نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

ارزیابی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و شوری بر جوانه‌زنی و رشد بوته ذرت (*Zea mays* L.)

*علی انصوری[۱]، حسن شهقلی[۱]، حسن مکاریان[۲] و علیرضا فلاح‌نصرت‌آباد[۳]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود،
[۲]استادیار گروه زراعت دانشگاه صنعتی شاهرود، [۳]دانشیار مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور
تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۷

چکیده

باکتری‌های محرک رشد گیاه به‌عنوان کودهای زیستی نقش مهمی در افزایش حاصلخیزی و بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش دارند. به‌منظور بررسی کارایی باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی و رشد گیاه ذرت در شرایط تنش شوری، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا در آمد. تیمارها شامل پنج سطح شوری (صفر (شاهد)، ۲، ٤، ٦ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار سطح باکتری (عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با یک جدایه *ازتوباکتر کروکوکوم*، یک جدایه *سودوموناس فلورسنس* و یک جدایه *سودوموناس پوتیدا*) بودند. تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر حداکثر سرعت جوانه‌زنی (G_{max})، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا در درصد جوانه‌زنی ($D_{۱۰}$) و زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی ($D_{۹۰}$) داشته و باکتری‌های محرک رشد تنها بر G_{max} و $D_{۱۰}$ تأثیر معنی‌دار داشتند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری مقدار G_{max} و GU کاهش و $D_{۱۰}$ و $D_{۹۰}$ افزایش یافت. اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر حداکثر جوانه‌زنی گیاه ذرت داشت. تلقیح باکتری‌های محرک رشد در همه سطوح شوری، درصد جوانه‌زنی بیش‌تری نسبت به عدم تلقیح باکتری نشان داد. همچنین تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار زیست‌توده، وزن ریشه، تعداد برگ و ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شد. بیش‌ترین زیست‌توده و ارتفاع بوته نیز از تلقیح باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم*

* مسئول مکاتبه: aliansori98@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

حاصل شد. اثر متقابل تنش شوری و باکتری محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده و ارتفاع بوته ذرت داشت. با افزایش سطوح تنش شوری و عدم تلقیح باکتری، زیست‌توده و ارتفاع بوته ذرت کاهش شدیدی یافت. براساس نتایج این پژوهش، باکتری‌های محرک رشد از طریق بهبود رشد گیاه سبب کاهش اثرات منفی تنش شوری بر گیاه ذرت شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، رشد رویشی، سرعت جوانه‌زنی، کودهای زیستی

مقدمه

امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (شارما، ٢٠٠٢). کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR)[1] مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تغذیه گیاهی برای سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (شارما، ٢٠٠٣). کودهای زیستی، منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و... گفته نمی‌شود بلکه ریزجانداران باکتریایی، قارچی مفید و مواد به‌دست آمده از فعالیت آن‌ها که در ارتباط با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر، سایر عناصر غذایی در خاک و مواد محرک رشد گیاه نقش دارند را نیز شامل می‌شود (منافی و کلوپر، ١٩٩٤). بدون تردید کاربرد کودهای زیستی علاوه‌بر اثرات مثبتی که بر خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مثمرثمر واقع شده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد. باسیلوس‌ها، سودوموناس‌ها، ریزوبیوم‌ها، آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و... از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاهان می‌باشد. باکتری‌های، *ازتوباکتر*[2] و *سودوموناس‌ها*[3] به‌دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی مانند ذرت، سورگوم، گندم و... توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده است. این باکتری‌ها بیش‌تر در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاه یافت می‌شوند و گیاه را در جذب عناصر غذایی یاری می‌کنند (صالح‌راستین، ٢٠٠١). وجود اراضی وسیع شور و محدودیت‌های

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria
2- Azotobacter
3- Pseudomonas

Archive of SID

www.SID.ir

این اراضی در جهت توسعه کشت گیاهان زراعی یکی از مشکلات جدی در کشاورزی به‌شمار می‌آید (قنبری و همکاران، ۲۰۰٦). در حال حاضر شوری خاک‌های کشاورزی افزایش یافته و آب شیرین قابل دسترس به‌علت بهره‌برداری بیش از حد و اتلاف آن محدود شده است (خان و وبر، ۲۰۰٦). مانس (۱۹۹۳) گزارش نموده که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از سطح زمین‌های جهان متأثر از شوری می‌باشند و تخمین زده می‌شود که سالانه ۲۰ میلیون هکتار از اراضی، تحت‌تأثیر اثر منفی آن قرار می‌گیرند. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌هایی چون سدیم و کلر جوانه‌زنی بذور را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (پولجاکوف- مایبر و همکاران، ۱۹۹٤). بعضی از پژوهشگران (کرامر و همکاران، ۱۹۹٤) اثر منفی شوری بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی را به کاهش پتانسیل اسمزی و بعضی دیگر (پرز- آلفوکا و همکاران، ۱۹۹۳) آن را به اثر سمی یون‌ها نسبت داده‌اند. آستانه حساسیت ذرت نسبت به شوری آب ۱/۱ و خاک ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر بوده و میزان کاهش محصول دانه به‌ازای هر واحد افزایش شوری خاک، معادل ۱۲ درصد می‌باشد، بنابراین از گیاهان نیمه‌حساس به شوری به‌شمار می‌رود (علیزاده، ۱۹۸۵). ذرت در مرحله جوانه‌زنی حساسیت زیادی به شوری دارد و افزایش شوری باعث کاهش جوانه‌زنی و تعداد بوته مستقر شده در واحد سطح می‌شود. با افزایش شوری، کاهش معنی‌داری در رشد و اجزای عملکرد به‌وجود می‌آید و در EC بیش از ۸ دسی‌زیمنس بر متر، مهم‌ترین عامل محدودکننده برای گیاه، آب قابل دسترس می‌باشد (عبدالحلیم و همکاران، ۱۹۸۸).

توانایی ریزموجودات در تولید و رهاسازی متابولیت‌های مختلف مؤثر بر رشد و سلامت گیاه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شود، این متابولیت‌ها را مواد فعال زیستی[1] می‌نامند (تیپک و زالسکا، ۱۹۸۷). یکی از استراتژی‌های مقابله با شوری که چندی است مورد توجه قرار گرفته، تلقیح گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد. این باکتری‌ها با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). جلیلی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی ضمن بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گزارش نمودند که تنش شوری باعث کاهش میزان رشد، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در گیاه کلزا شد، ولی آهنگ کاهش رشد در پارامترهای مورد مطالعه در اثر تلقیح با باکتری‌های منتخب کاهش یافت.

1- Bioactive Compounds

Archive of SID

www.SID.ir

به‌طوری‌که تلقیح با باکتری *سودوموناس پوتیدا* باعث افزایش نرخ رشد نسبی در شوری‌های ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر گردید. کوکلیس- بارل و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش شوری، تأثیر مثبتی بر برخی پارامترهای گیاه از جمله سرعت جوانه‌زنی، تحمل به خشکی ناشی از شوری، رشد و عملکرد گیاه دارند. باکتری‌های محرک رشد با تولید ایندول استیک اسید در محیط ریشه می‌توانند سبب افزایش جوانه‌زنی، تراکم و طول ریشه‌های موئین و بهبود رشد گیاه شوند (وسی، ۲۰۰۳؛ اشرافزامن و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی انج و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش شاخص قدرت گیاهچه (شاخص ویگور)، طول اندام هوایی و ریشه و وزن خشک زیست‌توده برنج شدند. شاهارونا و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که تلقیح ذرت با برخی از سویه‌های باکتری سودوموناس منجر به افزایش معنی‌دار در ارتفاع، وزن ریشه و بیوماس کل در مقایسه با شاهد شد. این سویه‌ها احتمالاً از طریق کاهش میزان اتیلن در ریشه‌ها و به دنبال آن کاهش اثرات بازدارندگی آن موجب افزایش رشد گیاه شده‌اند. در پژوهشی نشان داده شد در نتیجه کاربرد PGPR تندش بذر و استقرار بوته برنج افزایش یافت (واسادوان و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین تلقیح بذر با باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* باعث افزایش زیست‌توده ذرت گردید (تیلاک و همکاران، ۱۹۸۲). پژوهش‌های حافظ و همکاران (۲۰۰٤) نیز ظهور سریع‌تر گیاهچه‌های ارقام پنبه بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از جمله *ازتوباکتر* را گزارش کردند. آن‌ها ترشح ایندول استیک اسید توسط این باکتری را در بروز این پاسخ مؤثر دانسته‌اند. همچنین بست‌میا و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که کاربرد باکتری‌های PGPR سبب افزایش جوانه‌زنی، قدرت گیاهچه، طول ریشه، سطح و تراکم ریشه در برنج شد.

در زراعت، درصد جوانه‌زنی بذر به تنهایی مورد توجه نمی‌باشد، بلکه علاوه‌بر آن سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نیز دارای اهمیت است. مطالعات به‌نسبت زیادی در زمینه تأثیر شوری بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی انجام شده ولی مطالعات در زمینه توانایی باکتری‌های محرک رشد در بهبود وضعیت جوانه‌زنی و رشد گیاهان در شرایط تنش محیطی بسیار اندک می‌باشد. از این‌رو این مطالعه به‌منظور بررسی توانایی چند گونه باکتری محرک رشد بر جوانه‌زنی و رشد گیاه ذرت در شرایط تنش شوری انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

واکنش اجزای جوانه‌زنی (سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی) و رشد گیاهچه ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد تحت تنش شوری در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۰ مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح شوری صفر (شاهد)، ۲، ٤، ٦ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر (از منبع کلرید سدیم) و چهار سطح باکتری شامل عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با یک جدایه *ازتوباکتر کروکوکوم*، یک جدایه *سودوموناس فلورسنس* و یک جدایه *سودوموناس پوتیدا* بود. در این آزمایش از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر به ظرفیت ۵ کیلوگرم به تعداد ٦۰ عدد استفاده گردید. برای ضدعفونی سطحی، بذور ذرت (رقم NS 604) به‌مدت ۵ دقیقه در وایتکس قرار گرفته و سپس ٤ تا ۵ بار با آب مقطر شستشو داده شدند. ریزجانداران مورد نظر از شرکت زنجان شیمی تهیه گردیدند. در تیمارهایی که بذور باید با این ریزجانداران تلقیح می‌شدند، پس از ریختن بذور در داخل یک کیسه فریزر (برای هر باکتری به‌طور مجزا)، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر محلول شکر ۲۰ درصد به آن‌ها اضافه گردید. آن‌گاه مایه تلقیح به بذور چسبناک افزوده شد و پس از مخلوط کردن، بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز سایه خشک شده، سپس ٦ عدد بذر تلقیح شده برای هر گلدان انتخاب و کشت گردیدند. برای تهیه محلول‌های مختلف شوری موردنظر از رابطه زیر استفاده شد (علیزاده، ۱۹۹۵):

$$C = EC \times ۰/٦٤۰$$

که در آن، C: غلظت مورد نظر بر حسب گرم در لیتر و EC: هدایت الکتریکی مورد نظر بر حسب دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. تیمارهای شوری از همان ابتدا بعد از کشت بذور اعمال و روزانه آب کاهش یافته به‌دلیل تبخیر و تعرق تا زمان ظهور گیاهچه‌ها از خاک اضافه می‌شد. روش شور کردن خاک بدین ترتیب بود که ابتدا آب شور مورد نظر تهیه و با در نظر گرفتن نیاز آبشویی به مقدار لازم به گلدان‌های کشت شده، داده شد تا مقدار اضافی آن از ته گلدان خارج و شوری آن اندازه‌گیری شد. پس از خروج جوانه‌ها هر ۳ روز یک بار گلدان‌ها با آب شور مربوط به تیمار خود آبیاری می‌شدند تا

Archive of SID

www.SID.ir

شوری خاک تقریباً در حد ثابتی باقی بماند. در طول دوره رشد، مراقبت‌های لازم صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، پس از طی ۷ هفته از کشت، بوته‌ها برداشت شد. شمارش بذور جوانه زده هر روز صبح و عصر هنگام انجام شد (ملاک جوانه‌زنی خروج نوک ساقه‌چه ذرت از سطح خاک بود). شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد و این حالت به‌مدت هفت روز متوالی ثابت ماند. برای محاسبه سرعت و حداکثر جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه زنی بذرها از برنامه Gar_{min} استفاده شد. این برنامه D_{10}، D_{50} و D_{90} را از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند (سلطانی و مداح، ۲۰۱۰). آنالیز داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها به‌وسیله Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})[1]، سرعت جوانه‌زنی (R_{50})، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)[2]، زمان تا ۱۰ (D_{10})، ۵۰ (D_{50}) و ۹۰ (D_{90}) درصد جوانه‌زنی گیاه ذرت در جدول ۱ ارایه شده است. تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر G_{max}، GU، D_{10} و D_{90} داشت. همان‌طورکه نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان می‌دهد، اعمال تنش شوری موجب کاهش شدید حداکثر جوانه‌زنی گردید. به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شاهد (٨٣/٠٦ درصد) بود و کاربرد ۲، ٤، ٦ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری به‌ترتیب موجب کاهش ۱۱، ٢٦/٥، ٥٠/٦ و ٦٤/٨ درصدی جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. همچنین یکنواختی جوانه‌زنی با افزایش غلظت شوری کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار یکنواختی جوانه‌زنی مربوط به شاهد و کم‌ترین مقدار با کاربرد ۸ دسی‌زیمنس شوری حاصل شد. هر چند اختلاف معنی‌داری در یکنواختی جوانه‌زنی بین شاهد و کاربرد ۲ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر شوری مشاهده نشد. زمان تا ۱۰ (D_{10}) و ۹۰ (D_{90}) درصد جوانه‌زنی نیز با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت. کم‌ترین زمان تا ۱۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی مربوط به شاهد و بیش‌ترین مقدار مربوط به غلظت ۸ دسی‌زیمنس

1- Maximum Germination
2- Germination Uniformity

Archive of SID

www.SID.ir

بر متر بود. فالری (۱۹۹٤) تأثیر پتانسیل رطوبت محیط بر حداکثر جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های *Pinus pinaster* Ait. را مطالعه و براساس یافته‌های وی، آستانه کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی ۲- بار بود در حالی‌که حداقل تنش لازم برای کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی ٦- بار برآورد گردید. با توجه به وجه تشابه تنش‌های شوری و خشکی از نظر محدود کردن آب قابل استفاده می‌توان گفت که نتایج آزمایش وی با این آزمایش مطابقت دارد. سایر پژوهشگران نیز تأثیر منفی شوری بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف شامل یونجه (امین‌پور و جعفرآقایی، ۱۹۹۸)، سورگوم (رحیمی‌تنها و همکاران، ۱۹۹۸)، جو (آرویـن، ۱۹۹۸) و کلزا (شکاری و همکاران، ۱۹۹۸)، را گزارش کرده‌اند. کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی مورد مطالعه را می‌توان به کاهش میزان و کند شدن سرعت جذب اولیه آب (دی و کار، ۱۹۹۵) و همچنین تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی مراحل کاتابولیک (هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذر) و آنابولیک (ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده در مرحله اول) جوانه‌زنی نسبت داد (میسرا و دیودی، ۱۹۹۵).

جدول ۱- نتایج جدول تجزیه واریانس برای حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})، سرعت جوانه‌زنی (معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، $R_{50}=1/D_{50}$)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50})، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی (D_{90}) در گیاه ذرت.

منابع تغییر	G_{max}	D_{50}	GU	D_{10}	D_{50}	D_{90}
بلوک	۹/۸۵	۰/۰۰۰۰۹	۱۷۵۲/۵۵	۱/۳٤	۱٤۷/۹۸	۱۷۸۹/۳۳
تنش شوری (S)	٦۰۱۸/۳۱**	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	٥٦۳/٤٦**	٤/۹۹**	۱۳/٤۲^{ns}	٤۷۱/٤٥**
باکتری (B)	٦۹٥/۳٥**	۰/۰۰۰۰٦^{ns}	۱۹٦/۳۸^{ns}	۱/٥۳**	۹۰/۷۳^{ns}	۲۲٤/۹۲^{ns}
S×B	۳۱/۱٦**	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۱۲۷/٥۸^{ns}	۰/۱٦^{ns}	۳۰/۱۹^{ns}	۱۲۹/۹۹^{ns}
خطا	۲/٤٤	۰/۰۰۰۰۲	۱۰٦/۳٥	۰/۱٤	۳٥/۱۲	۱۰۹/۱۱
ضریب تغییرات	۲/۷۱	۱۷/۳٥	۱۸/۱۷	۲/٤۲	۱٦/۱۱	۱٤/۳٦

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٢- مقایسه میانگین های اثرات اصلی صفات حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا ١٠ درصد جوانه‌زنی ($D_{١٠}$)، زمان تا ٩٠ درصد جوانه‌زنی ($D_{٩٠}$) در گیاه ذرت.

سطوح تنش شوری	G_{max} (درصد)	GU (ساعت)	$D_{١٠}$ (ساعت)	$D_{٩٠}$ (ساعت)
شاهد	٨٣/٠٦^{a}	٦٤/٦٨^{a}	١٥/٠٢^{c}	٦٥/١٤^{c}
٢ دسی‌زیمنس بر متر	٧٣/٨٧^{b}	٦١/٤٧^{a}	١٥/٦٣^{b}	٦٧/١٤^{cb}
٤ دسی‌زیمنس بر متر	٦٠/٩٧^{c}	٥٨/٠٩^{ab}	١٦/٢٨^{a}	٧٤/٣٧^{ab}
٦ دسی‌زیمنس بر متر	٤١/٠٢^{d}	٥٠/٧١^{bc}	١٦/٤٣^{a}	٧٧/١١^{a}
٨ دسی‌زیمنس بر متر	٢٩/٢٠^{e}	٤٨/٧٣^{c}	١٦/٥٥^{a}	٧٩/٧٠^{a}
LSD	١/٢٩	٨/٥٢	٠/٣١	٨/٦٣

* وجود حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد.

جدول ٣- مقایسه میانگین های اثرات اصلی صفات حداکثر جوانه‌زنی (G_{max}) و زمان تا ١٠ درصد جوانه‌زنی ($D_{١٠}$) در گیاه ذرت.

تلقیح باکتری	G_{max} (درصد)	$D_{١٠}$ (ساعت)
شاهد	٤٨/٠٧^{d}	١٥/٥١^{b}
ازتوباکتر کروکوکوم	٦٣/٥٥^{a}	١٦/٢٣^{a}
سودوموناس فلورسنس	٦١/١٨^{b}	١٦/٠٩^{a}
سودوموناس پوتیدا	٥٧/٧٦^{c}	١٩/٠٩^{a}
LSD	١/١٥	٠/٢٨

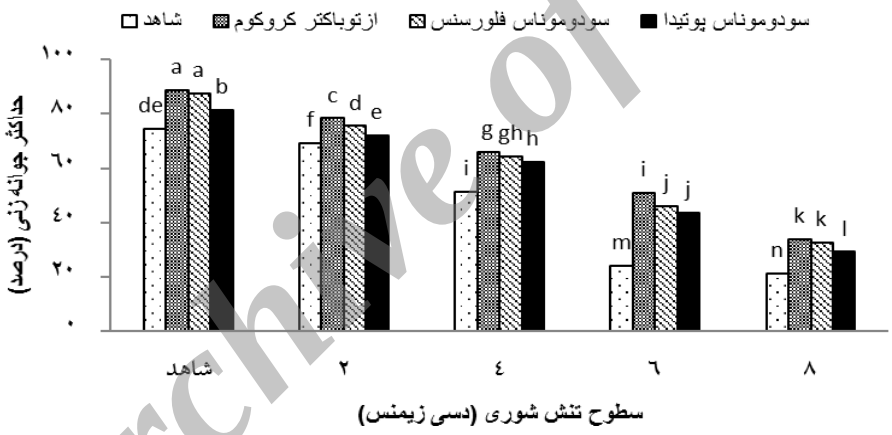
* وجود حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد.

تلقیح باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری (در سطح ١ درصد) بر G_{max} و $D_{١٠}$ داشت (جدول ١). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین نشان داد که مقدار حداکثر جوانه‌زنی مربوط به تلقیح باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (٦٣/٥٥ درصد) و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شاهد می‌باشد (جدول ٣). باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* توانست ٣/٧ و ٩/١ درصد حداکثر جوانه‌زنی را نسبت به باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* افزایش دهد. همچنین بین باکتری‌های تلقیح شده در زمان تا ١٠ درصد جوانه‌زنی ($D_{١٠}$) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هر چند بین تلقیح

Archive of SID

www.SID.ir

باکتری‌ها و عدم تلقیح (شاهد) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نخستین شواهد در مورد تأثیر افزاینده مواد مترشحه از باکتری‌ها بر جوانه‌زنی بذر را حسین و وانکورا (۱۹۷۰) ارایه نمودند. آن‌ها مشاهده کردند که برخی از باکتری‌های محیط اطراف ریشه به‌طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی بذرها از جمله بذر ذرت را افزایش دادند. در پژوهشی اپت و شند (۱۹۸۱) افزایش قابلیت جوانه‌زنی بذرهای ذرت تلقیح شده با باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده نمودند. پژوهش‌های حافظ و همکاران (۲۰۰٤) نیز ظهور سریع‌تر گیاهچه‌های ارقام پنبه بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از جمله ازتوباکتر را گزارش کردند. آن‌ها ترشح اسید ایندول ۳ استیک توسط این باکتری را در بروز این پاسخ مؤثر دانسته‌اند. مطالعات دیگر نشان داده است که عملکرد دانه و رشد ریشه گیاهان تلقیح‌یافته با باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل توانایی این باکتری‌ها در تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز بهبود یافت (بلیمو و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۱- اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری محرک رشد بر حداکثر جوانه‌زنی گیاه ذرت.

اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر حداکثر جوانه‌زنی گیاه ذرت داشت (جدول ۱). همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش تنش شوری درصد جوانه‌زنی کاهش یافته است. اما با تلقیح باکتری‌های محرک شیب کاهشی، کم‌تر می‌باشد. تلقیح باکتری‌های محرک رشد در همه سطوح شوری، درصد جوانه‌زنی بیش‌تری نسبت به عدم تلقیح باکتری نشان می‌دهد. همچنین به وضوح برتری باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* در سطوح مختلف شوری

Archive of SID

www.SID.ir

مشاهده می‌شود. کم‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار کاربرد ٨ دسی‌زیمنس بر متر شوری و عدم تلقیح باکتری (٢١/٢٠ درصد) و بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار عدم تنش و تلقیح باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (٨٨/٧٦ درصد) بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم تنش و تلقیح باکتری *سودوموناس فلورسنس* (٨٧/٤٦ درصد) نداشت. جلیلی و همکاران (٢٠٠٩) در پژوهشی ضمن بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گزارش نمودند که تنش شوری باعث کاهش در میزان رشد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه کلزا گردیده، ولی آهنگ کاهش رشد در پارامترهای مورد مطالعه در اثر تلقیح با باکتری های منتخب کاهش یافت. به‌طوری‌که تلقیح با باکتری *سودوموناس پوتیدا* باعث افزایش نرخ رشد نسبی در شوری های ١٠ و ١٥ دسی‌زیمنس بر متر گردید. برخی PGPRها باز خوردی[1] که در شرایط تنش تولید می‌کنند (سیتوکنین و آنتی‌اکسیدانت) از تجمع آبسزیک اسید (ABA) ممانعت و موجب تخریب گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردند. همچنین گزارش شده، باکتری های محرک رشد سبب بهبود رشد گوجه‌فرنگی، فلفل، منداب، لوبیا و کاهو تحت شرایط شوری شدند (باراسیس و همکاران، ٢٠٠٦؛ جلیک و همکاران، ١٩٩٧؛ یلدیریم و تایلور، ٢٠٠٥).

نتایج تجزیه واریانس وزن زیست‌توده، وزن ریشه، تعداد برگ و ارتفاع بوته در جدول ٣ ارایه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود تنش شوری بر همه صفات تأثیر معنی‌داری داشته است. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین زیست‌توده ذرت مربوط به شاهد (٨/٠٦ گرم) بود، در حالی‌که اعمال سطوح ٢، ٤، ٦ و ٨ دسی‌زیمنس بر متر شوری به‌ترتیب سبب کاهش ٣١/١، ٤١/٥، ٥٣/٨ و ٦٤/٨ درصد زیست‌توده نسبت به شاهد شد (جدول ٤). نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیش‌ترین وزن ریشه ذرت متعلق به تیمار شاهد (١/٠٣ گرم) بود، هر چند که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش ٢ دسی‌زیمنس بر متر نداشت. با افزایش تنش شوری به ٨ دسی‌زیمنس بر متر، وزن ریشه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد پیدا کرد. با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد که زیست‌توده هوایی ذرت در مقایسه با وزن ریشه به تنش شوری حساسیت بیش‌تری دارد. شوری علاوه‌بر زیست‌توده و وزن ریشه، تعداد برگ و ارتفاع بوته ذرت را نیز به‌طور معنی‌داری (P=٠/٠١) تحت‌تأثیر قرار داد (جدول ٣). براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که تأثیر شوری بر این دو صفت مشابه زیست‌توده و وزن ریشه بوده است. بدین معنی که میانگین تعداد برگ در سه سطح شوری ٤، ٦ و ٨ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد و ارتفاع بوته در سطح شوری ٢ دسی‌زیمنس

1- Feedback

Archive of SID

www.SID.ir

شوری کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. همچنین کم‌ترین ارتفاع بوته در شوری ۸ دسی‌زیمنس به‌دست آمد که سبب کاهش ٤٦/٢ درصد ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد. بازدارندگی شوری بر رشد گیاه توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است. شکاری و همکاران (۱۹۹۸) و مانز و ترمات (۱۹۸٦) گزارش کردند که شوری رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش می‌دهد و با افزایش شوری بر میزان این کاهش افزوده می‌شود. مطابق نتایج این آزمایش، مانزوترمات (۱۹۸٦) و شکاری و همکاران (۱۹۹۸) حساسیت بیش‌تر اندام هوایی نسبت به ریشه تحت‌تأثیر شوری را گزارش کرده‌اند. در مطالعه النعیمی و همکاران (۱۹۹۲) از میان ۲۲ رقم یونجه مورد آزمایش نسبت ریشه به ساقه در بیش‌تر ارقام تحت‌تأثیر شوری افزایش یافت. وحیدی و همکاران (۱۹۹۷) و رجیانی و همکاران (۱۹۹۵) بیان نمودند که تحمل گیاه به تنش شوری در مراحل پس از جوانه‌زنی، به توانایی آن‌ها برای تجمع و ذخیره مقادیر زیاد یون‌های Na و Cl در واکوئل وابسته است، به‌طوری‌که متابولیسم سلولی تحت‌تأثیر سمیت Na و Cl قرار نگیرد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که تلقیح باکتری تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده و ارتفاع بوته ذرت داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ٥) نشان داد که بیش‌ترین زیست‌توده اندام هوایی مربوط به باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و کم‌ترین مقدار مربوط به شاهد می‌باشد. باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* زیست‌توده را نسبت به شاهد، *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* به‌ترتیب ۲۱/٦، ۳/٦ و ۸/۸ درصد افزایش داد. همچنین بین تلقیح باکتری‌های *سودوموناس* و عدم تلقیح اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیش‌ترین ارتفاع بوته نیز مربوط به *ازتوباکتر کروکوکوم* (۱۳/۸۸ سانتی‌متر) و کم‌ترین مقدار مربوط به شاهد (۱۲/۲۳ سانتی‌متر) بود. مکانیسم های متنوعی برای کاهش تنش در گیاهان توسط باکتری ها پیشنهاد شده است. به‌طوری‌که PGPRها با تولید ایندول استیک اسید، جیبرلین و برخی مواد دیگر، موجب افزایش طول ریشه، سطح جذب ریشه و تعداد ریشه‌های مویین، افزایش نفوذ و جذب مواد غذایی و در نهایت سبب بهبود سلامتی گیاه تحت شرایط تنش می‌شوند (اگامباردیوا و کاکاروا، ۲۰۰۹). باکتری‌های محرک رشد سبب بهبود رشد گوجه‌فرنگی، فلفل، منداب، لوبیا و کاهو تحت شرایط شوری شدند (باراسیس و همکاران، ۲۰۰٦؛ جلیک و همکاران، ۱۹۹۷؛ یلدیریم و تایلور، ۲۰۰٥). افزایش طول و سطح ریشه بر اثر کاربرد این باکتری ها با توجه به تأثیر این ویژگی ها بر توان نفوذ و جستجوی ریشه در حجم زیادتری از خاک، یکی از مهم‌ترین اثرات و سازوکارهای فعالیت این باکتری‌ها محسوب می‌شود (زهیر

Archive of SID

www.SID.ir

و همکاران، ٢٠٠٤). جاوید و همکاران (١٩٩٨) نیز افزایش عملکرد دانه ذرت را در اثر تلقیح بـذر بـا باکتری‌های *ازتوباکتر کروکوم*، *آزوسپیریلیوم برازیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* گزارش نمود.

اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر زیست‌تـوده و ارتفـاع گیاه ذرت داشت (جدول ٣). در شکل ٢ مقایسه اثر متقابل تلقیح باکتری‌هـای محـرک رشـد و تـنش شوری بر زیست‌توده اندام هوایی ارایه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود با افزایش سطوح تنش شوری و عدم تلقیح باکتری زیست‌توده ذرت کاهش شدیدی یافته است. تلقیح بـاکتری‌هـای محـرک رشد در همه سطوح شوری، زیست‌توده بیش‌تری نسبت عدم تلقیح باکتری به همراه داشت. بیش‌ترین زیست‌توده ذرت مربوط به تیمار *ازتوباکتر کروکوکوم* و عدم تنش شوری بوده و کم‌ترین مقدار مربوط تیمار عدم تلقیح باکتری و شوری ٨ دسی‌زیمنس بر متر بود.

جدول ٣- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تحت تنش شوری و باکتری‌های محرک رشد.

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن زیست‌توده	وزن ریشه	تعداد برگ	ارتفاع بوته
بلوک	٢	٠/٠٠٣	٠/٠١٠	٠/٢٦	٠/٤١
تنش شوری (S)	٤	٤٨/٣١**	٠/١٦٠**	٢٠/٦٦**	١٠٦/٨١**
باکتری (B)	٣	٣/٩٧**	٠/٠١٥ns	٠/٢٤ns	٧/٧١**
S×B	١٢	٠/٤٢**	٠/٠٠٩ns	٠/٢٤ns	٠/٣٥**
خطا	٣٨	٠/٠٣١	٠/٠٠٥	٠/١٩	٠/٠٨
ضریب تغییرات (درصد)		٣/٥٨	٨/٠٤	٧/٥٩	٢/١٦

** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد، ns غیرمعنی‌دار.

جدول ٤- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه ذرت.

سطوح تنش شوری	وزن زیست‌توده (گرم)	وزن ریشه (گرم)	تعداد برگ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
شاهد	٨/٠٦a	١/٠٣a	٧/٠٠a	١٦/٧٣a
٢ دسی‌زیمنس بر متر	٥/٥٥b	١/٠٢a	٧/٠٠a	١٤/٩٧b
٤ دسی‌زیمنس بر متر	٤/٧١c	٠/٩٤b	٦/١٦b	١٣/١٤c
٦ دسی‌زیمنس بر متر	٣/٧٢d	٠/٨٠c	٥/٠٠c	١١/٦٨d
٨ دسی‌زیمنس بر متر	٢/٨٣e	٠/٨٠c	٤/٠٠d	٨/٩٩e
LSD	٠/١٤	٠/٠٦	٠/٣٦	٠/٢٣

* وجود حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر رشد گیاه ذرت.

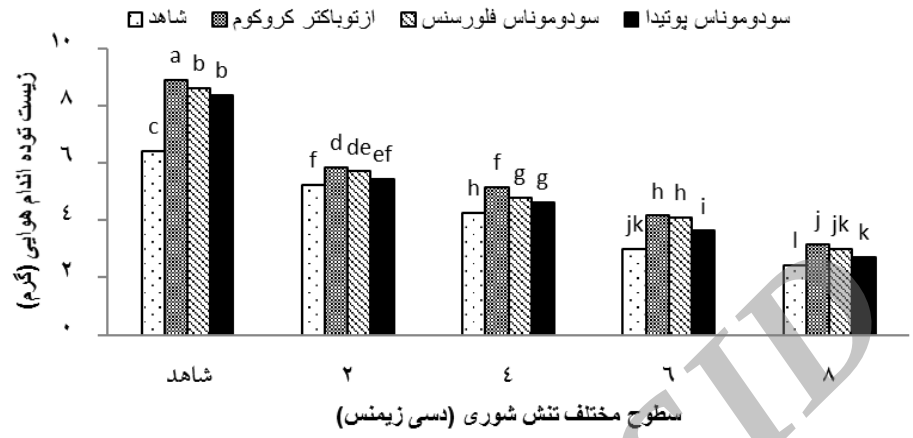
تلقیح باکتری	وزن زیست‌توده (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
شاهد	٤/٢٦[d]	١٢/٢٣[d]
ازتوباکتر کروکوکوم	٥/٤٤[a]	١٣/٨٨[a]
سودوموناس فلورسنس	٥/٢٤[b]	١٣/٤٤[b]
سودوموناس پوتیدا	٤/٩٦[c]	١٢/٨٦[c]
LSD	٠/١٣	٠/٢٠

* وجود حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد.

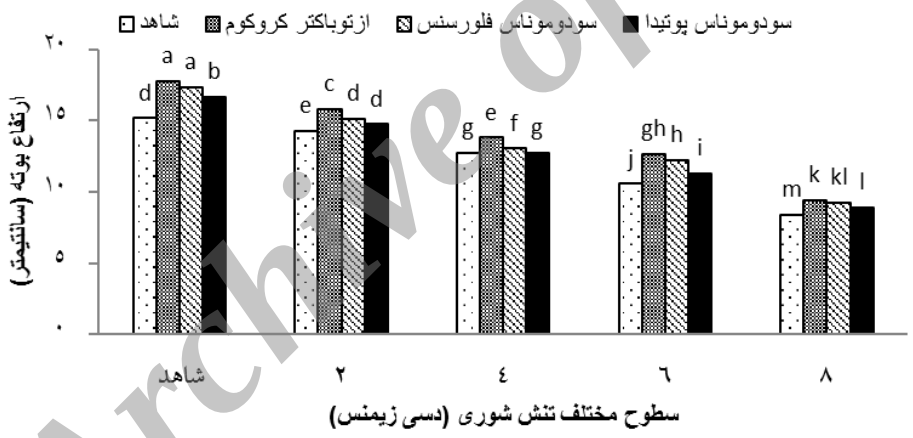
همچنین در شکل ۳ مشاهده می‌شود که کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار تلقیح *ازتوباکتر کروکوکوم* و عدم تنش شوری می‌باشد. تلقیح باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* حتی در تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به دو باکتری دیگر سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. برخی پژوهشگران این گونه بیان نمودند که افزایش تولید پرولین همراه با کاهش نشت الکترولیت، باعث حفظ محتوای نسبی آب در برگ‌ها و جذب انتخابی یونی می‌شود که در نتیجه موجب افزایش تحمل شوری در ذرت تلقیح شده با رایزوبیوم و سودوموناس شده است (بانو و فاطمه، ۲۰۰۹). کاهش رشد و ارتفاع گیاه از اثرهای مشهود شوری بر گیاهان رشد یافته در این محیط می‌باشد (امام و نیک‌نژاد، ۱۹۹۳). در پژوهشی روی گیاه خرفه با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم طول اندام هوایی کاهش یافت (یازیکی و همکاران، ۲۰۰۷). شوری نیز کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه گاو زبان ایجاد کرده و بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به شاهد و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (مکی‌زاده تفتی و همکاران، ۲۰۰۵). طی آزمایشی زهیر و همکاران (۲۰۰٤) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری ازتوباکتر و سودوموناس تلقیح شده بودند را گزارش کردند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٢- اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری محرک رشد بر زیست‌توده هوایی گیاه ذرت.



شکل ٣- اثر متقابل سطوح تنش شوری و باکتری محرک رشد بر ارتفاع گیاه ذرت.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بالا می‌توان به این جمع‌بندی رسید که تنش شوری حتی در سطوح کم می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار رشد گیاه ذرت شود. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان از باکتری‌های محرک رشد مانند *ازتوباکتر کروکوکوم*، *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس*

Archive of SID

www.SID.ir

پوتیدا به‌عنوان کود زیستی ارزشمند در مناطقی که دارای محدویت شوری هستند استفاده کرد. زیرا به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش جوانه‌زنی، ارتفاع گیاه و زیست‌توده تولیدی می‌توانند از طریق تعدیل اثرات تنش شوری باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند.

منابع

1. Abdul halim, R.K., Salih, H.M., Ahmad, A.A., and Abdul Rahman, A.M. 1988. Growth and development of Maxipak wheat as affected by soil salinity and moisture levels. Plant and Soil. 112: 255-259.
2. Alizadeh, A. 1985. Irrigation water quality. Razavi Holy Shrine Press, 96p. (In Persian)
3. Alizadeh, A. 1995. Design of irrigation systems. Razavi Holy Shrine Press, 539p.
4. Al-Niemi, T.S., Campbell, W.F., and Rnmbaugh, M. 1992. Response of alfalfa cultivars to salinity during germination and post-germination growth. Crop Sci. 32: 976-980.
5. Aminpour, R., and Jafar-aqayy, M. 1998. Effect of salinity on the germination of alfalfa cultivars. In: Iranian Congress of Agronomy Abstracts. Dissemination of agricultural education. Karaj, Iran. (In Persian)
6. Apte, R., and Shend, S.T. 1981. Studies on *Azotobacter chroococcum*. II. Effect of *Azotobacter chroococcum* on germination of seeds of agricultural crops. Zentralblatt fur Bakteriologr Parasiten Kunde. Infektion Skrankheien and Hygiene. 136: 555-559.
7. Arvin, M.J. 1998. Effect of drought and salinity on the growth of eight cultivars of barley (*Hordeum vulgare*). In: Abstracts of Iranian Congress of Agronomy. Dissemination of agricultural education. Karaj, Iran.
8. Ashrafuzzaman, M., Hossen, F.A., Razi, I.M., Anamul, H.M., Zahurul, I.M., Shahidullah, S.M., and Sariah, M. 2009. Efficiency of plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. Afr. J. Biotech. 8: 7. 1247-1252.
9. Bano, A., and Fatima, M. 2009. Salt tolerance in *Zea mays* (L.) following inoculation with Rhizobium and Pseudomonas. Biol. and Ferti. of Soils. 45: 405-413.
10. Barassi, C.A., Ayrault, G., Creus, C.M., Sueldo, R.J., and Sobero, M.T. 2006. Seed inoulation with *Azospirillum* mitigates NaCl effects on lettuce. Sci. Horti. (Amsterdam). 109: 8-14.
11. Baset Mia, M.A., Shamsuddin, Z.H., and Mahmood, M. 2012. Effects of rhizobia and plant growth promoting bacteria inoculation on germination and seedling vigor of lowland rice. Afr. J. Biotech. 11: 16. 3758-3765.

Archive of SID

www.SID.ir

12. Belimov, A.A., Safronova, V.I., and Mimura, T. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus var. oleifera* L.) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Can. J. Micro. 48: 189-199.
13. Cramer, G., Alberico, G.J., and Schmidt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Aust. J. Plant Physio. 21: 675-692.
14. De, R., and Kar, R.K. 1995. Seed germination and seedling growth of mungbean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Sci. Tech. 23: 301-308.
15. Egamberdieva, D., and Kucharova, Z. 2009. Selection for root colonizing bacteria stimulating wheat growth in saline soils. Biol. and Ferti. of Soils. 10.1007/s00374-009-0366-y.
16. Emam, E., and Nik Nezhad, M. 1993. Introduction to the Physiology of crop yield. Shiraz University Center Press, 594p. (In Persian)
17. Falleri, E. 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of Pinus pinaster Ait. Seed Sci. Tech. 22: 591-599.
18. Ghanbari, A., Heidari, M., Fkhyrh, A., and Saran, Sh.A. 2006. Salinity tolerance of four species of Atriplex in Zahedan ecological conditions. Rang and Fore Plant Bre and Gen Rese in Iran. 14: 4. 241-250.
19. Glick, B.R., Liu, C., Ghosh, S., and Dumbrof, E.B. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of plant growth promoting rhzobacterium *Pseudomonas putida* GR 12-2. Soil Biol. Bioch. 29: 1233-1239.
20. Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudry, A.U., and Malik, K.A. 2004. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Aust. J. Exp. Agric. 44: 617-622.
21. Hussain, A., and Vancura, V. 1970. Formation of biologically active substances by rhizosphere bacteria and their effect on plant growth. Folia Micro. 15: 468-478.
22. Jalili, F., Khavazi, K., and Asadi Rahmani, H. 2009. Effect of fluorescent Pseudomonas bacteria on plant growth and nutrient uptake of canola grown in saline conditions, P 77-78. In: 11th Iranian Soil Sciences Congress Soil Management& Food Security, Gorgan, Iran.
23. Javed, M., Arshad, M., and Ali, K. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. Pak. J. Soil Sci. 14: 36-42.
24. Khan, M.A., and Weber, D.J. 2006. Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants (Tasks for Vegetation Science). Springer, Netherlands, 399p.
25. Kloepper, W., Lifshitz, R., and Zablotwicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inoculate for enhancing crop productivity. Trends Biotech. 7: 39-43.
26. Kokelis-Burelle, N., Kloepper, J.W., and Reddy, M.S. 2006. Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. App. Soil Ecol. 31: 91-100.

Archive of SID

www.SID.ir

27.Maki Zade Tefti, M., Tavakol Afshari, R., Majnon Hoseini, N., Naghdi Badi, H., and Mahdi Zade, A. 2005. The impact of drought on seed germination borage (*Borango officinalis* L.) preparation in order to optimize production. J. Med Arom Plants Res. 22: 3. 216-222.
28.Manaffee, W.F., and Kloepper, J.W. 1994. Applications of plant growth promoting thizobacteria in sustainable agriculture, P 23-31. In: Pankburst, C.E., B.M. Doube, V.S.R. Gupta and P.R. Graceeds (eds.), Soil biota management in sustainable farming system. CSLRO, Pub. East Melbourne, Australia.
29.Misra, N., and Dwivedi, U.N. 1995. Carbohydrate metabolism during seed germination and seedling growth in green gram under saline stress. Plant Phys. Bioch. 33: 33-40.
30.Munns, R., and Termaat, A. 1986. Whole-plant responses to salinity. Aust. J. Plant Phys. 13: 143-160.
31.Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Env. 16. 1. 15-24.
32.Ng, L.C., Sariah, M., Sariam, O., Radziah, O., and Zainal Abidin, M.A. 2012. Rice seed bacterization for promoting germination and seedling growth under aerobic cultivation system. Aus. J. Crop Sci. 6: 1. 170-175.
33.Perez-Alfocea, F.M.T., Estan Caro, M., and Bolarin, M. 1993. Responses of tomato cultivars to salinity. Plant and Soil. 69: 25-31.
34.Poljakoff-mayber, A., Somers, G.F., Werker, E., and Gallagher, J.I. 1994. Seeds of Kostelezkye virginica (Malavaceae), their structure, germination and salt tolerance. Am. J. Bot. 81: 54-59.
35.Reggiani, R., Bozo, S., and Bertani, A. 1995. Effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Can. J. Plant Sci. 75: 175-177.
36.Rhymy-tnha, H., Magidi, A., and Shahbazi, M. 1998. Evaluation of physiological and morphological indicators of salinity tolerance in sorghum forage. In: Iranian Congress of Agronomy Abstracts. Dissemination of agricultural education. Karaj. Iran.
37.Saleh-Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in achieving sustainable agriculture. J. Soil Water Sci. Biol. Fert. Supplement.
38.Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., and Khalid, A. 2006. Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biol. Bioch. 38: 2971-2975.
39.Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, Indian Publication, 456p.
40.Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407p.

Archive of SID

www.SID.ir

41. Shekari, F., Rahimzada-Khoi, F., Valizadeh, M., Alyary, E., and shakiba, M.R. 1998. Effect of salinity on germination of 18 cultivars of rapeseed. In: Iranian Congress of Agronomy Abstracts. Dissemination of agricultural education. Karaj, Iran.
42. Soltani, A., and Maddah, V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. ISSA Press, Iran, 80p.
43. Tilak, K.V.B.R., Singh, C.S., Roy, V.K., and Rao, N.S.S. 1982. Azospirillum brasilense and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil Biol. Bioch. 14: 417-418.
44. Tipping, E.M., and Zaleska, I. 1987. Growth promotion of canola seedlings by a strain of *pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Can. J. Micro. 33: 390-395.
45. Vasudevan, P., Reddy, M.S., Kavitha, S., Velusamy, P., PaulRaj, D., Purushothaman, R.S., Brindha, S.M., Priyadarisini, V., Bharathkumar, S., Kloepper, J.W., and Gnanamanickam, S.S. 2002. Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. Current Sci. 83: 1140-1143.
46. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilisers. Plant Soil. 255: 571-586.
47. Wahid, A., Rasul, E., and Rao, A.R. 1997. Germination responses of sensitive and tolerant sugarcane lines to sodium chloride. Seed Sci. Tech. 25: 467-470.
48. Yazici, I., Turkan, I., Sekmen, A.H., and Demiral, T. 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environ. Exp. Bot. 61: 1. 49-57.
49. Yildirim, E., and Taylor, A.G. 2005. Effect of biological treatments on growth of bean plans under salt stress. Ann. Rep. Bean Imp. Coop. 48: 176-177.
50. Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Adv. Agro. 81: 97-168.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(4), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Evaluation of the effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and salinity on germination and growth of corn plants (*Zea mays* L.)

***A. Ansori[1], H. Shahgholi[1], H. Makarian[2] and A.R. Fallah Nosratabad[3]**
[1]M.Sc. Student, Dept. of Agronomy, Shahrood University of Technology,
[2]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Shahrood University of Technology,
[3]Associate Prof. of Soil and Water Research Institute
Received: 05/04/2013; Accepted: 03/08/2014

Abstract

The plant growth promoting bacteria as biological fertilizers play an important role in increasing productivity and improving plant growth in stress condition. In order to evaluate the ability of plant promoting rhizobacteria on germination and growth of corn (*Zea mays* L.) under salinity conditions, a pot experiment was conducted in factorial based on randomized complete block design with three replications at the college of Agriculture, Shahrood University of Technology in 2011. The treatments were consisted of salinity stress at five levels [zero (control), 2, 4, 6 and 8 dSm^{-1} of sodium chloride] and four levels of bacterial [non-inoculation (control), *Azotobacter chroococum*, *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*]. The results showed a significant effect ($P<0.01$) on maximum germination (G_{max}), germination uniformity (GU), time to 10% (D_{10}) and 90% (D_{90}) germination due to salinity stress, while inoculation with PGPR significantly increased G_{max} and D_{10}. Also results revealed that G_{max} and GU values were decreased and D_{10} and D_{90} increased with increasing salinity stress. The interaction effects of salinity stress and bacterial inoculation significantly affected the G_{max} values. Bacterial inoculation has significantly increased G_{max} values compared to non-inoculation plants in all of salinity levels. Also salinity stress effect was significant ($P<0.01$) for biomass, root weight, leaf number and height of corn. The highest biomass and plant height were obtained from the inoculation with *Azotobacter chrococum*. Results indicated that biomass yield and plant height decreased with increasing salinity stress in non-inoculated treatments. Based on our results, PGPRs can alleviate the negative effects of salinity stress in corn through increasing plant growth.

Keywords: Salt stress, Corn, Vegetative growth, Germination rate, Biofertilizer

* Corresponding Authors; Email: aliansori98@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir