



واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) به همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا تحت تنش شوری

مدینه بیژنی^۱، پرویز یدالهی ده‌چشمه^{۲*}، مسلم حیدری^۳ و مهدی قنواتی^۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی میکوریزا در سطوح مختلف تنش شوری بر رشد، عملکرد و غلظت عناصر غذایی تجمع یافته در گیاه زیره سبز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارها شامل آبیاری با آب شور در سه سطح (۱) [شاهد]، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان عامل اصلی و هم‌زیستی با سه گونه‌ی میکوریزا (*Glomus intraradices*، *G. etanicatum*، *G. hoi*) و بدون قارچ به عنوان عامل فرعی بودند. تأثیر تنش شوری بر تمام خصوصیات مورد مطالعه به جز تعداد چتر در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تنش شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) وزن هزار دانه، تعداد دانه در چتر، فسفر، کلسیم و منیزیم دانه را به ترتیب ۱۷/۷۱، ۱۱/۴۰، ۱۴/۹۵، ۴۶/۰۸ و ۱۳/۶۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. با کاربرد قارچ‌های میکوریزا، بیشترین تعداد دانه در چتر و فسفر دانه به ترتیب با ۲۸/۴ و ۵۴/۴٪ افزایش نسبت به عدم شاهد در گونه *G. intraradices* و تعداد چتر در بوته با میانگین ۹/۷ عدد در گونه *G. etanicatum* حاصل شد. آغشته کردن گیاه با گونه‌های قارچ میکوریزا بر میزان کلسیم، منیزیم و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل میکوریزا و تنش شوری بر غلظت سدیم، پتاسم، و نسبت Na/K و همچنین عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. در بین سه گونه قارچ مورد استفاده در شرایط تنش شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، گونه *G. intraradices* عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته را به ترتیب ۲۸/۵ و ۴۷/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. لذا، می‌توان چنین بیان داشت که همزیستی میکوریزایی اغلب منجر به بهبود حرکت آب به داخل گیاه میزبان می‌گردد و گیاهان تحت رژیم‌های مختلف شوری وابستگی زیادی به میکوریزا جهت افزایش عملکرد دارند.

واژگان کلیدی: تنش، عملکرد دانه، گیاه دارویی، همزیستی.

parviz.yd@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۲۰

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران

۲- واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان، شهرکرد، ایران (* نگارنده‌ی مسئول)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران

۴- عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور زاهدان، ایران

مقدمه

آربوسکولار دارای رابطه همزیستی مسالمت‌آمیز با ریشه گیاهان است (Gogoi and Singh, 2011). تاثیر مثبت این قارچ بر گیاهان مختلف به وفور اعلام شده است (Karagiannidis *et al.*, 2012; Moradi *et al.*, 2011). این قارچ‌ها نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند به نحوی که بعضی آنها را به عنوان اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور می‌نامند (Singh *et al.*, 1997).

مطالعات بسیاری در سال‌های اخیر کاهش اثرهای تنش خشکی (Amerian *et al.*, 2001) و شوری (Al-Karaki, 2006; Asghari *et al.*, 2005) را از اثرات مفید این قارچ‌ها در گیاهان میزبان معرفی کرده‌اند. شبکه گسترده ریشه‌های خارجی این قارچ‌ها به درون خاک منتشر شده و قادرند عناصر غذایی نظیر فسفر (Maiquetía *et al.*, 2009)، روی و مس (Marschner and Dell, 1994) را با سرعت بیشتری، مستقل از پخشیدگی کند آنها در خاک، به گیاه میزبان انتقال دهند. همچنین، این قارچ‌ها با افزایش سرعت جذب عناصر کم تحرک قادر هستند تغذیه گیاه میزبان را در شرایط کمبود عناصر غذایی خاک بهبود بخشیده و به این ترتیب بر مؤلفه‌های رشد و عملکرد گیاه تاثیر قابل توجهی داشته باشند (Asghari *et al.*, 2005).

با توجه به محدودیت منابع آب شیرین به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، کشاورزان کاربرد آب‌هایی با نسبت‌های مختلف شوری را در برنامه‌ریزی آبیاری خود قرار داده‌اند (Bardel., 2013). لذا یافتن راهی برای کاهش اثرات شوری حاصل از NaCl لازم و ضرورت انجام این آزمایش را به خوبی مشخص می‌کند. بنابراین، در این مطالعه اثر همزیستی میکوریزایی گیاه دارویی زیره سبز در میزان کاهش اثرات تنش شوری از طریق بررسی میزان

در بین تنش‌های محیطی، تنش شوری از اهمیت زیادی برخوردار بوده به طوری که در حدود دو میلیون کیلومتر مربع از زمین‌های قابل استفاده در کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده است و انتظار می‌رود ۳۰٪ اراضی در ۲۵ سال آینده و بالغ بر ۵۰٪ آنها در سال ۲۰۵۰ به دلیل توسعه شوری از گردونه تولیدات کشاورزی خارج شوند (Wang *et al.*, 2003). آب شور، حاوی نمک‌های محلولی است که به واسطه اثر متقابل عواملی نظیر پتانسیل اسمزی، سمیت و اثر آنتاگونیسم یونی، رشد گیاه را متوقف ساخته و موجب عدم تعادل تغذیه‌ای می‌شود (Ramezani *et al.*, 2011). در شرایط شور، غلظت یون‌های سدیم و کلر معمولاً بیشتر از عناصر غذایی پرمصرف بوده و در مورد عناصر کم‌مصرف این تفاوت بسیار بیشتر است (Patel *et al.*, 2010). بنابراین، گیاهان به علت اثرات اسمزی، آسیب یون‌های خاص و ایجاد اختلالات تغذیه‌ای دچار افت کیفیت و کمیت محصولات می‌شوند (Hadi and Karimi, 2012). در همین راستا بررسی محققان نشان داد که با افزایش شوری میزان نیتروژن (Tuna *et al.*, 2007)، فسفر (Oreyi *et al.*, 2009) و پتاسیم (Ahmed and Jabeen, 2009؛ Bahmanyar, 2006) در گیاه کاهش می‌یابد. علاوه بر این، افزایش میزان تنش شوری باعث کاهش رشد ساقه و برگ‌ها، زیست توده و افزایش نسبت ریشه به ساقه می‌شود (Meloni *et al.*, 2001). در همین ارتباط، کاهش ارتفاع زیره سبز و صفات مورفولوژیکی در گاوزبان اروپایی (Ramezani *et al.*, 2011) در اثر تنش شوری نیز گزارش شده است.

برای غلبه بر مشکل شوری خاک‌ها راه‌کار زیستی یکی از عوامل اساسی است که باید مورد توجه قرار بگیرد (Katergi, 1994). قارچ میکوریزا و زیگولار-

تیمار شوری برای جلوگیری از شوک اسمزی به تدریج وقتی گیاهان به طور کامل مستقر شده و ارتفاع تقریبی آن‌ها در حدود ۱۰ سانتی‌متر بود، اعمال شد. به این صورت که یک هفته با نصف هدایت الکتریکی مورد نظر و سپس هدایت کامل اعمال گردید. غلظت نمک مورد استفاده با معادله زیر محاسبه شد و از کلرید سدیم خالص به این منظور استفاده گردید (Mostafazadeh-Fard *et al.*, 2008).

$$\text{TDS} = 640 \times \text{EC}$$

که در آن TDS، غلظت کل املاح محلول (mg/l) و EC، هدایت الکتریکی آب (dS/m) است. به منظور برداشت نهایی، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت تعداد ۱۰ بوته برداشت و اجزای عملکرد آنها، از قبیل تعداد چتر در هر بوته، تعداد دانه در هر چتر و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. همچنین، برای تعیین میزان عملکرد دانه در هر کرت پس از حذف حاشیه‌ها، سطحی معادل ۲ متر مربع از هر کرت برداشت و پس از خشک شدن و بوجاری، وزن دانه‌ها تعیین شد.

برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از روش شعله سنجی^۱ (Knudsen *et al.*, 1982) استفاده شد. کلسیم و منیزیم به روش دی‌تی‌پی^۱ (Lindsay, 1972) و توسط دستگاه جذب اتمی مدل WOV M 300 تعیین گردیدند. برای اندازه‌گیری فسفر نیز از روش اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۲۰ نانومتر (Rayan *et al.*, 2001) استفاده گردید.

در پایان، تجزیه داده‌های به‌دست آمده با استفاده نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جذب عناصر غذایی و عملکرد این گیاه، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۲، در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (عرض جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. اقلیم محل اجرای آزمایش گرم و خشک و میزان سالانه تبخیر در آن ۴۸۶۵ میلی‌متر است که بیش از ۷۸ برابر بارندگی سالانه منطقه می‌باشد. محصول پیشین در زمین محل اجرای آزمایش گلرنگ بود. نتایج به‌دست آمده از تجزیه نمونه خاک قطعه آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

بذر مورد استفاده توده محلی زابل بود که به همراه قارچ‌های میکوریزا از مرکز تحقیقات شهرستان زابل تهیه شد. این تحقیق به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار، انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شوری آب آبیاری در سه سطح (۱ [شاهد]، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان عامل اصلی و سویه‌های میکوریزا در چهار سطح (گونه *Glomus hoi*، *Glomus intraradices etanicatum* و شاهد بدون قارچ) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. ردیف‌های کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر، به وسیله فارور تهیه گردید. سپس بذور زیره سبز با سویه‌های قارچ میکوریزا با جمعیت ۲۵۰ تا ۳۰۰ اندام فعال قارچ برای هر تلقیح بذر در هنگام کاشت اعمال و عملیات کاشت در در دوم آذر ماه سال ۱۳۹۲ در عمق کاشت ۱/۵ سانتی‌متر انجام گردید. اندازه هر کرت ۲×۲ متر، فاصله بین تکرارها یک متر، بین بلوک‌ها و کرت‌های فرعی نیز نیم متر در نظر گرفته شد.

¹ Flame photometer

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

اثر تنش شوری بر وزن هزار دانه ($p = 0.01$) و تعداد دانه در چتر زیره ($p = 0.05$)، معنی‌دار گردید (جدول ۲). سطح سوم شوری (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) وزن هزار دانه و تعداد دانه در چتر را به ترتیب $21/53$ و $12/87$ ٪ نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۳). این کاهش می‌تواند به علت تنش آبی ناشی از شوری در مرحله پرشدن دانه‌ها نیز باشد؛ بدین معنی که گل‌های موجود در هر چتر به علت کمبود عناصر غذایی ناشی از شوری تکامل نیافته و چترهای حاوی بذر یا پر نمی‌شوند یا شامل بذوری می‌شوند که به مقدار جزئی توسعه یافته‌اند (Francois et al., 1994). علاوه بر این، بروز تنش در مرحله پرشدن دانه با کاهش انتقال مواد به دانه منجر به کاهش وزن دانه‌ها می‌گردد. وقوع تنش به‌خصوص در اواخر حیات گیاه باعث تسریع پیری، کاهش دوره پرشدن دانه و در نهایت باعث کاهش وزن دانه می‌شود (Ghamarnia et al., 2012).

اثر قارچ میکوریزا بر تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر معنی‌دار ($p = 0.01$) شد (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد زیره گردید (جدول ۳). مکانیسم‌های مختلفی در ارتباط با تاثیر میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان ذکر شده است. یکی از مهم‌ترین این مکانیسم‌ها، تاثیر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک است (Abdelhafez and Abdel-Monsief, 2006) که در مطالعه حاضر نیز افزایش عناصر فسفر و پتاسیم در اثر همزیستی مشاهده شد. همین امر سبب گردیده تا در مطالعه پیش روی، تیمارهای همزیست از افزایش قابل توجهی در بهبود اجزای عملکرد برخوردار گردند، به‌طوری‌که گونه *G. intraradices*

بیشترین تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر را به ترتیب $18/57$ و $40/65$ ٪ افزایش نسبت به سطح شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳). اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته در زیره ($p = 0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۱). همزیستی قارچ‌های *G. etanicutum*، *G. intraradices* و *G. hoi* در شرایط تنش شدید صفت مذکور را به ترتیب با $47/7$ ، $35/6$ و $26/8$ ٪ نسبت به شاهد افزایش داد. ولی در تنش ملایم، گونه‌های *G. etanicutum* و *G. hoi* به ترتیب با $37/3$ و $36/2$ ٪ افزایش نسبت به شاهد و قرار گرفتن در گروه آماری مشترک بیشترین تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). در همین راستا کشمیری و کافی (Keshmiri and Kafi, 2011) نیز نتایج مشابهی را در مورد تلقیح زیره سبز (*Cuminum cyminum*) توسط میکوریزای آربوسکولار در شرایط تنش شوری و رطوبتی گزارش کردند. یعقوبیان و همکاران (Yaghoobian et al., 2012) نیز به بهبود صفات زایشی در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا در گندم تحت تنش خشکی اشاره کرده‌اند و این مطلب نشانگر اثر مثبت قارچ میکوریزا در گیاهان تلقیح شده بوده است.

محتوای سدیم دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، آبیاری با آب شور، کاربرد قارچ میکوریزا و اثرات متقابل آنها تاثیر معنی‌داری ($P = 0.01$) بر میزان سدیم دانه داشت. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل نشان می‌دهد اگرچه شوری آب آبیاری سبب افزایش سدیم دانه گردیده ولی این افزایش در تیمارهای همزیست به‌طور قابل توجهی کمتر بوده است این موضوع به خصوص در سطح دوم تنش در تیمار همزیست *G. hoi* با میانگین $93/18$ ppm بیشتر به چشم می‌خورد (شکل ۲). در شرایط تنش شدید نیز کمترین میزان صفت مذکور با $25/7$ ، $23/2$

یکی از شرط‌های گیاه برای بقا در شرایط شوری، بالا نگهداشتن غلظت یون پتاسیم در اندام‌ها است. تحت شرایط شوری نه تنها رقابت بین سدیم و پتاسیم به واسطه وجود روابط آنتاگونیستی بین آنها (Meloni et al., 2001)، بلکه به واسطه تغییر در نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه، ممکن است به کاهش جذب یون پتاسیم منجر شود (Marschner, 1986). در همین ارتباط نتایج تحقیقاتی بر رازیانه (Semiz et al., 2012) و آفتابگردان (Akram et al., 2011) مؤید کاهش محتوای یون پتاسیم با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری است. این در حالی است که کاربرد قارچ میکوریزا با گسترش ریشه‌های خارجی، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش می‌دهند (James et al., 2008). لذا، با توجه به افزایش جذب فسفر توسط قارچ میکوریزا در شرایط تنش شوری که باعث افزایش جذب پتاسیم می‌گردد، نتیجه حاضر قابل توجه می‌باشد. به طور کلی در گیاهان میکوریزی غلظت پتاسیم بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی می‌باشد و بدین ترتیب با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم هم‌زیستی میکوریزی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم محافظت می‌کند در نتیجه استفاده از قارچ گلوموس باعث افزایش رشد در شرایط شوری می‌شود (Pass et al., 1985).

محتوای فسفر دانه

اثر تنش شوری و قارچ میکوریزا بر انباشت فسفر دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، تجمع فسفر دانه (۳۷۶/۰۵ ppm) را در مقایسه با شاهد (۴۳۱/۵۹ ppm) چیزی در حدود ۱۴٪ کاهش داده است ولی بین سطوح دوم و سوم تنش اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۳). کاهش محتوای نسبی فسفر دانه در اثر افزایش هدایت الکتریکی توسط سایر محققین

و ۱۳/۷٪ کاهش نسبت به شاهد به ترتیب در همزیستی قارچ‌های *G. intraradices*، *G. hoi* و *G. etanicutum* حاصل شد (شکل ۲). در نتیجه‌ی مشابه، فلاحیان و همکاران (Fallahiyan et al., 2005) در آزمایش خود روی گیاه پسته (*Pistacia vera* L. به این نتیجه رسیدند که اگرچه با افزایش سطوح شوری، به علت بالا بودن مقدار یون محلول سدیم در خاک، غلظت سدیم در گیاه در حضور قارچ میکوریزا و غیاب آن افزایش می‌یابد، اما غلظت سدیم در گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی کمتر بود. آنها یکی از عوامل بهبود رشد گیاهان میکوریزایی در محیط‌های شور در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی را پایین‌تر بوده غلظت یون سدیم در گیاه و جلوگیری از ایجاد غلظت سمی سدیم در هنگام کاربرد میکوریزا ذکر کردند. علاوه بر این منصور و همکاران (Mansouri et al., 2007) در این‌باره اظهار کردند که قارچ‌های میکوریزا با نگه داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان، باعث کاهش ورود آن به گیاه شده و از این طریق موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شوند.

محتوای پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد تنش شوری، قارچ میکوریزا و اثر متقابل آنها بر غلظت پتاسیم دانه زیره معنی‌دار (p 0.01) بود (جدول ۲). بیشترین محتوای پتاسیم دانه در شرایط تنش ملایم با میانگین ۱۵۲/۲ ppm و افزایش ۲۵/۳٪ نسبت به شاهد در همزیستی قارچ *G. etanicutum* به دست آمد که بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در شرایط تنش شدید نیز همزیستی قارچ *hoi* با ۲۹/۹٪ افزایش نسبت به شاهد بالاترین صفت مذکور را به خود اختصاص داد. کمترین محتوای پتاسیم دانه با میانگین ۷۸/۰۷ ppm در تیمار ترکیبی تنش شدید و عدم همزیستی مشاهده شد (شکل ۳).

بنابراین حتی اگر منیزیم به حد کافی در خاک موجود باشد کمبود این عنصر در خاک‌هایی که رطوبت کافی ندارند، دیده می‌شود (Tabatabai, 2009). لذا، با توجه به بالابودن فشار اسمزی ناشی از شوری و کاهش قابلیت دسترسی آب برای گیاهان در این شرایط (Poljakoff *et al.*, 1994)، نتیجه به‌دست آمده در این آزمایش در کاهش جذب منیزیم قابل توجیه است. در همین راستا نتایج بسیاری از تحقیقات حاکی از کاهش محتوای منیزیم گیاهان مورد مطالعه در اثر شوری است (Ramezani *et al.*, 2011؛ Hussein *et al.*, 2012).

محتوای کلسیم دانه

تنش شوری اثر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر غلظت کلسیم دانه زیره داشت (جدول ۲). در گیاهان پرورش یافته با آب شور غلظت کلسیم دانه کاهش یافت، به طوری که با افزایش شوری از ۱ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کلسیم دانه به‌طور قابل توجهی معادل $0.85/46$ نسبت به شاهد کم شد (جدول ۳). با توجه به کاهش چشم‌گیر در کلسیم با افزایش شوری در این آزمایش، مشخص می‌گردد که غلظت کلسیم بیشترین حساسیت را به تنش شوری داشته است. به‌نظر می‌رسد با افزایش شوری آب آبیاری تجمع و انتقال کلسیم به‌دلیل افزایش سدیم کاهش می‌یابد، زیرا این دو یون در جذب و انتقال با هم رقابت دارند (Bouزيد and Youcef, 2009). از طرف دیگر، در غلظت بالای نمک Na^+ جایگزین Ca^{+2} موجود در غشای پلاسمایی تارهای کشنده شده و در نتیجه باعث تغییر در نفوذپذیری غشای پلاسمایی می‌گردد (Ramezani *et al.*, 2011). با توجه به این امر، نشت کلسیم از سلول انجام شده و طبیعی است که مقدار کلسیم در گیاه کاهش می‌یابد (Rameeh *et al.*, 2004). منصور و همکاران (Mansour *et al.*, 2005) نیز به این نتیجه

نیز به اثبات رسیده است (Abu-El Maged *et al.*, 2008؛ Akram *et al.*, 2011). در واقع کم شدن فسفر محلول خاک به دلیل ایجاد کانی‌های کلسیم-فسفر، می‌تواند از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور باشد (Oreyi *et al.*, 2009).

در آزمایش حاضر قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش میزان فسفر دانه گردیدند، به طوری که تیمار همزیستی *G. intraradices*، با $0.19/61$ ٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد بیشترین مقدار صفت مذکور را به خود اختصاص داد (جدول ۳). این افزایش می‌تواند ناشی از گسترش ریشه‌های خارجی و در نتیجه افزایش سطح جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه باشد (James *et al.*, 2008). همچنین، تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریشه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب گردد (Song, 2005). در همین زمینه رضوانی و همکاران (Rezvani *et al.*, 2011) در سویا (*Glycine max* L.) اذعان داشتند که قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار فسفر در گیاهان همزیست نسبت به گیاهان تلقیح نشده گردید که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

محتوای منیزیم دانه

تنش شوری سبب تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) در بین تیمارها از نظر غلظت منیزیم دانه شد (جدول ۲). افزایش سدیم منجر به کاهش محتوای منیزیم دانه شد. سطح شاهد و تنش ملایم با $0.1/15$ ٪ اختلاف از لحاظ آماری گروه مشترک قرار گرفتند. تنش شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) نیز با $0.13/8$ ٪ کاهش نسبت به شاهد، کمترین منیزیم دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). با توجه به این واقعیت که تأمین منیزیم به ریشه بستگی به تماس ریشه، حرکت توده‌ای و انتشار آن دارد (Bouزيد and Youcef, 2009)،

در طی مطالعات خود تأثیر بر بهبود تغذیه (Janjansa et al., 2008) و تغییرات در خواص نگهداری آب در خاک (Alizadeh, 2007) را در قبال همزیستی میکوریزایی در شرایط تنش در گیاهان میزبان مطرح کرده‌اند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه گیاهان به‌طور معنی‌داری ($P < 0.01$) تحت تأثیر تنش شوری، قارچ‌های میکوریزا و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط تنش شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و ملایم (۵ دسی‌زیمنس بر متر) کاربرد گونه *G. intraradices* به‌ترتیب با افزایش ۲۸/۵ و ۲۳/۶٪ نسبت به شاهد، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و سایر تیمارها مشاهده شد، پس از آن نیز گونه‌های *G. etanicatum* و *G. hoi* به‌ترتیب با ۲۰/۷ و ۱۶/۳٪ افزایش در شرایط تنش شدید و ۱۶/۷ و ۱۴/۹٪ در تنش ملایم با قرار گرفتن در یک گروه آماری در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۵). پتانسیل قارچ‌های میکوریزا در افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش غیرزنده در مدت زمان طولانی شناخته شده است (Smith and Read, 2008) و همزیستی آنها در سیستم‌های کشاورزی پایدار از اهمیت فوق‌العاده‌ای برای کیفیت خاک و تولیدات زراعی تحت شرایط آب و هوایی سخت خواهد بود (Lal, 2009). همزیستی میکوریزایی سبب افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه در خاک‌های فقیر می‌شود. افزایش جذب ممکن است به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از راه نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاهان زراعی به حجم بیشتری از خاک باشد. در چنین شرایطی جذب عناصر غذایی مانند فسفر و سایر عناصر غیرمتحرک در گیاه به‌ویژه در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Jindal and Atawal, 1993).

رسیدند که شوری انباشت یون کلسیم را در گیاه ذرت کاهش داد.

نسبت محتوای سدیم به پتاسیم دانه

اثر تنش شوری، قارچ میکوریزا و اثرات متقابل آنها بر نسبت سدیم به پتاسیم دانه زیره معنی‌دار ($p < 0.01$) گردید (جدول ۲). در شرایط آبیاری با آب مطلوب کمترین نسبت Na/K در تیمارهای همزیست با *G. hoi* و *G. intraradices* مشاهده گردید و با اعمال تنش شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تیمار همزیستی *G. hoi* توانست در کاهش انباشت سدیم موفق‌تر از سایر سویه‌ها عمل نموده و با میانگین ۰/۹۳٪ منجر به کاهش ۴۶/۲۴ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردد. پس از آن همزیستی سویه‌های *G. intraradices* و *G. etanicatum* در بالاترین سطح تنش به‌ترتیب با حدود ۳۵٪ کاهش در صفت مذکور نسبت به شاهد با قرارگیری در گروه آماری مشترک در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۴). فراوانی یون سدیم در شرایط تنش شوری و جایگزین شدن آن با یون پتاسیم در سطح کلونیدها و فاز محلول خاک و در نتیجه جذب بیشتر آن توسط ریشه می‌تواند سبب افزایش نسبت سدیم به پتاسیم دانه شده باشد (Farshid et al., 2009)، با این حال در تیمارهای همزیست این نسبت کمتر بوده است. بنابراین، مشاهده می‌گردد که در گیاهان تلقیح شده، افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه مانع از جذب سدیم گردید، به‌طوری‌که در شرایط آبیاری با آب مطلوب کمترین نسبت Na/K در تیمارهای همزیست با *G. hoi* و *G. intraradices* مشاهده گردید و با اعمال تنش شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تیمار همزیست *G. hoi* توانست در کاهش انباشت سدیم موفق‌تر از سایر سویه‌ها عمل نموده و با میانگین ۰/۹۳٪ منجر به کاهش ۴۶/۲۴ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردد (شکل ۴). به‌طورکلی، محققان

نتیجه‌گیری کلی

در حقیقت در همکاری قارچ‌های میکوریزایی، به‌دلیل غنای تغذیه‌ای در این محیط، امکان بهتر شدن محدودیت‌های تغذیه‌ای از طریق مزایای این نوع همکاری در شرایط تنش فراهم می‌شود. در این مطالعه قارچ میکوریزا به خصوص گونه

G.intraradices به‌دلیل کاهش جذب سدیم و بهبود جذب عناصر ضروری گیاه عملکرد دانه را افزایش داد. لذا، با انجام آزمایش‌های تکمیلی می‌توان همزیستی قارچ‌های میکوریزا را برای کاهش اثرات تنش شوری در شرایط آب و هوایی مشابه انتظار داشت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1- Some physical and chemical properties of studied soil

Depth (cm)	EC (dS/m)	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
0-30	1.2	7.4	0.09	9.27	145.41

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد زیره در اثر همزیستی میکوریزایی تحت تنش شوری

Table 2- Variance analysis of yield traits of cumin mycorrhizal symbiosis under salt stress

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)				
		وزن هزار دانه Grain 1000 weight	تعداد دانه در بوته No. seeds per plant	تعداد دانه در چتر No. seeds per umbel	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	0.148	21.91	0.26	0.111	65.74
شوری Salinity (S)	2	1.63**	2132.41**	4.64*	2.43 ns	17760.97**
خطای اصلی Main Error	4	0.167	72.03	0.27	0.621	45.46
میکوریزا Mycorrhizael (M)	3	0.439ns	3333.25**	18.04**	7.41**	5903.42**
S×M	6	0.204ns	361.43**	0.706ns	0.815ns	171.51**
خطای آزمایش Error	18	0.149	85.27	0.69	1.46	29.00
ضریب تغییرات cv	-	10.34	10.04	8.97	13.70	2.45

ns, ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد

ns, (*) and (**) represent not significant and significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively

ادامه جدول ۲
Table 2- Continued

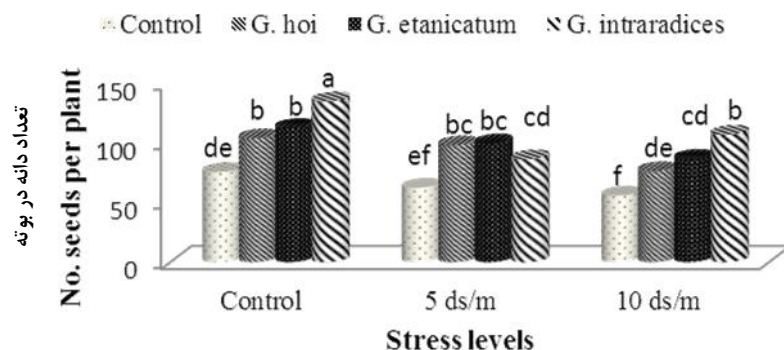
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)					
		سدیم دانه Na Seed	پتاسیم دانه K Seed	فسفر دانه P Seed	منیزیم دانه Mg Seed	کلسیم دانه Ca Seed	Na/K
تکرار Replication	2	12.65	66.00	483.33	0.039	47.83	0.004
شوری Salinity (S)	2	2038.61*	7542.98**	9770.29**	20.44**	19802.62**	1.09**
خطای اصلی Main Error	4	13.70	27.64	739.40	5.23	97.72	0.001
میکوریزا Mycorrhizael (M)	3	1116.59**	1878.51**	128862.17**	2.48ns	30.90ns	0.39**
S×M	6	116.59**	783.08**	418.52 ns	1.04 ns	68.10 ns	0.062**
خطای آزمایش Error	18	24.28	8.29	961.62	1.22	27.66	0.002
ضریب تغییرات cv	-	7.14	2.35	7.75	6.72	4.46	5.15

ns, *, ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی داری می باشد
ns, (*) and (**) represent not significant and significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با عملکرد زیره در اثر همزیستی میکوریزایی تحت تنش شوری
Table 3- Mean of yield traits of cumin mycorrhizal symbiosis under salt stress

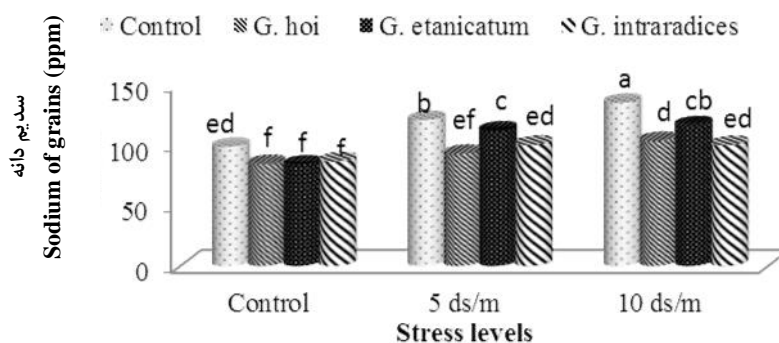
تیمار Treatments	وزن هزار دانه Grain weight(g)	تعداد دانه در چتر .No. seeds per umbel	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	فسفر دانه P (ppm)	منیزیم دانه Mg (ppm)	کلسیم دانه Ca (ppm)
تنش شوری Salinity (ds/m)						
1	4.12 a	10.87 a	9.28 a	431.59 a	17.35 a	164.25 a
5	3.64 ab	10.28 a	8.82 a	392.47 b	17.13 a	100.85 b
10	3.39 b	9.63 b	8.38 a	376.05 b	14.99 b	88.65 c
قارچ‌های میکوریزا Mycorrhizael Fungi						
control	3.52 b	8.51 c	7.59 b	233.69 d	15.70 a	115.63 a
<i>G. hoi</i>	3.67 ab	10.36 b	8.94 a	449.62 b	16.79 a	118.27 a
<i>G. etanicatum</i>	3.67 ab	10.20 b	9.77 a	403.61 c	16.67 a	117.53 a
<i>G. intraradices</i>	4.04 a	11.97 a	9.00 a	513.22 a	16.78 a	120.14 a

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن، معنی دار نمی باشد
* Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at $p = 1\%$ according to DMR



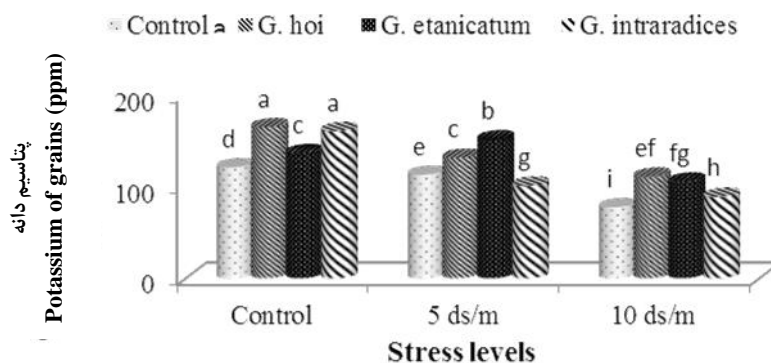
شکل ۱- اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته

Figure 1- Interaction of salinity and mycorrhizael fungi on No. seeds per plant



شکل ۲- اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ میکوریزا بر سدیم دانه

Figure 2- Interaction of salinity and mycorrhizael fungi on Grains of sodium

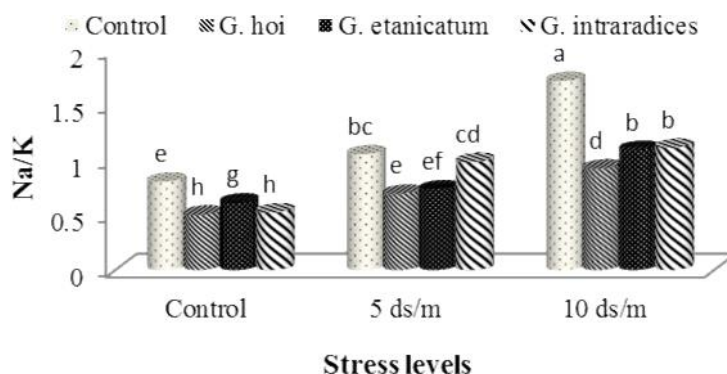


شکل ۳- اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ میکوریزا بر پتاسیم دانه

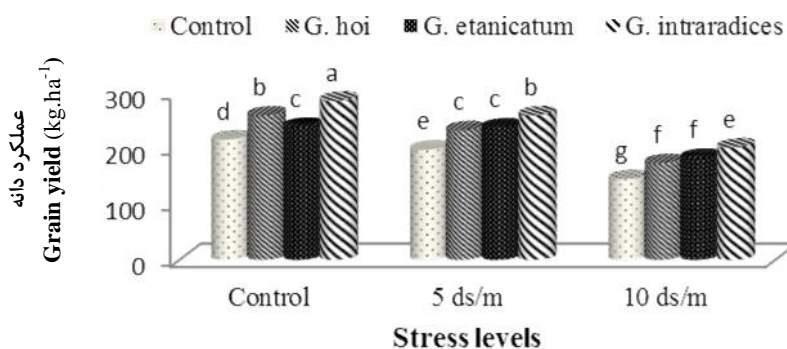
Figure 3- Interaction of salinity and mycorrhizael fungi on Grains of potassium

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح $P < 0.05$

the same letters indicate no significant difference at $P < 0.05$



شکل ۴- اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ میکوریزا بر نسبت سدیم به پتاسیم
Figure 4- Interaction of salinity and mycorrhizal fungi on Na/K



شکل ۵- اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه
Figure 5- Interaction of salinity and mycorrhizael fungi on seed yield

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح

the same letters indicate no significant difference at P <0.05

References

منابع مورد استفاده

- Abdelhafez, A.A., and R.A. Abdel-Monsief. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of cantaloupe and cucumber under different water regimes. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2(6): 503-508.
- Abou El-Maged, M.M., M.F. Zaki, and S.D. Abou-Hussein. 2008. Effect of organic manure and different levels of saline irrigation water on growth, green yield and chemical content of sweet fennel. *Australian Journal Basic and Applied Sciences*. 2(1): 90-98.
- Ahmed, R., and N. Jabeen. 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 41(1): 1373-1384.
- Akram, G., M. Ashraf, and F. Al-Qurainy. 2011. Aminolevulinic acid induced change in yield and seed-oil of sunflower (*Helianthus annus* L.) plants under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*. 43(6): 2845-2852.
- Alizadeh, A. 2007. Effect of moisture on nutrient uptake by mycorrhizal maize in different situations. *Journal Agriculture Reserch*. 3 (1): 101-108. (In Persian).
- Al-Karaki, G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia horticulturae*. 109: 1-7.
- Amerian, M.R., W.S. Stewart, and H. Griffiths. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation, and leaf water relations in maize (*Zea mays*). *Aspects of Applied Biology* 63: 71-76.
- Asghari, H.R., P. Marschner, S.E. Smith, and F.A. Smith. 2005. Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant and Soil*. 273: 245-256.
- Bahmaniar, M.A. 2006. The interactive effects of saline irrigation water, potassium and gypsum on mineral nutrient accumulation and grain protein content of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy*. 5 (2): 257-261.
- Bardel, J. 2013. Effects of normal and saline water along with organic and chemical fertilizer on quantitative traits and essential oils of cumin. Master Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. (In Persian)
- Bouzid, N., and D. Youcef. 2009. Ameliorative effect of CaCl₂ on growth, membrane permeability and nutrient uptake in *Atriplex halimus* sub sp. *schweinfurthii* grown at high (NaCl) salinity. *Desalination*. 249(1): 163-166
- Fallahiyan, F., H. Abbaspur, H. Fahimi, and R.A. Khavazi Nejad. 2005. The effect of Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 67: 82-86. (In Persian)
- Farshid, R., G.R. Zamani, and M.A. Behdani. 2009. The effect of salinity and methods of Nitrogen application fertilizer on yield and yield component of wheat. (*Triticum sativum* L.). MSc Thesis of Agronomy. Faculty of Agriculture. Birjand University, Iran. (In Persian)

- Francois, L.C., Grieve, M.E., Mass, V., and Lesch, S.M. 1994. Time of salt stress effect growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy*. 86: 100-107.
- Ghamarnia, H., Z. Jalili, and S. Diachin. 2012. The effects of saline irrigation water on different components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *International Journal Agriculture Sciences*. 2(10): 915-922.
- Gogoi, P., and R.K. Singh. 2011. Diferent effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae) *Indian Journal Science Technology*. 4(2): 119-125.
- Hadi M.R., and N. Karimi. 2012. The role of calcium in plants salt tolerance. *Journal of Plant Nutrition*. 35: 2037- 2054.
- Hassanzadeh-Delouei M, F. Vazin, and J. Nadaf. 2013. Effect of salt stress in different stages of growth on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*. 153(1): 89-97.
- Hussein, O.S., A.H. Hanafy Ahmed, A.R. Ghalab, and A.M. El Henfy. 2012. Some active ingredients from irradiated Ambrosia maritime seeds growing under different soil salinity levels. *American Journal of Plant Physiology*. 7(2):70-83.
- James, B., D. Rodel, U. Loretto, E. Reynaldo, and H. Tariq. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna Spectabilis*. *Pakistan Journal of Botany*. 40(5):2217-2224.
- Janjansa F., S. Andrew, and E. Sally. 2008. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhiza fungi. *New Phytologist*. 177(3): 779-789.
- Jindal, V., and A. Atawal. 1993. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae on metabolism of moong plant under Nacl salinity. *Plant Physiol and Biochem*. 31- 475-481.
- Kafi, M., and A. Keshmiri. 2011. This yield landraces and cultivars Hindi cumin (*Cuminum cyminum*) in terms of drought and salinity. *Journal of Horticultural Science (Agricu. Sciences and Tech.)*. 25 (3): 324- 327. (In Persian).
- Karagiannidis, N., T. Thomidis, E. Panou-Filotheou, and C.H. Karagiannidis. 2012. Response of three mint and two oregano species to *Glomus etunicatum* inoculation. *Australian Journal Crop Sciences*. 6(1): 164- 169.
- Katergi, N. 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress early seedling growth of sunflower and maize. *Agriculture Water Management*. 26: 81-91.
- Knudsen D., G.E. Peterson, and P.E. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. P. 225-246. In: A. L. Page (ed). *Methods of soil analysis*. Part 2. Am.Soc.Agron. Medison, WI.
- Lal, R. 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*. 1: 45-57.
- Lindsay, W.L. 1972. Zinc in soils and plant nutrition. *Argonaut Advanced Manual*. 24: 147-186.
- Maiquetía, M., A. Cáceres, and A. Herrera. 2009. Mycorrhization and phosphorus nutrition affect water relations and CAM induction by drought in seedlings of *Clusia minor*. *Annal Botany*. 103: 525-532.

- Mansour, M.M., F.Z.M. Salama, and A.F. Abou Hadid, 2005. Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *General Applied of Plant Physiology* 31(1-2): 29-41.
- Mansouri, H., A. Ahmadi Moghadam, and N. Rohani. 2007. Responses of mycorrhiza and Non-mycorrhizal bean plants to salinity stress. *Iranian Journal of Biological*. (1): 80-88. (In Persian).
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press London. p. 76-94.
- Marschner, H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 89-102.
- Meloni, D.A., M.A. Oliva, H.A. Ruiz, and C.A. Martinez. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in Cotton under salt stress. *Plant Nutrition*. 24(3): 599-612.
- Moradi R., P. Rezvani Moghaddam, M. Nasiri Mahallati, and A. Nezhadali. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. Duice). *Spanish Journal Agriculture Reserch*. 9(2): 546- 553.
- Mostafazadeh-Fard, B., M. Heidarpour, A. Aghakhani, and M. Feizi. 2008. Effects of leaching on soil desalinization for wheat crop in an arid region. *Plant, Soil and Enviroment*. 54: 20–29.
- Nabizadeh, M.R. 2002. Effect of salinity on growth and yield of cumin. MA Thesis Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Oreyi, M., S.J. Tabatabaai, A. Falahi, and A. Imani. 2009. Effects of salinity and based on growth, photosynthesis rate, nutrient concentration and sodium almond tree. *Journal of Horticultural Science (Agricu. Sciences and Tech)*. 23 (2): 140- 131. (In Persian)
- Patel, N.T., A. Guptab, and A.N. Pandey. 2010. Salinity tolerance of *Avicennia marina* (Forsk) vierh from Gujarat coasts on India. *Aquatic Botany*. 93: 9- 16.
- Poljakoff, M.A., G.F. Somers, E. Werker, and J.I. Gallagher. 1994. Seeds of *Kosteletzkya virginica* (Malvaceae), their structure, germination and salt tolerance. *American Journal of Botany*. 79(3): 249-256.
- Poss J.A., E. Pond, J.A. Menge, and W.M. Jarrel. 1985. Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without addieional phosphate. *Journal of Plant and Soil*. 88: 307-319.
- Rajali, F., B. Mardokhi, and M.G. Malakoti. 2010. The impact of mycorrhizal symbiosis on water use efficiency, proline accumulation and nutrient uptake of wheat under saline conditions. *Journal of Agricultur and Water Resources*. 24 (2): 111 122. (In Persian)
- Rameeh, V., A. Rezaei, and G. Saeidi. 2004. Study for salinity tolerance in rapeseed. *Commun. Soil Sciences*. 35: 2849-2866.
- Ramezani, E., M. Ghajar Sepanlou, and H.A. Naghdi Badi. 2011. The effect of salinity on the growth, morphology and physiology of *Echium amoenum* Fisch. *African Journal of Biotechnology*. 10(44): 8765-8773.
- Rayan, J.R., G. Estefan, and A. Rashid. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual, (2nd edition). ICARDA, Syria. pp: 231.

- Rezvani, M., B. Afshang, A.A. Gholizadeh, and F. Zafarian. 2011. Effect of different phosphorus sources and mycorrhizal fungi on growth and phosphorus uptake in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Soil Management and Sustainable Manufacturing*. 1 (2): 97-118. (In Persian)
- Semiz G.D., A. Unlukara, E. Yurtseven, D.L. Suarez, and I. Telci. 2012. Salinity impact on yield, water use, mineral and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agriculture Sciences*. 18: 177-186.
- Singh, R.P., A. Choudhary, A. Gulati, H.C. Dahiya, P.K. Jaiwal, and R.S. Sengar. 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic and factors. In: Jaiwal P.K., Singh, R.P., and Gulati, A. (Eds.) Strategies for improving salt tolerance in higher plants. *Science Publishers, Enfield, N.H.* Pp. 25-39.
- Smith, S.E., and D.G.M. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis, 3rd Edn. Academic, London.
- Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. *Electronic Journal of Biology*. 1(3): 44-48.
- Tabatabaai, J. 2009. Mineral nutrition of plants. Printing and Offset Khwarizmi, Tabriz, 389 pages. (In Persian)
- Tuna, A.L., C. Kaya, M. Ashraf, H. Altunlu, I. Yokas, and B. Yagmur. 2007. The effect of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. 59: 173-178.
- Wang, W., B. Vinocur, and A. Altman. 2003. Plants responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta, Heidelberg*. 218 (1): 1-14.
- Yaghobian, Y., H. Pirdashti, A. Mohamadi Gol Tape, V. Feisali Asl, and A. Esfandiari. 2012. Evaluate the response of dryland wheat (*Triticum aestivum* L) Arbuscular mycorrhiza Qarch-Hay Azar2 to coexist with different levels of drought and mycorrhiza-like. *Journal of Agriculture Ecology*. 4 (1): 73-63. (In Persian)

Response of Yield, Yield Components and Nutrient Concentration of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) to Mycorrhizal Symbiosis under Salt Stress Conditions

Bijhani, M.¹, P. Yadollahi^{2*}, M. Heydari³, and M. Ghanavati⁴

Received: August 2014, Accepted: 11 November 2015

Abstract

To study the effects of mycorrhizal inoculation and salinity stress on the growth, yield and nutrient concentrations of cumin (*Cuminum cyminum* L.), an experiment was carried out as split plot in a completely randomized block design at Zabol University Research Farm in 2013. Treatments consisted of three salinity stresses: 1 (control), 5 and 10 dSm⁻¹, was considered as the main treatments, and four levels of mycorrhizal inoculation (*Glomus intraradices*, *G. etanicatum*, *G. hoi* and non-inoculation as control) as the sub-treatments. The effects of salinity on all traits under study, except umbels per plant, were significant, and severe stress (10 dSm⁻¹) reduced 100 seed weight, number of seeds per umbel, concentrations of phosphorus, calcium and magnesium in seeds by 17.71, 11.4, 14.95, 46.08, 13.60 %, respectively, as compared to the control. The numbers of seeds per umbel and phosphorus concentration in seed were highest in *G. intraradices* with 28.4 and 54.4%, respectively as compared to control and umbels per plant was also maximum (9.7) by using *G. etanicatum*. Mycorrhizal inoculation did not have significant effect on calcium and magnesium concentrations in seeds and 1000 seed weight. However mycorrhiza × salinity stress interaction was significant about concentration of sodium, potassium and sodium to potassium ratio (Na/K) in seeds, as well as seed yield and seed number per plant. Among the species of mycorrhiza, applied *G. intraradices* had better performance in severe salinity (10 dS⁻¹) and increased seed yield and seed number per plant by 28.5 and 47.6%, respectively in comparison control. The results suggested that mycorrhizal inoculation improves water absorption by plant. Yield increases of plants under different salinity regimes dependent on their mycorrhizal inoculation.

Key words: Medicinal plant, Stress, Symbiosis, Yield.

1- MSc. Graduated of Agroecology, University of Zabol, Zabol, Iran.

2- Young Researchers and Elite Club, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

3- MSc. Graduated of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran.

4- Faculty Member of Payam Noor University, Zahedan, Iran.

* **Corresponding Author:** parviz.yd@gmail.com