

بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق آلمانی (*Iris germanica* L.) تلقیح شده با قارچ مایکوریزا به تنش شوری

زهرا ضیایی^۱، مریم دهستانی اردکانی^{۲*}، مصطفی شیرمردی^۲، محمدحسین عظیمی^۳

^۱گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

^۲گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران و عضو

هیات علمی پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران.

^۳گروه ژنتیک و به‌نژادی، پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان

تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، محلات، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۳۰

چکیده

زنبق آلمانی (*Iris germanica* L.) یکی از با شکوه‌ترین و محبوب‌ترین گیاهان چندساله است که در فضای سبز کشت می‌شود. پژوهش حاضر با هدف مقایسه تحمل به شوری سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق آلمانی تلقیح شده با قارچ مایکوریزا صورت گرفت. تیمارها شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (۱، ۴، ۸، ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح قارچ مایکوریزا (صفر، ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم) و سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق (OPRC125، OPRCS54) بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۹۸-۱۳۹۷ در دانشگاه اردکان انجام شد. برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC122 ۸۳/۷۷ درصد و در ژنوتیپ OPRCS54 ۶۵/۳۸ درصد طول ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد. در ژنوتیپ OPRCS54 در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از ۲۵ گرم قارچ مایکوریزا ۵۲/۸۳ درصد نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه را افزایش داد. استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC122 به ترتیب جذب فسفر را ۳۴۱ و ۴۸۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در ژنوتیپ OPRC125، ۳۲ درصد جذب سدیم را در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد. در ژنوتیپ OPRCS54 نیز در همین شوری کاربرد ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به ترتیب ۶۳/۵۱ و ۵۵/۲۴ درصد جذب سدیم را نسبت به شاهد کاهش داد. به‌طور کلی استفاده از قارچ مایکوریزا در هر سه ژنوتیپ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر موجب تقلیل اثر شوری و افزایش عملکرد گیاه شد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات رشدی، سدیم، عملکرد، فسفر، مورفولوژی

مقدمه

می‌شود (Jéhan et al., 1994; Kohlein, 1987). حدود

۹۱۱ نوع زنبق وحشی در دنیا وجود دارد که از این تعداد ۲۱ گونه و زیر گونه آن در ایران یافت می‌شود (Wendelbo, 1973). گل زنبق از لحاظ زیبایی و از جنبه اقتصادی اهمیت بالایی دارد به طوری که امروزه

زنبق آلمانی *Iris germanica* L. یکی از مهم‌ترین انواع زنبق‌های ریش‌دار است (Waddick and Zhao, 1992)، که به‌عنوان یک گیاه چندساله زینتی کشت

*نویسنده مسئول: mdehestani@ardakan.ac.ir

توانایی فتوسنتزی و کارایی استفاده آب و تسهیل جذب آب در گیاهان کلونیزه شده باشد (Pollastri et al., 2018). اثر قارچ میکوریزا آربسکولار بر بهبود رشد و نمو تحت شرایط شوری در مرکبات (Wu et al., 2010)، سیب (Yang et al., 2014)، زیتون (Porrás-Soriano et al., 2009)، گندم (Daei et al., 2009)، گوجه فرنگی و فلفل (Abdel Latef and He, 2011; Abdel Latef and Chaoxing, 2014) و خیار (Hashem et al., 2018) شرح داده شده است. WenYuan و همکاران (۲۰۱۲) محتوای آب و خصوصیات فتوسنتزی دانه‌های *Iris lactea* var. *Chinensis* تحت تنش شوری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در زمان تنش محتوای آب در ریشه و برگ‌های دانه‌ها تحت تنش NaCl کاهش یافت. همچنین، هدایت روزنه‌ای و محدودیت روزنه‌ای پس از اولین کاهش اندکی تغییر یافت، غلظت CO₂ درون سلولی قبل از تغییر افزایش یافت و شدت فتوسنتز خالص و تبخیر و تعرق مستقیماً کاهش یافت.

Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک زنبق چینی *Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch) Koidz. را به تنش شوری بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیومس، ارتفاع، وزن تر، محتوای K⁺، نسبت Na⁺/K⁺ و Ca²⁺/Na⁺ با افزایش NaCl کاهش یافت. در حالی که محتوای کمبود آب گیاه و Na⁺ و Cl⁻ افزایش یافت.

طی یک آزمایش هیدروپونیک، *Iris lactea* تحت تنش NaCl و NaHCO₃ قرار داده شد. نتایج نشان داد که تیمار NaHCO₃ نسبت به NaCl اثر بیشتری در توقف رشد، کاهش محتوای آب، آسیب به نفوذپذیری غشا و کاهش محتوای کلروفیل داشت که ممکن است مربوط به اثر ترکیبی pH و شوری بالا باشد (Pinfang and Baoguo, ۲۰۰۸).

یکی از مهم‌ترین گل‌های با ارزش از نظر صادرات محسوب می‌شود (Khalifa et al., 2011). ویژگی‌ها و پتانسیل‌های زنبق آلمانی داشتن گل‌های رنگارنگ، تکثیر از طریق ریزوم، برگ‌های مسطح و سه تایی بودن اجزای گل، شباهت آن به گل ارکیده، مقاومت به خاک‌های آهکی، مقاومت به شرایط نامساعد محیطی و نیاز آبی کم باعث شده تا مورد توجه طراحان فضای سبز قرار گیرد، به طوری که در باغ‌های صخره‌ای اکثر کشورها این گل دیده می‌شود (Azimi et al., 2012).

شوری یکی از تنش‌های محیطی مهم است که اثر منفی بر تولید محصولات کشاورزی در دنیا دارد. سالانه حدود ۱/۵ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی از رده خارج می‌شوند (FAO, 2015). خاک‌های شور در دنیا در حال گسترش هستند و تخمین زده می‌شود که یک بیلیون هکتار در سراسر دنیا در بیش از ۱۰۰ کشور تحت تاثیر شوری قرار دارند (Tanji, 2006). علاوه بر این، شوری ثانویه که شامل توسعه شوری به علت دخالت بشر است، نیز ۷۶ میلیون هکتار از اراضی را در سراسر گیتی تحت تاثیر قرار داده است (FAO, 2015). شوری با القای کمبود آب، سمیت یونی (یون سدیم و کلر)، نابسامانی تغذیه‌ای (کمبود کمبود پتاسیم و کلسیم) و تنش اکسیداتیو منجر به کاهش میزان فتوسنتز و تولید بیومس شده و در نتیجه اثر منفی بر رشد و عملکرد گیاه خواهد داشت (Munns and Tester, 2008).

قارچ میکوریزا آربسکولار می‌تواند مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی (مانند شوری، خشکی و دماهای بالا) افزایش دهد و در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد آنها گردد (Ma et al., 2017; Dimkpa et al., 2009). مکانیسم افزایش مقاومت به شوری توسط قارچ میکوریزا ممکن است به علت بهبود تغذیه گیاه میزبان، نسبت بالاتر K⁺/Na⁺ در بافت گیاهی، تولید تنظیم کننده‌های اسمزی، افزایش

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا آربسکولار بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سه ژنوتیپ اصلاح شده زنبق آلمانی (*Iris germanica*) در شرایط تنش شوری، آزمایشی در گلخانه دانشگاه اردکان، واقع در استان یزد، طی سال‌های ۹۸-۹۷ صورت گرفت. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۴۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه 18 ± 4 و میانگین دمای روزانه 24 ± 4 درجه سانتی‌گراد حفظ شد. رطوبت گلخانه با استفاده از آبیاری کف گلخانه و باز کردن دریچه‌های جانبی و سقف گلخانه تا حد امکان تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود. کشت گیاه در آذرماه ۹۷ صورت گرفت و در پایان خرداد ماه ۹۸ برداشت انجام شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (۱، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح قارچ مایکوریزا (صفر، ۱۵ و ۲۵ گرم در هر کیلوگرم) و سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق (OPRC122، OPRC S54، OPRC125) بودند. در این آزمایش گلدان‌هایی که بدون قارچ و شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر بودند، به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. ریزوم‌ها در گلدان‌های با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۹ سانتی‌متر و حجم دو لیتر که با ترکیب خاک، ماسه و کود دامی پوسیده با نسبت ۱:۱:۱ پر شده بودند، کشت شدند. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ بیان شده است.

Wang و همکاران (۲۰۱۸) اثر کلونیزاسیون دو قارچ *Funneliformis mosseae* و *Diversispora versiformis* به‌تنهایی و با یکدیگر بر رشد و جذب عناصر داودی *Chrysanthemum morifolium* در شرایط گلخانه تحت تنش شوری بررسی کردند. طول ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه، وزن خشک کل و میزان نیتروژن در گیاهان مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیر مایکوریزا در شوری متوسط خصوصاً در کلونیزاسیون *D. versiformis* بیشتر بود. با افزایش شوری، همزیستی مایکوریزا کاهش یافت.

همچنین Amanifar و همکاران (۲۰۱۹) اثر همزیستی قارچ *Funneliformis mosseae* با ریشه شیرین بیان تحت تنش شوری بر رشد و تغذیه گیاه بررسی کردند. شوری موجب کاهش میزان همزیستی قارچ، خصوصیات رشدی، غلظت پتاسیم و فسفر و نسبت پتاسیم به سدیم شد. همین‌طور، شوری موجب افزایش نشت یونی و غلظت سدیم در ریشه و شاخساره شد. قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری غلظت فسفر و پتاسیم و تجمع پرولین در شاخساره و نیز غلظت گلیسرین (Glycyrrhizin) را تحت تنش شوری افزایش داد. با توجه به اینکه شوری آب و خاک موجب کاهش تنوع گونه‌های گیاهی مورد استفاده در فضای سبز استان یزد شده است، مطالعه و بررسی گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری ضروری می‌باشد. لذا هدف از پژوهش حاضر مقایسه سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق آلمانی (*Iris germanica* L.) به شوری آب آبیاری و در نهایت معرفی متحمل‌ترین ژنوتیپ بود.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش اسیدی pH	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم (ppm)
شنی رسی لومی	۱/۷	۷/۸	۰/۵۴	۰/۰۵	۸/۵	۲۳۵

در مدت سه هفته به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها به روش وزنی انجام شد. به همین منظور نقطه ظرفیت مزرعه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین شد (Ahmadi et al., 2019). در ابتدا گلدان‌ها در حد ظرفیت مزرعه آبیاری شدند و زمانی که رطوبت گلدان‌ها به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه می‌رسید مجدداً آبیاری صورت می‌گرفت (این نقطه با توزین گلدان‌ها تعیین شد). جهت جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، مقداری آب بیشتر به گلدان‌ها داده می‌شد تا نیاز آبتجویی تامین شود. برای اطمینان از این امر پس از هر نوبت آبیاری، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها اندازه‌گیری شد.

قارچ میکوریزا (ترکیبی از *Glomuse etunicatum*، *G. mossea* و *G. intraradices*) از شرکت زیست فناوری پیشتاز واریان شهرستان کرج خریداری شد، به مقدار مورد نظر وزن و به ریشه گیاه آغشته گردید. سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق (OPRC125, OPRC122, OPRC S54) از ژنوتیپ‌های جدید اصلاح شده در پژوهشکده گل و گیاهان زینتی استان مرکزی - محلات بودند. از زمان کشت تا مرحله چهار برگی گیاهان در آذرماه آبیاری با آب شهری (EC ۱ دسی‌زیمنس بر متر) صورت گرفت و در اول اردیبهشت ماه تیمار شوری اعمال گردید. جهت اعمال تنش شوری از آب شور چاهی در منطقه چاه‌افضل در شهرستان اردکان واقع در استان یزد استفاده شد که مشخصات آن در جدول ۲ بیان شده است. برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام و

جدول ۲: ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده

سولفات	مواد جامد محلول کل (میلی‌گرم بر لیتر)	بی‌کربنات (میلی‌اکی‌والا ن بر لیتر)	منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کلر (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	واکنش اسیدی pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۹	۹۷۶۰	۲/۴	۲۸	۷۲	۱۳۴	۶۵	۶/۸۵	۱۲/۶

۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و

در پایان دوره تعداد ریزوم دختری، طول ریشه، وزن تر ریشه و ریزوم و نسبت وزن تر اندام هوایی به زیرزمینی اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج مدل (CCM- 200) اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (leaf area meter) (مدل Winarea-UT-11، ساخت ایران) محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک، برگ‌ها در پایان آزمایش از ریزوم جدا و وزن شدند و سپس به مدت

نتایج

طول ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ، قارچ مایکوریزا، اثر متقابل ژنوتیپ و شوری و اثر سه گانه ژنوتیپ، شوری و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه طول ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه بیشترین طول ریشه در شوری ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان و کمترین مقدار آن در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون استفاده از قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC122 ۸۳/۷۷ درصد، در ژنوتیپ OPRC125 ۴۱/۶۶ درصد و در ژنوتیپ OPRCS54 ۶۵/۳۸ درصد طول ریشه را نسبت به شاهد در همین سطح شوری افزایش داد (جدول ۴). طول ریشه در سطح احتمال پنج درصد با وزن خشک ریشه و ریزوم و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه و در سطح احتمال یک درصد با فعالیت آنزیم پراکسیداز، جذب فسفر و پتاسیم همبستگی نشان داد (جدول ۶).

وزن تر ریزوم و ریشه گیاه: اثر ژنوتیپ، شوری، اثر متقابل ژنوتیپ در شوری، ژنوتیپ در قارچ و اثر سه گانه ژنوتیپ، شوری و قارچ در سطح احتمال یک درصد و اثر قارچ و اثر متقابل ژنوتیپ در قارچ در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر ریزوم و ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری وزن تر ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان توانست وزن ریشه را نسبت به شاهد افزایش دهد (جدول ۴). در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی بیشترین وزن تر ریشه در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر

رساندن به حجم ۵۰ میلی لیتر انجام شد. در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم فتومتر (مدل Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996). اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش طیف سنج توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC UV-Visible Spectrometer Cintra 5T) ساخت استرالیا) صورت گرفت (Emami, 1996). میزان جذب عناصر نیز با استفاده از غلظت عناصر و محاسبه وزن خشک اندام‌های هوایی محاسبه گردید (Zhu et al., 2017).

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز، دو میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل مقداری از عصاره حاوی ۵۰ میلی‌گرم پروتئین (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، ۵ میلی‌مولار گوئیکول و مقدار کافی بافر فسفات ۲۵ میلی‌مول pH=۷ مخلوط شد تا به حجم نهایی دو میلی‌لیتر برسد. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CECIL 9500 ساخت انگلیس) با استفاده از این مخلوط در طول موج ۴۷۰ نانومتر صفر گردید. سپس ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H₂O₂) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (ΔOD /Min./mg. protein) (Reuveni et al., 1995).

تجزیه آماری به وسیله نرم‌افزار SAS 9.2 صورت گرفت. به منظور تعیین سطح معنی‌داری شاخص‌های مورفولوژیک و جذب عناصر برگ از تجزیه واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) استفاده شد. میانگین‌ها داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای توکی در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) مقایسه شدند. برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش برش‌دهی اثر متقابل استفاده شد.

کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC122 به ترتیب میزان طول ریشه را ۸۰/۲۳ و ۱۸۴/۳۱ درصد نسبت به شاهد در همین شوری افزایش داد (جدول ۴). در حالی که در دو ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌داری در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میان شاهد و تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴). وزن تر ریزوم و ریشه با طول ریشه شاخص کلروفیل، فعالیت آنزیم پراکسیداز، نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریزوم و ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم همبستگی نشان داد (جدول ۶).

متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان حاصل شد (جدول ۴). در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی استفاده از قارچ مایکوریزا منجر به افزایش وزن تر ریزوم و ریشه شد (جدول ۴). در دو ژنوتیپ OPRC122 و OPRC125 کمترین وزن تر ریشه و ریزوم (به ترتیب با مقادیر ۱۳/۷۱ و ۲۱/۶۸ گرم) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون استفاده از قارچ مایکوریزا و در ژنوتیپ OPRC-S54 با مقادیر ۱۸/۰۴ و ۱۹/۰۴ گرم به ترتیب در تیمارهای بدون قارچ مایکوریزا و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان و در شوری ۱۲ زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۴). استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم در

جدول ۳: تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیک در سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق تحت سطوح مختلف تنش شوری و قارچ مایکوریزا

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع
نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن تر ریزوم و ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن تر ریزوم و ریشه	وزن تر ریزوم و ریشه (گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	
۰/۲۰**	۰/۰۰۰۴ ^{NS}	۶۴۲۳/۲۱**	۷۳۹/۴۱**	ژنوتیپ
۰/۰۷*	۰/۰۰۲**	۵۹۹۸/۸۴**	۱۰۴/۱۲ ^{NS}	شوری
۰/۸۷**	۰/۰۰۵**	۱۹۹/۰۰۲*	۲۶۱/۸۸**	قارچ
۰/۲۰**	۰/۰۰۲**	۴۰۹/۲۷**	۳۸/۴۴ ^{NS}	ژنوتیپ × شوری
۰/۱۰**	۰/۰۰۲**	۱۶۱/۶۲*	۱۶۵/۷۱**	ژنوتیپ × قارچ
۰/۱۷**	۰/۰۰۲**	۴۵۲/۹۱**	۵۱/۶۵ ^{NS}	شوری × قارچ
۰/۱۸**	۰/۰۰۳**	۲۲۵/۸۱**	۱۲۳/۸۹**	ژنوتیپ × شوری × قارچ
۰/۰۲	۰/۰۰۰۴۴	۵۷/۶۱	۴۵	خطا
			۱۰۷	کل

**، * و ^{NS} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

معنی‌دار بود (جدول ۳). در حالی که اثر ژنوتیپ بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریزوم و ریزوم معنی‌دار نبود و نیز اثر شوری بر نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن تر ریشه و ریزوم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح

نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر و خشک ریشه و ریزوم: بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ، شوری و قارچ و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر و خشک ریشه و ریزوم

شوری نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر یافت (جدول ۴).
و خشک ریشه و ریزوم به طور معنی داری کاهش

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر سه گانه ژنوتیپ × شوری × قارچ بر طول و وزن ریشه سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق

ژنوتیپ	قارچ مایکوریزا (گرم در کیلوگرم)	شوری (دسی زیمنس بر متر)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن تر ریزوم و ریشه (گرم)	نسبت وزن تر اندام هوایی به ریزوم و ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریزوم و ریشه	فسفر (میلی گرم در گلدان)	سدیم (میلی گرم در گلدان)	پتاسیم (میلی گرم در گلدان)	سدیم به پتاسیم
OPRC122	۰	۱	۲۶/۳۳ ^{abc}	۷۷/۲۲ ^b	۰/۰۵ ^b	۰/۰۵ ^{bc}	۶/۹۵ ^{ab}	۱۱/۰۷ ^c	۱۲۳/۵۹ ^{ab}	۰/۲۷ ^{bc}
	۰	۴	۲۰/۳۳ ^{cde}	۶۸/۰۶ ^c	۰/۰۵ ^b	۰/۰۹ ^b	۵/۰۱ ^{abc}	۳۵/۴۵ ^{abc}	۶۴/۰۷ ^{cd}	۱/۰۲ ^{ab}
	۸	۸	۱۹ ^{cde}	۲۵/۵۳ ^g	۰/۰۳ ^b	۰/۰۵ ^{bc}	۳/۳۲ ^{bc}	۶۵/۲۴ ^{ab}	۴۳/۷۲ ^d	۱/۲۳ ^a
	۱۲	۱۲	۱۲/۳۳ ^e	۱۳/۷۱ ^h	۰/۳۰ ^b	۰/۰۳ ^c	۱/۰۰ ^c	۷۸/۳۹ ^a	۱۱/۳۲ ^d	۱/۳۰ ^a
	۱	۱	۳۰/۳۳ ^{ab}	۷۴/۳۴ ^{bc}	۰/۶۲ ^b	۰/۰۴ ^c	۶/۹۸ ^{ab}	۱۵/۷۸ ^c	۱۷۹/۰۳ ^a	۰/۱۱ ^c
	۱۵	۴	۲۳/۳۳ ^{abcd}	۴۷/۳۰ ^e	۰/۶۳ ^b	۰/۰۶ ^{bc}	۶/۴۰ ^{ab}	۳۸/۳۰ ^{abc}	۱۰۹/۷۵ ^{bc}	۰/۱۵ ^c
	۸	۸	۲۰ ^{cde}	۳۸/۳۶ ^{ef}	۰/۴۳ ^b	۰/۰۶ ^{bc}	۵/۱۹ ^{abc}	۴۹/۲۶ ^{abc}	۵۱/۸۰ ^d	۰/۲۷ ^{bc}
	۱۲	۱۲	۱۵/۶۶ ^{de}	۲۴/۷۱ ^g	۰/۳۸ ^b	۰/۰۳ ^c	۳/۴۰ ^{bc}	۵۰/۶۱ ^{abc}	۳۳/۳۲ ^d	۱/۲۹ ^a
	۱	۱	۳۱ ^a	۸۷/۲۸ ^a	۱/۵۹ ^a	۰/۱۸ ^a	۸/۹۷ ^a	۲۰/۴۳ ^{bc}	۱۶۲/۱۳ ^{ab}	۰/۱۱ ^c
	۲۵	۴	۲۹/۶۶ ^a	۵۷/۹۷ ^d	۰/۶۲ ^b	۰/۰۷ ^{bc}	۹/۲۴ ^a	۲۲/۴۹ ^{bc}	۱۶۱/۴۸ ^{ab}	۰/۲۰ ^c
OPRC125	۸	۸	۲۴/۶۶ ^{d,h}	۳۸/۹۸ ^{ef}	۰/۵۴ ^b	۰/۰۷ ^{bc}	۲/۵۶ ^{bc}	۳۶/۴۱ ^{abc}	۴۳/۹۲ ^d	۱/۰۱ ^{ab}
	۱۲	۱۲	۲۲/۶۶ ^{e,k}	۳۶/۵۹ ^f	۰/۵۲ ^b	۰/۰۴ ^c	۴/۸۱ ^{abc}	۵۶/۴۲ ^{abc}	۲۱/۹۲ ^d	۱/۲۴ ^a
	۱	۱	۲۳ ^b	۳۲/۲۰ ^{cd}	۰/۷۱ ^{bcd}	۰/۰۹ ^{ab}	۶/۲۲ ^{bc}	۲۱/۰۷ ^{cd}	۵۲/۸۱ ^c	۰/۴۴ ^{bc}
	۴	۴	۲۰ ^{bcd}	۴۸/۲۴ ^b	۰/۵۳ ^d	۰/۱۰ ^{ab}	۸/۲۴ ^{ab}	۳۱/۶۷ ^{bcd}	۴۶/۵۴ ^c	۰/۶۱ ^{abc}
	۸	۸	۱۵ ^{de}	۳۰/۶۳ ^e	۰/۶۲ ^{cd}	۰/۰۶ ^{bc}	۴/۳۹ ^{cd}	۴۷/۴۷ ^{bc}	۴۴/۶۷ ^c	۱/۰۴ ^{ab}
	۱۲	۱۲	۱۲ ^e	۲۱/۶۸ ^f	۰/۵۴ ^{cd}	۰/۰۷ ^{bc}	۱/۶۷ ^d	۸۳/۰۷ ^a	۴۸/۸۹ ^c	۱/۲۵ ^a
	۱	۱	۲۲/۵۰ ^{bc}	۳۷/۸۲ ^{cd}	۰/۷۳ ^{bcd}	۰/۰۸ ^{bc}	۲/۹۵ ^d	۴/۵۲ ^d	۲۰۹/۲۴ ^a	۰/۳۶ ^c
	۱۵	۴	۲۲ ^{bc}	۳۲/۱۶ ^{de}	۰/۹۲ ^{abc}	۰/۰۷ ^{bc}	۲/۸۸ ^d	۳۲/۱۵ ^{bcd}	۱۰۵/۸۳ ^b	۰/۴۸ ^{bc}
	۸	۸	۱۹ ^{bcd}	۲۴/۱۶ ^f	۱/۰۶ ^{ab}	۰/۰۵ ^{bc}	۲/۴۷ ^d	۴۴/۵۲ ^{bc}	۵۱/۰۳ ^c	۰/۶۶ ^{abc}
	۱۲	۱۲	۱۷ ^{cde}	۲۱/۴۸ ^f	۰/۴۳ ^d	۰/۰۳ ^c	۲/۴۸ ^d	۵۶/۴۱ ^{ab}	۳۸/۲۳ ^c	۰/۸۸ ^{abc}
OPRCS54	۱	۱	۳۱ ^a	۵۸/۸۳ ^a	۱/۶ ^a	۰/۱۳ ^a	۱۰/۵۷ ^a	۱۰/۳۷ ^d	۱۰۵/۴۸ ^b	۰/۷۳ ^{abc}
	۲۵	۴	۲۹/۵۰ ^a	۳۹/۳۵ ^c	۰/۷۴ ^{bcd}	۰/۰۳ ^c	۲/۶۷ ^d	۲۹/۰۷ ^{bcd}	۵۰/۷۵ ^c	۱/۰۵ ^{ab}
	۸	۸	۱۷ ^{cde}	۳۲/۲۰ ^{de}	۰/۶۷ ^{cd}	۰/۰۴ ^c	۲/۶۰ ^d	۴۳/۳۰ ^{bc}	۵۰/۶۴ ^c	۰/۵۷ ^{bc}
	۱۲	۱۲	۱۷ ^{cde}	۲۳/۴۳ ^f	۰/۶۵ ^{cd}	۰/۰۶ ^{bc}	۲/۲۱ ^d	۷۸/۳۶ ^a	۴۶/۹۷ ^c	۰/۴۸ ^{bc}
	۱	۱	۲۲ ^{bcd}	۳۸/۷۶ ^b	۰/۷۶ ^{ab}	۰/۰۵ ^b	۲/۴۷ ^a	۱۱/۸۴ ^d	۴۱/۶۴ ^{cde}	۰/۵۰ ^{bc}
	۴	۴	۱۷/۵۰ ^{de}	۲۲/۳۰ ^{efg}	۰/۶۲ ^{ab}	۰/۰۸ ^{ab}	۱/۶۹ ^a	۱۳/۰۹ ^d	۳۹/۴۳ ^{cde}	۰/۳۶ ^{bc}
	۸	۸	۱۶/۶۶ ^{de}	۲۰/۱۵ ^{fg}	۰/۵۳ ^b	۰/۰۷ ^{ab}	۱/۹۴ ^a	۱۶/۶۴ ^{cd}	۳۲/۵۶ ^{cde}	۰/۸۹ ^{abc}
	۱۲	۱۲	۱۳ ^e	۱۸/۰۲ ^g	۰/۳۹ ^b	۰/۰۷ ^{ab}	۱/۵۹ ^a	۴۳/۰۰ ^a	۴۰/۸۴ ^{cde}	۰/۹۲ ^{abc}
	۱	۱	۲۸/۳۳ ^{ab}	۳۷/۵۲ ^{bc}	۰/۶۳ ^{ab}	۰/۰۴ ^b	۱/۵۷ ^a	۱۷/۳۸ ^{cd}	۸۴/۱۰ ^a	۰/۲۱ ^c
	۱۵	۴	۲۷/۳۳ ^{abc}	۲۴/۷۷ ^{ef}	۰/۷۰ ^{ab}	۰/۰۴ ^b	۱/۵۴ ^a	۲۱/۸۴ ^{bcd}	۴۹/۳۲ ^{bcd}	۱/۱۶ ^{ab}
OPRCS54	۸	۸	۱۸/۶۶ ^{de}	۳۲/۲۹ ^{cd}	۰/۴۳ ^b	۰/۰۴ ^b	۱/۴۴ ^a	۳۳/۶۱ ^{bcd}	۴۶/۶۶ ^{bcd}	۱/۲۱ ^{ab}
	۱۲	۱۲	۲۱ ^{cd}	۲۰/۳۳ ^g	۰/۳۵ ^b	۰/۰۶ ^b	۱/۶۶ ^a	۳۵/۰۵ ^{ab}	۳۱/۳۳ ^{cde}	۰/۳۷ ^{bc}
	۱	۱	۳۲/۶۶ ^a	۵۱/۷۵ ^a	۰/۸۵ ^{ab}	۰/۰۶ ^b	۲/۵۰ ^a	۱۵/۲۹ ^d	۷۰/۲۰ ^{ab}	۱/۵۶ ^a
	۲۵	۴	۳۱/۳۳ ^a	۲۷/۳۰ ^{de}	۱/۱۵ ^a	۰/۱۲ ^a	۲/۳۶ ^a	۱۹/۵۸ ^{bcd}	۵۵/۸۶ ^{bc}	۰/۳۸ ^{bc}

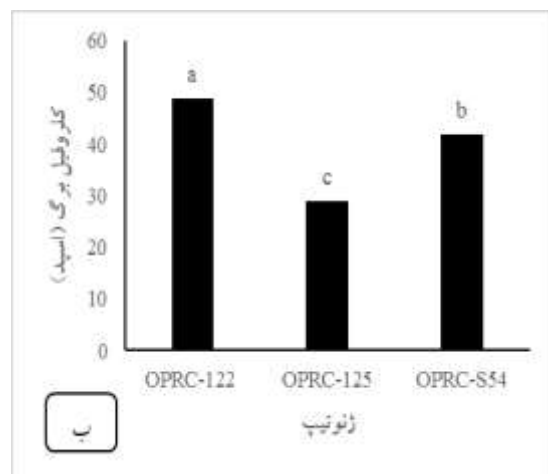
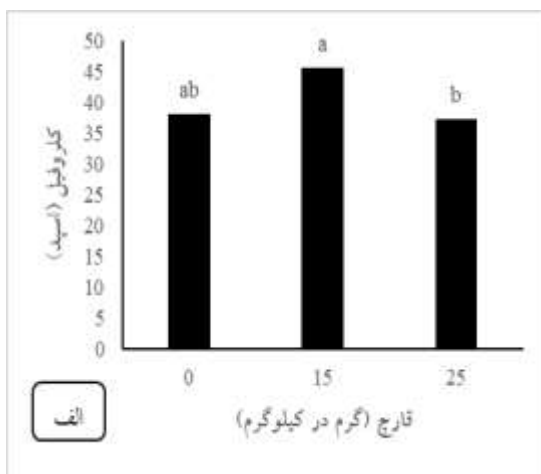
۰/۷۰abc	۲۴/۰۲de	۲۱/۵۵bcd	۱/۴۸ ^a	۰/۰۵ ^b	۰/۸۱ ^{ab}	۲۳/۱۷ ^{efg}	۲۸ ^{ab}	۸
۰/۴۲bcj	۲۰/۷۷ ^e	۴۳/۰۰ ^a	۱/۵۳ ^a	۰/۰۶ ^b	۰/۶۷ ^{ab}	۱۹/۰۴ ^g	۲۱/۵۰ ^{bcd}	۱۲

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون برای هر ژنوتیپ براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

وزن خشک اندام هوایی به ریشه با تعداد ریزوم دخترتی، طول ریشه، وزن تر ریشه، جذب فسفر، سدیم، پتاسیم و نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه همبستگی نشان داد (جدول ۶).

شاخص کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر شوری و اثر متقابل ژنوتیپ، شوری و قارچ و نیز اثر سه گانه آنها بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار نبود (جدول ۵). بر اساس نتایج بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ (۴۸/۸۰ اسپد) در ژنوتیپ OPRC122 و کم‌ترین میزان آن (۲۹/۰۱ اسپد) در ژنوتیپ OPRC125 به دست آمد (شکل ۱-ب). بیش‌ترین میزان کلروفیل (۴۵/۵۶ اسپد) در تیمار ۱۵ گرم در گلدان قارچ میکوریزا و کم‌ترین میزان آن (۳۷/۲۲ اسپد) در غلظت ۲۵ گرم در گلدان قارچ میکوریزا حاصل شد (شکل ۱-الف). شاخص کلروفیل با جذب فسفر، پتاسیم و وزن تر ریشه در سطح احتمال یک درصد همبستگی نشان داد (جدول ۶).

در دو ژنوتیپ OPRC122 و OPRC125 بیش‌ترین نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم قارچ میکوریزا در گلدان حاصل شد (جدول ۴). در حالی‌که در ژنوتیپ OPRC-S54 بیش‌ترین نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه (به‌ترتیب ۱/۱۵ و ۰/۱۲) در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم قارچ میکوریزا در گلدان حاصل شد (جدول ۴). همچنین در ژنوتیپ OPRC125 استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم قارچ میکوریزا در گلدان، نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه را به‌ترتیب ۲۶/۶۶ و ۷۳/۳۳ درصد در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر افزایش داد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC-S54 استفاده از قارچ میکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوتی میان شاهد و تیمارها ایجاد نکرد در حالی‌که در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از ۲۵ گرم قارچ میکوریزا در گلدان ۵۲/۸۳ درصد نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه را افزایش داد (جدول ۴). نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن تر ریشه با وزن تر ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال یک درصد همبستگی نشان داد (جدول ۶). همچنین نسبت



شکل ۱: مقایسه میانگین الف) اثر قارچ و ب) اثر ژنوتیپ بر شاخص کلروفیل برگ

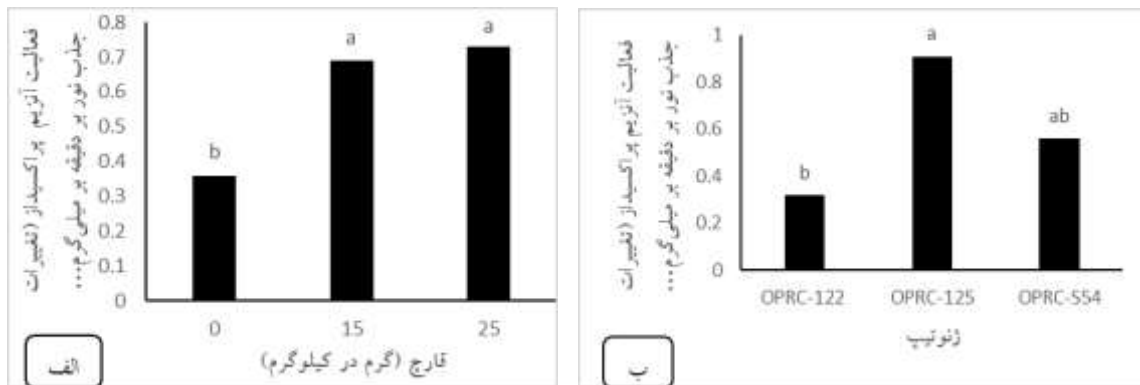
جدول ۵: تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر در سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق تحت سطوح مختلف تنش شوری و قارچ مایکوریزا

میانگین مربعات							
منابع	درجه آزادی	شاخص کلروفیل (اسپد)	آنزیم پراکسیداز (تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین)	فسفر (میلی گرم در گلدان)	سدیم (میلی گرم در گلدان)	پتاسیم (میلی گرم در گلدان)	سدیم به پتاسیم
ژنوتیپ	۲	۳۰۰۰/۴۰**	۳/۱۴**	۱۱۴/۱۹**	۱۰۴۵/۰۳ ^{ns}	۱۴۲۹۸/۵۷**	۰/۰۲۵ ^{ns}
شوری	۳	۵۱۲/۳۵ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۵۸/۲۸**	۳۳۵۴/۴۱**	۳۲۷۶۷/۳۸**	۰/۸۱**
قارچ	۲	۱۲۶۳/۰۵*	۲/۰۴*	۱۶/۸۸**	۱۷۳/۱۲ ^{ns}	۱۱۲۷۲/۳۸**	۰/۰۸ ^{ns}
ژنوتیپ × شوری	۶	۴۸۹/۴۹ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۱۵/۲۵**	۱۶۴۷/۰۵*	۵۷۱۶/۴۰**	۰/۷۶**
ژنوتیپ × قارچ	۴	۳۵۱/۲۲ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۹/۹۶**	۱۱۵۶/۳۷ ^{ns}	۲۳۱۷/۱۶*	۰/۴۰*
شوری × قارچ	۶	۳۳۸/۱۴ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۷/۷۶**	۱۸۰۵/۸۲*	۴۴۰۱/۹۶**	۰/۲۳ ^{ns}
ژنوتیپ × شوری × قارچ	۱۲	۳۳۵/۸۶ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۶/۹۶**	۲۲۴۲/۵۱*	۱۵۸۸/۲۴*	۰/۵۶**
خطا	۷۲	۲۶۵/۴۳	۰/۴۷	۱/۴۷	۶۶۴/۹۶	۴۱۳/۸۸	۰/۱۱۷
کل	۱۰۷						

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار می باشد.

میلی گرم پروتئین) در ژنوتیپ OPRC122 به دست آمد (شکل ۲-ب). بیشترین میزان فعالیت پراکسیداز (۰/۷۳ و ۰/۶۹ تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین) در غلظت ۱۵ و ۲۵ گرم در گلدان مایکوریزا و کمترین میزان آن (۰/۳۶) تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین) در غلظت ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به دست آمد (شکل ۲-الف). فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد با جذب عناصر فسفر و پتاسیم و طول و وزن تر ریشه همبستگی نشان داد (جدول ۶).

فعالیت آنزیم پراکسیداز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر قارچ مایکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار بود (جدول ۵). اثر شوری و اثر متقابل ژنوتیپ، شوری و قارچ بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار نبود (جدول ۵). بر اساس نتایج بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (۰/۹۱) تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین) در ژنوتیپ OPRC125 و کمترین میزان آن (۰/۳۲) تغییرات جذب نور بر دقیقه بر



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر الف) قارچ و ب) ژنوتیپ بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

OPRC125 بیشترین جذب فسفر (۱۰/۵۷ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC554 تفاوت معنی‌داری میان تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴). استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC122 به‌ترتیب جذب فسفر را ۳۴۱ و ۴۸۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). در حالی‌که در دو ژنوتیپ دیگر کاربرد مایکوریزا تاثیری در افزایش جذب فسفر در سطوح بالای شوری نشان نداد (جدول ۴). جذب فسفر با جذب سدیم و پتاسیم، شاخص کلروفیل، فعالیت آنزیم پراکسیداز، طول ریشه، وزن تر ریشه و نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال یک درصد همبستگی نشان داد (جدول ۶).

با افزایش سطح شوری، جذب سدیم به‌طور معنی‌داری در هر سه ژنوتیپ افزایش یافت (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC122 کمترین میزان جذب سدیم (۱۱/۰۷ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC125 کمترین میزان جذب سدیم (۴/۵۲ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ

عناصر غذایی: بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ، شوری و قارچ و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر جذب فسفر معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر شوری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری و نیز شوری و قارچ مایکوریزا و نیز اثر سه‌گانه شوری، ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر میزان جذب سدیم معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر شوری، ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد و اثرات سه‌گانه آنها در سطح احتمال پنج درصد بر میزان جذب پتاسیم اثر داشت (جدول ۵). اثر شوری، اثر متقابل شوری و ژنوتیپ و نیز اثر سه‌گانه شوری، ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر نسبت سدیم به پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۵).

با افزایش سطح شوری، جذب فسفر در دو ژنوتیپ OPRC122 و OPRC125 به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC122 بیشترین جذب فسفر (به‌ترتیب ۸/۹۷ و ۹/۲۴ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا و کمترین مقدار آن (۱/۰۰ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون تیمار قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۴). در ژنوتیپ

جذب پتاسیم با جذب سدیم و فسفر، شاخص کلروفیل، فعالیت آنزیم پراکسیداز، طول ریشه، وزن تر ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال یک درصد همبستگی نشان داد (جدول ۶).

با افزایش سطح شوری، نسبت سدیم به پتاسیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC122 بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم (۱/۲۳، ۱/۳۰، ۱/۲۹ و ۱/۲۴) در شوری‌های ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRC125 کمترین میزان آن (۰/۳۶) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRCS54 کمترین جذب سدیم (۰/۲۱) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). کاربرد ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا نسبت سدیم به پتاسیم را نسبت به شاهد به ترتیب ۲۹/۶ و ۶۱/۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). نسبت سدیم به پتاسیم با جذب فسفر، سدیم و پتاسیم، فعالیت آنزیم پراکسیداز و وزن تر ریشه همبستگی نشان داد (جدول ۶).

مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRCS54 کمترین مقدار جذب سدیم (۱۵/۲۹ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمارهای شاهد و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۴). همچنین استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در ژنوتیپ OPRC125، ۳۲ درصد جذب سدیم را در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد (جدول ۴). در ژنوتیپ OPRCS54 نیز در همین شوری کاربرد ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در گلدان به ترتیب ۶۳/۵۱ و ۵۵/۲۴ درصد جذب سدیم را نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۴). جذب سدیم با جذب فسفر و پتاسیم و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال یک درصد همبستگی نشان داد (جدول ۶).

با افزایش سطح شوری، در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی جذب پتاسیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). در هر سه ژنوتیپ، بیشترین جذب پتاسیم (به ترتیب با مقادیر ۱۷۹/۰۳، ۲۰۹/۲۴ و ۸۴/۱۰ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در حاصل شد (جدول ۴). استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم قارچ مایکوریزا در ژنوتیپ OPRC122 در سطوح شوری ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری جذب پتاسیم را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴).

جدول ۶: جدول ضرایب همبستگی پیرسون میان خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق

DWS/DWR	FWS/FWR	K	Na	P	POX	Ch	FWR	LR	NDR	
									۰/۰۲ ^{NS}	LR
								۰/۲۴*	۰/۱۹ ^{NS}	FWR
							۰/۴۵**	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۱۵ ^{NS}	Ch
						۰/۱۲ ^{NS}	۰/۳۶**	۰/۲۵**	۰/۰۳ ^{NS}	POX
				۰/۳۰**	۰/۳۰**	۰/۶۰**	۰/۲۵**	۰/۳۴**	۰/۳۴**	P
				۰/۳۷**	۰/۰۵ ^{NS}	۰/۱۰ ^{NS}	۰/۱۸ ^{NS}	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۱۷ ^{NS}	Na
			۰/۲۷**	۰/۸۲**	۰/۴۲**	۰/۳۵**	۰/۷۶**	۰/۳۶**	۰/۳۵**	K
	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۱۵ ^{NS}	۰/۲۹**	۰/۱۵ ^{NS}	۰/۱۴ ^{NS}	FWS/FWR

	۰/۵۷**	۰/۳۰**	۰/۲۵**	۰/۴۳**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۱*	۰/۲۳*	۰/۳۵**	DWS/DWR
	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۴۳**	۰/۵۷**	۰/۲۲*	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۵**	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	Na/K

سطح‌های معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون به ترتیب با ** و * نشان داده شده است.

تعداد ریزوم دختری: NDR، طول ریشه: LR (cm)، وزن تر ریزوم و ریشه: FWR (g)، شاخص کلروفیل: Ch، فعالیت آنزیم پراکسیداز: POX (ΔOD /Min./mg. protein)، جذب فسفر: P (mg/pot)، جذب سدیم Na (mg/pot)، جذب پتاسیم: K (mg/pot)، نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن تر ریزوم و ریشه: FWS/FWR، نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن تر ریزوم و ریشه: DWS/DWR، نسبت سدیم به پتاسیم: Na/K

بحث

طور جزئی اثرات منفی تنش را جبران کرده و از طریق افزایش کلروفیل کل، سطح برگ، وزن خشک کل، ارتفاع بوته و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی برگ در مرحله گلدهی، تحمل ذرت به تنش شوری را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون قارچ افزایش داد. به نظر می‌رسد که تنش شوری با تأثیر بر تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها موجب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود و استفاده از قارچ میکوریزا توانسته است این کاهش وزن خشک را تا حدودی جبران نماید (Dehghani et al., 2017).

استفاده از قارچ میکوریزا منجر به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد شد. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، گواکول پراکسیداز و کاتالاز، مهم‌ترین آنزیم‌های سم‌زدا می‌باشند که با همکاری آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در چرخه گلوتاتیون آسکوربات، رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کنند (Wang et al., 2011). فعالیت این آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش کلیدی در بقای گیاه در شرایط تنش بازی می‌کند. برای دفاع علیه تنش اکسیداتیو در سلول‌های گیاه فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل سوپراکسید دیسموتاز، سوپراکسیداز، گلوتاتیون S-ترانسفراز و کاتالاز افزایش می‌یابد. از آنجایی که آنزیم پراکسیداز مرتبط با تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد، افزایش واکنش‌های رادیکال آزاد را موجب می‌شود. بنابراین تعدیل و تنظیم سطوح آنتی‌اکسیدانت یک پاسخ سازشی مهم برای مقاوم کردن به شرایط تنش‌زا می‌باشد (Foyer et al., 1997).

با افزایش سطح شوری، میزان رشد، طول ریشه و وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت. نتایج حاصله با نتایج Vafadar و همکاران (۲۰۱۸) روی گیاه مورد، Bostani و همکاران (۲۰۱۵) روی ذرت و Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹a) روی گل مغربی مطابقت داشت. کاهش رشد در غلظت‌های بالای شوری می‌تواند به دو دلیل باشد: کاهش انرژی مورد نیاز برای رشد و یا از بین رفتن تورژسانس. کاهش انرژی می‌تواند نتیجه انحراف مواد فتوسنتزی به سمت انتقال فعال و جذب یون‌ها باشد. توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی به نوع و شدت تنش، مدت تنش، گونه گیاهی و همچنین مرحله وقوع تنش، بستگی دارد (Yordanov and Tsoev, 2000). Hagi Hassani و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، رشد رویشی گیاه اسطوخودوس (*Lavandula officinalis*) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طور کلی شوری باعث کاهش تعداد و سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Talebi et al., 2014). در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی، استفاده از قارچ میکوریزا منجر به افزایش طول و وزن تر ریزوم و ریشه شد. همچنین Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹b) گزارش کردند که استفاده از قارچ میکوریزا در سطوح بالای شوری نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه در گل مغربی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. گزارش شده است کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط تنش شوری به

نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، جذب فسفر به طور معنی داری کاهش یافت. با توجه به اینکه انتقال مواد فتوسنتزی در داخل گیاه به فسفر نیازمند است، لذا کاهش میزان جذب فسفر در تنش شوری، می تواند منجر به کاهش انتقال این گونه مواد به اندام های رویشی و در نهایت کاهش عمومی رشد گیاه گردد (Awad et al., 1990). با توجه به اینکه فسفر یک عنصر غیر متحرک است، می توان کاهش جذب آن را به کاهش طول ریشه این گیاه در شرایط شوری نسبت داد (Awad et al., 1990) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. قارچ های میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه ها و همچنین آزادسازی اسیدها و اسیدی کردن محیط ریزوسفر، عناصر کم تحرک را حل و برای گیاه قابل استفاده می کنند که با نتایج Mohammadi و همکاران (۲۰۱۹) روی نعناع فلفلی و Fasihi و همکاران (۲۰۱۴) روی خیار مطابقت دارد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش سطح شوری، میزان جذب سدیم نیز افزایش یافت. سدیم یک رابطه آنتاگونیستی با یون های مهم مانند پتاسیم و فسفر نشان داد. کاربرد قارچ میکوریزا در بستر کشت، جذب سدیم را کاهش داد. Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹b) گزارش کردند که در غلظت ۳ گرم در کیلوگرم قارچ میکوریزا مقدار جذب سدیم در شوری های ۴ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد به طور معنی داری کمتر بود. قارچ میکوریزا با جلوگیری از جذب سدیم و تنظیم تعادل یون های مانند پتاسیم و کلسیم از گیاهان محافظت می کنند. Hashem و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که شوری بر جذب عناصر غذایی توسط گیاه اثر می گذارد. تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا اثرات منفی شوری را به علت کاهش اختصاص سدیم اضافی به بخش های بالایی گیاه، خنثی می کند، در نتیجه سمیت

Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹b) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. قارچ های میکوریزایی می توانند با همزیستی گیاه میزبان از راه افزایش فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیداتی مانند گایاکول پراکسیداز و کاتالاز به دلیل جذب فسفر سبب تحمل تنش به وسیله گیاه شوند (Mathur and Vyas, 1996). تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در اندام هوایی گندم شد. فعالیت این آنزیم در صورت تلقیح با قارچ میکوریزا در شرایط شوری و عدم شوری در مقایسه با تیمارهای غیر میکوریزایی بالاتر بود (Younesi and Moradi, 2016).

بر اساس نتایج بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ میکوریزا به دست آمد. نتایج به دست آمده با Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹a) مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که استفاده از قارچ میکوریزا در گل مغربی در سطوح شوری (۴ و ۷ دسی زیمنس بر متر) منجر به افزایش میزان کلروفیل نسبت به شاهد شد. همچنین تلقیح فلفل با گونه های قارچ میکوریزای *G. intraradices* و *G. mosseae* منجر به افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید در شرایط شوری شد به طوری که این افزایش در گیاهان تلقیح شده با گونه *G. intraradices* بیشتر بود (Stuchlik and Zak, 2012). در برخی مطالعات غلظت بالای منیزیم در نتیجه کلونیزاسیون قارچ میکوریزا مشاهده شده است. قارچ های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می کنند، بدین مفهوم که این قارچ های اثر ضدیت سدیم بر جذب منیزیم را کاهش، غلظت کلروفیل را افزایش و بنابراین عملکرد فتوسنتز و رشد گیاه را بهبود می بخشد (Giri and Mukerji, 2004; Navarro et al., 2014).

ذخیره می‌نمایند (Glenn et al., 1997). به عبارت دیگر شوری می‌تواند این تعادل از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم به هم زده و بازدارنده رشد گیاه باشد، از طرف دیگر نسبت بالاتر پتاسیم به سدیم در گیاهان میکوریزایی شده به دلیل جذب بیشتر پتاسیم می‌باشد، همچنین افزایش رشد گیاهان میکوریزایی شده از طریق اثر رقت نیز می‌تواند باعث کاهش تنش شوری

آن را محدود می‌سازد. Hashem و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا جذب سدیم را در خیار کاهش داده است.

بر اساس نتایج حاصله با افزایش سطح شوری، جذب پتاسیم به طور معنی‌داری کاهش یافت. از بین شکل‌های مختلف این عنصر، فقط شکل‌های محلول و تبادل‌پذیر آن برای گیاه قابل استفاده 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 تبادل‌پذیر محلول تبدیل شود (Haby et al., 1990). 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 (Shady et al., 1984). در گیاهان میکوریزی غلظت پتاسیم نیز بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی گزارش شده است و بدین ترتیب با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، هم‌زیستی میکوریزی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم (تنش شوری) محافظت می‌نماید (Ashraf, 2010). نتایج چاصله با نتایج Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹a) روی گل مغربی مطابقت نشان داد.

در غلظت بالای نمک به دلیل اثر رقابتی بر جذب یون‌ها غلظت یون پتاسیم در گیاه کاهش می‌یابد و باعث کمبود پتاسیم می‌گردد (Noble and Rogers, 1992). به طور معمول، در غلظت‌های بالای نمک، میزان سدیم درون سیتوپلاسم کاهش می‌یابد و با ثابت ماندن غلظت یون پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم کاهش می‌یابد. این سازوکار تا حدودی در مقابله با اثرات سوء ناشی از تنش شوری مؤثر است. انتخابگری بالای جذب یون پتاسیم در مقایسه با سدیم در اکثر گیاهان، حتی گونه‌های کم تحمل به نمک در شوری‌های کم تا متوسط گزارش شده است به گونه‌ای که یون پتاسیم را به جای سدیم در سلول‌های خود

و خصوصاً جذب عناصر غذایی شد. در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه در سطوح پائین شوری کاربرد قارچ میکوریزا منجر به بهبود رشد و عملکرد شد اما در سطوح بالای شوری در اکثر صفات مورد بررسی، در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر اثر مطلوب مشاهده گردید و گیاهان تلقیح شده با قارچ توانستند اثر شوری را تقلیل دهند، در حالی‌که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، قارچ اثر معنی‌داری در کاهش اثر تنش شوری نشان نداد.

شود (Sairam and Tyagi, 2004). نتایج حاصله با Bohlouli و همکاران (۲۰۱۹b) روی گل مغربی و Dehghani و همکاران (۲۰۱۷) روی ذرت شیرین مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، با افزایش سطح شوری، رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی توسط گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت. در حالی‌که تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا، موجب بهبود رشد

References

- Abdel Latef, A.A.H. and Chaoping, H. (2014).** Does inoculation with *Glomus mosseae* improve salt tolerance in pepper plants? *Journal of Plant Growth Regulation*. 33: 644–653.
- Abdel Latef, A.A.H. and He, C. (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.
- Ahmadi, F., Momenpour, A., Dehestani-Ardakani, M. and Gholamnezhad, J. (2019).** Response some of selected pomegranate (*Punica granatum*) genotypes to irrigation water salinity. *Journal of Crops Improvement*. 21(3): 303-321.
- Amanifar, S., Khodabandelo, M., Fard, E.M., Askari, M.S. and Ashrafi, M. (2019).** Alleviation of salt stress and changes in glycyrrhizin accumulation by arbuscular mycorrhiza in liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) grown under salinity stress. *Environmental and experimental botany*. 160: 25-34.
- Ashraf, M. (2010).** Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnology Advances*. 28: 169-183.
- Awad, A.S., Edward, D.G. and Campbell, L.C. (1990).** Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*. 30:123-128.
- Azimi, M.H., Sadeghian, S.Y., Razavi Ahari, V., Khazaei, F. and Fathi Hafashjani, A. (2012).** Genetic variation of Iranian *Iris* species using morphological characteristics and RAPD markers. *International Journal of Agricultural Science*. 2(9): 875-889.
- Bohlouli, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M. and Razmjoo, J. (2019a).** Effect of organic and biological fertilizers on some growth characteristics of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) under salinity conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1): 263-280.
- Bostani, H., Chorom, M., Moezzi, A., Karimian, N., Enayati Zamir, N. and Zarei, M. (2015).** Investigation of Effects of Bio Fertilizer Application on Zinc uptake and Some of Vegetative Growth Indices of Corn (*Zea Mays* L.) in a Non-Sterile Calcareous Soil with Different Levels of Salinity', *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(22), pp. 98-123. (In Persian).
- Daei, G., Ardekani, M. R., Rejali, F., Teimuri, S. and Miransari, M. (2009).** Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Journal of Plant Physiology*. 166: 617–625. (In Persian).
- Dehestani-Ardakani, M., Bohlouli, M., Shirmardi, M. and Razmjoo, J.**

- (2019b). Effect of Humic acid, Mycorrhizal Fungi and Madder Residue on Some Growth Characteristics and Nutrient Uptake of Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.) Under Salt Stress. *Intrnational Journal of Horticultural Science and Technology*. 20 (2): 221-234. (In Persian).
- Dehghani, A., kazemeini, S.A., zarei, M.I. and Alinia, M. (2017)**. Effects of salt stress and mycorrhiza fungi on morpho-physiological characteristics of sweet corn. *Journal of Crop Plant Production*. 7 (1):101-113. (In Persian).
- Dimkpa, C., Weinand, T. and Ash, F. (2009)**. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environment*. 32: 1682–1694.
- Emami, A. (1996)**. The methods of plant analysis, Soil and Water Research Institute, Publication No. 982, Vol. 1.
- Fasihi, M., Shamshiri, M.H., Karimi, H.R. and Roosta, H.R. (2014)**. Effect of arbuscular mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on growth of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* cv. Nahid) under different levels of sodium bicarbonate in irrigation water. *Technology of Greenhouse Culture*. 5: 53-62. (In Persian)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015)**. Status of the World's Soil Resources; FAO: Rome, Italy.
- Foyer, C.H., Lopez-Oelgado, L., Dat, J.F., Scott, I.M. (1997)**. Hydrogen peroxide and glutation associated mechanism of asslimatory stress tolerance and signaling. *Physiology of Plant*. 100: 241-254.
- Giri, B. and Mukerji, K.G. (2004)**. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania gradiflora* under field condition: evidenced for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*. 14:307-312.
- Glenn, E.P., Brown, J. and Khan, M.J. (1997)**. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. pp. 83-119, *In: A. S. Basra and R. K. Basra (Eds.)*, Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Harwood Academic Publishers, Netherlands.
- Haby, V.A., Russelle, M.D. and Skogley, E.O. (1990)**. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. Soil testing and plant analysis, 3rd ed., SSSA Book Seri. 3: 181-227.
- Hagi Hassani, L., Mortazavi, N. and Ammarloo, A. (2016)**. Investigation the effect of salsilic acid under salt stress on some growth and physiological characteristics of *Lavandula Officinalis* L. p. 1-12. 12 May 2016. second national congress in agricultural and natural science development, Gorgan. (In Persian).
- Hashem, A., Abd_Allah, E.F., Alqarawi, A.A., Aldubise, A., Egamberdieva, D. (2015)**. Arbuscular mycorrhizal fungi enhances salinity tolerance of *Panicum turgidum* Forssk by altering photosynthetic and antioxidant pathways. *Journal of Plant Interactions*. 10(1):230–242.
- Hashem, A., Alqarawi, A.A., Radhakrishnan, R., Al-Arjani, A.F., Aldehaish, H.A., Egamberdieva, D. and Abd Allah, E.F. (2018)**. Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the oxidative system, hormones and ionic equilibrium to trigger salt stress tolerance in *Cucumis sativus* L. *Saudi journal of biological sciences*, 25(6): 1102–1114.
- Jéhan, H., Courtois, D., Ehret, C., Lerch, K. and Petiard, V. (1994)**. Plant regeneration of *Iris pallid* Lam. and *Iris germanica* L. via somatic embryogenesis from leaves, apices and young flowers. *Plant Cell Report*. 13: 671–675.
- Khalifa, R.M., Shaaban, S.H.A. and Rawia, A. (2011)**. Effect of foliar application of zinc sulfate and boric acid on growth, yield and chemical constituents of *iris* plants. *Oze Journal Applied Science*. 4(2): 129-144.
- Ma Y., Rajkumar M., Moreno A., Zhang C. and Freitas H. (2017)**. Serpentine endophytic bacterium *Pseudomonas azotoformans* ASS1 accelerates phytoremediation of soil metals under drought stress. *Chemosphere*. 185: 75–85.

- Mathur, N. and Vyas, A. (1996).** Biochemical changes in *Ziziphus xylopyrus* VA mycorrhizae. Botanical Bulletin Academia Science. 37: 209 - 212.
- Mohammadi, S., Boroomand, S., Moghbeli, E. (2019).** Effect of different mycorrhizal species inoculation on concentration of nutrient elements, yield per plant and antioxidant activity in Peppermint (*Mentha piperita*) under salt stress". Journal of Soil Management and Sustainable Production. 8(4): 127-142
- Munns, R. and Tester M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance, Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
- Navarro, J.M., Perez-Tornero, O. and Morte, A. (2014).** Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi depends on the rootstock salt tolerance. Journal of Plant Physiology. 171:76-85.
- Noble, C. and Rogers, M. (1992).** Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. Plant and Soil. 146: 99-107.
- Pinfang, B.W.L. and Baoguo, L. (2008).** Response of *Lactea* var. Chinensis to NaCl and NaHCO₃ Stress in trees in growth and photosynthesis. Acta Pedologica Sinica. 2.
- Pollastri, S., Savvides, A., Pesando, M., Lumini, E., Volpe, M.G., Ozudogru, E.A., Faccio, A., De Cunzo, F., Michelozzi, M., Lambardi, M. and Fotopoulos, V., (2018).** Impact of two arbuscular mycorrhizal fungi on *Arundo donax* L. response to salt stress. Planta. 247(3): 573-585.
- Porras-Soriano, A., Soriano-Martín, M. L., Porras-Piedra, A. and Azcón, R. (2009).** Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. Journal of Plant Physiology. 166: 1350-1359.
- Reuveni, M., Agapov, V. and Reuveni, R. (1995).** Induced systematic protection to powdery mildew in cucumber by phosphate and potassium fertilizers: effect of inoculum concentration and post-inoculation treatment. Canadian Journal of Plant Pathology. 17: 245-251.
- Sairam, R. and Tyagi, A. (2004).** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science Bangalore 86(3): 407-421.
- Shady, M.A., Ibrahim, I. and Afify, A.H. (1984).** Mobilization of elements and their effects on certain plant growth characteristics as influenced by some silicate bacteria. Egypt Journal of Anaesthesia. 27: 1-7. 17-30.
- Stuchlik, M. and Zak, S. (2012).** Vegetable lipids as components of functional foods. Biomedical Papers. 146(2): 3-10.
- Talebi, F., Mortazavi, N. and Sharafi, Y. (2014).** The effect of salt stress on some morphological characteristics in *Zinnia elegans*. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7(2): 277-279. (In Persian).
- Tanji, K.K. (2006).** Salinity in the Soil Environment. In Salinity: Environment—Plants—Molecules; Läuchli, A., Lüttge, U., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2006.
- Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M.R. and Nikbakht, A. (2018).** Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle (*Myrtus communis*). j.plant proc. func.. 2018; 7 (23) :33-44. (In Persian).
- Waddick, J.W. and Zhao, Y. (1992).** Iris of China. Timber Press, Portland, Ore. 336 p.
- Wang, Y., Ma, F., Li, M., Liang, D. and Zou, J. (2011).** Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. Plant Growth Regulation. 64: 63-74.
- Wang, Y., Wang, M., Li, Y., Wu, A. and Huang, J. (2018).** Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nitrogen uptake of *Chrysanthemum morifolium* under salt stress. PLOS one. 13(4):.e0196408.
- Wen-Bo, B., Pin-Fang, L., Bao-Guo, L., Fujiyama, H. and Fen-Cheng, F. (2008).** Some Physiological Responses of Chinese Iris to Salt Stress. Pedosphere. 18 (4): 454 - 463.
- Wendelbo, P. (1977).** Tulips and Irises of Iran (Tehran, Iran: Botanical Institute of Iran).

- WenYuan, W., XiaoFeng, Y., Ying, J., Bo, Q. and YuFeng, X. (2012).** Effects of salt stress on water content and photosynthetic characteristics in *Iris lactea* var. *Chinensis* seedlings. Middle East Journal of Scientific Research. 12 (1): 70-74.
- Wu, Q.-S., Zou, Y.-N. and He, X.-H. (2010).** Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. Acta Physiology Plant. 32: 297-304.
- Yang, S.-J., Zhang, Z.L., Xue, Y.X., Zhang, Z.F. and Shi, S.Y. (2014).** Arbuscular mycorrhizal fungi increase salt tolerance of apple seedlings. Botanical Studies. 55:70.
- Yordanov, V. and Tsoev, T. (2000).** Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. Photosynthetica. 38: 171-186.
- Younesi, O., Moradi, A. (2016).** Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) on antioxidant enzyme activities in salt-stressed wheat. Journal of Crops Improvement. 18(1): 21-30.
- Zhu, L., Wang, P., Zhang, W., Hui, F. and Xiangxiang, C. (2017).** Effects of selenium application on nutrient uptake and nutritional quality of *Codonopsis lanceolata*. Scientia Horticulturae. 225: 574-580

Investigation of morpho-physiological responses to salinity stress in three promising hybrid genotypes of *Iris (Iris germanica L.)* inoculated with mycorrhizal fungi**Ziaei, Z.¹, Dehestani-Ardakani, M.^{1, 2*}, Shirmardi, M.^{1, 2}, and Azimi M. H.³**¹Department of Horticultural Science, College of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran²Medicinal and Industrial Plants Research Institute, Ardakan, Iran³Ornamental Plants Research Center (OPRC), Horticulture Sciences Research Institute (HSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran

Received date: 2019/12/25

Accepted date: 2020/04/18

Abstract

Iris germanica L. is one of the most majestic and popular perennials used in landscape. The aim of this study was comparison of salinity tolerance in three new hybrids genotypes of *Iris germanica* L. inoculated with mycorrhizal fungi. Treatments consisted of four levels of water salinity (1, 4, 8, and 12 ds/m), three levels of mycorrhizal fungi (0, 15, and 25 g/kg) and three promising genotypes of iris (OPRC-122, OPRC-125, and OPRC-S54). Experiment was conducted based on a factorial and completely randomized design (CRD) with three replications in 2018-2019 in Ardakan University. Some morphological and physiological traits were evaluated. Application of 25 g/kg mycorrhizal fungi at 12 dS/m salinity level increased root length in OPRC122 and OPRCS54 genotypes by 83.77% and 65.38%, respectively compared with control. In OPRCS54 genotype under 8 dS/m salinity, using 25 g/kg mycorrhizal fungi increased the ratio of shoot to root fresh weights by 52.83%. Application of 15 and 25 g/kg mycorrhizal fungi at 12 dS/m salinity in OPRC122 genotype increased P uptake by 341% and 480%, respectively. The use of 15 g/kg mycorrhizal fungi in OPRC125 genotype reduced Na uptake by 32% at 12 dS/m salinity. In OPRCS54 genotype under the same level of salinity, application of 15 and 25 g/kg mycorrhiza fungi decreased sodium uptake by 63.51% and 55.24%, respectively. In general, using mycorrhizal fungi in all three genotypes at salinity level of 8 dS/m reduced the effect of salinity and increased plant yield.

Keywords: Growth characteristics, Morphology, Phosphorus, sodium, Yield.

*Corresponding author; mdehestani@ardakan.ac.ir