مقایسه محلول‌پاشی با تلقیح ریشه‌ای باکتری‌های محرک رشد و متابولیت‌های آنها بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک، صفات کیفی و عملکرد برنج رقم هاشمی

جعفر اصغری[۱]، *سید محمدرضا احتشامی[۱]، زهرا رجبی درویشان[۱] و کاظم خاوازی[۲]

[۱]گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، [۲]عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۰۶).

چکیده:

به منظور مطالعه اثر محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد و متابولیت‌های آنها بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک، صفات کیفی و عملکرد برنج رقم هاشمی، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۴ تکرار در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. تیمارها در این تحقیق عبارت بودند از: بدون محلول‌پاشی و بدون کود (تیمار شاهد)؛ بدون محلول-پاشی و مصرف کود؛ محلول‌پاشی با: *Pseudomonas fluorescens* strain 136، متابولیت *P. fluorescens* strain 136، *P. fluorescens* strain 168، متابولیت *P. fluorescens* strain 168، *P. fluorescens* strain 41، متابولیت *P. fluorescens* strain 41؛ تلقیح ریشه با: *P. fluorescens* strain 136، *P. fluorescens* strain 168، *P. fluorescens* strain 41. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که اثر سطوح مختلف باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود. تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ در تمامی صفات مورد مطالعه در مقایسه با شاهد از بقیه تیمارها بالاتر بود. هر چند که محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ نسبت به تلقیح ریشه با سویه های ۴۱ و ۱۳۶ سودوموناس از میزان کمتری برخوردار بود، اما نسبت به تیمار واجد کود و بدون باکتری، نتیجه بهتری داشت. نتایج اثر محلول‌پاشی متابولیت‌های باکتری‌های مختلف بر صفات مورد مطالعه، متفاوت بود که می‌تواند نشان‌دهنده اثر تنظیمی باکتری، در رشد و نمو گیاه باشد. به نظر می‌رسد افزایش میزان جذب فسفر توسط گیاه باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شد. نتایج نشان داد که تلقیح ریشه با باکتری محرک رشد، نتیجه بهتری نسبت به محلول‌پاشی آنها بر صفات کمی و کیفی برنج دارد، اما می‌توان از آنها به عنوان مکمل تلقیح ریشه با باکتری جهت افزایش عملکرد گیاه استفاده نمود.

کلمات کلیدی: برنج، تلقیح ریشه، سودوموناس، عملکرد، محلول‌پاشی

مقدمه:

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از اصلی‌ترین منابع تامین نیازهای غذایی میلیون‌ها نفر در کره خاکی به شمار می‌رود. سطح زیر کشت برنج در ایران ۶۳۰۰۰۰ هکتار برآورد شده که حدود ۴ درصد از کل اراضی زیر کشت برنج جهان است (FAO, 2007). بیش از ۷۵ درصد از اراضی زیر کشت برنج در استان‌های شمال کشور یعنی گیلان و مازندران قرار دارد و بیش از ۸۰ درصد از برنج کشور از این اراضی به دست می‌آیند. برای خودکفایی در تولید برنج، افزایش سطح زیر کشت و معرفی ارقام پرمحصول و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:smrehteshami@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقاوم به شرایط اقلیمی و غیره پیشنهاد شده است. یکی دیگر از موارد پیشنهادی، استفاده مناسب و بهینه از کودهای شیمیایی و زیستی می‌باشد. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد به گروه نامتجانس از باکتری‌های ریزوسفر اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (Kirchner, 1993). تحقیق در مورد این ریزجانداران و مکانیزم‌های اثر آنها در تحریک رشد گیاه به منظور بهره‌برداری در تولید کودهای زیستی رو به افزایش است (Ramezanpour *et al*., 2010). یکی از این باکتری‌ها *Pseudomonas fluorescens* بوده که از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن را در گیاه تنظیم می‌کند، سبب تحریک رشد گیاه می‌گردد (Abdul-jalil *et al*., 2007). این ریزموجودات اثرهای مفید خود را با تولید اسیدهای آلی و آنزیم‌ها و مواد تقویت‌کننده رشد که موجب جوانه‌زنی بهتر بذور و توسعه بیشتر عملکرد سیستم ریشه می‌شود، نشان می‌دهند. در تلقیح گیاهان با این ریزموجودات عملکرد گیاهان زراعی۱۰ تا ۵۰ درصد افزایش یافته است (Zaidi and Saghir Khan, 2006). در تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد، تولید و سنتز اتیلن تنظیم می‌شوند که در نتیجه آن، رشد گیاه افزایش می‌یابد. آنزیم ۱- آمینو سیکلو پروپان ۱- کربوکسیلیک (ACC) دآمیناز تجزیه ماده ACC دآمیناز دآلفا کتوبوتیریک اسید را کاتالیز می‌کند (Saleem, 2007). تلقیح بذر گیاهان زراعی مختلف با باکتری‌های محرک رشد و به دنبال آن، دو بار محلول‌پاشی با باکتری‌های مذکور باعث افزایش عملکرد شده است (Chen *et al*., 1994). مشخص شده است که محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد، اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه، رشد و میزان فسفر و روی توت‌فرنگی داشت (Esitken *et al*., 2010). در آزمایشی دیگر، محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش معنی‌دار میزان آهن و منگنز و عملکرد گیلاس شد (Esitken *et al*., 2006). همچنین مشاهده شد که محلول‌پاشی دو سویه ازتوباکتر تحت شرایط تنش شوری، باعث افزایش عملکرد توت فرنگی می‌گردد (Vijayan *et al*., 2007). محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر تولید توت‌فرنگی تاثیر مثبت داشته است (Sudhakar *et al*., 2000). احتشامی و همکاران (۱۳۸۹) دریافتند که محلول‌پاشی باکتری‌های سودوموناس باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج می‌گردد. غلات بیشترین نیاز را به کودهای شیمیائی دارند. لذا در این میان، استفاده از فرآورده‌های زیستی در جهت تغذیه غلات یکی از راه‌حل‌های اساسی و مفید در تولید محصولات کشاورزی عاری از هر گونه سم به نظر می‌رسد. در همین راستا هدف از این تحقیق، تعیین اثر محلول‌پاشی باکتری های محرک رشد و متابولیت آنها بر شاخص‌های کمی و کیفی برنج بود.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان به طور گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل محلول‌پاشی سویه‌های مختلف سودوموناس و متابولیت‌های آنها (شامل سیدروفور، آنتی بیوتیک، اکسین و جیبرلین) بودند. رقم مورد بررسی، هاشمی بود. تیمارها شامل بدون محلول‌پاشی و بدون کود (شاهد)؛ بدون محلول‌پاشی و مصرف کود؛ محلول‌پاشی با: *Pseudomonas fluorescens* strain 136، متابولیت *P. fluorescens* strain 136، *P. fluorescens* strain 168، متابولیت *P. fluorescens* strain 168، *P. fluorescens* strain 41، متابولیت *P. fluorescens* strain 41؛ تلقیح ریشه با: *P. fluorescens* strain 136، *P. fluorescens* strain 168، *P fluorescens* strain 41. باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسهٔ تحقیقات

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

کربن آلی ٪	نیتروژن ٪	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	هدایت الکتریکی ds/m	اسیدیته خاک	بافت خاک
۱/۸۷	۰/۱۷۴	۸	۱۹۱	۱/۳۳	۷/۵۸	سیلتی- رسی

خاک و آب فرموله و تهیه شدند. جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، $۹/۸ \times ۱۰^{۷}$ برآورد شد (بر اساس روش شمارش کلنی و با استفاده از محیط‌های کشت مناسب) (Becking, 2006) و متابولیت‌های آنها (شامل سیدروفور، اکسین، جیبرلین، سیدروفور و برخی اسیدهای آلی) پس از اتوکلاو کردن پتریدیش‌های حاوی باکتری از محیط کشت خالص سازی و استخراج شدند. ماده حامل نیز پرلیت بود. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت Sperber استفاده شد (Alef and Nannipieri, 1995; Sperber, 1958). پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، پس از ۴۸ ساعت جمعیت آنها به روش Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی شمارش گردید و سپس حجم مساوی از آنها تهیه شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت، شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد. محیط کشت‌هائی که حاوی باکتری بودند، به دو قسمت تقسیم شدند. در یک قسمت از محیط‌های کشت، باکتری‌ها جداسازی شدند و در قسمت دیگر، محیط کشت اتوکلاو گردید که این امر باعث شد تا باکتری‌ها از بین رفته و متابولیت‌های آنها که در محیط کشت از این باکتری‌ها ترشح شده بودند، باقی مانده و جداسازی شدند. قبل از انتقال نشاها به گلدان‌ها، در رابطه با نشاهایی که باید ریشه آنها با باکتری‌ها تلقیح شدند، نشاها در سوسپانسیونی که حاوی ۱۷/۵ گرم باکتری و یک لیتر آب بود (بر اساس تجارب تحقیقاتی محققین آزمایشگاه بیولوژی خاک)، به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. انتقال نشاها به صورت کپه‌ای و دستی در هر گلدان انجام گرفت. گلدان‌های ۸ کیلوئی ابتدا با خاک مزرعه پر شد. در این آزمایش برای کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) به ترتیب از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) دی آمونیوم فسفات (۴۶ درصد فسفر) و سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاسیم) استفاده شد (برای هر گلدان به ترتیب ۲-۱-۱ گرم (۳۲۰-۱۶۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد). آبیاری به صورت غرقابی انجام شد. دمای گلخانه، ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و طول دوره روشنائی، ۱۳ تا ۱۴ ساعت بود. در تیمارهائی که بایستی با این باکتری‌ها یا متابولیت‌های آنها محلول‌پاشی می‌شدند، پس از انتقال نشاها به گلدان‌ها، محلول‌پاشی در ۳ مرحله (مرحله ۴ برگی، مرحله پنجه‌زنی و مرحله قبل از خوشه دهی) به میزان ۴۰ لیتر در هکتار (بر اساس تجارب تحقیقاتی محققین آزمایشگاه بیولوژی خاک) انجام شد. البته قبل از هر محلول‌پاشی، کالیبراسیون انجام گردید.

۱۰ روز پس از آخرین محلول‌پاشی با تیمارهای مربوطه، یکی از بوته‌ها کف‌بر شده و پس از ریختن ۱۰ میلی‌لیتر نیتروژن مایع و قرار دادن آن بر روی یخ، سریعاً به فریزر با دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. ۰/۲۷ گرم کلرید آهن در داخل لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس اکسین به همراه یک قطره سود ۵ مولار و اسید سولفوریک به حجم رسانده شد. از روش گفته شده (۰/۰۰۴۹) میلی‌مولار یون منیزیم و (۰/۰۰۴۱) میلی‌مولار ۲ و ۴ دی‌کلروفنل نیز آماده شد. سپس ۰/۲ گرم از نمونه منجمد شده داخل هاون (روی یخ این کار انجام شد) همراه ۲ میلی‌لیتر از مخلوط فوق پودر شد. ۱ میلی-لیتر از مخلوط و نمونه آماده شده در فالکون ریخته شده و با دور ۱۲۰۰۰، به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. ۷ میلی لیتر از نمونه صاف شده فوق داخل اپندرف، ریخته شده و ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از آن غلظت‌های مختلفی (۲، ۴ و ۸ میلی‌مولار) از این مخلوط تهیه و به

Archive of SID

www.SID.ir

وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۵ اعداد مربوط به هر غلظت خوانده شد و از میانگین سه غلظت فوق، میزان اکسین اکسیداز به‌دست آمد (Beffa *et al*., 1990). در مرحله گلدهی، گیاه موجود در گلدان کف‌بر شده و پس از اندازه گیری سطح برگ، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس گیاه خشک شده با استفاده از دستگاه آسیاب پودر شد. برای تهیه محلول، ۰/۶ گرم از پودر خشک شده بوته در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد (در داخل کوره) به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال در زیر هود تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا اولین بخارات آن خارج و سپس در درون بالن ژوژه به حجم رسانده شد (Hansen, 1950). با استفاده از محلول های حاصل از عصاره‌گیری، پس از قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک معرف و در طول موج ۶۴۰ نانومتر میزان فسفر گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{Phodphorus}(\frac{\text{mg}}{\text{deslit}}) = \frac{A_{\text{test}} - A_{\text{blank}}}{A_{\text{standard}}} \times 5$$

در زمان رسیدگی بوته‌ها قطر ساقه (به‌وسیله کولیس)، ارتفاع بوته (به وسیله خط‌کش میلی‌متری)، تعداد پنجه، طول خوشه (به وسیله خط‌کش میلی‌متری)، تعداد پنجه بارور، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه در بوته و عملکرد تک بوته مورد محاسبه قرار گرفت. پس از حذف اندام هوائی گیاه، ریشه‌ها همراه با خاک به مدت ۲ تا ۵ روز در دمای اتاق نگهداری شدند. برای جدا شدن خاک از ریشه و تسهیل در اندازه‌گیری از پیروفسفات سدیم به صورت محلول ۰/۲۷ درصد و کلرید سدیم استفاده شد. پس از بیرون آورن ریشه از آب، ریشه با اسپری کردن آب بر روی آن و مالش با دست به آرامی از مابقی خاک چسبیده به آن جدا شد. برای محاسبه طول ریشه از روش نیومن (۱۹۶۶) که توسط تننت (۱۹۷۵) ساده شده است، استفاده گردید. روش کار بدین ترتیب است که تعداد برخوردهای ریشه‌ها با یک سری خطوط عمودی و افقی شمارش شده و سپس با کمک تعداد برخوردها، طول ریشه تخمین زده می‌شود. بدین منظور از یک ظرف شیشه‌ای که زیر آن یک کاغذ شطرنجی با ابعاد مختلف قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. پس از پخش یکنواخت ریشه‌ها در داخل ظرف، تعداد برخوردها با خطوط عمودی و افقی شمارش و یادداشت می‌شود (N). سپس طول ریشه با توجه به ابعاد کاغذ شطرنجی و استفاده از رابطه l=0.786 N به دست می‌آید. ریشه هر بوته موجود در گلدان به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس به وسیله ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری طرح با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث:

باکتری محرک رشد بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۱۴۰/۷۵ سانتی‌متر) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۱۱۲/۵ سانتی‌متر) رویت گردید (جدول ۳). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با هر سه سویه سودوموناس ارتفاع بالاتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشتند، هر چند که این افزایش، معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز فقط تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت، که این اختلاف معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای حاوی باکتری نیز استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثر کمتری داشت (جدول ۳). نتایج ما نشان داد که همزیستی، غالباً تسهیم نسبی بیوماس را در درون گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه را

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس صفت‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک برنج رقم هاشمی در سطوح مختلف باکتری

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	قطر ساقه	طول خوشه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	سطح برگ
تکرار	۳	۱/۰۵ $^{n.s}$	۰/۲۶ $^{n.s}$	۰/۰۳ $^{n.s}$	۰/۱۵ $^{n.s}$	۰/۴۴ $^{n.s}$	۰/۰۷ $^{n.s}$	۰/۰۲ $^{n.s}$
باکتری	۱۰	۲۲۱/۷ **	۳۸/۹۷ **	۲/۳۷ **	۲۲/۷۴ **	۱۲۲/۸۲ **	۴۱/۳۵ **	۶۴۷۸۸ /۸۳**
خطا	۳۰	۴۹/۷۵	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات	–	۵/۴۴	۲/۸۹	۴/۳۶	۷/۶۱	۱۲/۴۸	۱۰/۵۴	۹/۰۶

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- جدول مقایسات میانگین صفت‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک برنج رقم هاشمی در سطوح مختلف باکتری

منبع تغییرات	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	قطر ساقه (میلی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	سطح برگ (سانتی متر مربع)
بدون محلول‌پاشی و کود (شاهد)	۱۱۲/۵^{d}	۱۰/۷۵^{i}	۲/۳۴^{h}	۱۸/۲۴^{h}	۱۰/۵^{i}	۲/۸۷^{j}	۱۹/۴۶^{k}
بدون محلول‌پاشی و با مصرف کود	۱۳۲^{abc}	۱۶/۵۰^{cd}	۳/۷۵^{d}	۲۰/۴۵^{e}	۲۲/۷۵^{d}	۸/۳۲^{d}	۲۰۶/۰۶^{e}
محلول‌پاشی با باکتری ۱۳۶	۱۳۲^{abc}	۱۶/۲۵^{ed}	۳/۶۳^{d}	۲۲/۷۵^{d}	۲۳/۲۵^{d}	۷/۸۸^{e}	۱۹۳/۷۲^{f}
محلول‌پاشی با متابولیت ۱۳۶	۱۳۱/۵^{abc}	۱۵^{f}	۲/۷۲^{g}	۲۰^{ef}	۱۲/۷۵^{h}	۵/۶^{h}	۹۹/۲۴^{h}
محلول‌پاشی با باکتری ۱۶۸	۱۳۲^{abc}	۱۵/۷۵^{e}	۳/۵۳^{ed}	۲۰/۳۶^{e}	۲۰/۵^{e}	۶/۸۳^{f}	۱۷۳/۱^{g}
محلول‌پاشی با متابولیت ۱۶۸	۱۲۴/۲۵^{bc}	۱۳/۲۵^{g}	۳/۳۲^{ef}	۱۹/۵^{gf}	۱۶/۵^{f}	۶/۲۹^{g}	۹۷/۲۶^{i}
محلول‌پاشی با باکتری ۴۱	۱۳۲/۷۵^{ab}	۱۸/۷۵^{b}	۴/۳۴^{bc}	۲۳/۲۶^{c}	۲۰^{e}	۶/۶۷^{f}	۳۰۱/۱۱^{c}
محلول‌پاشی با متابولیت ۴۱	۱۲۲^{cd}	۱۲/۲۵^{h}	۳/۲۶^{f}	۱۹^{g}	۱۵/۵^{g}	۵/۲^{i}	۷۸/۰۵^{j}
تلقیح ریشه با باکتری ۱۳۶	۱۳۳/۲۵^{ab}	۲۰/۲۵^{a}	۴/۵۴^{b}	۲۴/۲۵^{b}	۲۵/۷۵^{b}	۱۲/۳۵^{b}	۳۴۱/۲۱^{b}
تلقیح ریشه با باکتری ۱۶۸	۱۳۲/۲۵^{ab}	۱۷^{c}	۴/۲^{c}	۲۲/۲۷^{d}	۲۴/۵^{c}	۸/۵۸^{c}	۲۷۲/۲۳^{d}
تلقیح ریشه با باکتری ۴۱	۱۴۰/۷۵^{a}	۲۰/۵^{a}	۴/۸۸^{a}	۲۵/۶۸^{a}	۲۷/۷۵^{a}	۱۴/۲۴^{a}	۴۴۰/۰۴^{a}

اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاید بتوان به تولید هورمون‌های رشد از جمله اکسین و جیبرلین تعمیم داد که بر رشد ساقه و ریشه تأثیرگذار می باشد. چون این باکتری‌ها قادر به انحلال و فراهمی عناصر غذایی بیشتر برای گیاه هستند و در ضمن قادر به تولید هورمون بیشتری در گیاه می‌باشند، گیاه تلقیح شده با باکتری، دارای ارتفاع بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد است. به نظر می‌رسد افزایش ارتفاع بوته را بتوان به افزایش ذخیره فسفر گیاه نسبت داد. البته افزایش ارتفاع گیاهان همزیست می‌تواند به دلیل تأثیر این ریزجانداران بر روابط کربن، نیتروژن و احتمالاً جنبه‌های دیگر بیوشیمی گیاه نیز باشد. با توجه به این واقعیت که جیبرلین‌ها در رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میانگره‌های ساقه و اکسین و سیتوکنین‌ها در تقسیم سلولی نقش دارند، لذا به نظر می رسد که باکتری‌های مورد استفاده با تولید هورمون‌های مزبور، سبب افزایش ارتفاع بوته شده‌اند، به طوری‌که در منابع، اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه به تولید اکسین وجیبرلین تعمیم داده شده است. همچنین به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع از طریق مکانیسم‌های مختلفی همچون تولید آنزیم ACC دآمیناز در گیاهان نیز صورت گرفته باشد. ریزجانداران حل کننده فسفات، موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Larsen *et al.*, 2009). نقش مثبت تلقیح بذور با ریزجانداران حل‌کننده فسفات بر

Archive of SID

www.SID.ir

ارتفاع ساقه در تحقیقات دیگر نیز به اثبات رسیده است (Stijin *et al*., 2009 ; Aseri *et al*., 2008 ; Kavino *et al*., 2010).

استفاده از باکتری سودوموناس بر قطر ساقه گیاه در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین قطر ساقه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۴/۸۸ میلی‌متر) ثبت گردید و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۲/۳۴ میلی‌متر) دیده شد (جدول ۳). در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز فقط تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ قطر ساقه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری نداشت (جدول ۳). افزایش قطر ساقه ناشی از افزایش و تجمع عناصر در ساقه می‌باشد. از آنجایی که این باکتری‌ها توانایی زیادی در افزایش تولید هورمون سیتوکنین، که در تقسیم سلولی نقش دارد، می‌شوند لذا باعث افزایش قطر ساقه گیاه شده‌اند. کوچکی و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنس منجر به افزایش قطر ساقه می‌گردد. همچنین در تحقیقی دیگر اظهار شده است که باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد می‌شوند (Karlidag *et al*., 2007).

باکتری سودوموناس بر تعداد پنجه در بوته برنج در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد پنجه در بوته در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۲۰/۵ عدد) وجود داشت و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۱۰/۷۵ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس تعداد پنجه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز فقط تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ تعداد پنجه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری کمتری داشت (جدول ۳). این نتایج با نتایج Abbaspour و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. آنها در نتایج خود بیان کردند که تلقیح باکتری‌های محرک رشد با گندم باعث ۲۳/۹٪ افزایش در تعداد پنجه گندم شده است. به نظر می‌رسد که دلیل این افزایش، ناشی از جذب بیشتر عناصر ماکرو و میکرو و تولید بیشتر هورمون در گیاه می‌باشد.

اثر باکتری محرک رشد بر طول خوشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین طول خوشه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۲۵/۶۸ سانتی متر) مشاهده شد و کمترین آن در تیمار شاهد بدون کود (۱۸/۲۴ سانتی‌متر) به ثبت رسید (جدول ۳-۲). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس طول خوشه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ طول خوشه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر طول خوشه نداشت، هر چند که نسبت به شاهد از طول خوشه بالاتری برخوردار بود (جدول ۳). این نتایج با نتایج سادات و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. آنها در مطالعات خود در مورد اثر باکتری های محرک رشد بر گندم، به اثر محرک این باکتری‌ها بر طول خوشه گندم پی بردند. باید بیان نمود که این ریزجانداران با تولید هورمون بیشتر مثل جیبرلین نقش مهمی در افزایش طول خوشه دارند. بر خلاف نتایج ما، حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) گزارش دادند که اثر باکتری بر طول سنبله معنی‌دار نبوده است.

باکتری بر طول ریشه در سطح ۱ درصد تأثیر معنی داری داشت (جدول ۲). بیشترین طول ریشه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۲۷/۷۵ سانتی‌متر) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود

Archive of SID

www.SID.ir

(۱۰/۵۰ سانتی‌متر) رویت گردید (جدول ۳). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس طول ریشه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ طول ریشه بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر طول ریشه نداشت، هر چند که نسبت به شاهد از طول ریشه بالاتری برخوردار بودند (جدول ۳). افزایش طول ریشه شاخصی از افزایش رشد ریشه است و با افزایش طول ریشه، توانایی نفوذ ریشه به عمق بیشتر خاک و نیز نفوذ بیشتر ریشه در حجم بیشتری از خاک فراهم می‌شود و بدین ترتیب جذب بیشتر آب امکان پذیر می‌گردد. تلقیح با سویه‌های سودوموناس باعث افزایش تعداد و طول تارهای کشنده ریشه شده است. در واقع می‌توان بیان کرد که فعالیت ACC دآمیناز باعث کاهش تولید اتیلن در ریشه می‌گردد. به نظر می‌رسد تأثیر مواد تنظیم‌کننده رشد تولید شده به وسیله PGPR بر رشد ریشه از طریق پارامترهائی بروز می‌کند که مهمترین آنها افزایش وزن ریشه، افزایش انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه، افزایش تارهای کشنده و سطح ریشه می‌باشند که در این بین، افزایش وزن ریشه عمومی‌تر می‌باشد. احتمالاً افزایش طول ریشه در افزایش قابلیت جذب آب و عناصر غذایی مؤثر بوده، که به نوبه خود در بهبود رشد و نمو اثر مثبت دارد. ریزجانداران محرک رشد توانایی حلالیت فسفات را دارند که نقش زیادی در رشد و کلون‌سازی بافت‌ها دارد. در ضمن این ریزجانداران سطح اکسین را در گیاه افزایش می‌دهند. یک مکانیزم احتمالی می‌تواند تولید فیتوهورمون‌ها و افزایش انشعابات و طول ریشه و در نتیجه جذب عناصر معدنی توسط گیاه را بیفزاید (Yao *et al*., 2010). مشخص شد که ازتوباکتر باعث توسعه سیستم ریشه‌ای بوته‌ها و بالا رفتن راندمان جذب عناصر غذائی شده است (Lubing Liin *et al*., 2009).

ریزجاندار محرک رشد بر وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۱۴/۲۴ گرم) دیده شد و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بدون کود (۲/۸۷ گرم) رقم خورد (جدول ۳). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس، وزن خشک ریشه بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ وزن خشک ریشه بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر وزن خشک ریشه نداشت، هر چند که نسبت به شاهد بدون کود از وزن خشک ریشه بالاتری برخوردار بودند (جدول ۳). افزایش وزن خشک ریشه، نشان دهنده افزایش رشد ریشه بوده و افزایش رشد ریشه، تأثیر بسزایی در جذب و تغذیه بهتر گیاه دارد. از این رو به نظر می‌رسد که با به کارگیری این باکتری‌ها، رشد ریشه افزایش داشته است که به تبع آن، جذب آب و عناصر غذایی نیز بهتر شده است. با توجه به توانایی باکتری‌ها در افزایش تولید فیتوهورمون به ویژه هورمون سیتوکنین و توانایی باکتری‌ها در حلالیت فسفر، این نتایج دور از انتظار نمی‌باشد. نتایج سایر محققین بیان کننده افزایش وزن خشک ریشه گیاهان تلقیح شده با PGPR به علت افزایش تولید هورمون وجذب عناصر می باشد (Sajid *et al*., 2008). البته برخی از محققین طی تحقیقی نشان دادند که وزن تر ریشه، تخمین غیرقابل اعتمادی از تاثیر باکتری بر رشد ریشه است (Bashan and Bashan, 2005). آنها طی تحقیقی مشاهده

Archive of SID

www.SID.ir

کردند که وزن تر ریشه به شدت تحت تاثیر دمای هوا، رطوبت نسبی، جریان هوا، تغییر شدت روشنایی درطول استخراج ریشه از بستر مربوطه و همچنین چگونگی خشک نمودن ریشه قرار می گیرد.

باکتری سودوموناس بر سطح برگ، در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین سطح برگ در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۴۴۰/۰۴ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۱۹/۴۶ سانتی‌متر مربع) رویت گردید (جدول ۳). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس، سطح برگ بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ سطح برگ بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر سطح برگ نداشت، هر چند که نسبت به شاهد بدون کود از سطح برگ بالاتری برخوردار بودند (جدول ۳). سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه و نیز معیاری از اندازه و توانایی دستگاه فتوسنتزی است و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد، نقش بسزایی دارد. بنابراین، با توجه به افزایش این صفت، افزایش رشد و نمو و عملکرد گیاه بر اثر استفاده از این باکتری‌ها قابل انتظار می‌باشد. از آنجائی که برگ‌ها اندام اصلی فتوسنتز کننده در گیاه می‌باشند، افزایش سطح برگ موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی بیشتری جهت استفاده هرچه بیشتر از نور موجود در محیط و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد. این نتایج با نتایج Gholami و همکاران (۲۰۰۹) در مورد ذرت مطابقت دارد. ریزجانداران نقش مهمی در تقسیم سلولی دارند. در ضمن نقش مهمی در توسعه و رشد گیاه از خود نشان می‌دهند. باکتری‌ها در جذب عناصر و تولید هورمون سیتوکنین موثرند. بنابراین با تقسیم سلولی بیشتر و توسعه سلول‌ها می‌توانند سطح برگ را افزایش دهند (Gholizadeh *et al*., 2009). افزایش سطح برگ با عملکرد، رابطه مستقیم دارد و با افزایش سطح برگ، رشد گیاه افزایش می‌یابد. در محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر ذرت گزارش شد که طی محلول‌پاشی، جذب عناصری مثل روی و آهن افزایش می‌یابد. در ضمن بیان شد که در استفاده از این ریزجانداران، تولید اسید اندول استیک و جیبرلین در گیاه افزایش می‌یابد که عوامل مذکور سبب افزایش طول و پهنای برگ ذرت می‌شوند *(Yosefi et al., 2011)*. همچنین مشخص شد که سطح برگ در اثرتلقیح باکتری‌های سودوموناس با بذر، افزایش نشان می‌دهد (Amal *et al*., 2010).

باکتری سودوموناس بر میزان فسفر در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین میزان فسفر در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۱۳/۶۳ میلی گرم در دسی‌لیتر) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۵/۷۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) رویت گردید (جدول ۵). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس، میزان فسفر بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ میزان فسفر بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر میزان فسفر نداشت، هر چند که نسبت به شاهد بدون کود از میزان فسفر بالاتری برخوردار بودند (جدول ۵). این نتایج با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Yazdani *et al*., 2009). آنها بیان نمودند که با استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌توان در حدود ۵۰ درصد در مصرف کود فسفر صرفه‌جویی کرد. در بررسی‌های مختلف بیان شد که این ریزجانداران، توانایی حل‌کنندگی فسفات و

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس صفت‌های کیفی برنج رقم هاشمی در سطوح مختلف باکتری

منبع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	اکسین اکسیداز	پنجه بارور	دانه در خوشه	وزن صد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۰/۰۴۴^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۲۶/۷۲**	۰/۴۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}
باکتری	۱۰	۲۱۶/۱۲**	۰/۲۹**	۳/۹**	۸۲۸/۴۵**	۰/۷۹**	۸/۸۷**
خطا	۳۰	۰/۰۳۷	۰/۰۱	۱/۰۵	۲۱/۷۲	۰/۳۷	۱/۰۲
ضریب تغییرات	-	۱۱/۰۹	۱۱/۳۲	۱۲/۳۵	۱۱/۲۴	۱۴/۸۱	۱۰/۵

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد *اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ^{ns}عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- جدول مقایسات میانگین صفت‌های کمی و کیفی برنج رقم هاشمی در سطوح مختلف باکتری

منبع تغییرات	فسفر (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	اکسین اکسیداز (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	پنجه بارور	دانه در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در بوته)
بدون محلول‌پاشی و کود (شاهد)	۵/۷۳^{c}	۱/۲۵^{a}	۲/۵^{e}	۲۸/۷۵^{c}	۱/۴۱^{d}	۲/۰۹^{d}
بدون محلول‌پاشی و با مصرف کود	۱۱/۴۱^{b}	۱/۰۱^{b}	۵/۲۶^{c}	۴۰/۵^{b}	۴/۷۵^{b}	۱۰/۰۱^{ab}
محلول‌پاشی با باکتری ۱۳۶	۱۱/۳۳^{b}	۰/۸۴^{c}	۵/۰۷^{c}	۳۱/۵^{c}	۴/۷۵^{b}	۷/۵۱^{c}
محلول‌پاشی با متابولیت ۱۳۶	۱۱/۱۳^{b}	۱/۲۴^{a}	۴/۷۲^{c}	۱۷^{d}	۴/۳۶^{bc}	۷/۵^{c}
محلول‌پاشی با باکتری ۱۶۸	۱۱/۳۳^{b}	۱/۰۴^{b}	۴/۷۷^{c}	۱۸/۵^{d}	۴/۵^{bc}	۷/۹۷^{c}
محلول‌پاشی با متابولیت ۱۶۸	۱۱/۰۳^{b}	۱/۰۹^{b}	۳/۳۹^{de}	۱۷/۵^{d}	۴/۱۷^{bc}	۷/۴۷^{c}
محلول‌پاشی با باکتری ۴۱	۱۱/۶۳^{b}	۰/۷۴^{c}	۵/۷۹^{abc}	۳۸/۲۵^{b}	۴/۸^{ab}	۱۰/۱۴^{ab}
محلول‌پاشی با متابولیت ۴۱	۱۱/۳^{b}	۱/۰۴^{b}	۳/۲۳^{de}	۱۷/۷۵^{d}	۳/۱۴^{c}	۶/۸^{c}
تلقیح ریشه با باکتری ۱۳۶	۱۱/۶۴^{b}	۰/۴۸^{d}	۵/۴۷^{ab}	۴۰/۷۵^{b}	۴/۲۵^{ab}	۱۰/۴۷^{a}
تلقیح ریشه با باکتری ۱۶۸	۱۱/۴۴^{b}	۰/۷۷^{c}	۵/۴۸^{bc}	۳۴/۵^{bc}	۴/۰۸^{ab}	۹/۶^{b}
تلقیح ریشه با باکتری ۴۱	۱۳/۶۳^{a}	۰/۴۵^{d}	۵/۷۱^{a}	۴۱^{a}	۴/۸۵^{a}	۱۱/۳۵^{a}

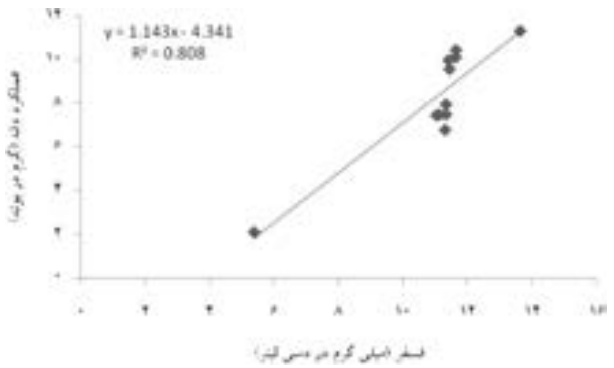
اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

افزایش قابلیت استفاده از فسفر توسط گیاهان را افزایش می‌دهند. به نظر می‌رسد که افزایش جذب فسفر در گیاهان تلقیح شده می‌تواند به سبب افزایش ترشح متابولیت‌ها و اسیدهای آلی از این ریزجانداران باشد که در قابلیت انحلال فسفر غیرقابل جذب و افزایش جذب آن توسط گیاه میزبان بسیار مؤثر می‌باشد. در آزمایش ما جذب فسفر رابطه خطی با افزایش عملکرد داشت (شکل ۱). همچنین افزایش جذب فسفر در عدس تلقیح شده با *P. diminuta* به میزان ۳۸ درصد گزارش شده است (Kumar and Chandra, 2008). مشاهده شد که برخی سویه‌های باکتری جنس سودوموناس قادر به تولید سیتوکینین و فسفر آلی محلول می‌باشند (Nieman *et al*., 2009).

اثر باکتری محرک رشد بر میزان اکسین اکسیداز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین میزان اکسین اکسیداز در تیمار شاهد بدون کود (۱/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر بافت گیاهی) مشاهده شد و کمترین آن در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۰/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر بافت گیاهی) به ثبت رسید (جدول ۵). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس میزان اکسین اکسیداز بسیار کمتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ میزان اکسین اکسیداز پائین‌تری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. استفاده از

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- رابطه بین میزان فسفر جذب شده توسط گیاه و عملکرد دانه

متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر میزان اکسین اکسیداز نداشت (جدول ۵). در واقع میزان آنزیم اکسین اکسیداز با مقدار اکسین رابطه عکس دارد. هر چه فعالیت این آنزیم بیشتر باشد، باعث تجزیه اکسین شده و از اثرات مثبت آن بر رشد گیاه می‌کاهد و بالعکس.

افزایش تولید اسید اندول استیک توسط باکتری‌های محرک رشد در گیاهان ثابت شده است. این ریزجانداران می‌توانند باعث تحریک رشد ریشه از طریق تولید اسید اندول استیک شوند (Mohotra and Srivastava, 2009). بیان شده است که با تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، میزان اکسین و ACC دآمیناز در ذرت افزایش یافت (Sajid *et al*., 2008) . در مطالعه‌ای بر روی گندم، Rasouli و همکاران (۲۰۰۸) شاهد تولید و افزایش اکسین در گندم تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس بودند. مشخص شد که این ریزجانداران قادرند میزان تولید آنزیم آمیلاز و کاتالاز را در فلفل افزایش دهند. همچنین آنها قادرند حلالیت فسفات، تولید اسید اندول استیک و سیدروفور را افزایش دهند (Datta *et al*., 2011). در بررسی Ashrafuzzaman و همکاران (۲۰۰۹) بر روی برنج، توانایی باکتری‌های حل کننده فسفات در تولید اسید اندول استیک معلوم شد.

باکتری سودوموناس بر تعداد دانه در خوشه در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در خوشه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۴۱ عدد) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۲۸/۷۵ عدد) رویت گردید (جدول ۵). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس، تعداد دانه در خوشه بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ تعداد دانه در خوشه بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر تعداد دانه در خوشه نداشت (جدول ۵). مطالعات نشان داد که در گندم تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنس سویه‌های ۱۵۹ و ۱۶۹ و سودوموناس پوتیدا سویه‌های ۱۰۸ و ۴۹ تعداد دانه در خوشه افزایش یافت (Abbaspour *et al*., 2009). طی مطالعه‌ای بر روی ذرت نتیجه شد که تلقیح آزوسپیریلوم و ازتوباکتر با گیاه باعث افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود (Ashrafi and Seiedi, 2011). در آزمایشی نتایج حاصل نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار این ریزجانداران بر تعداد دانه در سنبله بوده است (Sharifi *et al*., 2011).

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از باکتری سودوموناس بر وزن صد دانه در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین وزن صد دانه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۱/۴۱ گرم) مشاهده شد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد بدون کود (۴/۸۵ گرم) رویت گردید (جدول ۵). در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ وزن صد دانه بیشتری نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری نداشت (جدول ۵). بیان شده است که ذرت در تمام تیمارهای تلقیح با *Pseudomonas fluorescens*، *P. putida* و *Azospirillium* افزایش در وزن صد دانه داشته است (Gholami *et al*., 2009). تلقیح سودوموناس باعث افزایش وزن دانه ذرت شد (Naveed *et al*., 2008). نتایج Abbaspour و همکاران (۲۰۰۹) بیان کرد که تلقیح گندم با باکتری سودوموناس باعث افزایش وزن دانه در حدود ۲۶ درصد گردید که نتایج تحقیق اخیر با نتایج قبلی مطابقت دارد. دلیل این افزایش، توانایی ریزجانداران در جذب عناصری که در افزایش وزن دانه نقش دارند، بیان شده است.

سودوموناس بر تعداد پنجه بارور تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین تعداد پنجه بارور، در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ مشاهده شد و کمترین آن در تیمار شاهد بدون کود بود (جدول ۵). در بین تیمارها، تلقیح ریشه با سودوموناس، تعداد پنجه بارور بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای محلول‌پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ تعداد پنجه بارور بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح نشان داد. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر تعداد پنجه بارور نداشت (جدول ۵). گزارش‌ها نشان داد که استفاده از ازتوباکتر باعث افزایش تعداد پنجه‌های بارور در گندم شده است (Manske *et al*., 2000; Kader *et al*., 2002). احتشامی و همکاران (۱۳۸۹) نیز افزایش تعداد پنجه بارور در برنج را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های سودوموناس گزارش کردند.

ریزجاندار محرک رشد بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح ریشه با سودوموناس سویه ۴۱ (۱۱/۳۵ گرم در بوته) دیده شد و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بدون کود (۲/۰۹ گرم در بوته) رقم خورد (جدول ۵). در بین تیمارهای تلقیح ریشه با باکتری، تلقیح ریشه با سه سویه سودوموناس، عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تیمار کودی بدون تلقیح داشتند. در بین تیمارهای محلول پاشی با باکتری نیز تیمار محلول‌پاشی با سودوموناس سویه ۴۱ عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با سایر سویه‌ها نسبت به تیمار کودی بدون تلقیح داشت. در بین تیمارهای استفاده از باکتری سودوموناس، استفاده از متابولیت‌ها نسبت به تلقیح ریشه با باکتری و محلول‌پاشی باکتری اثری بر عملکرد دانه نداشت، هر چند که نسبت به شاهد بدون کود از وزن خشک ریشه بالاتری برخوردار بودند (جدول ۵). افزایش عملکرد برنج به میزان ۲۳ درصد در اثر تلقیح ریشه با سودوموناس گزارش شده است (Jha *et al*., 2009). در تحقیقی دیگر در اثر تلقیح توأم بذر گندم با قارچ میکوریز و سودوموناس، عملکرد دانه به میزان ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (Mader *et al*., 2011).

همان گونه که از جدول ۶ پیداست، ضریب همبستگی بین صفات کمی و کیفی برنج تحت شرایط آزمایش نشان داد که عملکرد با وزن صد دانه، میزان اکسین اکسیداز، شاخص برداشت، منیزیم، فسفر، تعداد پنجه بارور و ارتفاع بوته همبستگی معنی‌داری داشت و با بقیه صفات همبستگی معنی‌داری نشان نداد. در واقع استفاده از ریزجانداران حل کننده فسفات باعث افزایش جذب فسفر و منیزیم و به دنبال آن افزایش عملکرد شد. در ضمن این.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- جدول مقایسات میانگین صفت‌های کیفی برنج رقم هاشمی در سطوح مختلف باکتری

	عملکرد	وزن صد دانه	اکسین اکسیداز	فسفر	سطح برگ	وزن خشک ریشه	طول ریشه	طول خوشه	قطر ساقه	پنجه در بوته	پنجه بارور	طول بوته	دانه در خوشه
تعداد دانه در خوشه													۱
طول بوته												۱	۰/۲۸^{ns}
پنجه بارور											۱	۰/۴۱**	۰/۱۲^{ns}
تعداد پنجه در بوته										۱	۰/۵۳**	۰/۵**	-۰/۱۴^{ns}
قطر ساقه									۱	-۰/۴۸**	۰/۴۷**	-۰/۳۱*	۰/۱ ^{ns}
طول خوشه								۱	۰/۴۱**	۰/۴۴**	۰/۵**	۰/۶۴**	۰/۳۸*
طول ریشه							۱	۰/۲۵^{ns}	-۰/۴۶**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۰/۳۸**	۰/۳۷*
وزن خشک ریشه						۱	۰/۶۳**	۰/۳۶*	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۴۸**	-۰/۰۰۱^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}
سطح برگ					۱	-۰/۰۵^{ns}	۰/۳۳*	۰/۲۴^{ns}	-۰/۳۳*	۰/۲۷^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۴**	۰/۲۶ ^{ns}
فسفر				۱	۰/۲۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۳۱*	-۰/۷**	۰/۲۳^{ns}	۰/۴۸**	-۰/۲۲^{ns}	-۰/۹**	-۰/۳*
اکسین اکسیداز			۱	۰/۹۸**	-۰/۲۲^{ns}	۰/۰۴^{ns}	-۰/۳۱*	-۰/۶۸**	۰/۱۹^{ns}	-۰/۴۹**	-۰/۲۴^{ns}	-۰/۹**	-۰/۲۹^{ns}
وزن صد دانه	۱	۱	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۱۵^{ns}	-۰/۱۴^{ns}	-۰/۴۲**	-۰/۷۴**	۰/۲۶^{ns}	-۰/۵۳**	-۰/۳۱*	-۰/۸۱**	-۰/۲^{ns}
عملکرد	۱	۰/۳*	۰/۴۱**	۰/۳۹**	۰/۱۵^{ns}	۰/۲۸^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۸۳	۰/۳۷*	۰/۱۲^{ns}

اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

روابط روشن ساخت که میزان اکسین اکسیداز با تمام عناصر غذائی به جز کلسیم همبستگی معنی‌داری نشان داد افزایش در میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه باعث افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه شده است. در ضمن در طول دوره زایشی، مواد معدنی تجمع یافته به اندامهای زایشی (انتقال مجدد) منتقل و در نهایت منجر به افزایش وزن دانه و بالتبع عملکرد دانه شدند.

نتیجه‌گیری:

نتایج این تحقیق حاکی از تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد کمی و کیفی برنج رقم هاشمی بود. در بین کاربردهای مختلف باکتری سودوموناس، تلقیح ریشه، بهترین کارائی را داشت و در این بین، تلقیح ریشه با سویه‌های ۴۱ و ۱۳۶ بهترین کارائی را نسبت به سویه ۱۶۸ نشان داد. پس از تلقیح ریشه با باکتری، محلول‌پاشی باکتری، نتیجه بهتری داشت که در این بین تنها محلول‌پاشی با باکتری سودوموناس سویه ۴۱ نسبت به تیمار واجد کود و بدون تلقیح، بهتر از بقیه عمل کرد.

هیچ یک از تیمارهای محلول‌پاشی با متابولیت‌ها نقش موثری بر رشد گیاه نداشتند. به نظر می‌رسد تغییر کمیت و کیفیت تراوه‌های ریشه‌ای، از اهمیت فوق‌العاده‌ای در عکس‌العمل گیاه به تلقیح باکتریایی برخوردار می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان این گونه بیان کرد که میزان عناصر و هورمون بالاتر نسبت به شاهد، موجب افزایش رشد اندام های رویشی گیاه شده است. توانایی باکتری‌های مورد مطالعه در توسعه سیستم ریشه‌ای نیز از عوامل موثر در جذب عناصر غذائی می‌باشد. همچنین PGPR با تولید آنزیم فسفاتاز، قادر به معدنی کردن فسفات آلی خاک می‌باشند و منابع فسفر قابل جذب برای گیاه از خاک را افزایش می‌دهند. در پایان آزمایش مشخص شد که هر چند تلقیح ریشه با این باکتری‌ها مناسب‌تر است، اما یافته‌های این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی این باکتری‌ها نیز می تواند در افزایش رشد و عملکرد دانه کارساز باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع:

احتشامی، س. م. ر.، امین دلدار، ز. و خاوازی، ک. (۱۳۸۹) اثر محلول‌پاشی باکتری‌های جنس سودوموناس بر صفات کمی و اجزای عملکرد ارقام برنج. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

حسن زاده، ا.، مظاهری، د.، چایی‌چی، م. و خاوازی، ک. (۱۳۸۶) کارایی مصرف باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو، پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی) ۷۷: ۱۱۸-۱۱۱.

سادات، ع.، ثواقبی، غ.، رجالی، ف.، فرحبخش، م.، خاوازی، ک. و شیرمردی، م. (۱۳۸۸) تاثیر چند نوع قارچ میکوریز و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۶۲-۵۳.

کوچکی، ع. ر.، تبریزی، ل. و قربانی، ر. (۱۳۸۷) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگیهای رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*)، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶: ۲۸۳-۲۷۰.

Abbaspoor, A., Zabihi, H. R., Movafegh, S. and Akbari Asl, M. H. (2009) The efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of two varieties of salinity conditions. American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3: 824-828.

Abdul-jalil, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. (2007) *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Biointerfaces 60: 7-13.

Alef, K. and Nannipieri, P. (1995) Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, Bayreuth.

Amal, G. A., Orabi, S. and Gomaa, A. M. (2010) Bioorganic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6: 270-279.

Aseri, G. K., Neelam, J., Jitendra, P., Rao, A. V. and Meghwal, P. R. (2008) Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae 117:130-135.

Ashrafi, V. and Seiedi, M. N. (2011) Influence of different plant densities and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield attributes of corn (*Zea maize* L.). Recent Research in Science and Technology 3: 63-66.

Ashrafuzzaman, M., Akhtar, H. F., Razi, M. I., Anamul, M. D. H., Zahurul, M. I., Shahidullah, S. M. and Sariah, M. (2009) Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology 8:1247-1252.

Bashan, Y. and Bashan, D. (2005) Fresh weight measurements of the effect of plant growth promoting bacteria on root growth agritical examination. Soil Biology and Biochemistry 37: 1759-1804.

Becking, J. H. (2006) Prokaryotes 6: 759-783.

Beffa, R., Martin, H. V. and Pilet, P. E. (1990) *In vitro* oxidation of indoleacetic acid by soluble auxin-oxidases and peroxidases from maize roots. Plant Physiology 94: 485-491.

Chen, Y., Mei, R., Lu, S., Liu, L. and Kloepper, J. W. (1994) The use of a yield increasing bacteria as PGPR in Chinese agriculture. In management of soil borne diseases (eds. Gupta, U. K. and Uthede, R.) pp. 270-289. Narosa Publishing House, New Delhi, India.

Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M. K. and Banerje, S. (2011) Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chill (*Capsicum annuum* L.) under field condition**.** Australian Journal of Crop Science 5: 531-536.

Esitken, A., Pirlak, L., Turan, M. and Shahin, F. (2006) Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. Scientia Horticulturae 110: 324-327.

Esitken, A., Yildiz, H. E., Ercisli, S., Donmez, M. F., Turan, M. and Gunes, A. (2010) Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Scientia Horticulturae 124: 62-66.

FAO. 2007. FAO Food and Agricultural commodities production. Available online at: http://www.faostat.fao.org/site/339/default/aspex/. Accessed 14 April 2007.

Gholami, A., Shahsavari, S. and Nezarate, S. (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 19-24.

Gholizadeh, A., Amin, M. S. M., Anuar, A. R. and Aimrun, W. (2009) Evaluation of spad chlorophyll meter in two different rice growth stage and its temporal variability. European Journal of Scientific Research 37: 591-598.

Archive of SID

www.SID.ir

rescens: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology 45: 44-51.

Naveed, M., Khalid, M., Jones, D. L., Ahmad, R. and Zahir, Z. A. (2008) Relative efficacy of *Pseudomonas spp.* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of organic fertilizer. Pakistan Journal of Botany 40: 1243-1251.

Ramezanpour, M., Popov, Y., Khavazi, K. and Rahmani, H. A. (2010) Genetic diversity and efficiency of indole acetic acid production by the isolates of *fluorescent pseudomonads* from rhizospher of rice (*Oryza sativa* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 7: 103-109.

Rasouli, M. H. S., Barin, M. and Jalili, F. (2008) The effect of PGPR inoculation on the growth of wheat. International meeting on soil fertility land management and agroclimatology, Istanbol, Turkey.

Sajid, M., Zahir, N., Zahir, A., Naveed, M., Arshad, M. and Shahzad, S. M. (2008) Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under stress. Soil and Environment 25: 78-84.

Saleem, M. (2007) Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stresses Agriculture. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 34: 635-648.

Sharifi, R. S., Khavazi, K. and Gholiopuri, A. (2011) Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.). International Research Journal of Biochemistry and Bioinformations 1: 76-83.

Sperber, J. I. (1958) The incidence of apatite-solbilizing organisms in the rizhosphere and soil. Australian Journal of Agricultural Research 9:778-781.

Stijn, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. (2009) Plant Growth-Promoting Actions of Rhizobacteria. Advances in Botanical Research 51: 283-320.

Sudhakar, P., Chattopadhyay, G. N., Gangwar, S. K. and Ghosh, J. K. (2000) Effect of foliar application of *Azatobacter*, *Azospririllum* and *Beijerinkia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). Journal of Agricultural Sciences 134: 227–234.

Vijayan, S. P., Chakraborti, P. D. and Ghosh, K. (2007) Foliar application of *Azatobactor chroococcum* increases leaf yield under saline conditions in mulberry (*Morus spp.*). Scientia Horticulturae 113: 307–311.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I. and Li, C. (2010) Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49- 54.

Hanson, W. C. (1950) The photometric determination of phosphorus in fertilizers using the phosphor vanadomolybdate complex. Journal of Science in Food and Agriculture 1: 172-173.

Jha, B., Thakur, M. C., Gontia, I., Albrecht, V., Stoffels, M., Schmid, M. and Hartmann, A. (2009) Isolation, partial identification and application of diazotrophic rhizobacteria from traditional Indian rice cultivars. European Journal of Soil Biology 45: 62-72.

Kader, M. A., Mian, M. H. and Hoque, M. S. (2002) Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Online Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Karlıdag, H., Esitken, A., Turan, M. and Sahin, F. (2007) Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Horticuiturae 114: 16-20.

Kavino, M., Harish, S., Kumar, N., Saravanakumar, D. and Samiyappan, R. (2010) Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa spp.*) under field conditions. Applied Soil Ecology 45: 71–77.

Kirchner, M. (1993) Soil microbial population and activities in reduced chemical input agroecosystems. SSSAJ 57: 1289-1295.

Kumar, R. and Chandra, R. (2008) Influence of PGPR and PSB on *Rhizobium leguminosarum* Bv. *viciae* strain competition and symbiotic performance in Lentil. World Journal of Agricultural Sciences 4: 297-301.

Larsen, J., Cornejo, P. and Míguel Barea, J. (2009) Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus.* Soil Biology and Biochemistry 41:286-292.

Mader, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H. S., Sharma, A. K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B. N. and Fried, P. M. (2011) Inoculation of root microorganisms for sustainable wheaterice and wheateblack gram rotations in India. Soil Biology and Biochemistry 43: 609-619.

Manske, G. B., Luttger, A., Behl, R. K., Vlek, P. G. and Cimmit, M. (2000) Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growh by Azotobacter chroococcum in wheat. Plant Breeding 13: 78–83

Mohotra, M. and Srivastava, S. (2009) Stress-responsive indole-3-acetic acid biosynthesis by *Azospirillum brasilense* SM and its ability to modulate plant growth. European Journal of Soil Biology 45: 73-80.

Naiman, A. D., Alejandra Latronico, I. E. and de Salamone, G. (2009) Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluo-*

Archive of SID

www.SID.ir

phosphorus fertilizer accompanied with micronutrient foliar applicatin on growth, yield and yield components of maize (single cross 704). Australian Journal of Crop Science 5: 175-180.

Zaidi, A., and Saghir Khan, M. (2006) Co-inoculation effects of phosphat solubilizing microorganism and *Glomus fasciculatum* on Green gram *Bradyrhizobium* Symbiosis. Biology and Fertility of Soils 35: 501–511.

Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H. and Esmaili, M. A. (2009) Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). International Journal of Biology and Life Sciences 5: 90-92.

Yosefi, K., Galavi, M., Ramrodi M. and Mousavi, R. (2011) Effect of bio-phosphate and chemical

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation of spraying or root inoculation by Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) and their metabolits on morphophysiological indices, qualitative indices and yield in Hashemi cultivar of rice

[1]J. Asghari, [1]S. M. R. Ehteshami[*], [1]Z. Rajabi Darvishan and [2]K. Khavazi
[1]Department of agronomy and plant breeding, College of Agricultural, University of Guilan;
[2]Faculty member, Research Institute of Soil and Water, Karaj
(Received: 31 Juiy 2012; Accepted: 26 Desamber 2012).

Abstract:

In order to Investe spraying by Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) and their metabolits on morphophysiological indices, qualitative indices and yield in Hashemi cultivar of rice, an experiment was arranged based on completely randomized block design with four replications in the greenhouse of the faculty of Agricultural Sciences in The University of Guilan in 2010. In this research, evaluated treatments consisted of: without spraying and fertilizer (control), without spraying and use of fertilizer, spraying with *P.fluorescens* strain 168, spraying with metabolits of *P.fluorescens* strain 168, inoculation with *P.fluorescens* strain 168, spraying with *P.fluorescens* strain 136, spraying with metabolits of *P.fluorescens* strain 136, inoculation with *P.fluorescens* strain 136, spraying with *P.fluorescens* strain 41, spraying with metabolits of *P.fluorescens* strain 41, inoculation with *P.fluorescens* strain 41. The results of experiment showed that the effect of different levels of bacteria were significant on quantitative and qualitative indices. Root inoculation with *P.fluorescens* strain 41 was higher than other treatments in all of the studied indices. However, the spraying with *P.fluorescens* strain 41 had lower effect than root inoculation with *P.fluorescens* strain 41 and *P.fluorescens* strain 136, but its results were better in compared with fertilizer and not spraying treatment. Results of spraying effect of metabolits from various bacteria were different that it could prove bacterial regulator effect on plant growth and development. Improvement of nutrient uptake by plant increased dry matter and minerals in plant stems and leaves, and thus increased seed yield. Results showed root inoculation with growth promoting bacteria was more effective compared with their spraying on quantitative and qualitative indices of rice, but they could be used as complementary of root inoculation with PGPR for plant yield improvement.

Key words: *Pesuodomonas fluorescens*, Rice, Root inoculation, Spraying, Yield.

Archive of SID

* Corresponding Author: smrehteshami@yahoo.com

www.SID.ir