# ارزیابی روش‌های مختلف تلقیح با باکتری *Enterobacter* sp. در بهبود جذب پتاسیم گیاه برنج

خدیجه شهسوارپور لنده[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲] و اسماعیل بخشنده[۳*]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۲- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، *۳- استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(آدرس پست الکترونیک: bakhshandehesmail@gmail.com و e.bakhshandeh@sanru.ac.ir)

**چکیده**

به‌منظور ارزیابی باکتری بومی افزاینده رشد *Enterobacter* sp. در بهبود ماده خشک و جذب پتاسیم گیاه برنج (رقم 'طارم هاشمی') آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. شش سطح کود سولفات‌پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت اصلی و چهار روش تلقیح (شاهد، تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری، تلقیح بذر در خزانه و تلقیح توأم نشاء و خزانه) به عنوان کرت فرعی بودند. طبق نتایج مطالعه حاضر کاربرد تلقیح توأم نشاء و خزانه باعث افزایش جذب پتاسیم دانه و بقایا در کپه به‌ترتیب ۱۸/۹۴ و ۱۳/۷ درصد و همچنین مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم باعث افزایش صفات به‌ترتیب ۲۲/۶۴ و ۹/۶۸ درصد نسبت به شاهد شد. بین روش‌های مختلف تلقیح اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بنابراین، از این روش‌ها می‌توان به‌خوبی جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر مبتنی بر اصول کشاورزی پایدار استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** باکتری افزاینده رشد، برنج، سولفات پتاسیم.

## مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) با سطح زیر کشت معادل ۱۵۰ میلیون هکتار و با تولید سالانه حدود ۷۵۰ میلیون تن شلتوک یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در جهان محسوب می‌شود (FAO, 2015). سال‌های طولانی است که از مصرف کودهای شیمیایی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی استفاده می‌شود، اما اتمام منابع اولیه و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه این کودها در آینده نه چندان دور، کاربرد همیشگی این گونه کودها را غیرقابل پیش‌بینی نموده است (Bakhshandeh et al., 2015). پتاسیم ($K^+$) سومین عنصر پرمصرف بوده که نقش مهمی در فعال کردن بسیاری از فرآیندهای متابولیکی از قبیل افزایش فتوسنتز، سنتز پروتئین، آنزیم‌ها و همچنین افزایش استحکام ساقه، تسهیل در جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد ایفا می‌نماید (Meena et al., 2016). به طورعمده پتاسیم در خاک به سه شکل محلول (قابل استفاده برای گیاه حدود یک تا دو درصد)، تثبیت شده و موجود در مواد معدنی خاک (حدود ۹۸-۹۰ درصد) وجود دارد (معظم قاسمی و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه در پی معرفی انواع ارقام پرمحصول، مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی بسیاری از محققین و کشاورزان به دنبال راه‌کاری جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات سالم می‌باشند (Zhang et al., 2013). بهره‌گیری از موجودات مفید خاکزی به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامت گیاه به عنوان یک منبع جایگزین برای کودهای شیمیایی به‌خصوص کود پتاسیم معرفی شد (Meena et al., 2016).

به‌طورکلی، ریزجانداران مفید به دو روش مستقیم (ترشح مواد آلی و تولید برخی از هورمون‌های گیاهی، انحلال ترکیبات نامحلول و تولید آنزیم‌ها) و غیرمستقیم (تولید سیدروفور، سیانید هیدروژن، خصوصیات بیوکنترلی، فعال‌سازی سیستم القاء مقاومت در گیاه و تسهیل جذب عناصر غذایی) باعث بهبود رشد گیاهان خواهند شد (Ahemad and Kibret, 2014).

در مجموع، بهبود حاصلخیزی خاک و تأمین سلامت گیاه به پایداری و تعادل سیستم زنده خاک کمک کرده و کاهش انباشت آلاینده‌های شیمیایی در محیط زیست و افزایش انحلال عناصر و جذب مواد غذایی در زمان کاربرد این‌گونه باکتری‌ها

نیز گزارش شده است (Hussain et al., 2016). باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم می‌توانند از طریق انحلال پتاسیم نامحلول در خاک به فرم قابل دسترس گیاه موجب بهبود جذب این عنصر توسط گیاه و کاهش مصرف کود شیمیایی شوند (Shanware et al., 2014). تا به امروز جهت تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد از روش‌های مختلفی استفاده شد که از جمله آن می‌توان به بذرمال نمودن باکتری‌های *Rahnella aquatillis*. *Enterobacter* sp. و *Pseudomonas* sp. در برنج (Bakhshandeh etal., 2015, 2017) و تلقیح ریشه گندم با باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp. (Hussain, 2016) اشاره نمود. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی روش‌های مختلف کاربرد باکتری بومی افزاینده رشد *Enterobacter* sp. بر بهبود جذب پتاسیم گیاه برنج (رقم 'طارم هاشمی') در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در روستای آقاملک شهرستان بابل با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۵ متر از سطح آب‌های آزاد به منظور بررسی اثر باکتری بومی افزاینده رشد *Enterobacter* sp. بر جذب پتاسیم در گیاه برنج (رقم 'طارم هاشمی') تحت سطوح مختلف کود پتاسیم به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح روش‌های مختلف تلقیح با باکتری (شاهد، تلقیح بذر در مرحله خزانه، تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری و تلقیح بذر در مرحله خزانه به همراه تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری) به عنوان کرت فرعی بودند. باکتری مورد مطالعه از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شد. برای کشت این باکتری از محیط‌کشت نیترینت‌براث به روش پیشنهادی توسط Bakhshandeh et al. (2014) استفاده گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و تیمارهای مختلف کود سولفات پتاسیم مصرف گردید. کود اوره در سه مرحله (۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، ۳۵ کیلوگرم در هکتار سه هفته بعد از نشاءکاری و ۳۵ کیلوگرم در هکتار در زمان ظهور خوشه) به زمین اضافه شد. منطقه مورد آزمایش دارای خاکی با بافت لومی‌رسی بود. جهت تلقیح بذر در خزانه، بذرهای جوانه‌دار برنج (با طول ریشه‌چه حدود سه میلی‌متر) به مدت پنج ساعت در چهار لیتر از سوسپانسیون حاوی باکتری (۱۰۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری کشت شده در محیط کشت نیترنت‌براث با جمعیت حدود $10^7$ سلول زنده در میلی‌لیتر به ازای هر لیتر آب) غوطه‌ور شدند. سپس بذرها به کمک آبکش از سوسپانسیون خارج و در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۵ × ۰/۹ متر پخش گردید. جهت تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری نیز بعد از کندن نشاءها (بدون تلقیح)، تلقیح ریشه گیاهچه‌های برنج (میانگین ۵-۴ برگی) با سوسپانسیون باکتری با جمعیت حدود $10^7$ سلول زنده در میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت و به روش غوطه‌وری ریشه انجام گردید. سپس نشاءها از محلول خارج و نشاءکاری در زمین اصلی انجام شد. در روش ترکیبی، از هر دو روش تلقیح بذر در مرحله خزانه و تلقیح ریشه گیاهچه‌های برنج استفاده شد. در تیمار شاهد تنها از محیط‌کشت نیترنت‌براث بدون حضور باکتری استفاده گردید. پس از اعمال تیمارها، نشاءها به صورت سه گیاهچه در هر کپه و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. آزمایش در خزانه و زمین اصلی در شرایط مطلوب مدیریتی اجرا شد. بنابراین، کلیه عملیات زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها به‌صورت یکنواخت انجام گردید. مقدار جذب پتاسیم در دانه و اندام رویشی برنج در مرحله برداشت به روش پیشنهاد شده Estefan et al.(2014) و به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و میانگین‌ها نیز به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دامنه تغییرات وزن دانه و بقایا به‌ترتیب از ۱۵/۸ تا ۲۸/۸ و ۲۹/۴ تا ۵۲/۸ گرم در کپه بود. همچنین محدوده جذب پتاسیم دانه و بقایا به‌ترتیب ۲۲/۲ تا ۴۷/۴ و ۱۴۲/۱ تا ۲۸۶/۲ میلی‌گرم در کپه متغیر بود. روش تلقیح

در همه صفات مورد بررسی و مصرف کود پتاسیم در صفات وزن دانه و جذب پتاسیم دانه معنی‌دار شد. اما اثر متقابل بین آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). کاربرد باکتری *Enterobacter* sp. در تیمارهای تلقیح تنها ریشه در زمان نشاءکاری، تلقیح تنها در خزانه و تلقیح توأم نشاء و خزانه به‌ترتیب باعث افزایش وزن خشک دانه (۱۴/۶۵، ۱۶/۰۸ و ۱۹/۷۸ درصد)، و بقایا (۶/۳۴، ۵/۹۵ و ۱۰/۵۶ درصد) در کپه و جذب پتاسیم دانه (۱۶/۱۶، ۱۵/۹۴ و ۱۸/۹۴ درصد) و بقایا در کپه (۳/۴۵، ۴/۴۵ و ۱۳/۷ درصد) نسبت به شاهد شد (جدول ۱). علاوه بر این، با افزایش مصرف پتاسیم از صفر (شاهد) تا ۱۲۵ کیلوگرم مقدار افزایش وزن دانه و بقایا به‌ترتیب ۱۸/۱۹ و ۷/۵۸ درصد و مقدار جذب پتاسیم به‌ترتیب ۲۲/۶۴ و ۹/۶۸ افزایش یافت. در هر سطح کود پتاسیم نیز کاربرد باکتری باعث افزایش مقدار صفات مورد مطالعه شد. علت افزایش را می‌توان به گسترش بیشتر ریشه در زمان کاربرد باکتری نسبت داد که موجب بهبود سطح ریشه و در نهایت جذب عناصر غذایی از خاک می‌گردد. مطابق با نتایج باکتری‌های افزاینده رشد با انحلال فسفر و پتاسیم نامحلول در خاک موجب افزایش دسترسی این عناصر و غلظت آن‌ها در بافت گیاه می‌شوند (Meena et al., 2016). همچنین، کاربرد پتاسیم و یا استفاده از روش‌های مختلف تلقیح در تنباکو، مقدار ماده خشک و جذب عناصر غذایی کاه و دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Zhang et al., 2013). به طور مشابه، تلقیح بذر ارقام مختلف برنج با *Pseudomonas* sp. از طریق تولید اکسین موجب بهبود جذب عناصر غذایی در گیاه و دانه برنج شد (رمضان‌پور و همکاران، ۲۰۱۰). در آزمایشی دیگر، افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه چای در زمان تلقیح خاک با باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم را گزارش نمودند. آن‌ها بیان داشتند که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم با حضور باکتری *Pseudomonas putida* موجب افزایش ۵۰ درصدی پتاسیم خاک نسبت به شاهد شد (Bagyalakshmi et al., 2012) همچنین تلقیح گیاهچه برنج با باکتری *Enterobacter* sp. موجب افزایش ماده خشک کل و پتاسیم جذب شده در برگ ، ساقه و ریشه گیاه به‌ترتیب ۶۵/۳، ۶۹/۲، ۵۲/۹ و ۵۰/۰ درصد نسبت به شاهد شد (Bakhshandeh et al., 2017) به‌طور مشابه، تلقیح ریشه گیاه گوجه‌فرنگی با باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم در خاک با مقدار پتاسیم پایین، منجر به تجمع بیشتر پتاسیم در بخش‌های هوایی (۵۹/۲۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد (کشاورززرجانی و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر، کاربرد دو باکتری *Klebsiella* sp. و *Enterobacter* sp. جذب پتاسیم را در گیاه تنباکو نسبت به شرایط شاهد به‌ترتیب ۹ و ۲۰ درصد افزایش داد (Zhang et al., 2013). به طور کلی، باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم می‌توانند پتاسیم نامحلول در خاک را به فرم قابل دسترس گیاه تبدیل کرده و با بهبود جذب این عنصر توسط گیاه موجب کاهش مصرف کود شیمیایی شوند (Shanware et al., 2014; Zhang et al., 2013) در مجموع، اگرچه روش‌های مختلف تلقیح موجب افزایش مقادیر صفات مورد بررسی شدند اما استفاده از روش تلقیح ترکیبی باعث بهبود وزن خشک و جذب عناصر غذایی توسط گیاه برنج حتی در مقادیر پایین‌تر مصرف کود سولفات پتاسیم شد. بنابراین، از این روش‌ها به خوبی می‌توان جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر در راستای اهداف کشاورزی پایدار استفاده نمود.

**جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در رقم برنج طارم هاشمی تحت تأثیر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و روش‌های مختلف تلقیح با باکتری *Enterobacter* sp.**

| پارامتر | | وزن دانه (گرم در کپه) | وزن خشک بقایا (گرم در کپه) | جذب پتاسیم در دانه (میلی‌گرم در کپه) | جذب پتاسیم در بقایا (میلی‌گرم در کپه) |
|---|---|---|---|---|---|
| تعداد مشاهده | | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ | ۷۲ |
| حداقل | | ۱۵/۸۷ | ۲۹/۴۴ | ۲۲/۲۶ | ۱۴۲/۱۴ |
| حداکثر | | ۲۸/۸۵ | ۵۲/۸۸ | ۴۷/۳۹ | ۲۸۶/۲۵ |
| میانگین | | ۲۲/۸۳ | ۴۰/۳۳ | ۳۴/۲۲ | ۲۰۰/۲۴ |
| انحراف‌معیار | | ۲/۹۰ | ۱/۶۱ | ۴/۹۳ | ۲۸/۹۵ |
| منابع تغییر | درجه‌آزادی | | | | |
| کود پتاسیم | ۵ | ۲۴/۷۷ * | ۲۲/۶۳ ns | ۷۵/۷۱ ** | ۹۴۶/۸۵ ns |
| روش تلقیح | ۳ | ۱۴/۹۴ ** | ۴۹/۳۲ * | ۱۲۳/۱۳۹ ** | ۲۰۴۴/۵۲ * |
| کود پتاسیم × روش تلقیح | ۱۵ | ۴/۷۵ ns | ۳۰/۳۹ ns | ۱۶/۵۵ ns | ۹۷۰/۸۲ ns |
| ضریب تغییر (درصد) | | ۸/۴۷ | ۹/۷۹ | ۱۰/۷۴ | ۱۲/۴۳ |
| تیمار | | | | مقایسه میانگین‌ها | |
| کود پتاسیم | | | | | |
| ۰ | | ۲۱/۱۶ c | ۳۸/۷۷ b | ۳۰/۹۸۹ d | ۱۹۳/۴۱ a |
| ۲۵ | | ۲۱/۸۸ (+۳/۴۰) c | ۳۹/۵۲ (+۱/۹۳) ab | ۳۲/۷۲۸ (+۵/۶۱) cd | ۱۹۳/۴۲ (+۰/۰۰) a |
| ۵۰ | | ۲۲/۰۱ (+۴/۰۱) bc | ۳۹/۸۴ (+۲/۷۵) ab | ۳۳/۱۱۶ (+۶/۸۶) bcd | ۱۹۴/۳۱ (+۰/۴۶) a |
| ۷۵ | | ۲۳/۰۲ (+۸/۷۹) bc | ۳۹/۷۸ (+۲/۶۰) ab | ۳۴/۴۵۵ (+۱۱/۱۸) bc | ۱۹۷/۲۰ (+۱/۹۵) a |
| ۱۰۰ | | ۲۳/۹۱ (+۱۲/۹) ab | ۴۲/۳۰ (+۹/۱۰) a | ۳۶/۰۲۵ (+۱۶/۲۵) ab | ۲۱۰/۹۷ (+۹/۰۷) a |
| ۱۲۵ | | ۲۵/۰۱ (+۱۸/۱۹) a | ۴۱/۷۱ (+۷/۵۸) ab | ۳۸/۰۰۸ (+۲۲/۶۴) a | ۲۱۲/۱۵ (+۹/۶۸) a |
| روش تلقیح | | | | | |
| شاهد | | ۲۰/۲۷ b | ۳۸/۱۴ b | ۳۰/۳۴۷ c | ۱۹۰/۲۱ b |
| تلقیح ریشه | | ۲۳/۲۴ (+۱۴/۶۵) a | ۴۰/۵۶ (+۶/۳۴) ab | ۳۵/۲۵۲(+۱۶/۱۶) a | ۱۹۶/۷۹ (+۳/۴۵) ab |
| تلقیح بذر | | ۲۳/۵۳ (۱۶/۰۸) a | ۴۰/۴۱ (۵/۹۵) ab | ۳۵/۱۸۶(+۱۵/۹۴) a | ۱۹۸/۶۹ (۴/۴۵) ab |
| تلقیح بذر + ریشه | | ۲۴/۲۸ (+۱۹/۷۸) a | ۴۲/۱۷ (+۱۰/۵۶) a | ۳۶/۰۹۷(+۱۸/۹۴) a | ۲۱۵/۲۷ (+۱۳/۱۷) a |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم معنی‌دار به روش آزمون LSD می‌باشد.

حرف یا حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. اعداد داخل پرانتز بیانگر درصد افزایش هر یک از تیمارها نسبت به شرایط شاهد می‌باشد.

## منابع

قاسمی، ا. توکلو، م.ر. و ذبیحی، ح.ر. ۱۳۹۱. تاثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی تیوبر سیب زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد هشتم، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۳۹ تا ۵۶.

قاسمی، م. مبصر، ح. ر. اسدیمنش، ح. قلی‌زاده، ع. ا. ۱۳۹۳. بررسی اثرات پتاسیم، روی و سیلیسیم بر عملکرد اجزای عملکرد و جذب آنها در دانه برنج (*Oryza sativa* L.). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد چهارم، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۱-۲۴.

کشاورززرجانی، ج. علی‌اصغرزاد، ن. و اوستان، ش. ۱۳۹۲. تأثیر شش سویه از باکتری‌های آزادکننده پتاسیم بر رشد و افزایش جذب پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۲۴۵ تا ۲۵۵.

Ahemad M. and Kibret M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University- Science, 26(1):1–20Sci.

Bagyalakshmi B., Ponmurugan P., and Marimuthu S. 2012. Influence of potassium solubilizing bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*). Journal of Agricultural Research, 7(30):4250-4259.

Bakhshandeh E., Pirdashti H. and Shahsavarpour Lendeh Kh. 2017. Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice. Ecological Engineering 103: 164–169.

Bakhshandeh E., Rahimian H., Pirdashti H. and Nematzadeh G. A. 2014. Phosphate solubilization potential and modeling of stress tolerance of rhizobacteria from rice paddy soil in northern Iran. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30:2437-2447.

Bakhshandeh E., Rahimian H., Pirdashti H. and Nematzadeh G. A. 2015. Evaluation of phosphate solubilizing bacteria on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in northern Iran. Journal of Applied Microbiology, 119: 1371-1382.

Estefan G., Sommer R., Ryan J. 2013. Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). p 244

FAO (2015) FAOSTAT/ Productionstat/ Crops [Online]. Available at http://Faostat.Fao.Org/Site/567/Default. aspx. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hussain M., Asgher Z., Tahir M., Ijaz M., Shahid M., Ali H., and Sattar A. 2016. Bacteria in combination with fertilizers improve growth, productivity and net returns of wheat (*Triticum aestivum* L.), 53(3): 633-645

Meena V.S., Maurya B.R,. Verma J.P,. Meena R.S. 2016. Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture, Springer. page 1-20.

Ramezanpour M., Popov Y., Khavazi K., and Asadi Rahmani H. 2010. Genetic Diversity and Efficiency of Indole Acetic Acid Production by the Isolates of Fluorescent Pseudomonads from Rhizosphere of Rice (*Oryza sativa* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 7 (1): 103-109

Shanware A S , Surekha A., Kalkar M., Trivedi M. 2014. Potassium Solublisers: Occurrence, Mechanism and Their Role as Competent Biofertilizers. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3(9):622-629.

Sun Y., Sun Y., Xu H., Wang C., Yang Z., Li N., Yan F., Li Y.و Wang H. and Ma J. 2016. Effects of Fertilizer Levels on the Absorption, Translocation, and Distribution of Phosphorus and Potassium in Rice Cultivars with Different Nitrogen-Use Efficiencies. Journal of Agricultural Science 8(11): 38-50.

# Evaluation of different methods of inoculation with *Enterobacter* sp. to improve potassium uptake in rice plant

**Kh. Shahsavarpour Lendeh[1], H. Pirdashti[2], E. Bakhshandeh[3*]**

[1] MSc Student of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari,

[2, 3] Associate and Assistant Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan & Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

[*]Email: *bakhshandehesmail@gmail.com* & *e.bakhshandeh@sanru.ac.ir*

**Abstract**

In order to evaluation of a native plant growth-promoting bacteria *Enterobacter* sp. for improving dry weight and potassium uptake of rice plant (cv. 'Tarom Hashemi'), a field experiment was carried out in a split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications in 2016. Six levels of potassium sulfate fertilizer (PSF; zero, 25, 50, 75, 100 and 125 kg $ha^{-1}$) were used as the main plot and four levels of inoculations (control (non-inoculation), seedling root inoculation in transplanting time, seed inoculation in nursery and combined both seedling root and seed inoculation) were served as the sub-plots. Based on the results of present study, potassium uptake of rice grain and straw significantly increased by 18.94 and 13.7%, respectively, when applied the combined inoculation method and also with the increasing PSF till 125 kg $ha^{-1}$ the values of traits enhanced by 22.64 and 9.68%, respectively, compared to the control. There was no significant difference between different methods of inoculation. Therefore, these methods can be used for achieving higher rice yields based on the sustainable agricultural principles as well as.

**Keywords**: Plant growth-promoting bacteria, rice, sulfate potassium.