

بررسی تاثیر کاربرد سویه‌هایی از سودوموناسهای فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک

حمیدرضا ذبیحی^{۱*} - غلامرضا ثواقبی^۲ - کاظم خاوازی^۳ - علی گنجعلی^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۷

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲

چکیده

باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه به طرق مستقیم و غیر مستقیم باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. در این تحقیق توان چهار سویه از سودوموناسهای فلورسنت بر شاخصهای رشد گندم در شرایط شور مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور آزمایشی گلخانه ای به صورت فاکتوریل و بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل فاکتور اول چهار سطح شوری خاک (۱، ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) از مخلوط نمکهای (کلرید سدیم + کلرید کلسیم + کلرید منیزیم با نسبت اکسی و آلانمسای) و فاکتور دوم پنج سطح سویه باکتری (چهار مایه تلقیح شامل سودوموناس فلورسنس ۱۵۳، سودوموناس فلورسنس ۱۶۹، سودوموناس پوتیدا ۱۰۸، سودوموناس پوتیدا ۴ و شاهد) بدون تلقیح) بود. بذرهاى گندم رقم مهدوی پس از تلقیح با سویه‌های مورد نظر در گلدانها کاشته شدند. در دوره رشد گیاه رطوبت گلدانها با اضافه کردن آب مقطر در محدوده ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. قبل از برداشت، شاخص‌های رشد گیاه شامل ارتفاع گیاه، طول خوشه و تعداد پنجه و سپس وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه تعیین شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش شوری عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع گیاه و عملکرد بیولوژیک گیاه به طور معنی داری ($P < 0.05$) کاهش یافت. تلقیح گندم با سویه‌های مورد نظر در تمامی سطوح شوری باعث افزایش معنی دار ($P < 0.05$) شاخص‌های یاد شده گردید. در بین سویه‌های مورد بررسی، سویه سودو مونس پوتیدا ۱۰۸ بیشترین تاثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط شور داشت. در مقایسه با سایر سویه‌های مورد استفاده تاثیر سویه سودو مونس پوتیدا ۱۰۸ بر شاخصهای عملکرد دانه و وزن هزار دانه معنی دار بود در خصوص سایر شاخص‌های اندازه گیری شده تفاوت معنی داری وجود نداشت. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط شور می‌توان از کلیه سویه‌های باکتریهای مورد آزمایش بعنوان باکتریهای محرک رشد گیاه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه، تنش شوری، گندم، عملکرد

مقدمه

مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که سطح نسبتاً وسیعی از اراضی زراعی را به خود اختصاص داده است. بر اساس آخرین مطالعات انجام شده سطح کل اراضی فاریاب ایران حدود ۷ میلیون هکتار است که در حدود نیمی از آن یعنی ۳/۵ میلیون هکتار از این اراضی به درجات مختلف شوری خاک یا آب و یا هردو مبتلا می‌باشد (۲). به طور کلی در شرایط شور قابلیت جذب عناصر غذایی در محلول خاک به دلیل غلظت زیاد یونهای کلرید و سدیم کاهش یافته و منجر به اختلال در امر تغذیه گیاهان می‌گردد (۱۷ و ۱۸). توانایی میکروارگانیسمها در تولید و رها سازی متابولیت‌های مختلف موثر بر رشد و سلامت گیاه بعنوان یکی از مهمترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شود. این متابولیتها بطور جمعی مواد فعال زیستی نامیده می‌شوند (۲۱). لذا یکی از استراتژیهای مقابله با شوری که چندی است مورد توجه قرار

گندم یکی از محصولات استراتژیک کشور برای تولید نان می‌باشد که یکی از منابع مهم غذایی محسوب میشود به طوری که حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی مردم ایران از طریق نان تامین میگردد. سطح زیر کشت گندم ۶/۲ میلیون هکتار و میزان تولید گندم در کشور حدود ۱۲ میلیون تن در سال است (۷). شوری یکی از مهم ترین تنشهای غیرزیستی محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در

۱- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

* - نویسنده مسئول : (Email: zabihi-hamidreza@yahoo.com)

۲- استادیار دانشکده علوم خاک و آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب

۴- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند. سه سویه اول حاوی آنزیم ACC دامیناز بودند و تلقیح گوجه‌فرنگی با این سویه‌ها باعث ایجاد مقاومت در گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به شرایط ماندابی شد. شهرونا و همکاران (۲۷) ضمن مطالعه نقش باکتریهای مولد آنزیم ACC دامیناز بر رشد گندم دریافتند که *P. fluorescens ACC50* مؤثرترین جدایی در بین ۵ جدایه مورد مطالعه بود و بیشترین عملکرد، طول و وزن ریشه در گلدان را تولید نمود آنها اعلام نمودند که وجود آنزیم ACC-دامیناز پارامتر کارایی برای انتخاب باکتری محرک رشد گیاه می‌باشد. نادیم و همکاران (۲۵) در آزمایشی گلدانی اثر سویه باکتری حاوی آنزیم ACC-دامیناز را در شوری‌های مختلف خاک (۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا مورد بررسی قرار دادند. آنها اعلام نمودند که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سویه‌های *P. Syringae* و *SP* رشد و عملکرد کلزا را بهبود بخشیده‌اند. همچنین نسبت K^+/Na^+ و میزان کلروفیل نیز افزایش یافته بود. ساراوانا کومار و سمپاپون (۲۶) ضمن مطالعه اثر چهار سویه از باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه اعلام نمودند که سویه *P. Fleorescens TDk1* بیشترین اثر را بر عملکرد گیاه بادام زمینی در کاهش اثرات شوری داشت آنها علت این امر را وجود آنزیم ACC دامیناز در این سویه دانسته‌اند.

با توجه گستره وسیع خاکهای شور و اهمیت تولید محصول در این شرایط و با عنایتبه اینکه نقش سویه‌های سودوموناس فلورسنس و پوتیدا در تحریک رشد و نمو گیاه در شرایط شور چندان مورد بررسی قرار نگرفته است و همچنین بدلیل اهمیت گندم بعنوان یک محصول استراتژیک ضرورت انجام این تحقیق مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر چهار سویه از باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه بر رشد و عملکرد گندم رقم مهدوی در شرایط شور، آزمایشیدر شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول چهار سطح شوری خاک شامل (۱، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و عامل دوم شامل پنج سطح سویه‌های (سود و مونس فلورسنس ۱۵۳، سودوموناس فلورسنس ۱۶۹، سودوموناس پوتیدا ۱۰۸، سودوموناس پوتیدا ۴ و یک تیمار بدون تلقیح) بود. باکتریهای فوق از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تأمین شد. خاک مورد استفاده در این آزمایشها نام علمی Fine-Loamy over sandy - Skeletal mixed (Calcareous) mesic xeric torriortents از یک مزرعه زیر آیش از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد، از عمق (۰-۳۰ سانتی متری برداشت گردید. مقدار کافی از این خاک از الک ۴ میلیمتری عبور داده

گرفته، تلقیح بذر گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتریهای قارچهای مفید خاکزی می‌باشد. باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه گروهی از باکتریهای ریزوسفری مفید می‌باشند که می‌توانند به طور مستقیم (تثبیت نیتروژن، تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه، تولید ویتامینها و دیگر مواد محرک رشد گیاه) و یا غیر مستقیم (تولید آنتی بیوتیک، تخلیه ریزوسفر از آهن، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه، تولید آنزیمهای لیز کننده دیواره سلولی قارچهای بیماریزای گیاهی، ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنشهای غیر زنده) موجب افزایش رشد گیاه شوند (۱۳). این اصطلاح ابتدا برای باکتریهای ریزوسفری متعلق به گروه سودوموناسهای فلورسنت (گونه‌های فلورسنس و پوتیدا) وضع گردید و دلیل آن افزایش قابل توجهی بود که در رشد گیاهان تلقیح شده با این باکتریها مشاهده می‌شد (۶). ریحانی تبار (۵) در بررسی گلخانه ای نشان داد که پاسخ گندم به تلقیح با سویه‌های سودوموناس فلورسنس در بیشتر شاخص‌های رشد مثبت بود. رضانیان (۳) ضمن بررسی نقش باکتریهای ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دامیناز در گیاه گندم نشان داد که گندم تلقیح شده با سویه‌های ریزوبیومیوملد ACC دامیناز دارای طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه بیشتری نسبت به شاهد بود که این افزایش در مورد طول ریشه معنی دار بود. گلیک و همکاران (۱۲) اعلام نمودند که شواهدی دال بر افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر در اثر فعالیت باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه وجود دارند. فرایند عمل در این مورد شامل افزایش انحلال عناصر غذایی و یا تولید مواد کلات کننده مانند سیدروفورها میباشد. و اگر همکاران (۲۸) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتریهای حاوی آنزیم ACC دامیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که باکتریهای دارای این آنزیم عملکرد دانه، کاه، وزن ریشه، طول ریشه، تعداد پنجه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاه ودانه را نسبت به شاهد به طور معنی دار افزایش دادند. آنها تمامی این اثرات را بدلیل کاهش سطح اتیلن در گیاه در اثر تلقیح با باکتری واجد ACC دامیناز دانستند و اعلام نمودند که فعالیت آنزیم در جدایه‌های مختلف متفاوت می‌باشد.^۱

گلیک و همکاران (۱۲) توسعه اولیه گیاهچه کلزا در شرایط تنش سرما و شوری در تیمارهای تلقیح شده با *P. Putida* و گونه جهش یافته آن و تیمار بدون تلقیح را مورد بررسی قرار دادند آنها دریافتند که سویه اولیه و سویه جهش یافته باکتری باعث افزایش رشد کلزا شد. گریچکو و گلیک (۱۵)، اثر چهار سویه *E. Cloacae 4W4*، *E. Colacae GAL2*، *P. utida ATCC 7399/PKKACC*، *putida ATCC 17399/PKK415* را بر کاهش تنش ماندابی بر

آب آبیاری به گلدانها اضافه شدند. دمای روز و شب به ترتیب حدود ۳۰ و ۲۰ درجه سانتیگراد، طول دوره روشنایی بین ۱۴-۱۲ ساعت و مقدار نور بین ۱۴-۱۲ هزار لوکس از طریق لامپهای بخار سدیم و هلیوم تنظیم شد. آبیاری بوسیله آب مقطر (بدون ایجاد زه آب) انجام و رطوبت گلدانها در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد (۹). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنجه، تعداد خوشه‌ها و ارتفاع بوته‌ها در هر گلدان اندازه‌گیری شدند. سپس قسمت هوایی هر گیاه از نزدیک سطح خاک قطع گردید. به منظور تعیین وزن خشک گیاه و عملکرد دانه بخش هوایی گیاهان موجود در هر گلدان برداشت و سپس در آن با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. بعد از این مرحله، وزن خشک دانه‌ها، وزن کل گیاه و وزن خوشه‌ها اندازه‌گیری شدند. برای هر گلدان صفاتی مانند وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک)، تعداد پنجه، تعداد خوشه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه با استفاده از برنامه کامپیوتری -MSTAT C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. سپس گروه بندی میانگینها به روش آزمون دانکن در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم افزار Excell انجام شد.

شدوسپس با استفاده از محلولی حاوی نمک‌های $NaCl + CaCl_2 + MgCl_2$ با نسبت اکی والان مساوی به سطح شوری مورد نظر در هر تیمار رسانیده شد. سپس خاکها به گلدانهای ۲۵ کیلوگرمی با ابعاد ۵۰ سانتیمتر قطر و ارتفاع ۷۵ سانتی متر منتقل شدند. بذرها با سویه‌های باکتریهای مورد نظر تلقیح گردید. برای تهیه مایه تلقیح از پرلیت به عنوان حامل استفاده شده بود. تراکم جمعیت باکتری در مایه تلقیحهای ۴، ۱۰۸، ۱۵۳ و ۱۶۹ نیز به ترتیب 10^9 * ۱/۲، 10^9 * ۱/۱، 10^9 * ۱/۳ و 10^9 * ۱/۲۵ اسلول به ازای هر گرم مایه تلقیح بود برای تلقیح‌بذرها رقم مهدوی ابتدا ۱۵ گرم بذر گندم داخل کیسه پلاستیکی ریخته شد. سپس یک قطره از محلول صمغ عربی ۴۰ درصد به آن اضافه و به طور کامل بهم زده شد. آنگاه مقدار یک گرم از هر یک از مایه تلقیحها به بذرها چسبناک اضافه و محتویات به خوبی تکان داده شد به طوری که پوشش یکنواختی از مایه تلقیح روی بذرها را پوشاند. سپس بذرها را روی فویل آلومینیوم ریخته و با دست در هر گلدان ۱۶ بذر کشت گردید. پس از جوانه‌زنی بذرها و سبز یکنواخت تعداد بذرها به ۱۲ بذر در هر گلدان کاهش یافت. نیتروژن پتاسیم و فسفر و عناصر کم مصرفی توجه به آنالیز خاک (جدول ۱) و بر اساس توصیه کودی برای گندم به صورت محلول در

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کشت

Cu	Zn	Fe	Mn mg kg ⁻¹	K	P	N	Clay	Silt	Sand (%)	OC	TNV	EC (dSm ⁻¹)	pH
۰/۸۲	۰/۳۲	۲/۴۸	۹/۸۴	۱۴۸	۷/۲	۰/۰۲۵	۱۷	۵۱	۳۲	۰/۲۸	۱۷	۰/۹	۷/۹

بر حل کنندگی فسفر مربوط به سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ بود، کلیه سویه‌های مورد آزمایش دارای توان تولید سیدروفور و IAA بودند (جدول ۲).

ویژه‌گی‌های سویه‌های مورد بررسی در جدول (شماره ۲) آورده شده است. سه سویه از چهار سویه مورد بررسی دارای توان تولید آنزیم ACC دامیناز بودند و فعالیت این آنزیم از ۲/۳۰۵ تا ۵/۰۳۰ میکرومول آلفا کتوتیورات در میلیگرم پروتئین در ساعت متغیر بود بیشترین اثر

جدول ۲- فعالیت آنزیم ACCdeaminase، میزان تولید مواد شبه اکسین، توان انحلال سازی منابع نامحلول فسفر، توان تولید سیدروفور و IAA سویه‌های مورد مطالعه

سویه	صفت مورد نظر
p.f.153p.f.169p.p 108 p.p 4	فعالیت آنزیم ACCdeaminase ^۱
- ۳/۵۰۸ ۵/۰۳۰ ۲/۳۰۵	مواد شبه اکسین (mg/l)
- ۵/۸ ۸/۹ ۹/۶	فسفر حل شده (mg/l)
- ۵۳/۵۰ ۵۷/۳۲ ۳۸/۷۵	توان تولید سیدروفور
+ + + +	توان تولید IAA

۱- میکرومول آلفا کتوتیورات در میلی گرم پروتئین در ساعت

افزایش شوری عملکرد و اجزای عملکرد کاهش پیدا نمود. کاهش عملکرد گندم به دلیل افزایش شوری توسط محققین زیادی گزارش گردیده است (۲۳ و ۲۲). آنها علت این کاهش را در نتیجه کاهش جذب آب و عناصر غذایی بدلیل و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی عنوان

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای شوری، تیمارهای تلقیح با سویه‌های مورد نظر و اثر متقابل آنها بر عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه گندم معنی دار بود (جدول ۳). با

بازدارنده رشد ریشه عمل نموده باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. در این تحقیق تلقیح گندم با سویه‌های سود و موناس فلورسنتدر شرایط تنش شوری باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به شوری شده و عملکرد و اجزای عملکرد در اثر تلقیح با این سویه‌ها افزایش یافت. این موضوع نشان دهنده اثر مثبت سویه‌ها در کاهش اتیلن تنشی در گیاه می‌باشد

نموده اند. عده دیگری از محققین افزایش تولید اتیلن در شرایط تنش شوری را از دیگر علل کاهش عملکرد گیاه عنوان نموده اند. مایاک و همکاران (۲۴) نشان دادند که در شرایط تنش شوری تولید اتیلن نسبت به شرایط معمول افزایش یافت. افزایش تولید اتیلن در پاسخ به شوری در گیاهان دیگر مانند خیار و گوجه فرنگی و کلزارا نیز گزارش نمودند. گلیک و همکاران (۱۳) اعلام نمودند که هورمون اتیلن بعنوان

(جدول ۳) - میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گندم تیمار شده با باکتریهای محرک رشد گیاه در شرایط شور

منابع تغییر	درجه آزادی	طول سنبله	وزن هزار دانه گرم	تعداد دانه در خوشه	عملکرد بیولوژی گرم در گلدان	ارتفاع گیاه سانتی متر	عملکرد دانه گرم
باکتری	۴	۴/۱۹۲**	۱۵۲/۱۵۳**	۳۶۱/۵۵۷**	۲۰۲۷/۰۶۸**	۲۰۸/۷۲۳**	۳۵۲/۶۹۶**
شوری	۳	۱۴/۸۷۳**	۲۱۷/۹۷۳*	۱/۸۴۲**	۳۴۷۹/۴۳۳**	۱۳۰/۱۵۵۱**	۲۹۴/۸۳۱**
شوری*باکتری خطا	۱۲ ۴۰	۱/۱۶۴*	۱۱/۷۷۴*	۱۰/۸۷۳ ^{ns}	۱۷۰/۶۰۶**	۲۵/۰۴۶**	۱۲/۰۹۹*
CV%		۸/۲۲	۴/۴۱	۶/۶۳	۸/۱۹	۵/۵۵	۶/۹۴

**، *، ns، به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی دار

سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ و دیگر سویه‌ها اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۱). با توجه به اینکه مراحل تشکیل دانه و انتقال مجدد مواد به مخزن وابستگی کاملی به میزان آبی تعرق گیاه دارد و در صورت کمبود آب دانه‌های چروکیده با وزن کم تولید می‌شود افزایش وزن هزار دانه در اثر تلقیح گندم با سویه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که این سویه‌ها در اقتصاد آب در گیاه نقش مثبتی داشته‌اند. کاهش اتیلن تنشی در گیاه می‌تواند باعث افزایش رشد ریشه و افزایش جذب آب توسط گیاه شود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح گندم با سویه‌های مورد بررسی باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در خوشه ($P < 0/05$) شد. این افزایش در تیمار شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متربیش از ۱۰۰ درصد بود (شکل ۲). سودو موناس پوتیدا ماد بیشترین تعداد دانه را در تمامی سطوح شوریا ایجاد نموداگر چه بین سویه‌های مورد بررسی از نظر آماریاختلاف معنی داری وجود نداشت.

بیشترین تاثیر تیمارهای تلقیح گندم بر افزایش تعداد دانه در خوشه بوده است، به طوری که در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در تیمار تلقیح با سودو موناس پوتیدا ۱۰۸، تعداد دانه ۱۳۷/۵٪ نسبت به شاهد افزایش داشته است، این افزایش در مورد وزن هزار دانه حدود ۷۸/۸٪ نسبت به شاهد بوده است. یافته‌های این تحقیق با یافته‌های محققین دیگر همخوانی دارد. افزایش عملکرد غلات با تلقیح بذری و خاکی سویه‌های فلورسنت سودوموناس در شرایط مختلف توسط محققین زیادی گزارش شده است (۱۰ و ۱۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطوح کم شوری بین سویه‌ها اختلاف معنی داری وجود نداشتاما با افزایش سطح شوری به ۸ دسی زیمنس بر متر اثر سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ نسبت به دیگر سویه‌ها در سطح ۵ درصد معنی دار بود و این سویه بیشترین عملکرد دانه را ایجاد نمودو در گروه اول و بقیه سویه‌ها در گروه بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). گیاهان تک لپه مانند گندم به اتیلن تنشی حساسیت کمتری نسبت به گیاهان دو لپه دارند و یکی از علل عدم کاهش فاکتورهای رشد در شرایط شوری کم می‌تواند به این موضوع مربوط باشد.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که هم‌اثر شوری و هم اثر سویه‌های مورد بررسی بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی دار ($P < 0/05$) می‌باشد (جدول ۳). تلقیح گندم با سویه‌های باکتریایی روند مشخصی بر عملکرد بیولوژیک نداشت و تنها در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر اثر سویه‌های مورد بررسی در مقایسه با شاهد بدون تلقیح معنی دار بود اما بین سویه‌ها این نظر اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴).

نتایج نشان داد که تلقیح با باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه باعث تخفیف اثر نامطلوب شوری بر وزن هزار دانه شده و مانع از کاهش وزن هزار دانه در سطوح بالای شوری گردیده است. سویه‌های باکتری در تمامی سطوح شوری اثر مثبت معنی دار ($P < 0/05$) بر وزن هزار دانه داشتند. در بین سویه‌های مورد بررسی سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ بیشترین وزن هزار دانه را در تمامی سطوح شوری ایجاد نمود اما به جز در سطح اول شوریدر دیگر سطوح شوری بین سویه

(جدول ۴) - اثر متقابل شوری و سویه‌های باکتری بر وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد دانه در گلدان (گرم)، عملکرد بیولوژیک (گرم) و عملکرد کاه (گرم) *

شوری	باکتری	تعداد پنجه در گیاه	عملکرد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم)	عملکرد کاه (گرم)
۱	بدون تلقیح	۱/۸۸۷bcd	۲۷/۴۲de	۸۳/۹۶def	۵۶/۵۴cdefg
۱	سودوموناس فلورسنس ۱۶۹	۱/۸۸۷bcd	۳۱/۷۵bc	۹۸/۷۵abc	۶۷/۰۰abc
۱	سودوموناس فلورسنس ۱۵۳	۱/۷۷۳cd	۳۲/۰۴bc	۱۰۳/۷ab	۷۱/۶۷ab
۱	سودوموناس پوتیدا ۴	۲/۲۲۰abcd	۳۴/۱۵ab	۱۰۹/۸a	۷۵/۶۷a
۱	سودوموناس پوتیدا ۱۰۸	۲/۴۴۰ab	۲۵/۷۱a	۱۰۰/۷abc	۶۵/۰۰bcd
۴	بدون تلقیح	۱/۸۸۷bcd	۲۲/۸۷gh	۷۳/۲۳fg	۵۰/۵۸fg
۴	سودوموناس فلورسنس ۱۶۹	۲/۱۱۰abcd	۳۲/۲۵abc	۹۵/۹۲bcd	۶۳/۶۷bcde
۴	سودوموناس فلورسنس ۱۵۳	۱/۲۲۰ef	۲۵/۸۶efg	۷۸/۱۷efg	۵۲/۳۰fg
۴	سودوموناس پوتیدا ۴	۲/۱۱۰abcd	۳۴/۷۹ab	۱۰۱/۱abc	۶۶/۳۳abcd
۴	سودوموناس پوتیدا ۱۰۸	۲/۱۱۰abcd	۳۴/۰۵ab	۸۸/۹۰cde	۵۳/۸۷efg
۸	بدون تلقیح	۱/۱۱۰f	۱۸/۵۴i	۵۶/۱۴h	۳۷/۹۳hi
۸	سودوموناس فلورسنس ۱۶۹	۲/۳۳۰abc	۲۷/۶۴de	۸۰/۲۵efg	۵۲/۶۰fg
۸	سودوموناس فلورسنس ۱۵۳	۱/۶۶۳de	۲۱/۷۸h	۷۰/۹۰g	۴۹/۱۲fg
۸	سودوموناس پوتیدا ۴	۲/۴۴۰ab	۳۱/۸۲bc	۹۰/۰۷cde	۵۸/۵۹cdef
۸	سودوموناس پوتیدا ۱۰۸	۲/۶۶۰a	۳۲/۹۴abc	۸۵/۶۴de	۵۲/۷۱fg
۱۲	بدون تلقیح	۱/۰۰f	۱۲/۲۳j	۳۲/۶۷i	۲۰/۵۷j
۱۲	سودوموناس فلورسنس ۱۶۹	۱/۱۱۰f	۲۳/۷۴fgh	۷۳/۳۶fg	۴۹/۶۲fg
۱۲	سودوموناس فلورسنس ۱۵۳	۱/۱۱۰f	۱۷/۸۴i	۵۳/۶۰h	۳۵/۴۳i
۱۲	سودوموناس پوتیدا ۴	۱/۸۸۷bcd	۲۶/۷۳def	۷۲/۸۷fg	۵۱/۴۶gh
۱۲	سودوموناس پوتیدا ۱۰۸	۲/۴۴۰ab	۳۰/۰۳cd	۸۶/۰۳de	۵۶/۰۰defg

* در هر ستون میانگینهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

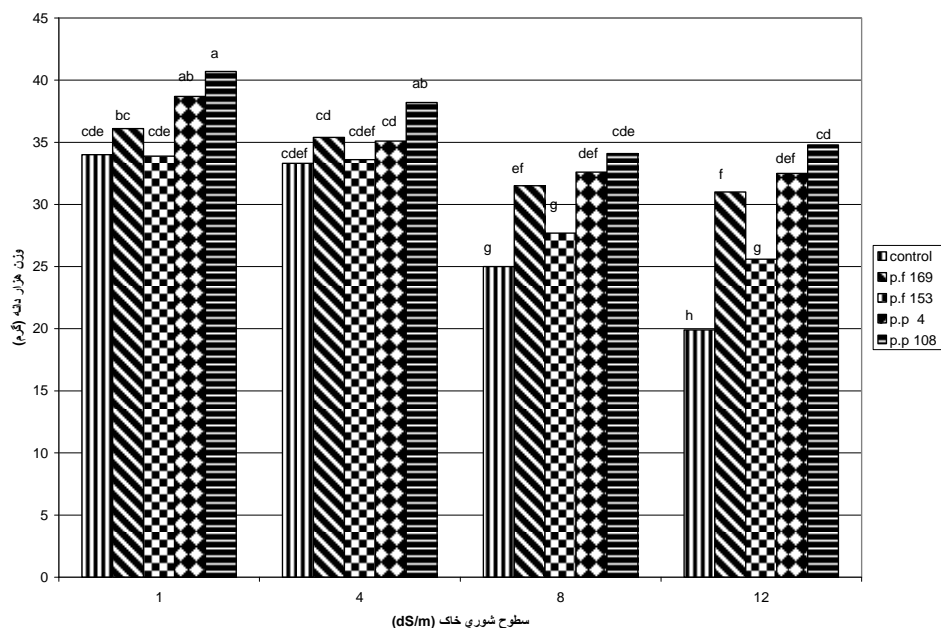
گیاه در گندم تلقیح شده افزایش یافت، آنها یکی از دلایل افزایش عملکرد این گیاهان را به افزایش جذب آب در گیاه نسبت دادند. مایاک و همکاران (۲۴) نیز طی مطالعه بر روی گوجه فرنگی در شرایط شور به این نتیجه رسیدند که سویه‌های باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه اثرات نامطلوب شوری را کاهش داده و وزن تر و خشک گیاه را نسبت به شاهد افزایش داده اند. آنها این اثر سویه‌ها را به توانایی آنها در تولید ACC - دامیناز و در نتیجه کاهش تولید اتیلن نسبت دادند. توانایی سویه‌های مورد استفاده در این تحقیق در افزایش شاخصهای رشد یکسان نبود بیشترین تاثیر بر شاخصهای رشد و عملکرد گندم در اثر تلقیح با سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ بدست آمد. گلیک و همکاران (۱۳) ضمن بیان مدل کاهش غلظت اتیلن در گیاه تحت تنش اعلام نمودند که یکی از دلایل تفاوت تاثیر باکتریها در کاهش سطح اتیلن و در نتیجه عملکرد گیاه به رقابت بین آنزیمهای ACC دامیناز و ACC اکسیداز برای جذب ACC بستگی دارد. مکانیزمهای دیگری بجز تولید آنزیم ACC دامیناز نیز در افزایش رشد گیاه موثر می‌باشند که از جمله توانایی سویه در تولید سیدروفور و تامین آهن مورد نیاز گیاه و حلال سازی منابع نامحلول فسفر و قابل استفاده شدن فسفر برای جذب گیاه را می‌توان نام برد. مایاک و

ارتفاع بوته یکی از شاخصهای رشدی مورد بررسی بود همانطور که از جدول آنالیز واریانس مشخص می‌باشد اثر شوری و تلقیح با سویه‌های مورد بررسی بر ارتفاع گندم معنی دار بوده است (شکل ۳). تلقیح گندم با سویه‌های مورد استفاده باعث تعدیل اثر شوری گردیده و ارتفاع بوته را به طور معنی داری ($P < 0.05$) تحت تاثیر قرار داده است. بین تیمارهای سویه‌های مختلف از این نظر اختلاف معنی داری وجود نداشت اگر چه سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰ بیشترین ارتفاع گیاه را ایجاد نمود.

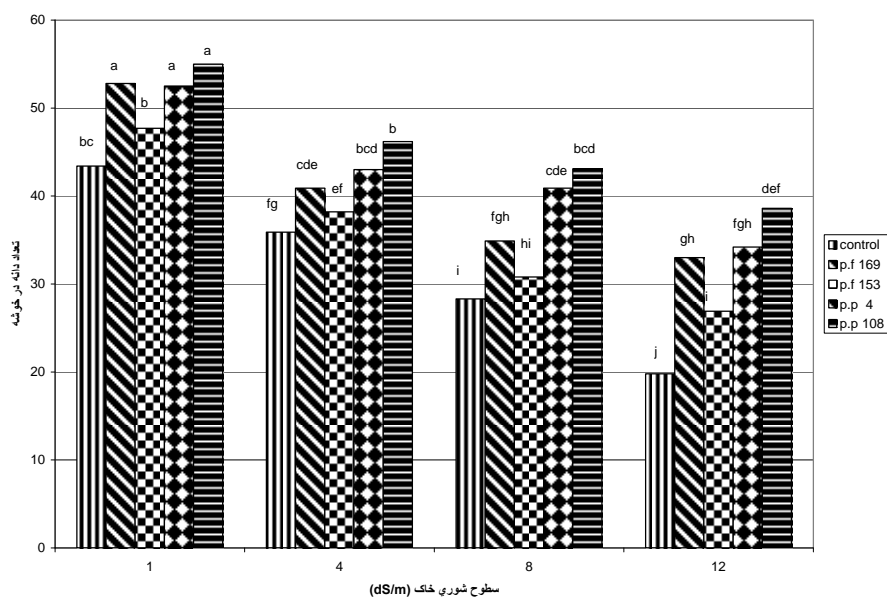
اثر سویه‌های مورد استفاده در این پژوهش بر روی تعداد پنجه در گیاه در شوریهای مختلف در سطح ۵ درصد معنی دار بود ($P < 0.05$). تلقیح سویه‌ها در شوری کم اثر معنی داری بر تعداد پنجه نداشت اما با افزایش شوری این اثر معنی دار شد (جدول ۴). اسدی و فلاح (۱) در مرور پژوهشهای انجام شده بر روی باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) اثرات معنی دار تلقیح با سودوموناسهای فلورسنت را بر ارتفاع و وزن خشک بخش هوایی گندم ارائه کرده اند. باسیلیو و همکاران (۸) اعلام نمودند که استفاده از *gfp-tagged Azospirillum lipoferum* می‌تواند اثرات منفی شوری در گندم را کاهش دهد. نتایج آنها نشان داد که وزن خشک ریشه و برگ و ارتفاع

گونه‌ها دانسته‌اند. گلیک و همکاران (۱۳) اعلام نمودند که دوره بحرانی عمل آنزیم ACC دآمیناز مراحل اولیه رشد گیاه می‌باشد و چنانچه باکتری بتواند در این مرحله استقرار مناسبی در روی بذر پیدا نماید اثرات مثبت آن افزایش خواهد یافت لذا یکی از فاکتورهای موثر در افزایش کارایی سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ در ایجاد افزایش مقاومت به شوری را می‌تواند به کلونیزاسیون موثر این سویه در مراحل اولیه رشد گیاه گندم نسبت داد.

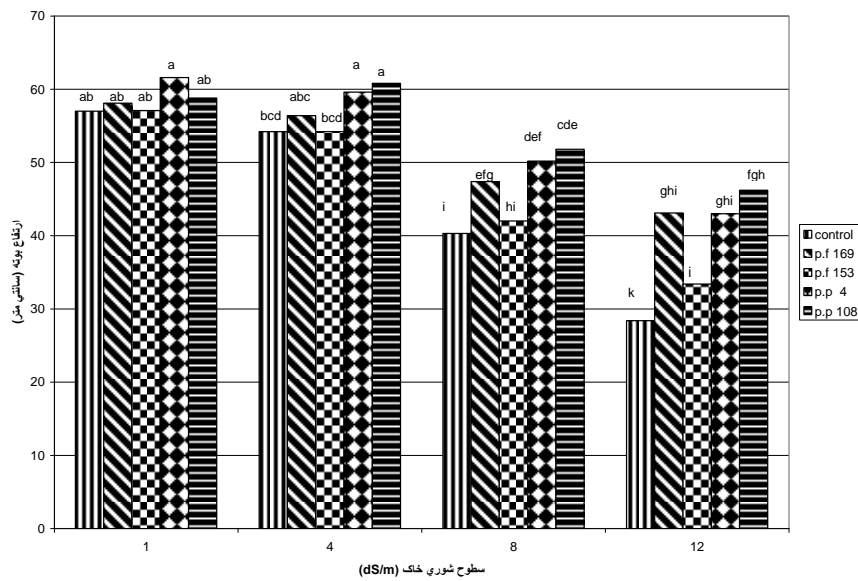
همکاران (۲۴) مشاهده نمودند که گیاهان تلقیح شده با باکتریهای محرک رشد گیاه در شرایط شور فسفر بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده جذب نمودند آنها جذب فسفر بیشتر و افزایش تحمل گیاه نسبت به شوری را مثبت دانستند. رسولی صدقیانی و همکاران (۴) ضمن مطالعه تراکم و جمعیت سود و مونسهای فلورسنس در ریزوسفر گندم اعلام نمودند که غالب سود و مونسهای ریز و سفر گندم از گونه پوتیدا بودند و علتاین غالبیت را توان رقابتی بالا و کلونیزاسیون موثر این گونه در ریزوسفر گندم در مقایسه با سایر



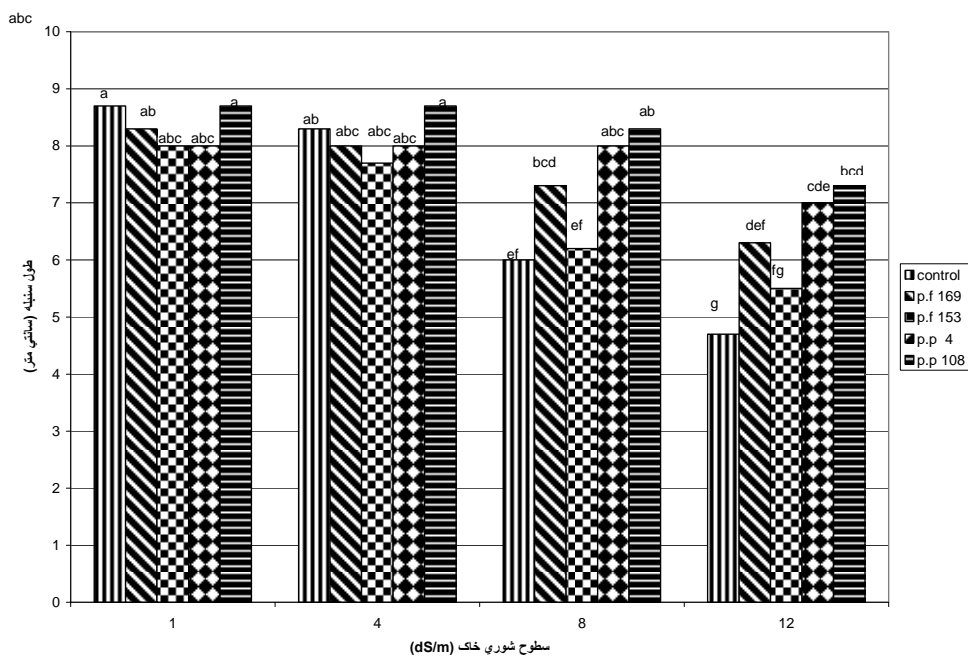
(شکل ۱) - اثر سویه‌های مورد بررسی بر وزن هزار دانه گندم در شوریه‌های مختلف خاک



(شکل ۲) - اثر سویه‌های مورد بررسی بر وزن تعداد دانه‌ها در خوشه گندم در شوریه‌های مختلف خاک



شکل ۳- اثر سویه‌های مورد بررسی بر ارتفاع بوته گندم در شوریه‌های مختلف خاک



شکل ۴- اثر سویه‌های مورد بررسی بر طول سنبله گندم در شوریه‌های مختلف خاک

عملکرد گندم در شرایط شور محسوب شود البته این امر مستلزم انجام مطالعات بیشتر می‌باشد.

با توجه به گستردگی اراضی دچار مشکلات شوری و مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور استفاده از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌تواند راهکار مناسبی در افزایش

منابع

۱- اسدی رحمانی، ه. و فلاح، ع. ر. ۱۳۷۹. ضرورت تولید و ترویج کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه، مجله خاک و آب، ویژه نامه بیولوژی

خاک، ۱۲ (۷): ۹۷-۱۰۵.

- ۲- بنایی، م. ح.، مومنی، ع.، بایبوردی، م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. خاکهای ایران - تحولات نوین در شناسایی، مدیریت بهره برداری، انتشارات سنا. تهران. ایران.
- ۳- رمضانیان، ع. ۱۳۸۴. نقش باکتریهای ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دی آمیناز در تعدیل اثرات سوء اتیلن استرسی در گیاه گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تهران. دانشکده مهندسی آب و خاک
- ۴- رسولی صدقیانی، م. ح.، رحیمیان، ح.، خاوازی، ک.، ملکوتی، م. ح.، و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۸۴. بررسی تراکم جمعیت و شناسایی سودوموناسهای فلورسنت در ریزوسفر گندم مناطق مختلف ایران. مجله خاک و آب، جلد ۱۹، شماره ۲، صفحات ۲۲۴-۲۳۴
- ۵- ریحانی تبار، ع. ۱۳۷۹. بررسی جمعیت سودوموناسهای فلورسنت در ریزوسفر گندم کشت شده در خاکهای زراعی استان تهران و تعیین پتانسیل آنها برای افزایش رشد گیاهان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران
- ۶- صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب، ویژه نامه کودهای بیولوژیک، جلد ۱۲، شماره ۳، ص ۱-۳۶. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- ۷- ملکوتی، م. ح. ۱۳۷۹. تغذیه متعادل گندم، راهی به سوی خود کفایی در کشور و تامین سلامت جامعه. مجموعه مقالات. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران
- 8- Bacilio, M., Rodriguez, H. Moreno, M. Hernandez J-Pablo. and Bashan. Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a *gfp-tagged Azospirillum lipoferum*. Biol. Fertil. Soils. 40: 188-193.
- 9- Castorena, M. V. Ulery, A.L. Valencia E. C. and Remmenga .D. 2003. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1781-1789.
- 10- Defreitas, J. R., and Germida. J. J. 1992. Growth promotion of winter wheat by fluorescent Pseudomonads under field condition. Soil Biol. Biochem. 24: 1137-1146.
- 11- Germida, J. J., and Walley. F. L. 1996. Plant growth promoting rhizobacteria affect rooting pattern and arbuscular mycorrhizal fungi colonization of field grown spring wheat. Biology and Fertility of Soils. 23: 113-120.
- 12- Glick, B. R., L. Changping, S. Ghosh and E. B. Du Mbroff. 1997. Early development of canola seed lines in the presence of the plant growth promoting rhizobacterium pseudomonas putida GR 12-2. Soil. Biology and Biochemistry. 24(8) 1233-1239.
- 13- Glick, B. R., D. M. Karaturovic and P. C. Newell. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting pseudomonads. Can. J. Microbiol. 41: 533-536.
- 14- Gravel, V. H. Antoun and J. Russell. 2007. Growth Stimulation and Fruit yield improvement of green house tomato Plants by inoculation with Pseudomonas Putida or Trichoderma atroviride: Possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology and Biochemistry. 39. 8: 1968-1977
- 15- Grichko, V. P and B. R. Glick. 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-Containing plant growth-Promoting bacteria. Plant physiology and Biochemistry. 39(1): 11-17.
- 16- Hofte, M., K. Y. Seong, E. Jurkevitch, and W. Verstraete. 1991. Pyoverdine production by the plant growth beneficial Pseudomonas strain 7SNK2: ecological significance in soil. Plant and Soil. 130: 249-257.
- 17- Hu, Y and U. Shmidhalter. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels in wheat. J. Plant. Nutr. 24: 273-281.
- 18- Kafkafi, U. N. Valoras and J. Letey. 1982. Chloride interaction with nitrate and P nutrition in tomato. J. Plant. Nut. 5: 1369-1385
- 19- Kloepper, J. W., M. N. Schroth and T. D. Miller. 1980. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on tomato plant development and yield. Phytopathol. 70: 1078-1082.
- 20- Lifshitz, R., J. W. Klepper, M. Kozlowski, C. Simonson, J. Carlson,
- 21- E. M. Tipping and I. Zaleska. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of *pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Can. J. Microbiol. 33: 390-395.
- 22- Ma, W., T. C. Charles and B. R. Glick. 2004. Expression of an exogenous 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase gene in *Synorhizobium meliloti* increases its ability to nodulate alfalfa. App. Envi. Micr
- 23- Maas, E. V., and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance—Current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE. 103: 115-134.
- 24- Maas, E. V. 1993. Plant growth response to salt stress. p. 279-291. In H. Lieth and A. Al Masoom (ed.) Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- 25- Mayak, S., T. Tirosh and B. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry. 42: 565-572
- 26- Nadeem, S., Z. A. Zahir, M. Naveed and M. Arshad, 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through ACC-deaminase activity. Canadian journal of microbiology. 53(10) 1141-1149.
- 27- Saravana Kumar, D. and R. Samiyapoo, 2007.
- 28- Acc deaminase from Pseudomonas fluorescens mediated saline resistance in groundnut (*Arachis Phy pogeae*) Plants

Journal of Applied Microbiology. 102 (ds). 1283-1292.

- 29- Shaharoona, B, G. M. Jamro, Z. A. Zahir, M. Arshad and K. S. Memon, 2007. Effectiveness of various Pseudomonas Sp and Burkholderia improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Microbiology and Biotechnology. 17 (8): 1300-1307.
- 30- Wagar, A., B. Shahroona, Z. A. Zahir and M. Arshad. 2004. Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pak. J. Agri. 41: 119-124.
- 31- Woitke, M., Junge H. and Shnitzler. W.H. 2004. *Bacillus subtilis* as growth promoter in hydroponically grown tomatoes under saline conditions. Acta Hort. 659. ISHS.

Effect of Application of *Pseudomonas fluorescens* on Yield and Yield Components of Wheat Under Different Soil Salinity Levels

H.R.Zabihi^{1*} - G.R.Savagebi² - K. Khavazi³ - A, Ganjali⁴

Abstract

Plant- growth promoting rhizobacteria enhance plant growth and yield directly and or indirectly. A factorial experiment was conducted in greenhouse to determine the efficacy of four strains of Fluorescent *Pseudomonas* on wheat yield and yield component under saline conditions. the experiment was carried out with the following treatments (non –inoculation control and inoculation with *P.fluorescens* strain153 *P.fluorescens* strain169 *P.putida* strain108 and *P.putida* strain 4) and four salinity levels (1,4,8 and 12 dS/m) in a completely randomized design .A combination of (NaCl+ CaCl₂ +MgCl₂ with equal equivalent) dissolved in distilled water and added to soils to meet the desired salinity treatments .wheat seeds were inoculated with strains before planting. During growing period, the pots were irrigated with distilled water to maintain soil moisture around 0.8 FC .before harvest, growth indices including : plant height, number of tillers and heads and after harvest, dry weight of shoots and grain yield were determined .Results showed that with increasing salinity level ,grain yield, 1000 weight ,number of grain per spike , plant height and biologic yield decreased significantly ($P<0.05$).Inoculation with strains increased all mentioned indexes significantly ($P<0.05$) at all salinity levels. Among the strains ,*P.putida* strain 108 exert greatest effect on yield and yield component of wheat .In compare to other strains ,the effect of *P.putida* strain 108 on grain yield and 1000 weight was significant but on other indices was not significant .Results of this research revealed that all investigated strains can be used as plant growth- promoting bacteria.

Keywords: Wheat ,Salinity, Plant growth promoting - rhizobacteria

¹ - khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center
²- University of Tehran
³- Soil & Water Research Institute
⁴- Herbaceous Sciences Research Center