مقاله پژوهشی

اثر قارچ مایکوریزا بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه ژنوتیپ زنبق آلمانی (*Iris germanica*) تحت تنش شوری

زهرا ضیایی[۱]، مریم دهستانی اردکانی*[۱]، مصطفی شیرمردی[۱] و محمد حسین عظیمی[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، [۲] گروه ژنتیک و به‌نژادی، پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، محلات، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳)

چکیده

زنبق (*Iris* spp.) یکی از گیاهان زینتی و دارویی مهم از خانواده زنبق است. تحقیق حاضر با هدف بررسی قارچ مایکوریزا بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه ژنوتیپ زنبق آلمانی تحت تنش شوری صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۱، ٤، ۸، ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح قارچ مایکوریزا (صفر، ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم) و سه ژنوتیپ زنبق اصلاح‌شده (OPRC-122، OPRC-125، OPRC-S54) بودند. با افزایش سطح شوری، وزن خشک برگ، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و غلظت پتاسیم برگ به‌طور معنی‌داری کاهش و میزان پروتئین، فعالیت آنزیم کاتالاز و غلظت سدیم برگ افزایش یافت. در ژنوتیپ OPRC-122 شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا، منجر به افزایش معنی‌دار (۰/۲۱ میلی‌گرم در گرم) کلروفیل a در مقایسه با شاهد و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا گردید. همچنین در ژنوتیپ مذکور، در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در مقایسه با شاهد و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا، کلروفیل b را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کاربرد از ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر توانست میزان سدیم را در ژنوتیپ OPRC-122 به‌ترتیب ۲۹/۷۱ و ۳۵/۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش دهد. کاربرد ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC-125 میزان پتاسیم برگ را ۱۲/٦۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که از میان سه ژنوتیپ مورد بررسی، ژنوتیپ OPRC-122 مقاومت بیشتری به تنش نشان داده و تیمارهای قارچی در هر سه ژنوتیپ بهتر از شاهد توانستند تحمل به شوری گیاه را افزایش دهند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سدیم، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی

مقدمه

زنبق با نام علمی *Iris* spp. بزرگترین جنس تیره Iridaceae است که شامل بیش از ۳۰۰ گونه از گیاهان گل‌دار است. این گیاهان معمولاً در باغ‌ها و فضای سبز کشت و کار می‌شوند و از گل‌های آنها برای اهداف زینتی استفاده می‌شود (Villasen *et al.*, 2007). زنبق از رده تک لپه‌ای‌ها، جز گیاهان بومی ایران بوده و در نقاط مختلف کشور به‌صورت وحشی می‌روید (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۰). گونه‌های زنبق اهمیت دارویی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mdehestani@ardakan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

بسیار زیادی داشته و در درمان سرطان، التهاب و آلودگی‌های باکتریایی و ویروسی کاربرد دارند (Rahmana *et al.*, 2003). در کنار ارزش زینتی، این گیاه به‌علت مواد معطر در ریزوم‌ها دارای خواص دارویی است (Gozu *et al.*, 1993). زنبق آلمانی به‌دلیل دارابودن این خصوصیات، از گیاهان محبوب در طراحی فضای سبز بوده و در باغ‌های صخره‌ای بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۰).

گیاهان اغلب در معرض تنش‌های محیطی قرار دارند که این امر موجب اختلال در رشد و متابولیسم آنها می‌شود (Barnawal *et al.*, 2014). شوری از مهم‌ترین مشکلات در بخش کشاورزی و محیط‌زیست است که رشد و نمو گیاه را خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌نماید (Yaish and Kumar, 2015). افزایش صنعتی‌شدن، استفاده از آب شور برای آبیاری و تأثیر تغییرات اقلیمی این مسئله را بغرنج‌تر می‌کند (Roy *et al.*, 2014). تخمین زده می‌شود که خاک‌های شور ۸ درصد از سطح زمین را اشغال می‌کنند و در سراسر جهان در حال گسترش هستند (Hajiboland, 2010). افزایش شوری خاک منجر به برهم‌زدن فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مانند تعادل یون، جوانه‌زنی بذر، تنظیم اسمزی، فتوسنتز، تنفس و متابولیسم نیتروژن می‌شود (Kaya *et al.*, 2009; Porcel *et al.*, 2012). تنش اسمزی اولین تنشی است که در اثر افزایش یون‌های سدیم و کلر القا می‌شود. شوری همچنین تنش ثانویه‌ای به‌نام تنش اکسیداتیو تولید می‌کند که به‌علت تجمع گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) است (Noctor *et al.*, 2014). تنش شوری تولید و تجمع گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن شامل سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید را افزایش می‌دهد و آنها اثرات مخرب بر رشد و متابولیسم نرمال را القا می‌کنند (Aroca *et al.*, 2013). جهت سمیت‌زدایی و حذف ROS تولید شده، گیاهان به سیستم‌های دفاعی مختلفی مجهز شده‌اند. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی یکی از ابتدایی‌ترین مکانیسم‌های دفاعی است که به گیاه برای مدیریت آسیب اکسیداتیو ایجادشده، کمک می‌کند. سیستم آنزیم دفاعی شامل آنزیم‌های زیادی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) است (Liu *et al.*, 2014). این آنتی‌اکسیدان‌ها ROS را حذف نموده و ماکروملکول‌ها را از آسیب محافظت می‌کنند (Liu *et al.*, 2014). WenYuan و همکاران (۲۰۱۲) محتوای آب و خصوصیات فتوسنتزی دانهال‌های *Iris lactea* var. *Chinensis* تحت تنش شوری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در زمان تنش محتوای آب در ریشه و برگ‌های دانهال‌ها تحت تنش NaCl کاهش یافت. همچنین، هدایت روزنه‌ای و محدودیت روزنه‌ای پس از اولین کاهش اندکی تغییر یافت، غلظت CO_2 درون سلولی قبل از تغییر افزایش یافت و شدت فتوسنتز خالص و تبخیر و تعرق مستقیماً کاهش یافت. گیاه *I. lactea* در زمان جوانه‌زنی و رشد دانهال‌ها، به‌ترتیب در خاک حاوی ٦/٤ و ٨ گرم بر کیلوگرم نمک، رشد نرمالی نشان داد (Xu, 2004). Wang (۲۰۰۲) نشان داد که *I. lactea* گیاه دفع‌کننده نمک است زیرا دارای دو فیلتر در غشا بوده و نمک‌ها را به‌سمت محیط رشد خارج می‌کند یا آنها را در ریشه‌ها محدود می‌کند. بر این اساس برخی محققان این گیاه را متحمل به شوری معرفی کرده‌اند (Wang, 2002; Liu *et al.*, 1998).

محققان به‌دنبال جایگزین‌های مناسب برای کودهای شیمیایی جهت افزایش تولید محصول تحت شرایط شور هستند. یکی از جایگزین‌های مهم، استفاده از قارچ مایکوریزا آربسکولار به‌عنوان یک کود زیستی برای کاهش اثرات مضر تنش شوری بر گیاه است (Schubler *et al.*, 2001). قارچ مایکوریزا آربسکولار یکی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های خاک است که می‌تواند با ریشه بیشتر گیاهان همزیستی برقرار کند. این قارچ می‌تواند موجب بهبود رشد بسیاری از گیاهان، افزایش جذب مواد غذایی (Zhang *et al.*, 2011)، بهبود تحمل به خشکی (Auge *et al.*, 2015)، افزایش تحمل به شوری (Evelin *et al.*, 2009) و کاهش آسیب‌پذیری گیاه در اثر عوامل بیماری‌زا (Veresoglou and Rillig, 2012) گردد. Ait-El-Mokhtar و همکاران (۲۰۱۹) پاسخ دانهال‌های نخل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

(*Phoenix dactylifera* L.) به شوری و نقش قارچ مایکوریزا آربسکولار را در افزایش تحمل گیاه به شوری بررسی کردند. گیاهان تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده، تحت تنش شوری رشد بیشتری نشان دادند، هر چند کلونیزاسیون ریشه با قارچ مایکوریزا تحت تنش شوری کاهش یافت. در دانهال‌های کلونیزه‌شده نارنج سه‌برگچه‌ای (*Poncirus trifoliate* L.) تحت تنش شوری در مقایسه با دانهال‌های کلونیزه‌نشده تحت تنش شوری، به‌ویژه با ترکیب سه قارچ *G. hoi* × *G. intraradices* × *Glomus. mosseae*، میزان کلونیزاسیون، وزن خشک شاخه و ریشه، تعداد برگ، ارتفاع، تعرق و راندمان فتوشیمیایی (حداکثر بازده کوانتومی در وضعیت سازگاری به تاریکی "Fv/Fm") ارتقا یافت. تلقیح دانهال‌ها با میکوریزا، در شرایط شوری، خصوصاً استفاده از ترکیب سه قارچ، منجر به افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) در مقایسه با شاهد گردید. به‌طور کلی، قارچ مایکوریزا توانست دانهال‌ها را در برابر شوری، از طریق افزایش رشد و کاهش آسیب اکسیداتیو، کمک کند (اثنی‌عشری و همکاران، ۱۳۹۷). دهقانی تفتی و همکاران (۱۳۹۷) اثر شوری و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) را در شرایط مزرعه بررسی کردند. بیشترین عملکرد زیستی و دانه در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ٤٥٣٩ و ۱۳۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) اثر سطوح مختلف شوری، اصلاح‌کننده‌های زیستی و قارچ مایکوریزا بر برخی ویژگی‌های رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) را بررسی کردند. در هدایت الکتریکی ٤ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین ارتفاع گیاه، طول ریشه و غلظت فسفر در تیمار ۳ g/kg قارچ میکوریزا به‌دست آمد. در هدایت الکتریکی ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین میزان کلروفیل، ارتفاع گیاه، وزن خشک شاخساره و نسبت وزن خشک به تر در تیمار ۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا به‌دست آمد.

از آنجا که استان یزد دارای سطح وسیعی از آب و خاک شور است لذا کشت بسیاری از گونه‌های گیاهی خصوصاً گیاهان پیازی زینتی در این استان محدود شده است. هدف از این پژوهش بررسی میزان مقاومت سه ژنوتیپ اصلاح‌شده زنبق به شوری و تأثیر قارچ میکوریزا در کاهش اثر تنش بر گیاه و درنهایت معرفی بهترین ژنوتیپ به کارشناسان فضای سبز استان جهت کشت بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا آربسکولار بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سه ژنوتیپ اصلاح‌شده زنبق آلمانی (*Iris germanica*) در شرایط خاک شور، آزمایشی در گلخانه دانشگاه اردکان، واقع در استان یزد، طی سال‌های ۹۷-۹۸ صورت گرفت. کشت گیاه در آذرماه ۹۷ صورت گرفت و در پایان خردادماه ۹۸ برداشت انجام شد. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۱، ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح قارچ مایکوریزا (صفر، ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم) و سه ژنوتیپ امیدبخش زنبق (OPRC-122, OPRC-125, OPRC-S544) بودند. در این آزمایش گلدان‌هایی که بدون‌تلقیح قارچ مایکوریزا و شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر بودند، به‌عنوان شاهد درنظر 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 مورداستفاده در جدول ۱ بیان شده است. گلدان‌ها در گلخانه نگهداری شدند. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ٤۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ۲۰±٤ و میانگین دمای روزانه ۲٤±٤ درجه سانتی‌گراد حفظ شد.

قارچ مایکوریزا از شرکت زیست‌فناوری پیشتاز واریان شهرستان کرج خریداری شد و براساس تیمارهای ذکرشده در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
شنی رسی لومی	۱/۷	۷/۸	۰/۵٤	۰/۰۵	۸/۵	۲۳۵

جدول ۲- ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس برمتر)	pH	سدیم	کلر	کلسیم	منیزیم	بی‌کربنات	سولفات (meq/l)	مواد جامد محلول کل (mg/l)
۱۲/٦	٦/۸۵	٦۵	۱۳٤	۷۲	۲۸	۲/٤	۲۹	۹۷٦۰

منطقه زیر ریشه گیاه قرار گرفت. سه ژنوتیپ زنبق (OPRC-122, OPRC-125, OPRC-S54) از ژنوتیپ‌های جدید اصلاح‌شده در پژوهشکده گل و گیاهان زینتی استان مرکزی محلات بودند. از زمان کشت با آب شهری (EC ۱ دسی‌زیمنس بر متر) صورت بل گرفت تا گیاهان به مرحله چهار برگی رسیدند و در اواخر اسفندماه 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 این منظور pH توسط pH متر و هدایت الکتریکی توسط EC متر اندازه‌گیری شد. یون سولفات براساس کدورت‌سنجی و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC UV-Visible Spectrometer Cintra 5T ساخت استرالیا)، سدیم توسط فلیم‌فتومتر (مدل Jenway, PFP7, England)، کربنات، کلر، کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون و مواد جامد محلول کل با اندازه‌گیری مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب تعیین شد (یارقلی و آذرنشان، ۱۳۹۳). برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت سه هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ۱، و ٤ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهای شوری با غلظت‌های ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، در مرتبه دوم گیاهان با تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و درنهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. 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 (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). در ابتدا گلدان‌ها در حد ظرفیت مزرعه آبیاری شدند و زمانی‌که 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 آبشویی تأمین شود. برای اطمینان از این امر پس از هر نوبت آبیاری، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها اندازه‌گیری شد.

در پایان دوره ارتفاع، تعداد برگ سبز و تعداد انشعابات خارج‌شده از هر گلدان (گیاهچه‌ها) اندازه‌گیری شد. عرض برگ توسط کولیس اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک، برگ‌ها در پایان آزمایش از ریزوم جدا و وزن شدند و سپس به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه چهار قطعه برگ از قسمت‌های بالایی انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (F_W)، به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد در داخل آب‌مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج‌کردن برگ‌ها از آب‌مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس (S_w) آنها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (D_W) آنها اندازه‌گیری شود. درنهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Yamasaki and Dillenburg, 1999).

رابطه ۱:

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵ گرم برگ از هر ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر به آنها اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت درون شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT) آنها به‌وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً به‌مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آنها اندازه‌گیری شد و درنهایت درصد نشت یونی طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Lutts *et al*., 1995).

رابطه ۲:

$$\text{درصد نشت یونی} = (LT / LO) \times ۱۰۰$$

به‌منظور اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به‌صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب‌مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. درنهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (امامی، ۱۳۷۵). اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش رنگ‌سنجی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC UV-Visible Spectrometer Cintra 5T ساخت استرالیا) صورت گرفت (امامی، ۱۳۷۵).

پروتئین برگ طبق پروتکل Reuveni و همکاران (۱۹۹۵) استخراج شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (۷ pH) و هیدروژن پراکسید ۱۵ میلی‌مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر آغاز گردید. تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر به‌مدت سه دقیقه کاتالاز براساس میلی‌مولار هیدروژن پراکسید در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین ثبت شد (Dazy *et al*., 2008).

به‌منظور انداره‌گیری میزان کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل، ابتدا مقدار ۰/۲۵ گرم از برگ در هاون چینی ریخته شد. ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شد و سپس محلول حاصل با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. عصاره فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن در کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و درنهایت میزان جذب نور برای کلروفیل a، b و کلروفیل کل در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC UV-Visible Spectrometer Cintra 5T ساخت استرالیا) طبق رابطه ۳ اندازه‌گیری شد (Lichtenthaler, 1987).

رابطه ۳:

$$\text{Chlorophyll a} = (12.7 \times A663 + 2.69 \times A645)$$
$$\text{Chlorophyll b} = (12.9 \times A645 - 4.68 \times A663)$$
$$\text{Total Chlorophyll} = 20.2\ (A645) + 8.02\ (A663)$$

تجزیه واریانس کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، ژنوتیپ، قارچ مایکوریزا و نیز اثرات متقابل آنها بر تعداد گیاهچه، تعداد و عرض برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بیشتر صفات مورفولوژیک اثرات متقابل معنی‌دار نبود که این می‌تواند به‌دلیل عدم‌وجود تفاوت معنی‌دار میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ظاهر و مورفولوژی آنها باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و یون‌های فسفر، سدیم و پتاسیم برگ سه ژنوتیپ زنبق تحت سطوح مختلف تنش شوری و قارچ مایکوریزا

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد گیاهچه	تعداد برگ	عرض برگ	ارتفاع گیاه	وزن خشک	فسفر	سدیم	پتاسیم
ژنوتیپ	۲	۰/۲۲^{ns}	۱۸۰/۵۵^{ns}	۲/۰۱^{ns}	۱۱۴۵/۵۵**	۱۰/۹۳**	۳/۵۹*	۲/۹۴^{ns}	۱/۱۳*
شوری	۳	۰/۲۳^{ns}	۴۰/۰۳^{ns}	۰/۸۲^{ns}	۵۱۹/۶۵^{ns}	۱۱/۱۴**	۰/۰۷^{ns}	۲/۲۶^{ns}	۲/۰۷**
قارچ	۲	۰/۱۵^{ns}	۵/۷۴^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۵۹۷/۹۱^{ns}	۳/۶۵**	۱/۷۸*	۰/۵۸^{ns}	۱/۱۹*
ژنوتیپ × شوری	۶	۱/۸۲^{ns}	۷۳/۲۹^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۳۷۲/۸۶^{ns}	۳/۷۲**	۰/۳۹^{ns}	۱/۲۹^{ns}	۱/۷۱**
ژنوتیپ × قارچ	۴	۰/۰۸^{ns}	۵۰/۴۳^{ns}	۱/۸۱^{ns}	۲۹۹/۲۳^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۱/۲۷^{ns}	۰/۳۱^{ns}
شوری × قارچ	۶	۰/۸۱^{ns}	۶۸/۸۴^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۱۰۷/۵۴^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۰/۴۲^{ns}	۱/۴۹^{ns}	۰/۴۰^{ns}
ژنوتیپ × شوری × قارچ	۱۲	۰/۸۷^{ns}	۵۶/۴۱^{ns}	۱/۰۵^{ns}	۹۲/۳۳^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۲/۰۹*	۰/۸۴**
خطای آزمایش	۷۲	۱/۰۶	۷۷/۷۳	۰/۷۴	۲۱۳/۳۸	۰/۶۳	۰/۵۰	۰/۹۶	۰/۲۹

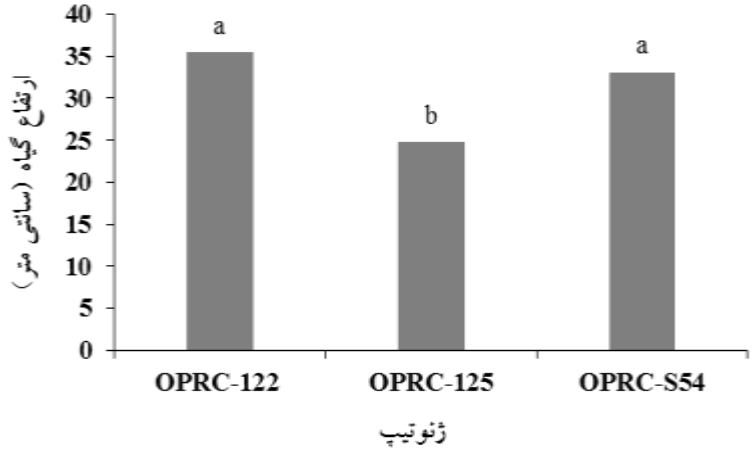
**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار است.

براساس جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصله با Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) روی زنبق چینی *Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch) Koidz. مطابقت نداشت آنها گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، بیومس و ارتفاع، کاهش یافت. اثر شوری و قارچ و اثرات متقابل ژنوتیپ، شوری و قارچ بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس نتایج بیشترین ارتفاع گیاه (۳۵/۴۵ و ۳۳/۰۹ سانتی‌متر) در ژنوتیپ‌های OPRC-122 و OPRC-S54 و کمترین آن (۲۴/۸۰ سانتی‌متر) در ژنوتیپ OPRC-125 به‌دست آمد (شکل ۱). هر چند ژنوتیپ OPRC-122 و OPRC-S54 تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۱). عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار میان سطوح مختلف شوری و قارچ مایکوریزا بیان‌گر مقاومت بالای سه ژنوتیپ مورد مطالعه به شوری است. به‌طوری‌که با افزایش سطح شوری تغییری در میزان ارتفاع گیاهان مشاهده نشد و تقریباً همه گیاهان به یک اندازه رشد کردند. همچنین از نظر مورفولوژیکی میان سه ژنوتیپ مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع وجود نداشت.

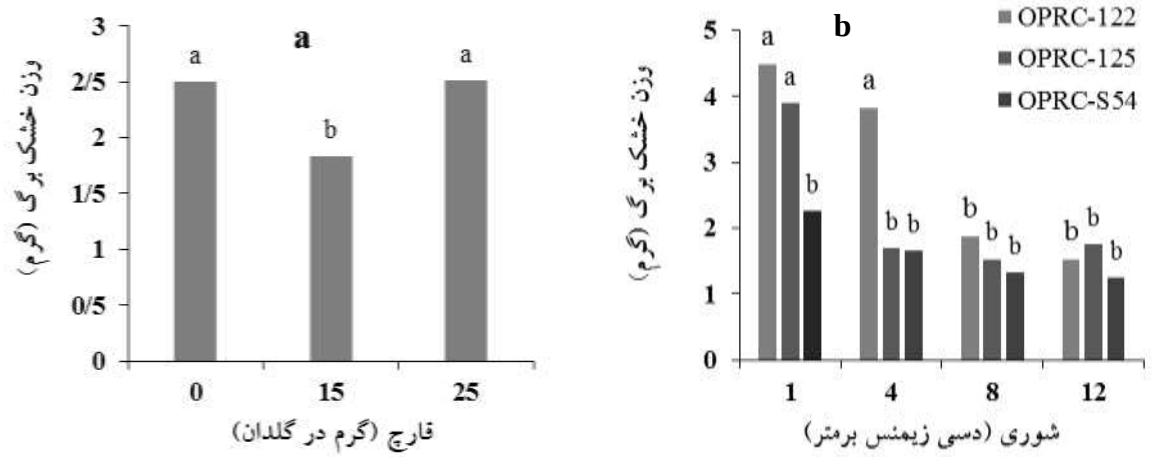
وزن خشک برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ، شوری و قارچ و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری در سطح احتمال یک درصد بر میزان وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک برگ (۲/۵۱ و ۲/۵۰ گرم) در غلظت ۲۵ و صفر گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا و کمترین میزان آن (۱/۸۳ گرم) در غلظت ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (شکل ۲a). ۲۵ گرم در گلدان قارچ مایکوریزا اثر بیشتری در افزایش وزن خشک نسبت به ۱۵ گرم قارچ نشان داد (شکل ۲a). بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و شوری نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ (۴/۴۸، ۳/۹ و ۳/۸۹ گرم) به ترتیب در ژنوتیپ‌های OPRC-122 و OPRC-125 در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC-122 و شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۲b). نتایج حاصله با Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) روی زنبق مطابقت داشت. سایر سطوح شوری و ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۲b). افزایش وزن تر و خشک گیاه در اثر تلقیح با قارچ به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه به‌علت افزایش سطح ریشه با هیف قارچ بیان شده است. بهبود رشد گیاهان نخود (Garg and Bhandari, 2015)، پیاز (Bolandnazar *et al.*,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر ارتفاع گیاه. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ۲- مقایسه میانگین a) اثر قارچ مایکوریزا و b) اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک برگ. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

2007)، سورگوم (دهقانی تفتی و همکاران، ۱۳۹۷) و شمعدانی معطر (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۶) در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا تحت تنش شوری گزارش شده است.

با توجه به اینکه یکی از آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است، به‌همین دلیل، پتانسیل آب جهت آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد و درنتیجه وزن گیاه کم می‌شود. از طرفی، در غلظت‌های زیاد نمک، یون‌های سدیم و کلر باعث مسمومیت گیاه شده و فعالیت فتوسنتزی گیاه را مختل می‌کنند. بدین ترتیب، مواد غذایی لازم برای رشد و نمو سلول‌ها فراهم نشده و رشد به کندی صورت می‌گیرد (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۶). بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) نیز نشان دادند که با افزایش سطح شوری، وزن خشک گل‌های مغربی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

غلظت پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و شوری بر میزان پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ٤). در حالی‌که شوری و اثرات متقابل شوری، ژنوتیپ و قارچ بر میزان پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ٤). اثر سه گانه ژنوتیپ، شوری و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پروتئین معنی‌دار بود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک سه ژنوتیپ زنبق تحت سطوح مختلف تنش شوری و قارچ مایکوریزا

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پروتئین	کاتالاز	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	RWC	نشت یونی
ژنوتیپ	۲	۰/۰٤**	۳/۳۷*	۰/۱۱**	۰/۰۹**	۰/۲۹**	٤٤۱۲/٦۷**	٦۱۳۲/٤**
شوری	۳	۰/۰۱*	٤/۰۳*	۰/۰٦**	۰/۱۱**	۰/۲۰**	۸٤۸/٤۲^{ns}	۱۰۱۸/۰۸^{ns}
قارچ	۲	۰/۰۱^{ns}	۲/۵۳^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۲**	٤٤۱۱/۷٦**	۵۱۲٦/۰۲*
ژنوتیپ × شوری	٦	۰/۰۱^{ns}	۰/۹۷^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۸**	۰/۰۸**	۱۲۰۳/۳۰^{ns}	۱۳٦۳/۷۹^{ns}
زنوتیپ × قارچ	٤	۰/۰۰۷^{ns}	۲/٤٤^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۸**	۰/۱۱**	٦۳۲/۳٦^{ns}	۲۹۹۲/٤۱*
شوری × قارچ	٦	۰/۰۱^{ns}	۰/۹٦^{ns}	۰/۰۹**	۰/۰۸**	۰/۱۱**	٤٤۸/٤٤^{ns}	٦۳٦/٦۰^{ns}
ژنوتیپ × قارچ × شوری	۱۲	۰/۰۱*	۱/۵۲^{ns}	۰/۱٤**	۰/۱۲**	۰/۲٤**	۸۹۱/۲٦^{ns}	۱٤۲٤/۵۵^{ns}
خطا	۷۲	۰/۰۰۵	۰/۹۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۱	۷۵۱/۸۸	۱۱۲۰/۳۷

**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار است.

(جدول ٤). بیشترین میزان پروتئین (۰/٦۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ژنوتیپ OPRC-122، شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۵). استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در ژنوتیپ OPRC-122 میزان پروتئین را ٦۸/۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). همچنین استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر توانست میزان پروتئین را نسبت به شاهد در در ژنوتیپ OPRC-122 ۱۰ درصد افزایش دهد اما سایر سطوح شوری و قارچ نتوانستند موجب تفاوت معنی‌دار در میزان پروتئین تولیدی برگ شوند (جدول ۵). گزارش شده است که به احتمال زیاد تشکیل پروتئین به‌جهت تنظیم اسمزی و درنهایت ممانعت از کاهش آب گیاه باشد (Parida and Das, 2004). زمانی که گیاهان در معرض تنش شوری قرار می‌گیرند، در سطوح مختلف سلولی و یا مولکولی به تنش پاسخ می‌دهند. الگوی تولید بسیاری از پروتئین‌ها در پاسخ به کاهش آب گیاه تغییر می‌نماید که از جمله این پروتئین‌ها، پروتئین‌های درگیر در مسیرهای سیگنالی تنش، پروتئین‌های مخصوص سم‌زدایی تنش اکسیداتیو و پروتئین‌های با اعمال غیرمستقیم با تنش هستند. به‌طور کلی، پاسخ‌های گیاه برای بقای تعادل، سم‌زدایی مواد مضر و بازگشت رشد است (Hajheidari *et al.*, 2005). به بیان دیگر افزایش میزان پروتئین احتمالاً به‌علت افزایش سنتز پروتئین‌های جدید ناشی از بروز ژن‌های مقاومت به تنش و یا کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین است. افزایش پروتئین در گیاه گندم توسط توکلی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش شده است.

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که فعالیت آن ۳۷۲ درصد نسبت به شاهد افزیش یافت (شکل ۳a). سایر سطوح شوری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نشان ندادند (شکل ۳a). میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ OPRC-125 به‌طور معنی‌داری نسبت به OPRC-S54 بالاتر بود اما فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ OPRC-122 تفاوت معنی‌داری با دو ژنوتیپ دیگر نشان نداد (شکل ۳b). تحمل به تنش شوری و خشکی در گیاهان عالی با تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ارتباط دارد. آنزیم کاتالاز از حذف‌کنندگان مهم هیدروژن پراکسید است. عابدینی و حبیبی چهاربرج (۱۳۹٦) نیز افزایش قابل‌توجه فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش شوری در انگور رقم "قزل اوزوم" مشاهده کردند. فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان در شرایط شوری پدیده‌ای معمول برای سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن است که در شرایط تنش‌زا بیشتر تولید می‌شوند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سه گانه ژنوتیپ در شوری در قارچ مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک سه ژنوتیپ زنبق

ژنوتیپ	شوری (دسی‌زیمنس برمتر)	قارچ مایکوریزا (گرم در کیلوگرم)	پروتئین ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	سدیم	پتاسیم
				($mg.g^{-1}$)			(٪)	
OPRC-122	۱	۰	۰/۴۳^{c}	۰/۳۹^{d}	۰/۲۵^{fg}	۰/۸۴^{b}	۰/۹۶^{ch}	۳/۲۶^{af}
	۴		۰/۴۲^{c}	۰/۲۹^{e}	۰/۶۲^{b}	۰/۴۷^{gh}	۱/۰۱^{ch}	۲/۱۲^{jn}
	۸		۰/۴۶^{c}	۰/۲۰^{g}	۰/۰۱^{n}	۰/۳۲^{jk}	۲/۷۶^{ae}	۱/۷۵^{ln}
	۱۲		۰/۴۱^{c}	۰/۰۷^{i}	۰/۰۲^{lmn}	۰/۰۸^{n}	۲/۸۱^{abcd}	۱/۵۴^{n}
	۱	۱۵	۰/۴۰^{c}	۰/۴۵^{b}	۰/۳۲^{ef}	۰/۹۰^{a}	۰/۴۷^{gh}	۳/۵۷^{ad}
	۴		۰/۴۳^{c}	۰/۴۴^{bc}	۰/۲۱^{gh}	۰/۵۴^{de}	۱/۴۵^{bh}	۳/۱۱^{bg}
	۸		۰/۴۳^{c}	۰/۲۱^{fg}	۰/۱۸^{ghi}	۰/۱۸^{l}	۱/۹۴^{bh}	۲/۱۷^{in}
	۱۲		۰/۶۹^{a}	۰/۰۵^{ijk}	۰/۰۱^{n}	۰/۰۵^{n}	۲/۵۹^{ag}	۱/۶۹^{ln}
	۱	۲۵	۰/۴۲^{c}	۰/۵۳^{a}	۰/۱۳^{ijk}	۰/۵۷^{d}	۰/۳۹^{h}	۳/۷۳^{abc}
	۴		۰/۴۳^{c}	۰/۲۳^{f}	۰/۰۴^{lmn}	۰/۲۱^{l}	۰/۶۹^{dh}	۳/۱۱^{bg}
	۸		۰/۵۶^{b}	۰/۰۳۰^{jk}	۰/۰۲^{mn}	۰/۰۵^{n}	۱/۷۸^{bh}	۲/۱۶^{in}
	۱۲		۰/۴۲^{c}	۰/۰۲^{k}	۰/۰۱^{n}	۰/۰۴^{n}	۲/۲۷^{bh}	۱/۷۶$^{k..n}$
OPRC-125	۱	۰	۰/۴۱^{c}	۰/۰۳^{jk}	۰/۰۲^{lmn}	۰/۵۱^{ef}	۱/۷۸^{bh}	۳/۶۴^{ad}
	۴		۰/۴۱^{c}	۰/۰۲^{jk}	۰/۰۶^{klmn}	۰/۰۸^{n}	۱/۸۶^{bh}	۲/۹۳^{di}
	۸		۰/۴۱^{c}	۰/۰۲^{k}	۰/۰۴^{lmn}	۰/۰۶^{n}	۲/۰۲^{bh}	۲/۷۷^{ej}
	۱۲		۰/۴۱^{c}	۰/۰۴^{ijk}	۰/۰۱^{n}	۰/۰۴^{n}	۳/۰^{ab}	۲/۲۶^{hn}
	۱	۱۵	۰/۴۳^{c}	۰/۵۰^{a}	۰/۲۲^{gh}	۰/۳۲^{jk}	۱/۷۸^{bh}	۳/۸۷^{ab}
	۴		۰/۴۱^{c}	۰/۴۱^{d}	۰/۱۰^{ijkl}	۰/۱۵^{lm}	۱/۵۳^{bh}	۲/۹۹^{ch}
	۸		۰/۴۱^{c}	۰/۰۲^{k}	۰/۰۳^{lmn}	۰/۰۴^{n}	۲/۰۲^{bh}	۲/۳۳^{hm}
	۱۲		۰/۴۳^{c}	۰/۰۳^{jk}	۰/۰۳^{lmn}	۰/۰۴^{n}	۲/۹۲^{abc}	۲/۲۱^{in}
	۱	۲۵	۰/۴۳^{c}	۰/۲۱^{fg}	۰/۳۳^{de}	۰/۴۵^{g}	۱/۰۴^{ch}	۳/۸۶^{ab}
	۴		۰/۴۳^{c}	۰/۱۳^{h}	۰/۲۱^{gh}	۰/۱۶^{lm}	۱/۲۱^{bh}	۳/۳۳^{ae}
	۸		۰/۴۰^{c}	۰/۲۰^{g}	۰/۰۲^{lmn}	۰/۲۰^{l}	۱/۷۸^{bh}	۳/۱۷^{bf}
	۱۲		۰/۴۲^{c}	۰/۰۲^{k}	۰/۰۵^{klmn}	۰/۰۴^{n}	۲/۶۸^{af}	۲/۵۱^{fk}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

فعالیت آنزیم کاتالاز در یاخته گیاهی در راستای رفع سمیت گونه فعال هیدروژن پراکسید به‌عنوان محصول عمده تولیدشده توسط سوپراکسید دیسموتاز است و آن را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند. نقش این آنزیم در تحمل گیاه به شوری و سازگاری با این تنش حائز اهمیت است (محمدخانی و عباسپور، ۱۳۹۴).

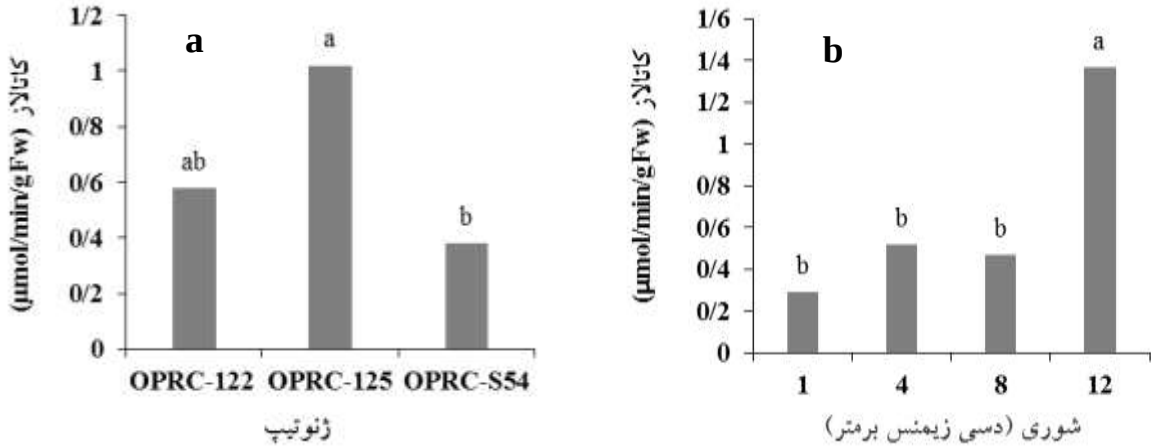
غلظت کلروفیل a، b و کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا و نیز اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل a، b و کل معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج نشان داد که در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

ادامه جدول ۵-

ژنوتیپ	شوری (دسی‌زیمنس برمتر)	قارچ مایکوریزا (گرم در کیلوگرم)	پروتئین ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	سدیم	پتاسیم
				($mg.g^{-1}$)			(٪)	
OPRC-S54	۱	۰	۰/۴۳^{c}	۰/۴۲^{cd}	۰/۴۶^{c}	۰/۴۴^{gh}	۰/۹۶ ^{ch}	۳/۰۱^{ch}
	٤		۰/۴۳^{c}	۰/۲۳^{fg}	۰/۱٤^{hij}	۰/۳۶^{ij}	۳/۰^{ab}	۲/۸۹^{dj}
	۸		۰/۴۱^{c}	۰/۰۵^{ij}	۰/۰۳^{lmn}	۰/۳۲^{jk}	۳/۲۵ ^{ab}	۲/۶۵ ^{ej}
	۱۲		۰/۴۱^{c}	۰/۰۳^{jjk}	۰/۰۷^{jklmn}	۰/۰۸^{n}	٤/۵۶ ^{a}	۱/۵۸ ^{mn}
	۱	۱۵	۰/۴۳^{c}	۰/۳۰^{e}	۰/۰٤^{lmn}	۰/٤۱^{ghi}	۰/۵۵ ^{fgh}	۳/۹۸^{a}
	٤		۰/۴۱^{c}	۰/۰٤^{ijk}	۰/۳۹^{d}	۰/۲۷^{k}	۰/۹۶ ^{ch}	۳/۱۲^{bg}
	۸		۰/۴٤^{c}	۰/۰٤^{ijk}	۰/۰۶^{klmn}	۰/۰۸^{n}	۱/۱۸^{bh}	۲/۷۷^{ej}
	۱۲		۰/۴۳^{c}	۰/۰۳^{jjk}	۰/۰۸^{jklmn}	۰/۰۶^{n}	۲/۸۱ ^{ad}	۲/۳۵^{gl}
	۱	۲۵	۰/۴۳^{c}	۰/۲۱^{fg}	۰/۷۷^{a}	۰/۷۱^{c}	۰/۶۳^{eh}	۳/۳٤^{ae}
	٤		۰/۴۳^{c}	۰/٤۲^{c}	۰/۱٤^{hij}	۰/۳۹^{hi}	۱/۰۱ ^{ch}	۲/۷۳^{ej}
	۸		۰/۴۳^{c}	۰/۱۲^{h}	۰/۱۰^{jklm}	۰/۲۰^{l}	۱/٤۵^{bh}	۲/۸۹^{dj}
	۱۲		۰/۴۳^{c}	۰/۰۳^{jjk}	۰/۰۲^{lmn}	۰/۱۰^{mn}	۱/۷۸^{bh}	۲/۱۵^{jn}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر a) شوری و b) ژنوتیپ بر فعالیت آنزیم کاتالاز. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

ژنوتیپ OPRC-122 با افزایش سطح شوری (هم در تیمارها و هم در شاهد)، میزان کلروفیل a به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). نتایج حاصله با احمدی و همکاران (۱۳۹۸) در انار و WenYuan و همکاران (۲۰۱۲) و Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) روی زنبق مطابقت داشت. بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۵۳ و ۰/۵۰ میلی‌گرم در گرم)، در ژنوتیپ OPRC-122، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا و نیز در ژنوتیپ OPRC-125 شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۵). به‌طور کلی میزان کلروفیل a در هر دو ژنوتیپ

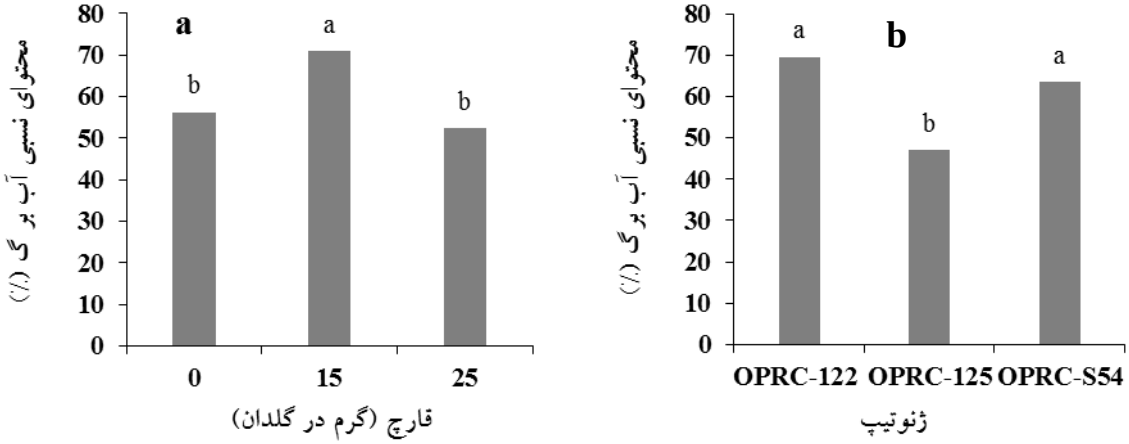
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

OPRC-122 و OPRC-125 در تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا بیشتر از شاهد و ۲۵ گرم در کیلوگرم بود (جدول ۵). بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۷۷ میلی‌گرم در گرم)، در ژنوتیپ OPRC-S54، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ٤). میزان کلروفیل b در ژنوتیپ OPRC-125 و OPRC-S54 در تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ میکوریزا بیشتر از شاهد و ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ بود. در حالی‌که در ژنوتیپ OPRC-122، شاهد و ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا کلروفیل b بیشتری نشان دادند (جدول ۵). بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۹۰ میلی‌گرم در گرم)، در رقم OPRC-122، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۵). میزان کلروفیل کل در ژنوتیپ OPRC-122 در تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ در شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا بالاتر بود (جدول ۵). در ژنوتیپ‌های OPRC-125 در تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ بیشتر بود (جدول ۵). در سه ژنوتیپ مورد بررسی استفاده از قارچ مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a و b نشان نداد، در صورتی‌که در ژنوتیپ OPRC-122 شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، استفاده از ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا، منجر به افزایش معنی‌دار (۰/۲۱ میلی‌گرم در گرم) کلروفیل b در مقایسه با شاهد و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا گردید. در ژنوتیپ OPRC-125 در سطوح بالای شوری (۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) استفاده از قارچ مایکوریزا تأثیری در میزان کلروفیل a، b و کل نشان نداد، در حالی‌که در سطوح پایین شوری (۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر) استفاده از قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری مقادیر کلروفیل را افزایش داد (جدول ۵). همچنین در ژنوتیپ OPRC-S54 استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۱٤۰ درصد کلروفیل a را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵).

همئوستازی یونی در محیط‌های تحت تنش شوری، دلیل فزونی سدیم و کلر به‌عنوان یون‌های سمیت‌زا و حلالیت شدید آنها در آب، جذب سریع و انتقال آنها با جریان تعرق است که باعث بازدارندگی از رشد و فتوسنتز و سایر فرآیندهای گیاهی می‌شود. همچنین، می‌توان کاهش کلروفیل و به‌طورکلی فتوسنتز را به کمبود یون پتاسیم در سلول‌های برگ فتوسنتزکننده در اثر تنش شوری نسبت داد (Guo and Tang, 1999). نتایج حاصل از پژوهش نیز نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان پتاسیم در برگ کاهش یافته است. کلروپلاست نقش اساسی در اعمال بیوشیمیایی مانند تولید آمینواسیدها، اسیدهای چرب و نشاسته و همچنین نقش اساسی در پاسخ به تنش شوری ایفا می‌کند (Bonales-Alatorre *et al.*, 2013). به‌نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری، کاهش تولید آن از طریق اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول رنگدانه‌های فتوسنتزی و در شرایط تنش شدید به‌واسطه افزایش فعالیت کلروفیلاز و درنتیجه تجزیه کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن به‌واسطه تجمع یون‌های سمی از جمله یون سدیم در بافت برگ باشد (Pessarakli, 1999). تلقیح با قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری میزان کلروفیل را تحت تنش شوری افزایش داد. قاسمی و زاهدی (۱۳۹۷) گزارش کردند که تلقیح با مایکوریزا موجب افزایش محتوای کلروفیل در برخی ژنوتیپ‌های سورگوم در شرایط غیرشور و کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط شور شد. که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر شوری و اثرات متقابل شوری، ژنوتیپ و قارچ بر محتوای نسبی برگ معنی‌دار نبود (جدول ٤). بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۱/۰۵ درصد) در تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۲٦/۲٦ درصد محتوای نسبی آب برگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]



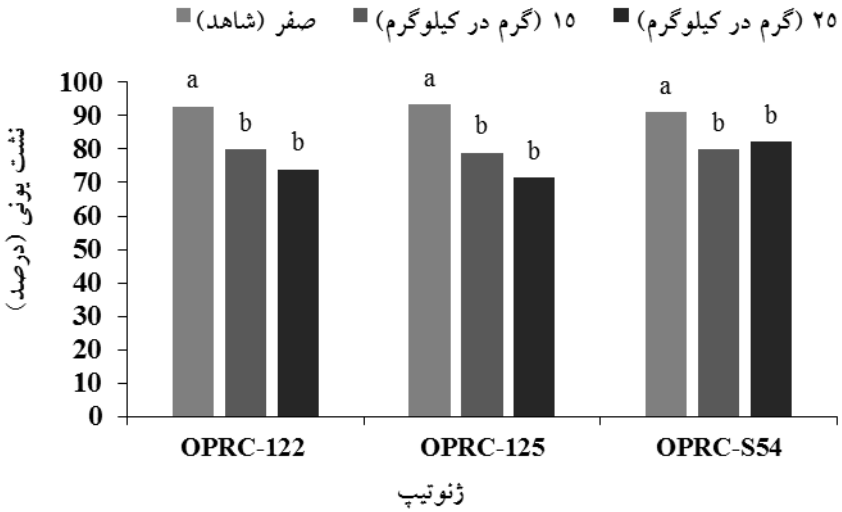
شکل ٤- مقایسه میانگین اثر a) قارچ و b) قارچ بر محتوای نسبی آب برگ. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

را افزایش داد (شکل ٤a). تیمار شاهد و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر از نظر محتوای نسبی آب برگ نشان ندادند. محتوای نسبی آب برگ در دو ژنوتیپ OPRC-122 و OPRC-S54 به‌طور معنی‌داری از ژنوتیپ OPRC-125 بالاتر بود (شکل ٤b). محتوای نسبی آب برگ از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی است که بیانگر وضعیت آبی گیاه است. پاسخ اولیه در گیاهان تحت تنش شوری، کاهش پتانسیل آب است که منجر به کاهش راندمان مصرف آب می‌شود. کنترل محتوای آب در بافت‌های گیاه در شرایط شوری قسمتی از فرایند مقاومت به‌شمار می‌آید (Chaum and Kirdmanee, 2009). کاهش شدید محتوای نسبی آب تحت تنش‌های شدید رخ می‌دهد و مرگ سلولی را سبب می‌شود. در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری میان سطوح مختلف شوری مشاهده نشد. نتایج حاصله با احمدی و همکاران (۱۳۹۸) روی انار و بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) روی گل مغربی مطابقت نداشت. کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط شور می‌تواند ناشی از کاهش مقدار جذب آب باشد. با این وجود، اگر در شرایط شور مقدار بیشتری از یون‌های سدیم و کلر توسط گیاه جذب شده و به آستانه مسمومیت نرسیده باشد، می‌توان انتظار داشت که گیاه بتواند آب بیشتری جذب کند (Cicek and Cakirlar, 2002). قاسمی و زاهدی (۱۳۹۷) نشان دادند که در اثر تلقیح با مایکوریزا محتوای نسبی آب برگ در شرایط شور در کلیه ژنوتیپ‌های سورگوم افزایش یافت. اما در شرایط غیرشور تلقیح گیاهان با مایکوریزا تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ بر برخی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نداشت و حتی در برخی ژنوتیپ‌ها محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تلقیح‌شده پایین‌تر بود.

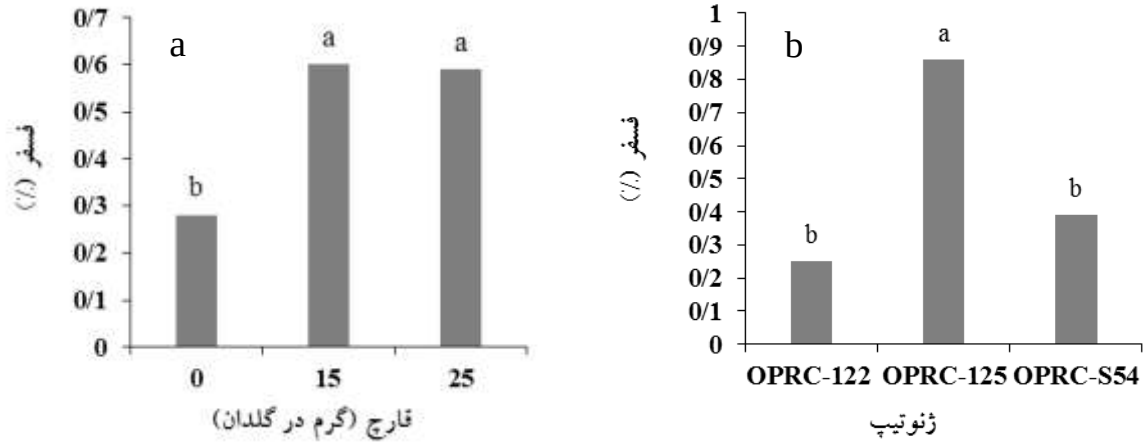
نشت یونی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر قارچ و اثر متقابل قارچ و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر میزان نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که استفاده از قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری توانست میزان نشت یونی را نسبت به شاهد کاهش دهد هر چند میزان نشت یونی میان ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵). به‌طور متوسط در همه ژنوتیپ‌ها استفاده از قارچ مایکوریزا نشت یونی را ۱٦ درصد کاهش داد (شکل ۵). گزارش شده است که شاخص پایداری غشا (که به‌عنوان نشت الکترولیتی تخمین زده شده) تحت تنش شوری کاهش می‌یابد (Shi *et al.*, 2006). کاربرد قارچ میکوریزا سبب کاهش نشت الکترولیت در گیاه میزبان نسبت به شاهد گردید که این تغییرات بسته به گونه قارچ، با افزایش سطوح شوری، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۲).

فسفر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر قارچ مایکوریزا در سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و قارچ بر میزان نشت یونی. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر a) قارچ مایکوریز و b) ژنوتیپ بر غلظت فسفر. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

احتمال پنج درصد بر میزان فسفر معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر شوری و اثر متقابل ژنوتیپ، شوری و قارچ بر میزان فسفر معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان فسفر (۰/٦۰ و ۰/۵۹ درصد) در غلظت ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا و کمترین میزان آن (۰/۲۸ درصد) در شاهد به‌دست آمد (شکل ٦a). تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا، ۱۱٤ درصد میزان فسفر برگ گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ٦a). میزان ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم مایکوریزا با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (شکل ٦a). براساس نتایج بیشترین میزان فسفر (۰/۸٦ درصد) در ژنوتیپ OPRC-125 و کمترین میزان آن (۰/۲۵ و ۰/۳۹ درصد) در ژنوتیپ OPRC-122 و OPRC-S54 به‌دست آمد (شکل ٦b). گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا در محیط شور به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر و یا تغییر در فیزیولوژی گیاهان (Singh and Haragava, 1995) به تنش شوری تحمل بیشتری را نشان می‌دهند. بنابراین گیاهان مایکوریزایی‌شده وزن خشک و مقاومت به شوری بیشتری را نشان می‌دهند. می‌توان استنباط کرد که همزیستی مایکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

بیوماس، موجبات بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. افزایش میزان فسفر در تیمارهای قارچی علاوه بر تأثیر همزیستی قارچ مایکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه، می‌تواند به‌دلیل تأثیر این قارچ‌ها در ترشح فسفاتازها، اگزالات‌ها و تراوش یون پروتون باشد (Giri *et al.*, 2003). یکی از مکانیسم‌هایی که احتمالاً در افزایش مقاومت گیاه به شوری توسط قارچ مایکوریزا مورد توجه قرار می‌گیرد، تحریک سنتز مواد اسمتیک به‌وسیله میکوریزا است. در چندین مطالعه مشخص شده است که این قارچ‌ها روی ترکیب اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های گیاهان میزبان رشد کرده در شرایط شوری تأثیر می‌گذارند (Ruiz-Lozano and Azcon, 2000).

سدیم: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر سه گانه ژنوتیپ، قارچ مایکوریزا و شوری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان سدیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان سدیم برگ افزایش یافته است (جدول ۵). نتایج حاصله با Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) روی زنبق مطابقت داشت. استفاده از قارچ مایکوریزا توانست غلظت سدیم را در گیاه کاهش دهد. به‌طوری‌که میزان سدیم در برگ گیاهان تیمارشده با ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا کمتر از گیاهان شاهد بود (جدول ۵). در دو ژنوتیپ OPRC-122 و OPRC-125 تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در هر چهار سطح شوری بهتر از ۱۵ گرم توانست جذب سدیم را کاهش دهد (جدول ۵)، در حالی‌که در ژنوتیپ OPRC-S54 تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در سه سطح شوری ۱، ٤ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر اثر بیشتری در کاهش جذب سدیم نشان داد (هر چند در برخی موارد داده‌ها معنی‌دار نبود اما از نظر عددی کاهش نشان داد). بیشترین میزان سدیم (٤/٥٦ درصد) در ژنوتیپ OPRC-S54 و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۵). استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر توانست میزان سدیم را در ژنوتیپ OPRC-S54 تقریباً ٦۰ درصد نسبت به شاهد کاهش دهد. استفاده از قارچ در سطوح بالای شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در دو ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌داری از نظر میزان سدیم برگ ایجاد نکرد (جدول ۵). کمترین مقدار سدیم (۰/۳۹ درصد) نیز در ژنوتیپ OPRC-122، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۵). منصوری و همکاران (۱۳۸٦) بیان کردند که قارچ‌های میکوریزا با نگه‌داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این طریق موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شوند. نتایج به‌دست آمده در این زمینه با بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) روی گل‌مغربی مطابقت داشت.

پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال پنج درصد و اثر شوری و اثر سه گانه شوری، قارچ مایکوریزا و ژنتوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر میزان پتاسیم گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری میزان پتاسیم کاهش یافت (جدول ۵). نتایج حاصله با Wen-Bo و همکاران (۲۰۰۸) روی زنبق مطابقت داشت. قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاه در خاک با کاهش محتوای آب خاک، کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تحرک پتاسیم تحت شرایط خشکی و شوری می‌شود. بنا به‌نظر برخی محققان، غالبیت یون سدیم در سطوح بالای شوری از جذب پتاسیم توسط گیاه جلوگیری نموده و سبب کاهش تجمع یون پتاسیم در گیاه می‌شود (Mosali *et al.*, 2006). استفاده از ۱۵ و ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در ژنوتیپ OPRC-122، در تمام سطوح شوری توانست موجب بهبود جذب پتاسیم نسبت به شاهد گردد (جدول ۵). در ژنوتیپ OPRC-122 استفاده از ۲۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در تمام سطوح شوری میزان پتاسیم برگ را نسبت به شاهد افزایش داد (افزایش در تمام سطوح معنی‌دار نبود) (جدول ۵). بیشترین میزان پتاسیم (۳/۹۸ درصد) در ژنوتیپ OPRC-S54، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۵). کمترین مقدار آن (۱/٥٤ درصد) نیز در ژنوتیپ OPRC-122، شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون‌استفاده از قارچ مایکوریزا (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۵). کاربرد ۱۵ گرم در کیلوگرم قارچ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

مایکوریزا در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ OPRC-S54 میزان پتاسیم برگ را ٤٨/٧٣ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). نتایج حاصل با یافته‌های بهلولی و همکاران (۱۳۹۸) بر روی گل‌مغربی مطابقت داشت. افزایش جذب پتاسیم در گیاهان مایکوریزایی در سطوح مختلف شوری و در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح‌نشده، علاوه بر افزایش سطح جذب ریشه، نتیجه تأثیر این قارچ‌ها بر انتقال‌دهنده‌های پتاسیم است (Rabie and Almadini, 2005).

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاه در هنگام مواجهه با تنش شوری با ایجاد تغییر در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و نموی خود از جمله وزن خشک برگ، ارتفاع، فعالیت‌های آنزیمی و جذب عناصر غذایی، خود را با تنش سازگار نمود. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با افزودن قارچ مایکوریزا به بستر کشت گیاه، توانایی تحمل به شوری گیاه افزایش یافت. بنابراین کاربرد آن در خاک‌های شور کشاورزی توصیه می‌گردد.

منابع

اثنی عشری، م.، هادیان دلجو، م. و میرزایی اصل، ا. (۱۳۹۷) اثر همزیستی قارچ میکوریز بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نارنج سه برگچه‌ای (*Poncirus trifoliate* L.) تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران ٤٩: ٧٧٨-٧٦٩.

احمدی، ف.، مؤمن‌پور، ع.، دهستانی اردکانی، م. و غلام‌نژاد، ج. (۱۳۹۸) پاسخ برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی انار (*Punica granatum*) به شوری آب آبیاری. به‌زراعی کشاورزی ۲۱: ۳۲۱-۳۰۳.

امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ۱: ۵۸-۲۸.

بهلولی، م.، دهستانی اردکانی، م.، شیرمردی، م. و رزمجو، ج. (۱۳۹۸) تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر برخی خصوصیات رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis*) تحت شرایط شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۲: ۲۸۰-۲٦۳.

بیرانوند، م.، رضایی‌نژاد، ع. و حسینی، س. ز. (۱۳۹٦) تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۸: ۱۲۱-۱۰۷.

توکلی حسنکلو ن.، عبادی ع.، داوری م. و توکلی ح. (۱۳۹۵) تأثیر پتاسیم و نیتروژن بر مقاومت گندم به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله. تحقیقات غلات ٦: ۱۷۱-۱۵۹.

حبیبی، س.، مسکرباشی، م. و فرزانه، م. (۱۳۹۲) تأثیر سه گونه قارچ میکوریزا (*Glomus* spp) بر شاخص‌های فیزیولوژیک گندم در شرایط شور. مجله علمی کشاورزی (تولیدات گیاهی) ۳۷: ۵۲-۳۷.

دهقانی تفتی، ا. ر.، محمودی، س.، علیخانی، ح. و صالحی، م. (۱۳۹۷) بررسی اثر شوری و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) در شرایط مزرعه. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۱: ٤٣٣-٤٢١.

عابدینی، م. و حبیبی چهار برج، ق. (۱۳۹٦) تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زیست شیمیایی انگور رقم "قزل اوزوم" در شرایط شور و غیرشور. فرآیند و کارکرد گیاهی ٦: ۲۱۸-۲۰۷.

عظیمی، م. ح.، مرادی عاشور، ب. و حسینی‌نیا، ا. (۱۳۹۰) ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری برخی صفات گونه‌های زنبق وحشی ایران. دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۱۹: ۱٦٦-۱۵۳.

قاسمی، م. و زاهدی، م. (۱۳۹۷) تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا بر مقاومت به شوری ژنوتیپ‌های سورگوم. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ٢٤: ۱۳۸-۱۲۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

محمدخانی، ن. و عباسپور، ن. (۱۳۹٤) پاسخ سیستم آنتی‌اکسیدانی انگور (*Vitis vinifera* L.) به شوری. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۲ (۱): ۷۲-٦٤.

منصوری، ح.، احمدی، م. ا. و روحانی، ن. (۱۳۸٦) پاسخ گیاهان لوبیای مایکوریزایی و غیرمایکوریزایی به تنش شوری. مجله زیست شناسی ایران ۱: ۸۸-۸۰.

یارقلی، ب. و آذرنشان، س. (۱۳۹۳) دستورالعمل نمونه‌برداری آزمایش آب و فاضلاب. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

Ait-El-Mokhtar, M., Laouane, R. B., Anli, M., Boutasknit, A., Wahbi, S. and Meddich, A. (2019) Use of mycorrhizal fungi in improving tolerance of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings to salt stress. Scientia Horticulturae 253: 429-438.

Aroca, R., Ruiz-Lozano, J. M., Zamarreno angel, M., Paz, J. A., Garcia-Mina, J. M., Pozo, M. J. and Lopez-Raez, J. A. (2013) Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. Journal of Plant Physiology 170: 47-55.

Auge, R. M., Toler, H. D. and Saxton, A. M. (2015) Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply wateredconditions: A meta-analysis. Mycorrhiza 25: 13-24.

Barnawal, D., Bharti, N., Maji, D., Chanotiya, C. S. and Kalra, A. (2014) ACC deaminase containing Arthrobacter protophormiae induces NaCl stress tolerance through reduced ACC oxidase activity and ethylene production resulting in improved nodulation and mycorrhization in *Pisum sativum*. Journal of Plant Physiology 171: 884-894.

Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M. R. and Chaparzade, N. (2007) Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. Scientia Horticulturae 114: 11-15.

Bonales-Alatorre, E., Shabala, S., Chen, Z. H. and Pottosin, I. (2013) Reduced tonoplast fast activating and slow activating channel activity is essential for conferring salinity tolerance in a facultative halophyte, quinoa. Journal of Plant Physiologhy 162: 940-952.

Chaum, S. and Kirdmanee, C. (2009) Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Botanical Journal 41: 87-98.

Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Journal of Plant Physiologhy 28: 66-74.

Dazy, M., Jung, V., Ferard, J. F. and Masfaraud, J. F. (2008) Ecological recovery of vegetation on a cokefactory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. Chemosphere 74: 57-63.

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

Garg, N. and Bhandari, P. (2015) Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth, nutrient status, K^+/Na^+ ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. Plant Growth Regulation 371-378.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, G. (2003) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soil 38: 170-175.

Gozu Y. M., Yokoyama, M., Nakamura, R., Namba, K., Yomogida, M. and Nakamura, Y. (1993) In vitro propagation of *Iris pallid*. Plant Cell Reports 13: 12-16.

Guo, F. O. and Tang, Z. C. (1999) Reduced Na^+ and K^+ permeability of K^+ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chinese Academy of Sciences 44: 816-821.

Hajiboland, R., Aliasgharzadeh, N., Laiegh, S. F. and Poschenrieder, C. (2010) Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Plant and Soil 331: 313-327.

Hajheidari, M., Abdollahian-Noghabi, M., Askari, H., Heidari, M., Sadeghian, S. Y., Ober, E. S. and Hosseini Salekdeh, Gh. (2005) Proteome analysis of sugar beetleaves under drought stress. Proteomics 5: 950-960.

Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A. L. and Cullu, M. A. (2009) The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. Scientia Horticulturae (Amsterdam) 121: 1-6.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. Methods in Enzymology 148: 350-381.

Liu, D. F., Chen, S. H., Chen, J. W., Ao, T. G., Zhan, B. L. and Yang, S. M. (1998) Reproductive characteristics, ecological and geographical distribution of *Iris lactea* var.chinensis. Journal of Inner Mongolia Institute Agricultural and Animal Husbandry (in Chinese) 19: 1-6.

Liu, L., Sun, H., Chen, J., Zhang, Y., Li, D. and Li, C. (2014) Effects of cadmium (Cd) on seedling growth traits and photosynthesis parameters in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Omics 7: 284-290.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1995) Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany 46: 1843-1852.

Mosali, J., Desta, K., Teal, R. K., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J. W. and Raun, W. R. (2006) Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain yield, phosphorus uptake, and use efficiency. Journal of Plant Nutrition 29: 2147-2163.

Noctor, G., Mhamdi, A. and Foyer, C. H. (2014) The roles of reactive oxygen metabolism in drought: Not so cut and dried. Plant Physiology 164: 1636-1648.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2004) Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove bruguieva parviflora grown under hydroponics culture. Plant Physiology 161: 921-928.

Pessarakli, M. (1999) Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, London.

Porcel, R., Aroca, R. and Ruiz-Lozano, J. M. (2012) Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Agronomy dor Sustainable Development 32: 181-200.

Rabie, G. H. and Almadani, A. M. (2005) Role of bioinoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. African Biotechnology Journal 4: 210-222.

Rahmana, A., Nasima. S., Baig, I., Jalil, S., Orhan, I., Sener, B. and Choudhary, M. I. (2003) Anti-inflammatory isoflavonoids from the rhizomes of *Iris germanica*. Journal of Ethnopharmacology 86: 177-180.

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.

Roy, S. J., Negrao, S., Tester, M. and Roy, S. J. (2014) Salt resistant crop plants. Curr Opin Biotechnology 26: 115-124.

Ruiz-Lozano, J. M. and Azcon, R. (2000) Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. From saline soil and *Glomus deserticola* under salinity. Mycorrhizal 10: 137-43.

Schubler, A., Schwarzot, D. and Walke, C. (2001) A new fungal phylum, the glomeromycota: Phylogeny and evolution. Mycological Research 105: 1413-1421.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006) Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation 48: 127-135.

Singh, R. and Haragava, G. P. (1995) Response of safflower and dill to soil salinity. Indian Journal of Agricultural Science 65: 442-44.

Veresoglou, S. D. and Rillig, M. C. (2012) Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. Biology Letters 8: 214-217.

Villasenor, C. J., De Lucas, M. A., Gomez, G. R. and Mena, S. J. (2007) A comparative study of five horizontal subsurface flow constructed wetlands using different plant species for domestic wastewater treatment. Environmental Technology 28: 1333-1343.

Wang, G. Q. (2002) Study on anatomical structure of *Iris lactea* Pall var.chinensisin different ecological environments. Journal of Inner Mongolia University. Nationalities (in Chinese) 17: 127-129.

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: 454-463.

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: 70-74.

Xu, H. G. (2004) China halophyte and ecology regulation on saline soils (in Chinese). China Agricultural Science Press, Beijing 337-359.

Yaish, M. W. and Kumar, P. P. (2015) Salt tolerance research in date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.), past, present and future perspectives salt tolerance research in date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.), past, present, and future perspectives. Frontiers in Plant Science 6: 348.

Yamasaki, S. and Dillenburg, L. C. (1999) Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia* Braz. Journal of Plant Physiology 11: 69-75.

Zhang, T., Sun, Y., Song, Y. C., Tian, C. Y. and Feng, G. (2011) On-site growth response of a desert ephemeral plant, *Plantago minuta*, to indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in a central Asia desert. Symbiosis 55: 77-84.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]

Effect of mycorrhizal fungi on some morphophisiological charachteristics of three genotypes of German iris (*Iris germanica*) under salt stress

Zahra Ziaei[1], Maryam Dehestani Ardakani*[1], Mostafa Shirmardi[1] and Mohammad Hossain Azimi[2]

[1] MSc. Student, Department of Horticultural Science, College of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
[2] Ornamental Plants Research Center (OPRC), Horticulture Sciences Research Institute (HSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran
(Received: 15/10/2019, Accepted: 12/02/2020)

Abstract

Iris (*Iris* spp.) is one of the major ornamental and pharmaceutical plant species from Iridaceae family. The aim of this study was the investigation of the effects of mycorrhizal fungi on some morphophysilogical charachteristics of three genotypes of *Iris germanica* under salt stress. Experiment was conducted on a factorial and completely randomized design (CRD) with three replications. Treatments of this experiment consisted of four levels of salinity (1, 4, 8 and 12 ds/m), three levels of mycorrhizal fungi (0, 15 and 25 g/kg) and three breeded genotypes of iris (OPRC-122, OPRC-125 and OPRC-S54). Whit increasing salinity level, dry weight of leaf, cholorophyll a, b, total chl, and potassium content of leaves significantley decreased wheraes protein, catalas enzyme activity increased. In OPRC-122 genotype, 30 g/pot mycorrhizal fungi aplication led to a significant increase (0.21 mg/g) of chl a compared to the control and 25 g/kg mycorrhizal fungi treatment. Also, in the mentioned genotype, at salinity of 8 dS/m, application of 25 g/kg in mycorrhizal fungi compared to the control and 15 g/kg mycorrhizal fungi significantly increased chlorophyll b. Application of 15 and 25 g/kg of mycorrhizal fungi at 8 dS/m decreased the sodium content in OPRC-122 genotype by 29.71% and 35.50%, respectively. Using of 50 g/pot mycorrhizal fungi at 12 dS/m in OPRC-125 genotype increased leaf potassium content by 12.61% compared to the control. Generally, it seemed that among the three studied genotypes, OPRC-122, showed the most resistance to salinity and mycorrhizal fungi treatments better than the control could increase salt tolerance of all three genotypes.

Keywords: Potassium, Sodium, Cholorophyll, Relative water content of leave, Ion Leakage

Corresponding author, Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.19.6]