تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۴۲۱-۴۳۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.435.1084

بررسی اثر شوری و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) در شرایط مزرعه

احمدرضا دهقانی تفتی[1*]، سهراب محمودی[2]، حسینعلی علیخانی[3]، معصومه صالحی[4]

۱. دانش‌آموخته دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند
۳. استاد، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران
۴. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. عامل شوری آب آبیاری در سه سطح ۲/۵ (شاهد)، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان فاکتور اصلی و دو عامل قارچ میکوریزا آربوسکولار شامل دو سطح (کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و عدم مصرف قارچ به‌عنوان شاهد) و باکتری حل‌کننده فسفات نیز شامل دو سطح (کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* و عدم مصرف باکتری به‌عنوان شاهد) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت به ترتیب، ۱۸/۳ عدد در بوته، ۴۳/۴ عدد در سنبله، ۱/۵ گرم و ۲۷/۹ درصد در شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر حاصل گردید. همچنین بررسی اثرات متقابل نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه درنتیجه ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ۴۵۳۹ و ۱۳۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. درمجموع نتایج این بررسی نشان داد اگرچه شوری بالای آب آبیاری می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد گیاه دارویی اسفرزه بگذارد، بهره‌گیری از کودهای بیولوژیک می‌تواند بخشی از این اثرات منفی تنش را جبران نماید.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، سودوموناس فلورسانس، گلوموس اینترادیسس، تنش خشکی.

مقدمه

شوری آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Emam et al., 2013). از ۱۵ میلیون هکتار اراضی زیر کشت در ایران، ۶ میلیون هکتار آبیاری می‌شوند (۳۰ درصد) که ۱/۷ میلیون هکتار آن متأثر از شوری هستند (Zamani et al., 2011). شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی به درون گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود (Satir and Berberoglu, 2016).

بهره‌گیری از گیاهان در درمان بیماری‌ها قدمتی به‌اندازه تاریخ دارد (Dutra et al., 2016). گیاهان دارویی به‌طور پراکنده در محدوده‌های جغرافیایی گسترده یافت شده که جمع‌آوری و دسترسی به آن‌ها ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست، بنابراین استفاده از رویشگاه‌های طبیعی جوابگوی صنایع داروسازی نخواهد بود و چنین استفاده انبوه از گیاهان به‌طور حتم موجبات نابودی آن‌ها را فراهم می‌سازد. ازاین‌رو، باید نسبت به کشت این گیاهان در سطوح زراعی و گلخانه اقدام نمود (Dehghani Tafti et al., 2014).

* نگارنده پاسخگو: احمدرضا دهقانی تفتی. پست الکترونیک: ahmadreza4814@yahoo.com

اسفرزه[1] (*Plantgo ovata* Forsk.) گیاهی از تیره بارهنگ (Plantaginaceae) است. گیاهان تیره بارهنگ در نواحی مختلف کره زمین، بخصوص مناطق معتدل پراکنش دارند، اما منشأ اولیه آن‌ها هند و پاکستان است (Chakraborty and Patel, 1992). تحقیقات جدید پزشکی اثربخشی این گیاه در درمان بیماری‌های مخاطی، روده‌ای، اسهال و اثر ملینی آن را ثابت کرده است (Fernandez-Banares and et al., 1999).

برخی مطالعات بیانگر آن است که گیاه اسفرزه قادر است تا شوری ۸ دسی زیمنس بر متر را تحمل کند و عملکردی معادل ۸۸۵ کیلوگرم در هکتار را تولید نماید (Hemming, 2012). هرچند این‌گونه از اسفرزه در فلور ایران پراکنش طبیعی دارد، اما پرداختن به کشت و کار آن در کشور پیشینه چندانی ندارد. تولید این محصول، جزء ۱۵ گونه اول دارویی قرارگرفته و پرداختن به زراعت آن از اولویت اقتصادی برخوردار است (Baghalian, 2008).

حاصلخیزی خاک یک عامل کلیدی و مهم در برقراری امنیت غذایی و کشاورزی پایدار است (World Food Summit, 1996). فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی ضروری و پرمصرف موردنیاز گیاه بوده و مهم‌ترین نقش آن در فرآیند تولید و انتقال انرژی گیاه است (Jama-Rodzeńska and et al., 2016; Malakouti and et al., 2008). مطالعات نشان می‌دهد کاربرد عنصر فسفر می‌تواند بر کمیت و کیفیت دانه اسفرزه اثر بگذارد (Poryousof et al., 2010).

ریزجاندارانی در خاک وجود دارند که قادرند در تغذیه و جذب عناصر غذایی به طرق مختلف به گیاهان کمک کنند که از آن جمله می‌توان به همزیستی دوجانبه گیاه-ریزسازواره اشاره نمود. قارچ‌های میکوریزا قادر به برقراری همزیستی با ریشه اغلب گیاهان خشکی‌زی هستند (Zhu et al., 2016). اغلب پژوهشگران بر این باورند که با استفاده از کودهای زیستی و ریزجانداران خاکزی می‌توان شرایط تغذیه‌ای بهتری را برای گیاه فراهم کرد (Ochoa-Velasco et al., 2016). این همزیستی مزایای متعددی برای گیاهان میزبان دارد که از آن جمله می‌توان به افزایش جذب عناصر غیرمتحرک در خاک مانند فسفر، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش مقدار پروتئین و بالا بردن مقادیر لیپیدها و قندها، افزایش تحمل در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها اشاره کرد (Kapoor et al., 2008). در یک تحقیق اثر قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار *Glomus intraradices* و *Gigaspora margarita* بر گیاه *Plantago lanceolata* در خاک‌های فقیر نشان داد که این قارچ‌ها می‌توانند جذب عناصر غذایی ازجمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش دهند (Stavros et al, 2011). در تحقیقی دیگر کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار سبب افزایش اسانس در گیاه دارویی پونه گردید (Khaosaad et al., 2006).

گزارش‌های متعددی از توانایی گونه‌های مختلف باکتری در انحلال فسفات معدنی کم محلول، مانند، تری کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات، هیدروکسی آپاتیت و سنگ فسفات وجود دارد و همچنین معدنی شدن فسفات آلی و تبدیل آن به شکل قابل‌جذب نیز از طریق تولید آنزیم‌های فسفاتاز و فیتاز گزارش شده است (Malboobi et al., 2009; Oliveira et al., 2009). *Pseudomonas* یکی از مهم‌ترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات در گیاهان می‌باشند که به دلیل تولید و ترشح طیف گسترده‌ای از ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه مانند تولید اکسین، تولید آنزیم ACC-دآمیناز، تولید سیدروفور، اسید سالیسیلیک و کیتیناز به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث افزایش رشد گیاه نیز می‌گردند (Abdul et al., 2007). از طرفی برخی از گونه‌های *Pseudomonas* به دلیل توانایی در توسعه میکوریزایی به‌عنوان باکتری کمک‌کننده میکوریزا نیز شناخته می‌شوند (Garbaye, 1994). در یک پژوهشی، کاربرد کود فسفات بارور ۲ باعث افزایش خصوصیات عملکردی گیاه اسفرزه شد، اما بر درصد موسیلاژ گیاه بی‌اثر بود (Poryousof et al., 2010). در پژوهشی، کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 باعث افزایش طول بوته، وزن خشک و پروتئین گیاه اسفرزه شد. همچنین کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفر طول بوته‌ها، تعداد ساقه فرعی، تجمع ماده خشک و محتوای پروتئین در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) را افزایش داد (Narolia et al., 2013).

ازآنجاکه بر اساس برخی مطالعات گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) به شوری مقاومت نسبی داشته، بومی ایران بوده و ازنظر اقتصادی و دارویی ارزشمند است و با توجه به نقش قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده

[1]- Isabgol

فسفر در کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و بهبود جذب عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر) در خاک‌های فقیر، این آزمایش با هدف بررسی اثر قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفر در شرایط تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در حسین‌آباد یزد بر روی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) انجام گرفت. بذر مورداستفاده برای آزمایش از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل شوری آب آبیاری با مخلوط سازی آب چاه‌های مختلف با درجات متفاوت شوری در سه سطح ۲/۵ (شاهد)، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان فاکتور اصلی و دو عامل قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفت. قارچ میکوریزا شامل دو سطح (کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و عدم مصرف قارچ به‌عنوان شاهد) و باکتری حل‌کننده فسفات نیز شامل دو سطح (کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* و عدم مصرف باکتری به‌عنوان شاهد) بود. باکتری و قارچ مایکوریزا آربوسکولار از بانک ژن ریزجانداران گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران تهیه گردید و بذرها قبل از کاشت با زادمایه-های میکروبی تلقیح شدند. نمونه‌گیری از خاک مزرعه قبل از کاشت انجام شد و سپس مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل مورد آزمایش (پیش از کاشت)

Table 1. Physical and chemical characteristics of the studied soil (Preplant).

عمق Depth (cm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	pH	نسبت جذب سدیم S.A.R	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	آهن Fe (ppm)	روی Zn (ppm)	منگنز Mn (ppm)	مس Cu (ppm)
0-30	51	26	23	7.4	21.95	10.24	15.05	134	0.35	0.03	4.7	1.4	0.7	0.89
30-60	53	24.6	22.4	7.5	19.23	9.75	9.62	121	0.31	0.02	4.4	0.86	6.1	0.82

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک عمود بر هم و تسطیح قبل از کشت انجام شد. عملیات کاشت پس از آماده-سازی زمین آزمایشی در ۲۵ اسفند و با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع صورت گرفت (Rahimi et al., 2014). طول خطوط هر کرت آزمایشی ۳ متر و هر کرت شامل ۵ خط کاشت بود. ضمناً بین هر کرت فرعی و کرت مجاور یک خط نکاشت و بین کرت‌های اصلی جهت جلوگیری از تداخل، ۱ متر فاصله در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر بود. در تمام مدت آزمایش، کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی بود و هیچ‌گونه علف‌کشی مورداستفاده قرار نگرفت. تنش شوری از زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها (۳ تا ۴ برگی) آغاز گردید و آبیاری ۲۰ روز یک‌بار انجام شد. جهت اطمینان از یکسان بودن میزان آب آبیاری در سطوح مختلف شوری آبیاری به‌صورت کنترل‌شده انجام شد.

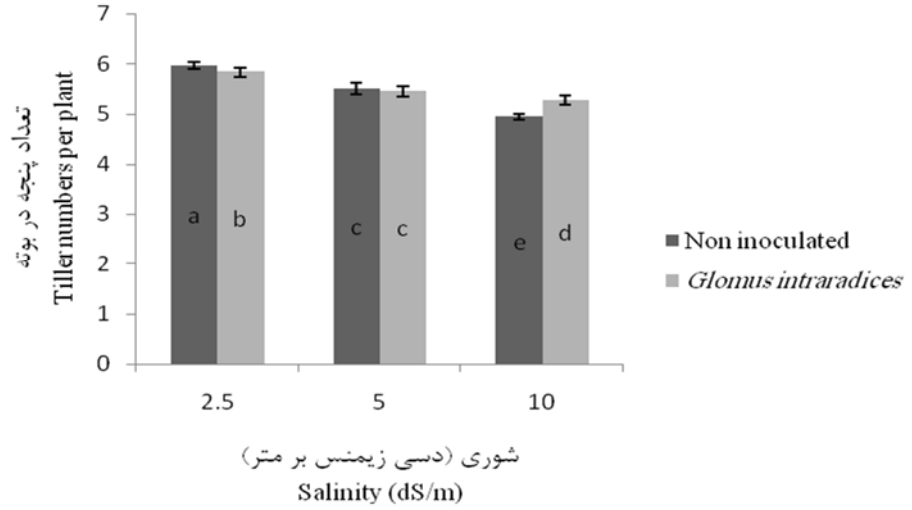
جهت تعیین اجزای عملکرد تعداد ۵ بوته از هر کرت آزمایشی انتخاب و تعداد پنجه در بوته و تعداد سنبله در بوته شمارش شد. سپس اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مشخص گردید. درنهایت کرت‌های آزمایشی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری و شاخص برداشت محاسبه شد. برداشت کرت‌های ۲/۵ دسی زیمنس بر متر در تاریخ ۲۴ تیر، کرت‌های ۵ دسی زیمنس بر متر در تاریخ ۱۹ تیر و کرت‌های ۱۰ دسی زیمنس بر متر در تاریخ ۱۴ تیر صورت گرفت. تجزیه داده‌ها، محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL صورت گرفت.

مقایسه‌ی میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد پنجه در بوته

تجزیه واریانس نتایج تعداد پنجه در بوته در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سطوح کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش شوری و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های سطوح مختلف فاکتور اصلی نشان داد، بیشترین و کمترین تعداد پنجه در بوته در تیمار آبیاری ۲/۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به میزان ۵/۹ و ۵/۱ عدد در بوته حاصل گردید (جدول ۳). این تعداد پنجه تفاوت آماری معنی‌داری با سطح شوری آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر ندارد که می‌تواند بیانگر مقاومت نسبی این گیاه به شوری باشد. این نتایج مؤید یافته‌های دیگر محققان مبنی بر مقاومت نسبی گیاه اسفرزه در مقابل شوری است (Tomar et al, 2005). مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* باعث تولید ۵/۹ عدد پنجه در بوته در مقایسه با عدم مصرف باکتری (۵/۱ عدد) شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و میکوریزا نشان داد بیشترین تعداد پنجه در بوته در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنی بر متر و عدم مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۵/۹ حاصل شده است (شکل ۱). همچنین کمترین تعداد پنجه در شرایط شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عدم مصرف قارچ میکوریزا حاصل شد. تغییرات کم تعداد پنجه‌ها در تیمارهای مختلف آزمایشی بیانگر آن است که این صفت بیشتر وابسته به ژنتیک گیاه بوده و کمتر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار می‌گیرد، این خصوصیت می‌تواند عامل مؤثری در حفظ عملکرد گیاه در شرایط تنش باشد. از طرف دیگر نتایج، نشان‌دهنده اثربخش بودن کاربرد قارچ میکوریزا در جهت بهبود اثرات منفی تنش شوری در سطوح بالا است، به‌طوری‌که تعداد پنجه در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices*، ۵/۲ عدد بود، درصورتی‌که در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا تعداد پنجه در بوته ۴/۹ عدد بود. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف نشان داد که تعداد پنجه در بوته با صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).



شکل ۱. اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر تعداد پنجه در بوته گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Interaction effects of salinity and AMF on tiller numbers per plant of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level based on protected LSD.

جدول ۲. میانگین مربعات خصوصیات عملکردی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 2. Means squares of yield characteristics of Isabgol

		میانگین مربعات MS						
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد پنجه در بوته tiller numbers per plant	تعداد سنبله در بوته Spike numbers per plant	تعداد دانه در سنبله Seed numbers per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI
بلوک Block	2	0.06 ns	1.49 ns	8.78 ns	0.0009 ns	1639.4 ns	126.3 ns	0.44 ns
تنش Stress	2	1.92**	107.14**	456.98 **	0.065**	8303660**	1016086**	95.46**
بلوک×تنش (خطای اصلی) Block×Stress (Main plot error)	4	0.22	1.61	4.32	0.0001	20428	1483.4	0.13
میکوریزا Mycorrhiza	1	0.02 ns	52.56**	123.21**	0.086**	2809322**	349024**	30.80**
باکتری Bacteria	1	0.10*	7.38**	58.27**	0.006**	932889**	97312**	4.77*
تنش×میکوریزا Stress× Mycorrhiza	2	0.19**	1.16 ns	16.95 ns	0.0269**	227823**	19310**	3.37 ns
تنش×باکتری Stress×Bacteria	2	0.04 ns	0.47 ns	1.84 ns	0.0002 ns	96160 ns	7808 *	1.12 ns
میکوریزا×باکتری Stress×Bacteria	1	0.01 ns	0.01 ns	5.44 ns	0.0025 ns	8646 ns	3833 ns	0.42 ns
تنش×میکوریزا×باکتری Stress× Mycorrhiza× Bacteria	2	0.06 ns	0.10 ns	1.72 ns	0.0001 ns	143204*	6340 *	0.43 ns
خطای فرعی Sub plot error	18	0.02	0.36	5.17	0.0006	31060.7	1417.7	0.96
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.7	3.9	6.03	1.7	6.1	4.9	3.9

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم معنی‌داری بر اساس آزمون LSDمحافظت‌شده.

**،*،ns: Significant at 1% and 5% probability level and no significant based on protected LSD, Respectively.

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس تعداد سنبله در بوته نشان داد سطوح مختلف فاکتور اصلی و فاکتورهای فرعی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت داشته است اما اثرات متقابل این فاکتورها معنی‌دار نبود (جدول ۲). افزایش شوری آب آبیاری باعث کاهش تعداد سنبله در بوته گردید، به‌طوری‌که تعداد سنبله از ۱۸/۳ عدد در ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری به ۱۲/۴ عدد رسید (جدول ۳)، همچنین نتایج تجزیه همبستگی نشان داد تعداد سنبله در بوته با صفت تعداد پنجه در بوته همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد به‌طوری‌که با افزایش شوری تعداد پنجه در بوته کاهش یافت و بالطبع آن تعداد سنبله در بوته نیز کاهش یافت. ازآنجاکه سنبله در انتهای رشد رویشی گیاه ایجاد می‌گردد نسبت به صفت تعداد پنجه در بوته بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی بوده، لذا افزایش سطح شوری موجب کاهش فتوسنتز گیاه در مرحله رویشی شده و به این دلیل کاهش تعداد سنبله در بوته به‌واسطه افزایش سطح شوری، بیش از کاهش تعداد پنجه در بوته است. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثر منفی شوری بر کاهش تعداد سنبله در بوته مطابقت دارد (Chamekh et al., 2016). مقایسه میانگین سطوح فاکتور فرعی نشان داد کاربرد قارچ *Glomus intraradices* موجب افزایش تعداد سنبله در بوته می‌گردد (۱۶/۷۱ در مقایسه با ۱۴/۲۹)، این افزایش را می‌توان به دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی در حضور قارچ

میکوریزا و همچنین عدم جذب عناصر نامطلوب نسبت داد (Cabral et al., 2016). همچنین کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* موجب تولید ۱۶ عدد سنبله در بوته در مقایسه با عدم کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی (۱۵/۱ عدد) گردید (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر تعداد سنبله گیاه مطابقت دارد (Tabatabaei and Ehsanzadeh, 2016). تجزیه همبستگی نتایج نشان داد تعداد سنبله در بوته با صفات، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).

جدول ۳. اثرات سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه.

Table 4. Effects of different levels of salinity, AMF and Mineral Phosphate-solubilizing bacteria on yield and yield components of Isabgol.

	Mean±SE میانگین						
تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد پنجه در بوته tiller numbers per plant	تعداد سنبله در بوته Spike numbers per plant	تعداد دانه در سنبله Seed numbers per spike	وزن هزار دانه 1000- seed weight (gr)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت HI
Salinity شوری							
2.5 dSm^{-1}	5.9±0.06[a]	18.3±0.4[a]	43.4±1.1[a]	1.5±0.03[a]	3805±153[a]	1063±68[a]	27.9±0.3[a]
5 dSm^{-1}	5.5±0.08[ab]	15.8±0.6[b]	38.4±1.4[b]	1.42±0.03[b]	2749±106[b]	716±31[b]	26±0.5[b]
10 dSm^{-1}	5.1±0.08[b]	12.4±0.7[c]	31.2±1.6[c]	1.35±0.03[c]	2164±74[c]	485±24[c]	22.3±0.5[c]
PGPR باکتری محرک رشد							
Pseudomonas fluorescens	5.9±0.06[a]	16±0.7[a]	38.9±1.3[a]	1.44±0.02[a]	3067±202[a]	806±69[a]	25.8±0.6[a]
No bacteria	5.1±0.08[b]	15.1±0.7[b]	36.4±1.5[b]	1.41±0.02[b]	2745±166[b]	702±57[b]	25±0.7[b]

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند ازلحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روشLSD محافظت‌شده معنی‌دار نیست.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.

تعداد دانه در سنبله

تجزیه واریانس نتایج نشان داد سطوح مختلف شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری محرک رشد اثر بسیار معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح فاکتور اصلی نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله در شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر به میزان ۴۳/۴ عدد و کمترین تعداد دانه در سنبله در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به میزان ۳۱/۲ عدد حاصل شده است. ازآنجایی‌که صفت تعداد دانه وابسته به میزان گرده‌افشانی گیاه در مرحله زایشی است و این فرآیند نیز تحت تأثیر میزان فتوسنتز مرحله رویشی می‌باشد، لذا احتمالاً با افزایش سطح شوری میزان فتوسنتز گیاه در پیش از مرحله زایشی کاهش یافته و درنتیجه گرده‌افشانی گیاه دچار نقصان گردیده که برآیند آن در کاهش تعداد دانه در سنبله قابل‌مشاهده است (Bargaz et al., 2016). مقایسه میانگین سطوح فاکتور فرعی نشان داد کاربرد قارچ موجب ایجاد ۳۹/۵ عدد دانه در سنبله شده است، در مقابل عدم مصرف قارچ موجب کاهش تعداد دانه در سنبله به ۳۵/۸ عدد شده است. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی کاربرد قارچ آربوسکولار میکوریزا بر تعداد دانه در سنبله گیاه مطابقت دارد (Garg and Bhandari, 2016). همچنین کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* تولید ۳۸/۹ عدد دانه در سنبله را به همراه داشت در مقابل عدم مصرف باکتری حل‌کننده فسفات معدنی موجب تولید ۳۶/۴ عددی تعداد دانه در سنبله شد (جدول ۳). محققان دیگری نیز گزارش‌هایی در زمینه اثربخشی کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در شرایط تنش شوری بر تعداد دانه در بوته گیاه داشته‌اند (Banaei-Asl et al., 2016). نتایج نشان داد هرچند کاربرد

قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی می‌تواند بخشی اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهد ولی قادر به جبران تمام اثر منفی تنش شوری بر این صفت نیست. بررسی ضرایب همبستگی صفات مختلف نشان داد صفت تعداد دانه در سنبله با صفات، وزن هزار دانه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).

وزن هزار دانه

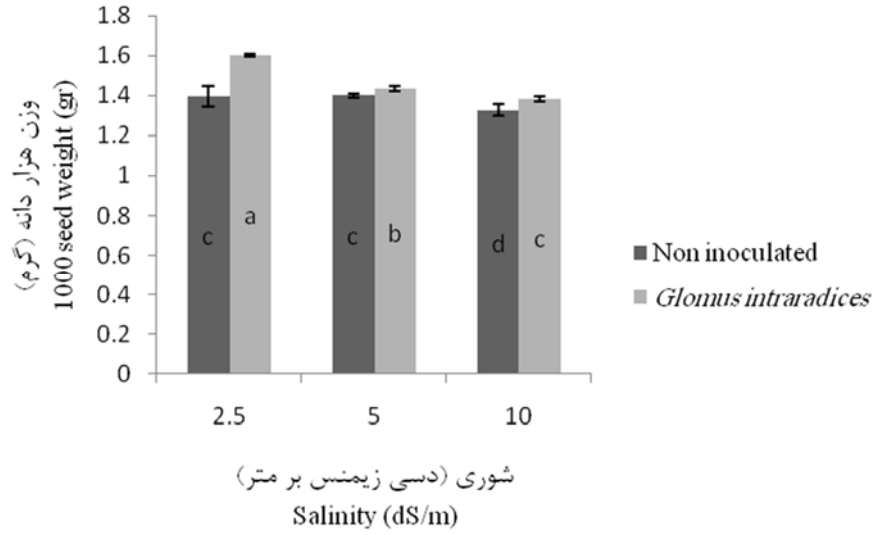
تجزیه واریانس نتایج وزن هزار دانه نشان داد که اثر سطوح مختلف فاکتور اصلی و فاکتورهای فرعی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه در کمترین سطح تیمار شوری (۲/۵ دسی زیمنس بر متر) به میزان ۱/۵ گرم حاصل گردید. با افزایش سطح شوری وزن هزار دانه کاهش یافت به‌طوری‌که وزن هزار دانه گیاه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر ۱/۳۵ گرم بود (جدول ۳). ازآنجاکه افزایش تنش منجر به کوتاه شدن دوره زندگی گیاه می‌شود و وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر میزان فتوسنتز گیاه در مرحله پس از گرده‌افشانی است، لذا کاهش وزن هزار دانه به‌واسطه افزایش سطح تنش شوری را می‌توان به کوتاه شدن دوره زندگی گیاه و درنتیجه کاهش مواد فتوسنتزی به‌منظور پر شدن دانه نسبت داد. وزن هزار دانه گیاه در همه سطوح تیماری موردمطالعه کمتر از نتایج حاصل از پژوهش دیگر محققان بود (Ramrodi et al., 2011)، این کاهش وزن هزار دانه را می‌توان به نامناسب بودن شرایط محیطی ازجمله خاک مورد آزمایش و همچنین تنش حاصل از سطوح مختلف تیمار شوری نسبت داد. کاربرد قارچ *Glomus intraradices* باعث افزایش وزن هزار دانه از ۱/۳۷ به ۱/۴۷ گرم شد که بیانگر وضعیت بهتر تغذیه‌ای گیاه به‌واسطه کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار است.

بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تنش شوری و قارچ میکوریزا نشان داد بیشترین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱/۶ گرم حاصل شده است. در سطوح دیگر شوری نیز گیاهانی که قارچ میکوریزا دریافت کرده بودند وزن هزار دانه بیشتری داشتند. کمترین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس شوری و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱/۳۲ گرم حاصل گردید (شکل ۲). بررسی نتایج اثر متقابل نشان داد وزن هزار دانه در ترکیب تیماری شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری با ترکیب تیماری سطوح کمتر شوری و عدم مصرف قارچ میکوریزا نداشت. همچنین نتایج نشان داد در همه سطوح تنش شوری گیاهانی که قارچ آربوسکولار میکوریزا دریافت کرده بودند وزن هزار دانه بیشتری داشتند (شکل ۲). همچنین کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* وزن هزار دانه ۱/۴۴ گرم را در مقایسه با عدم کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی (۱/۴۱ گرم) حاصل نمود (جدول ۳). این نتایج مؤید یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثر مثبت کاربرد باکتری محرک رشد بر وزن هزار دانه گیاه دارویی اسفرزه است (Poryousof et al., 2010). تجزیه همبستگی نتایج نشان داد وزن هزار دانه با صفات، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).

عملکرد بیولوژیک

بررسی نتایج نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری، کاربرد قارچ میکوریزا و کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، همچنین اثر متقابل این فاکتورها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تیمار شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر، کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ۴۵۳۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است. کمترین عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عدم کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی به میزان ۱۸۱۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۳). باوجود کاهش عملکرد بیولوژیک به‌واسطه افزایش سطح شوری آب آبیاری، گیاهانی که تیمار قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی دریافت کرده بودند عملکرد بیشتری داشتند، همچنین مقایسه میانگین نتایج نشان داد تفاوت آماری معناداری بین عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری ۵ دسی زیمنس بر متر شوری و کاربرد ریزسازوارهای خاکزی با ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف قارچ میکوریزا و

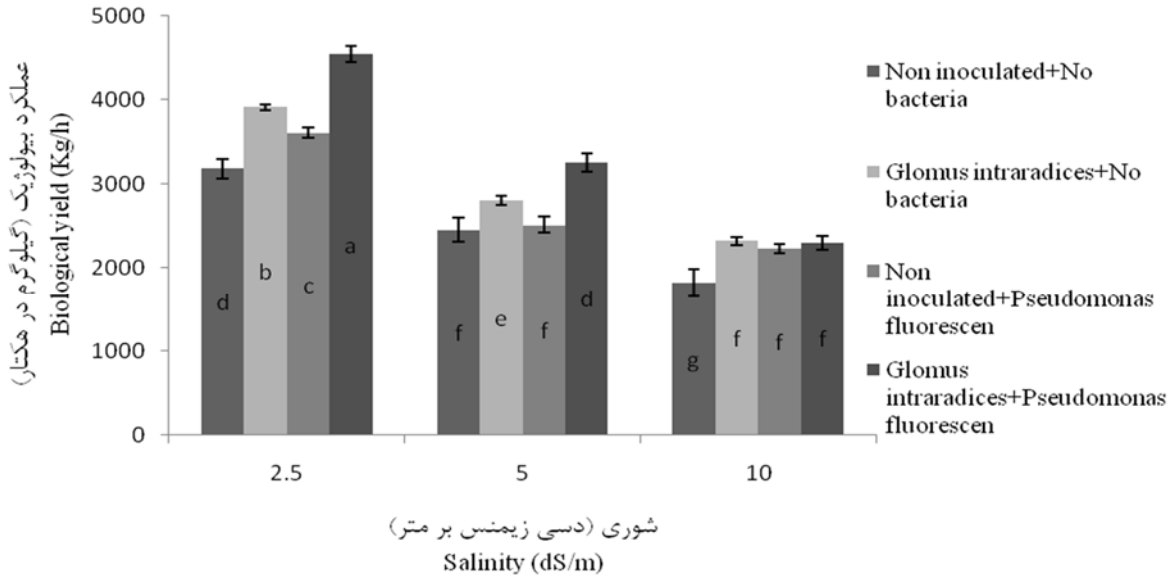
باکتری حل‌کننده فسفات معدنی وجود ندارد، همچنین در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر کرت‌های آزمایشی که قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی دریافت کرده بودند تفاوت آماری معنی‌داری با کرت‌های شاهدی داشتند که هیچ‌گونه کود زیستی دریافت نکرده بودند که نشان می‌دهد کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی باعث شده است تا حد زیادی اثرات منفی تنش شوری جبران گردد (شکل ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه مؤثر بودن قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در کاهش اثرات منفی تنش شوری و افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه مطابقت دارد (Garg and et al., 2016).



شکل ۲. اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر وزن هزار دانه گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 2. Interaction effects of salinity and AMF on 1000- seed weight of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level based on protected LSD.

مقایسه میانگین نتایج نشان داد کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* عملکرد بیولوژیک گیاه را از ۲۷۴۷ به ۳۰۶۷ کیلوگرم در هکتار افزایش داده است (جدول ۳). مقایسه عملکرد بیولوژیک حاصل از تیمارهای مختلف آزمایشی با نتایج تحقیقات دیگر محققان بر گیاه دارویی اسفرزه نشان داد درمجموع، این آزمایش با دامنه عملکرد بیولوژیک ۱۸۱۷ تا ۴۵۳۹ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با دیگر تحقیقات از تولید خوبی برخوردار بوده است (Nekonam and Razmjoo, 2007). ازآنجاکه عملکرد بیولوژیک شاخص مهمی در زمینه ارزیابی وضعیت فتوسنتزی و تولید یک گیاه است، بررسی نتایج این صفت نشان داد بهره‌گیری از ریزسازوارهای خاکزی می‌تواند با افزایش دسترسی گیاه به آب و مواد معدنی شرایط فتوسنتزی گیاه را بهبود بخشیده و منجر به افزایش تولید گیاهی گردد. بررسی تجزیه همبستگی نتایج نشان داد عملکرد بیولوژیک با صفات، وزن هزار دانه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).



شکل ۳. اثر متقابل شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر عملکرد بیولوژیک گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

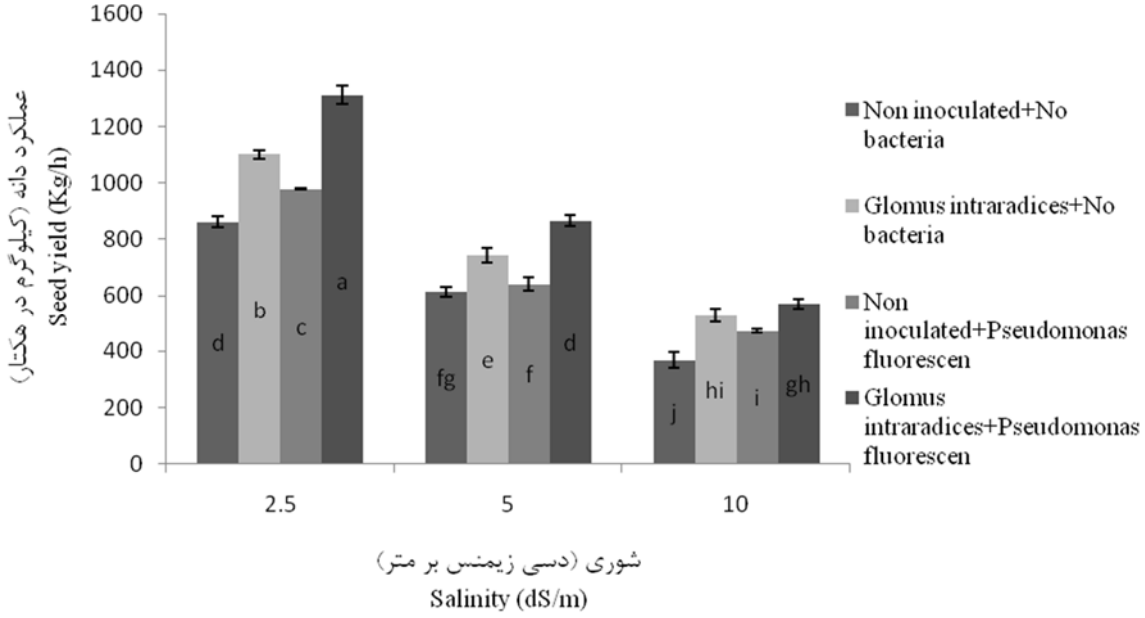
Fig 3. Interaction effects of salinity, AMF and PSB on biological yield of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level based on protected LSD.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی و اثر متقابل تیمارها به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تیمار تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد بیشترین عملکرد دانه اسفرزه در تیمار ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری، کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ۱۳۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین عملکرد دانه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری و عدم کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی به میزان ۳۶۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۴).

بررسی نتایج نشان داد که بین ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری و عدم مصرف قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی با ترکیب تیماری ۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری به همراه کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* تفاوت آماری معناداری وجود نداشت. این نتایج نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی توانسته است افزایش دو برابری شوری آب آبیاری از ۲/۵ به ۵ دسی زیمنس بر متر را جبران کند و از کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه جلوگیری نماید، این نتایج مؤید یافته‌های دیگر محققان در این زمینه است (Miransari, 2016). همچنین در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر کرت‌های آزمایشی که کود بیولوژیک دریافت کرده بودند عملکرد بالاتری نسبت به کرت شاهد داشتند (شکل ۴). مقایسه میانگین تیمار باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد، کرت‌های آزمایشی که باکتری *Pseudomonas fluorescens* دریافت کرده بودند عملکرد ۸۰۶ کیلوگرمی دانه را تولید کردند، در مقابل گیاهانی که باکتری حل‌کننده فسفات معدنی را دریافت نکرده بودند عملکرد ۷۰۲ کیلوگرم در هکتار داشتند (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه گیاه دارویی اسفرزه مطابقت دارد (Poryousof et al., 2010). همچنین بررسی اثرات متقابل بیانگر هم‌افزایی قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* بر خصوصیات عملکردی گیاه دارویی اسفرزه است که خود مؤید یافته‌های دیگر محققان در این زمینه است (Garbaye, 1994). ازآنجاکه عملکرد دانه برآیند صفات مرتبط با اجزای عملکرد گیاه است

و اندازه‌گیری این صفات نشان داد که ریزجانداران خاکزی منجر به بهبود اجزای عملکرد گیاه در شرایط تنش شوری به‌واسطه افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی در طول دوران رشد گیاه شده‌اند، لذا بهره‌گیری از این کودهای زیستی درنهایت منجر به افزایش عملکرد گیاه شد. نتایج نشان داد عملکرد دانه با صفات، وزن هزار دانه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).



شکل ۴. اثر متقابل شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر عملکرد دانه گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 4. Interaction effects of salinity, AMF and PSB on seed yield of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level based on protected LSD.

شاخص برداشت

اثرات تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر شاخص برداشت گیاه دارویی اسفرزه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۲/۵ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۷/۹ حاصل گردید، با افزایش سطح شوری آب آبیاری میزان شاخص برداشت کاهش یافت و در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۲/۳ رسید (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطح تنش شوری اثر منفی بیشتری بر سیستم زایشی و تولید بذر گیاه در مقایسه با رشد رویشی و تولید زیست‌توده گیاه داشت. به‌عبارت‌دیگر، افزایش تنش باعث کاهش شدیدتر عملکرد اقتصادی در مقایسه با عملکرد بیولوژیک گیاه شده است. این نتایج با یافته دیگر محققان مبنی بر اثر منفی تنش شوری بر شاخص برداشت گیاه دارویی اسفرزه مطابقت دارد (Chadordozjedi et al., 2010). مقایسه میانگین سطوح فاکتور فرعی نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا اثر مثبتی بر شاخص برداشت گیاه داشت به‌طوری‌که کاربرد و عدم کاربرد قارچ *Glomus intraradices* به ترتیب شاخص برداشت ۲۶/۳ و ۲۴/۴ را حاصل کرد. همچنین کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* و عدم کاربرد باکتری حل-کننده فسفات معدنی به ترتیب شاخص برداشت ۲۵/۸ و ۲۵ را حاصل نمود (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی مثبت قارچ میکوریزا و باکتری

حل‌کننده فسفات معدنی بر شاخص برداشت گیاهان زراعی مطابقت داشت (Bona et al., 2016). بررسی تجزیه همبستگی نتایج نشان داد صفت شاخص برداشت با وزن هزار دانه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۴).

ازآنجایی‌که شاخص برداشت با افزایش سطح تنش کاهش یافت و در مقابل کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی موجب افزایش این شاخص گردید می‌توان نتیجه گرفت کاربرد سطوح فرعی موجب تخفیف اثرات منفی تنش و بهبود شاخص عملکرد گیاه شده است.

جدول ۴. ضرایب همبستگی خصوصیات عملکردی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 4. Correlation coefficients of Isabgol yield characteristics

	صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7
1	تعداد پنجه در بوته tiller numbers per plant	1						
2	تعداد سنبله در بوته Spike numbers per plant	0.769**	1					
3	تعداد دانه در سنبله Seed numbers per spike	0.705**	0.861**	1				
4	وزن هزار دانه seed weight 1000	0.564**	0.819**	0.816**	1			
5	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.698**	0.9**	0.876**	0.856**	1		
6	عملکرد دانه Seed yield	0.729**	0.924**	0.909**	0.862**	0.981**	1	
7	شاخص برداشت HI	0.788**	0.906**	0.882**	0.714**	0.806**	0.870**	1

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

**،*: Significant at 1% and 5% probability level respectively.

نتیجه‌گیری

درمجموع نتایج این بررسی نشان داد که باوجود آن‌که شوری بالای آب آبیاری می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه بگذارد، ولی بهره‌گیری از ریزجانداران خاکزی می‌تواند بخشی از این اثرات منفی تنش را جبران نماید و خصوصیات مرتبط با عملکرد گیاه را بهبود دهد؛ بنابراین بهره‌گیری از این کودهای بیولوژیک می‌تواند علاوه بر بهبود شرایط دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی در افزایش عملکرد و تولید محصول سالم دارویی مؤثر باشد.

منابع

Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 60, 7–11.

Baghalian, K., 2008. Effect of soil and weather condition on quality and quantity of mucilage. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. [In Persian with English Summary].

Banaei-Asl, F., Farajzadeh, D., Bandehagh, A., Komatsu, S., 2016. Comprehensive proteomic analysis of canola leaf inoculated with a plant

growth-promoting bacterium, *Pseudomonas fluorescens*, under salt stress. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics, 1864(9), 1222-1236.

Bargaz, A., Nassar, R.M.A., Rady, M.M., Gaballah, M.S., Thompson, S.M., Brestic, M., Schmidhalter, U., Abdelhamid, M.T., 2016. Improved Salinity Tolerance by Phosphorus Fertilizer in Two *Phaseolus vulgaris* Recombinant Inbred Lines Contrasting in Their P-Efficiency. Journal of Agronomy and Crop Science, 202, 497-507.

Bona, E., Cantamessa, S., Massa, N., Manassero, P., Marsano, F., Copetta, A., Lingua, G., D'Agostino, G., Gamalero, E., Berta, G., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: a field study. Mycorrhiza, 173, 1-11.

Cabral, C., Ravnskov, S., Tringovska, I., Wollenweber, B., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi modify nutrient allocation and composition in wheat (*Triticum aestivum* L.) subjected to heat-stress. Plant and Soil, 25, 1-15.

Chadordozjedi, A., Ghasemi Golozani, K., Zafarani Moatar, P., 2011. Effect of salinity on biological yield and harvest index of (*Plantago ovata* Forsk.). National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and the Environment, Oromiey, Agricultural and Natural Resources Research Center, http://www.civilica.com/Paper-NCCCIAE01-NCCCIAE01_014.html

Chakraborty, M.K., Patel, K.V., 1992. Chemical Composition of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Seed Journal and Food Science. 29, 389-90.

Chamekh, Z., Ayadi, S., Karmous, C., Trifa, Y., Amara, H., Boudabbous, K., Yousfi, S., Serret, M.D., Araus, J.L., 2016. Comparative effect of salinity on growth, grain yield, water use efficiency, δ 13 C and δ 15 N of landraces and improved durum wheat varieties. Plant Science, 251, 44-53.

Dehghani tafti, A.R., Alahdadi, I., Najafi, F., Kianmehr, M.H., 2014. Studying the effects of different rates of pelleted animal manure and urea levels and some micronutrients on yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* var *styriaca*). Journal of Horticultural Science. 28(1), 62-70. [In Persian with English Summary].

Dutra, R.C., Campos, M.M., Santos, A.R., Calixto, J.B., 2016. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. Pharmacological Research. 112, 4-29.

Emam, Y., Hosseini, E., Rafiei, N., Pirasteh-Anosheh, H., 2013. Response of early growth and sodium and potassium concentration in ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salt stress conditions. Crop Physiology Journal. 19, 5-15. [In Persian with English Summary].

Fernandez-Banares, F., Hinojosa, J., Sanchez-Lombrana, J.L., Navarro, E., Martinez-Salmeron, J.F., Garcia-Puges, A., Gonzalez-Huix, F., Riera, J., Gonzalez-Lara, V., Dominguez-Abascal, F., Gine, J.J., 1999. Randomized clinical trial of *Plantago ovata* seeds (dietary fiber) as compared with mesalamine in maintaining remission in ulcerative colitis. The American journal of gastroenterology. 94(2), 427-433.

Garbaye, J., 1994. Helper bacteria-a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. New Phytologist. 128, 197-210.

Garg, N., Bhandari, P., 2016. 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, 78(3), 371-387.

Hemming, D., 2012. Plant Sciences Reviews 2011. CABI Press. United Kingdon. 264p.

Jama-Rodzeńska, A., Bocianowski, J., Nowak, W., Ciszek, D., Nowosad, K., 2016. The influence of communal sewage sludge on the content of macroelements in the stem of selected clones of willow (*Salix viminalis* L.). Ecological Engineering. 87, 212-217.

Kapoor, R., Sharma, D., Bhatnagar, A.K., 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. Scientia Horticulturae, 116, 227-239.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., Novak. J., 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., *Lamiaceae*). Mycorrhiza. 16, 443- 446.

Malakouti, M.J., Keshavarz, P., Karimian, N., 2008. A Comprehensive Approach Towards Identification of Nutrients Deficiencies & Optimal Fertilization for Sustainable

Agriculture. Tarbiat Modares University Press. 360p. [In Persian].

Malboobi, M.A., Owlia, P., Behbahani, M., Sarokhani, E., Moradi, S.,Yakhchali, B., Deljou, A., Morabbi Heravi, K., 2009. Solubilization of organic and inorganic phosphates by three highly efficient soil bacterial isolates. World Journal of Microbiol Biotechnology. 25, 1471-1477.

Miransari, M., 2016. Stress and Mycorrhizal Plant. In Recent Advances on Mycorrhizal Fungi Springer International Publishing, UK. 178p.

Narolia, G.P., Shivran, A.C., Reager, M.I., 2013. Growth and quality of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) influenced by phosphorus, PSB and zinc. International Journal of Plant Science. 8(1), 160-162.

Nekonam, M.S., Razmjoo, K.H., 2007. Effect of plant density on yield, yield components and effective medicine ingredients of blond psyllium (*Plantago ovata* Forsk.) accessions. International Journal of Agriculture and Biology, 4, 606-609.

Ochoa-Velasco, C.E., Valadez-Blanco, R., Salas-Coronado, R., Sustaita-Rivera, F., Hernández-Carlos, B., García-Ortega, S., Santos-Sánchez, N.F., 2016. Effect of nitrogen fertilization and *Bacillus licheniformis* biofertilizer addition on the antioxidants compounds and antioxidant activity of greenhouse cultivated tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. *Sheva*). Scientia Horticulturae. 201, 338-345.

Oliveira, C.A., Alves, V.M.C., Marriel, I.E., Gomes, E.A., Scotti, M.R., Carneiro, N.P., Guimaraes, C., Schaffert, R. E., Sa, N.M.H., 2009. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. Soil Biology and Biotechnology. 41, 1782-1787.

Poryousof, M., Mazaheri, D., Chaeichi, M., Rahimi, A., Tavakoli, A., 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro-morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk). Electronical Journal of Crop Production. 2(3), 193-213. [In Persian with English Summary].

Rahimi, A., Jahansooz, M., Rahimian Mashhadi, H., 2014. Effect of drought stress and plant density on quality and quantity of *Plantago ovata* Forsk and *Plantago psyllium* L. Journal of Crop Production and Processing. 4(12), 143-156.

Ramrodi, M., Keykhajaleh, M., Galavi., M., Seghatoleslami, M.J., Baradaran. R., 2011. Effect of micronutrients application and irrigation regimes on quality and quantity of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology. 3(2). 219-226. [In Persian with English Summary].

Satir, O., Berberoglu, S., 2016. Crop yield prediction under soil salinity using satellite derived vegetation indices. Field Crops Research. 192, 134-143.

Stavros, D., Veresoglou, J., Liz, J., Shaw, S., Robin, S., 2011. *Glomus intraradices* and *Gigaspora margarita* arbuscular mycorrhizal associations differentially affect nitrogen and potassium nutrition of *Plantago lanceolata* in a low fertility dune soil. Plant and Soil. 340, 481–490.

Tabatabaei, S., Ehsanzadeh, P., 2016. Comparative response of a hulled and a free-threshing tetraploid wheat to plant growth promoting bacteria and saline irrigation water. Acta Physiologiae Plantarum, 38(1), 1-17.

Tomar, O.S., Minhas, P.S., Dagar, J.C., 2005. Isabgol (*Plantago Ovata* Forsk): A Potential Crop for Saline Irrigation & Moderate Alkali Soils, Central Soil Salinity Research Institute. Press. 20p.

World Food Summit (WFS)., 1996. November 13-17, Rome, Italy. www.fao.org/wfs/homepage.htm.

Zamani, S.A., Nezami, M.T., Bybordi, A., Behdani, M., 2011. Effect of different NaCl salinity on antioxidant enzyme activity and relative water in winter canola (*Brassica napus*). Journal of Research in Agricultural Science. 7(1), 49-57. [In Persian with English Summary].

Zhu, X., Song, F., Liu, S., Liu, F., 2016. Arbuscular mycorrhiza improve growth, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency in wheat grown under elevated CO_2. Mycorrhiza, 26(2), 133-140.