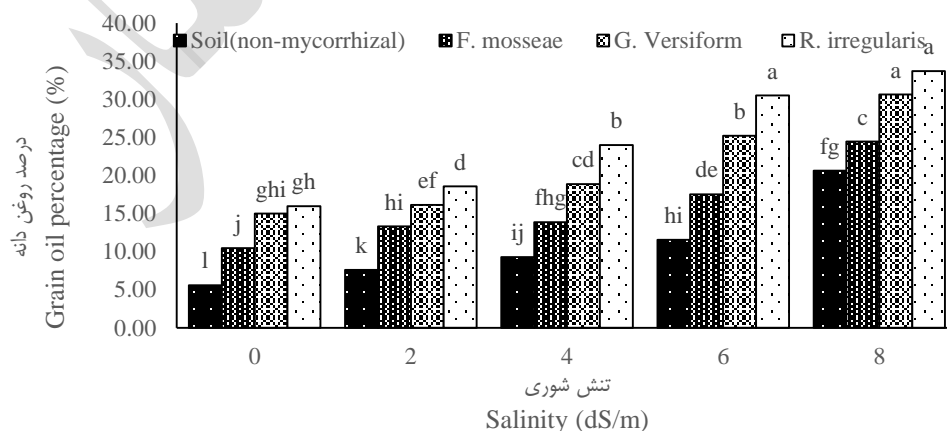
Table 1- ANOVA (mean squares) for the effects of mycorrhizal fungi and salinity stress on the traits of *L. royleana*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات (Mean squares)				
		عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن دانه Grain oil	پرولین Proline	نشست یونی مواد EC	قدرت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant power
قارچ میکوریزا <i>Mycorrhizal fungus</i>	3	467.16**	62.40**	24980.45**	2112.92*	786.54**
تنش شوری <i>Salinity stress</i>	4	602.35**	34.61*	26674.12**	3319.49**	906.00**
تفاعل <i>MF × S</i>	12	211.25**	28.45**	1251.12**	41.44**	44.53**
خطا <i>Error</i>	40	68.84	9.66	447.45	14.25	16.20

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

** and *: significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

نیتروژن توسط ریشه بالنگوی شیرازی، موجب افزایش روغن این گیاه دارویی می‌شود علاوه بر این همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه بالنگوی شیرازی از طریق افزایش جذب آب و عناصر پرمصرف در بهبود میزان درصد روغن مؤثر بوده است. این موضوع با نتیجه پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) مطابقت دارد.



شکل ۲- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر درصد روغن دانه بالنگوی شیرازی

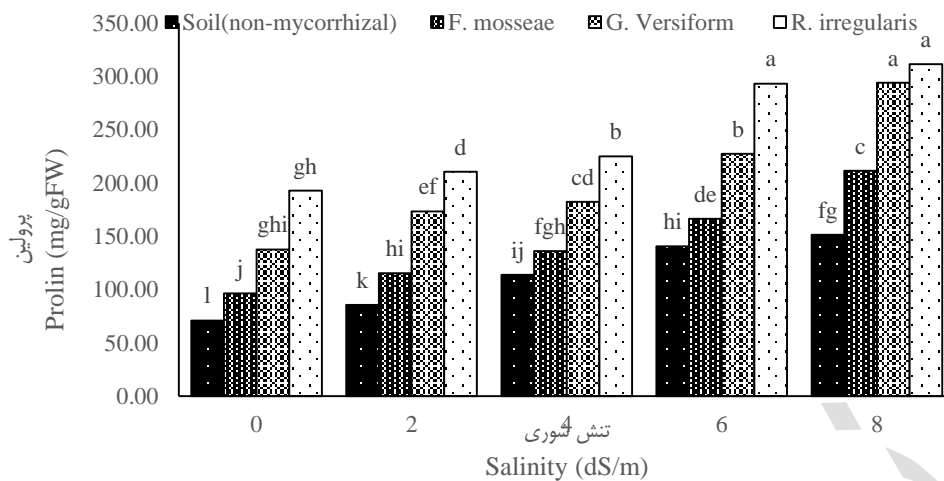
(میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 2- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of grain oil percentage *L. royleana* (Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

محتوای پرولین

۲۱۱ طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر، تیمارهای قارچی و تنش شوری
۲۱۲ بر میزان پرولین برگ گیاه دارویی بالنگوی شیرازی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشتند. همچنین اثر متقابل قارچ
۲۱۳ و تنش شوری نیز بر این صفت اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). تیمار میکوریزای و شوری اثر معنی‌داری بر میزان
۲۱۴ پرولین به دست آمده داشتند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان پرولین در تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطوح
۲۱۵ شوری ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با میانگین‌های ۳۱۱/۳۳۳ و ۳۰۴/۰۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و تیمار
۲۱۶ میکوریزای *G. versiform* با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳۰۰/۲۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست
۲۱۷ آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد و کم‌ترین میزان پرولین در تیمار بدون میکوریزا با شوری صفر
۲۱۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۵۰/۰۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود. تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *G. versiform*
۲۱۹ نسبت به تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزای *R.*
۲۲۰ *irregularis* کم‌تر بود (شکل ۳). افزایش پرولین عمومی‌ترین واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی است؛ از طرفی
۲۲۱ عامل اولیه، تجمع پرولین تحت تنش‌های رطوبتی کاهش تورژسانس سلولی است. از طرف دیگر معمول‌ترین و رایج‌ترین
۲۲۲ واکنش سازگاری بافت‌های گیاه در طی تنش آبی و تنش شوری تولید و تجمع اسیدهای امینه آزاد از قبیل پرولین است
۲۲۳ در شرایط تنشی، تجمع پرولین، به ایجاد تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاه کمک می‌کند که به محض کمبود آب با کاهش
۲۲۴ پتانسیل اسمزی نه تنها در گیاهان بلکه در سایر جانداران مانند باکتری‌ها، جلبک‌ها و بی‌مهرگان دریایی مشاهده شده
۲۲۵ است (Chretien and Guillot, 2000). همچنین پرولین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی از مرگ سلول‌ها در برابر
۲۲۶ تنش‌های محیطی جلوگیری می‌کند (Pireivatlou et al., 2010). پورک و همکاران (Porcel et al., 2004) تجمع
۲۲۷ سطوح بالایی از پرولین در گیاه سویا آمیخته شده با قارچ میکوریزا در مقایسه با گیاهان بدون قارچ تحت شرایط
۲۲۸ تنش گزارش کردند. معمولاً گیاهان تلقیح شده با میکوریزا با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان
۲۲۹ بدون میکوریزا قادرند از شرایط تنش خشکی به‌طور موقت، فرار کنند و کم‌تر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان
۲۳۰ پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون میکوریزا افزایش نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده در این
۲۳۱ پژوهش، تیمار تلقیحی با قارچ میکوریزا، میزان پرولین را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که این نتیجه با یافته‌های
۲۳۲ ظفری و همکاران (Zafari et al., 2018) و علیخانی و محمدی زرنندی (Alikhani and Mahmoudi Zarandi, 2019) همخوانی دارد.

۲۳۵



شکل ۳- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر پرولین بالنگوی شیرازی
(میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 3- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of prolin *L. royleana*
(Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

نشست مواد یونی

۲۳۶
۲۳۷
۲۳۸
۲۳۹
۲۴۰

۲۴۱

۲۴۲ سطوح تیماری میکوریزای و شوری اثر معنی‌داری بر میزان نشست یونی در سطح احتمال ۱٪ داشتند (جدول ۲). نتایج

۲۴۳ نشان داد که بیش‌ترین میزان نشست یونی تحت شرایط تیمار بدون میکوریزا با شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر با

۲۴۴ میانگین ۷۴ درصد و کم‌ترین میزان نشست یونی تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطوح شوری صفر دسی‌زیمنس

۲۴۵ بر متر با میانگین ۱۴/۵۸ درصد به دست آمد. تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *G. versiform* نسبت به تیمار تلقیح با

۲۴۶ گونه میکوریزای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزای *R. irregularis* کم‌تر بود

۲۴۷ (شکل ۴). با توجه به نقش کلیدی غشاها در تنظیم متابولیسم سلول و اندامک‌ها، از میزان پراکسیداسیون لیپیدی و نشست

۲۴۸ الکترولیت‌های غشا به عنوان معیار ارزیابی آسیب به غشاهای زیستی استفاده می‌شود (Esfandiari et al., 2013).

۲۴۹ افزایش نشست الکترولیتی غشا ناشی از رادیکال‌های اکسیژن فعال تولید شده در تنش اکسیداتیو است که بر لیپیدهای

۲۵۰ موجود در غشای سلول و اندامک‌های درون سلولی تأثیر گذاشته و موجب اختلال در کارکرد و ساختار غشاهای سلولی

۲۵۱ شده و میزان نشست مواد سیتوپلاسمی و هدایت الکتریکی سلولی را افزایش می‌دهد. بهم ریختگی غشا در پاسخ به افزایش

۲۵۲ شوری به صورت افزایش در نشست یونی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Kaya et al., 2009). به احتمال

۲۵۳ زیاد کاهش میزان نشست یونی در تیمار با قارچ‌های مورد مطالعه می‌تواند ناشی از آسیب کم‌تر به پلاسمالما بر اثر تنش

۲۵۴ شوری باشد که بیانگر عملکرد خوب سازوکارهای دفاعی فعال در سیتوسول است (Esfandiari et al., 2013). رمضان‌پور

۲۵۵ (Ramzanpour, 2016) بیان کرد که کاربرد قارچ میکوریزا موجب کاهش میزان نشست الکترولیت در گیاه استویا شد.

۲۵۶ مشابه همین آزمایش توسط یعقوبیان (Yaghubian, 2015) بر روی گیاه خرفه صورت گرفت و بیان شد که کاربرد قارچ

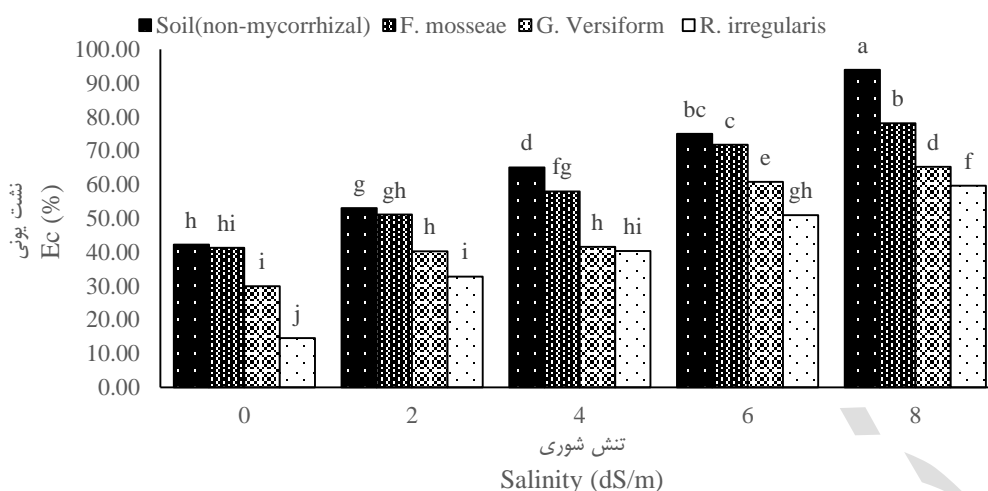
۲۵۷ میکوریزا باعث کاهش نشست الکترولیت می‌شود. دلیل این کاهش می‌تواند با نقش حفاظتی قارچ‌های همزیست و

۲۵۸ افزایش سازگاری گیاه به شرایط محیطی و به خصوص در شرایط تنش‌زا مرتبط باشد، چرا که این قارچ‌ها از طریق

۲۵۹ کاهش جذب عناصر سنگین و با ایجاد تغییراتی در سیستم دفاعی گیاه مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می

۲۶۰ توانند شرایط مناسب برای رشد گیاه را فراهم کرده و آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی را کاهش دهند

۲۶۱ (Janouskova et al., 2006).

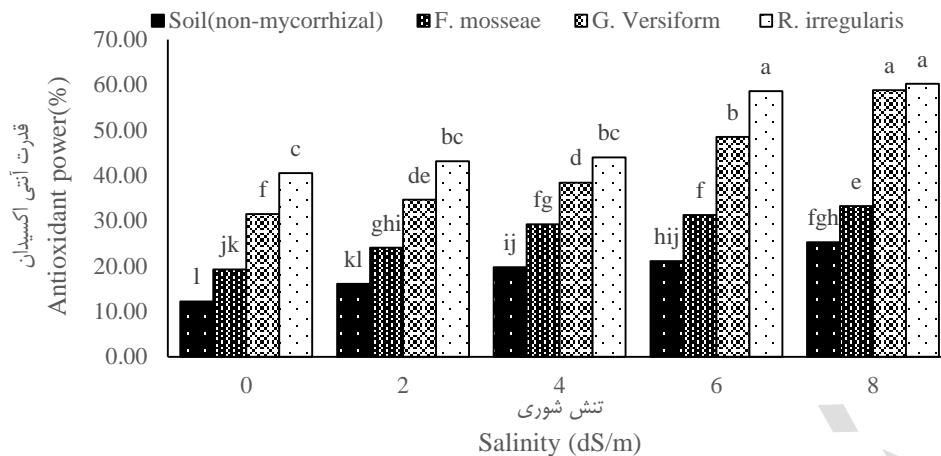


شکل ۴- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر نسبت یونی مواد بالنگوی شیرازی (میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 4- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of Ec L. royleana (Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

قدرت آنتی‌اکسیدانی

۲۶۲ طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی قارچ، تنش شوری و اثر متقابل آن‌ها بر قدرت آنتی‌اکسیدانی در سطح
 ۲۶۳ احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان قدرت آنتی‌اکسیدانی در تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطوح
 ۲۶۴ شوری ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با میانگین ۶۰/۲۶۶ و ۵۸/۸۱۶ درصد و تیمار میکوریزای *G. versiform* با
 ۲۶۵ شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر میانگین ۵۸/۶۵۰ درصد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد و کم
 ۲۶۶ ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار بدون میکوریزا با شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۱۲/۲۱۶ درصد
 ۲۶۷ بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۵). تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *G. versiform* نسبت به
 ۲۶۸ تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزای *R.*
 ۲۶۹ *irregularis* کم‌تر بود. آنتی‌اکسیدان‌های فلاونوئیدی به عنوان ترکیبات فعال فیزیولوژیکی نقش مهمی را در مقاومت
 ۲۷۰ گیاهان به تنش دارند (Singh et al., 2011). افزایش گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش شوری زنگ خطری برای
 ۲۷۱ گیاهان محسوب شده و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را به دنبال دارد (Siddiqui et al., 2010). افزایش
 ۲۷۲ آنتی‌اکسیدان در تیمار میکوریزا و تیمار شوری به این دلیل می‌باشد که سیستم دفاعی گیاه تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان
 ۲۷۳ را برای خنثی کردن شکل‌های سمی اکسیژن افزایش می‌دهد و قارچ شدت این افزایش را بهبود می‌بخشد که می‌تواند
 ۲۷۴ به دلیل ساختمان شیمیایی ایزوآنزیم‌های فلزی مس و روی و منگنز باشد. همچنین فاکتورهای هورمونی ارسالی برای
 ۲۷۵ ساخت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز حاوی عناصر روی و کلسیم است (Siddiqui et al., 2010). قارچ‌های میکوریزا با
 ۲۷۶ افزایش جذب عناصر غذایی سبب ارسال بیش‌تر فاکتورهای هورمونی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌شوند که همگی در
 ۲۷۷ افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توانند مؤثر باشند (Parida and Das, 2005).



شکل ۵- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر قدرت آنتی اکسیدان بالنگوی شیرازی (میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 5- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of Antioxidant power *L. royleana* (Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

عناصر معدنی

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های تحقیق حاضر، اثر اصلی قارچ‌های میکوریزا، تنش شوری و اثر متقابل قارچ در تنش شوری بر مقدار سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). میزان نیتروژن به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار میکوریزای و شوری قرار گرفت و گونه‌های مختلف میکوریزای اثر متفاوتی بر میزان غلظت نیتروژن در گیاه بالنگوی شیرازی داشتند. با افزایش شوری میزان غلظت نیتروژن کاهش یافت. بیش‌ترین میزان غلظت نیتروژن در تیمار میکوریزای *R. irregularis* با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۷/۳۳۰ درصد وزن خشک) به دست آمد که با تیمار گونه میکوریزای *R. irregularis* با سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین میزان نیتروژن مربوط به تیمار بدون میکوریزا با سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۱/۱۳۵ درصد وزن خشک به دست آمد. تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *G. versiform* نسبت به تیمار تلقیح با گونه میکوریزای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزای *R. irregularis* کم‌تر بود (شکل ۶). خاک‌های شور معمولاً از نظر مقدار نیتروژن فقیر هستند از طرفی اضافه نمودن کودهای نیتروژنی می‌تواند شوری خاک را بیش‌تر کند. قارچ‌های میکوریزای تأثیر عمیقی بر فیزیولوژی ریشه گیاه گذاشته که سبب فعال ساختن گلوتامین سنتتاز، آرژیناز و اوره‌آز شده و از این طریق غلظت نیتروژن را در گیاهان میزبان افزایش می‌دهند در نتیجه می‌توان با دادن کود کم‌تر به نتیجه دلخواه رسید (Bago et al., 2001). در رابطه با تأثیر تیمارهای باکتریایی و قارچی می‌توان بیان نمود که جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد و توسعه ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک است (Ehteshami et al., 2013). بنابراین، می‌توان از دلایل قابل ذکر در این زمینه به توسعه سطح ریشه و جذب بیش‌تر نیتروژن از خاک اشاره نمود که موجب زیادشدن میزان نیتروژن در اندام هوایی گردیده است. بایروا و همکاران (Bairva et al., 2012) با مطالعه روی گیاه شنبليله نشان دادند که تلقیح باکتری‌های ریزوبیوم و حل‌کننده فسفر منجر به افزایش نیتروژن و فسفر قابل دسترس شده است.

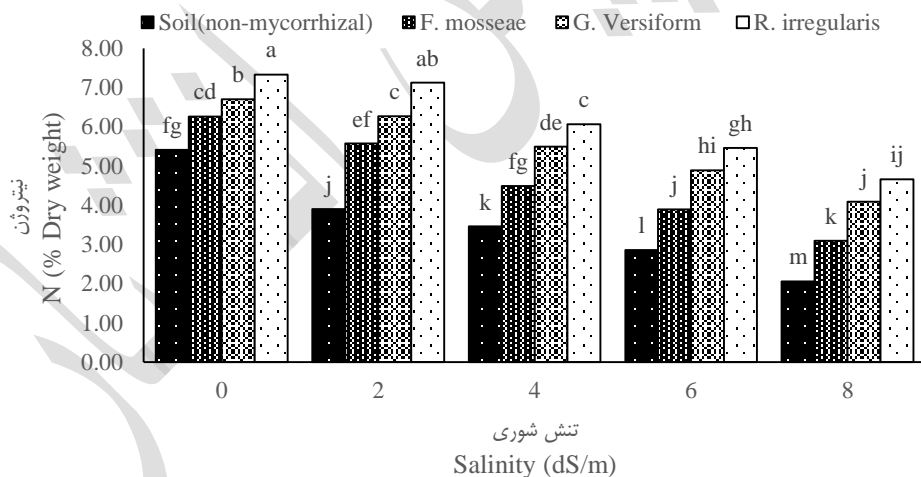
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات قارچ میکوریزا و تنش شوری بر صفات بالنگوی شیرازی

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effects of mycorrhizal fungi and salinity stress on the traits of *L. royleana*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات (Mean squares)		
		نیترژن N	فسفر P	پتاسیم K
قارچ میکوریزا <i>Mycorrhizal fungus</i>	3	5.45**	0.02**	0.45*
تنش شوری <i>Salinity stress</i>	4	6.82**	0.07**	0.60**
<i>MF × S</i>	12	2.58**	0.01**	0.18**
خطا <i>Error</i>	40	0.33	0.001	0.03

** و * به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

** and * : significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۶- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر نیترژن بالنگوی شیرازی

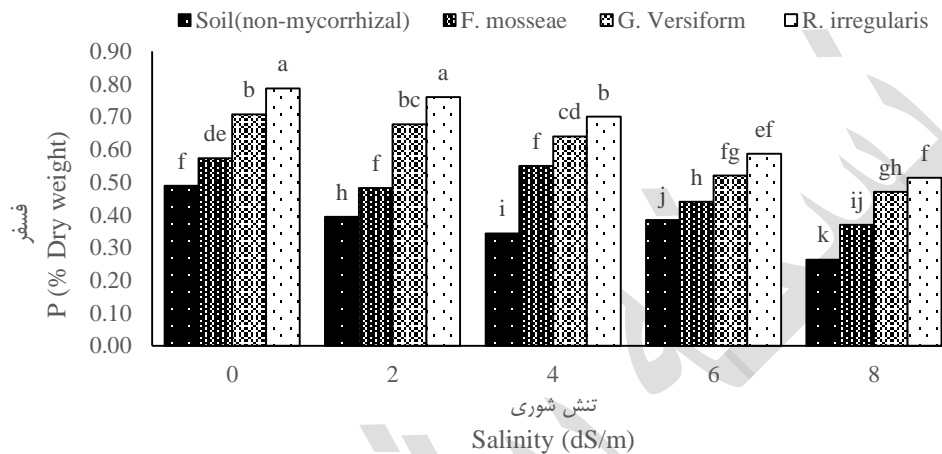
(میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 6- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of *N L. royleana*

(Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

۳۰۹ مقایسه میانگین میزان فسفر در تیمارهای میکوریزای و شوری نشان داد که قارچ‌های میکوریزا می‌توانند با افزایش جذب
 ۳۱۰ فسفر توسط گیاه، اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهند. بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در تیمار میکوریزای *R.*
 ۳۱۱ *irregularis* با سطوح شوری صفر و دو دسی زیمنس بر متر با میانگین ۰/۷۸۶ و ۰/۷۶۰ درصد وزن خشک بود و کم
 ۳۱۲ ترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار بدون میکوریزا با سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر با میانگین ۰/۱۴۳ درصد
 ۳۱۳ وزن خشک به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد (شکل ۷). قارچ‌های میکوریزا با افزایش سطح
 ۳۱۴ جذب ریشه‌ها و همچنین آزادسازی اسیدها و اسیدی کردن محیط ریزوسفر، عناصر کم تحرک را حل و برای گیاه قابل
 ۳۱۵
 ۳۱۶
 ۳۱۷
 ۳۱۸
 ۳۱۹

استفاده می‌کنند که با نتایج فصیحی و همکاران (Fasihi et al., 2014) مطابقت دارد. آقابابایی و رئیسی (Aghababaei and Raiesi, 2011) تأثیر هم زیستی میکوریزیای (*R. irregularis* و *F. mosseae*) بر میزان فتوسنتز و راندمان مصرف آب را بررسی نموده و نتیجه گرفتند قارچ‌های میکوریزیای باعث افزایش ۴۰ درصدی غلظت فسفر در گیاه همزیست نسبت به شاهد شدند. تیمار تلقیح با گونه میکوریزیای *G. versiform* نسبت به تیمار تلقیح با گونه میکوریزیای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزیای *R. irregularis* کم تر بود. درکشت مخلوط آفتابگردان و گونه‌ای از سیر عنوان شده است که همزیستی میکوریزیایی، سبب افزایش جذب عناصر غذایی کم تحرک همچون فسفر شده و آن‌ها را به صورت قابل جذب برای گیاه در می‌آورد (Zhang et al., 2019).

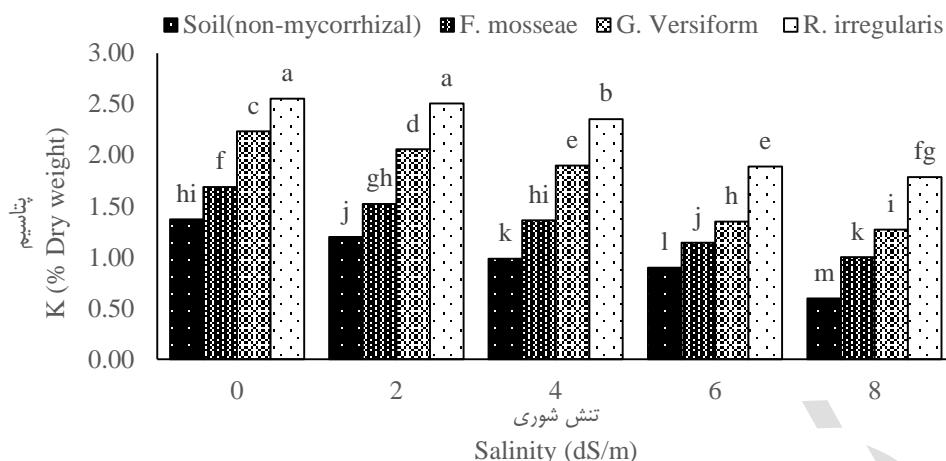


شکل ۷- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر فسفر بالنگوی شیرازی

(میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 7- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of *P. L. royleana*
(Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت پتاسیم در تیمار میکوریزیای *R. irregularis* با سطوح شوری صفر و دو دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب، ۲/۵۵۳ و ۲/۵۰۶ درصد وزن خشک و کم‌ترین میزان غلظت پتاسیم در تیمار بدون میکوریزا با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۰/۴۹۶ درصد وزن خشک بود. که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد. تیمار تلقیح با گونه میکوریزیای *G. versiform* نسبت به تیمار تلقیح با گونه میکوریزیای *F. mosseae* برتری داشت اما اثر آن نسبت به تیمار تلقیح گونه میکوریزیای *R. irregularis* کم‌تر بود (شکل ۸). در رابطه با پتاسیم، می‌توان بیان نمود که از بین شکل‌های مختلف این عنصر، فقط شکل‌های محلول و تبادلی آن قابل استفاده گیاه هستند و بقیه شکل‌ها تقریباً غیرقابل استفاده می‌باشند. بنابراین، برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، این عنصر باید به طریقی از شکل‌های تثبیت شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود. ریز جانداران متعدد شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها قادرند سیلیکات را تجزیه کرده و عناصری چون پتاسیم، فسفر، آهن، روی و سیلیسیم را آزاد کنند (Bahari Meymandi et al., 2022). در گیاهان میکوریزی غلظت پتاسیم نیز بیش‌تر از گیاهان غیرمیکوریزی گزارش شده است و بدین ترتیب با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، هم زیستی میکوریزی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم (تنش شوری) محافظت می‌نماید (Ashraf, 2010). این افزایش پتاسیم با کاربرد میکوریزا را می‌توان به نقش باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم و قارچ میکوریزا نسبت داد. پارسا مطلق و همکاران (ParsaMotlagh et al., 2016) در بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر عناصر غذایی لوبیا مشاهده کردند که قارچ میکوریزا منجر به افزایش غلظت عنصر پتاسیم برگ لوبیا شد.



شکل ۸- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش شوری بر پتاسیم بالنگوی شیرازی

(میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند)

Fig 8- Mean comparison of Mycorrhizal fungus and Salinity stress interaction of K L. royleana
(Means with the same letters are no differences according to Duncan test at 5%)

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که، تلقیح میکوریزا اثر مثبت و معنی‌داری بر میزان عملکرد بذر، ظرفیت آنتی-اکسیدانی، درصد روغن، میزان پروتئین و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه بالنگوی شیرازی (*L. royleana*) داشت. همچنین نتایج بیانگر این بود که، استفاده از میکوریزا در کشت بالنگوی شیرازی (*L. royleana*) می‌تواند تا حدی از بروز کمبود عناصر در خاک‌های شور جلوگیری نماید و از مصرف زیاد کودهای شیمیایی بکاهد. این امر در مطالعات انجام شده توسط سایر پژوهشگران در گیاهان دارویی مورد تأیید قرار گرفته است. استفاده از همزیستی میکوریزایی در خاک‌های شور باعث افزایش و مقاومت گیاه به شوری می‌گردد، بنابراین با به کارگیری سوبه میکوریزایی مناسب و مقاوم به شوری، می‌توان از خروج خاک‌های شور کشور از چرخه تولید جلوگیری نمود و مانع مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و مشکلات حاصل از مصرف آن‌ها شد.

منابع

1. Abbas, M., Mehmood, T., & Arshed Bashir, A. (2012). Economics of *Lallemantia royleana* Production in the Low Intensity Cropping Zone of the Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal Agriculture Research* 2(25): 1-15.
2. Abduraseool, A.A., Abdulmuttalib, A.N., & Rahi, F.A. (2011). Application of seed mucilage extracted from *Lallemantia royleana* as a suspending agent. *Iraqi Journal Pharm Science* 20: 8-13.
3. Aghababaei, F., & Raiesi, F. (2011). The influence of mycorrhizal symbiosis on chlorophyll, photosynthetic and water use efficiency in four almond genotypes in Chahar Mahal va Bakhtiary. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 15(56): 91-102. (In Persian with English abstract) <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-1709-fa.html>
4. Aliasgharzadeh, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H., & Alizadeh, A. (2001). Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza* 11: 119-122. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.1007/s005720100113>
5. Alikhani, S., & Mahmoudi Zarandi, M. (2019). Effect of coinoculation with endomycorrhiza, *Pseudomonas aeruginosa* and *Rhizobium meliloti* on *Medicago sativa* L. under water stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 32(1): 75-85. (In Persian with English abstract) https://plant.ijbio.ir/article_1337.html?lang=fa
6. ALKhaliel, A.S. (2010). Effect of salinity stress on mycorrhizal association and growth response of peanut infected by *Glomus mosseae*. *Plant Soil Environmental* 56(7): 318-324.
7. Amanifar, S., & Toghranegar, Z. (2020). The efficiency of arbuscular mycorrhiza for improving tolerance of *Valeriana officinalis* L. and enhancing valerenic acid accumulation under salinity stress. *Industrial Crops Production* 147: 112234. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112234>.

- ۳۸۲ 8. [Amini](#), M. (2007). Extraction optimization of Balangu seed gum and effect of Balangu seed gum on the
 ۳۸۳ rheological and sensory properties of Iranian flat bread, MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
 ۳۸۴ 2007. (In Persian).
- ۳۸۵ 9. [Ashraf](#), M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnology Advances* 28: 169-
 ۳۸۶ 183.
- ۳۸۷ 10. [Bago](#), B., Pfeffer, P., & Shachar-Hill, Y. (2001). Could the urea cycle be translocating nitrogen in the arbuscular
 ۳۸۸ mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 149: 4-8.
- ۳۸۹ 11. [Bahari](#), Meymandi, S.A.H., Sharafzadeh, S., Alizadeh, O., Bazrafshan, F., & Amiri, B. (2022). Effect of
 ۳۹۰ application of organic and biological fertilizers on growth and biochemical characteristics of fennel
 ۳۹۱ (*Foeniculum vulgare* Miller) under greenhouse conditions. *Journal of Horticultural Science* 36(1):285-306.
 ۳۹۲ <https://doi.org/10.22067/JHS.2021.70948.1063>
- ۳۹۳ 12. [Bairva](#), M., Meena, S.S., & Mehta, R.S. (2012). Effect of bio-fertilizers and plant growth regulators on growth and
 ۳۹۴ yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *International Journal of Seed Spices* 2(1): 28- 33.
- ۳۹۵ 13. [Bates](#), L.S., Waldern, R.P., & Teave, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies.
 ۳۹۶ *Plant and Soil* 39: 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
- ۳۹۷ 14. [Baum](#), C., El-Tohamy, W., & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable
 ۳۹۸ crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Science Horticultural* 187: 131–141.
 ۳۹۹ <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.002>.
- ۴۰۰ 15. [Behdad](#), A., Mohsenzadeh, S., Azizi, M., & Moshtaghi, N. (2020). Salinity effects on physiological and
 ۴۰۱ phytochemical characteristics and gene expression of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations. *Phytochemistry*
 ۴۰۲ 171: 112236. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.112236>.
- ۴۰۳ 16. [Benzie](#), I.F.F., & Strain, J.J. (1996). The Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘antioxidant
 ۴۰۴ power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.
- ۴۰۵ 17. [Boughalleb](#), F., Abdellaoui, R., Mahmoudi, M., & Bakhshandeh, E. (2020). Changes in phenolic profile,
 ۴۰۶ soluble sugar, proline, and antioxidant enzyme activities of *Polygonum equisetiforme* in response to salinity.
 ۴۰۷ *Turkish Journal Botany* 44: 25–35. <https://doi.org/10.3906/bot-1908-2>
- ۴۰۸ 18. [Caretto](#) S., Linsalata V., Colella G., Mita G., & Lattanzio V. (2015). Carbon fluxes between primary
 ۴۰۹ metabolism and phenolic pathway in plant tissues under stress. *International Journal Molecular Science* 16:
 ۴۱۰ 26378–26394. <https://doi.org/10.3390/ijms161125967>
- ۴۱۱ 19. [Chretien](#), D. & Guillot, T. (2000). Lipid and protein changes in jojoba under salt stress. *Physiology Plant* 85:
 ۴۱۲ 372-380.
- ۴۱۳ 20. Daghghi, S., Azarmi-Atajan, F., & Chopani, N. (2022). Evaluation of response of growth and physiological
 ۴۱۴ factors of barberry (*Berberis vulgaris* L.) inoculated with plant growth-promoting rhizobacteria to salinity of
 ۴۱۵ irrigation water. *Journal of Horticultural Science* 36(2): 533-547. (In Persian with English abstract)
 ۴۱۶ <https://doi.org/10.22067/JHS.2022.74621.1126>
- ۴۱۷ 21. [Dalpe](#), Y. (1993). Vesicular-arbuscular mycorrhizal. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers,
 ۴۱۸ Boca Raton. Pp: 287-301.
- ۴۱۹ 22. [Ehteshami](#), S., Pourebrahimi, M., & Khavazi, K. (2013). Effect of *Pseudomonas fluorescens* strain 103
 ۴۲۰ integrated with phosphorus fertilizer on nutrients concentration and biological yield of two barley cultivars in
 ۴۲۱ greenhouse conditions. *Journal Science Technology Greenhouse Cul* 4: 15-26.
- ۴۲۲ 23. [Esfandiari](#), A.A., Javadi, A., & Shokrpur, D. (2013). Evaluation of biochemical and physiological
 ۴۲۳ characteristics of wheat cultivars in response to salt stress in seedling stage. *Journal Crop Improve* 15: 1. 27-
 ۴۲۴ 38. (In Persian with English abstract)
- ۴۲۵ 24. [Evelin](#), H., Devi, T.S., Gupta, S., & Kapoor, R. (2019). Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular
 ۴۲۶ mycorrhizal symbiosis: Current understanding and new challenges. *Front. Plant Sci.* 10: 470.
 ۴۲۷ <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470>
- ۴۲۸ 25. [Fasihi](#), M., Shamshiri, M.H., Karimi, H.R., & Roosta, H.R. (2014). Effect of arbuscular mycorrhiza (*Glomus*
 ۴۲۹ *mosseae*) on growth of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* cv. Nahid) under different levels of sodium
 ۴۳۰ bicarbonate in irrigation water. *Technology Greenhouse Culture* 5: 53-62. (In Persian with English abstract)
- ۴۳۱ 26. Food and Agriculture Organization [[FAO](#)] 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*.
 ۴۳۲ Rome: Food and Agriculture Organization.
- ۴۳۳ 27. [Hill](#), T.W., & Kafer, E. (2001). Improved protocols for *Aspergillus* minimal medium: trace element and
 ۴۳۴ minimal medium salt stock solutions. *Fungal Genetics Reports* 48: 8. <https://doi.org/10.4148/1941-4765.1173>.
- ۴۳۵ 28. [Janouskova](#), M., Pavikova, D., & Vosatka, M. (2006). Potential contribution of arbuscular mycorrhiza to
 ۴۳۶ cadmium immobilisation in soil. *Chemosphere* 65(11):1959-1965.
- ۴۳۷ 29. [Kapoor](#), R., Giri, B., & Mukerji, K.G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in
 ۴۳۸ *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*
 ۴۳۹ 93: 307-311.
- ۴۴۰ 30. [Kaya](#), C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A.L., & Cullu, M.A. (2009). The influence of arbuscular
 ۴۴۱ mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity.
 ۴۴۲ *Journal of Horticultural Science* 121: 1-6.

31. [Li, Y.](#), Kong, D., Fu Y., Sussmand, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology Biochemistry* 148: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
32. [Mavi, M.S.](#), & Marschner, P. (2013). Salinity affects the response of soil microbial activity and biomass to addition of carbon and nitrogen. *Soil Research* 5: 1. 68-75.
33. [Naghibi, F.](#), Mosaddegh, M., Motamed, S.M., & Ghorbani, A. (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran Journal Pharmacology Resarch* 2: 63-79. (In Persian with English abstract)
34. [Parida, A.K.](#), & Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.
35. [ParsaMotlagh, B.](#), Mahmoodi, S., Sayyari-Zahan, M., & Naghizadeh, M. (2016). Effect of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. *Journal of Agroecology* 3(2): 233-244. (In Persian with English abstract)
36. [Pireivatlou, A.S.](#), Masjedlou, B.D., & Aliye, v R.T. (2010). Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research* 5(20): 2829-2836.
37. [Porcel, R.](#), & Ruiz-Lozano, J.M. (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. *Journal of Experimental Botany* 55: 1743–1750.
38. [Ramzanpour Ahmadchali, A.](#) (2016). Effect of Piriformospora indica endophyt fungi on copper tolerance of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) medicinal plant in a controlled conditions. M.Sc. thesis of science degree in agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University 115p. (In Persian).
39. [Razavi, S.M.A.](#), Mohammadi Moghaddam, T., & Mohammad Amini, A. (2008). Physical-mechanical properties and chemical composition of Balangu seed. *International Journal of Food Engineering* 4(5): 7-31. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1354>
40. [Redman, J.R.](#), Petroni, G.R., Saigo, P.E., Geller, N.L., & Hakes, T.B. (1986). Prognostic factors in advanced ovarian carcinoma. *Journal of Clinical Oncology* 4(4): 515-523.
41. [Sadat, F.](#), Savaghebi, G., Rejali, F., Farahbakhsh, M., Khavazi, K., & Shirmardi, M. (2010). Effects of some arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promotin rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. *Journal Water Soil* 24: 53-62. (In Persian with English abstract)
42. [Santander, C.](#), Ruiz, A., García, S., Aroca, R., Cumming, J., & Cornejoa, P. (2019). Efficiency of two arbuscular mycorrhizal fungal inocula to improve saline stress tolerance in lettuce plants by changes of antioxidant defense mechanisms. *Journal Science Food Agriculture* 100: 1577–1587. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10166>
43. [Seyed sharifi, R.](#), & Namvar, A. (2015). Bio fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili 280. (In Persian).
44. [Siddiqui, M.H.](#), Mohammad, F., Nasir Khan, M., HAL-Whaibi, M., & Bahkali, A.H.A. (2010). Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China* 5: 671-680.
45. [Singh, R.](#), Shushni, A. M., & Belkheir, A. (2011). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry* 1: 1-5.
46. [Soxhlet, F.](#) (1879). Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchlvettes. *Polytechnisches Journal* 232: 461.
47. [Toscano, S.](#), Trivellini, A., Cocetta, G., Bulgari, R., Francini, A., & Romano, D. (2019). Effect of preharvest abiotic stresses on the accumulation of bioactive compounds in horticultural produce. *Front Plant Science* 10: 1212. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01212>.
48. [Yaghubian, Y.](#) (2015). The effect of Piriformospora indica and Trichoderma spp. on cadmium tolerance in medicinal herbs of Melissa officinalis L. and Purple (*Portulaca oleracea* L.). PhD. thesis of science degree in agronomy. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan. 186p. (In Persian with English abstract)
49. [Zafari, M.](#), Ebadi, A., & Jahanbakhsh gadekahriz, S. (2018). Combined effect on fungi and bacteria metabolites on increased osmolytes of compatibility of alfalfa in the water deficit stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 31(1): 194-205. (In Persian with English abstract)
50. [Zargari, A.](#) 1980. Medical plants, Tehran University Press, Iran. P: 4272.
51. [Zelm, E.V.](#), Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Rev. Plant Biology* 71: 403–433. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005>
52. [Zhang, Y.](#), Proenca, R., & Maffei, M. (1994). Positional cloning of the mouse *obese* gene and its human homologue. *Nature* 372: 425–432.
53. [Zhanga, Y.](#), Hua, J., Bai, J. F., Qin, H., Wang, J., Wang, J., & Lin, X. (2019). Intercropping with sunflower and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi promotes growth of garlic chive in metal-contaminated soil

at a WEEE- recycling site. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 167: 376–384.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.046>

Evaluation of Some Quantitative and Qualitative Traits of Shirazi Balangu (*Lallemantia royleana*) Medicinal Plant in Response to Salinity Stress and Mycorrhizal Fung

Introduction:

The medicinal plant of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana* Benth) to the Lamiaceae or Labiateae family. This medicinal plant is native to the tropical regions of Asia, India, Afghanistan and Pakistan. This plant is also found in various regions of the Middle East and Europe, especially Turkey, Iran and in the Siberian regions of Russia, i.e. in Western Siberia. Due to the presence of high mucilage content, *Lallemantia royleana* seeds quickly absorb water through the hydration process and produce a sticky, cloudy and tasteless liquid that can be used as a new source of hydrocolloid in food formulations as well. Soil salinity is a growing problem in agricultural ecosystems that endangers the growth and productivity of plants. Salinity causes ionic toxicity, nutritional imbalance, pigment destruction and inhibition of photosynthesis, oxidative and osmotic stress, limited release of CO₂ in leaves, changes in metabolic pathways, cell deformation, premature aging and finally cell death in it becomes a plant. Therefore, effective solutions to deal with soil salinity under agricultural management systems can include all kinds of salt-resistant species and biotechnological approaches such as the use of beneficial microorganisms that are able to improve plant tolerance to salt. Mycorrhizal fungi, one of the common soil microbes, can occupy the roots of most terrestrial plant species. Notably, mycorrhizal fungi can improve host plant tolerance to salinity stress by a series of physiological and biochemical mechanisms, including higher water use efficiency, photosynthetic capacity, maintaining ion homeostasis, osmotic protection, maintaining cell ultrastructure and enhancing antioxidant metabolism. This study was conducted with the aim of investigating the role of three mycorrhizal fungi on seed yield, physiological characteristics and mineral elements (N, P and K) of the medicinal plant *L. royleana* under salt stress conditions.

Materials and Methods:

This experiment was factorial based on a completely randomized design including the treatment of mycorrhizal fungi at three levels (*R. irregularis*, *G. versiform*, *F. mosseae*) with the number of spores 5 x 10⁶ per milliliter of inoculum and salinity stress including four level (0, 2, 4, 6 and 8 dS/m of sodium chloride salt) was done in three repetitions. This experiment was carried out in 2018 in a greenhouse at Islamic Azad University, Mahabad Branch, day and night temperatures were 25 and 22 degrees Celsius, respectively, with two relative humidity levels of 60 (during the day) and 40 (at night). The percentage and amount of carbon dioxide was about (mMol.mol⁻¹) 500-600. Shirazi Balangu seeds were obtained from Pakan Seed Company of Isfahan with 99% purity and 80% potency. Distilled water was used for zero treatment (control) and pure sodium chloride salt (Merck, Germany) was used to prepare solutions with electrical conductivity of 2, 4, 6 and 8 ds/m. Balango seeds were sown in the middle of Mehr in pots with an opening diameter of 20 cm and a length of 18 cm containing soil, sand and manure (2:1:1) at a depth of 0.5-1 cm. Three fungi *G. versiform*, *R. irregularis* and *F. mosseae* were used for mycorrhiza inoculation, and there were at least 50 live spores in each gram of soil. The ratio of the inoculant used to the soil was one to nine (by volume) and in layers. In order to prevent any deficiency of nutrients, 10 ml of Hoagland nutrient solution with half the concentration of phosphorus was added to all the pots every week. The studied traits included seed yield of a single plant, seed oil percentage, antioxidant capacity, proline content, leakage of ionic substances and nutrients including nitrogen, phosphorus and potassium. SAS 9.1 statistical software was used to analyze the variance of the data. The mean comparison of traits was done using Duncan's test at the probability level of 5%.

Results and Discussion:

The results showed that the traits evaluated in the present study were affected by mycorrhizal fungus treatments, salinity stress and the mutual effect of fungi in salinity stress. Seedlings inoculated with mycorrhizal fungus *R. irregularis* had the highest seed yield, percentage of oil, proline, antioxidant power and mineral elements compared to the other two strains of mycorrhizal fungus. Salinity stress increased the percentage of oil, proline, and antioxidant power of *L. royleana* medicinal plant leaves, and increasing the salinity stress from 0 to 8 dS/m decreased grain yield and mineral elements. According to the comparison results of the average effect of fungus interaction in salt stress, the highest amount of seed yield and mineral elements in plant inoculation with *R. irregularis* fungus was observed in the absence of salt stress, as well as the highest amount of traits of oil percentage, proline and antioxidant power. It was obtained in a tension of 8 dS/m. According to the results of the present research, the use of *R. irregularis* mushroom strain had the most positive effect on the quantitative and qualitative characteristics of *L. royleana* medicinal plant compared to the absence of mushroom inoculation.

Conclusion:

In general, the results of this study showed that mycorrhizal inoculation had a positive and significant effect on seed yield, antioxidant capacity, oil percentage, proline content and the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium elements in *L. royleana* plant. Also, the results indicated that the use of mycorrhiza in the cultivation of *L. royleana* can partially prevent the occurrence of element deficiency in saline soils and reduce the high

٥٦٣ consumption of chemical fertilizers. This has been confirmed in studies conducted by other researchers in
٥٦٤ medicinal plants. The use of mycorrhizal symbiosis in saline soils increases the plant's resistance to salinity, so by
٥٦٥ using a suitable mycorrhizal strain that is resistant to salinity, it is possible to prevent the country's saline soils
٥٦٦ from leaving the production cycle and prevent consumption. There were too many chemical fertilizers and the
٥٦٧ problems resulting from their use.

٥٦٨ **Keywords:** Antioxidant, Balangu, Mycorrhiza, Proline Content, Nitrogen.

مستطحة
الطبي
الطبي