

Growth-Promoting Bacteria effect on Yield and Quality Indicators of rice (*Oryza sativa* L.) under different levels of Chemical and Organic Fertilizers

Omid Divsalar¹, Arastoo Abbasian², Morteza Nasiri³, Rahmat Abbasi⁴

Received: 06 May 2023 Accepted: 09 November 2023

1-Ph.D. Student of Agrotechnology, Dept. of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

2-Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

3-Research Assoc. Prof., Seed and Plant Improvement Research Dept, Rice Research Institute of Iran (RRII), Mazandaran Branch, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran.

4-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

*Corresponding Author Email: Arastoo_744@yahoo.com

Abstract

Objectives: Chemical fertilizers in combination with organic fertilizers can increase yield by increasing soil organic matter and improving soil properties. Investigating the effects of seed inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas* on the growth and efficiency of fertilizer use is important to achieve the maximum yield and economic usefulness of rice in certain environments. The purpose of this experiment is to investigate the effect of inoculation of rice seeds with growth-promoting bacteria along with the use of animal manure on the amount of chemical fertilizers by examining the morphological and qualitative characteristics of rice plants under experimental treatments during two years of cultivation.

Materials and Methods: In a field experiment during two agricultural years (1400-1401 and 1402-1401), the effect of different fertilizer levels (f1= 15 tons livestock fertilizer + 50 kg phosphate + 75 kg Nitrogen, f2= 30 tons livestock fertilizer+ 50 kg phosphate + 75 kg Nitrogen, f3 = 30 tons livestock fertilizer, f4 = 100 kg phosphate + 150 kg Nitrogen, f5 = 50 kg phosphate + 75 kg Nitrogen) per hectare in the conditions of inoculation and non-inoculation with plant growth stimulating bacteria (no inoculation) as a control, inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas* bacteria and simultaneous integration of two bacteria), number of fertile tillers, weight of 1000 seeds, plant height, harvest index, seed yield, gelatinization temperature, amylose, total conversion efficiency and finally the amount of nitrogen, phosphorus and potassium elements in rice leaves and seeds were investigated.

Results: The results showed that seed inoculation with growth-promoting bacteria had a significant effect on plant height, harvest index, thousand-seed weight, number of fertile tillers, seed yield and total conversion efficiency, as well as the amount of elements in leaves and seeds, including the amount of nitrogen in leaves, phosphorus in It had seeds and potassium in both leaves and seeds. Based on the results of inoculation with two bacteria, *Azotobacter* and *Pseudomonas*, the weight of one thousand seeds increased in the second year (4.2%) compared to non-inoculation conditions. The highest rice harvest index in the first year (45.84) and second year (51.50), the highest seed yield (4.8 tons per hectare) and total conversion efficiency (98%) under the fertilizer level of 30 tons of animal manure with 50 And 75 kg of phosphate and nitrogen fertilizer was obtained, which was not significantly different from the fertilizer level of 15 tons of animal manure, 50 and 75 kg of phosphate and nitrogen fertilizer. Inoculation with *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria, especially simultaneous inoculation with them, led to improvement of harvest index (8.8 and 20.1% respectively) in both years, seed yield (15.1%) and total conversion efficiency (6.4%) compared to the condition of no inoculation. From the qualitative point of view, the rice of the mentioned variety had amylose and gelatinization degree in all the investigated treatments.

Conclusion: It seems that in order to increase the quantity and quality of rice and reduce the adverse effects of chemical fertilizers on the environment, it is possible to suggest the combined use of animal manure with chemical fertilizer in seed inoculation with *Azotobacter* and *Pseudomonas*.

Keywords: Biological Fertilizer, Chemical Fertilizer, Harvest Index, Livestock Fertilizer, Rice

اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و شاخص‌های کیفی برنج تحت سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی

امید دیوسالار^۱، ارسطو عباسیان^{۲*}، مرتضی نصیری^۳، رحمت عباسی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۱۸

۱-دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲-استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳-دانشیار پژوهش، بخش اصلاح و تهیه بذر موسسه تحقیقات برنج، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

۴-دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*مسئول مکاتبه: Email: Arastoo_744@yahoo.com

چکیده

اهداف: کودهای شیمیایی در ترکیب با کودهای آلی می‌تواند با افزایش ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات آن، عملکرد را افزایش دهد. بررسی اثرات تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس بر رشد و کارایی مصرف کود برای رسیدن به حداکثر عملکرد و سودمندی اقتصادی برنج در محیط‌های خاص مهم است. هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر تلقیح بذور برنج با باکتری‌ها محرک رشد به همراه کاربرد کود دامی بر میزان مصرف کودهای شیمیایی از طریق بررسی صفات مورفولوژی و کیفی گیاه برنج تحت تیمارهای آزمایشی در طی دو سال کشت است.

مواد و روش‌ها: طی یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله (۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱)، اثر سطوح مختلف کودی (۱۵ تن کود دامی + ۵۰ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن، ۳۰ تن کود دامی + ۵۰ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم فسفات + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵۰ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن) در هکتار در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی (عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، تلقیح با باکتری *Azotobacter* و *Pseudomonas* و تلفیق هم‌زمان دو باکتری) بر تعداد پنجه‌های بارور، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه، دمای ژلاتینه شدن، آمیلوز، راندمان تبدیل کل و در نهایت میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه و راندمان تبدیل کل و همچنین میزان عناصر موجود در برگ و دانه اب جمله میزان نیتروژن در برگ، فسفر در دانه و پتاسیم هم در برگ و هم در دانه داشت. بر اساس نتایج تلقیح با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس وزن هزار دانه را در سال دوم (۴/۲ درصد) نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش داد. بالاترین شاخص برداشت برنج در سال اول (۴۵/۸۴) و دوم (۵۱/۵۰)، بالاترین میزان عملکرد دانه (۴/۸ تن در هکتار) و راندمان تبدیل کل (۹۸ درصد) تحت سطح کودی ۳۰ تن کود دامی به همراه ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم کود فسفات و ازته حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با سطح کودی ۱۵ تن کود دامی، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم کود فسفات و ازته نداشت. تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس به ویژه تلقیح هم‌زمان با آنها منجر به بهبود شاخص برداشت (به ترتیب ۸/۸ و ۲۰/۱ درصد) در

هر دو سال، عملکرد دانه (۱/۱۵ درصد) و راندمان تبدیل کل را (۶/۴ درصد) نسبت به شرایط عدم تلقیح شد. از نظر کیفی برنج رقم مذکور در تمامی تیمارهای مورد بررسی دارای آمیلوز و درجه ژلاتینی‌شدن متوسط بود. نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد و کیفیت برنج و کاهش اثرات سوء کودهای شیمیایی بر محیط زیست می‌توان کاربرد ۱۵ تن کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم کود فسفات و ۷۵ کیلوگرم کود ازته را به همراه تلقیح بذور برنج با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، برنج، کود دامی، کود شیمیایی، شاخص برداشت

مقدمه

برنج یک محصول مهم زراعی است که غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان را تأمین می‌نماید و نقش مهمی در امنیت غذایی دارد (برار و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به اینکه در اکثر شالیزارهای جهان کمبود عناصر غذایی گزارش می‌گردد، استفاده از کودهای شیمیایی به منظور رفع نیاز روزافزون به غذا امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. هر چند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌رود، ولی هزینه‌های زیاد مصرف کود همراه با آلودگی و تخریب محیط زیست و منابع آب و خاک، نگران‌کننده است (دیوسالار و همکاران ۲۰۱۱). به طوری که راندمان مصرف کود نیتروژن در برنج پایین بوده (کمتر از ۴۰ درصد از کود نیتروژن مصرف شده مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرند) و مابقی به نحوی از دسترس گیاه خارج می‌شود (سعادتی ۱۹۹۳). فسفر نیز یکی از عناصر پر مصرف ضروری برای رشد گیاهان است و پس از نیتروژن مهمترین نقش را در تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کند (نجفی و توفیقی ۲۰۱۲). با وجود فراوانی فسفر در طبیعت، به دلیل تثبیت این عنصر در خاک، کمبود آن در بسیاری از خاک‌ها مشاهده می‌شود. مصرف فسفر غیر از تأثیر در مراحل توسعه ریشه و شاخه‌زایی، در مراحل زایشی و پر شدن دانه نیز بسیار مؤثر است (فرناندز و همکاران ۲۰۰۷). از طرفی بهبود مدیریت مصرف کود فسفر و همچنین افزایش کارایی مصرف فسفر در سیستم‌های کشاورزی سازگار با محیط زیست، ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (کند و همکاران ۲۰۱۴).

یکی از راه‌های بهبود کارایی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش تلفات ناشی از آنها، مصرف همزمان کودهای آلی با کودهای شیمیایی است. کودهای زیستی یکی از انواع کودهای آلی است که کاربرد آنها می‌تواند به عنوان جایگزین و یا مکمل کودهای شیمیایی با بهبود و حفظ باروری خاک و مدیریت صحیح حاصلخیزی آن سبب تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش عملکرد آن می‌شود و در نتیجه می‌تواند پایداری تولید در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (ماهانتا و همکاران ۲۰۱۴). کودهای زیستی حاوی ریزجاندارانی از جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم، سودوموناس، باسیلوس و غیره علاوه بر فراهم نمودن عناصر غذایی برای گیاه و تسهیل جذب عناصر غذایی از طریق تولید ترکیبات مختلف و ترشح اسیدهای آلی، با ساخت ویتامین‌ها، تولید سیدروفور، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک، سبب رشد، توسعه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شده و به‌طور غیرمستقیم در رشد گیاه نقش ایفا می‌نمایند (گوپتا و همکاران ۲۰۱۵). خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تلقیح با کودهای زیستی منجر به افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد زیستی گیاه سیاهدانه گردید. در بررسی حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که کود زیستی سوپرنیتروپلاس (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات) بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت و باعث افزایش تقریباً ۱۱ درصدی عملکرد دانه گیاه کنجد نسبت به حالت عدم مصرف شد.

در مطالعات سایر محققان نیز به اثبات رسیده است که از آن جمله می‌توان به بهبود رشد و عملکرد دانه برنج در اثر مصرف کود آلی و شیمیایی (تایلاهان و همکاران ۲۰۱۳)، بهبود عملکرد دانه در اثر مصرف کود تلفیقی زیستی (باکتری آزوسپیریوم) با کود شیمیایی (پدزارا و همکاران ۲۰۰۹)، افزایش ماده خشک دانه برنج در اثر مصرف کودهای دامی و شیمیایی (گانگ و همکاران ۲۰۰۸)، افزایش شاخص برداشت برنج در اثر مصرف کود زیستی (ازتوباکتر) و کود شیمیایی (ملکی و همکاران ۲۰۱۱) را اشاره نمود.

هدف پژوهش حاضر کاهش میزان کاربرد کودهای شیمیایی و بهبود کیفیت و عملکرد برنج با کمک تلقیح بذور برنج با باکتری‌ها محرک رشد به همراه کاربرد کود دامی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی برنج رقم طارم هاشمی در سطوح مختلف کودهای شیمیایی و دامی در طی دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج آمل به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی سطوح مختلف کودی در پنج سطح ($f_1=15$ تن کود دامی + ۵۰ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن، $f_2=30$ تن کود دامی + ۵۰ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن، $f_3=30$ تن کود دامی، $f_4=100$ کیلوگرم فسفات + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، $f_5=50$ کیلوگرم فسفات + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن) در هکتار و عامل فرعی تلقیح نشاء برنج با باکتری (بدون تلقیح، تلقیح با باکتری *Azotobacter*، تلقیح با باکتری *Pseudomonas* و تلقیح هم‌زمان با دو باکتری) در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش برای مشخص شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از لایه زراعی خاک محل پژوهش نمونه برداری صورت گرفت و قبل از کاشت با توجه به نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی کود دامی و خاک (جدول ۱)، عناصر غذایی لازم و تیمارهای کودی مورد نظر اعمال شد.

نتایج پژوهش روزیر و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط کمبود نیتروژن خاک شد. بیلال و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تلقیح بذور یولاف (*Avena fatua* L.) با کودهای زیستی آزوسپیریوم و ازتوباکتر تعداد پنجه، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه و عملکرد ماده خشک افزایش یافتند.

از دیگر راهکارهای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، افزایش حاصلخیزی و اصلاح خاک، افزایش عملکرد گیاهان زراعی و در نهایت حصول پایداری در سیستم‌های کشاورزی، کاربرد کودهای آلی از جمله کودهای دامی است (کمایستانی و همکاران ۲۰۱۸). کود آلی که از فضولات حیوانی به دست می‌آید، نه تنها برای حفظ تولید محصول، بلکه برای بهبود حاصلخیزی خاک به صورت پایدار، نوید زیادی دارد (اختر و همکاران ۲۰۱۹). کود دامی می‌تواند جایگزین کود شیمیایی برای افزایش بهره‌وری محصول، جذب کربن، ساختار خاک و حاصلخیزی و همچنین کاهش آلودگی محیطی شود (اقبال و همکاران ۲۰۱۹). مزیت عمده این نوع کود نسبت به سایر کودها به دلیل جایگزینی عناصر مغذی خاک با صرف هزینه اندک است. در استفاده از کود دامی تجزیه مواد آلی به آرامی انجام می‌شود؛ اما تأثیر چشم‌گیری بر بهره‌وری بلند مدت آن دارد (تایسن و همکاران ۱۹۹۴). کودهای دامی علاوه بر بهبود ساختمان خاک و تمرکز عناصر غذایی در سطح خاک (تونایتو و همکاران ۲۰۰۶)، به عنوان مهمترین منبع جهت افزایش فعالیت باکتری‌ها عمل کرده و باکتری‌ها در این شرایط از کارایی بالاتری برخوردار خواهند بود (توران و همکاران ۲۰۰۶). با این حال، کود آلی از نظر مواد مغذی ضعیف بوده و توانایی رهاسازی مواد مغذی آن نیز به کندی نیازهای گیاه را در مدت زمان زیادی برآورده خواهد ساخت، بنابراین تأکید شده است که کاربرد کود دامی همراه با کود شیمیایی رویکرد بهتری برای بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک و تولید محصول نسبت به استفاده انحصاری از هریک از آنها است. بهبود عملکرد برنج در اثر مصرف کودهای آلی، شیمیایی و زیستی

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی کود دامی و خاک در سال اول و دوم

اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC) ($\mu\text{mhos/cm}$)	نیتروژن	کربن	مواد آلی	پتاسیم		کود دامی
					فسفر	قابل جذب	
			(%)		قابل جذب	(mg.kg^{-1})	
۷/۸۳	۱۵/۵۳	۲/۵۷	۲۹/۲	۵۰/۲	۰/۶۷	۱/۱۲	
سال اول							
۷/۱۳	۱/۲۹	۰/۳۷	۳/۶۵	۶/۳۰	۱۰	۱۳۷	خاک (سیلتی-شنی)
سال دوم							
۷/۰۱	۱/۶۸	۰/۳۵	۳/۷۸	۶/۵۱	۱۲	۲۱۵	خاک (سیلتی-رسی)

$$\text{رابطه ۱]} \quad \text{عملکرد اقتصادی} = \frac{\text{شاخص برداشت}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times 100$$

برداشت برنج در ۱۵ شهریور هر سال زراعی و در مرحله رسیدگی برنج (رطوبت ۱۴ درصد) انجام شد. بدین‌منظور در ابتدا بذور را به رطوبت ۱۱ درصد رسانده و ویژگی‌های کیفی نظیر درصد آمیلوز (جولیانو، ۱۹۷۱) و دمای ژلاتینه شدن (لیتل و همکاران ۱۹۵۸) اندازه‌گیری شد.

دانه‌های سالم و شکسته با استفاده از دستگاه درجه‌بندی (Satake Model TRB 058, Japan) از یکدیگر شدند و راندمان تبدیل که به صورت درصد بیان میشود از تقسیم وزن برنج سفید به وزن برنج شلتوک ضرب در ۱۰۰ (رابطه ۲) برآورد گردید (گیلانی و همکاران، ۲۰۱۲).

$$\text{رابطه ۲]} \quad \text{راندمان تبدیل کل} = \frac{\text{وزن کل برنج سفید}}{\text{وزن شلتوک اولیه}} \times 100$$

به‌منظور تعیین غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر برنج‌ها ابتدا با آب مقطر شسته و سپس ریشه‌ها و اندام هوایی جدا شدند. اجزای گیاه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌های گیاهی با دستگاه خردکن با تیغه‌های آلومینیومی پودر شده و در نهایت به روش اکسایش تر اندازه‌گیری شدند (والینگ و همکاران ۱۹۸۹). تجزیه داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گرفت. برای صفاتی که در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند، مقایسه میانگین به روش

آماده‌سازی خزانه و عملیات بذرپاشی طی نیمه اول فروردین ماه طبق عرف منطقه و عملیات نهایی تهیه زمین اصلی جهت نشاکاری در اردیبهشت ماه صورت پذیرفت. عملیات داشت شامل وجین، مبارزه با آفات امراض مطابق عرف منطقه صورت پذیرفت. تعداد بوته‌های نشاء در تمامی کرت‌های فرعی یکسان (۴ خال) و با فاصله ۲۵×۲۰ سانتی‌متر بود. تمامی کودهای دامی و فسفات‌ه و ۵۰ درصد کود نیتروژن و پتاسه قبل از نشاکاری، ۵۰ درصد دیگر کود پتاسه در زمان ظهور خوشه آغازین و ۵۰ درصد باقیمانده کود نیتروژن به صورت ۲۵ درصد در زمان پنجه‌زنی و ۲۵ درصد در مرحله خوشه‌دهی بر اساس تیمارها به کرت‌ها اضافه شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در طی دو مرحله (وجین اول ۳۰ روز پس از نشاکاری و وجین دوم به فاصله ۲۵ روز پس از وجین اول) انجام شد.

همچنین بذر برنج رقم هاشمی از مرکز تحقیقات آمل تهیه گردید. نمونه‌برداری از مزرعه در زمان ۲۰ روز پس از نشاکاری با رعایت حذف دو ردیف از حاشیه هر کرت صورت پذیرفت. در زمان رسیدگی گیاه از متوسط ۲۰ بوته، صفات ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور اندازه‌گیری شدند. وزن هزار دانه، میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت در یک متر مربع از هرکرت تعیین شدند. میزان شاخص برداشت بر اساس رابطه ۱ و عملکرد دانه به تن در هکتار محاسبه گردید.

LSD انجام شد. آزمون هارتلی برای تعیین همگنی واریانس‌های خطا جهت انجام تجزیه واریانس مرکب انجام شد. پس از اطمینان از یکنواختی واریانس‌های خطا، تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون متجانس بودن واریانس‌ها (آزمون هارتلی) نشان داد که بین صفات بررسی شده برنج، فقط صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد (داده‌ها نشان داده نشدند)، بنابراین تجزیه واریانس ساده در هر سال برای این صفات انجام شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده تیمارهای منابع کودی و باکتری بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت برنج در سال اول و دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته		وزن هزار دانه		شاخص برداشت	
		سال اول	سال اول	سال اول	سال اول	سال اول	سال دوم
بلوک	۲	۳/۵۳ ^{ns}	۶۱/۳۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۵/۱۱ ^{ns}	۱/۲۷ ^{ns}
منابع کودی (F)	۴	۱۹/۳۸ ^{**}	۱۱۳/۹۲ ^{**}	۳/۹۴ ^{ns}	۱/۴۹ ^{ns}	۲۱/۲۴ [*]	۲۱۲/۸۲ ^{**}
خطای تکرار	۸	۲/۲۱	۲۲/۰۴	۵/۶۲	۰/۹۶	۹/۸۰	۲۶/۱۱
باکتری (B)	۳	۲۲/۴۶ ^{**}	۶۱/۴۷ [*]	۷/۰۵ ^{ns}	۳/۷۷ [*]	۴۰/۴۵ ^{**}	۱۸۵/۳۸ ^{**}
F×B	۱۲	۱/۵۶ ^{ns}	۳/۲۴ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۳/۵۸ ^{ns}	۱۰/۰۹ ^{ns}
خطا	۳۰	۲/۶۲	۲۰/۳ ^{ns}	۲/۴۶	۱/۱۶	۲/۵۶	۸/۷۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۳	۳/۴	۵/۹	۴/۰	۵/۳	۶/۴

ns غیرمعنی‌دار، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪ است.

یافته‌های جدول تجزیه واریانس حاکی از اثرگذاری ساده تیمارهای تلقیح نشاءهای برنج با باکتری و ترکیبات مختلف کودی بر ارتفاع بوته در سال اول کشت بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در این سال در ترکیب کودی ۱۵ تن کود دامی، ۷۵ کیلوگرم کود فسفات به همراه ۲۵ کیلوگرم کود ازته حاصل گردید (جدول ۳). به عبارتی می‌توان این‌گونه بیان داشت که افزایش ارتفاع بوته می‌تواند ناشی از افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک و همچنین افزایش فعالیت ریزموجودات خاکزی به دنبال کاربرد کودهای دامی در کنار کودهای شیمیایی باشد (آرانکون و همکاران ۲۰۰۵). هندوای و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش ارتفاع بوته آویشن (*Thymus vulgaris*) را با مصرف کودهای آلی گزارش نمودند. از طرفی ارتفاع بوته‌های برنج تحت تأثیر تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس به ویژه تلقیح همزمان با دو باکتری مذکور نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش یافت (جدول ۳). در همین راستا، اصغر و همکاران (۲۰۰۲) نیز

افزایش ۵/۸ درصدی ارتفاع بوته ذرت را به واسطه تلقیح آن با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش نموده و تولید ایندول استیک اسید به وسیله سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را عامل افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در رشد و عملکرد دانستند. در مطالعه مشابه، دلیل افزایش ارتفاع بوته ارقام مختلف برنج در زمان کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (*Enterobacter sp.* و *R. aquatilis*) را انحلال فسفر نامحلول و تولید ایندول استیک اسید توسط این باکتری‌ها گزارش کردند (بخشنده و همکاران ۲۰۱۴). همچنین الافر و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند که باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس با ترشحات هورمونی خود اثرات تنش خشکی بر گندم را کاهش داده و موجب بهبود عملکرد این گیاه شدند و علاوه بر آن استفاده از این باکتری‌ها بهره‌وری زیستی آب موجود در خاک را افزایش داد.

جدول ۳- اثر ساده تیمارهای منابع کودی و باکتری بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت برنج در سال اول و دوم کشت

شاخص برداشت (%)		وزن هزار دانه (g)		ارتفاع بوته (cm)		تیمارها
سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	کود
۴۴/۷۹ ^{bc}	۴۳/۹۸ ^{ab}	۲۶/۹۴ ^{ab}	۲۵/۸۵ ^a	۱۳۰/۹۷ ^{bc}	۱۲۳/۷۸ ^{bc}	50P+75N
۴۷/۸۸ ^b	۴۴/۶۱ ^{ab}	۲۷/۱۰ ^{ab}	۲۶/۱۵ ^a	۱۳۴/۳۷ ^{ab}	۱۲۴/۲۲ ^{bc}	100P+150N
۴۰/۰۳ ^c	۴۲/۲۹ ^b	۲۶/۶۳ ^b	۲۵/۶۲ ^a	۱۲۹/۳۵ ^c	۱۲۳/۲۳ ^c	30L
۵۱/۵۰ ^a	۴۵/۸۴ ^a	۲۷/۲۷ ^{ab}	۲۶/۳۵ ^a	۱۳۵/۶۰ ^a	۱۲۵/۰۶ ^b	30L+50P+75N
۴۷/۸۸ ^{ab}	۴۴/۹۹ ^{ab}	۲۷/۵۷ ^a	۲۷/۱۲ ^a	۱۳۶/۵۵ ^a	۱۳۶/۴۹ ^a	15L+50P+75N
باکتری						
۴۱/۱۶ ^c	۴۲/۴۵ ^c	۲۶/۴۷ ^b	۲۵/۳۷ ^b	۱۳۰/۸۳ ^b	۱۲۳/۱۱۳ ^c	بدون تلقیح
۴۶/۱۷ ^b	۴۳/۶۱ ^{bc}	۲۶/۹۵ ^{ab}	۲۶/۱۳ ^{ab}	۱۳۲/۸۵ ^{ab}	۱۲۴/۵۰ ^b	<i>Azotobacter</i> (A)
۴۷/۳۶ ^{ab}	۴۵/۱۰ ^{ab}	۲۷/۴۱ ^a	۲۶/۳۳ ^{ab}	۱۳۵/۵۷ ^a	۱۲۴/۵۱ ^b	<i>Pseudomonas</i> (P)
۴۹/۴۳ ^a	۴۶/۱۹ ^a	۲۷/۵۹ ^a	۲۷/۰۴ ^a	۱۳۶/۲۳ ^a	۱۲۶/۱۱ ^a	A+P
۶/۴	۵/۳	۴/۰	۵/۹	۳/۴	۱/۳	CV%

حروف مشترک در هر ستون در هر عامل بررسی شده، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.

دانه ذرت را در نتیجه آزاد شدن فسفر و جذب آن به‌وسیله ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفر دانسته‌اند. بر اساس نتایج بیشترین میزان شاخص برداشت برنج در هر دو سال زراعی تحت کوددهی ۳۰ تن کود دامی، ۵۰ کیلوگرم کود فسفاته به همراه ۷۵ کیلوگرم کود ازته حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با تیمار کودی (۱۵-۵۰-۷۵) کود دامی، فسفاته و نیتروژن نداشت. از طرفی کمترین میزان شاخص برداشت در شرایط کاربرد ۳۰ تن کود دامی به تهای مشاهده گردید. کاربرد تیمار تلقیح بذور برنج با باکتری نیز بر شاخص برداشت برنج اثرگذار بود به‌طوری‌که شاخص برداشت برنج در هر دو سال در گیاهان تلقیح‌شده با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس به‌ویژه تلقیح همزمان با آنها افزایش یافت (جدول ۳) که با نتایج دیگر محققین هماهنگی دارد (رضایی و همکاران ۲۰۰۹؛ بلدر و همکاران ۲۰۰۵). در همین راستا، باباخانی و همکاران (۲۰۲۳) افزایش عملکرد زیستی گیاه شنبلیله را در شرایط کاربرد کود دامی و تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن گزارش نمودند. توران و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم را به‌واسطه تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک

بررسی میزان وزن هزار دانه نیز تحت تیمارهای مورد بررسی حاکی از عدم اثرگذاری ترکیبات کودی در هر دو سال کشت بود (جدول ۲). بالاترین وزن هزار دانه در سال دوم کشت برنج تحت ترکیب تلقیح با باکتری و کمترین آن در زمان عدم تلقیح بود (جدول ۳). شاید بتوان این‌گونه بیان کرد که این سویه‌ها با جذب بهتر عناصر و امکان دسترسی بیشتر مواد مغذی توانستند رشد بهتر گیاه را سبب شوند و عملکرد بالاتری را به خود اختصاص دهند. افزایش جذب عناصر به‌وسیله گیاهان همزیست با باکتری محرک رشد را می‌توان به تولید مواد تنظیم‌کننده رشد نسبت داد که به‌وسیله باکتری‌ها در سطح ریشه تحریک شده و رشد ریشه را گسترش و جذب آب و عناصر را افزایش می‌دهند (هوفلیچ و همکاران ۱۹۹۷). گزارش شده است که با مصرف ریزجانداران حل‌کننده فسفات، وزن دانه در گندم افزایش یافته است (زیدی و خان ۲۰۰۵). همچنین بیان شده است که با کاربرد سودوموناس فلورسنس، وزن هزار دانه جو تحت‌الشعاع قرار گرفت و از این طریق بر عملکرد و اجزای عملکرد اثر مثبت گذاشت (افتخاری و همکاران ۲۰۱۰). برخی از محققین نیز افزایش وزن هزار

تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات دانستند. کندی و همکاران (۲۰۰۴) نیز طی بررسی‌های مختلفی اظهار داشتند که ازتوباکتر به‌عنوان تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و در نهایت سبب بهبود کارایی مصرف کود می‌شوند. مانسک و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد می‌گردد. همچنین، تغییر در اندازه و مرفولوژی خارجی و داخلی ریشه‌ها به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک اثر گذاشته (مانسک و همکاران ۲۰۰۰) و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب را افزایش داده که در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیشتر خواهد شد (ظهیر و همکاران ۲۰۰۴).

همانطور که قبلاً اشاره شده بود، تجزیه مرکب روی بین بسیاری از صفات بررسی شده برنج (بدلیل

معنی دار نشدن آزمون هارتلی) انجام شد (داده‌ها نشان داده نشدند). بین دو سال زراعی از نظر صفات تعداد پنجه بارور در کپه، میزان شاخص برداشت، دمای ژلاتینه شدن، میزان آمیلوز دانه و راندمان در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین ترکیبات کودی اثر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی داشت. تیمار تلقیح با باکتری نیز تنها بر تعداد پنجه بارور در کپه، میزان عملکرد در هکتار و شاخص برداشت معنی‌دار شد. از طرفی برهمکنش سال و ترکیبات کودی نیز بر تعداد پنجه بارور در کپه در سطح احتمال پنج درصد و بر میزان شاخص برداشت و میزان آمیلوز دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین برهمکنش تیمار کودی با باکتری نیز بر میزان شاخص برداشت و میزان آمیلوز در سطح احتمال پنج و بر میزان دمای ژلاتینه شدن در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری گردید. برهمکنش باکتری در سال و برهمکنش سه‌گانه کود و باکتری در سال نیز تنها بر میزان شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌داری شد (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب تیمارهای منابع کودی و باکتری بر صفات مورفولوژیکی و کیفی برنج در طی دو سال

منابع تغییر	درجه آزادی	پنجه بارور	عملکرد دانه	ژلاتینه شدن	آمیلوز	راندمان تبدیل کل
سال (Y)	۱	۲۰۹/۸۸**	۳۸۸۳ ^{ns}	۰/۹۸۳**	۷۸/۷۴۸**	۱۹۸/۹۲ ^{ns}
خطای تکرار×سال	۴	۱/۷۱	۱۱۱۱	۰/۰۰۹	۰/۵۷۸	۱۳۰/۱۲
منابع کودی (F)	۴	۶/۹۵**	۲۱۳۱**	۰/۱۵۵**	۲/۲۲۶**	۴۱۴/۶۹**
Y×F	۴	۲/۱۵*	۱۲۸ ^{ns}	۰/۰۲۴ ^{ns}	۱/۴۸۹**	۳۸/۵۵ ^{ns}
باکتری (B)	۳	۲/۷۴**	۲۱۳۷**	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۱۳۹۴/۴۵**
F×B	۱۲	۰/۵۶ ^{ns}	۱۷۷ ^{ns}	۰/۲۱۸**	۰/۲۰۶*	۱۸۱/۸۹ ^{ns}
Y×B	۳	۰/۱۷ ^{ns}	۵۱/۱ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۱۶۶ ^{ns}	۲۴/۵۱ ^{ns}
Y×F×B	۱۲	۱/۱۲ ^{ns}	۳۲/۲ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۱۴۵ ^{ns}	۱۴/۶۸ ^{ns}
خطا	۷۶	۰/۶۲	۳۱۸	۰/۰۳۷	۰/۰۸۸	۸۵/۹۶
ضریب تغییرات (%)		۷/۸	۱۲/۴	۵/۸	۱/۵	۱۰/۶

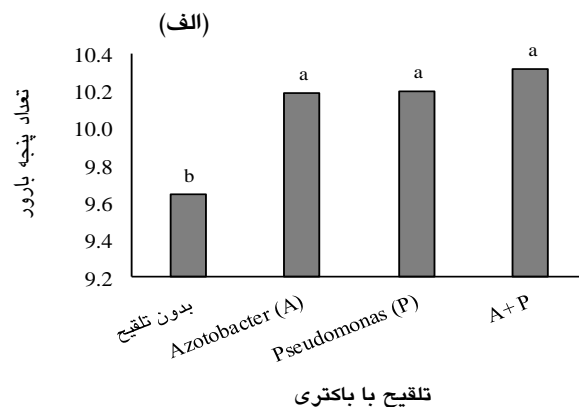
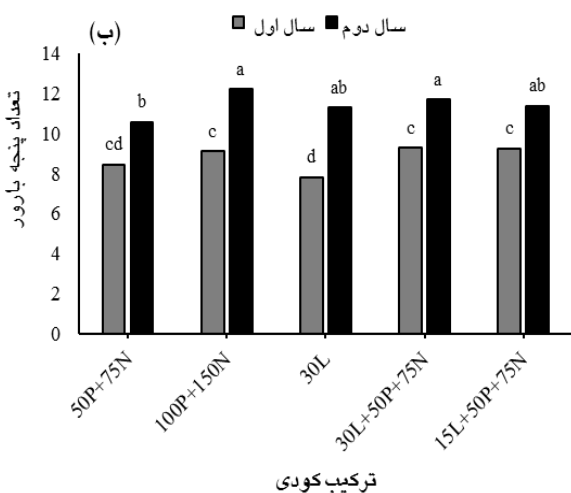
^{ns} غیرمعنی‌دار، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪ است.

مذکور به صورت قابل‌توجهی (به ترتیب حدود ۵/۸، ۷ و ۵/۶ درصد) تعداد پنجه‌های بارور را نسبت به شرایط

تلقیح جداگانه نشاءهای برنج با باکتری ازتوباکتر، سودوموناس و همچنین تلقیح همزمان با دو باکتری

(۲۰۰۰) هم گزارش کرده‌اند که بارزترین اثرات کود نیتروژن بر عملکرد برنج از طریق افزایش تعداد پنجه (حفظ و یا تحریک تولید آن) ظاهر می‌شود. این افزایش تعداد پنجه به دلیل قابل دسترس‌تر بودن نیتروژن بوده است که با افزایش میزان کود نیتروژن میزان قدرت رشد رویشی گیاه افزایش یافته است. میزان نیتروژن کمتر باعث تعداد پنجه کمتر در هر بوته می‌شود که از طریق ظرفیت کمتر متابولیسم کربن فتوسنتزی ایجاد می‌شود (هیوانگ و همکاران ۲۰۱۱). همچنین نتایج این تحقیق با نتایج تعداد زیادی از محققین منطبق بود (قربانلی و همکاران ۲۰۰۷؛ اسلام و همکاران ۲۰۰۸؛ لمپایان و همکاران ۲۰۱۰).

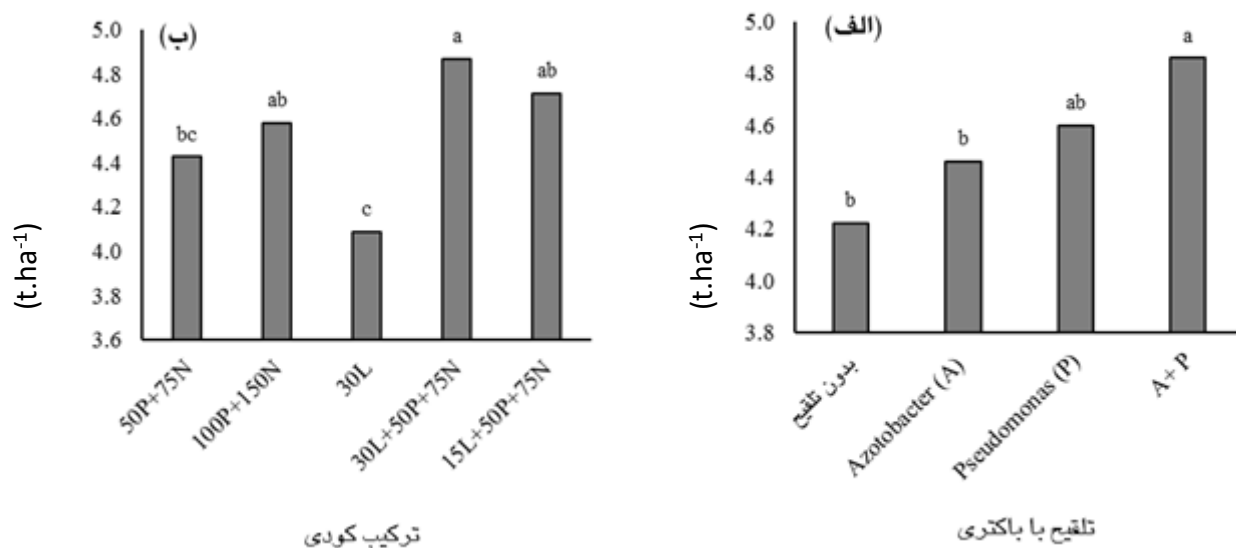
عدم تلقیح افزایش داد (شکل ۱-الف). در آزمایش دیگری، تلقیح ریشه گیاهچه برنج با باکتری‌های *R. aquatilis* و *Enterobacter sp.* به ترتیب موجب افزایش ۲۰ و ۳۹ درصد تعداد پنجه در کپه شد (بخشنده و همکاران ۲۰۱۵). بر اساس نتایج تعداد پنجه بارور در سال دوم تحت تمامی ترکیبات کودی افزایش یافت با این وجود بیشترین میزان اختلاف بین دو سال در تیمار کودی ۳۰ تن کود دامی مشاهده گردید که در سال دوم زراعی حدود ۴۴/۵ درصد نسبت به سال اول افزایش تعداد پنجه بارور حاصل گردید (شکل ۱-ب). نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش تعداد پنجه می‌شود. سینگ و جین (۲۰۰۰) و کوبایشای



شکل ۱- اثر ساده تلقیح با باکتری (الف) و برهمکنش ترکیب کودی در سال (ب) بر تعداد پنجه بارور در گیاه برنج

۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات به همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره نداشت. از طرفی کمترین میزان عملکرد در تحت کاربرد کود دامی به تنهایی مشاهده گردید (شکل ۲-ب). اثر ساده سال بر درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج معنی‌دار گردید. به عبارتی دیگر عوامل جوی مانند نزولات آسمانی، طول روز، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک و غیره در سال‌های مختلف متفاوت بود. مقدار درجه حرارت ژلاتینی شدن یکی از عوامل مهم تعیین کننده کیفیت پخت می‌باشد. درجه حرارت

در بررسی میزان عملکرد دانه مشاهده شد که تیمار با باکتری به صورت قابل توجهی منجر به افزایش عملکرد نسبت به شرایط عدم تلقیح گردید. به طوری که بالاترین میزان عملکرد در شرایط تلقیح هم‌زمان با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس (بیش از ۱۵ درصد نسبت به شرایط عدم تلقیح) حاصل گردید (شکل-۲الف). همچنین بالاترین میزان عملکرد در شرایط کاربرد ترکیب کود دامی با کودهای شیمیایی اوره و فسفات حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با ترکیب



شکل ۲- اثر ساده باکتری (الف) و ترکیب کودی (ب) بر میزان عملکرد دانه در هکتار برنج

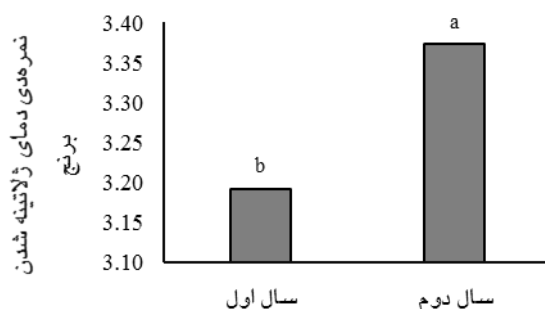
زمان رسیدن و پر شدن دانه منجر به تجمع نشاسته‌ای با دمای ژلاتینه‌شدن بالا می‌شود و تغییر در میزان آمیلوز را نیز موجب می‌شود.

بر اساس نتایج جدول ۴ بیشترین میزان راندمان تبدیل کل تحت ترکیب کودی ۳۰ تن کود دامی، ۵۰ کیلوگرم کود فسفاته با ۷۵ کیلوگرم کود ازته حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با راندمان تبدیل در گیاهان تحت تیمار کودی ۱۵ تن کود دامی، ۵۰ کیلوگرم کود فسفاته با ۷۵ کیلوگرم کود ازته نداشت. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی با قابلیت جذب و آزادسازی تدریجی رطوبت دارای نقش مثبت و مؤثری در جلوگیری از هدر رفت و آب‌شویی عناصر غذایی به لایه‌های زیرین خاک بوده و با افزایش تجمع و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک در لایه سطحی خاک موجب کاهش اسیدیته و افزایش حلالیت فسفر تثبیت شده در سطح کلونیدهای رس شده باشند. علاوه بر این به نظر می‌رسد که کاربرد مقادیر مناسب کودهای دامی با افزایش تجمع و فعالیت میکروبی خاک در لایه سطحی موجب تسریع و تشدید انجام فعالیت معدنی شدن و تبدیل فرم آلی نیتروژن به فرم‌های قابل جذب (نترات و آمونیوم) گیاه می‌شود. بخش قابل‌توجهی از این

ژلاتینی‌شدن محدوده درجه حرارتی است که در آن مولکول‌های نشاسته به‌طور غیرقابل برگشت در آب گرم شروع به تورم می‌کنند. درجه حرارت ژلاتینی (سانتیگراد) ممکن است پایین (۵۵ تا ۶۹)، متوسط (۷۰ تا ۷۴) و یا بالا (بیش از ۷۴) باشد (دلا و کوش ۲۰۰۰). چنانچه حرارت ژلاتینی رقمی بالا باشد برنج پخته آن سفت و خشک می‌شود. برعکس حرارت ژلاتینی پایین، موجب نرمی و چسبندگی شدن برنج پس از پخت می‌شود. ارقامی که دارای آمیلوز همسان می‌باشند درجه حرارت ژلاتینی مختلفی از خود نشان می‌دهند. عواملی چون آب و هوا (حرارت) به‌ویژه حرارت بالا در زمان رسیدن بر روی حرارت ژلاتینی تأثیر گذاشته و آن را بالا می‌برد (محمدصالحی ۱۹۸۹). بر اساس نتایج کلاس درجه حرارت ژلاتینی شدن در سال دوم زراعی حدود ۳/۴ بود که بیش از ۵ درصد نسبت به سال اول کشت (۳/۲) افزایش نشان داد (شکل ۳)، با این وجود هر دودر یک کلاس قرار گرفتند. شی و همکاران (۱۹۹۷) نیز در پژوهش‌های خود بیان کردند که دما در طول دوره رسیدن دانه روی صفات مرتبط با کیفیت پخت، به خصوص دمای ژلاتینه شدن، تأثیر می‌گذارد. بنابر نظر دلا و همکاران (۱۹۸۹) دمای بالا در

کود نیتروژن در برنج پایین است. بنابراین استفاده از کودهای آلی به عنوان منبعی برای تأمین قسمتی از

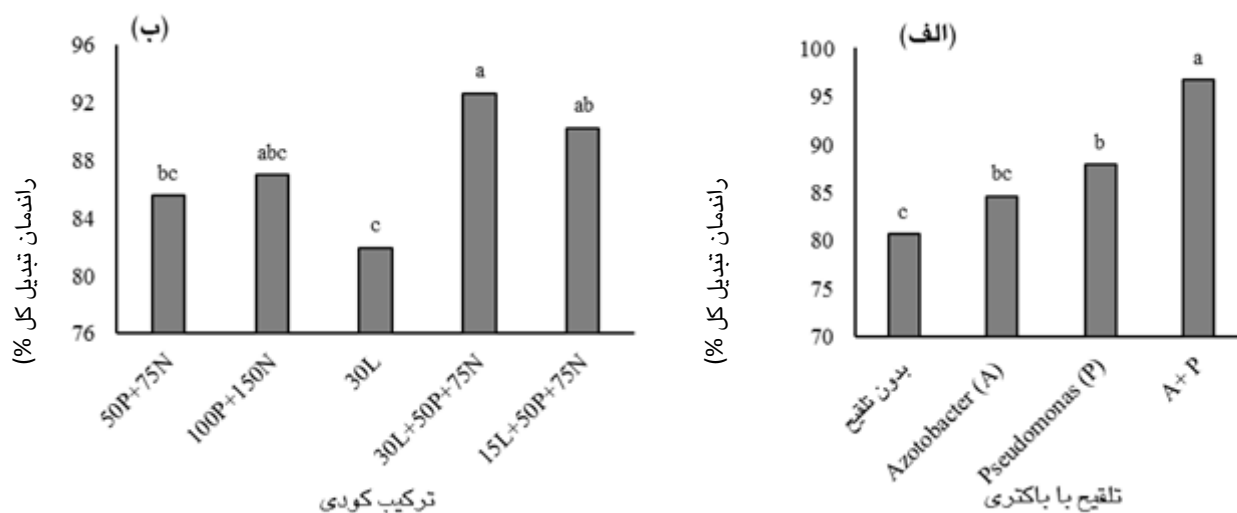
نیتروژن به‌طور تدریجی در طی فرآیندهای مختلف رشد و نمو در اختیار گیاه قرار گرفته و در افزایش تولید عملکرد نهایی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. عرفانی و همکاران (۲۰۱۹) بیان کرده‌اند که راندمان مصرف



شکل ۳- اثر ساده سال بر درجه حرارت ژلاتینی‌شدن برنج

شیمیایی شده و معضلات ناشی از مصرف آنها را بر اکوسیستم و سلامت انسان‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (شهدی کومله و همکاران ۲۰۱۸؛ امان‌الله و همکاران ۲۰۱۶). میزان راندمان تبدیل کل برنج در شرایط تلقیح با باکتری به ویژه در تلقیح با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس نیز به صورت قابل‌توجهی نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش یافت (شکل ۴).

نیتروژن مورد نیاز، میزان تلفات نیتروژن را کاهش می‌دهد. کودهای آلی با قابلیت آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجب افزایش راندمان و کارایی مصرف نیتروژن در سیستم‌های کشت غرقاب شده و دارای اثرگذاری بیشتری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌باشند (عرفانی و همکاران ۲۰۱۹). طبق بررسی‌های صورت گرفته محققان، کاربرد کود آلی می‌تواند جایگزین مصرف ۷۰ تا بیش از ۹۰ درصد کودهای



شکل ۴- اثر ساده کود و باکتری بر راندمان تبدیل کل برنج

ژلاتینی شدن می‌باشند. مهمترین خصوصیت شیمیایی که در پیش‌بینی خواص پخت به‌کار می‌رود، میزان آمیلوز است که با خواص ژلاتینی شدن و چسبندگی دانه پس از پخت ارتباط دارد. برنج‌های پخته‌شده با آمیلوز بالا (۲۵-۳۳٪) نسبتاً خشک و جدا از هم هستند. برنج‌های با آمیلوز پایین (۱۰-۲۰٪) در هنگام پخت چسبندگی می‌شوند و برنج‌های با آمیلوز متوسط (۲۰-۲۵٪) تا مدت‌ها پس از پخت نرم باقی می‌مانند و مصرف‌کنندگان ایرانی، بیشتر برنج‌هایی با آمیلوز متوسط را ترجیح می‌دهند. در تحقیق حاضر علیرغم افزایش میزان آمیلوز برنج در زمان تلقیح با باکتری ازتوباکتر و همچنین تلقیح همزمان با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس در تیمار کوددهی ۳۰ تن کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم و ۷۵ کیلوگرم کود ازته، رقم مذکور در تمامی حالات دارای آمیلوز متوسط رو به پایین بود (جدول ۵).

برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه برنج به عنوان شاخص‌های غیرمستقیم در تعیین کیفیت پخت برنج مورد استفاده قرار می‌گیرند. از برجسته‌ترین آنها میزان آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن می‌باشد. آمیلوز به عنوان بخشی از نشاسته، یک عامل مهم و برجسته در ایجاد اختلافات واریته‌ای می‌باشد (جولیانو ۱۹۸۵). بر اساس میزان آمیلوز؛ ارقام مختلف برنج در دو گروه بدون آمیلوز یا گلوتنی با میزان آمیلوز بین ۰-۲ درصد و غیرگلوتنی با میزان آمیلوز بیشتر از ۲ درصد طبقه‌بندی می‌شوند. واریته‌های غیرگلوتنی در چهار گروه با آمیلوز خیلی کم؛ آمیلوز کم؛ آمیلوز متوسط و آمیلوز بالا تقسیم می‌گردند. آگاهی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی، در درک بهتر کیفیت پخت برنج بسیار مؤثر است. دو معیار مهم که در ارزیابی‌های کیفی برای تعیین کیفیت پخت ارقام برنج استفاده می‌شوند، درصد آمیلوز و درجه حرارت

جدول ۵- برهمکنش منابع کودی و باکتری بر صفات آمیلوز و درجه ژلاتینه شدن برنج

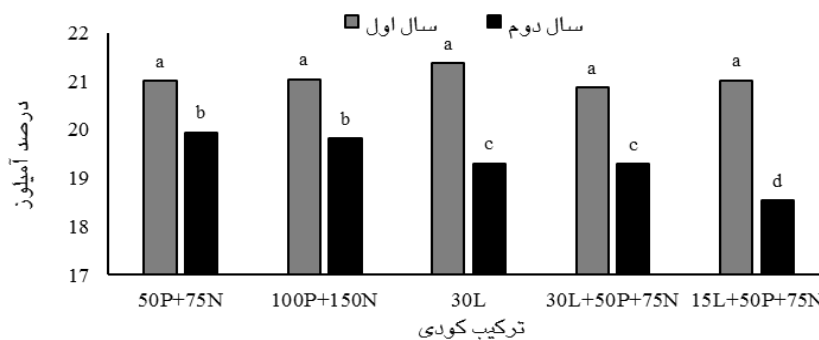
تیمار	آمیلوز (%)	درجه ژلاتینه شدن
بدون تلقیح	۲۰/۶۲ ^a	۳/۱۲ ^{ef}
	۲۰/۴۷ ^{ab}	۳ ^f
	۲۵/۲۵ ^{a-e}	۳/۲۲ ^{c-f}
	۱۹/۴۷ ^h	۳/۴۱ ^{a-d}
	۲۰/۱۸ ^{b-f}	۳/۴۶ ^{ab}
<i>Azotobacter</i> (A)	۲۰/۵۰ ^{ab}	۳/۴۳ ^{abc}
	۲۰/۳۰ ^{a-d}	۳/۰۸ ^f
	۲۰/۱۸ ^{b-f}	۳/۴۸ ^{ab}
	۱۹/۹۱ ^{d-g}	۳/۴۱ ^{a-d}
	۱۹/۹۶ ^{c-g}	۳/۲۲ ^{c-f}
<i>Pseudomonas</i> (P)	۲۰/۳۲ ^{abc}	۳/۴۶ ^{abc}
	۲۰/۳۷ ^{ab}	۳/۱۸ ^{def}
	۲۰/۳۹ ^{ab}	۳/۱۰ ^{e-f}
	۱۹/۶۵ ^{gh}	۳/۰۷ ^f
	۲۰/۱۷ ^{b-f}	۳/۳۹ ^{a-d}
A+P	۲۰/۴۶ ^{ab}	۳/۳۲ ^{b-e}
	۲۰/۵۶ ^{ab}	۳/۳۲ ^{b-e}
	۱۹/۸۵ ^{e-h}	۳/۶۰ ^a
	۱۹/۸۰ ^{d-g}	۳/۳۲ ^{b-e}
	۲۰/۳۲ ^{abc}	۳/۰۵ ^f

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

متوسط در تمامی حالات، همگی در یک کلاس قرار گرفتند (جدول ۵).

مقایسه میانگین میزان آمیلوز دانه در ترکیبات مختلف کودی در طی دو سال زراعی حاکی از بالاتر بودن میزان آمیلوز در سال اول نسبت به سال دوم کشت بود. بر اساس نتایج بیشترین میزان اختلاف آمیلوز در طی دو سال در ترکیب کودی ۱۵ تن کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم کود فسفات و ۷۵ کیلوگرم کود ازته مشاهده گردید، به طوری که میزان آن در سال دوم کشت حدود ۱۲ درصد نسبت به سال اول کشت کمتر بود (شکل ۵). از طرفی در شرایطی کاربرد کود دامی به تنهایی و یا همراه با کود شیمیایی، میزان آمیلوز کمتری در مقایسه با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی بدون مصرف کود دامی تولید گردید. به عبارت دیگر می‌توان بیان داشت که استفاده از کود شیمیایی به دلیل افزایش نیتروژن قابل‌دسترس، سبب افزایش مقدار آمیلوز دانه برنج شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (فلاح و همکاران ۲۰۱۸؛ می و همکاران ۲۰۱۸؛ صالحی‌فر و افشار محمدیان ۲۰۲۰).

درجه حرارت ژلاتینی شدن، زمان لازم برای پختن برنج را پیش‌بینی می‌کند. در واقع، دامنه درجه حرارتی است که دانه‌های نشاسته در برنج سفید شروع به متورم شدن برگشت‌ناپذیر در آب داغ می‌کنند. درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج ممکن است پائین (۶۹-۵۵ درجه سانتی‌گراد)؛ متوسط (۷۴-۷۰ درجه سانتی‌گراد) و یا بالا (بیشتر از ۷۴ درجه سانتی‌گراد) باشد. ارقام برنج با درجه حرارت ژلاتینی شدن پائین کاملاً وارفته هستند؛ در حالی که ارقام با درجه حرارت ژلاتینی شدن متوسط وارفتگی ناقصی را نشان می‌دهند. ارقام با درجه حرارت ژلاتینی شدن بالا در محلول قلیائی بدون تغییر باقی می‌مانند. درجه حرارت ژلاتینی شدن در تشخیص کیفیت پخت ارقام مختلف برنج با آمیلوزهای مشابه استفاده می‌شود (جولیانو ۱۹۹۸). نتایج حاصل از درجه حرارت ژلاتینه شدن بذره‌های برنج حاکی از آن بود که رقم مذکور دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن متوسط به بالا بود و اگرچه اختلاف معنی‌داری بین صفت مذکور در شرایط اعمال تیمارهای مختلف مورد بررسی وجود داشت ولی با توجه به درجه حرارت ژلاتینه شدن



شکل ۵- اثر ترکیبات کودی بر میزان آمیلوز دانه در دو سال زراعی

در دانه و بر میزان پتاسیم هم در برگ و هم در دانه اثرگذار بود. از طرفی برخلاف عدم معنی‌داری برهمکنش دوگانه تیمارهای سال و باکتری و برهمکنش سه‌گانه سال، باکتری و ترکیبات کودی، برهمکنش ترکیبات کودی با تیمار باکتری اثر بسیار معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه داشت (جدول ۶).

بررسی اثرات ترکیبات تیماری در آزمایش مذکور بر میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در برگ و دانه برنج حاکی از اختلاف معنی‌دار میزان نیتروژن و پتاسیم در برگ و دانه و همچنین فسفر در دانه برنج در طی دو سال کشت بود. علاوه بر آن ترکیبات کودی تنها بر میزان عنصر پتاسیم در دانه معنی‌دار نگردید و بر سایر صفات اثرگذار بود. تلفیق با باکتری نیز بر میزان نیتروژن در برگ، بر میزان فسفر

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب تیمارهای منابع کودی و باکتری بر میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ و دانه برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن		پتاسیم		فسفر	
		برگ	دانه	برگ	دانه	برگ	دانه
سال (Y)	۱	۰/۶۲۶**	۲/۸۴۶**	۰/۰۸۸**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۹**
خطای تکرار×سال	۴	۰/۲۷۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۹
منابع کودی (F)	۴	۰/۰۸۵**	۰/۰۸۰**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۲**
Y×F	۴	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۹ ns	۰/۰۰۰۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns
باکتری (B)	۳	۰/۱۴۱**	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۶۷**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱**
Y×B	۳	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns
F×B	۱۲	۰/۱۵۴**	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۸۷**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۷**
Y×F×B	۱۲	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns
خطا	۷۶	۰/۰۲۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۶	۵/۴	۵/۹	۶/۱	۲۱/۰	۶/۵

ns غیرمعنی‌دار، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪ است.

برنج در این سال زراعی شده است. در همین راستا، فلاح و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مواد غذایی موجود در کود دامی بلافاصله بعد از مصرف برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد و بایستی توسط تجزیه میکروبی به شکل قابل‌دسترس تبدیل شوند. به همین دلیل در انتهای رشد میزان در دسترس بودن عناصر غذایی بیشتر می‌باشد.

بررسی میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر در برگ و دانه‌های برنج حاکی از اختلاف معنی‌دار بین این عناصر در دو سال بود. به طوری که میزان این عناصر هم در برگ و هم در دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (جدول ۷). به نظر می‌رسد به علت زمان بر بودن آزادسازی عناصر در کود دامی در سال دوم کشت قابلیت دسترسی به این عناصر فراهم گردیده و در نهایت موجب افزایش عناصر مذکور در برگ و دانه

جدول ۷- مقایسه میانگین عناصر نیتروژن پتاسیم و فسفر در برگ و دانه برنج در دو سال کشت

تیمار	نیتروژن (%)		پتاسیم (%)		فسفر (%)
	برگ	دانه	برگ	دانه	دانه
سال اول	۱/۳۰۰ ^b	۱/۲۳۲ ^b	۰/۴۸۹ ^b	۰/۲۵۱ ^b	۰/۲۳۱ ^b
سال دوم	۱/۴۴۵ ^a	۱/۵۴۰ ^a	۰/۵۴۴ ^a	۰/۲۶۱ ^a	۰/۲۴۸ ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ترکیب کودی ۳۰ تن کود دامی در گیاهان تلقیح‌نشده و تلقیح‌شده با ازتوباکتر مشاهده گردید. از طرفی کمترین میزان نیتروژن در دانه گیاهان تلقیح‌شده با باکتری سودوموناس تحت ترکیب کودی ۱۵ تن کود دامی+۵۰ کیلوگرم کود فسفات+۷۵ کیلوگرم کود ازته حاصل گردد (جدول ۸). از طرفی همبستگی منفی ($r^2 = -0/234$) میان میزان نیتروژن در برگ و دانه برنج وجود داشت با این وجود این همبستگی معنی‌دار نبود (جدول ۹).

نتایج برهمکنش منابع کودی و باکتری بر میزان عناصر در برگ و دانه برنج حاکی از آن بود که بیشترین میزان نیتروژن موجود در برگ با میانگین ۱/۷۳۲ متعلق به تیمار کاربرد تلفیقی کود شیمیایی، کود دامی و باکتری ازتوباکتر و کمترین آن با میانگین ۱/۱۳۲ متعلق به تیمار کاربرد کود دامی به تنهایی و باکتری سودوموناس بود. بررسی میزان نیتروژن در دانه نیز حاکی از آن بود که بالاترین میزان آن در

سویه‌های باکتری آزوسپیریلوم، محتوای نیتروژن دانه نسبت به شاهد افزایش یافت. پناهی و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که مصرف کود زیستی حاوی ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش درصد نیتروژن دانه در برنج گردید.

پدرازا و همکاران (۲۰۰۹) عنوان نمودند که بالاترین مقدار نیتروژن دانه زمانی حاصل شد که از تلقیح بذور با باکتری آزوسپیریلوم استفاده گردید. این محققان، دلیل این افزایش را، قابلیت دسترسی بیشتر به عناصر غذایی توسط باکتری آزوسپیریلوم دانستند. عمواقایی و همکاران (۲۰۰۳) نیز اظهار داشتند که با کاربرد

جدول ۸- برهمکنش منابع کودی و باکتری بر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج

پتاسیم (%)		فسفر (%)		نیتروژن (%)		تیمار	
دانه	برگ	دانه	برگ	دانه	برگ	کود	باکتری
۰/۲۳۹ ^{de}	۰/۵۱۷ ^{c-f}	۰/۲۲۸ ^{bc}	۰/۱۲۶ ^{bc}	۱/۳۷۵ ^{a-f}	۱/۴۲۷ ^{bcd}	50P+75N	بدون تلقیح
۰/۲۶۶ ^{abc}	۰/۴۶۹ ^{fg}	۰/۲۴۱ ^{abc}	۰/۱۰۹ ^{bc}	۱/۲۸۵ ^{def}	۱/۴۲۷ ^{bcd}	100P+150N	
۰/۲۳۵ ^e	۰/۵۴۴ ^{a-d}	۰/۱۹۹ ^d	۰/۱۱۰ ^{bc}	۱/۵۱۴ ^a	۱/۳۷۹ ^{bcd}	30L	
۰/۲۵۲ ^{a-e}	۰/۴۱۶ ^h	۰/۲۳۴ ^{abc}	۰/۰۹۵ ^c	۱/۳۸۹ ^{a-f}	۱/۱۴۸ ^d	30L+50P+75N	
۰/۲۶۳ ^{a-d}	۰/۵۲۶ ^{b-e}	۰/۲۵۵ ^{ab}	۰/۲۰۵ ^a	۱/۳۱۳ ^{c-f}	۱/۲۱۸ ^d	15L+50P+75N	
۰/۲۴۵ ^{cde}	۰/۴۸۵ ^{ef}	۰/۲۲۹ ^{bc}	۰/۱۰۱ ^c	۱/۳۹۳ ^{a-f}	۱/۲۸۸ ^{cd}	50P+75N	<i>Azotobacter</i> (A)
۰/۲۴۵ ^{cde}	۰/۴۲۰ ^{gh}	۰/۲۳۵ ^{abc}	۰/۱۰۰ ^c	۱/۳۸۵ ^{a-f}	۱/۲۱۴ ^d	100P+150N	
۰/۲۶۳ ^{a-d}	۰/۵۸۶ ^a	۰/۲۲۷ ^c	۰/۱۰۸ ^{bc}	۱/۵۱۹ ^a	۱/۲۴۹ ^d	30L	
۰/۲۵۲ ^{a-e}	۰/۵۳۹ ^{a-d}	۰/۲۵۱ ^{abc}	۰/۱۲۰ ^{bc}	۱/۴۸۵ ^{ab}	۱/۳۳۵ ^{bcd}	30L+50P+75N	
۰/۲۴۹ ^{b-e}	۰/۵۸۰ ^a	۰/۲۴۴ ^{abc}	۰/۱۳۳ ^{bc}	۱/۲۷۲ ^{ef}	۱/۷۳۲ ^a	15L+50P+75N	
۰/۲۵۹ ^{a-e}	۰/۵۲۳ ^{b-e}	۰/۲۴۷ ^{abc}	۰/۱۱۸ ^{bc}	۱/۳۸۷ ^{a-f}	۱/۴۰۴ ^{bcd}	50P+75N	<i>Pseudomonas</i> (P)
۰/۲۵۶ ^{a-e}	۰/۴۷۷ ^{efg}	۰/۲۲۹ ^{bc}	۰/۱۱۳ ^{bc}	۱/۳۹۹ ^{a-f}	۱/۴۲۹ ^{bcd}	100P+150N	
۰/۲۶۶ ^{abc}	۰/۵۵۴ ^{abc}	۰/۲۳۸ ^{abc}	۰/۱۱۱ ^{bc}	۱/۳۷۷ ^{a-f}	۱/۱۳۲ ^d	30L	
۰/۲۷۳ ^{abc}	۰/۴۸۸ ^{ef}	۰/۲۴۳ ^{abc}	۰/۱۱۷ ^{bc}	۱/۴۳۳ ^{a-d}	۱/۳۶۸ ^{bcd}	30L+50P+75N	
۰/۲۷۴ ^{abc}	۰/۵۵۷ ^{abc}	۰/۲۵۹ ^a	۰/۱۲۳ ^{bc}	۱/۲۵۶ ^f	۱/۳۳۸ ^{bcd}	15L+50P+75N	
۰/۲۷۷ ^a	۰/۵۲۴ ^{b-e}	۰/۲۶۱ ^a	۰/۱۱۹ ^{bc}	۱/۳۳۹ ^{b-f}	۱/۵۹۰ ^{abc}	50P+75N	A+P
۰/۲۴۹ ^{b-e}	۰/۴۸۵ ^{ef}	۰/۲۴۳ ^{abc}	۰/۱۰۷ ^{bc}	۱/۴۱۴ ^{a-e}	۱/۳۵۴ ^{bcd}	100P+150N	
۰/۲۴۵ ^{cde}	۰/۵۶۱ ^{abc}	۰/۲۳۹ ^{abc}	۰/۱۲۸ ^{bc}	۱/۳۷۹ ^{a-f}	۱/۳۷۳ ^{bcd}	30L	
۰/۲۵۹ ^{a-e}	۰/۵۶۷ ^{ab}	۰/۲۳۹ ^{abc}	۰/۱۵۲ ^b	۱/۴۳۴ ^{abc}	۱/۶۲۴ ^{ab}	30L+50P+75N	
۰/۲۴۹ ^{b-e}	۰/۴۹۸ ^{def}	۰/۲۵۲ ^{abc}	۰/۱۰۵ ^{bc}	۱/۳۷۲ ^{a-e}	۱/۴۱۶ ^{bcd}	15L+50P+75N	

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۹- همبستگی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج

نیتروژن برگ	نیتروژن دانه	فسفر برگ	فسفر دانه	پتاسیم برگ	پتاسیم دانه
۰/۱۷۷	-۰/۲۷۳	۰/۳۳۵	۰/۰۸۳	۰/۳۷۷	۰/۰۸۳
۰/۱۶۸	-۰/۵۸۴ ^{**}	۰/۴۱۷	۰/۰۶۹ ^{**}	۰/۳۷۷	۰/۰۶۹ ^{**}
۰/۰۰۳	-۰/۳۳۱	۰/۱۶۶	۰/۱۱۷	۰/۰۰۳	۰/۱۱۷

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪ است.

کیلوگرم در هکتار باعث افزایش درصد نیتروژن و پتاسیم جذب شده دانه شد. ولی افزایش بیشتر کود تأثیری بر درصد نیتروژن و پتاسیم جذب شده در دانه نداشت. همان طوری که قبلاً اشاره شد، اصولاً میزان کاربرد نیتروژن در شالیزار تأثیری بر میزان درصد فسفر جذب شده در دانه ندارد. گزارش‌های متعددی از آثار مثبت این باکتری‌ها بر عملکرد کتان، ذرت، گندم، جو، تنباکو و خردل وجود دارد که نشان می‌دهد این باکتری‌ها موجب افزایش تثبیت نیتروژن، افزایش جذب عناصری چون فسفر، پتاسیم و آهن، بهبود وضعیت آب گیاه و تولید فیتوهورمون‌ها در این گیاهان شده‌اند (احتشامی و همکاران ۲۰۰۸؛ ملکوتی و همایی ۱۹۹۳). این افزایش از طریق مکانیسم‌های مختلفی چون تأمین نیتروژن برای گیاه از طریق تثبیت N_2 ، تولید مواد محرک رشد یا همان فیتوهورمون‌ها شامل اکسین، سیتوکینین و جیبرلین و ایجاد کنترل بیولوژیکی در مقابل پاتوژن‌های خاکزی می‌باشد (کاوینو و همکاران ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر کارایی کود نیتروژن، فسفر و کارایی مصرف کود آلی تأثیر مثبت دارد. در نهایت با ازدیاد کارایی مصرف کودها در برنج عملکرد بیشتری به دست آمد. با توجه به نتیجه به دست آمده و با وجود آلودگی حاصل از استفاده بیرویه کودهای شیمیایی، می‌توان پیشنهاد نمود که برای رسیدن به عملکرد بیشتر و کاهش آلودگی، این ریزجانداران محرک رشد را نیز به کودهای شیمیایی و آلی اضافه کرده تا از این طریق علاوه بر افزایش عملکرد گیاهان از میزان مصرف کودهای شیمیایی نیز کاسته شود.

سپاسگزاری

به این وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بخاطر حمایت مالی این پژوهش مراتب سپاسگزاری به عمل می‌آید.

بررسی میزان فسفر در برگ برنج نیز حاکی کاهش میزان این عنصر در برگ گیاهان تلقیح شده با باکتری تحت ترکیب کودی ۱۵ تن کود دامی+۵۰ کیلوگرم کود فسفات+۷۵ کیلوگرم کود ازته در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده بود. به طوری که تلقیح با باکتری ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح همزمان با دو باکتری میزان فسفر در برگ را به ترتیب ۳۵، ۴۰ و ۴۹ درصد نسبت به گیاهان تلقیح نشده کاهش داد. از طرفی کاربرد ۳۰ تن کود دامی میزان فسفر در دانه را در گیاهان تلقیح شده با باکتری افزایش داد به طوری که تلقیح با باکتری ازتوباکتر، سودوموناس و تلقیح همزمان با دو باکتری به ترتیب میزان فسفر در دانه را ۱۴، ۱۹/۶ و ۲۰/۱ درصد نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد. با این وجود بیشترین میزان فسفر در دانه در گیاهان تلقیح شده با دو باکتری ازتوباکتر و سودوموناس تحت تیمار کودی ۵۰ کیلوگرم کود فسفات+۷۵ کیلوگرم کود ازته حاصل گردید (جدول ۸). محققین، افزایش جذب فسفر توسط گیاهان همزیست با ریزجانداران حل‌کننده فسفات را به واسطه تولید دی‌اکسیدکربن به وسیله این ریزجانداران و اثر آن بر افزایش قابلیت جذب فسفر گزارش کرده‌اند (رودریگز و فراگا ۱۹۹۹). ریزجانداران حل‌کننده فسفات می‌توانند جذب فسفر را در گیاهان از طریق افزایش فعالیت فسفاتاز ارتقاء دهند. در این خصوص گزارش شده است که باکتری سودوموناس بر جذب فسفر در ذرت مؤثر بود (دورودیان و بشارتی کلایه ۲۰۱۸).

نتایج همبستگی بین عناصر نیز حاکی از همبستگی منفی و بسیار معنی‌دار این صفت با میزان نیتروژن در دانه بود (جدول ۹). بررسی میزان پتاسیم در برگ برنج نیز حاکی افزایش میزان این عنصر در برگ گیاهان تلقیح شده با باکتری تحت ترکیب کودی ۳۰ تن کود دامی+۵۰ کیلوگرم کود فسفات+۷۵ کیلوگرم کود ازته نسبت به گیاهان تلقیح نشده بود. همبستگی بین عناصر نیز حاکی از همبستگی منفی و بسیار معنی‌دار پتاسیم در دانه با میزان فسفر در دانه بود (جدول ۹). همچنین افزایش کود مصرفی از ۳۰ کیلوگرم در هکتار به ۶۰

منابع مورد استفاده

- Akhtar K, Wang WY, Khan A, Ren GX, Afridi MZ, Feng YZ, Yang GH, Feng YZ and Yang GH. 2019. Wheat straw mulching offset soil moisture deficient for improving physiological and growth performance of summer sown soybean. *Agricultural Water Management*, 211:16–25. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.031>
- Amanullah A, Khan SH, Iqbal A and Fahad SH. 2016. Growth and productivity response of hybrid rice to application of animal manures, plant residues and phosphorus. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1440. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01440>
- Amoo-Aghaie R, Mostajeran A and Emtiazi G. 2003 Effect of azospirillum inoculation on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. *Journal title*, 7 (2) :127-139. (In Persian).
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2005. Influence of vermicompost on field strawberries. *Bioresource Technology*, 93: 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
- Asghar H, Zahir Z, Arshad M and Khaliq A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4): 231-237. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0462-8>
- Babakhani V, Tohidi-Nejad E, Khajoei-Nejad G and Ghanbari J. 2023. Biomass Production and Nitrogen Use Efficiency in Dill-Fenugreek Intercropping in Response to Biofertilizers and Manure. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(4): 1-18. Doi: 10.22034/SAPS.2022.48673.2759. (In Persian).
- Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti HA and Nematzadeh GA. 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. doi: 10.1111/jam.12938.
- Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti HA 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. doi: 10.1007/s11274-014-1669-1.
- Belder P, Spiertz JHJ, Bouman BAM, Lu G and Tuong TP. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research*, 93: 169–185.
- Bilal M, Ayub M, Tariq M, Tahir M and Nadeem MA. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.002>
- Brar DS, Virk PS, Grewal D, Slamet-Loedin I, Fitzgerald M and Khus GS. 2012. Breeding rice varieties with improved grain and nutritional quality. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 4(3): 137. <https://doi.org/10.1111/j.1757-837X.2012.00140.x>
- Conde LD, Chen Z, Chen H and Liao H. 2014. Effects of phosphorus availability on plant growth and soil nutrient status in the rice/soybean rotation system on newly cultivated acidic soils. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2(6): 309- 316. Doi: 10.11648/j.ajaf.20140206.23
- Dela CN, Kumar I, Kaushik RP and Khush GS. 1989. Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality component in rice. *Japanese Journal of Breeding*, 39: 299-306. <http://dx.doi.org/10.1270/jsbbs1951.39.299>
- Dela Cruz N and Khush GS. 2000. Rice grain quality evaluation procedures. 15-29. In: Singh. RK, Singh US and Khush GS. (eds). *Aromatic Rices*. Science Publishers Inc., Enfield, NH, USA, Printed in India. 289pp.

- Devsalar R, Sam Deliri M, Nasiri M, Amiri Larijani B, Mousavi Mirkalai AA and Sadegh N. 2011. The effect of combining organic fertilizer and nitrogen on grain yield and yield components in the new rice cultivation management system. *Journal of crop production research*, 3(2): 217-229. (In Persian)
- Doroudian HR and Besharati H. 2018. Effect of PGPR inoculation on yield and nutrient uptake of corn (SC. 704). *Applied Field Crops Research*, 31(3): 62-74. (In Persian).
- Eftekhari S, Ardekani M Rejali F Paknejad F and Hasanabadi T. 2010. Effect of phosphate solubilizing bacteria *Pseudomonas fluorescense* on yield and yield components under different levels of P fertilizer. Proc. 11rd Iran. Cong. in Agronomy and Plant Breed., Shahid Beheshti University., Tehran, Iran. (In Persian)
- Ehteshami SMR, AghaAlikhani M, Khavazi K and Chaichi MR. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on quantitative and qualitative of corn under water deficit stress. *Iranian Journal of Crop Science*, 40(1): 15-27. (In Persian).
- El-Afry M, El-Nady M, Belal E and Metwaly M. 2012. Physiological responses of drought stressed wheat plants (*Triticum aestivum* L.) treating with some bacterial endophytes. *Journal of Plant Protection Research*, Mansoura University, 3(7): 2069-2089. DOI:10.21608/jpp.2012.84868
- Erfani R, Pirdashti HA, Nouri MZ and Abbasi R. 2019. Comparison of paddy yield and soil qualitative characteristics among different agricultural systems in three regions of Mazandaran. *Applied Agricultural Research*, 32(1): 101-125. (In Persian).
- Fallah S, Ghalavand A and Khajehpour MR. 2007. Effects of Animal Manure Incorporation Methods and its Integration with Chemical Fertilizer on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. *Journal title*; 11 (40) :233-243. (In Perian).
- Fernandez LA, Zalba P, Gomez MA and Sagardoy MA. 2007. Phosphatesolubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 43(6): 805- 809. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0172-3>
- Ghorbanli M, Hashemi Moghaddam SH and Fallah A. 2007. Study of interaction effects of irrigation and nitrogen on some morphological and physiological characteristic of rice. *The Journal of Agricultural Science*, 2: 415-427. (In Persian).
- Gilani A, Alami KH, Siadat A and Seiednezhad M. 2012. The effects of heat stress on milling quality of rice cultivars in Khuzestan. *J. Crop Physiol. Islamic Azad University of Ahvaz*. Fourth year, number fourteenth. (In Persian).
- Gupta G, Parihar SS, Ahirwar NK, Snehi SK and Singh V. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 7: 96-102. DOI: 10.4172/1948-5948.1000188
- Hasanpour R, Pirdashti HA, Esmaeili MA and Abbasian A. 2011. Response of yield and yield components of three sesame (*Sesame indicum* L.) cultivars to application of nitrogen and supernitroplus biofertilizer. *Journal af Agroecology (Quarterly)*, 3(1): 9-16. (In Persian)
- Hendawy SF, Azza A and El-Din E. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3: 203-216.
- Hoflich G, Tappe E, Khun G. and Wiehe W. 1997. Einflus associative Rhizosphären bakterien auf die. ahrstoffaufnahme und den Ertrag von Mais. *Archiv fuer Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 1: 323-333.
- Huang M, Zou Y, Jiang P, Xia B, Feng Y, Cheng Z and Mo Y. 2011. Yield component differences between direct-seeded and transplanted super hybrid rice. *Plant production science*, 14(4): 331-338. <https://doi.org/10.1626/pps.14.331>

- Iqbal A, He L, Khan A, Wei S, Akhtar K, Ali I, Ullah S, Munsif F, Zhao Q and Jiang L. 2019. Organic manure coupled with inorganic fertilizer: An approach for the sustainable production of rice by improving soil properties and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 9(10):651. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100651>
- Islam MS, Akhter MM, Rahman MS, Banu MB and Khalequzzaman KM. 2008. Effect of nitrogen and number of seedling per hill on the yield and yielded components of rice (brri dhan 33). *Crop Production*, 3: 61-65.
- Juliano BO. 1971. Simplified assay for milled-rice amylase. *Journal of Cereal Science*, 16:334-338.
- Juliano BO. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. In: Juliano, B.o., ed., *Rice chemistry and technology*, 2nd edition. St. Paul, Minnesota, Association of Cereal Chemists, 442-524.
- Juliano BO. 1998. Varietal impact on rice quality. *Cereal Foods World*, 43, 207-220.
- Kamayestani N, Rezvani Moghaddam P, Jahan M and Ranjbar F. 2018. Effect of nutrient management on growth indices of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Agroecology (Quarterly)*, 10(2): 299-312. (In Persian).
- Kandil AA, Badawi MA, EL-Moursy SA and Abdou MA. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). *Basic Applied Science*, 5: 2. 227-237. DOI: 10.21608/JPP.2002.257029
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.02.003>
- Khorramdel S, Koocheki A, Nasiri mahalati M and Ghorbani R. 2010. Effect of Biofertilizers on the Yield and Yield Components of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5):758-766. (In Persian).
- Kobayasi K. 2000. The analysis of the process in spikelet number determination with special reference to nitrogen nutrition in rice. *Bulletion of the Faculty of Life and Environmental Science University*, 5: 13-17.
- Lampayan RM, Bouman BAM, Dios JLD, Espiritu AJ, Soriano JB and Lactaoen A.T. 2010. Yield of aerobic rice in rain fed lowlands of the Philippines as affected by nitrogen management and row spacing. *Field Crops Research*, 116: 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.12.007>
- Little RR, Hider GB and Dawson EH. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35: 111-126.
- Mahantaa D, Rai R.K, Mishraa S.D, Raja A, Purakayastha TJ and Varghese E. 2014. Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. *Field Crops Research*, 166: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.016>
- Malakoti MJ and Homaei M. 1993. *Soil Fertility in Drylands "Problems and Solutions"*. Tarbiat Modarres University Press., Tehran, Iran, 494p. (In Persian).
- Maleki A, Bazdar A, Lotfi Y and Tahmasebi A. 2011. The effect of biofertilizer, *Azotobacter*, and different levels of nitrogen application on yield and yield components of three bread wheat varieties. *Journal of Crop Ecophysiology*, 4(16): 121-132. (In Persian).
- Manske GB, Luttger A, Behl RK, Vlek PG and Cimmit M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, Nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter* chroococcum in wheat. *Plant Breeding*, 122-145.

- Mi W, Sunc Y, Xia S, Zhao H, Mid W, Brookese PC, Liuf Y and Wu L. 2018. Effect of inorganic fertilizers with organic amendments on soil chemical properties and rice yield in a low-productivity paddy soil. *Geoderma*, 320: 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.01.016>.
- Ming-Gang XM, Chu L, Mei DLJ, Zhu QD, Yagi K and Hosen Y. 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in hunan of southern china. *Agricultural Sciences in China*, 7(10): 1245-1252. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60171-6](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60171-6)
- Mohammadsalehi MS. 1989. The laboratory methods for rice quality. Agricultural and Natural Resources Research of Guilan publication. 23 pp. (In Persian).
- Najafi N and Towfighi H. 2012. Effects of rhizosphere of rice plant on the inorganic phosphorus fractions in the paddy soils (in north Iran) following P fertilizer application. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 43(3): 231-242. (In Persian).
- Panahi A, Aminpanah H and Sharifi P. 2015. Effect of nitrogen, bioFertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Journal of Crop Science*, 40(1): 76-81.
- Pedraza RO, Bellone CH, Bellone SCD, Sorte PMFB and Teixeira KRDS. 2009. Azospirillum inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. *European Journal of Soil Biology*, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.09.007>
- Rabiee M, Karimi MM and Safa F. 2004. Effect of planting dates on grain yield and agronomic characteristics of rapeseed cultivars as a second crop after rice at Kouchesfahan. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35(1): 177-187. (In Persian).
- Rezaei M, Shokri-Vahed H, Amiri E, Motamed MK and Azarpour E. 2009. The effects of irrigation and nitrogen management on yield and water productivity of rice. *World Applied Sciences Journal*, 7: 203-210.
- Rodriguez H and Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17: 319-339. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2)
- Ross SM. 1994. Toxic metals in soil-plant system. John Wiley and Sons 138- Quality. (J.W. Doran and A.J. Jones). Soil Science Society of American. Spec. publication. Madison, WI. Inc. England.
- Rozier C, Erban A, Hamzaoui J, Prigent-Combaret C and Comte G. 2016. Xylem sap metabolite profile changes during phytostimulation of maize by the plant growth-promoting rhizobacterium, *Azospirillum lipoferum* CRT1. *Metabolomics (Los Angel)*, 6 (182): 2153-0769. Doi: 10.4172/2153-0769.1000182
- Saadati N. 1993. Nitrogen changes and ways to increase the efficiency of its use in paddy fields. agricultural research education and extension organization (areeo). 28 pp. (In Persian)
- Salehi far M and Afshar Mohamadian M. 2020. Comparative evaluation of chicken manure and chemical fertilizer on nutrient concentrations and grain quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32(4): 831-844. (In Persian)
- Shahdi Komle A, Rabiei M, Soltani S, Seidi R, Foroughi M, Pikan M, Keshtkar F, Attar A and Pestareh, b. 2018. Effect of symbiotic and non- symbiotic bacteria strains on clover and rice (var Hashemi) yield in rice- based cropping system. Final report, approved number 55316. Country Rice Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Rasht, Iran.
- Shi CH, Zhu J, Zeng RC and Chen GL. 1997. Genetic and heterosis analysis for cooking quality traits of Indica rice in different environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 95: 294-300. <https://doi.org/10.1007/s001220050562>
- Singh S and Jain MC. 2000. Growth and response of traditional tall and improved semi tall rice cultivars to moderate and high nitrogen, phosphorus and potassium levels. *Indian Journal of Agricultural Research*, 33: 9-15.

- Tiessen H, Cuevas E. and Chacon P. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*, 371: 783–785.
- Tilahun-Tadesse F, Nigussie-Dechassa R, Wondimu B. and Setegn G. 2013. Effect of farmyard manure and inorganic fertilizers on the growth, yield and moisture stress tolerance of rain-fed lowland rice. *American Journal of Research Communication*, 1(4): 275-301.
- Tonitto C, David MB and Drinkwater LE. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112: 58-72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.07.003>
- Turan M, Ataoglu N. and Sahin F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28: 99-108.
- Turan M, Gullucea M, Cakmakcie R and Oztasa T. 2010. The effect of PGPR strain on wheat, yield and quality parameters. In *Proceedings of the World Congress of Soil Science, Soil19 Solutions for a Changing World 1 – 6 August Brisbane, Australia*, 140-143.
- Waling I, Vark WV, Houba VJG and Vanderlee JJ. 1989. *Soil and Plant Analysis, A series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures*. Wageningen Agriculture University, Netherland. 168p.
- Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Agronomy Journal*, 81: 97-168. Doi:10.1016/S0065-2113(03)81003-9
- Zaidi A and Khan MS. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 2079–2092. <https://doi.org/10.1080/01904160500320897>