# بررسی روند تغییرات اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') در سطوح مختلف کود پتاسیم

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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۳*- نویسنده مسؤول: استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

*Email: bakhshandehesmail@gmail.com و e.bakhshandeh@sanru.ac.ir

چکیده

**پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') در سطوح مختلف کود پتاسیم انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و روش‌های کاربرد باکتری در چهار سطح (شاهد، تلقیح بذر در خزانه، تلقیح نشاء و تلقیح توأم نشاء و خزانه) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود پتاسیم مقدار تمامی صفات مورد مطالعه به جزء تعداد دانه پوک در خوشه افزایش یافت. تعداد دانه پوک در شرایط شاهد بیشتر از بقیه تیمارها بود. به‌طور کلی، روند تغییر تعداد دانه پوک در خوشه یا مصرف کود (تا حدود ۸۰ کیلوگرم در هکتار) به همراه روش‌های مختلف تلقیح در ابتدا کاهشی و سپس مقدارش ثابت بود. بیشترین تعداد خوشه در کپه و تعداد دانه پر در خوشه به‌ترتیب در تیمار تلقیح توأم خزانه و نشاء و تلقیح تنها خزانه (به‌ترتیب ۰/۰۱۱ و ۰/۱۴ عدد به ازای افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم) مشاهده شد طول خوشه و تعداد دانه کل در خوشه نیز به‌ترتیب با سرعت ۰/۰۰۰۷ سانتی‌متر و ۰/۰۶۶۸ عدد به ازای افزایش هر کیلوگرم کود در هکتار افزایش یافت. در مجموع، مصرف کود پتاسیم به همراه روش‌های مختلف تلقیح با باکتری افزاینده رشد باعث بهبود تمامی صفات مورد مطالعه شد.**

**واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، برنج، پتاسیم، تجزیه رگرسیون.**

**مقدمه**

پتاسیم به عنوان یکی از سه عنصر ضروری مورد نیاز گیاهان در فعال‌سازی آنزیم‌ها، مقاومت به تنش‌ها، افزایش فتوسنتز، تعداد خوشه و عملکرد در گیاهان نقش مهمی بر عهده دارد (بهمنیار و سوایی مشایی، ۲۰۱۰). غلظت پتاسیم قابل استفاده برای گیاه در خاک در حدود یک تا دو درصد از کل پتاسیم موجود در خاک بوده و بخش عمده پتاسیم (حدود ۹۸-۹۰ درصد) به صورت غیرقابل جذب برای گیاه می‌باشد (شانوار و همکاران، ۲۰۱۴). آسیب‌های زیست‌محیطی و هزینه‌های سنگین ناشی از استفاده بیش از حد نهاده‌های کشاورزی از قبیل کود و آفت‌کش‌های شیمیایی با هدف افزایش عملکرد محصول موجب شده تا استفاده از کودهای آلی و ریزجانداران افزاینده رشد به عنوان جایگزینی مناسب، جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی پیشنهاد گردد. این ریزجانداران به دو روش مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت گیاه، پایداری و تعادل سیستم زنده خاک کمک کرده و از خطر انباشت آلاینده‌های شیمیایی در محیط زیست جلوگیری می‌کنند (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۴). در همین راستا، باکتری‌های حل‌کننده

پتاسیم از طریق آزادسازی پتاسیم نامحلول از کانی‌های حاوی پتاسیم مانند ایلیت و قابل جذب کردن آن برای گیاه موجب تعدیل و تسهیل جذب عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم خواهند شد که نتیجه آن بهبود رشد و استقرار بهتر گیاهان به‌ویژه در خاک‌های با پتاسیم پایین می‌باشد (شانوار و همکاران ۲۰۱۴). حسین و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که تلقیح با باکتری *Bacillus* sp. باعث افزایش ارتفاع بوته، ساقه بارور، طول سنبله، عملکرد دانه، کاه و وزن هزار دانه گندم شد. به طور مشابه، افزایش عملکرد دانه، تعداد پنجه، وزن ریشه و وزن هزار دانه برنج نیز در زمان تلقیح توأم باکتری *Azospirillum* sp. و *Pseudomonas* sp. نیز گزارش گردید (دوی و همکاران، ۲۰۱۶). افزایش طول خوشه، وزن هزار دانه و تعداد دانه پر (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۳) و افزایش تعداد پنجه مؤثر، تعداد دانه، عملکرد دانه و میزان پتاسیم گیاه برنج (بهمنیار و سودایی‌مشایی، ۲۰۱۰) را با مصرف کود پتاسیم گزارش کردند. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی روند تغییرات اجزای عملکرد برنج (رقم 'طارم هاشمی') در زمان کاربرد باکتری افزاینده رشد *Enterobacter* sp. به همراه مصرف سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم اجرا شد.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در روستای آقاملک شهرستان بابل به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. باکتری افزاینده رشد *Enterobacter* sp. از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان تهیه گردید (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۴). شش سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و روش‌های مختلف تلقیح باکتری در چهار سطح (شاهد، تلقیح بذر در مرحله خزانه، تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری و تلقیح توأم بذر در مرحله خزانه به همراه تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری) به عنوان کرت فرعی بودند. بر اساس نتایج آزمون خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و تیمارهای مختلف کود پتاسیم قبل از کاشت، 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. 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 (۴۰۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری با جمعیت حدود $10^7$ سلول زنده در میلی‌لیتر) غوطه‌ور شدند. سپس بذرها در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۵ × ۰/۹ متر پخش گردید. کلیه عملیات خزانه تحت شرایط مطلوب مدیریتی انجام شد. جهت تلقیح ریشه گیاهچه برنج در زمان نشاءکاری نیز بعد از کندن نشاءها (بدون تلقیح)، ریشه گیاهچه‌های برنج (۳۰ روز سن و به طور میانگین ۵-۴ برگ) با سوسپانسیون باکتری با جمعیت حدود $10^7$ سلول زنده در میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت و به روش غوطه‌وری ریشه انجام و سپس به زمین اصلی منتقل شد. در روش ترکیبی، بذر در مرحله خزانه به همراه ریشه گیاهچه‌های برنج در زمان نشاءکاری استفاده شدند. در تیمار شاهد تنها از محیط‌کشت نیترنت‌براث بدون باکتری جهت تلقیح گیاهچه‌های استفاده گردید. اندازه هر کرت آزمایشی ده مترمربع (دو متر طول و پنج متر عرض) با تراکم ۲۵ کپه در مترمربع بود. نشاءها به صورت سه گیاهچه در هر کپه کشت گردید. آزمایش در شرایط مطلوب مدیریتی اجرا شد. در مرحله برداشت صفات مربوط به اجزای عملکرد مانند طول خوشه (با استفاده از خط‌کش)، تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه در خوشه (پر و خالی به تفکیک) و وزن هزار دانه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و شکل‌ها به وسیله نرم‌افزار سیگماپلات نسخه ۱۰ ترسیم شدند.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه کل، پر و پوک در خوشه و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر مقادیر مختلف کود پتاسیم قرار گرفت. روش‌های مختلف تلقیح نیز بر صفات تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه پر و پوک اثر معنی‌داری داشت. اما اثر متقابل بین تیمارها در هیچ یک از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۱).

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

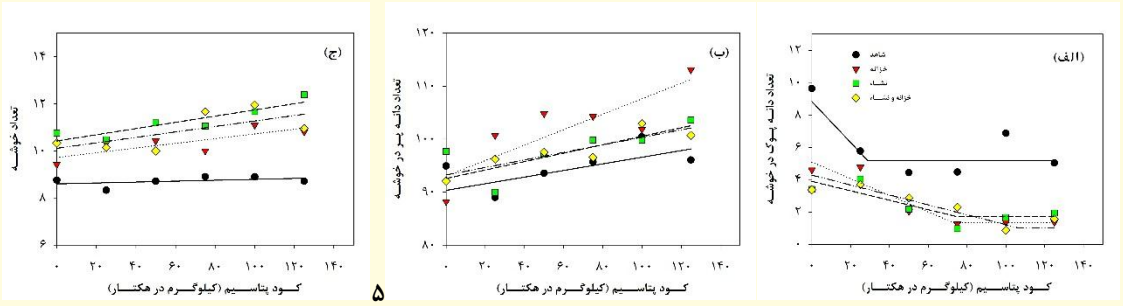
| منابع تغییر | کود پتاسیم | روش تلقیح | کود پتاسیم × روش تلقیح | ضریب تغییرات (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| درجه‌آزادی | ۵ | ۳ | ۱۵ | |
| تعداد خوشه در کپه | ۳/۰۹ * | ۵/۰۵ ** | ۰/۶۳ ns | ۱۳/۴ |
| طول خوشه | ۰/۳۷ ns | ۰/۴۴ ns | ۰/۵۱ ns | ۶/۲۴ |
| تعداد دانه کل در خوشه | ۰/۹ ns | ۱/۵۷ ns | ۰/۸۴ ns | ۸/۰۵ |
| تعداد دانه پر در خوشه | ۱/۸۷ * | ۳/۲۳ * | ۱/۰۲ ns | ۷/۸۰ |
| تعداد دانه پوک در خوشه | ۷/۷۱ ** | ۲۶/۸۶ ** | ۱/۴۰ ns | ۸/۷۲ |
| وزن هزار دانه | ۱/۵۴ * | ۰/۷۱ ns | ۰/۷۳ ns | ۷/۸۱ |

به منظور بررسی روند تغییرات صفات تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه در مقادیر مختلف کود پتاسیم از یک معادله دوتکه‌ای به شکل زیر استفاده شد:

$$y = a + bx \quad \text{اگر} \quad x \le x_0 \qquad (۱)$$

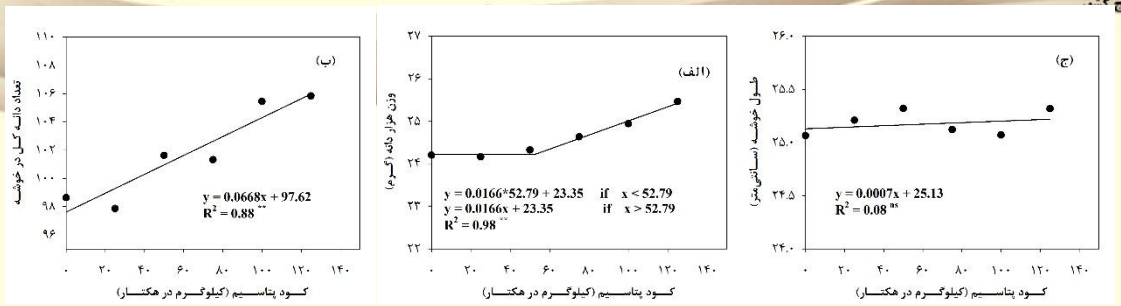
$$y = a + bx_0 \quad \text{اگر} \quad x > x_0$$

که در آن، $x$، مقدار کود پتاسیم مصرفی؛ $a$، عرض از مبداء؛ $b$، شیب افزایش هر یک از صفات به ازای افزایش هر کیلوگرم در هکتار کود؛ $x_0$، نقطه چرخش معادله می‌باشند. طبق نتایج از شرایط شاهد (عدم مصرف کود و عدم تلقیح) تا زمان مصرف ۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود، تعداد دانه پوک با سرعت ۰/۱۵۴ عدد در خوشه کاهش داشت و سپس تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مقدار آن ثابت باقی ماند (جدول ۲ و شکل ۱-الف). همچنین، کاربرد روش‌های مختلف تلقیح باعث کاهش تعداد دانه پوک در خوشه نسبت به شاهد شد. الگوی مشابهی در صفت وزن هزار دانه نیز مشاهده گردید. از آنجایی‌که این صفت تحت تأثیر تلقیح قرار نگرفت. بنابراین، یک معادله دوتکه‌ای به کل داده‌ها برازش داده شد (شکل ۲-الف). به عبارت دیگر، تا مصرف حدود ۵۳ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم وزن هزار دانه ثابت (۲۴/۲ گرم) بود، سپس با افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم مقدار آن با سرعت ۰/۰۱۶۶ گرم افزایش یافت.




**شکل ۱- روند تغییرات صفات تعداد دانه پوک در خوشه (الف)، تعداد دانه پر در خوشه (ب) و تعداد خوشه (ج) در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم در برنج (رقم طارم هاشمی).**

علاوه بر این، برای توصیف روند تغییرات تعداد و طول خوشه، تعداد دانه کل و پر در خوشه در مقابل مقدار مصرف کود پتاسیم نیز از یک معادله ساده خطی استفاده شد (شکل ۱ و ۲). با افزایش مصرف کود پتاسیم، مقدار این صفات افزایش یافت. به طوری‌که در بین تیمارها، بیشترین تعداد خوشه در کپه و تعداد دانه پر در خوشه به‌ترتیب در تیمار تلقیح توأم خزانه و نشاء و تلقیح تنها خزانه مشاهده گردید (به‌ترتیب ۰/۰۱۱ و ۰/۱۴ عدد به ازای افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم). همچنین، بعد از برازش معادله ساده خطی به مجموع داده‌ها صفات طول خوشه و تعداد دانه کل در خوشه، به ازای افزایش هر کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار هر یک از صفات به‌ترتیب با سرعت ۰/۰۰۰۷ سانتی‌متر و ۰/۰۶۶۸ عدد افزایش نشان دادند (شکل ۲-ب و ج).




**شکل ۲- روند تغییرات صفات تعداد دانه کل در خوشه (الف)، طول خوشه (ب) و وزن هزار دانه (ج) در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم در برنج (رقم طارم هاشمی).**

**جدول ۲- پارامترهای تخمین‌زده شده توسط مدل دوتکه‌ای به تغییرات صفات مورد مطالعه در مقابل مقدار مصرف کود سوالفات پتاسیم در روش‌های مختلف تلقیح.**

| صفات | روش تلقیح | $a \pm se$ | $b \pm se$ | $x_0 \pm se$ | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **تعداد دانه پوک در خوشه** | شاهد | ۹/۶۳ ± ۱/۱۴ | -۰ /۱۵ ± ۰/۰۶ | ۲۸/۶ ± ۹/۳۲ | ۰/۸۰ |
| | تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری | ۳/۸۹± ۰/۶۸ | - ۰/۰۲ ± ۰/۰۲ | ۷۵/۰ ± ۴۱/۶ | ۰/۷۵ |
| | تلقیح بذر در مرحله خزانه | ۵/۰۸ ± ۰/۶۲ | - ۰/۰۵ ± ۰/۰۱ | ۷۳/۰ ± ۲۱/۱ | ۰/۸۹ |
| | تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی | ۴/۲۸± ۰/۲۶ | - ۰/۰۳ ± ۰/۰۰ | ۱۰۷/۰± ۱۴/۶ | ۰/۹۶ |
| **تعداد دانه پر در خوشه** | شاهد | ۹۰/۳ ± ۳/۴۱ | ۰/۰۶ ± ۰/۰۴ | - | ۰/۳۲ |
| | تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری | ۹۲/۵۷ ± ۳/۲۷ | ۰/۰۷۹ ± ۰/۰۴ | - | ۰/۴۵ |
| | تلقیح بذر در مرحله خزانه | ۹۳/۰۵ ± ۳/۵۴ | ۰/۱۴۰ ± ۰/۰۴ | - | ۰/۷۰ |
| | تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی | ۹۳/۲۳ ± ۱/۴۵ | ۰/۰۷۱ ± ۰/۰۱ | - | ۷۷ |
| **تعداد خوشه در کپه** | شاهد | ۸/۶۰ ± ۰/۱۵ | ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۲ | - | ۰/۱۸ |
| | تلقیح ریشه در زمان نشاءکاری | ۹/۷۲ ± ۰/۲۹ | ۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۳ | - | ۰/۶۳ |
| | تلقیح بذر در مرحله خزانه | ۱۰/۴۳ ± ۰/۲۳ | ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۳ | - | ۰/۸۱ |
| | تلقیح بذر و ریشه به صورت ترکیبی | ۱۰/۱۱ ± ۰/۴۹ | ۰/۰۱۱ ± ۰/۰۰۶ | - | ۰/۴۳ |

مطابق با نتایج این مطالعه، سایر محققین نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. حسین و همکاران (۲۰۱۶) برای نمونه اظهار داشتند که در زمان مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار فسفر به همراه تلقیح باکتری *Bacillus* sp. طول سنبله، ساقه بارور و وزن هزار دانه گندم به‌ترتیب ۳۶/۸۲، ۱۰۲/۴ و ۶/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بهمنیار و سودایی‌مشایی (۲۰۱۰) گزارش کردند که با مصرف ۲۳ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و ۳۰ کیلوگرم کود کلرور پتاسیم عملکرد دانه، تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه به‌ترتیب ۲۲/۵، ۲۲/۶ و ۴/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم افزایش طول خوشه، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه برنج را به‌ترتیب ۰/۰۸، ۴/۴، ۰/۹۶، ۱/۲۰، و ۲/۹ درصد نسبت به شاهد گزارش کردند. در مجموع، مصرف کود پتاسیم به همراه روش‌های مختلف تلقیح با باکتری افزاینده رشد باعث بهبود تمامی صفات مورد مطالعه شد.

**سپاسگزاری**

بدینوسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان و دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

**منابع**

۱. 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 ۴(۲): ۲۴-۱.

2. Bahmanyar M.A and Soodaee Mashaee S. 2010. Influences of nitrogen and potassium top dressing on yield and yield components as well as their accumulation in rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology. 9: 18. 2648-2653.
3. Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GA, 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.
4. Duy M.V, Hoi N.T, Ve N.B, Thuc L.V and Trang N.Q, 2016. Influence Of *Cellulomonas Flavigena*, *Azospirillum* Sp. And *Pseudomonas* Sp. on rice growth and yield grown in submerged soil amended with rice straw.Recent Trends in PGPR Research for Sustainable Crop Productivity. p.238
5. 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.
6. 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.