Razi University

Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Enhancing Rice Yield and Yield Components with Integrated Application of Nitrogen Fertilizer and Nitroxin Biofertilizer

Mohammad Roudpeymay Rashtabadi[1], Majid Ashouri[1] ✉, Seyyed Mostafa Sadeghi[1], Alireza Haghighi Hasanalideh[2] & Hamid Reza Doroudian[1]

[1] Department of Agriculture, La.C.,Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

[2] Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

✉ Corresponding author. E-mail: majid.ashouri69@iau.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: Rice is one of the world's most significant food crops, and increasing its yield is essential for global food security. Although nitrogen fertilizer plays a key role on enhancing rice grain yield, its use efficiency is low, and its improper application leads to environmental pollution and increased costs. Therefore, the integrated use of chemical and bio-fertilizers has been considered a strategy to improve nitrogen use efficiency and achieve sustainable agriculture. This research was conducted to investigate the effects of different nitrogen fertilizer levels and methods of nitroxin biofertilizer inoculation on the yield and yield components of two rice cultivars, Hashemi and Kian, under the climatic conditions of Guilan.

Materials and methods: This experiment was conducted as a split-split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications in Rasht during the 2023 and 2024 growing seasons. The treatments included nitrogen fertilizer levels (0, 60, 80, and 100 kg.ha^{-1}) in the main plots, rice varieties (Hashemi and Kian) in the sub-plots, and methods of nitroxin biofertilizer inoculation (control without inoculation, seed inoculation, and seedling root inoculation) in the sub-sub plots. Morphological traits, yield components, grain yield, and quality indices (amylose content and gelatinization temperature) were measured. Data were analyzed using SAS software.

Results: The results showed that the interaction effect of nitrogen level and variety was significant for most of the studied traits. Increasing nitrogen application up to 100 kg.ha^{-1} improved all growth traits and yield components in both varieties. The Kian variety demonstrated superiority in the number of fertile tillers, 1000-grain weight, and ultimately, grain yield at all nitrogen levels. The highest grain yield (5100 kg.ha^{-1}) obtained from Kian under the 100 kg N.ha^{-1} + root inoculation treatment. The application of biofertilizer, particularly through seed and root inoculation methods, significantly increased plant height, panicle length, number of fertile tillers, 1000-grain weight, and grain yield compared to the control treatment (no inoculation). The varieties responded differently to the inoculation method; the number of fertile tillers was most improved in Hashemi by seed inoculation and in Kian by root inoculation. Qualitatively, only the effect of variety on amylose content was significant, with Kian having higher amylose. The gelatinization score was also influenced by fertilizer and biofertilizer treatments, remaining within the desirable range (3.7 to 4.3).

Conclusion: In general, the results of this research indicated that the integrated application of 100 kg N.ha^{-1} along with seedling root inoculation using nitroxin biofertilizer, by improving yield components, leads to the highest quantitative yield in both Hashemi and Kian rice varieties. This strategy can help increase production while moving towards reducing chemical fertilizer consumption and preserving the environment.

Keywords: Biofertilizer, Nitroxin, Grain Yield, Yield Components.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 27 Apr 2025, **Revised:** 26 May 2025, **Accepted:** 21 Jul 2025, **Published online:** 23 Sep 2025

Cite this article: Roudpeymay Rashtabadi, M., Ashouri, M., Sadeghi, S. M., Haghighi Hasanalideh, A. & Doroudian. (2025). Enhancing Rice Yield and Yield Components with Integrated Application of Nitrogen Fertilizer and Nitroxin Biofertilizer. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *4*(3), 373-397. DOI: 10.22126/cbb.2025.13070.1124

© The Author(s).

10.22126/cbb.2025.13070.1124

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

بهبود عملکرد و اجزای عملکرد برنج با کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و کود زیستی نیتروکسین

محمد رودپیمای رشت آبادی[۱]، مجید عاشوری[۱]✉، سید مصطفی صادقی[۱]، علیرضا حقیقی حسنعلی‌ده[۲] و حمیدرضا دورودیان[۱]

[۱] گروه کشاورزی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
[۲] استادیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
✉نویسنده مسئول. رایانامه: majid.ashouri69@iau.ac.ir

چکیده

مقدمه: برنج از مهم‌ترین محصولات غذایی جهان است و افزایش عملکرد آن برای تأمین امنیت غذایی ضروری می‌باشد. اگرچه کود نیتروژن نقش کلیدی در افزایش عملکرد برنج دارد، اما کارآیی مصرف آن پایین است و استفاده بی‌رویه از آن موجب آلودگی زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌ها می‌گردد. از این رو، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی به‌عنوان راهکاری برای افزایش کارآیی مصرف نیتروژن و دستیابی به کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و روش‌های مختلف تلقیح کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج هاشمی و کیان در شرایط آب و هوایی گیلان اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در رشت انجام شد. تیمارها شامل سطوح کود نیتروژن (۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی، ارقام برنج (هاشمی و کیان) در کرت‌های فرعی و روش‌های تلقیح کود زیستی نیتروکسین (شاهد بدون تلقیح، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشاء) در کرت‌های فرعی فرعی بودند. صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص‌های کیفی (آمیلوز و درجه ژلاتینی شدن) اندازه‌گیری و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح نیتروژن و رقم بر اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کلیه صفات رشدی و اجزای عملکرد در هر دو رقم بهبود یافت. رقم کیان در تمامی سطوح نیتروژن، برتری خود را در تعداد پنجه بارور، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه نشان داد، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۵۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به این رقم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با تلقیح ریشه بود. کاربرد کود زیستی نیز به‌ویژه از طریق روش‌های تلقیح بذر و ریشه، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه بارور، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تلقیح) شد. واکنش ارقام به روش تلقیح متفاوت بود؛ به‌طوریکه تعداد پنجه بارور در رقم هاشمی با تلقیح بذر و در رقم کیان با تلقیح ریشه بیشترین بهبود را نشان داد. از نظر کیفی، تنها اثر رقم بر محتوای آمیلوز معنی‌دار بود و رقم کیان آمیلوز بیشتری داشت. نمره ژلاتینی شدن نیز تحت تأثیر تیمارهای کودی و زیستی در محدوده مطلوب (۳.۷ تا ۴.۳) قرار داشت.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده تلفیقی از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین، با بهبود اجزای عملکرد، موجب دستیابی به بیشترین عملکرد کمی در هر دو رقم برنج هاشمی و کیان می‌شود. این راهکار می‌تواند ضمن کمک به افزایش تولید، گامی در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ محیط زیست باشد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، نیتروکسین، عملکرد دانه، اجزای عملکرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷ **اصلاح:** ۱۴۰۴/۰۳/۰۵ **پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۴/۳۰، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

استناد: رودپیمای رشت آبادی، م.، عاشوری، م.، صادقی، س. م.، حقیقی حسنعلی ده، ع. و دورودیان، ح. ر. (۱۴۰۴). بهبود عملکرد و اجزای عملکرد برنج با کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و کود زیستی نیتروکسین. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۴(۳)، ۳۷۳-۳۹۷. DOI: 10.22126/cbb.2025.13070.1124

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی و غذای اصلی نیمی از مردم جهان بوده و در توسعه پایدار و امنیت غذایی جهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Ashouri, 2014). از آنجایی که تولید پایدار محصولات غذایی به‌دلیل افزایش جمعیت و کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به‌طور پیوسته در نوسان است، بایستی عملکرد محصولات راهبردی از قبیل برنج را با بهبود رقم‌ها، پیشرفت فناوری‌های کشت و مدیریت نهاده‌های تولید افزایش داد (Ashouri, 2014). عنصر نیتروژن قسمت عمده‌ای از ساختمان اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوتید و کلروفیل را تشکیل می‌دهد و از این‌رو، استفاده از آن سبب بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه می‌شود (Nahvi *et al.*, 2010). در قرن گذشته، عملکرد برنج به‌علت کاربرد کود نیتروژن افزایش چشم‌گیری داشته است، چرا که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر مغذی در روند رشد برنج به‌شمار می‌آید و مقدار مصرف کود نیتروژن به‌طور قابل توجهی بر عملکرد برنج مؤثر می‌باشد (Wang, 2017).

با وجود اثر مثبت کود نیتروژن بر گیاه برنج، این گیاه تنها حدود ۳۰-۲۰ کود نیتروژن مورد استفاده را جذب می‌کند. بنابراین، ورود بیش از حد و غیرمنطقی کود نیتروژن به تولید ناپایدار دانه، کاهش کارایی مصرف نیتروژن، افزایش هزینه‌های تولید و تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌انجامد (Zhang *et al.*, 2014). با توجه به چالش‌های بیان‌شده، چگونگی مدیریت مناسب کودهای نیتروژنی جهت حفاظت از محیط زیست و افزایش بهره‌وری برنج مورد توجه پژوهشگران قرار دارد. یکی از راهکارهای بهبود کارایی مصرف کودهای شیمیایی، کاربرد همزمان کودهایی با خاستگاه آلی و زیستی با کودهای شیمیایی می‌باشد (Wang, 2017). گزارش شده است که کودهای زیستی با بهبود و حفاظت از باروری و مدیریت حاصلخیزی خاک به فراهم‌سازی مواد مغذی گیاه، افزایش عملکرد و در نتیجه، تضمین پایداری تولید منجر می‌شوند (Zou *et al.*, 2023). کودهای زیستی همچنین، با تولید و ترشح اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، سیدروفورها، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه و ترکیب‌های حل‌کننده و کاهش‌دهنده اسیدیته خاک بهبود رشد، توسعه ریشه و اندام هوایی گیاه را در پی دارند (Jabbari-oranj *et al.*, 2023; Divsalar *et al.*, 2025).

باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نمونه‌ای از کودهای زیستی هستند که می‌توانند نیتروژن جو را به نیتروژن قابل استفاده توسط گیاه تبدیل کنند. بنابراین، تا حدی قابلیت جایگزینی با کودهای شیمیایی در کشت گیاهان زراعی، از جمله برنج، را دارا بوده و چالش‌های زیست‌محیطی مرتبط با استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی را کاهش می‌دهند (Zhang *et al.*, 2014). ثابت شده است که ازتوباکتر در بین باکتری‌های تثبیت‌کننده آزادزی غیرهمزیست می‌تواند ۱۹ تا ۴۷ درصد از کل نیتروژن مورد نیاز برنج را فراهم کند (Syuan-Lu & Huang, 2023). افزون بر این، ازتوباکتر

و آزوسپیریلوم با تولید مواد محرک رشد، توانایی انحلال فسفات و تولید هورمون‌های رشد بر بهبود رشد ریشه و دسترسی به عناصر غذایی خاک و در نهایت، بر رشد و عملکرد برنج مؤثر هستند (Syuan-Lu & Huang, 2023).

نتایج بررسی اثر دور آبیاری و مقدار کود نیتروژن بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج رقم هاشمی، نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳۳۸۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Kavoosi &Yazdany, 2020). در پژوهشی دیگر، با مطالعه اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک برنج رقم طارم هاشمی، مشاهده شد که کاربرد ترکیبی کود نیتروژن + باکتری آزوسپیریلوم به دستیابی بالاترین ویژگی‌های رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه منجر شد (Moslehi *et al.*, 2016). ژو و همکاران گزارش کردند که کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد برنج با مصرف کود نیتروژن بهبود می‌یابد. همچنین، کود نیتروژن بر محتوی هورمون‌های برنج در مرحله تمایز خوشه مؤثر بود که به توسعه خوشه‌ها و در نهایت، افزایش عملکرد منجر شد (Zou *et al.*, 2023).

به‌دلیل اهمیت فراوان برنج در تغذیه مردم کشور، استفاده از روش‌های مختلف تغذیه گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، لازم است جهت دستیابی به توسعه کشت گیاهان راهبردی همچون برنج، با مدیریت مطلوب کاربرد عناصر غذایی، ضمن کاهش هدررفت عناصر مغذی در خاک، کاهش هزینه‌های اقتصادی و چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، به افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول نیز کمک نمود. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی کمی و کیفی دو رقم برنج محلی هاشمی و اصلاح‌شده کیان در واکنش به کود شیمیایی نیتروژنی و کود زیستی نیتروکسین در شرایط آب و هوایی گیلان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج، رشت، طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ انجام شد. محل اجرای آزمایش در طول $37^{o}/12^{'}$ شمالی و عرض جغرافیایی $49^{o}/38^{'}$ شرقی و در ارتفاع ۷ متری از سطح دریا قرار داشت. کرت‌های اصلی شامل مقادیر کود نیتروژن خالص در چهار سطح (۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کرت‌های فرعی شامل ارقام برنج در دو سطح (هاشمی و کیان) و کرت‌های فرعی فرعی شامل روش‌های تلقیح با کود زیستی در سه سطح (شاهد بدون تلقیح، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشاء) بود. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد که برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین، ویژگی‌های آب و هوایی منطقه طی دو سال آزمایش در جدول ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Selected physicochemical properties of the experimental soil

سال Year	پتاسیم K (پی پی ام) (ppm)	فسفر P (پی پی ام) (ppm)	نیتروژن N (درصد) (%)	کربن آلی Organic carbon (درصد) (%)	هدایت الکتریکی EC اسیدیته pH	(دسی‌زیمنس بر متر) ($ds.m^{-1}$)	بافت خاک Soil Texture
2023	200	11.8	0.19	2.33	7.33	1.3	سیلتی- رسی Silty-Clay
2024	210	10.6	0.21	2	7.34	1.3	سیلتی- رسی Silty-Clay

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳

Table 2- Meteorological characteristics of the experimental site during 2023 and 2024

سال Year	پارامتر Parameter	فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August
2023	میانگین دما(درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	13.9	17.3	23.9	25.3	27.1	23.6
	بارندگی(میلی‌متر) Precipitation (mm)	53.9	116.2	62.8	131.8	37.1	184.6
	رطوبت(درصد) Humidity (%)	75.16	78.98	78.23	76.39	71.7	80.92
2024	میانگین دما(درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	13.4	17.5	22.9	25.6	26.1	24.6
	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	32.1	94.1	7	73.7	115.2	87.3
	رطوبت (درصد) Humidity (%)	81.02	80.37	77.31	41	83.5	79.36

پیش از شروع آزمایش، عملیاتی تهیه خزانه و آماده‌سازی زمین شامل شخم اول و دوم انجام شد. در زمان بذرپاشی، نشاء هر رقم به‌صورت جداگانه با کود زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، تلقیح شدند که به‌علت حساس بودن باکتری‌ها به نور و گرما، تلقیح بذر در سایه صورت گرفت. در این تحقیق، مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های ثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلوم استفاده شد که توسط مؤسسه فن‌آوران زیستی (بایوران) تولید شده است. سهم هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر کود زیستی حداقل به تعداد ۲×۱۰^{۷} سلول زنده بود (جدول ۳). نشاهای سالم و قوی در مرحله سه تا چهار برگی با توجه به تیمار تلقیح ریشه، با کود زیستی تلقیح و به زمین اصلی انتقال یافت. نشاکاری به تعداد سه تا چهار نشاء در کپه، در کرت‌هایی به ابعاد ۴× ۴ متر (۱۶ متر مربع) و با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام شد.

جدول۳- برخی ترکیب‌های کود زیستی استفاده شده در آزمایش

Table 3- Description of biofertilizer combinations applied in the experiment

ریزجاندار Micro-organisms	جمعیت ریزجاندار Micro-organisms Population ($CFU.ml^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH
Azotobacter sp	2×10^{7}	1.8	5.5
Azospirillum sp	2×10^{7}	1.8	5.5

با توجه به نتایج آزمون خاک و نیاز کودی برنج هاشمی و کیان، تمامی کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مرحله آماده‌سازی زمین قبل از نشاکاری و ۵۰ درصد کود نیتروژنی، از منبع اوره به‌همراه ۵۰ درصد کود پتاسیم، از منبع سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، در مرحله نشاکاری به‌صورت پایه و بقیه کود اوره و کود پتاسه به‌صورت سرک، هر کدام ۲۵ درصد، در دو مرحله وجین اول و قبل از گلدهی در کرت‌ها توزیع شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط کودها در هر تکرار، کانال‌های آبیاری و زهکشی به‌طور جداگانه و به‌نحوی طراحی شد که هرکرت به‌طور مستقل قابل آبیاری بوده و هیچ‌گونه ارتباطی بین کرت‌ها وجود نداشته باشد. تمام مرزها و دور تا دور کرت‌ها نیز با پلاستیک نایلونی به‌عمق حدود ۳۰ و عرض ۵۰ سانتی‌متر پوشیده شد. در طول اجرای آزمایش مراقبت‌های لازم زراعی از مزرعه مطابق با عرف مؤسسه تحقیقات برنج کشور، انجام شد، به‌طوری که جهت مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش پرتیلاکلر، ۱/۵ لیتر در هکتار ۷ روز پس از نشاکاری و

همچنین، وجین دستی طی دو مرحله، ۱۵ و۳۰ روز پس از نشاکاری، انجام شد. برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج نیز از سم پادان گرانول ۴ درصد به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. همچنین، آبیاری کرت‌ها تا ۱۰ روز قبل از برداشت ادامه داشت.

اندازه گیری صفات مورد مطالعه بر اساس دستورالعمل استاندارد اندازه گیری صفات مؤسسه تحقیقات بین المللی برنج (IRRI, 2014) انجام شد که برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد پنجه بارور در کپه، تعداد ۱۰ کپه به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از متر چوبی و خط‌کش، ارتفاع و طول خوشه اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه‌های بارور در کپه به‌صورت دستی شمارش و ثبت شد. وزن هزار دانه پس از شمارش و توزین ده نمونه صدتایی دانه در هرکرت به‌دست آمد. پس از رسیدن محصول و حذف اثرات حاشیه (۲۰ سانتی‌متر از طرفین هر کرت)، عملکرد دانه با برداشت مساحت ۱۲ متر مربع از وسط هر کرت آزمایش و پس از خرمن‌کوبی و جدا کردن دانه از کاه، بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد (Dobermann & Fairhurst, 2000). برای اندازه‌گیری مقدار آمیلوز دانه از روش رنگ‌سنجی استفاده و نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و در نهایت، مقدار آمیلوز توسط منحنی‌ها بر حسب درصد محاسبه شد (Juliano, 1971). جهت تعیین درجه حرارت ژلاتینی شدن از روش لیتل و داوسون (Little & Dawson, 1958) استفاده شد که در آن آندوسپرم نشاسته ۷ نوع تغییر را از خود نشان می‌دهد که در هر آزمون، رقم‌های شاهد استاندارد با درجه حرارت ژلاتینی بالا، متوسط و پایین مورد آزمایش قرار گرفت. در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها و انجام آزمون بارتلت و اطمینان از نرمال بودن آنها و یکنواختی خطای سال‌های آزمایش، تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال و ثابت بودن اثر تیمارها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر ساده کود نیتروژن، رقم و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش کود نیتروژن×رقم در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته برنج معنی‌دار شدند (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین، ارتفاع بوته رقم هاشمی در تمامی سطوح کود نیتروژن بیشتر از رقم کیان بود و همچنین، در هر دو رقم، ارتفاع بوته با افزایش مصرف کود نیتروژن روندی صعودی نشان داد. رقم هاشمی بیشترین ارتفاع بوته را با میانگین ۱۴۴/۴ سانتی‌متر در تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آورد که با تیمار۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۲۷/۳ سانتی‌متر در شرایط عدم مصرف نیتروژن (شاهد) بدست آمد (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های رشدی و اجزای عملکرد دو رقم برنج طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳

Table 4- Combined ANOVA of experimental treatments on growth traits and yield components of two rice varieties during 2023 and 2024

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد پنجه بارور در کپه Number of fertile tillers per hill	تعداد کل دانه در خوشه Number of total grains per panicle
سال Year (Y)	1	32.00^{ns}	0.71^{ns}	1.00^{ns}	3.00^{ns}
تکرار (سال) Rep(Y)	4	4.80	19.40	0.33	133.50
نیتروژن Nitrogen (a)	3	1744.40**	202.62**	195.51**	2275.51**
a(Y)	3	21.30^{ns}	2.42^{ns}	2.00*	6.23^{ns}
خطای اول Error a	12	11.80	1.07	2.27	35.00
رقم Variety (b)	1	918.60**	1.73^{ns}	301.00**	303.33**
a×b	3	23.00*	7.00^{ns}	8.00**	68.51*
Y×b	1	35.00*	0.04^{ns}	0.67^{ns}	0.33^{ns}
Y×a×b	3	12.20^{ns}	0.83^{ns}	0.42^{ns}	7.00^{ns}
خطای دوم Error b	16	6.40	3.70	20.00	43034.44
کود زیستی Bio-fertilizer (c)	2	227.70**	11.00**	141.54**	2322261.22**
Y×c	2	9.40^{ns}	0.72^{ns}	0.14^{ns}	111.54^{ns}
a×c	6	13.00^{ns}	2.00^{ns}	45.00*	115572.00*
Y×a×c	6	2.71^{ns}	0.61^{ns}	0.73^{ns}	277.21^{ns}
b×c	2	4.52^{ns}	0.33^{ns}	25.44^{ns}	87543.00^{ns}
Y×b×c	2	17.81^{ns}	0.13^{ns}	0.33^{ns}	976.70^{ns}
a×b×c	6	18.61^{ns}	1.00^{ns}	14.00^{ns}	61103.63^{ns}
Y×a×b×c	6	7.62^{ns}	0.80^{ns}	4.00^{ns}	359.00^{ns}
خطا Error	64	11.00	1.24	9.00	38778.52
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.3	4	2.7	2.6

ادامه جدول ۴

Table 4-Continue

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	محتوی آمیلوز Amylose content	نمره ژلاتینی شدن Gelatinization score
سال Year (Y)	1	0.0006^{ns}	81.00^{ns}	1.50^{ns}	0.05^{ns}
تکرار (سال) Rep(Y)	4	0.21	53843.00	2.30	0.02
نیتروژن Nitrogen (a)	3	30.81^{**}	35387629.44^{**}	15.50^{*}	0.09^{ns}
a(Y)	3	0.02^{ns}	117.00^{ns}	3.00^{ns}	0.01^{ns}
خطای اول Error a	12	0.05	5621.33	3.00	0.09
رقم Variety (b)	1	156.00^{**}	10523536.00^{**}	34.71^{**}	0.11^{ns}
a×b	3	2.21^{**}	1506912.20^{**}	3.00^{ns}	0.10^{ns}
Y×b	1	0.50^{ns}	5.40^{ns}	3.22^{ns}	0.01^{ns}
Y×a×b	3	0.10^{ns}	96.51^{ns}	2.22^{ns}	0.03^{ns}
خطای دوم Error b	16	0.03	6987.00	2.61	0.10
کود زیستی Bio-fertilizer (c)	2	1.70^{**}	601349.22^{**}	3.43^{ns}	0.21^{**}
Y×c	2	0.03^{ns}	20.34^{ns}	2.34^{ns}	0.01^{ns}
a×c	6	0.33^{ns}	35139.44^{*}	2.34^{ns}	0.40^{**}
Y×a×c	6	0.07^{ns}	82.84^{ns}	2.54^{ns}	0.03^{ns}
b×c	2	0.11^{ns}	120341.00^{**}	2.00^{ns}	0.05^{ns}
Y×b×c	2	0.05^{ns}	5.00^{ns}	2.00^{ns}	0.04^{ns}
a×b×c	6	0.73^{ns}	33277.33^{*}	3.00^{ns}	0.33^{ns}
Y×a×b×c	6	0.04^{ns}	33.51^{ns}	2.00^{ns}	0.01^{ns}
خطا Error	64	0.22	15356.00	2.50	0.03
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2	3.6	7.5	4.7

*،** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و بدون معنی‌داری از نظر آزمون توکی می‌باشد.

*,** and ns are significant at the 5 and % 1 levels and not significant according to the Tukey test, respectively.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیشترین ارتفاع رقم کیان با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد که با تیمار کاربرد ۸۰ کیلوگرم اختلاف آماری معنی داری نداشت و به‌میزان ۴/۴ درصد کمتر از ارتفاع بوته رقم هاشمی در تیمار مشابه بود. عدم مصرف کود نیتروژن منجر به کاهش ۱۰ درصدی ارتفاع بوته رقم کیان شد. نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی نشان داد که استفاده از روشهای تلقیح بذر و ریشه نشاء به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۳۶/۵ و ۱۳۷ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع بوته را بدون اختلاف، به‌خود اختصاص دادند (شکل ۱). مطابق با نتایج این پژوهش، عبادی و حلاجیان (Ebadi & Halajian, 2021) در مقایسه ویژگی‌های رشدی،

عملکرد کمی و کیفی دو رقم هاشمی و کیان در سه شهرستان استان گیلان، گزارش کردند که در تمامی مناطق، رقم

کیان از ارتفاع بوته کمتری در مقایسه با رقم هاشمی برخوردار بود. دائمی و همکاران (Daemi *et al.*, 2020) با بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم بومی هاشمی و اصلاح‌شده گیلانه، گزارش دادند که تفاوت‌های ژنتیکی ارقام می‌تواند دلیل اختلاف در ویژگی‌های مورفولوژیکی آنها باشد، به‌طوری که رقم بومی هاشمی ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با رقم اصلاح‌شده گیلانه داشت. در پژوهش دیگری نیز گزارش شد که ارتفاع بوته رقم کیان به‌میزان ۱۲ تا ۲۲ سانتی‌متر کمتر از رقم هاشمی می‌باشد (Mohammadian *et al.*, 2019). در مجموع، رقم‌های بومی ارتفاع بوته بلندتری در مقایسه با رقم‌های اصلاح‌شده داشته و این ویژگی همبستگی منفی با عملکرد دانه دارد، زیرا واریته‌هایی با ارتفاع بلند در مقابل خوابیدگی ساقه، کود نیتروژن و تراکم بوته حساس می‌باشند. در حالی که در واریته‌های اصلاح‌شده، ارتفاع بوته یک عامل محدودکننده به‌شمار نمی‌آید و با کاهش ورس منجر به انتقال بهتر مواد غذایی می‌شود (Mahdavi *et al.*, 2006).

مطابق با نتایج افزایش ارتفاع بوته برنج در اثر کاربرد کود نیتروژن گزارش شده است که افزایش ارتفاع بوته در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن می‌تواند به‌دلیل گسترش سطح ریشه و افزایش جذب آب و عناصر مغذی از خاک باشد که منجر به تحریک رشد رویشی گیاه، افزایش دوره رشد رویشی و افزایش سطح برگ می‌شود. در نتیجه، فتوسنتز گیاه و تولید مواد پرورده افزایش یافته و با تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها، ارتفاع گیاه نیز افزایش می‌یابد (Sohrabi *et al.*, 2023). در پژوهش اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و شاخص‌های کیفی برنج در سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی، بیشترین ارتفاع بوته در ترکیب تیماری ۱۵ تن کود دامی، ۷۵ کیلوگرم کود زیستی به‌همراه ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژنی حاصل شد (Divsalar *et al.*, 2025). در همین راستا، بخشی زاده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2014) افزایش ارتفاع بوته ارقام برنج را در اثر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد (*R. aquatilis* و *Enterobacter* sp.) گزارش کردند. افزایش ارتفاع بوته برنج در اثر تلقیح با ریزجانداران مفید خاکزی می‌تواند مربوط به افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و افزایش فعالیت ریزجانداران (Divsalar *et al.*, 2025; Ashoori *et al.*, 2013) در خاک و تولید ایندول استیک اسید توسط سویه‌های مختلف جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باشد (Syuan-Lu & Huang, 2023).

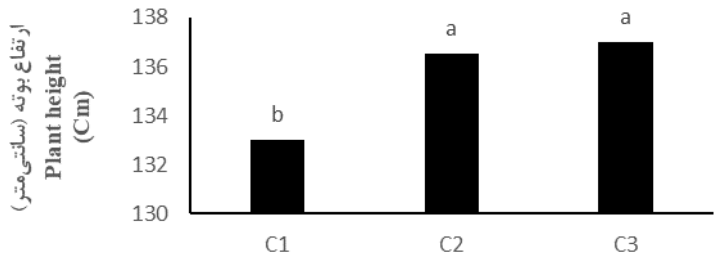
جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش بین سطوح کود نیتروژن×ارقام برنج بر رشد و اجزای عملکرد

Table 5- Mean comparison of the interaction between nitrogen fertilizer levels and rice varieties on growth and yield components

سطوح نیتروژن Nitrogen levels ($Kg.ha^{-1}$)	رقم Variety	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد پنجه بارور در کپه Number of fertile tillers per hill	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)
0	کیان Kian	124^{e}	11.3^{f}	26^{d}
	هاشمی Hashemi	127.3^{d}	8.8^{g}	23.5^{f}
60	کیان Kian	133.8^{c}	14.2^{c}	26.6^{c}
	هاشمی Hashemi	137.8^{b}	12.2^{e}	24.7^{e}
80	کیان Kian	136.3^{bc}	16.3^{b}	27.2^{b}
	هاشمی Hashemi	142.7^{a}	13.3^{d}	25.7^{d}
100	کیان Kian	138^{b}	17.3^{a}	28^{a}
	هاشمی Hashemi	144.4^{a}	13^{d}	25.4^{d}

حروف مشابه در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آزمون توکی می‌باشد.

Similar letters at each column are without significant differences according to the Tukey test.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تلقیح کود زیستی بر ارتفاع بوته برنج

Figure 1. Mean comparison of the effect of biofertilizer inoculation on rice plant height.

C1، C2و C3 به ترتیب شاهد، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشا می‌باشند.

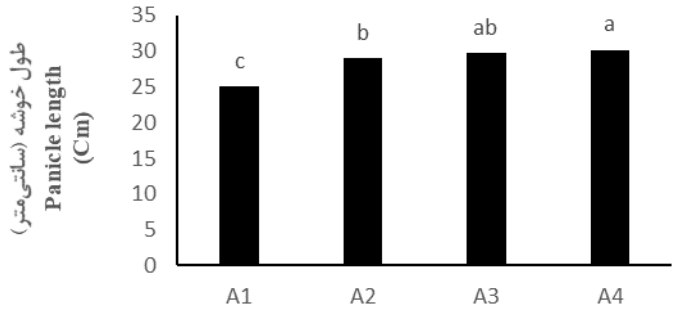
C1, C2, and C3 represent control, seed inoculation, and seedling root inoculation, respectively.

طول خوشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۴) نشان داد که تنها اثر ساده کود نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر طول خوشه برنج معنی دار بود. مطابق با نتایج مقایسه میانگین، طول خوشه با کاربرد کود نیتروژن نسبت به شاهد افزایش یافت و با افزایش مصرف کود، طول خوشه نیز از روندی صعودی برخوردار شد. بیشترین طول خوشه با میانگین ۳۰/۲ سانتی‌متر با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که با تیمار مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری نداشت، در حالی‌که عدم مصرف نیتروژن سبب کاهش حدود ۱۷ درصدی طول خوشه گردید (شکل ۲). مطابق با نتایج این تحقیق، گزارش شده است که مصرف بیشتر کود نیتروژن به‌دلیل حضور این عنصر در رنگدانه کلروفیل، با افزایش توان فتوسنتزی و فراهم‌سازی مواد فتوسنتزی بیشتر برای گل‌آذین، رشد زایشی برنج را بهبود می‌بخشد (Maurya *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای مصرف کود اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش ۶ درصدی طول خوشه برنج لاین ۸۶۱۵ در مقایسه با عدم مصرف اوره شد (Niknejad *et al.*, 2017).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین روش‌های تلقیح با کود زیستی نشان داد که بیشترین طول خوشه با میانگین ۲۹ سانتی‌متر با روش تلقیح ریشه حاصل شد، اگرچه با تلقیح بذر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت، ولی عدم تلقیح موجب کاهش ۳/۴ درصدی طول خوشه گردید (شکل ۳). همچنین، بهبود طول خوشه برنج با روش تلقیح ریشه، می‌تواند به فراهم‌سازی شرایط تغذیه‌ای مطلوب برای گیاه ناشی از افزایش فعالیت میکروبی خاک در ابتدای مراحل زایشی و خوشه‌دهی مربوط باشد که منجر به افزایش توان فتوسنتزی و تولید مواد پرورده بیشتر برای خوشه‌ها و افزایش طول خوشه شده است (Syuan-Lu & Huang, 2023).

در بررسی اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیواوژیکی برنج رقم طارم هاشمی نیز بیشترین طول خوشه با میانگین ۲۷ سانتی‌متر ، به تیمارهای باکتری آزوسپیریلوم، کاربرد تلفیقی کود دامی و باکتری آزوسپیریلیوم و کاربرد تلفیقی نیتروژن و کود دامی اختصاص داشت (Moslehi *et al.*, 2016).

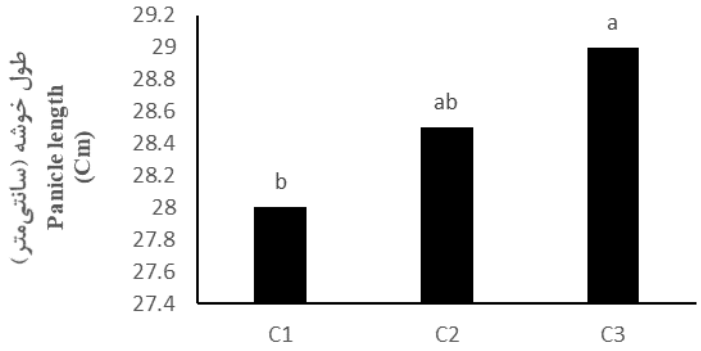


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژن بر طول خوشه برنج

Figure 2. Mean comparison of the effect of nitrogen fertilizer levels on rice panicle length

A1، A2، A3و A4 به ترتیب ۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌باشند.

A1, A2, A3, and A4 represent 0 (control), 60, 80, and 100 kg N ha^{-1}, respectively.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تلقیح کود زیستی بر طول خوشه برنج

Figure 3. Mean comparison of the effect of biofertilizer inoculation on rice panicle length.

C1 .، C2و C3 به ترتیب شاهد، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشا می‌باشند.

C1, C2, and C3 represent control, seed inoculation, and seedling root inoculation, respectively.

تعداد پنجه بارور در کپه

نتایج تجزیه واریانس مرکب حاکی از معنی‌داری اثر ساده کود نیتروژن، رقم و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد پنجه بارور در کپه بود. همچنین، برهمکنش کود نیتروژن×رقم و کود زیستی×رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش کود نیتروژن×کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد پنجه بارور در کپه معنی‌دار شد (جدول ۴). بر اساس نتایج ارائه شده در

جدول ۵، در تمامی سطوح کود نیتروژن، تعداد پنجه بارور در رقم کیان بیشتر از رقم هاشمی بود و با افزایش مصرف کود نیتروژن، تعداد پنجه در هر دو رقم به‌طور صعودی افزایش یافت. بیشترین تعداد پنجه بارور با میانگین ۱۷/۳، مربوط به رقم کیان با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که به‌ترتیب به‌میزان ۶، ۲۱/۸ و ۵۳ درصد، نسبت به کاربرد ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن و تیمار شاهد بدون مصرف نیتروژن افزایش داشت. بیشترین تعداد پنجه بارور در رقم هاشمی بترتیب با میانگین ۱۳/۳ و ۱۳ نیز مربوط به زمانی بود که کود نیتروژن به‌مقدار ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد عدم مصرف کود نیتروژنی نیز منجر به کاهش ۱۳/۸ درصدی تعداد پنجه در رقم هاشمی نسبت به کاربرد نیتروژن به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود نیتروژن × کود زیستی، در تمامی سطوح کود نیتروژن، روش‌های تلقیح بذر و ریشه نشاء نسبت به عدم تلقیح از تعداد پنجه بارور بیشتری برخوردار بود. همچنین، با افزایش مصرف کود نیتروژن، تعداد پنجه بارور در تمامی روش‌های تلقیح افزایش یافت. بیشترین تعداد پنجه بارور با میانگین ۱۵/۶مربوط به زمانی بود که از ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با روش‌های تلقیح ریشه نشاء استفاده شد که با تیمار مصرف ۱۰۰ کیلو گرم نیتروژن با تلقیح بذر و ریشه در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین تعداد پنجه بارور درکپه با میانگین ۹ در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن+عدم تلقیح بدست آمد (جدول ۶). با توجه به نتایج برهمکنش رقم×کود زیستی، بیشترین تعداد پنجه بارور با میانگین ۱۵/۷، در روش تلقیح بذر رقم هاشمی به‌دست آمد و تلقیح ریشه نشاء با کودزیستی نتوانست تفاوت معنی‌داری در تعداد پنجه بارور نسبت به تیمار عدم تلقیح ایجاد کند بطوریکه کمترین تعداد پنجه بارور در کپه با میانگین ۱۲ مربوط به تیمار عدم تلقیح بود که با تیمار تلقیح ریشه اختلاف معنی داری نداشت. بیشترین تعداد پنجه رقم کیان نیز مربوط به روش تلقیح ریشه نشاء با میانگین ۱۵ بود که نسبت به تیمار عدم تلقیح به میزان ۳۱ درصد افزایش یافت (جدول ۷). در مجموع، تعداد پنجه بارور در کپه رقم هاشمی با تلقیح بذر و در رقم کیان با تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی بهبود یافت.

در بررسی اثر کود نیتروژن بر ویژگی‌های رویشی و عملکردی برنج لاین ۸۶۱۵، نتایج حکایت از اثر بسیار معنی‌دار مقادیر مختلف کود اوره بر تعداد پنجه در کپه داشت، به طوری که بیشترین تعداد پنجه با کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، میانگین ۱۹/۴، به‌دست آمد (Niknejad *et al.*, 2017). در پژوهشی تلقیح جداگانه نشاهای برنج با باکتری‌های ازتوباکتر، سودوموناس و همچنین تلقیح همزمان با هر دو باکتری موجب افزایش معنی‌دار تعداد پنجه‌های بارور در مقایسه با تیمار عدم تلقیح، به‌ترتیب ۶ به میزان ، ۷ و ۵/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد، شد (Divsalar *et al.*, 2025). الیکایی و همکاران (Elikaee *et al.*, 2018) در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، گزارش کردند که

در تمامی سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست، تیمارهای تلقیح در مقایسه با تیمار عدم تلقیح، تعداد پنجه‌های بارور از برتری معنی‌داری برخوردار بودند. این پژوهشگران گزارش کردند که در شرایط عدم مصرف و مصرف ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، باکتری آزوسپریلوم نسبت به ازتوباکتر نتایج مطلوب‌تری به‌دنبال داشت، اما بین دو باکتری در شرایط کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

افزایش تعداد پنجه در اثر کاربرد همزمان کودهای شیمیایی و زیستی می تواند به قابل دسترس بودن نیتروژن در استفاده همزمان از هر دو منبع کودی مربوط باشد (Sagar *et al.*, 2022). همچنین، گزارش شده که ویژگی‌هایی همانند طول کل ریشه، تراکم ریشه، طول و تراکم تارهای کشنده در رقم‌های مختلف برنج می تواند متفاوت باشد که به تفاوت در ویژگی‌هایی از قبیل پنجه‌زنی در رقم‌های مختلف و بهبود آن در رقمی با ویژگی‌های ریشه ای مطلوب تر در جذب آب و مواد مغذی از خاک، منجر می شود (Daemi *et al.*, 2020). در پژوهش حاضر، افزایش مصرف کود نیتروژن، تعداد پنجه بارور در کپه در هر دو رقم را افزایش داد. بر همین اساس، گزارش شده که مصرف بیشتر نیتروژن با اثر غیرمستقیم سیتوکینین بر جیبرلین منجر به افزایش تعداد پنجه می شود (Niknejad *et al.*, 2017).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح کود نیتروژن×کود زیستی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی دو رقم برنج

Table 6- Mean comparison of the interaction between nitrogen fertilizer levels and biofertilizer on some quantitative and qualitative traits of two rice varieties.

نمره ژلاتینی شدن	تعداد پنجه	سطوح کود زیستی	سطوح نیتروژن

Nitrogen levels ($Kg.ha^{-1}$)	Biofertilizer levels	بارور در کپه Number of fertile tillers per hill	Gelatinization score
0	عدم تلقیح Control	9^{f}	4^{bc}
	تلقیح بذر Seed inoculation	10^{e}	3.9^{bc}
	تلقیح ریشه Root inoculation	11^{e}	3.9^{bc}
60	عدم تلقیح Control	12.3^{d}	3.7^{c}
	تلقیح بذر Seed inoculation	13.3^{c}	4.1^{ab}
	تلقیح ریشه Root inoculation	14^{bc}	4.1^{ab}
80	عدم تلقیح Control	13.8^{c}	4.2^{ab}
	تلقیح بذر Seed inoculation	15^{a}	3.9^{bc}
	تلقیح ریشه Root inoculation	15.6^{a}	4.1^{ab}
100	عدم تلقیح Control	14.8^{b}	4.3^{a}
	تلقیح بذر Seed inoculation	15.4^{a}	3.8^{c}
	تلقیح ریشه Root inoculation	15.3^{a}	4^{bc}

حروف مشابه در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آزمون توکی می‌باشد.

Similar letters at each column are without significant differences according to the Tukey test.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش رقم×کود زیستی بر تعداد پنجه بارور برنج

Table 7- Mean Comparison of the interaction between varieties and biofertilizer on rice quantitative traits.

رقم Variety	سطوح کود زیستی Biofertilizer	تعداد پنجه بارور در کپه Number of fertile tillers per hill

levels		
کیان Kian	عدم تلقیح Control	13.6[c]
	تلقیح بذر Seed inoculation	11.4[e]
	تلقیح ریشه Root inoculation	15[b]
هاشمی Hashemi	عدم تلقیح Control	12[de]
	تلقیح بذر Seed inoculation	15.7[a]
	تلقیح ریشه Root inoculation	12.2[d]

حروف مشابه در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آزمون توکی می‌باشد.

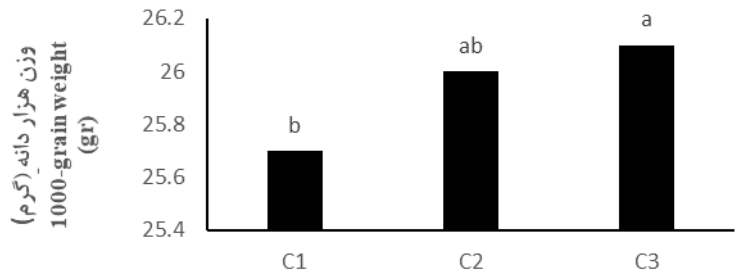
Similar letters at each column are without significant differences according to the Tukey test.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۴)، نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن، رقم و کود زیستی و برهمکنش کود نیتروژن×رقم بر وزن هزار دانه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مطابق با مقایسه میانگین، بیشترین وزن هزار دانه (۲۶/۱ گرم) با استفاده از روش تلقیح ریشه نشاء به‌دست آمد، که با تیمار تلقیح بذر (۲۵/۹ گرم) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت،در حالی‌که عدم تلقیح با نیتروکسین موجب کاهش وزن هزار دانه به میزان۱/۶ درصد شد (شکل ۴). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) حاکی از آن بود که رقم کیان بیشترین وزن هزار دانه را با میانگین ۲۸ گرم، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آورد که به‌ترتیب ۳، ۵/۲ و ۷/۷ درصد بیشتر از کاربرد ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن و تیمار شاهد بود. بیشترین وزن هزار دانه رقم هاشمی به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۵/۷ و ۲۵/۴ گرم با مصرف نیتروژن به مقدار ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن منجر به کاهش۸ و ۹/۳ درصدی وزن هزار دانه رقم هاشمی در مقایسه با کاربرد ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد.

در این پژوهش، ممکن است کاهش رقابت بین خوشه‌چه‌ها جهت دریافت مواد غذایی با کاربرد ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن، منجر به افزایش وزن هزار دانه در هر دو رقم شده باشد که با نتایج جامبرو و همکاران (Jemberu *et al.*, 2015) مطابقت داشت. همچنین، نیکنژاد و همکاران (Niknejad *et al.*, 2014) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن تا یک حد معین منجر به افزایش وزن هزار دانه برنج رقم کشوری و به‌تبع آن

عملکرد دانه شد. نتایج همچنین، نشان داد که وزن هزار دانه رقم اصلاحشده کیان در مقایسه با رقم بومی هاشمی بیشتر بود. بر همین اساس، گزارش شده است که رقم‌های اصلاح شده تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه بیشتر و در نتیجه، عملکرد بالاتری دارند (Maurya *et al.*, 2020). بخشی زاده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2024) در بررسی رشد، عملکرد و جذب عناصر پتاسیم و روی در برنج با کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد در سطح مطلوب و کاهش‌یافته کودهای شیمیایی، گزارش کردند که کاربرد جداگانه باکتری‌های *R.aquatilis, B.cepacia* و همچنین ترکیبی از دو باکتری، منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح با باکتری‌ها شد. افزایش وزن هزار دانه برنج در تلقیح ریشه نشاء با باکتری‌ها، می‌تواند به‌دلیل فراهم‌سازی مقدار کافی از عنصر نیتروژن برای گیاه، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و یا افزایش رشد ریشه و توانایی بیشتر در جذب آب و مواد مغذی صورت گرفته باشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تلقیح کودهای زیستی بر وزن هزار دانه برنج. C1، C2و C3 به ترتیب شاهد، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشا می‌باشند.

Figure 4. Mean comparison of the effect of biofertilizer inoculation on 1000-grain weight of rice. C1, C2, and C3 represent control, seed inoculation, and seedling root inoculation, respectively.

حروف مشابه در هر حروف مشابه در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آزمون توکی می‌باشد.

Similar letters at each column are without significant differences according to the Tukey test.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن، رقم و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه برنج معنی‌دار شد. همچنین، برهمکنش کود نیتروژن×رقم و رقم×کود زیستی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش کود نیتروژن×کود زیستی و کود نیتروژن×رقم×کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در شکل ۵، نشان داد که عملکرد دانه رقم‌های هاشمی و کیان در هر سه سطح تلقیح، با افزایش

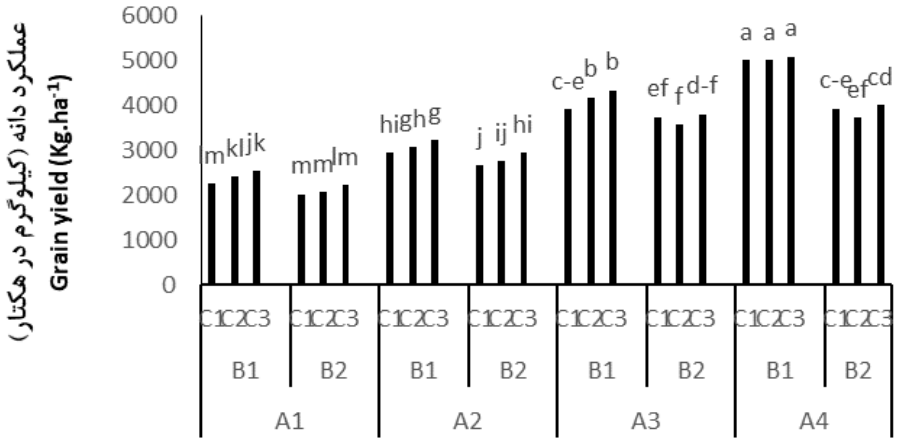
مصرف کود نیتروژن افزایش یافت. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد واکنش عملکرد دانه رقم‌های هاشمی و کیان در استفاده از روش‌های تلقیح با کود زیستی در سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن متفاوت بود. عملکرد دانه رقم کیان نیز در تمامی سطوح تیماری به‌کار رفته در پژوهش، بیشتر از رقم هاشمی بود. بیشترین عملکردهای دانه مربوط به رقم کیان با کاربرد نیتروژن به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، در شرایط تلقیح ریشه بدست آمدکه با تیمار های تلقیح بذر و بدون تلقیح در یک گروه آماری قرار گرفتند و توانست به میزان ۱/۷ درصد معادل ۱۰۰ کیلوگرم عملکرد بالاتری نسبت به عدم تلقیح در این تیمار کودی بدست آورد. کمترین عملکرد دانه رقم کیان در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی ثبت شد. بیشترین عملکرد دانه رقم هاشمی در کاربرد نیتروژن به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط تلقیح ریشه که با تیمار بدون تلقیح و تیمار کاربردنیتروژن ۸۰ کیلوگرم در هکتار به همراه تلقیح ریشه که از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشت، حاصل شد. کمترین عملکرد دانه رقم هاشمی نیز به عدم مصرف کود نیتروژن و عدم تلقیح، تعلق داشت. در واکنش ارقام نسبت به روش های تلقیح رقم کیان توانست به میزان ۱/۷ درصد معادل ۱۰۰ کیلوگرم و رقم هاشمی به میزان ۲/۱ درصد معادل ۸۳ کیلوگرم عملکرد بالاتری نسبت به عدم تلقیح در تیمار حداکثر مصرف کود نیتروژن بدست آمد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت واکنش عملکرد انواع مختلف برنج در برابر این قبیل راهکارها و لزوم شناسایی بهترین روش تلقیح برای هر رقم خاص باشد (Zou *et al.*, 2023). ممکن است عملکرد بالاتر رقم کیان در سنجش با رقم هاشمی به‌دلیل تفاوت‌های ژنوتیپی و در پی آن تفاوت‌های مورفولوژیک ارقام در بهره‌گیری از نهاده‌ها و فرآیندهای مربوط به عملکرد دانه از قبیل برخورداری از تعداد پنجه بارور و وزن هزار دانه بیشتر بوده باشد که با نتایج جلالی مریدانی و همکاران (Jalali Moridani *et al.*, 2022) همخوانی داشت. این پژوهشگران عملکرد دانه بیشتری را در رقم اصلاح‌شده گیلانه در مقایسه با رقم بومی هاشمی گزارش کردند که به‌دلیل تعداد پنجه بیشتر، طول خوشه مطلوب، تعداد دانه پر مناسب و وزن هزار دانه بالاتر رقم گیلانه بود.

مطابق با یافته‌های این مطالعه، در بررسی اثر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، گزارش شد که بارزترین اثر کود نیتروژن بر عملکرد برنج توسط افزایش تعداد پنجه (حفظ و یا تحریک تولید آن) ایجاد می‌شود. این موضوع می‌تواند به‌دلیل قابل دسترس بودن نیتروژن بوده باشد که با افزایش مقدار کود، قدرت رویشی گیاه افزایش می‌یابد. کاهش مقدار نیتروژن با کاهش تعداد پنجه در هر بوته با کاهش ظرفیت متابولیسم کربن فتوسنتزی منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Divsalar *et al.*, 2025). در این پژوهش نیز تعداد پنجه بارور در کپه با افزایش مقدار نیتروژن به‌طور صعودی افزایش نشان داد. گزارش شده است که توانایی گیاه در تغییر شکل مقدار معینی از عنصر غذایی کودی مصرف شده به عملکرد اقتصادی

(دانه) به ویژگی‌های ژنوتیپی از قبیل شاخص برداشت، کارایی مصرف داخلی عنصر غذایی، مدیریت زراعی، مدیریت عناصر غذایی و عواملی که بر گلدهی و پر شدن دانه مؤثر می‌باشد، قرار می‌گیرد (Mohammadian *et al.*, 2019). در این تحقیق همچنین، در هر سه سطح تلقیح با باکتری‌های آزوسپریلوم و ازتوباکتر، با کاربرد کود نیتروژنی، تعداد کل دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. تعداد دانه مشخص‌کننده ظرفیت مخزن گیاه می‌باشد و هرچه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخازن بزرگ‌تر جهت دریافت مواد فتوسنتزی بوده و افزایش آن منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Hasani Balyani *et al.*, 2020). با توجه به اینکه کاهش یکی از اجزای عملکرد به طور معمول منجر به افزایش سایر اجزای عملکرد می‌شود و از ویژگی جبرانی اجزای عملکرد اثر می‌پذیرد و از آنجایی که ویژگی‌هایی از قبیل تعداد پنجه بارور در کپه و وزن هزار دانه در برخی سطوح نیتروژن، تفاوت معنی‌داری در روش‌های مختلف تلقیح نشان دادند، این امر می تواند افزایش عملکرد را به‌دنبال داشته باشد.

محتوای آمیلوز

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تنها اثر ساده رقم‌های برنج در سطح احتمال یک درصد بر محتوی آمیلوز معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر محتوای آمیلوز نشان داد که محتوای آمیلوز رقم کیان حدود ۵ درصد بیشتر از رقم هاشمی بود (شکل ۶). مقدار آمیلوز در برنج عامل اصلی کیفیت پخت بوده و نشان‌دهنده مقدار افزایش حجم و قدرت جذب آب است. محتوی آمیلوز همچنین، عامل مهمی در نرمی یا سختی برنج پس از پخت می‌باشد (Jalali Moridani *et al.*, 2022). در این تحقیق مقدار آمیلوز دانه رقم‌های کیان و هاشمی در سطوح مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در همین راستا، در پژوهشی که توسط مشایخی و همکاران (Mashayekhi *et al.*, 2009) انجام شد، گزارش شد که سطوح مختلف کود نیتروژن بر درصد آمیلوز معنی‌دار نبود. محققان با بررسی اثر الگوی کاشت و تقسیط کود نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد دانه برنج رقم کوهسار در کشت مجدد، گزارش دادند که درصد آمیلوز تحت تأثیر هیچ‌یک از سطوح کود نیتروژن قرار نگرفت (Yazdani *et al.*, 2015). مشابه نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، جلالی مریدانی و همکاران (Jalali Moridani *et al.*, 2022) مقدار آمیلوز بیشتری را در رقم اصلاح شده گیلانه نسبت به رقم محلی هاشمی گزارش کردند.



شکل ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح کود نیتروژن × رقم × کود زیستی بر عملکرد دانه برنج

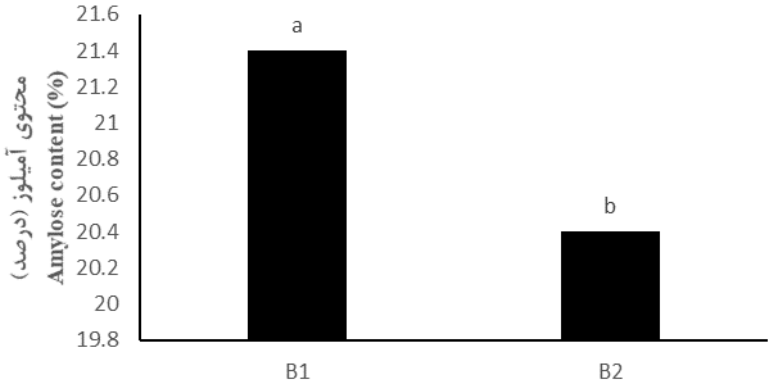
Figure 5. Mean comparison of the interaction between nitrogen fertilizer levels varieties, and biofertilizer on rice grain yield

A1 ،. A2، A3و A4 به ترتیب ۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، B1و B2 به ترتیب ارقام کیان و هاشمی، C1 ، C2و C3 به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح بذر و تلقیح ریشه نشا می‌باشند

A1, A2, A3, and A4 represent 0 (control), 60, 80, and 100 kg N ha^{-1}, B1 and B2 represent Kian and Hashemi cultivars, and C1, C2, and C3 represent control, seed inoculation, and seedling root inoculation, respectively.

حروف مشابه در هر حروف مشابه در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار از نظر آزمون توکی می‌باشد.

Similar letters at each column are without significant differences according to the Tukey test.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر رقم بر محتوی آمیلوز برنج

Figure 7- Mean comparison of the effect of variety on amylose content of rice

B1 و B2 به ترتیب ارقام کیان و هاشمی

(B1 and B2: Kian and Hashemi varieties, respectively)

نمره ژلاتینی شدن

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تنها اثر ساده کود زیستی و برهمکنش کود نیتروژن×کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر نمره ژلاتینی برنج معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به برهمکنش کود نیتروژن×کود زیستی، بیشترین نمره ژلاتینی (۴/۳) با استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + عدم تلقیح حاصل شد که با تیمارهای ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + عدم تلقیح (۴/۲)، ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + تلقیح ریشه نشاء (۴/۱)، ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + تلقیح بذر (۴/۱) و ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + تلقیح ریشه نشاء (۴/۱) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۶). درجه حرارت ژلاتینی شدن، مدت زمان لازم برای پختن برنج را پیش‌بینی کرده و دامنه درجه حرارتی است که دانه‌های نشاسته در برنج سفید شروع به متورم شدن برگشت‌ناپذیر در آب داغ می‌کنند (Divsalar *et al.*, 2025). نیتروژن پیش‌ماده اصلی تولید اسیدهای آمینه و پروتئین محسوب می‌شود و کاهش انتقال و جذب آن به دانه می‌تواند منجر به کاهش محتوی پروتئین شود (Shahdi Kumleh *et al.*, 2021). محتوی پروتئین بر کیفیت پخت برنج اثر دارد و همبستگی منفی با چسبندگی و همبستگی مثبت با سختی دانه‌ها دارد (Habibi *et al.*, 2012). با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژنی از طریق افزایش سریع محتوی نیتروژن خاک منجر به افزایش محتوی پروتئین دانه‌ها و افزایش طول مدت مورد نیاز جهت پخت دانه‌ها شده باشد. در این پژوهش، دمای ژلاتینی بذرهای برنج در دامنه ۳/۷ تا ۴/۳ قرار داشت (جدول ۶)که در ارزیابی‌های کیفی برنج، نمره‌های سه تا پنج محدوده مطلوب برای درجه حرارت ژلاتینی شدن هستند و بسیاری از رقم‌های بومی و خوش‌کیفیت ایرانی در این محدوده قرار می‌گیرند (Yazdani *et al.*, 2015). بنابراین، با توجه به نتایج این تحقیق مقادیر کود نیتروژن و روش های مختلف تلقیح نمره ژلاتینه شدن متوسط و مطلوبی داشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رقم اصلاح شده کیان از عملکرد کمی مطلوب‌تری نسبت به رقم هاشمی برخوردار می‌باشد. از سوی دیگر، با تاثیر روش های مختلف تلقیح و تلفیق آن باسطوح مختلف کودی نیتروژن اثرات افزایشی در عملکرد نهایی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد از جمله تعداد پنجه بارور و وزن هزار دانه همچنین، به دلیل فراهم سازی مطلوب‌تر نیتروژن از منابع زیستی و شیمیایی جهت دستیابی به بیشترین عملکرد در گیاه برنج و کاهش

آلودگی‌های زیست محیطی، استفاده تلفیقی با کاربرد ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن با تلقیح ریشه با کودهای زیستی برای هر دو رقم برنج کیان و هاشمی توصیه می‌شود.

References

Ashouri, M. 2014. Water use efficiency, irrigation management and nitrogen utilization in rice production in the North of Iran. Procedia APCBEE, 8, 70-74. https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.03.003.

Ashoori, M., Esfahani, M., Abdollahi, Sh., & Rabiei, B. 2014. Effect of foliar application of organic complements on grain yield, yield components and quality in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Crop research, *3(4)*, 291-305. https://doi.org/20.1001.1.22520163.1392.3.4.6. **[In Persian]**

Bakhshandeh, E., Rahimian, H., Pirdashti, H.A., & 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. https://doi.org/10.1007/s11274-014-1669-1.

Bakhshandeh, E., Pirdashti, H., Gholitabar Faramarzi, M., Zholideh Rodposhti, T., & Zaefarian, F. 2024. Improving the growth, yield and uptake of potassium and zinc elements in rice (*Oryza sativa* L.) affected by the plaht growth promoting rhizobacteria under optimal and reduced levels of chemical fertilizer. Journal of Cros Improvement, 26(2), 275-291. https://doi.org/10.22059/jci.2024.363304.2839. **[In Persian]**

Daemi, F., MahmoudSoltani, Sh., Esfahani, M., & Majodian, M. 2020. The effect of phosphorous fertilizer splitting on morphological charaters, yield and yield components of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars (Hashemi and Guilaneh). Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(9), 2379-2392. https://doi.org/10.22059/IJSWR.2020.303674.668635. **[In Persian]**

Dobermann, A., & Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. Handbook series. Potash acid Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. pp: 19.

Divsalar, O., Abbasian, A., Nasiri, M., & Abbasi, R. 2025. Growth-promoting bacteria effect on the morphological and qualitative traits of rice plants under different levels of chemical and organic fertilizers. Agricultural Science and Sustainable Production, 34(4), 45-65. https://doi.org/10.22034/SAPS.2023.56467.3041. **[In Persian]**

Ebadi, A.A., & Halajian, M.T. 2021. Kian, New rice variety tolerant to drought stress. Ministry of Agricultural Jihad, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rice Research Institute of Iran, *66*, 1-12. **[In Persian]**

Elikaee, M.N., Mehri, Sh., Espidkar, Z., & Ansari, M.H. 2018. Effect of plant growth stimulating bacteria on yield and yield components of rice under different vermicompost levels. Crop Physiology Journal, 38(10), 95-110. https://doi.org/20.1001.1.2008403.1397.10.38.6.8. **[In Persian]**

Habibi, H., Yahyazadeh, A., Hosseini-Chaleshtori, M., & Tajaddoditalab, K. 2012. Evaluation of gelatinization properties in Iranian rice varieties by Differential Scanning Calorimetry (DSC). Cereal Research, 2(2): 95-105. **[In Persian]**

IRRI (International Rice Research Institute). 2014. Standard Evaluation System for rice (SES). 5th Edition, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Hasani Balyani, M., Tadayon, M.R., & Fadaei Tehran, A.A. 2020. Evaluation of some growth and yield traits of *Camelina sativa* L. under the influence of biological and chemical fertilizers. Journal of Crop Production and Processing, 10(1), 1-14. https://doi.org/10.47176/jcpp.10.1.209111. **[In Persian]**

Jabbari-oranj, M., Moghadam, H. Jahansouz, M.R., Ahmadi, A., & Motesharezadeh, B. 2023. Effect of deficit irrigation, planting date and biofertilizers on agro-morphological traits, leaf nitrogen and carbon concentration and seed yield on quinoa under Ardabil conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 21(1), 75-89. https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.76560.1170 **[In Persian]**

Jalali Moridani, M., Sadeghi, S.M., Mohammadian Roshan, N., & Ashouri, M. 2022. Investigation the effect of fertilizer btype on quantitative and qualitative yield of two rice cultivars under different conditions of water stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(2), 79-97. https://doi.org/10.22124/jms.2022.6156. **[In Persian]**

Jemberu, T., Togashi, M., & Urayama, H. 2015. Nitrogen fertilizer application timing on growth and yield of Nerica4 and Japanese rice variety toyohatamochi. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 5, 91-97. http:/dx.doi.org/10.14303/irjas.2015.030

Juliano, B.O. 1971. Rice: Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 774p. https://doi.org/10.1016/0308-8146%2887%2990086-0

Kavoosi, M., & Yazdany, M.R. 2020. Effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer rate on grain yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hashemi. Iranian Journal of Crop Sciences, 22(2), 168-182. http://dx.doi.org/10.29252/abj.22.2.168 **[In Persian]**

Little, R.R., Hilder, G.B., & Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled rice. Cereal Chemistry, 35, 111-126.

Mahdavi, F., Esmaeili, M.A., Fallah, A., & Pirdashti, H. 2006. Study of morphological characteristics, physiligical indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). Iranian Journal of Crop Scienses, 7(4), 280-297. **[In Persian]**

Mohammadian, M., Astaraei, A.R., Lakzian, A.L., Emami, H., and Kavoosi, M. 2019. Evaluation and comparsion of the effect of different application methods and sources of nitrogen on nitrogen use efficiency of Hashemi rice variety. Journal of Soil Research, 34 (1), 1-17. https://doi.org/10.22092/ijsr.2020.122092. **[In Persian]**

Moslehi, N., Niknejad, Y., Fallah Amoli, H., & Kheyri, N. 2016. Effect of integrated application of chemical, organic and biological fertilizers on some of the morphophysiological traits of rice (*Oryza sativa* L.) Tarom Hashemi cultivar. Crop Physiology Journal, 8(30), 87-103. https://doi.org/20.1001.1.2008403.1395.8.30.6.8. **[In Persian]**

Maurya, R., Dorenchabd Singh, T., Jones Shullai, H., Mary Kurkalang, S., & Momin, T.G. 2020. Effect of nitrogen fertilization on rice: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(3), 2127-2130.

Nahvi, M., Babazadeh, Sh., & Sabouri, H. 2010. Effect of rate and split application of nitrogen fertilizer on yield and yield components in (Bahar) hybrid rice cultivar. Iranian Journal of Field crops Research, 8(5), 845-854. https://doi.org/10.22067/GSC.V815.8027. **[In Persian]**

Niknejad, Y., Daneshian. J., Shirani Rad, A.H., & Pirdashti, H. 2014. Evaluation the efficiency of growth promoting bacteria on yield and yield component of rice under deficit irrigation and reduced rates of nitrogen. Agronomy Journal, 112, 9-19. **[In Persian]**

Niknejad, Y., Zamani, M.H., Falah, A., & Nasiri, M. 2017. Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. Applied Field Crops Research, 29(3), 1-8. https://doi.org/10.22092/AJ.2016.112582. **[In Persian]**

Sagar, A., Sayyed, R.Z., Ramteke, P.W., Ramakrishna, W., Poczai, P., Al Obaid, S., &Ansari, M.J. 2022. Synergistic effect of *Azotobacter nigricans* and nitrogen phosphorus potassium fertilizer on agronomic and yield traits of maize (*Zea mays* L.). Frontiers in Plant Science, 13, 1-12. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952212.

Shahdi Kumleh, A., Seyedi, S.R., Haghighi Hasanalideh, A., & Karamniya, S. 2021. Effect of source and application rate of organic fertilizers on grain yield and quality of local and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, Iranian Journal of Crop Sciences, 23(3), 278-289. https://doi.org/20.1001.1.15625540.1400.23.3.6.4. **[In Persian]**

Sohrabi, T., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Balouchi, H.R. 2023. Effect of nitroxin bio-fertilizer application accompanied with nitrogen on canola (*Brassica napus*) yield quantity and quality. Journal of Crop Production and Processing, 12(4), 65-81. https://doi.org/10.47176/jcpp.12.4.22453. **[In Persian]**

Syuan-Lu, C., & Huang, Ch.H. 2023. Effects of *Azotobacter* and carbon dioxide concentrations on the growth and yield of rice plants grown in two paddy soils. Agronomy, 13(2998), 1-14. https://doi.org/10.3390/agronomy13122998.

Wang, D.Y. 2017. 15N tracer-based analysis of genotypic diferences in the uptake and partitioning of N applied at diferent growth stages in transplanted rice. Field Crop Researsh, 211, 27–36. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.017

Yazdani, A., Niknejad, Y., & Khairi, N.A. 2015. Effect of planting pattern and split application of nitrogen fertilizer on qualitative traits and grain of rice (*Oryza sativa* L.) var. Koohsar in second cropping. Applied Research of Plant Ecophysiology, 2(1), 121-134. **[In Persian]**

Zhang, A.P., Liu, R.L., Gao, J., Yang, S.Q., & Chen, Z. 2014. Regulating N application for rice yield and sustainable eco-agro development in the upper reaches of Yellow River rasin. *China* Science World Journal, 1, 1–11. https://doi.org/10.1155/2014/239279

Zou, Y., Zhang, Y., Cui, J., Gao, J., Guo, L., & Zhang, Q. 2023. Nitrogen fertilization application strategies improve yield of the rice cultivars with different yield types by regulating phytohormones, Scientific Reports, 13, 1-14. https://doi.org/10.1038/s41598-023-48491-w.