Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۷
۷۲۱-۷۳۶
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2017.580.1114

بررسی اثر تنش شوری و ریزسازوارهای خاکزی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)

احمدرضا دهقانی تفتی[۱]، سهراب محمودی[۲]، حسینعلی علیخانی[۳]، معصومه صالحی[۴]
۱. دانشجوی 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، یزد

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در شرایط تنش شوری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام 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. نتایج نشان داد بیشترین درصد موسیلاژ و میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ به ترتیب به میزان ۲۸/۸ درصد و ۱۱۹/۳ میلی‌لیتر در تیمار ۱۰ دسی زیمنس بر متر حاصل گردید. بیشترین عملکرد موسیلاژ و فاکتور تورم به ترتیب به میزان ۲۱۵ کیلوگرم بر هکتار و ۱۷ میلی‌لیتر در ترکیب تیماری ۲/۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* حاصل شد. همچنین مقایسه میانگین اثر تلقیح و عدم تلقیح به‌وسیله باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد که بیشترین طول سنبله، درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ و فاکتور تورم به ترتیب به میزان ۲/۲ سانتی‌متر، ۲۶/۸ درصد، ۱۴۶/۷ کیلوگرم در هکتار و ۱۴/۲ میلی‌لیتر با کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* حاصل شد. درمجموع ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر، کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* بیشترین عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه را حاصل نمود.

***واژه‌های کلیدی*: سودوموناس فلورسانس، فاکتور تورم، گلوموس اینترادیسه، موسیلاژ.**

مقدمه

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، ازاین‌رو، باید نسبت به کشت این گیاهان در سطوح زراعی و گلخانه اقدام نمود (Dehghani Tafti et al., 2014).

شوری آب‌وخاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Emam et al., 2013). از ۲۳۰ میلیون هکتار اراضی تحت آبیاری در دنیا، ۴۵ میلیون هکتار آن (۱۹/۵ درصد) و از ۱۵۰۰ میلیون هکتار اراضی دیم، ۳۲ میلیون هکتار (۲/۱ درصد) تحت تأثیر درجات مختلف شوری می‌باشند (Zamani et al., 2011). در این مناطق شوری خاک و کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد به شمار می‌رود، در

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

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط کمبود آب استفاده از آب‌های شور جهت تولید گیاهان زراعی غیرقابل‌اجتناب است. عموماً با افزایش شوری آب آبیاری، بر شوری خاک نیز اضافه می‌گردد که بر مشکلات شوری خواهد افزود (Ashraf and McNeilly, 2004).

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 ایجاد خاصیت ملینی را ثابت کرده است (Deokar et al., 2016). از ترکیبات باارزش اسفرزه موسیلاژ است که به علت دارا بودن ویژگی‌های باارزشی مانند پایدارکنندگی، سوسپانسیون کنندگی و امولسیون کنندگی در صنعت و داروسازی کاربرد زیادی پیدا کرده است (Baghalian, 2008). هرچند این گونه از اسفرزه در فلور ایران پراکنش طبیعی دارد، اما پرداختن به کشت و کار آن در کشور پیشینه چندانی ندارد. در حال حاضر تولید این محصول، جزء ۱۵ گونه اول دارویی قرارگرفته و پرداختن به زراعت آن از اولویت اقتصادی برخوردار است (Baghalian, 2008).

از بین کودهای متفاوت، درگذشته کودهای شیمیایی به دلیل مصرف راحت‌تر و اثربخشی مناسب بیش از سایر کودها مصرف‌شده‌اند، غافل از اینکه مصرف بیش‌ازحد آن‌ها آلودگی‌های زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Jama-Rodzeńska et al., 2016). مطالعات نشان می‌دهد کاربرد عنصر فسفر می‌تواند بر کمیت و کیفیت دانه اسفرزه اثر بگذارد (Poryousof et al., 2010).

قارچ‌های میکوریزی قادر به برقراری همزیستی با ریشه اغلب گیاهان خشکی‌زی هستند (Zhu 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).

یکی از مهم‌ترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات در گیاهان، *Pseudomonas* است که به دلیل طیف گسترده‌ای از صفات تحریک‌کننده رشد گیاه مانند تولید اکسین، تولید آنزیم ACC- دآمیناز، تولید سیدروفور، سالیسیلیک اسید 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 تحقیق کاربرد کود فسفات بارور ۲ باعث طول سنبله ۲/۴۸ سانتی‌متری، درصد موسیلاژ ۱۸/۸۱ درصدی و عملکرد موسیلاژ ۱۵۲ میلی‌گرم بر بوته شد (Poryousof et al., 2010). در تحقیقی دیگر بر روی گیاه دارویی اسفرزه، کاربرد قارچ میکوریزا و ازتوباکتر، ارتفاع بوته ۲۹/۴ سانتی‌متری، طول سنبله ۳/۷ سانتی‌متری، فاکتور تورم ۱۷/۰۲ میلی‌لیتری و موسیلاژ ۱۷/۱ درصدی را حاصل نمود (Ghasemi et al., 2014). در یک تحقیق بهره‌گیری از باکتری محرک رشد در گیاه گندم موجب افزایش شاخص کلروفیل برگ شد (Hajiboland et al., 2003).

ازآنجاکه گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) بومی ایران بوده و ازنظر اقتصادی و دارویی ارزشمند است و با توجه به نقش قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفر در کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و بهبود جذب عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر) در خاک‌های فقیر، این آزمایش با هدف بررسی اثر قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* در شرایط تنش شوری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در

[1] Isabgol

www.SID.ir

Archive of SID

حسین‌آباد یزد انجام گرفت. 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 و باکتری حل‌کننده فسفات به به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر 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.

نمونه‌گیری از خاک مزرعه قبل از کاشت انجام 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 اجرای آزمایش.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in experimental site.

عمق	شن	سیلت	رس	اسیدیته	نسبت جذب سدیم	هدایت الکتریکی	فسفر
Depth (cm)	**Sand (%)**	**Silt (%)**	**Clay (%)**	**pH**	**S.A.R**	**EC ($ds.m^{-1}$)**	**P (ppm)**
0-30	51	26	23	7.4	21.95	10.24	15.05

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

پتاسیم	کربن آلی	نیتروژن کل	آهن	روی	منگنز	مس
K (ppm)	**Organic carbon (%)**	**Total N (%)**	**Fe (ppm)**	**Zn (ppm)**	**Mn (ppm)**	**Cu (ppm)**
134	0.35	0.03	4.7	1.4	0.7	0.89

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک عمود بر هم و تسطیح قبل از کشت انجام شد. عملیات کاشت پس از آماده‌سازی زمین آزمایشی در ۲۵ اسفند و با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع صورت گرفت (Rahimi et al., 2014). باکتری و قارچ مایکوریزا آربوسکولار از بانک ژن ریزسازواره‌های[2] خاکزی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران تهیه گردید. برای کلونیزاسیون بهتر گیاه، در تیمارهای میکوریزایی، پس از ایجاد ردیف‌ها، به ازای هر مترمربع، حداقل ۱۰۰ گرم قارچ میکوریزا، به‌صورت ردیفی در زیر بذرها مورداستفاده قرار گرفت و لایه‌ای خاک به عمق ۵ سانتی‌متر روی آن ریخته و سپس بذرها در تیمارهای باکتریایی با زادمایه‌های میکروبی[3] (۱ میلی‌لیتر به ازای هر بذر) تلقیح و کاشته شد.

طول خطوط هر کرت آزمایشی ۳ متر و هر کرت شامل ۵ خط کاشت بود. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ و روی ردیف‌ها ۴ سانتی‌متر 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. 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. سطوح مختلف شوری با مخلوط کردن آب چاه‌های مختلف منطقه با شوری‌های متفاوت حاصل گردید. جهت اطمینان از یکسان بودن میزان آب آبیاری در سطوح مختلف شوری، آبیاری با کنتور به‌صورت یکسان و از طریق کانال‌های مجزا انجام شد.

صفات مورفولوژیک شامل طول بوته و طول سنبله بود که در هر کرت با اندازه‌گیری پنج بوته به‌طور تصادفی صورت پذیرفت. درنهایت پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و برداشت گیاهان از روش استخراج گرم[4] جهت استخراج موسیلاژ دانه استفاده شد (Ebrahimzadeh et

[2] Microorganism
[3] Microbial inoculation
[4] Warm extraction method

www.SID.ir

Archive of SID

al., 1998; Sharma and Koul, 1986). عملکرد موسیلاژ نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ به دست آمد. برای تعیین فاکتور تورم مقدار یک گرم بذر خشک را در استوانه مدرج ۲۵ میلی‌لیتری ریخته شد و سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید، بعد از ۲۴ ساعت افزایش حجم بذرهای متورم، که همان عدد فاکتور تورم است، اندازه‌گیری شد. سپس مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ محاسبه شد (Ebrahimzadeh et al., 1998). تجزیه داده‌ها، محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که بین سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۲). همچنین اثر متقابل کاربرد قارچ میکوریزا و تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی و اثر متقابل تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ۲۸/۹ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۱). همچنین کمترین ارتفاع بوته در شرایط شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عدم مصرف قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی به میزان ۱۷ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۱). محققان دیگری نیز اثر منفی تنش شوری بر ارتفاع گیاه گندم را گزارش کرده‌اند (Chamekh et al., 2016). بررسی نتایج نشان داد در همه سطوح تنش شوری کاربرد ریزسازوارهای خاکزی باعث افزایش ارتفاع بوته شده است (شکل ۱). این نتایج بیانگر هم‌افزایی قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی است. تحقیقات دیگر نشان داد دسترسی بهتر گیاهان به آب و عناصر غذایی به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی ارتفاع گیاه را افزایش داده است (Yuan et al., 2016).

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس طول سنبله در بوته نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر طول بوته داشته است، اما اثرات متقابل این فاکتورها معنی‌دار نبود (جدول ۲). افزایش شوری آب آبیاری باعث کاهش طول سنبله در بوته گردید، به‌طوری‌که طول سنبله از ۲/۳ سانتی‌متر در شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری به ۱/۹ سانتی‌متر در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر رسید (جدول ۳)، این نتایج مؤید یافته‌های تحقیقات دیگر محققان در زمینه اثر منفی تنش شوری بر طول سنبله گیاه دارد (Chamekh et al., 2016). همچنین در تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* طول سنبله ۲/۲ و ۲/۱ سانتی‌متری بود (جدول ۳) به‌عبارت‌دیگر با عدم مصرف باکتری حل‌کننده فسفات طول سنبله روند کاهشی داشت. افزایش طول سنبله به‌واسطه استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات در دیگر تحقیقات نیز گزارش شده است (Fikrettin et al., 2004).

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 (جدول ۳) 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).

جدول ۲. میانگین مربعات خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 2. Mean square of quantity and quality characteristics of Isabgol.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی dF	میانگین مربعات MS			
		ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد دانه در سنبله Seed numbers per spike
بلوک Block	2	1.27^{ns}	0.03^{ns}	0.0009^{ns}	8.78^{ns}
تنش Stress	2	101.75**	0.317**	0.065**	456.98**
بلوک×تنش (خطای اصلی) Block×Stress (Main plot error)	4	0.351	0.035	0.0001	4.32
میکوریزا Mycorrhiza	1	125.7**	0.0025^{ns}	0.086**	123.21**
باکتری Bacteria	1	28.67**	0.1*	0.006**	58.27**
تنش×میکوریزا Stress× Mycorrhiza	2	3.954*	0.022^{ns}	0.0269**	16.95^{ns}
تنش×باکتری Stress×Bacteria	2	0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.0002^{ns}	1.84^{ns}
میکوریزا×باکتری Stress×Bacteria	1	4.944*	0.006^{ns}	0.0025^{ns}	5.44^{ns}
تنش×میکوریزا×باکتری Stress× Mycorrhiza× Bacteria	2	3.314*	0.006^{ns}	0.0001^{ns}	1.72^{ns}
خطای فرعی Sub plot error	18	0.688	0.01	0.0006	5.17
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		*3.7*	*6.1*	*1.7*	*6.03*

www.SID.ir

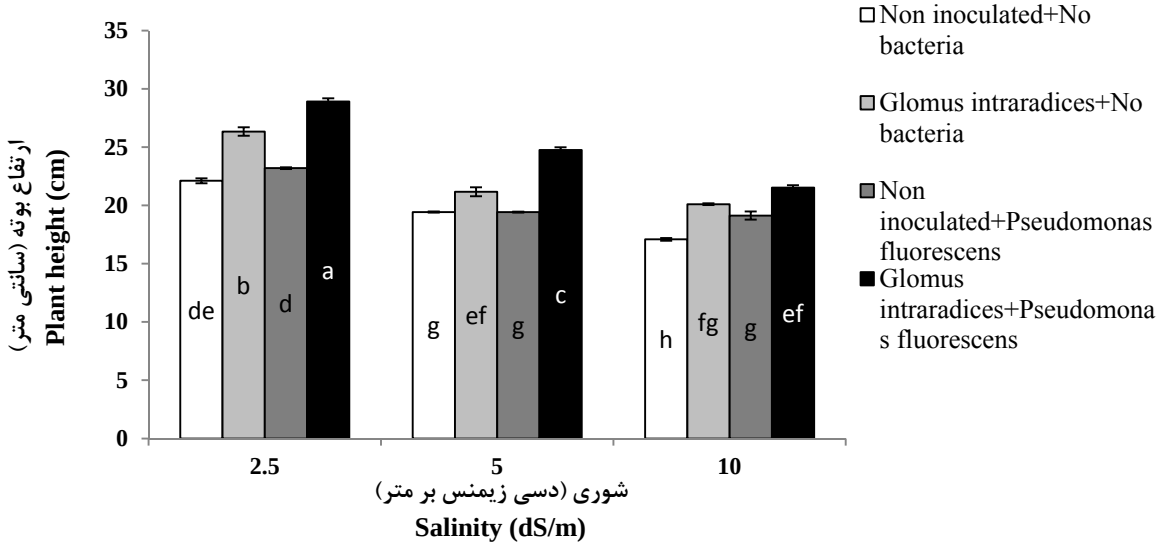
Archive of SID

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی dF	میانگین مربعات MS: درصد موسیلاژ Mucilage%	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	فاکتور تورم Inflation factor	میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ Inflation rate per gram of mucilage	عملکرد دانه Seed yield
Block بلوک	2	0.8^{ns}	472.97^{ns}	0.059^{ns}	73.31^{ns}	126.3^{ns}
Stress تنش	2	66.66**	21741**	51.83**	15351**	1016086**
Block×Stress (Main plot error) بلوک×تنش (خطای اصلی)	4	0.726	58.66	0.101	119	1483.4
Mycorrhiza میکوریزا	1	19.65**	23395**	6.375**	3811**	349024**
Bacteria باکتری	1	7.29**	5091**	5.236**	805.7**	97312**
Stress× Mycorrhiza تنش×میکوریزا	2	0.266^{ns}	1507**	1.036**	210.2*	19310**
Stress×Bacteria تنش×باکتری	2	0.180^{ns}	119.7^{ns}	0.613*	75.5^{ns}	7808*
Stress×Bacteria میکوریزا×باکتری	1	0.054^{ns}	230.6^{ns}	0.056^{ns}	39.2^{ns}	3833^{ns}
Stress× Mycorrhiza× Bacteria تنش×میکوریزا×باکتری	2	0.210^{ns}	13.04^{ns}	0.170^{ns}	145.1^{ns}	6340*
Sub plot error خطای فرعی	18	0.57	83.14	0.130	43.4	1417.7
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)		*2.8*	*6.7*	*2.5*	*8.2*	*4.9*

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

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

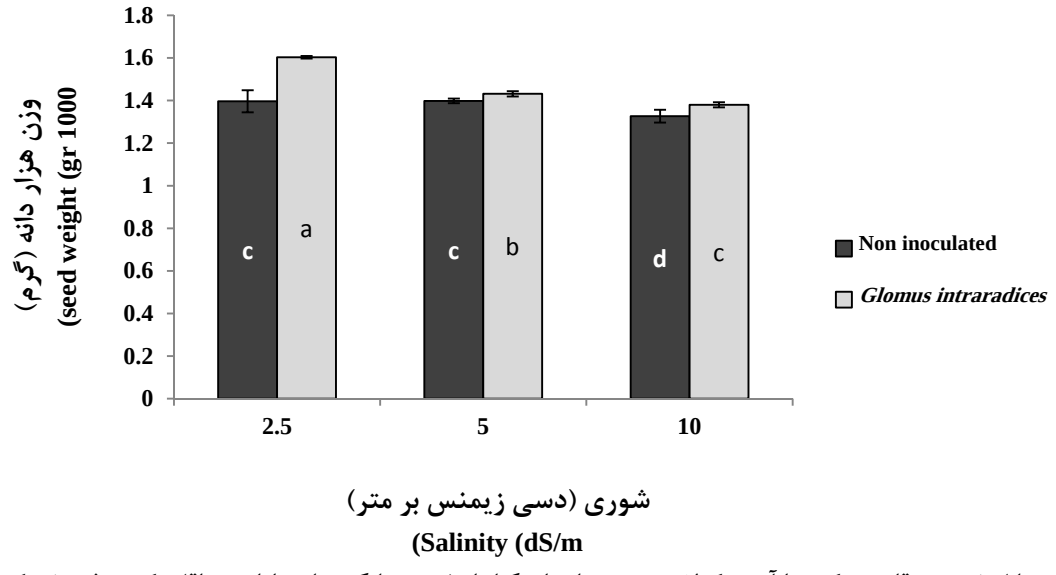


شکل ۱. اثر متقابل شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر ارتفاع بوته گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig 1. Interactions between salinity, AMF and PBS on plant height of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.

www.SID.ir

Archive of SID



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. Interactions between 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 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 معنی-داری 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 (جدول ۳). ازآنجایی‌که صفت تعداد دانه وابسته به میزان گرده‌افشانی گیاه در مرحله زایشی است و این فرآیند نیز تحت تأثیر میزان فتوسنتز مرحله رویشی است، لذا احتمالاً با افزایش سطح شوری میزان فتوسنتز گیاه در پیش از مرحله زایشی کاهش‌یافته و درنتیجه گرده‌افشانی گیاه دچار نقصان گردیده که برآیند آن در کاهش تعداد دانه در سنبله قابل مشاهده 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 (جدول ۳). 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.

عملکرد دانه

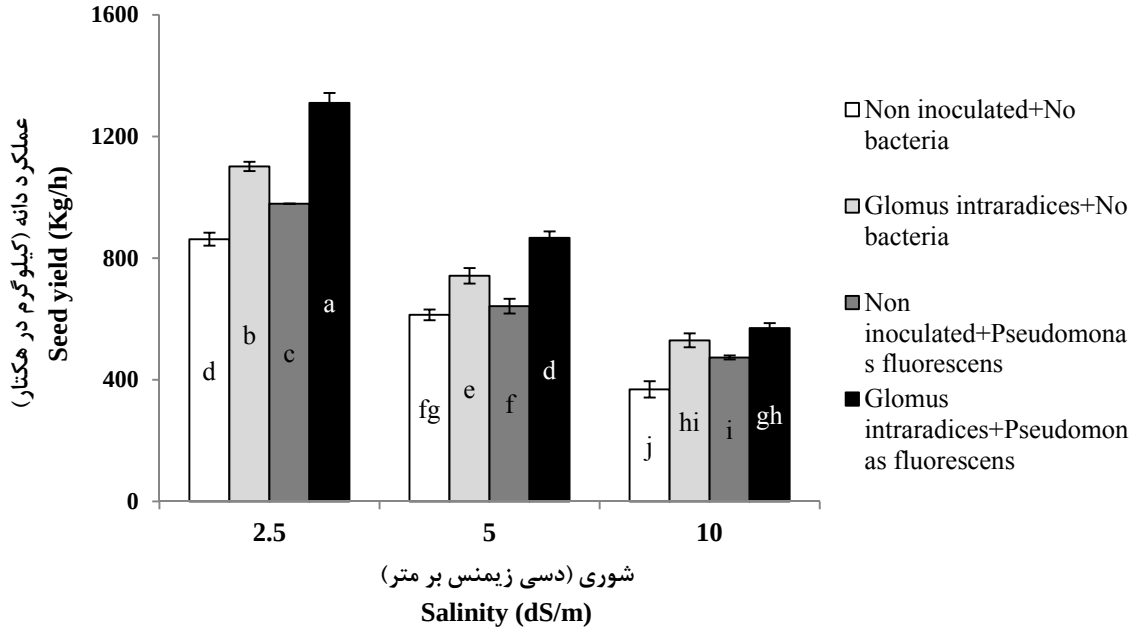
اثر سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی و اثر متقابل تیمارها به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تیمار تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه اسفرزه در تیمار ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری، کاربرد قارچ *Glomus*

www.SID.ir

Archive of SID

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 ۳). 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. نتایج بررسی دیگر محققان نیز بیانگر آن است که کاربرد کودهای زیستی می‌تواند اثرات منفی تنش‌های محیطی بر عملکرد گیاهان را تا حدودی جبران نماید (Miransari, 2016).

همچنین در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر کرت‌های آزمایشی که کود بیولوژیک دریافت کرده بودند عملکرد بالاتری نسبت به کرت‌های آبیاری شده با همین شوری، ولی بدون مصرف کودهای بیولوژیک داشتند (شکل ۳). مقایسه میانگین نتایج تیمار باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد، عملکرد دانه در مصرف و عدم مصرف باکتری حل‌کننده فسفات معدنی به میزان ۱۴ درصد باهم اختلاف 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 هم-افزایی 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).



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

Fig 3. Interactions between 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 based on protected LSD.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین (±SE) اثرات سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه

Table 3. Comparison of means (±SE) of different levels of salinity, AMF and PBS on quantity and quality characteristic of Isabgol.

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (gr)	تعداد دانه در سنبله Seed numbers per spike	درصد موسیلاژ Mucilage (%)
Salinity شوری					
2.5 dSm^{-1}	25.1±0.82^{a}	2.31±0.03^{a}	1.5±0.03^{a}	43.4±1.1^{a}	24.1±0.28^{c}
5 dSm^{-1}	21.1±1.09^{b}	2.16±0.04^{ab}	1.42±0.03^{b}	38.4±1.4^{b}	26.1±0.34^{b}
10 dSm^{-1}	19.4±1.2^{c}	1.99±0.04^{b}	1.35±0.03^{c}	31.2±1.6^{c}	28.8±0.36^{a}
PGPR باکتری محرک رشد					
P. fluorescens	22.8±0.8^{a}	2.21±0.04^{a}	1.44±0.02^{a}	38.9±1.3^{a}	26.8±0.53^{a}
No bacteria	21±0.7^{b}	2.1±0.04^{b}	1.41±0.02^{b}	36.4±1.5^{b}	25.9±0.51^{b}
AMF قارچ میکوریزا آربوسکولار					
G. intraradices	23.8±0.7^{a}	-	1.47±0.02^{a}	39.5±1.6^{a}	27.1±0.52^{a}
Non Inoculated	20.06±0.9^{b}	-	1.37±0.02^{b}	35.8±1.4^{b}	25.6±0.48^{b}

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

تیمارهای آزمایشی Treatment	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield ($Kg.h^{-1}$)	فاکتور تورم Inflation factor (ml)	میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ Inflation rate per gram of mucilage	عملکرد دانه Seed yield ($Kg.ha^{-1}$)
Salinity شوری				
2.5 dSm^{-1}	176.7±14.4^{a}	12.42±0.14^{c}	49.4±2.3^{c}	1063±68^{a}
5 dSm^{-1}	136±10.4^{b}	13±0.11^{b}	71±3.1^{b}	716±31^{b}
10 dSm^{-1}	91.6±8.5^{c}	16.27±0.32^{a}	119.3±6^{a}	485±24^{c}
PGPR باکتری محرک رشد				
P. fluorescens	146.7±17.3^{a}	14.28±0.46^{a}	75.2±7.1^{b}	806±69^{a}
No bacteria	122.9±12.8^{b}	13.51±0.38^{b}	84.6±8.3^{a}	702±57^{b}
AMF قارچ میکوریزا آربوسکولار				
G. intraradices	160.3±14.6^{a}	14.32±0.48^{a}	90.2±8.1^{a}	804.2±66^{a}
Non Inoculated	109.3±10.7^{b}	13.48±0.43^{b}	69.6±7.3^{b}	627.7±51^{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.

درصد موسیلاژ

تجزیه واریانس نتایج نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری محرک رشد اثر بسیار معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح تنش شوری نشان داد که بیشترین درصد موسیلاژ در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۸/۸ درصد و کمترین درصد موسیلاژ در شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۴/۱ درصد حاصل شده

www.SID.ir

Archive of SID

است (جدول ۳). علی‌رغم نتایج برخی تحقیقات در زمینه بی‌اثر بودن تنش شوری بر درصد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه، لکن در این تحقیق با افزایش شوری آب آبیاری درصد موسیلاژ افزایش یافت (Ghassemi-Golezani et al., 2011). تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه که جزء مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌باشند تحت تأثیر فاکتورهای محیطی هستند (Dehghani tafti et al., 2014). افزایش درصد موسیلاژ در شرایط تنش می‌تواند به‌عنوان پاسخی برای افزایش مقاومت به تنش باشد (Baghalian, 2008). مقایسه میانگین اثر کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار بر گیاه اسفرزه نشان داد که کاربرد و عدم کاربرد قارچ *Glomus intraradices* به ترتیب ۲۷/۱ و ۲۵/۶ درصد موسیلاژ حاصل نموده است، همچنین کاربرد و عدم کاربرد باکتری *P. fluorescens* به ترتیب ۲۶/۸ و ۲۵/۹ درصد موسیلاژ تولید نمود (جدول ۳). این نتایج بیانگر آن است که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه شده است. دیگر محققان نیز افزایش درصد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه را به‌واسطه استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات گزارش کردند (Poryousof et al., 2010). درمجموع درصد موسیلاژ استخراجی از این تحقیق بیش از نتایج حاصل از دیگر تحقیقات مشابه بر روی گیاه دارویی اسفرزه بود (Poryousof et al., 2010; Ghassemi-Golezani et al., 2011). علت این امر را می‌توان به هم‌زمانی اعمال تنش محیطی و کاربرد کود زیستی بر گیاه اسفرزه نسبت داد.

عملکرد موسیلاژ

تجزیه واریانس نتایج عملکرد موسیلاژ نشان داد که اثر کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی و همچنین اثر متقابل تنش شوری و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و قارچ میکوریزا آربوسکولار نشان داد که بیشترین عملکرد موسیلاژ در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* به میزان ۲۱۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است. در سطوح دیگر شوری نیز گیاهانی که قارچ میکوریزا دریافت کرده بودند، عملکرد موسیلاژ بیشتری داشتند. کمترین عملکرد موسیلاژ در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس شوری و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۷۴ کیلوگرم بر هکتار حاصل گردید (شکل ۴). بررسی نتایج اثر متقابل نشان داد که عملکرد موسیلاژ در ترکیب تیماری شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری با ترکیب تیماری ۵ دسی زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف قارچ میکوریزا نداشت (شکل ۳). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در همه سطوح تنش شوری گیاهانی که قارچ میکوریزا آربوسکولار دریافت کرده بودند، عملکرد موسیلاژ بیشتری داشتند. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی مثبت کودهای زیستی بر عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه مطابقت دارد (Sepehi and Samadi, 2015). ازآنجاکه افزایش تنش منجر به کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود و عملکرد موسیلاژ از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ حاصل می‌شود، لذا کاهش عملکرد موسیلاژ به‌واسطه افزایش سطح تنش شوری، علی‌رغم افزایش درصد موسیلاژ به‌واسطه تنش شوری را می‌توان به کاهش شدیدتر میزان عملکرد دانه در هکتار به‌واسطه شوری نسبت داد. کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* عملکرد موسیلاژ ۱۴۶/۷ کیلوگرم در هکتار را در مقایسه با عدم کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی (۱۲۲/۹ کیلوگرم در هکتار) حاصل نمود (جدول ۳). این نتایج مؤید یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثر مثبت کاربرد باکتری محرک رشد بر عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه است (Poryousof et al., 2010).

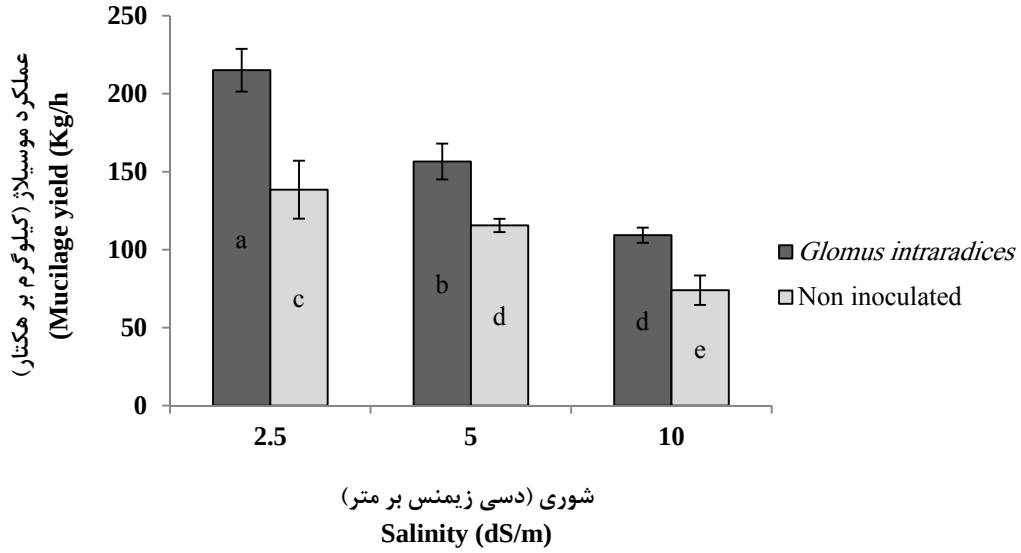
فاکتور تورم

تورم بذر از خصوصیات بذور حاوی موسیلاژ است که در اثر جذب آب، موسیلاژ موجود در بذور متورم می‌شود، این صفت به‌عنوان یک شاخص کیفی در زمینه موسیلاژ مطرح است (Bhagat, 1980). بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تیمار شوری و قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین فاکتور تورم در ترکیب تیماری شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* به میزان ۱۷ میلی‌لیتر حاصل شده است. کمترین فاکتور تورم در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱۲/۲ میلی‌لیتر حاصل شد (شکل ۵). علاوه بر افزایش فاکتور تورم به‌واسطه افزایش سطح شوری آب آبیاری، گیاهانی که تیمار قارچ میکوریزا دریافت کرده

www.SID.ir

Archive of SID

بودند فاکتور تورم بیشتری داشتند، همچنین مقایسه میانگین نتایج نشان داد که تفاوت آماری معناداری بین ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری و مصرف قارچ میکوریزا با ترکیب تیماری ۵ دسی زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف قارچ میکوریزا وجود ندارد (شکل ۵). نتایج تحقیقات دیگر محققان نیز بیانگر اثر مثبت تنش شوری بر فاکتور تورم گیاه دارویی اسفرزه است (Koocheki et al., 2007). به نظر می‌رسد گیاه از افزایش فاکتور تورم به‌واسطه افزایش تنش شوری آب آبیاری به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در مواجهه با تنش محیطی استفاده می‌کند. همچنین این نتایج مؤید یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثربخشی قارچ میکوریزا آربوسکولار بر فاکتور تورم گیاه دارویی اسفرزه است (Ghasemi et al., 2014).



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

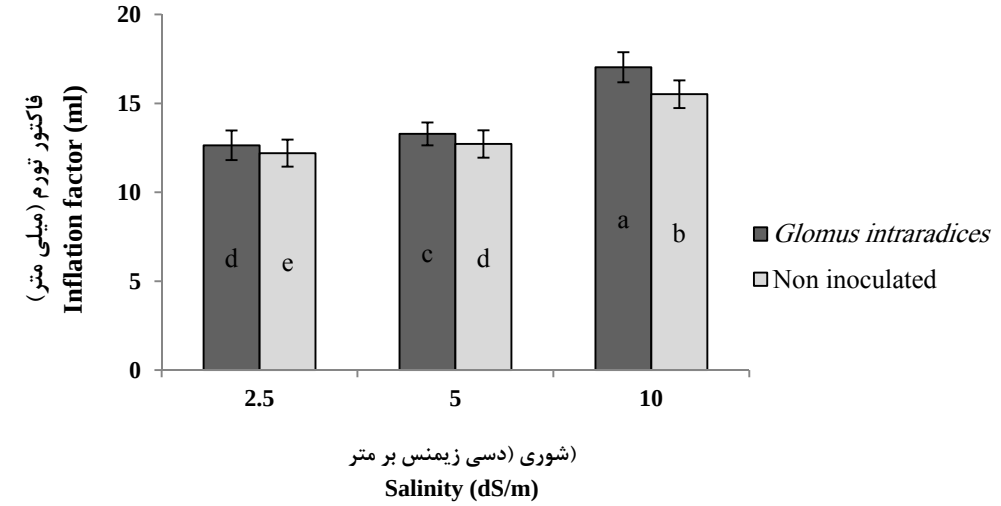
Fig 4. Interactions between salinity and AMF on mucilage yield of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.

مقایسه میانگین نتایج نشان داد که کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* فاکتور تورم گیاه را ۵ درصد افزایش داده است (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در زمینه اثر مثبت باکتری *Azotobacter chroococcum* بر فاکتور تورم گیاه دارویی اسفرزه مطابقت داشت (Ghasemi et al., 2014). بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تیمار شوری و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد که بیشترین فاکتور تورم در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* به میزان ۱۶/۹ میلی‌لیتر حاصل شد. کمترین فاکتور تورم در ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر و عدم کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی به میزان ۱۲/۱ میلی‌لیتر به دست آمد (شکل ۶). علاوه بر افزایش فاکتور تورم به‌واسطه افزایش سطح شوری آب آبیاری، گیاهانی که تیمار باکتری حل‌کننده فسفات معدنی دریافت کرده بودند، فاکتور تورم بیشتری داشتند. بر اساس استانداردهای فارماکوپه‌های دارویی فاکتور تورم موسیلاژ گیاه دارویی نباید کمتر از ۱۰ میلی‌لیتر باشد، نتایج حاصل از این تحقیق نیز فاکتور تورمی بیش از ۱۰ را نشان داد، درنتیجه از گیاهان حاصل از این شرایط محیطی می‌توان به‌عنوان گیاه دارویی بهره جست (Ebrahimzadeh et al., 1998). بررسی نتایج عملکرد موسیلاژ و فاکتور تورم نشان داد خصوصیت عملکردی گیاه دارویی با خصوصیت کیفی آن رابطه عکس دارد، به‌طوری‌که تیمارهای آزمایشی که عملکرد موسیلاژ

www.SID.ir

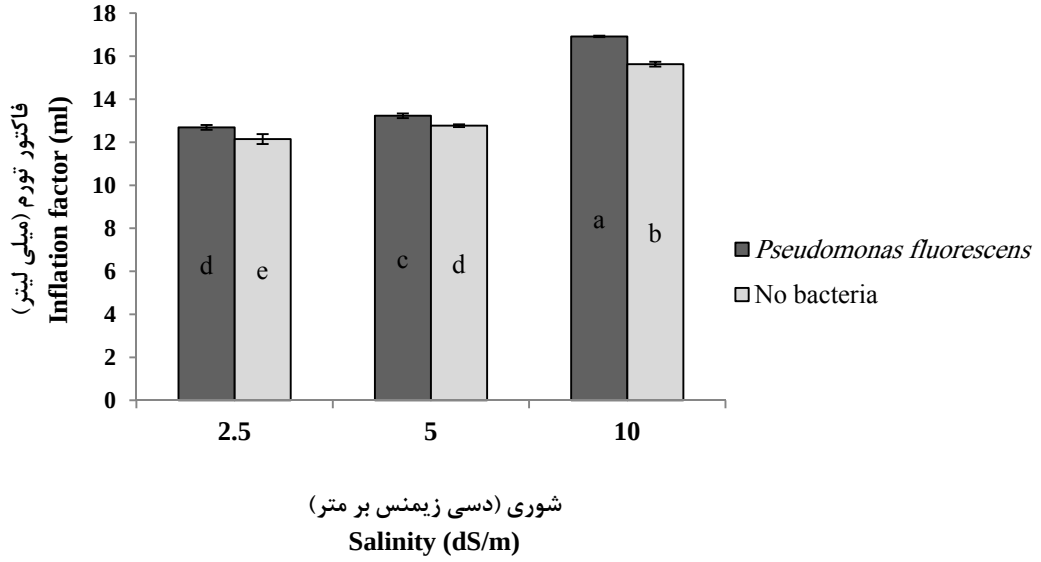
Archive of SID

بالاتری داشتند، فاکتور تورم پایین‌تری از خود نشان دادند (جدول ۳). ازآنجاکه میزان فاکتور تورم وابسته به نوع ترکیبات موجود در موسیلاژ است، می‌توان نتیجه گرفت در تیمارهایی که گیاه بدون کود زیستی در معرض تنش محیطی قرار گرفته است، متابولیت ثانویه بیشتر، با قابلیت جذب آب بالاتر، برای بقا بیشتر نسل خود در شرایط سخت محیطی تولید نموده است که باعث افزایش کیفیت موسیلاژ استحصالی شده است (Mohebbi and Maleki., 2010). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در این زمینه مطابقت داشت (Ebrahimzadeh et al., 1998).



شکل ۵. اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر فاکتور تورم گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig 5. Interactions between salinity and AMF on inflation factor of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.



شکل ۶. اثر متقابل شوری و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی بر فاکتور تورم گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 6. Interactions between salinity and PBS on inflation factor of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.

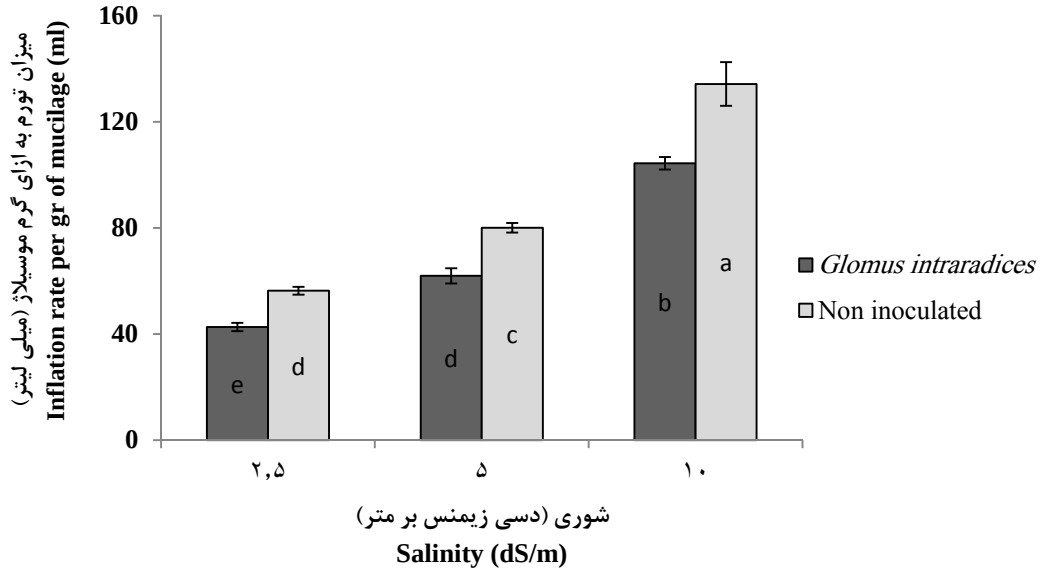
www.SID.ir

Archive of SID

میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش شوری، قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تنش و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تیمار تنش شوری و قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین تورم به ازای گرم موسیلاژ اسفرزه در ترکیب تیماری ۱۰ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری و عدم کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار و کمترین تورم به ازای گرم موسیلاژ در تیمار ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری و کاربرد قارچ *Glomus intraradices* به ترتیب به میزان ۱۳۴/۲ و ۴۲/۶ میلی‌لیتر حاصل شده است (شکل ۷). بررسی نتایج نشان داد که تفاوت آماری معناداری بین ترکیب تیماری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری و عدم مصرف قارچ میکوریزا با تیمار ۵ دسی زیمنس بر متر شوری آب آبیاری به همراه مصرف قارچ میکوریزا وجود نداشت. این نتایج نشان داد افزایش سطح شوری منجر به افزایش و کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار منجر به کاهش میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ شده است.

همچنین مقایسه میانگین نتایج کاربرد و عدم کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات معدنی نشان داد کرت‌های آزمایشی که باکتری *Pseudomonas fluorescens* دریافت کرده بودند تورم به ازای گرم موسیلاژی معادل ۷۵/۲ میلی‌لیتر را تولید کردند، در مقابل گیاهانی که باکتری حل‌کننده فسفات معدنی را دریافت نکرده بودند، تورم به ازای گرم موسیلاژ ۸۴/۶ میلی‌لیتر داشتند (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد کودهای زیستی اثر منفی بر این شاخص داشته‌اند، علت این امر آن است که کاربرد ریزسازواره‌های خاکزی موجب کاهش اثرات تنش شوری شده است درنتیجه ساختار موسیلاژ در شرایطی تشکیل شده است که گیاه کمتر تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفته است، لذا به‌گونه‌ای تشکیل شده است که نیاز کمتری به جذب آب برای بقا از خود نشان داده و به همین دلیل فاکتور تورم به ازای گرم موسیلاژ کاهش یافته است. همچنین افزایش تنش این شاخص کیفی را در گیاه اسفرزه افزایش داده است. درمجموع مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر محققان نشان داد که فاکتور تورم به ازای گرم موسیلاژ حاصل از این پژوهش در وضعیت مناسبی قرار دارد (Koocheki et al., 2007).



شکل ۷. اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ گیاه اسفرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، ازنظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 7. Interactions between salinity and AMF on inflation rate per gram of mucilage of Isabgol. Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected LSD.

بررسی همبستگی نتایج نشان داد صفت طول بوته با صفات درصد موسیلاژ و فاکتور تورم و صفت درصد موسیلاژ با عملکرد موسیلاژ همبستگی منفی در سطح احتمال ۵ درصد داشت. صفت طول بوته با میزان تورم به ازای گرم

www.SID.ir

Archive of SID

موسیلاژ، صفت طول سنبله با صفات درصد موسیلاژ، فاکتور تورم و میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ، صفت درصد موسیلاژ با عملکرد دانه، صفت عملکرد دانه با صفات فاکتور تورم و میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ و صفت عملکرد موسیلاژ با صفات فاکتور تورم و میزان تورم به ازای گرم موسیلاژ همبستگی منفی در سطح احتمال ۱ درصد داشت. بقیه صفات نیز همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (نتایج در قالب جدول آورده نشده است).

نتیجه‌گیری

درمجموع نتایج این بررسی نشان داد که علی‌رغم آنکه شوری بالای آب آبیاری می‌تواند تأثیر منفی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه بگذارد، لکن بهره‌گیری از ریزسازواره‌های خاکزی می‌تواند بخشی از این اثرات منفی تنش را جبران نماید. در مقابل در شرایط شوری بالای آب آبیاری و عدم مصرف کودهای زیستی، خصوصیات کیفی موسیلاژ افزایش یافت، اما ازآنجاکه بر اساس استانداردهای فارماکوپه‌های بین‌المللی کیفیت موسیلاژ استحصالی در همه‌ی سطوح تیماری در شرایط قابل قبولی بود، لذا می‌توان گفت بهره‌گیری تلفیقی از قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات معدنی می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ گیاه اسفرزه در شرایط تنش شوری مؤثر باشد. درمجموع می‌توان ترکیب تیماری شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر + کاربرد قارچ *Glomus intraradices* + باکتری *Pseudomonas fluorescens* را در جهت حصول به بهترین خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه توصیه نمود.

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.

Ashraf, M., Mcneilly, T., 2004. Salinity Tolerance in Brassica Oilseeds. Critical Reviews in Plant Sciences. 23(2), 157–174.

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.

Bhagat, N.R. 1980. Studies on Variation and association among seed yield and some component traits in *Plantago ovata* Forsk. Journal of Crop Improvement. 7, 60-63.

Chakraborty, M.K., Patel, K.V., 1992. Chemical Composition of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Food Science and Technology-Mysore. 29(6), 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].

Deokar, G., Kshirsagar, S., Deore, P.A., Kakulte, H., 2016. Pharmaceutical benefits of *Plantago ovata* (isabgol) seed: a review.

www.SID.ir

Archive of SID

Pharmaceutical and Biological Evaluations. 3(1), 32-41.

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.

Ebrahimzade, H., Mirmasomi, M., Fakhrtabatabayee, M., 1998. The effect of climate and soil factors on seed yield of isabgol, plantago and psyllium. Agricultural Economy Development. 22, 125-140. [In Persian with English Summary].

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. Journal of Crop Physiology. 19, 5-15. [In Persian with English Summary].

Fikrettin, S., Chakmakji, R., Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N_2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Journal of Plant and Soil. 256, 123-129.

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.

Ghasemi, K., Fallah, S., Raeisi, F., Heidari, M., 2014. The effect urea and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago ovata* Frosk.) medicinal plant. Journal of Plant Production, 20(4), 101-116. [In Persian with English Summary].

Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Zafarani-Moattar, P., 2011. Influence of salt-priming on mucilage yield of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) under salinity stress. Journal of Medicinal Plants Research, 5(14), 3236-3241. [In Persian with English Summary].

Haji Boland, R., Aliasgharzadeh, N., Mehrfar, Z. 2013. Ecological study of Azotobacter in two Zrbayhan Highland region and its effect on growth and mineral nutrition of plants inoculated wheat. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 2(8), 75-89. [In Persian with English Summary].

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.

Koocheki, A., Tabrizi, L., Nassiri Mahallati, M., 2007. The effect of irrigation intervals and manure on quatitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Asian Journal Plant Science, 6(8), 1229-1234.

Mohebbi, M., & Maleki, A., 2010. Effect of water stress on some seed characteristics of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) in Zanjan (IRAN). Advances in Environmental Biology, 12(3), 10-14.

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].

Sepehri, A., Samadi, M., 2015. The effect of integrated chemical and biological fertilizers on growth indices and mucilage yield of isabgol (*Plantago ovata* forsk) across different plant densities. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(3)485-495. [In Persian with English Summary].

Sharma, P.K., Koul, A.K., 1986. Mucilage in seeds of *Plantago ovata* and its wild allies. Journal of Ethnopharmacol. 17, 289-295.

www.SID.ir

Archive of SID

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. Journal of Plant and Soil. 340, 481–490.

Yuan, S., Li, M., Fang, Z., Liu, Y., Shi, W., Pan, B., Shen, Q., 2016. Biological control of tobacco bacterial wilt using *Trichoderma harzianum* amended bioorganic fertilizer and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae*. Biological Control, 92, 164-171.

Zamani, S.A., Nezami, M.T., Baybordi, 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.

www.SID.ir