اثر محلول‌پاشی سویه‌های مختلف سودوموناس (*Pseudomnas fluorescens*) بر صفات کمی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج در شرایط گلخانه

سید محمدرضا احتشامی[1*]، زهرا امین‌دلدار[1] و کاظم خاوازی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۰)

چکیده

به منظور مطالعه اثر محلول‌پاشی باکتری‌های جنس سودوموناس بر صفات کمی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج، آزمایشی در گلخانه موسسه تحقیقات برنج رشت به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به‌اجرا درآمد. در این آزمایش، فاکتور رقم در دو سطح (هاشمی و خزر) و محلول‌پاشی با باکتری سودوموناس در هشت سطح (هشت سویه) به همراه یک تیمار شاهد (بدون باکتری) در نظر گرفته شدند. در این آزمایش قطر ساقه، ارتفاع بوته، طول خوشه، طول و عرض برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه در بوته و عملکرد تک بوته مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمایش مشخص کرد که بین سویه‌های مختلف سودوموناس تفاوت معنی‌داری در قطر ساقه وجود داشت. بیشترین طول برگ پرچم و ارتفاع را باکتری سویه ۱۳۶ سبب شد و کمترین آنها در سویه ۱۷۷ مشاهده شد. بیشترین تعداد دانه در خوشه در باکتری سویه ۴ دیده شد، اما کمترین تعداد نیز مربوط به سویه ۱۷۷ بود. در رابطه با تعداد دانه در بوته، باکتری سویه ۴ و ۱۶۸ بالاترین و کمترین تعداد دانه در بوته متعلق به باکتری سویه ۱۶۹ بود. در پایان آزمایش مشخص گردید که سویه‌های ۴، ۱۳۶ و ۱۶۸ بهتر از سایر سویه‌ها باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شده‌اند. به‌طور کلی می‌توان چنین اذعان کرد که محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر صفات کمی برنج دارای اثر مثبت بوده و باعث افزایش رشد گیاه شده است.

واژه‌های کلیدی: **اجزای عملکرد، برنج، صفات کمی، عملکرد، محلول‌پاشی.**

مقدمه

بروز مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی بسیار جالب و متنوع موجودات خاکزی و به‌ویژه ریزجانداران موجب گردیده که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق در مطالعات علمی روز، تلاش برای تولید کودهای زیستی باشد. استفاده از کودهای زیستی، در کنار سایر کودهای شیمیایی، نه‌تنها باعث افزایش عملکرد می‌شود، بلکه به‌مقدار زیادی از تخریب خاک جلوگیری می‌نماید (۲۲). استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی قدمت زیادی دارد. ولی بهره‌برداری علمی از این‌گونه منابع، سابقه چندانی ندارد. همچنین کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته است. ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده (۲) و سعی بر آن است تا از پتانسیل ریزموجودات خاک و مواد آلی به‌منظور حداکثر تولید، در ضمن توجه به

---

۱. دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: smrehteshami@yahoo.com

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	نیتروژن کل (%)	پتاسیم (mg/L)	مواد آلی (%)	فسفر (mg/L)	بافت خاک
۱/۳۳	۷/۳۰	۰/۱۷	۱۹۱	۱/۸۷	۱۴	رس سیلتی

کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست، استفاده گردد (۴). کودهای زیستی به‌صورت مایه تلقیح میکروبی برای تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه تعریف می‌شوند (۱). تعداد زیادی از ریزجانداران خاک که در ریزوسفر گیاهان زندگی می‌کنند، قادرند با مکانیزم‌های متفاوتی رشد گیاه را بهبود بخشند. این موجودات در مجموع، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) نامیده می‌شوند (۱۸). یکی از این باکتری‌ها *Pseudomonas fluorescens* است 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 (۸). مشخص شده که این باکتری‌ها از طریق محلول‌پاشی روی برگ‌ها می‌توانند از طریق روزنه‌های برگ و یا عبور از کوتیکول به درون بافت برگ نفوذ کنند و در آنجا از طریق تولید مواد محرک رشد و انتقال آنها به تمام نقاط گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند (۱۴). استفاده از باکتری‌های محرک رشد به صورت محلول‌پاشی روی شاخ و برگ در گیاهان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۱۳، ۱۴ و ۲۲). اسیتکن و همکاران (۱۵) نشان دادند که محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد (PGPB) اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه، رشد و میزان فسفر و عنصر روی توت فرنگی دارد. در آزمایشی دیگر، محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش معنی‌دار میزان آهن و منگنز و عملکرد گیلاس شد (۱۴). همچنین در مقایسه دو روش محلول‌پاشی و تلقیح باکتری‌های محرک رشد در شرایط مزرعه‌ای برای مدیریت و کنترل بیماری‌ها، روش محلول‌پاشی مؤثرتر بود (۹). هدف از انجام آزمایش حاضر، بررسی محلول‌پاشی سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنس بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در گلخانه مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. دمای گلخانه، ۲۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس و طول دوره روشنایی، ۱۳ تا ۱۴ ساعت بود. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل محلول‌پاشی با باکتری سودوموناس در هشت سطح [(شاهد (بدون محلول‌پاشی)، *P. fluorescens* strain 4، *P. fluorescens* strain 136، *P. fluorescens* strain 103، *P. fluorescens* strain 93، *P. fluorescens* strain 168، *P. fluorescens* strain 169 و *P. fluorescens* strain 177] و عامل رقم در دو سطح (خزر و هاشمی) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار انجام گرفت. پس از تهیه نشاها، گیاهچه‌ها به‌صورت تک بوته به گلدان منتقل شدند که هر گلدان حاوی پنج کیلوگرم خاک بود. قبل از انتقال نشاها نمونه‌برداری و تجزیه خاک نیز انجام شد که نتیجه تجزیه در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

در کلیه تیمارها، منجمله شاهد، برای تأمین نیاز کودی ارقام، کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت داده شد. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت غرقابی انجام گرفت. باکتری‌های سودوموناس مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه شد. جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، $۹/۸ \times ۱۰^{۷}$ برآورد گردید. ماده حامل نیز پرلیت بود. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت King B استفاده شد. پس از کشت

انفرادی باکتری‌ها و گذشت ۴۸ ساعت، شمارش جمعیت به روش Plate Count روی محیط‌های اختصاصی انجام گردید و سپس حجم مساوی از آنها با یکدیگر مخلوط شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد. عمل محلول‌پاشی در دو مرحله انجام شد. اولین مرحله، محلول‌پاشی در اوایل پنجه‌زنی و دومین مرحله، اواخر پنجه‌زنی (قبل از ساقه‌رفتن) بود. به‌طوری که تمام بوته با سویه باکتری مورد نظر کاملاً آغشته می‌شد. هر گلدان با ۹۵ میلی‌لیتر سوسپانسیون حاوی آب مقطر و باکتری مورد نظر (۹/۵ گرم) محلول‌پاشی شد. در این آزمایش قطر ساقه، ارتفاع بوته، طول خوشه، طول و عرض برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه در بوته و عملکرد تک بوته مورد مطالعه قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از برنامه‌های آماری صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه داده‌ها حاکی از آن بود که بین ارقام خزر و هاشمی از لحاظ قطر ساقه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که مقایسه میانگین بین سطوح ارقام نشان داد که رقم خزر با میانگین ۵/۶۳ میلی‌متر، قطر ساقه بیشتری را نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۳/۹۳ میلی‌متر به خود اختصاص داد (جدول ۳). همچنین بین سطوح باکتری‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر قطر ساقه وجود داشت (جدول ۲). باکتری سویه ۴ با ۶ میلی‌متر، قطورترین ساقه و باکتری سویه ۱۷۷، نازک‌ترین ساقه را در گیاه سبب شدند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که وجود باکتری سویه ۴ تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته و منجر به افزایش قطر گیاه شده است. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد باشد که توسط باکتری که از طریق برگ وارد گیاه شده، تولید و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. باکتری‌های محرک رشد همچنین با افزایش ساخت ترکیبات، رشد گیاهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (۱۷). کوچکی و همکاران (۶) بیان کردند که کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنت منجر به افزایش قطر ساقه می‌گردد. باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش قطر ساقه ذرت شده‌اند (۱).

از نظر ارتفاع نیز بین ارقام، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری‌که رقم هاشمی با ۱۴۳/۸۹ سانتی‌متر، ارتفاع بیشتری نسبت به خزر با میانگین ۱۰۸/۳ سانتی‌متر را دارا بود. بین باکتری‌ها نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به‌گونه‌ای که مقایسه میانگین بین سطوح باکتری حاکی از آن بود که باکتری سویه ۱۳۶ بیشترین ارتفاع و باکتری سویه ۱۷۷ کمترین ارتفاع را به خود اختصاص دادند. برخی از محققین، افزایش ارتفاع گیاهان همزیست را به‌دلیل تأثیر این ریزجانداران بر روابط کربن و نیتروژن و احتمالاً جنبه‌های دیگر بیوشیمی گیاه می‌دانند. با توجه به اینکه باکتری‌های محرک رشد باعث فعال شدن یک سری هورمون‌های گیاهی مثل اکسین می‌شوند، این افزایش ارتفاع قابل توجیه می‌باشد، زیرا اکسین یکی از هورمون‌هایی است که باعث افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه می‌شود. ذکر شده است که تلقیح با باکتری‌های سودوموناس و آزوسپیریلیوم، ارتفاع گیاه را افزایش می‌دهد (۱۶).

بین ارقام و همچنین بین سطوح باکتری‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ طول برگ پرچم مشاهده نشد (جدول ۲). در مقایسه میانگین‌ها، بیشترین طول برگ پرچم مربوط به باکتری سویه ۱۳۶ بود و کمترین مقدار آن در باکتری سویه ۱۷۷ مشاهده شد. بین ارقام نیز از این لحاظ تفاوت وجود داشت. اما آن‌قدر نبود که بتوان اختلاف بین دو رقم را معنی‌دار بیان کرد. عرض برگ پرچم با آنکه همانند طول برگ پرچم صفتی زنتیکی محسوب می‌شود، با این حال اختلاف معنی‌داری بین ارقام و سطوح باکتری‌ها مشاهده شد. به‌طوری که رقم خزر با میانگین ۱/۲۵ سانتی‌متر و رقم هاشمی با میانگین ۰/۶۶ سانتی‌متر به ترتیب عریض‌ترین و باریک‌ترین برگ پرچم را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). باکتری‌های سویه ۴ و ۱۶۸ در مقایسه میانگین داده‌ها در یک سطح قرار داشتند و عریض‌ترین

برگ پرچم را باکتری سویه ۴ سبب شد. باکتری‌های سویه ۱۷۷ و ۱۰۳ با میانگین ۰/۸۷ سانتی‌متر، کمترین عرض برگ پرچم را دارا بودند (جدول ۳). با توجه به اختلاف معنی‌دار در عرض برگ پرچم و اهمیت برگ پرچم در فتوسنتز و عملکرد گیاه، به‌خصوص در رشد و کیفیت دانه، می‌توان از این نتیجه به عملکرد بیشتر امیدوار بود.

نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین سطوح رقم و باکتری در تعداد پنجه بارور نشان داد (جدول ۲). تعداد پنجه بارور بیشتری در رقم خزر نسبت به رقم هاشمی مشاهده شد که این اختلاف با توجه به پرمحصول بودن رقم خزر نسبت به رقم هاشمی قابل پیش‌بینی بود. اما بین سطوح باکتری با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال ۱%، بیشترین تعداد پنجه بارور در باکتری سویه ۴ مشاهده شد که این نتیجه را می‌توان به دلیل دسترسی بهتر گیاه به مواد غذایی نسبت داد. همچنین اثر باکتری در رقم در تعداد پنجه بارور اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱% نشان داد (جدول ۵). به طوری که باکتری سویه ۱۶۸ در رقم خزر با میانگین ۸/۶ عدد، بیشترین تعداد پنجه بارور را به وجود آورد. کمترین تعداد پنجه بارور در باکتری سویه ۱۷۷ در رقم هاشمی بود. بدیهی است که زیاد شدن خوشه بارور، بهبود عملکرد را در پی خواهد داشت. کمترین تعداد پنجه بارور (با میانگین ۴/۸۳۳) مربوط به باکتری سویه ۱۶۹ و تیمار شاهد بود. با توجه به اینکه پنجه بارور یکی از صفات مربوط به اجزای عملکرد محسوب می‌شود، می‌توان از این نتیجه به‌عنوان روزنه‌ای برای دست‌یابی به افزایش عملکرد استفاده نمود. همچنین، در برخی منابع توسط پژوهشگران، به تأثیر مثبت این باکتری‌ها در رشد گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) (۲۳) و رزماری (*Rosmarinus officinalis*) اشاره شده است(۱۹).

تفاوت طول خوشه بین ارقام و همچنین بین سطوح باکتری معنی‌دار بود (جدول ۲)، تا حدی که رقم هاشمی با میانگین ۲۵/۱۲ سانتی‌متر از طول خوشه بیشتری نسبت به رقم خزر با میانگین ۲۳/۶۸سانتی‌متر برخوردار بود. مقایسه میانگین داده‌ها بین سطوح باکتری نشان داد که باکتری سویه ۴ طویل‌ترین طول خوشه را سبب شد که با توجه به اینکه این سویه باکتری عریض‌ترین برگ پرچم را به خود اختصاص داده بود، دور از انتظار نیست. زیرا همان‌طور که بیان شد، برگ پرچم نقش زیادی در این زمینه و عملکرد گیاه بازی می‌کند. کمترین طول خوشه نیز مربوط به تیمار شاهد بود. بر خلاف این آزمایش، در تحقیق حسن زاده و همکاران (۳) گزارش شده که اثر باکتری بر طول سنبله معنی‌دار نبوده است.

تجزیه واریانس حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری در وزن ۱۰۰ دانه، بین دو رقم و همچنین بین سطوح باکتری وجود ندارد. اما مقایسه میانگین بین باکتری‌ها نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۴/۷۶ گرم) مربوط به باکتری سویه ۱۷۷ و کمترین مقدار آن (۳/۴۹ گرم) مربوط به باکتری سویه ۴ بود (جدول ۳).

با توجه به این‌که بیشترین تعداد دانه در خوشه مربوط به باکتری ۱۷۷ بود، انتظار می‌رفت که این سویه باکتری، وزن ۱۰۰ دانه کمتری را ایجاد کند. زیرا با توجه به اصول تغذیه، هر چه تعداد دانه در خوشه کمتر باشد، به تک تک دانه‌ها مواد غذایی بیشتری رسیده، و بنابراین وزن ۱۰۰ دانه افزایش می‌یابد. اثر متقابل باکتری در رقم از لحاظ وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال ۵% نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به‌طوری که مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، باکتری سویه ۱۷۷ در رقم هاشمی با میانگین ۵/۸۲ گرم، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را به خود اختصاص داد و کمترین وزن ۱۰۰ دانه در تیمار مربوط به باکتری سویه در رقم خزر ۴ با مقدار ۳/۴۱ گرم مشاهده شد (جدول ۵).

نتایج نشان داد که بین خزر و هاشمی و همچنین بین سطوح باکتری‌ها از لحاظ تعداد دانه در خوشه اختلاف‌ها معنی‌دار بوده است (جدول ۲). رقم خزر با میانگین ۶۹/۲۴ دانه در خوشه نسبت به رقم هاشمی با ۴۶/۷۵ دانه در خوشه در رتبه اول قرار گرفت. بین سطوح باکتری اختلاف چشمگیری وجود داشت. به‌طوری که باکتری سویه ۴ با میانگین ۷۸/۰۵ دانه در خوشه در سطح اول قرار گرفت و کمترین مقدار مربوط به

تیمار محلول‌پاشی با باکتری ۱۷۷ بود (جدول ۳). با توجه به این که باکتری سویه ۴ بیشترین طول خوشه را داشت، انتظار بیشترین تعداد دانه در خوشه می‌رفت. در تحقیقی، گزارش شد که با کاربرد توأم قارچ میکوریزا به همراه باکتری سودوموناس فلورسنس در ذرت، تعداد دانه در خوشه افزایش یافته است (۵). همچنین ذکر شده است که ***P. fluorescens*** تعداد دانه را در بادام زمینی افزایش داده است (۱۱).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در بوته در سطوح رقم و باکتری اختلاف معنی‌داری را داشت. به‌طوری که رقم خزر با میانگین ۳۲۲/۱۳ دانه و رقم هاشمی با میانگین ۲۸۴/۲۱ دانه به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص دادند. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) مشاهده شد که باکتری سویه ۴ بیشترین تعداد دانه در بوته را شامل خود کرد و کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به باکتری سویه ۱۶۹ بود. این نتایج با نتایج اسیتکن و همکاران (۱۴) متناقض بود. آنها دریافتند که محلول‌پاشی با باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس سبب افزایش تعداد میوه تمشک می‌شود.

از لحاظ عملکرد دانه در بوته، در سطوح رقم و باکتری و همچنین اثر متقابل رقم و باکتری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. مقایسه میانگین بین سطوح باکتری نشان داد که باکتری سویه ۴ بیشترین و باکتری سویه ۱۷۷ کمترین عملکرد در بوته را داشت. همچنین رقم خزر نسبت به رقم هاشمی عملکرد بیشتری را به همراه داشت. اثر متقابل باکتری و رقم در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به‌طوری که رقم خزر به همراه باکتری‌های سویه ۱۳۶ و ۱۶۸ در سطح بالاتری نسبت به بقیه تیمارها قرار گرفتند. باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس در تمشک، چغندرقند، سیب، گندم و جو از این طریق و نیز تولید مواد ضد میکروبی باعث افزایش عملکرد محصولات شده‌اند (۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۲۱).

نتیجه‌گیری

باکتری‌های سویه ۴ و ۱۶۸ نسبت به بقیه سویه‌ها موفق‌تر عمل کرده و باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج خزر و هاشمی شدند. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم خزر به سویه‌های مورد بررسی بهتر جواب داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده و تأثیر متفاوت باکتری‌ها بر هر یک از صفات مربوطه و بخصوص بر صفات مربوط به اجزای عملکرد، می‌توان با اختلاط چند نوع از باکتری‌ها به بهترین عملکرد دست پیدا کرد و با توجه به این‌که کودهای زیستی باعث کاهش آلودگی محیط زیست و تخریب خاک و اکوسیستم می‌شوند، پیشنهاد می‌شود که جایگزین خوبی برای کودهای شیمیایی باشند. البته قابل ذکر است که این آزمایش باید در چندین مرحله زمانی و مکانی اجرا شود تا بتوان این پیشنهاد را به توصیه تبدیل کرد.

منابع مورد استفاده

۱.احتشامی، س. م. ر.، م. آقاعلیخانی، م. ر. چائی‌چی و ک. خاوازی. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم‌آبی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۰ (۱): ۱۵-۲۷.

۲.آستارائی، ا. و ع. ر. کوچکی. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳.حسن زاده، ا.، د. مظاهری، م. ر. چائی‌چی و ک. خاوازی. ۱۳۸۶. کارائی مصرف باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر و کود شیمیائی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی) ۷۷: ۱۱۱-۱۱۸.

۴.صالح راستین، ن. ۱۳۸۴. مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژی خاک. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه

مقالات - چاپ دوم). تدوین‌کنندگان: خاوازی، ک.، اسدی رحمانی، هـ. و ملکوتی، م. ج.، ص ۵-۳۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۴۳۹ ص.

۵. قورچیانی، م.، غ.ع. اکبری، ح.ع. علیخانی، ه. اله‌دادی و م. زارعی. ۱۳۹۰. اثر قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری سودوموناس بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی. مجله دانش آب و خاک ۲۱(۱): ۹۷-۱۱۴.

۶. کوچکی، ع. ر.، ل. تبریزی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶(۱): ۲۷۰-۲۸۳.

۷. معلم، ا. ح. و ح. ر. عشقی‌زاده. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیکی: مزیت‌ها و محدودیت‌ها. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان.

8. Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces Biointer. 60: 7-11.

9. Basha, S.A. and U.P. Singh. 2006. Differential methods of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria induce synthesis of phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds differentially in chickpea. Foliar Microbiol. 13: 463-468.

10. Cakmakci, R., F. Kantar and F. Sahin. 2001. Effect of N_2-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. J. Plant Nutr. 164: 527-531.

11. Dey, R., K.K. Pal, D.M. Bhatt and S.M. Chauhan. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. Microb. Res. 159: 371-394.

12. Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli and F. Sahin. 2002. Effects of foliar application of Bacillus subtilis Osu-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (*Coryneum blight*) of apricot. Garten Bauwissens Chaft 67: 139-142.

13. Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli, M. Turan and F. Sahin. 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacihaliloglu). Aust. J. Agric. Res. 54: 377-380.

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

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

16. Gholami, A., S. Shahsavani and S. Nezarat. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy Sci. Eng. Technol. 5: 19-24.

17. Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soil. Soil Biol. Biochem. 24: 389-95.

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

19. Leithy, S., T.A. El-Meseiry and E.F. Abdallah. 2006. Effect of seed treatment with native diazotrophs on the seedling parameters of Senna and Ashwagandha. Crop Res. 30: 119-123.

20. Minorsky, P.V. 2008. On the inside of plant. Plant Physiol. 146: 323-324.

21. Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin and A. Esitken. 2007. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrition element contents of leaves. J. Sustain. Agric. 30: 145-155.

22. Sudhakar, P., G.N. Chattopadhyay, S.K. Gangwar and J.K. Ghosh. 2000. Effect of foliar application of Azotobacter, Azospirillum and Beijerinckia on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). J. Agric. Sci. 134: 227-234.

23. Vital, W.M., N. Teixeira, R. Shigihara and A.F.M. Dias. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecosys. 27: 69-70.