رشد و عملکرد گندم در پاسخ به تلقیح باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه در سطوح مختلف فسفر

حمیدرضا ذبیحی، غلامرضا ثواقبی،کاظم خاوازی، علی گنجعلی[1]

چکیده

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه به طور مستقیم وغیر مستقیم باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شوند.در این تحقیق توان چهار سویه ازباکتر ی‌های سودوموناس فلورسنت بر شاخص‌های رشد گندم در مقادیر مختلف فسفر در دو آزمایش مزرعه ای و گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. هر دو آزمایش به صورت فاکتوریل در سه تکرار که در شرایط گلخانه ای بر اساس طرح پایه کاملا تصادفی و در شرایط مزرعه بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شدند. عامل اول سه سطح فسفر (p_0,p_1,p_2) به ترتیب (۰، ۵۰ و۱۰۰ درصد فسفر مورد نیاز بر اساس تجزیه خاک) و عامل دوم شامل پنج سطح (b_0,b_1,b_2,b_3,b_4) به ترتیب (یک تیمار بدون تلقیح وچهار سطح سویه‌های سودوموناس فلورسنس۱۵۳، سودوموناس فلورسنس۱۶۹، سودوموناس پوتیدا ۴، سودوموناس پوتیدا ۱۰۸) بود. بذر گندم رقم مهدوی پس از تلقیح با سویه‌های مورد نظر کاشته شدند. در دوره رشد گیاه مراقبت‌های لازم طبق عرف معمول در تمامی تعداد تیمارها به صورت یکسان اعمال شد. قبل از برداشت، شاخص‌های رشد گیاه شامل ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد پنجه تعیین و سپس گیاهان از سطح خاک کف بر شدند و وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک)، عملکردکاه و دانه و وزن هزار دانه تعیین گردید سپس نمونه‌های دانه و کاه گندم به آزمایشگاه منتقل و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفرو پتاسیم در آنها تعیین شد. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش سطح فسفر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک گیاه به طور معنی‌داری در هر دو آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). تلقیح گندم با سویه‌های مورد نظر در تمامی سطوح فسفر باعث افزایش معنی‌دار شاخص‌های یاد شده گردید ($P<۰/۰۵$). بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته از تیمار تلقیح با سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ ودر سطح فسفر بالا (۱۰۰٪ توصیه شده) بدست آمد. کمترین عملکرد نیز از تیمار بدون مصرف فسفر و بدون تلقیح با سویه‌های مورد نظر بدست آمد.با توجه به نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش میزان مصرف فسفر اثرات مفید باکتری‌ها نیز تشدید گردید و سویه هایی که دارای توان تولید ACC دآمیناز بودند بیشترین تاثیر را بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم داشتند لذا از توانایی تولید ACC دآمیناز سویه ها می‌توان بعنوان معیاری برای انتخاب باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه استفاده کرد و استفاده از این راهکار در افزایش عملکرد گندم در شرایط مختلف فسفر موثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتریهای ریزوسفری محرک رشد،گندم، فسفر.

مقدمه

فسفر پس از نیتروژن مهمترین عنصر مورد نیاز گیاهان و ریز جانداران می‌باشد و مهمترین نقش آن در فرایند تولید وانتقال انرژی است شکلهای مختلف فسفر در خاک بوسیله ویژه گیهایی از قبیل pH، مقدار ماده آلی، نوع ذرات خاک و سطح آنها کنترل می‌شود (۳۵). تامین فسفر مورد نیاز گیاه عموماً از طریق استفاده از کودهای شیمیایی انجام می‌شود. با این وجود مقدار زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به‌خاک نامحلول شده و در خاک‌های آهکی به‌ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم تبدیل شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. مصرف توام کودهای شیمیایی و آلی بویژه کودهای دامی می‌تواند به‌افزایش راندمان جذب

۱- به ترتیب: دانشجوی دکترای دانشگاه تهران، استادیار دانشکده علوم خاک وآب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، استادیار موسسه تحقیقات خاک وآب و استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.

فسفر در گیاه کمک نماید. زارع فیض آبادی و همکاران (۴) ضمن بررسی میزان فسفر باقیمانده در کرت‌های تحت کشت نظامهای زراعی متفاوت اعلام کردند که میزان فسفر باقیمانده در نظام ارگانیک و پس از آن در نظام تلفیقی بیشتر بود .آنها اعلام نمودند که مصرف کود دامی باعث افزایش میزان فسفر قابل استفاده موجود در خاک شده بود. الفتی و همکاران(۱) اعلام نمود که حد بحرانی فسفر برای کندم به‌عواملی از قبیل آهک فعال مقدار رس موجود در خاک اکسیدهای آهن اقلیم و مدیریت زراعی بستگی دارد آنها حد بحرانی فسفر برای خاک‌های ایران را ۱۰/۵ اعلام نمودند و متذکر شدند که ۴۸/۳ درصد از مزارع گندم ایرا ن از نظر فسفر قابل استفاده زیر حد بحرانی قرار دارند.

علاوه بر مصرف کودهای شیمیایی یکی دیگر از روشهای تامین کننده فسفر مورد نیاز گیاهان استفاده از منابع زیستی می‌باشد.باکتری‌های ریزوسفری افزایش دهنده رشد گیاه که به‌آنها "باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه[1]"(۲۲) اطلاق می گردد از جمله منابع زیستی می‌باشند که از طریق مستقیم و غیر مستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند.

در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی بر استفاده از این باکتریها متمرکز بوده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که مکانیزمهای زیادی مسئول این افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میباشند. علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی، زیست ساخت هورمون‌های گیاهی بوسیله ریزجانداران، توان تولید ACC دآمیناز، کنترل پاتوژنهای گیاهی، قدرت حل کنندگی فسفات و تولید سیدرفور از جمله این مکانیزم‌های باشند (۸،۲۸،۲۵،۲۴،۲۱،۱۹،۱۵،۱۴،۱۰،۹،۳۱) .گلیک و همکاران (۱۹) اعلام نمودند که شواهدی دال بر افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر بدلیل 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. پونگوزالی و همکاران (۲۹) ضمن بررسی ۱۰ سویه سودوموناس با توان حل کنندگی فسفات و همچنین تولید ACC دآمیناز دریافتند که سویه‌ها رشد و زیست توده ریشه را افزایش دادند اما اثری بر جذب فسفر توسط گیاه نداشتند .آنها نتیجه گیری کردند که تحریک رشدی گیاه در اثرعوامل دیگری بجز از حل کنندگی فسفر رخداده است.افضل و اصغری (۷) ضمن بررسی اثر سویه‌ای از سودوموناس و ریزوبیوم به‌تنهایی و همراه با هم نشان دادند که تلقیح این ریزجانداران به‌تنهایی میزان فسفر را افزایش داد اما تلقیح هر دو با هم فسفر دانه را افزایش نداد.یکی از علت‌های عمده حل کنندگی فسفات تولید اسیدهای آلی توسط ریز جانداران می‌باشد.تولید اسیدهای آلی باعث اسیدی شدن سلول میکروبی و محیط اطراف آن می‌شود در

نتیجه فسفر در اثر جایگزینی پروتون بجای کلسیم آزاد می‌شود اسید گلوکونیک یکی از این اسیدها می‌باشد. مکانیزمهای دیگری که برای حل کنندگی فسفر پیشنهاد شده‌اند عبارتند از تولید مواد کلات کننده، تولیداسیدهای معدنی از قبیل اسید سولفوریک، اسید نیتریک و کربنیک (۳۱) بوسیله ریزجانداران خاک می‌باشند. ریحانی تبار (۵) در بررسی گلخانه‌ای نشان داد که پاسخ گندم به‌تلقیح با سویه‌های سودوموناس فلورسنس درمورد بیشتر شاخص‌های رشد مثبت بود. رمضانیان (۳) ضمن بررسی نقش باکتری‌های ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دآمیناز درگیاه گندم نشان دادکه گندم تلقیح شده با سویه‌های ریزوبیومی مولد ACC دآمیناز، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه بیشتری نسبت به‌شاهد داشت و این افزایش در مورد طول ریشه معنی‌دار بود.

هدف از این تحقیق ارزیابی باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه در آزاد سازی فسفر نامحلول خاک با افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد گندم و جذب عناصر غذایی بوسیله گندم بود..

مواد وروش‌ها

به منظور بررسی اثر چهار سویه از باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه بر رشد و عملکرد گندم رقم مهدوی در مقادیر مختلف فسفر ،دو آزمایش در شرایط گلخانه و مزرعه به‌صورت فاکتوریل انجام گرفت.کلیه سویه‌ها و

1- Plant growth promoting rhizobacteria(PGPR)

تیمارهای فسفر در هردو آزمایش مشابه بودند.

آزمایش گلخانه‌ای: آزمایش در شرایط گلخانه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد.عامل اول سه سطح فسفر به‌ترتیب (بدون مصرف فسفر= p_0 ; ۵۰٪=p_1 ; ۱۰۰٪= p_2 فسفر توصیه شده بر اساس آزمون خاک) و عامل دوم شامل پنج سطح به‌ترتیب(تیمار بدون تلقیح= b_0 وچهار سطح سویه‌های سودوموناس فلورسنس ۱۵۳ =b_1، سودوموناس فلورسنس ۱۶۹ =b_2 ، سودوموناس پوتیدا ۴= b_3 ، سودوموناس پوتیدا ۱۰۸= b_4)بود. باکتریهای فوق از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تأمین شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش با نام

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(آزمایش مزرعه‌ای نیز در همین زمین انجام شد).مقدار کافی از این خاک از الک ۴ میلیمتری عبور داده شد وسپس به‌گلدانهای ۲۵ کیلوگرمی با ابعاد ۵۰ سانتیمتر قطر و ارتفاع ۷۵ سانتی متر منتقل شدند. برای تهیه مایه تلقیح از پرلیت به‌عنوان حامل استفاده شده بود. تراکم جمعیت باکتری در مایه تلقیح های ۴، ۱۰۸، ۱۵۳ و ۱۶۹ نیز به‌ترتیب ۱۰۹ * ۱/۲ ، ۱۰۹ * ۱/۰۱ ، ۱۰۹ * ۱/۳ و ۱۰۹ * ۱/۲۵ سلول به‌ازائ هر گرم مایه تلقیح بود برای تلقیح بذرها ی رقم مهدوی ابتدا ۱۵ گرم بذر گندم داخل کیسه پلاستیکی ریخته شد. سپس یک قطره از محلول صمغ عربی ۴۰ درصد به‌آن اضافه و به‌طور کامل بهم زده شد .آنگاه مقدار یک گرم از هر یک از مایه تلقیح‌ها به‌بذر های چسبناک اضافه و محتویات به‌خوبی تکان داده شد به‌طوری 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 بوته‌ها به۱۲ بوته در هر گلدان کاهش یافت. یک سوم نیتروژن، تمامی پتاسیم و عناصر کم مصرف با توجه به‌تجزیه خاک وبر اساس توصیه کودی برای گندم به‌صورت محلول در آب به‌گلدانها اضافه شدند بقیه نیتروژن در دو نوبت به‌مصرف رسید. دمای روز و شب به‌ترتیب حدود ۳۰و ۲۰ درجه سانتیگراد، طول دوره روشنایی بین ۱۴-۱۲ ساعت و مقدار نور بین۱۴-۱۲ هزار لوکس از طریق لامپ‌های بخار سدیم و هلیم تنظیم شد.در مرحله ی رسیدگی فیزیولوژیک برداشت انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنجه ، طول سنبله و ارتفاع بوته‌ها در هر گلدان اندازه گیری شدند.سپس قسمت هوایی هر گیاه از نزدیک سطح خاک قطع گردید.به منظور تعیین وزن خشک گیاه وعملکرد دانه بخش هوایی گیاهان موجود در هرگلدان برداشت وسپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به‌مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به‌وزن ثابت قرار داده شدندو سپس وزن خشک دانه ها، وزن کل گیاه، وزن کاه و وزن هزار دانه تعیین شد. شاخص‌های اندازه گیری شده با استفاده از برنامه MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفت. سپس گروه بندی میانگین‌ها به‌روش آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصدانجام گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

آزمایش مزرعه‌ای

ابتدا از زمین مورد نظر نمونه مرکب خاک تهیه و سپس زمین شخم زده شد و کودهای پایه شامل یک سوم نیتروژن و تمامی پتاسیم و عناصر کم مصرف به‌ترتیب از منبع اوره،سولفات پتاسیم،سولفات روی، با توجه به‌آنالیز خاک و توصیه‌های موسسه تحقیقات خاک وآب و مقادیر فسفر با توجه به‌نقشه طرح و تیمارهای آزمایش به‌خاک اضافه گردیدودو سوم باقیمانده نیتروژن در دو نوبت به‌مصرف رسید. تلقیح گندم همانند روش ذکر شده در آزمایش گلدانی انجام شد.هر کرت شامل پنج پشته با فاصله ۵۰ سانتیمتر وطول ۶متربا فاصله بذرها روی ردیف پنج سانتی متر در نظر گرفته شد.. در مرحله اولیه دانه بندی گندم میزان کلرفیل به‌صورت غیرمستقیم با استفاده از دستگاه SPAP مدل DLTA T device Cambridge-UK و برگ پرچمی اندازه‌گیری شد. قبل از برداشت شاخص‌های رشد گیاه شامل ارتفاع بوته ،طول سنبله وتعداد پنجه در گیاه اندازه گیری و پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای کرت بعنوان حاشیه،عملیات برداشت انجام و وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد کاه و دانه تعیین ونمونه کاه و دانه گندم برای آنالیز عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفرو پتاسیم

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده قبل از کشت

Cu mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	P mg kg^{-1}	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

به‌آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک وآب منتقل گردید.تجزیه وتحلیل داده‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار MSTAT C انجام شد.

نتایج

.برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلدانی نیز در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد استفاده فاقد مشکل شوری و قلیائیت بود. ویژه گی‌های سویه‌های مورد بررسی درجدول۲ آورده شده است.سه سویه از چهار سویه مورد بررسی دارای توان تولید آنزیم ACC دآمیناز بودند وفعالیت این آنزیم از ۲/۳۰۵ تا ۵/۰۳۰ میکرومول آلفا کتوبوتیرات در میلیگرم پروتئین در ساعت متغییر بود بیشترین اثر بر حل کنندگی فسفر مربوط به سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ بود، کلیه سویه‌های مورد آزمایش دارای توان تولید سیدروفور و IAA بودند

عملکرد

نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش سطوح فسفر، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تلقیح با کلیه سویه‌های باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه باعث افزایش عملکرد دانه در کلیه سطوح فسفر شد، این افزایش عملکرد از ۵٪ تا ۵۷/۶٪ متغییر بود، سویه‌های دارای توان تولید ACC دآمیناز باعث بیشترین افزایش در عملکرد شدند که این افزایش در سطح ۵٪ معنی‌دار بود.بیشترین عملکرد دانه گندم هم در شرایط مزرعه و هم در شرایط گلخانه از تلقیح با سویه سودو موناس پوتیدا ۱۰۸ در سطح ۱۰۰٪ مصرف فسفر بدست آمد. تیمار فوق ۵۷/۶٪ افزایش عملکرد نسبت به‌تیمار شاهد در همان سطح مصرف فسفردر آزمایش گلدانی داشت (جدول ۳).

تغییرات ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد کاه گندم به‌ازای کاربرد انواع سویه‌ها در جدول (۳) و شکل‌های ۱و۲ نشان داده شده است. تلقیح با سویه‌های باکتری‌های محرک رشد گیاه بجز سویه سودوموناس فلوسنس ۱۵۳ باعث افزایش معنی‌دار ماده خشک گندم در سطوح مختلف فسفر هم در مزرعه و هم در آزمایش گلدانی شد. سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ بیشترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود. شهرونا و همکاران (۳۳) ضمن مطالعه نقش باکتریهای مولد آنزیم ACC دآمیناز بر رشد گندم دریافتند که *P fluorescens ACC50* مؤثرین جدایه در بین ۵ جدایه مورد مطالعه بود و بیشترین عملکرد در گلدان را تولید نمود آنها اعلام نمودند که وجود آنزیم ACC-دآمیناز معیار مناسبی برای انتخاب باکتری محرک رشد گیاه می‌باشد.. در شرایط مزرعه بیشترین عملکرد کاه از تیمار سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ و ۱۰۰٪فسفر مورد نیاز بدست آمدکه با سطوح کمتر مصرف فسفر اختلاف معی داری داشت(شکل ۱). بیشترین عملکرد کاه در آزمایش گلدانی از تیمار سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ و ۱۰۰٪فسفر مورد نیاز بدست آمد اما بین این سطح و سطح مصرف ۵۰٪ فسفر توصیه شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲)

جدول۲: فعالیت آنزیم[1] ACCdeaminase ،میزان تولیدمواد شبه اکسین ،توان انحلال سازی منابع نامحلول فسفر، توان تولید سیدروفورو IAA سویهای مورد مطالعه

صفت مورد نظر	سویه			
	p.p 4	p.p 108	p.f.169	p.f 153
فعالیت آنزیم۱ ACCdeaminase	۲/۳۰۵	۵/۰۳۰	۳/۵۰۸	-
موادشبه اکسین(mg/l)	۹/۶	۸/۹	۵/۸	-
فسفر حل شده(mg/l)	۳۸/۷۵	۵۷/۳۲	۵۳/۵۰	-
توان تولید سیدروفور	+	+	+	+
توان تولید IAA	+	+	+	+

۱- میکرومول آلفا کتوبوتیرات در میلیگرم پروتئین در ساعت

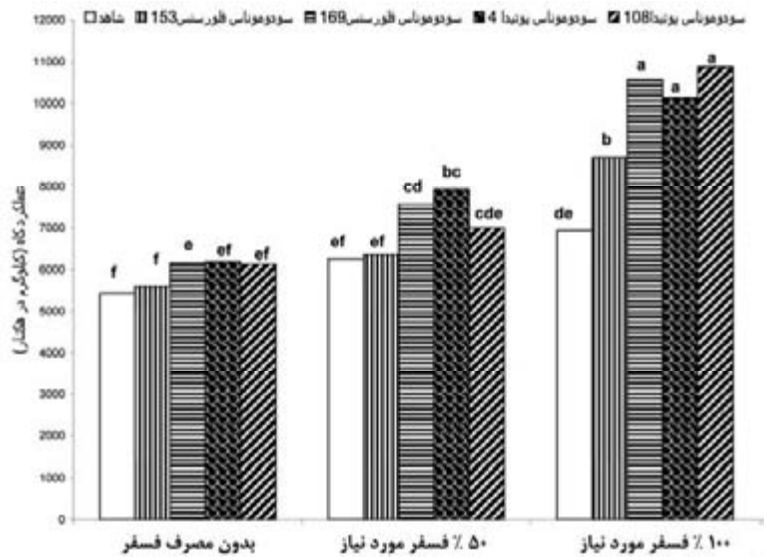
جدول۳: اثر متقابل تلقیح گندم با سویهای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفر برعملکرد دانه وعملکرد بیولوژیک در شرایط مزرعه (کیلوگرم درهکتار) و در شرایط گلخانه (گرم در گلدان)

تیمار		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
سویه	P2o5 %	گلخانه (گرم در گلدان)		مزرعه (کیلوگرم در هکتار)	
بدون تلقیح	۰	۱۲/۹۹g	۲۹/۴۲e	۳۳۰۰e	۸۷۳۳i
p.f.169	۰	۱۸/۷۹def	۴۱/۰۴bcd	۴۰۳۳b	۹۰۶۷hi
p.f 153	۰	fg۱۴/۱۹	e۲۵	۳۴۶۷e	۱۰۲۰۰gh
p.p 4	۰	۱۹/۸۸cde	۴۳/۲۵bc	۴۱۳۳bc	۱۰۳۰۰fgh
p.p 108	۰	۲۰/۶۲cde	۴۴/۷۵b	۴۵۳۳bc	۱۰۶۷۰fg
بدون تلقیح	۵۰	۱۵/۲۳fg	۳۳/۹۱cde	۴۲۳۳de	۱۰۵۰۰fg
p.f.169	۵۰	۱۸/۴۸def	۴۰/۴۶bcd	۵۹۶۷b	۱۱۱۳۰fg
p.f 153	۵۰	efg۱۶/۷۱	de۳۱/۷۹	۴۷۶۷cd	۱۳۰۳۰cde
p.p 4	۵۰	۲۱/۹۶bcd	۴۷/۴۲ab	۵۷۰۰bc	۱۲۶۷۰de
p.p 108	۵۰	۲۲/۱۹bcd	۴۷/۸۷ab	۵۶۶۷bc	۱۳۸۰۰cd
بدون تلقیح	۱۰۰	۱۸/۱۹def	۳۹/۸۸bcd	۴۸۰۰cd	۱۱۷۳۰ef
p.f.169	۱۰۰	۲۳/۳۸abc	۴۴/۱bc	۷۵۰۰a	۱۷۵۷۰b
p.f 153	۱۰۰	def۱۸/۶۸	bcd۴۱/۵۲	۵۵۶۷bc	۱۴۲۷۰c
p.p 4	۱۰۰	۲۵/۹۴ab	۵۵/۳۴a	۷۳۰۰a	۱۷۰۳۰b
p.p 108	۱۰۰	۲۶/۷۳a	۵۶/۹۶a	۷۵۶۷a	۱۹۳۳۰a

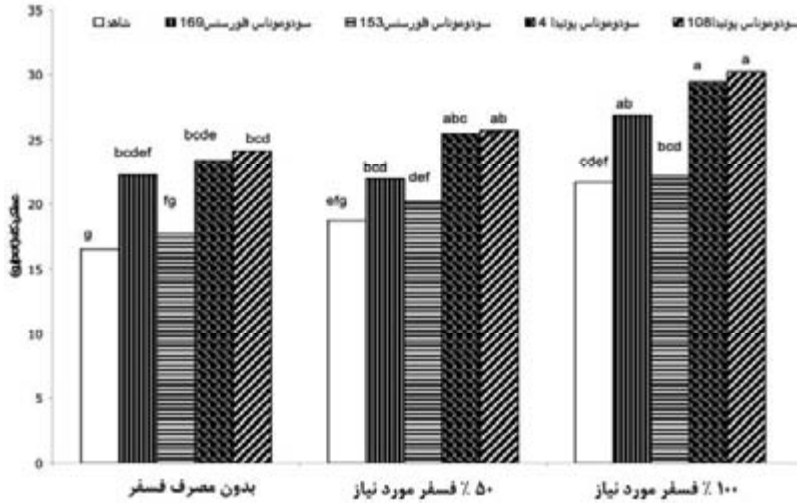
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

اجزای عملکرد

تلقیح گندم با سویه‌های باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه در مقادیر مختلف فسفر بر اجزای عملکرد معنی‌دار بود. وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و تعداد پنجه در گیاه در هر دو آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافت. سویه سودو موناس پوتیدا بیشترین تاثیر را بر شاخص ارتفاع بوته و تعداد پنجه در گیاه در آزمایش مزرعه‌ای داشت اما در مورد دیگر شاخص‌ها بین سویه‌های دارای آنزیم ACC دآمیناز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تغییرات عدد کلروفیل متر در گیاه گندم در مقادیر مختلف فسفر و تلقیح با سویه‌های باکتریهای محرک رشد در جدول (۴) آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود. تلقیح با باکتری باعث افزایش قرائت اسپد شده و بیشترین عدد کلروفیل متر از تیمار سودو موناس پوتیدا ۱۰۸ در سطح ۱۰۰٪ مصرف فسفر بدست آمد. جهان و همکاران(۲) نیز اعلام نمودند که تلقیح دوگانه ذرت با باکتری ریزوبیوم و قارچ باعث افزایش قرائت اسپد شد اگرچه آنها بر این نظر بودند که عامل اصلی در این افزایش قارچ بوده است .در شرایط گلخانه اثر تلقیح گندم با سویه‌های باکتریهای ریزوسفر محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد مورد بررسی قرار گرفت .تیمارهای تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مصرف فسفر باعث افزایش تعداد پنجه در گیاه شدو اختلاف بین تیمار شاهد(بدون مصرف فسفر و بدون تلقیح) وتیمارهای تلقیح با سویه‌های سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ ،سودوموناس پوتیدا ۴ و سودوموناس فلورسنس ۱۶۹ همراه با مصرف ۱۰۰ درصد فسفر مورد توصیه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). این نتایج با نتایج دیگر محققینی که در بین سویه‌های خود دارای سویه‌های با توان تولید ACC دآمیناز بودند همخوانی دارد (۳،۱۲).بیشترین طول سنبله نیز مجددا از تیمار سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ همراه با مصرف ۱۰۰٪ فسفر مورد نیاز بدست آمد.بین تیمارهای سودوموناس پوتیدا ۴ و سودوموناس



شکل ۱: اثر متقابل تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفر بر عملکرد کاه گندم در آزمایش مزرعه ای



شکل ۲: اثر متقابل تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفر بر عملکردکاه گندم در شرایط گلخانه

پوتیدا ۱۰۸ و سودوموناس فلورسنس ۱۶۹ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). کلیه سویه‌های مورد آزمایش باعث افزایش وزن هزار دانه شدند که به‌استثنای سویه سودو موناس فلورسنس ۱۵۳ این افزایش در مورد دیگر سویه‌ها نسبت به‌شاهد بدون تلقیح در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ و سویه سودوموناس پوتیدا ۴ به‌ترتیب۱۴/۹٪ و۱۱/۸٪افزایش در وزن هزار دانه ایجاد نمودند (جدول ۵). وگر و همکاران (۳۵) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتریهای حاوی آنزیم ACC دآمیناز 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 به‌شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش دادند. آنها تمامی این اثرات را بدلیل کاهش سطح اتیلن در گیاه در اثر تلقیح با باکتری واجد ACC دآمیناز دانستند و اعلام نمودند که فعالیت آنزیم در جدایه‌های مختلف متفاوت می‌باشد.

جدول ۴: اثر متقابل تلقیح گندم با سویهای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفربر قرائت عدد کلروفیل متر دستی (spad)، تعداد پنجه ،طول سنبله(سانتی متر) ، وزن هزار دانه (گرم) ،وارتفاع بوته(سانتیمتر) در شرایط مزرعه

تیمار		کلروفیل	پنجه	طول سنبله (cm)	وزن هزار دانه گرم	ارتفاع بوته (cm)
سویه	P2o5 %					
بدون تلقیح	۰	۵۵/۷۶j	۳/۸d	۶/۵i	۳۱/۳۳e	۵۲h
p.f.153	۰	۵۸/۱۱ij	۴/۲cd	۷hi	۳۶/۴۰bcd	۵۳/۴h
p.f 169	۰	۶۱/۷۸fgh	۵/۲b	۸/۲cdef	۳۶/۶bcd	۵۸/۱g
p.p 4	۰	۶۰/۸۸gh	۵/۴b	۸/۵bcd	۳۴/۶۳d	۵۸/۱g
p.p 108	۰	۶۳/۲۹efg	۵/۱bc	۸/۷bc	۳۵/۵cd	۵۹/۵efg
بدون تلقیح	۵۰	۶۰/۰۱hi	۵bc	۷/۵gh	۳۵/۹۷cd	۵۸/۳fg
p.f.153	۵۰	۶۲/۹۵efg	۴/۸bc	۷/۷efg	۳۹/۶۷b	۵۹/۴efg
p.f 169	۵۰	۶۵/۳۰de	۶/۵a	۸/۳bcde	۳۹/۸۷b	۶۲/۸cdef
p.p 4	۵۰	۶۵/۲۳de	۶/۶a	۸/۶bc	۳۹/۵۰b	۶۳/۴cde
p.p 108	۵۰	۶۷/۳۳cd	۶/۸a	۸/۷bc	۳۷/۹۳bcd	۶۴/۹bcd
بدون تلقیح	۱۰۰	۶۴/۲۷ef	۵/۳b	۷/۶fgh	۳۸/۴۷bc	۶۰/۴defg
p.f.153	۱۰۰	۶۴/۲۳ef	۵/۴b	۷/۹defg	۳۸/۸۰bc	۶۲/۵cdefg
p.f 169	۱۰۰	۷۰/۰۹ab	۶/۶a	۸/۹ab	۴۴/۹۷a	۶۶/۳abc
p.p 4	۱۰۰	۶۹/۳۵bc	۶/۶a	۸/۸abc	۴۶/۷۰a	۶۷/۸ab
p.p 108	۱۰۰	۷۲/۵۷a	۶/۹a	۹/۴a	۴۶/۶۰a	۷۰/۱a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

جدول ۵: اثر متقابل تلقیح گندم با سویهای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفر بر تعداد پنجه در گیاه ، طول سنبله (سانتی متر)، وزن هزار دانه (گرم) و ارتفاع بوته(سانتیمتر) در شرایط گلخانه

تیمار		ارتفاع بوته سانتی متر	وزن هزار دانه (گرم)	طول سنبله سانتی متر	تعدادپنجه در گیاه
سویه	٪P2o5				
بدون تلقیح	۰	۴۹/۷j	۳۳/۶۷i	۶/۷g	۲/۰۰c
p.f.153	۰	۵۱/۹ij	۳۴/۰۰hi	۷/۰fg	۲/۱۷bc
p.f 169	۰	۵۴/۳hi	۳۸/۰۰def	۷/۷de	۲/۲۷abc
p.p 4	۰	۵۷/۷ef	۳۷/۰۰efg	۷/۷de	۲/۲۷abc
p.p 108	۰	۵۹/۳cde	۳۸/۶۷cde	۷/۹de	۲/۳۳abc
بدون تلقیح	۵۰	۵۴/۰hi	۳۵/۰۰gh	۷/۴ef	۲/۳۳abc
p.f.153	۵۰	۵۴/۸gh	۳۶/۰۰fgh	۷/۵def	۲/۱۷bc
p.f 169	۵۰	۵۶/۳fgh	۳۸/۳۳cde	۸/۰cd	۲/۷۳abc
p.p 4	۵۰	۵۷/۹ef	۳۹/۶۷bcd	۸/۱bcd	۲/۵۰abc
p.p 108	۵۰	۶۳/۱b	۴۰/۳۳bc	۷/۹de	۲/۵۷abc
بدون تلقیح	۱۰۰	۵۷/۱۳efg	۳۶/۶۷efg	۷/۸de	۲/۵۷abc
p.f.153	۱۰۰	۵۸/۲def	۳۶/۶۷efg	۷/۸de	۲/۳۳abc
p.f 169	۱۰۰	۶۱/۸bc	۴۰/۳۳bc	۸/۶ab	۳/۱۰ab
p.p 4	۱۰۰	۶۰/۷bcd	۴۱/۰۰b	۸/۵abc	۳/۱۷ab
p.p 108	۱۰۰	۳/۲۳a	۴۶/۳۳a	۸/۸a	۳/۲۳a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

جدول ۶: اثر متقابل تلقیح گندم با سویهای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف فسفر بر جذب عناصر غذایی(نیتروژن، پتاسیم و فسفر) توسط اندام هوایی گندم در شرایط مزرعه وگلخانه

P	K	N	P	K	جذب N	تیمار	
گلخانه(میلی گرم در گلدان)			مزرعه(کیلوگرم در هکتار)			٪P2o5	سویه
f۳۸/۹	f۳۲۰	h۳۸۳/۹	۱۱/۰۶f	۱۲۶/۳f	۱۲۸/۹f	۰	بدون تلقیح
ef۴۱/۸	ef۳۷۰/۷	gh۴۲۳/۲	۱۲/۶۹ef	۱۴۶/۱ef	۱۶۰/۴ef	۰	p.f.153
cdef۶۷/۰۲	def۴۹۷/۸	efg۵۹۱/۶	۱۶/۳۲de	۱۷۴/۱de	۲۲۳/۷cd	۰	p.f 169
cde۶۹/۵	cdef۵۱۸/۸	def۶۲۹/۱	۱۸/۲۱d	۱۸۵/۹d	۱۹۵/۴de	۰	p.p 4
cd۷۶/۴	cde۵۶۶	de۶۹۰/۸	۱۹/۹۳d	۱۸۶/۹d	۲۱۹/۷cd	۰	p.p 108
def۵۱/۷۸	def۴۲۵/۷	fgh۴۹۲/۸	۱۶/۴۳de	۱۶۰/۸def	۱۷۱/۵e	۵۰	بدون تلقیح
def۵۱/۷۵	def۴۶۵/۶	efgh۵۳۹/۴	۱۷/۸۹d	۱۹۵/۶d	۱۸۴/۹de	۵۰	p.f.153
cd۷۲/۷۹	cde۵۵۲/۳	def۶۵۳/۴	۲۵/۱۵c	۲۳۰/۶c	۲۳۸/۳bc	۵۰	p.f 169
bc۸۴/۵۴	bcd۶۲۳/۷	cd۷۸۶/۷	۳۴/۴۹c	۲۳۸/۲c	۲۳۹/۳bc	۵۰	p.p 4
bc۹۲/۴	bc۴۹۱/۸	cd۸۱۲/۵	۲۶/۶۳c	۲۵۱/۴c	۲۶۳/۴b	۵۰	p.p 108
cdef۶۵/۷۴	def۵۰۷/۳	def۶۳۵/۸	۱۸/۷۷d	۱۷۹/۸de	۱۹۵/۹de	۱۰۰	بدون تلقیح
cdef۶۵/۳۱	cdef۵۲۹/۴	ef۶۷۳	۲۵/۲۴c	۲۵۳/۷c	۲۶۸/۸b	۱۰۰	p.f.153
bc۹۴/۵	abc۷۲۲/۸	bc۹۰۰	۳۶/۲۹b	۳۱۹/۱b	۳۶۱/۴a	۱۰۰	p.f 169
ab۱۰۸	ab۷۹۷/۷	ab۱۰۱۴	۳۷/۸۸b	۳۶۳/۶a	۳۵۹/۸a	۱۰۰	p.p 4
a۱۲۷/۷	a۸۷۳/۸	a۱۱۳۵	۴۲/۵۳a	۳۴۶/۷ab	۳۷۹a	۱۰۰	p.p 108

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

جذب عناصر غذایی

بیشترین جذب نیتروژن و فسفر از تیمار سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ همراه با مصرف ۱۰۰درصد فسفر مورد نیاز و بیشترین جذب پتاسیم از تیمار سودو موناس پوتیدا ۴ همراه با مصرف ۱۰۰ درصد فسفر مورد نیاز بدست آمد (جدول ۶). جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد سیستم ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌باشد. محققین زیادی نقش اتیلن در تغییرات مورفولوژیکی سیستم ریشه‌ای را بیان کرده‌اند که خود می‌تواند بر جذب عناصر غذایی توسط ریشه مؤثر باشد(۸،۱۸،۱۹،۲۳). زیست ساخت اتیلن در گیاهان تا حد زیادی تحت تأثیر قابلیت استفاده عناصر غذایی و بویژه فراهمی فسفر می‌باشد (۶،۱۰،۳۰،۳۳،۳۴). اگر چه از نقش اتیلن در جذب عناصر غذایی توسط گیاه اطلاع چندانی وجودندارد اما با توجه به‌پتانسیل سویه‌های دارای آنزیم ACC دآمیناز در کاهش اتیلن در گیاه و رابطه بین اتیلن، رشد ریشه و جذب عناصر غذائی به‌نظر می‌رسد که عامل مهم در افزایش جذب عناصر غذائی در تیمارهای تلقیح اثر بر کاهش اتیلن بوده است به‌طوری که سویه فاقد آنزیم ACC دآمیناز نتوانسته است میزان جذب را افزایش دهد. بلیموف وهمکاران(۱۳) ضمن بررسی عکس العمل شلغم به‌تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه واجد ACC دآمیناز در شرایط تغذیه‌ای مختلف اعلام نمودند که وضعیت تغذیه‌ای گیاه بویژه فراهمی فسفر بر عکس العمل گیاه به‌تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری موثر است و پایین بودن فراهمی فسفر باعث محدود شدن اثر محرک رشد باکتری‌های واجد ACC دآمیناز می‌شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که سویه‌های باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه که واجد آنزیم ACC دآمیناز باشند اثرات محرک رشد بیشتری نسبت به‌سویه‌های فاقد این آنزیم دارا می‌باشند و از این توان می‌توان به‌عنوان معیاری برای انتخاب سویه‌های برتر جهت تولید کودهای زیستی بهره برد. همچنین نتایج نشان دادکه تامین مقدارکافی‌عناصرغذایی‌می‌تواندباعث افزایش‌کارایی سویه‌های‌باکتریهای ریزوسفری‌محرک‌رشدگیاه شود اگرچه درشرایط نا مطلوب تغذیه‌ای این باکتری‌ها قادرند به‌افزایش رشد و عملکرد گیاه کمک نمایند.تایید نتایج این تحقیق نیازمند تکرار بیشتر در شرایط متفاوت خاک می‌باشد.

منابع

۱- الفتی ،م. ،م.ج.ملکوتی وم.بلالی.۱۳۷۹.تعیین حد بحرانی فسفر برای محصول گندم در ایران .(در ملکوتی ،م.ج.گردآورنده)تغذیه متعادل گندم .ص. ۸۵-۷۵ .نشر آموزش کشاورزی.

۲-جهان ،م. ،ع.کوچکی ،م.نصیری محلاتی.۱۳۸۶.رشد،فتوسنتز وعملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام‌های زراعی رایج اکولوژیک.مجله پژوهشهای زراعی ایران.۵(۱):۵۳-۶۹.

۳-رمضانیان،ع.۱۳۸۴.نقش باکتری‌های ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دی آمیناز در تعدیل اثرات سوء اتیلن استرسی در گیاه گندم. پایان نامه کارشناسی ارشدخاکشناسی دانشگاه تهران. دانشکده مهندسی آب و خاک.

۴-زارع فیض آبادی،ا.، ع.کوچکی و ل.علیمرادی.۱۳۷۹.بررسی تغییرات نیتروژن فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک در واکنش به تناوب ها و نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک. .(در ملکوتی ،م.ج.گردآورنده)روش‌های نوین تغذیه گندم..۱۱۷-۱۰۳ نشر آموزش کشاورزی

۵- ریحانی تبار،ع.۱۳۷۹.بررسی جمعیت پسودوموناسهای 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.

6-Abeles, F. B., P. W. Morgan, and M. E. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, Inc., San Diego, CA. , pp. 414.

7-Afzal,A..,and B.Asghari.2008.Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat.(*Triticum aestivum L*.).Int. J. Agri. Biol.,10:85-88

8-Afzal,A.,M.Ashraf,S.A.Asad ,and M.Faroog.2005.Effect of phosphate solubilizing microorganism on phosphorus uptake ,yield and yield traits of wheat.(*Triticum aestivum L*.) in rainfed area. Int. J. Agri. Biol.7:207-9

9-Arshad, M., B. Shaharoona and T. Mahmood. 2007. Inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of water stress on growth, yield and ripening of *Pisum sativum L*. Pedosphere.

10-Arshad, M. and W. T. Frankenberger Jr. 2002. Ethylene: Agricultural Sources and Applications,. Kluwer Academic Publishers, New York, U.S.A. pp. 342.

11-Arshad, M. and W. T. Frankenberger Jr. 1998. Plant-growth regulating substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. Adv. Agron. 62: 45-151.

12-Arshad, M. and W. T. Frankenberger Jr. 1993. Microbial production of plant growth regulators.(In B. F. Metting (Ed.)).Soil Microbial Ecology. Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A. pp. 307-347.

13-Belimov, A. A., V. I. Safronova, and T. Mimura. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus L. var. oleifera*) to inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Can. J. Microbiol. 48: 189-199.

14-Cartwright, D. K., W. S. Chilton and D. M. Benson. 1995. Pyrrolnitrin and phenazine production by Pseudomonas cepacia, strain 5.5B, a biocontrol agent of *Rhizoctonia solani*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 43: 211-216.

15-Chernin, L. S., M. K. Winson, J. M. Thompson, S. Haran, B. W. Bycroft, I. Chet, P. Williams and G. S. A. B. Stewart. 1998. Chitinolytic activity in *Chromobacterium violaceum*: Substrate analysis and regulation by quorum sensing. J. Bacteriol. 180: 4435-4441.

16-Ghosh, S., J. N Penterman, R. D. Little, R. Chavez and B. R. Glick. 2003. Three newly isolated plant growth-promoting bacilli facilitate the seedling growth of canola, Brassica campestris. Plant Physiol. Biochem. 41: 277-281.

17-Glick, B. R., C. B. Jacobson, M. M. K. Schwarze and J. J. Pasternak. 1994. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth-promoting rhizobacteria *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. Can. J. Microbiol. 40: 911-915.

18-Glick, B. R., D. M. Karaturovic and P. C. Newell. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growthpromoting pseudomonads. Can. J. Microbiol. 41: 533-536.

19-Glick, B. R., D. M. Penrose and J. Li. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growthpromoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 3-68.

20-Kang, S. H., H.-S. Cho, H. Cheong, C.-M. Ryu, J. F. Kim and S.-H. Park. 2007. Two bacterial entophytes eliciting both plant growth promotion and plant defence on pepper(*Capsicum annuum L*.). J. Microbiol. Biotechnol. 17: 96-103.

21-Khalid, A., M. Arshad and Z. A. Zahir. 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. J. Appl. Microbiol. 96: 473-480.

22-Khalid, A., M. Arshad and Z. A. Zahir. 2006. Phytohormones:Microbial production and applications, pp. 207-220. In N.Uphoff (ed.), Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. Taylor & Francis/CRC Press, Boca Raton, Florida,USA.

23-Li, J., D. H. Ovakim, T. C. Charles, and B. R. Glick. 2000.An ACC deaminase minus mutant of *Enterobacter cloacae*UW4 no longer promotes root elongation. Curr. Microbiol.41: 101-105.

24-Mehana,T.A.and O.A.Vahid.2002.Associative effect of phosphate dissolving fungi,Rhizobium and phosphate fertilizer on some soil properties ,yield components and the phosphorus and nitrogen concentration and uptake by *Vicia faba L*.under field conditions.Pakistan.J.Biol.Sci.5:1226-1310.

25-Mehta, S. and C. S. Nautiyal. 2001. An efficient method for qualitative screening of phosphate solubilizing bacteria.Curr. Microbiol. 43: 57-58.

26-Oztruk,A.,O.Caglar and F.Sahin.2003.Yield response of wheat and barly inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization .J.Plant Nutr.Soil Sci. 166:1-5.

27-Pal, K. K., K. V. B. R. Tilak, A. K. Saxena, R. Deyand C. S. Singh. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium moniliforme*,and *Fusarium graminearium* by plant growth-promoting rhizobacteria. Microbiol. Res. 156: 209-223.

28-Penrose, D. M., M. Barbara and B. R. Glick. 2001.Determination of ACC to assess the effect of ACCdeaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings.Can. J. Microbiol. 47: 77-80.

29-Poonguzhali, S., M. Madhaiyan, M. Thangaraju, J. Ryu, K.Chung and T. Sa. 2005. Effect of co-cultures, containing Nfixer and P-solubilizer, on the growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) and Blackgram (*Vigna mungo* L.). J. Microbiol. Biotechnol. 15: 903-908.

30-Reid, M. S. 1995. Ethylene in plant growth, development and senescence,.(In P. J. Davies (Ed.)), Plantšc BACTERIAL ACC-DEAMINASE AND PLANT GROWTH Hormone, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology.Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 486-508.

31-Rodriguez,H, and R. Fraga.1999. Phosphate solublizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances . 17 :319-339.

32-Shaharoona, B., M. Arshad and A. Khalid. 2007. Differential response of etiolated pea seedling to 1-aminocyclopropane-1-carboxylate and/or L-methionine utilizing rhizobacteria. J.Microbiol. 45: 15-20.

33-Shaharoona, B., M. Arshad and Z. A. Zahir. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACCdeaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiate* L.). Lett. Appl. Microbiol. 42: 155-159.

34-Shaharoona, B., M. Arshad, Z. A. Zahir, and A. Khalid. 2006. Performance of Pseudomonas spp. containing ACCdeaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biol.Biochem. 38: 2971-2975.

35-Wagar,A.,B.Shahroona,Z. A. Zahir andM.Arshad.2004.Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat. Pak. J.Agri. 41: 119-124.

Response of wheat growth and yield to application of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of phosphorus fertilization

H. R. Zabihi, G. R. Savagebi, K. Khavazi, A. Ganjali[1]

Abstract

Plant growth promoting rhizobacteria enhance plant growth and yield directly and or indirectly. In this research the efficacy of four *Pseudomonas fluorescents* on yield and growth indices of wheat at various levels of phosphorus fertilization were in Two factorial experiments (a pot and a field experiment). The experiments were carried out in a completely randomized design in greenhouse and randomized complete block design in field trials. The first factorwas : three phosphorus levels based on soil testing (0, 50% and 100% recommended P fertilizer according to soil test)and the second factor was five levels of inoculation as (non –inoculation control ; inoculation with *P. fluorescens* strain 153; *P.fluorescens* strain 169; *P. putida* strain108 and *P. putida* strain 4).wheat seeds were planted after inoculation with test strains. All agronomic practices and inputs application during planting and nursing were conducted according to regional traditions. Before harvesting growth indices including: plant height, spike length and number of tillers, were determined. After harvest, biologic , grain and straw yield and 1000 grain weight were measured.Grain and straw samples were sent to soil and water lab and concentration of N, P and K were determined. Results showed that with increase in P level, grain yield, 1000 grain weight, plant height and biologic yield increased significantly at both greenhouse and field experiments .the effect of inoculation on yield and yield components of wheat was significant at all levels of P fertilization.The greatest amount of grain yield, 1000 grain weight and plant height obtained from *Pseudomonas putida* 108 together with application of 100% p recommended treatment and the least yield was obtained from control treatment(without p application and without inoculation). According to these results strains with ACC –Deaminase enzyme had greatest effects on yield and yield indices and so the ability of producing ACC-Deamiase is a good criteria and utilization of plant growth promoting rhizobacteria could be a suitable way in icreasing yield of wheat at various levels of phosphorus.

Key words: Wheat, P fertilization, plant growth promoting rhizobacteria.

1- Contribution from faculty of soil and water, Tehran University, Research Institute of soil and water, Tehran and Ferdowsi University of Mashhad, respectively.