مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۵ ، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

پاسخ شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیک ارقام ایرانی برنج به کاربرد تلفیقی نیتروژن، فسفر و پتاسیم

حسن جعفری[۱]، حسین عجم نوروزی[۲]*، محمدرضا داداشی[۳]، افشین سلطانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
۳- استادیار گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
۴- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۷

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی پاسخ شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی ارقام ایرانی برنج به کاربرد تلفیقی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مزرعه‌ای واقع در استان مازندران، شهرستان ساری طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. پنج شیوه مدیریت مصرف مقادیر مختلف کودهای شیمیایی ($N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$، $N_{150}P_{75}K_{75}$، $N_{100}P_{50}K_{50}$ و $N_0P_0K_0$) به‌عنوان عامل اصلی و ارقام محلی برنج (سنگ طارم و طارم هاشمی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد، بالاترین شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم در تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$ مشاهده شد. کاربرد تیمار $N_{200}P_{100}K_{100}$ سبب افزایش تعداد پنجه بارور در کپه (۱۳/۲۵) و نهایتاً تولید حداکثر عملکرد دانه (۴۸۰۶ کیلوگرم در هکتار) گردید، اگرچه با تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. با افزایش سطوح مصرف کودهای NPK، غلظت NPK در دانه و کاه و هم‌چنین محتوای پروتئین دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. بین دو رقم مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و غلظت نیتروژن و پتاسیم در گیاه وجود نداشت ولی غلظت فسفر در دانه برای رقم طارم هاشمی حدود ۸/۹ درصد بیشتر از رقم سنگ طارم بود. بنابراین، کاربرد تیمار $N_{150}P_{75}K_{75}$ گزینه مناسب‌تری جهت بهبود عملکرد دانه ارقام برنج همراه با کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و متعاقب آن کاهش هزینه‌های کودی و تبعات محیط زیستی است.

واژه‌های کلیدی: برنج، جذب NPK، شاخص خوابیدگی، عملکرد دانه

* نویسنده مسئول (ajamnorozei@yahoo.com)

مقدمه

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات متعدد محیط زیستی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی، کاهش تنوع زیستی و افزایش فرسایش ژنتیکی، ایجاد مقاومت در امراض و آفات گیاهی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک شده است (Abbasian *et al.*, 2018). مصرف بهینه کود، همواره نقشی کلیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی، از جمله برنج ایفا می‌کند. افزایش قابل ملاحظه عملکرد در دهه‌های اخیر نیز از طریق افزایش مصرف نهاده‌های شیمیایی و سایر نهاده‌های زراعی بوده است. در دو دهه گذشته، منافع حاصل از این استراتژی با افزایش هزینه اقتصادی و خسارت محیط زیستی کاهش یافته است. بنابراین، بررسی مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در تولید برنج در هر منطقه و ایجاد تغییرات بهینه در محیط رشد گیاه برای افزایش بهره‌وری و کاهش انتشار آلاینده‌های محیط زیستی ناشی از آن دارای اهمیت بالایی است.

نیتروژن نقش کلیدی در تولید محصولات زراعی دارد که در نهایت می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر درآمد و بهره‌وری تولیدات کشاورزی داشته باشد (Abdi *et al.*, 2020). این ماده معدنی مهم پرمصرف‌ترین عنصر غذایی در تولید برنج محسوب می‌شود (Alam *et al.*, 2020). علاوه بر مصرف مقادیر صحیح کودهای نیتروژنه، این کودها باید در زمان مناسب جهت دستیابی به عملکرد دانه مطلوب مورد استفاده قرار بگیرند (Bagayoko, 2012). دیگر محققان بیان کردند مصرف کود نیتروژن به صورت تقسیط، عملکرد دانه بیشتری تولید نموده و می‌تواند معیار توصیه کودی قرار گیرد (Becker & Asch, 2005). محققان بیان کردند که مدیریت کارآمد کود نیتروژن در مزارع شالیزاری می‌تواند به افزایش پتانسیل تولید برنج کمک کند (*Belder et al.*, 2005). محققان دریافتند که کاربرد نیتروژن (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در چهار تقسیط مساوی (پایه، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری) موجب افزایش معنی‌دار تعداد پنجه در متر مربع و متعاقب آن عملکرد دانه برنج گردید (Chandel *et al.*, 2010). سایر محققان بیان

نمودند زمانی که نیتروژن به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار طی سه تقسیط به صورت ۳۳/۳ درصد در ۲۰-۱۵ روز پس از کاشت + ۳۳/۳ درصد در مرحله پنجه‌زنی + ۳۳/۳ درصد در مرحله خوشه‌آغازین به برنج اضافه شد میزان رشد و عملکرد محصول به طور معنی‌داری افزایش یافت (Conde *et al.*, 2014). اثر مثبت تقسیط نیتروژن بر عملکرد دانه برنج توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Dastan *et al.*, 2012). با بررسی اثرات مقادیر مختلف کودهای NPK بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در برنج گزارش شد یک رابطه مثبت معنی‌داری بین جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه برنج وجود دارد، به طوری که با افزایش میزان جذب عناصر غذایی NPK، عملکرد دانه نیز بهبود یافت. همچنین، کمترین میزان جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه تحت تیمار عدم مصرف کودهای NPK ($N_0P_0K_0$) مشاهده شد ولی با اعمال تیمارهای $N_{60}P_{35}K_{40}$، $N_{120}P_{70}K_{80}$ و $N_{180}P_{105}K_{120}$ عملکرد دانه به‌ترتیب به میزان ۵۲/۶، ۵۴/۵ و ۵۳/۸ درصد افزایش یاقت و بالاترین مقدار جذب عناصر غذایی NPK نیز در بالاترین سطح کودهای شیمیایی ($N_{180}P_{105}K_{120}$) مصرفی حاصل گردید (*Dobermann & Fairhurst, 2000*). با بررسی تیمارهای مختلف کودی ($N_{108}P_{80}K_{48}$، $N_{135}P_{100}K_{60}$، $N_{162}P_{120}K_{72}$ و $N_{189}P_{140}K_{84}$) بر رشد و عملکرد دو رقم برنج گزارش دادند که کاربرد تیمار $N_{162}P_{120}K_{72}$ به عنوان بهترین تیمار جهت بهبود اجزای عملکرد و حصول حداکثر عملکرد دانه ارقام برنج معرفی شد (Fageria *et al.*, 2014). با افزایش سطوح کود نیتروژن مصرفی به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، اجزای عملکرد نظیر تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه و هم‌چنین عملکرد دانه به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Fageria *et al.*, 2012).

فسفر دومین عنصر غذایی مهم پس از نیتروژن برای گیاهان به خصوص برنج بوده که مصرف آن به توسعه ریشه‌های گیاه و افزایش ظرفیت پنجه‌زنی کمک می‌کند (Fageria *et al.*, 2012). زمانی که ترکیبات محلول فسفر به خاک اضافه می‌شوند به شکل‌های کم‌محلول یا غیرمحلول تبدیل می‌شوند و در نتیجه قابلیت

استفاده آن به وسیله گیاه کاهش می‌یابد. غیرقابل استفاده شدن فسفر در خاک شامل دو فرآیند جذب سطحی و رسوب است که در غلظت‌های زیاد فسفر، رسوب و در غلظت‌های کمتر این عنصر جذب سطحی انجام می‌شود (Gewaily *et al.*, 2018). گروهی از محققان با بررسی اثرات فسفر بر رشد و عملکرد برنج طی دو سال زراعی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ گزارش دادند که در بین مقادیر مختلف فسفر (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین تعداد پنجه بارور در متر مربع، بیشترین طول خوشه، بیشترین تعداد دانه در خوشه، بیشترین وزن خوشه، بیشترین وزن هزار دانه، حداکثر عملکردهای دانه، کاه و بیولوژیک و همچنین بیشترین میزان شاخص برداشت طی هر دو سال زراعی با کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بدست آمد (Fageria *et al.*, 2012). بررسی به عمل آمده توسط Abbasian & Aminpanah (2018) نشان داد که با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه پر در خوشه، زیست توده، غلظت فسفر دانه، مقدار فسفر جذب شده در دانه و عملکرد شلتوک به ترتیب به میزان ۲۰/۵، ۱۲/۹۳، ۲۲/۰۵، ۱۴/۹۵، ۴۹/۲ و ۳۰/۴۹ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود فسفر افزایش یافتند. سایر پژوهشگران با بررسی اثرات مقادیر مختلف فسفر (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) بر رشد و عملکرد برنج طی دو سال زراعی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ گزارش نمودند که کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر سبب افزایش معنی‌دار صفات زراعی نظیر تعداد پنجه بارور در متر مربع، تعداد دانه در خوشه، وزن خوشه، وزن هزار دانه و هم‌چنین عملکرد دانه گردید (Fageria *et al.*, 2012). پتاسیم به عنوان فعال‌کننده آنزیم‌های مختلف نقش مهمی در تنظیم اسمزی داخل سلولی، انتقال پروتئین غشایی، انتقال کربوهیدرات‌ها، متابولیسم گیاه و مقاومت برنج در برابر تنش‌ها ایفا می‌کند (Dastan *et al.*, 2012). Abdi *et al* (2020) گزارش دادند با افزایش کاربرد پتاسیم از منبع کلرور پتاسیم، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برنج روند افزایشی داشتند. بر اساس نتایج مطالعات ده ساله، در استان مازندران به‌دلیل سنتی بودن شیوه تولید

محصولات زراعی، هدر رفت منابع آب و خاک بسیار بالاست. به‌طور متوسط ۹۶ درصد از کودهای مصرفی در این استان را کودهای نیتروژن و فسفر تشکیل داده‌اند که نشان می‌دهد نسبت مصرف کودها نامتوازن است. فشار روز افزون برای درآمد بیش‌تر و جبران هزینه‌های تولید غیراقتصادی موجب خستگی خاک و استفاده از کودها و سموم شیمیایی باعث آلودگی آب و خاک شده است. راه یافتن این مواد سمی به منابع آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها و دریاها یکی از خطرات امروزی است که تخریب‌های شدیدی را در پی داشته و برهم خوردن تعادل بوم‌نظام‌ها را موجب شده است. با توجه به این‌که انسان‌ها در آخرین حلقه زنجیره غذایی طبیعت و مصرف کنندگان قرار دارند. لذا تبعات رفتار اشتباه با طبیعت و به‌ویژه استفاده نادرست و غیر اصولی از مواد شیمیایی، در زنجیره غذایی تجمع یافته و به انسان می‌رسد و سپس بر نسل حاضر و نسل‌های آینده تحمیل می‌شود. بنابراین، مصرف بهینه کودهای شیمیایی و همچنین تطبیق الگوی کاشت محصولات زراعی با وضعیت آتی ضروری بوده و باید به آنچه که در مقیاس منطقه‌ای و جهانی در حال وقوع است توجه کرد و بر اساس رقابت با سایر کشورها و آینده‌نگری، برنامه‌ها و فعالیت‌های جدیدی در حوزه کشاورزی و محیط زیست بازمهندسی شود. از این‌رو، هدف از این تحقیق ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی ارقام برنج ایرانی به کاربرد تلفیقی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و خاک محل اجرای طرح: این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در روستای ساحلی سوته از توابع شهرستان ساری با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. ویژگی‌های خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتیمتر) در جدول ۱ ارائه شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

سال	بافت	ماده آلی (درصد)	کربن (درصد)	ازت (درصد)	فسفر (پی پی ام)	پتاسیم (پی پی ام)	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس)
۱۳۹۶	لومی رسی	۱/۶	۰/۹۲	۰/۱۲	۵/۵	۱۶۵	۷/۳۹	۰/۵۲
۱۳۹۷	لومی رسی	۱/۵	۰/۸۵	۰/۰۷	۵/۹	۱۸۵	۷/۶۵	۰/۶۵

مشخصات آماری طرح: آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. پنج شیوه مدیریت مصرف مقادیر مختلف کودهای شیمیایی به‌عنوان عامل اصلی و ارقام محلی برنج (سنگ طارم و طارم هاشمی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند که مدیریت مصرف کود به شرح ذیل بود.

سطح اول: مصرف ۲۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ($N_{250}P_{150}K_{150}$)

سطح دوم: مصرف توأم ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و ۱۰۰ پتاسیم در هکتار ($N_{200}P_{100}K_{100}$)

سطح سوم: مصرف توأم ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۷۵ کیلوگرم فسفر و ۷۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ($N_{150}P_{75}K_{75}$)

سطح چهارم: مصرف توأم ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۵۰ کیلوگرم فسفر و ۵۰ پتاسیم در هکتار ($N_{100}P_{50}K_{50}$)

سطح پنجم: تیمار شاهد یا عدم مصرف کود ($N_0P_0K_0$)

عملیات زراعی

مزرعه آزمایشی در سال زراعی قبل زیر کشت برنج بود و در اواخر بهمن ماه، زمین توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس در نیمه دوم اردیبهشت عملیات کامل شامل شخم بهاره، ماله‌کشی و تسطیح انجام گردید. زمین آزمایش به ۴۰ کرت مساوی که ابعاد هر کرت ۵×۲ متر مربع بود تقسیم گردید. برای جلوگیری از فرار آب، کودهای شیمیایی و علف‌کش، مرز کرت‌ها تا عمق یک متری پوشش نایلونی کشیده شد. زمانی که ارتفاع نشاها به ۲۵ سانتی‌متر رسید به زمین اصلی انتقال یافتند و ۲ روز بعد از نشاکاری کرت‌های مورد نظر آبیاری گردیدند. نشاکاری با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و به تعداد سه نشا در هر کپه انجام گرفت. مصرف کودهای NPK بر اساس تیمارهای تعریف‌شده در کرت‌های مورد نظر انجام شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز از سم بوتاکلر به میزان ۳/۵ لیتر در هکتار حدود ۴ روز بعد از نشاکاری استفاده گردید. دو مرحله وجین دستی طی ۲۰ و ۳۸ روز بعد از نشاکاری انجام شد. برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج، دو مرتبه از سم دیازینون (گرانول ۵ درصد) در مرحله انتهای پنجه‌زنی و مرحله گلدهی استفاده شد.

روش نمونه‌برداری صفات

در طی دوره نمو و رشد گیاه بعد از حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت به‌صورت تصادفی صفات زیر طبق استاندارد مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (SES) اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین ویژگی‌های مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی بوته، ۳۰ روز پس از خوشه‌دهی کامل (از روی ۱۲ ساقه در هر کرت) نمونه‌گیری انجام شد. گشتاور خمشی یا حرکت خمش میانگره سوم و چهارم و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم با شمارش میانگره‌ها از بالا به پایین در کپه طبق فرمول زیر محاسبه و به‌صورت گرم در سانتی‌متر بیان شد (Islam *et al.*, 2007). میزان نیروی لازم برای شکستن ساقه از نیوتن به گرم در سانتی‌متر تبدیل شد.

وزن تر همین قسمت × طول گیاه از پایین‌ترین گره میانگره ۳ و ۴ تا رأس خوشه = گشتاور خمشی

میانگره ۳ و ۴ مقاومت به شکستگی از طریق دستگاه نیروسنج (Prostrate Tester DIK-7401) و بر اساس میزان نیروی لازم برای شکستن میانگره سوم و چهارم ساقه برنج اندازه‌گیری شد. شاخص خوابیدگی بوته نیز از نسبت گشتاور خمشی میانگره‌ها به مقاومت به شکستگی میانگره‌ها حاصل شد (Jafari *et al.*, 2013; Islam *et al.*, 2007).

ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد پنجه در کپه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۲ کپه در هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد خوشه‌چه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه با شمارش از روی ۱۵ خوشه در هر کرت تعیین شد. عملکرد شلتوک و عملکرد زیست‌توده با برداشت ۱۰۰ کپه از چهار متر مربع از قسمت میانی هر کرت بر اساس رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری و از نسبت بین آنها، شاخص برداشت محاسبه و بر حسب درصد بیان شد. غلظت نیتروژن دانه و اندام‌های هوایی به روش micro-Kjeldahl محاسبه شد (Fageria *et al.*, 2014). غلظت پتاسیم دانه و اندام‌های هوایی نیز به روش فلیم فتومتر حاصل شد (Fageria *et al.*, 2014). اندازه‌گیری فسفر شلتوک و کاه نیز با دستگاه Spectronic20D با رنگ‌سنجی به کمک سه محلول مولیبدو وانادات، محلول استاندارد فسفر و محلول ماده غذایی انجام شد. مقدار جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از طریق حاصل‌ضرب

غلظت هر عنصر در ماده خشک به‌دست آمد (Dobermann, 2005). محتوای پروتئین دانه از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن در ضریب پروتئینی ۶/۲۵ محاسبه شد (Martre *et al.*, 2003; Samonte *et al.*, 2006).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری (تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین) از طریق نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد که شامل آزمون نرمال بودن، آزمون KMO، آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب و همبستگی بود. مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی متقابل نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد در نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون بارتلت

برای بررسی اثر سال بر صفات مورد بررسی تحت اثر تیمارهای منابع کودی و رقم، ابتدا داده‌های حاصل با استفاده از آزمون متجانس بودن واریانس‌ها به روش بارتلت سنجیده شدند (جدول ۲). نتایج نشان داد ارتفاع بوته، شاخص خوابیدگی میانگره ۳، تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور در کپه، غلظت پتاسیم دانه، جذب پتاسیم دانه، جذب پتاسیم کاه و کلش، شاخص برداشت پتاسیم، بلاست برگ، بلاست خوشه و بلاست دانه در آزمون بارتلت معنی‌دار شدند که برای این صفات تجزیه واریانس ساده انجام شد (جدول ۲). صفات طول خوشه، شاخص خوابیدگی میانگره ۴، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، عملکرد شلتوک، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاه و کلش، جذب نیتروژن و فسفر دانه و کاه و کلش، شاخص برداشت نیتروژن و فسفر و کارایی استفاده از نیتروژن و فسفر و پتاسیم در آزمون بارتلت معنی‌دار نشدند که تجزیه مرکب برای این صفات انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج آزمون بارتلت برای صفات مورد بررسی تحت اثر سال.

صفات مورد بررسی	Pr>ChiSq	صفات مورد بررسی	Pr>ChiSq	صفات مورد بررسی	Pr>ChiSq
طول خوشه	۰/۱۶^{ns}	غلظت نیتروژن دانه	۰/۳۱^{ns}	کارایی استفاده از فسفر	۰/۷۱^{ns}
ارتفاع بوته	۱۱/۷۱**	غلظت نیتروژن کاه و کلش	۲/۷۸^{ns}	غلظت پتاسیم دانه	۰/۲۶^{ns}
شاخص خوابیدگی میانگره ۳	۱۱/۲۱**	جذب نیتروژن دانه	۰/۵۱^{ns}	غلظت پتاسیم کاه و کلش	۷/۹۳^{ns}
شاخص خوابیدگی میانگره ۴	۲/۴۷^{ns}	جذب نیتروژن کاه و کلش	۱/۸۵^{ns}	غلظت پتاسیم بوته	۱۶/۱۳**
تعداد کل پنجه در کپه	۱۴/۳۹**	شاخص برداشت نیتروژن	۱/۷۳^{ns}	جذب پتاسیم دانه	۱۷/۲۹**
تعداد پنجه بارور در کپه	۹/۱۹**	کارایی استفاده از نیتروژن	۰/۷۱^{ns}	جذب پتاسیم کاه و کلش	۷/۹۰**
تعداد کل خوشه‌چه در خوشه	۱/۵۳^{ns}	غلظت فسفر دانه	۰/۳۱^{ns}	شاخص برداشت پتاسیم	۱۱/۶۹**
تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه	۰/۰۷^{ns}	غلظت فسفر کاه و کلش	۰/۵۱^{ns}	کارایی استفاده از پتاسیم	۰/۰۰^{ns}
عملکرد شلتوک	۰/۰۴^{ns}	جذب فسفر دانه	۱/۱۶^{ns}	بلاست برگ	۱۲/۰۶**
عملکرد زیستی	۰/۰۰^{ns}	جذب فسفر کاه و کلش	۰/۴۵^{ns}	بلاست خوشه	۳۶/۵۲**
شاخص برداشت	۰/۲۹^{ns}	شاخص برداشت فسفر	۰/۲۹^{ns}	بلاست دانه	۸/۲۲**

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

تجزیه واریانس ساده

یافته‌های جدول تجزیه وارانس ساده در سال اول نشان داد که صفات شاخص خوابیدگی میانگره ۳، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در کپه و تعداد پنجه بارور در کپه تحت اثر منابع کودی معنی‌دار شدند (جدول ۳). تحت اثر رقم نیز صفات تعداد پنجه بارور در کپه در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. تجزیه واریانس صفات در سال دوم نشان داد ارتفاع بوته و شاخص خوابیدگی میانگره ۳ تحت اثر منبع کودی و رقم معنی‌دار شدند. صفات تعداد پنجه در کپه و تعداد پنجه بارور در کپه تنها تحت اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفتند. همچنین، صفات ارتفاع بوته و تعداد پنجه در کپه تحت اثرمتقابل منبع کودی و رقم تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۴). تجزیه واریانس مرکب صفات حاکی از آن بود شاخص خوابیدگی میانگره ۴ تحت تأثیر اثرات اصلی سال و کود معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و زراعی برنج با منابع کودی و رقم در سال اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص خوابیدگی میانگره ۳	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه
تکرار	۳	۲۱/۱۹	۸۶/۲۵	۱۲/۶۶*	۴/۷۰*
منابع کودی	۴	۸۰/۸۶*	۸۳۲/۴۲*	۸۶/۱۸**	۳۱/۵۶**
خطا	۱۲	۱۴/۱۶	۱۵۰/۴۳	۶/۰۹	۴/۳۴
رقم	۱	۵/۶۶	۳۹۵/۵۰	۲/۸۶	۳/۶۰*
اثرمتقابل	۴	۳۴/۷۶	۲۷۵/۴۶	۱/۱۲	۱/۷۹
خطا	۱۵	۲۶/۶۹	۲۷۵/۶۹	۱/۵۱	۱/۰۸
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۹۰	۳۳/۸۳	۶/۸۵	۸/۵۰

، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.ns

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و زراعی برنج با منابع کودی و رقم در سال دوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص خوابیدگی میانگره ۳	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه
تکرار	۳	۱۳۵/۵۷*	۱۱۱۲/۶۳*	۴۱/۹۲**	۲۶/۵۵**
منابع کودی	۴	۲۶۱/۵۲**	۳۵۸/۵۷*	۸/۸۸*	۶/۵۲*
خطا	۱۲	۶۶/۲۱	۷۹/۶۲	۳/۷۴	۲/۱۸
رقم	۱	۳۸۸/۶۳**	۵۴۶/۴۸*	۳/۰۸	۴/۹۰
اثرمتقابل	۴	۱۳۷/۸۹*	۲۸/۱۹	۷/۷۰*	۲/۷۱
خطا	۱۵	۳۵/۵۷	۱۲۴/۴۲	۲/۶۳	۲/۱۴
ضریب تغییرات (٪)	-	۴/۳۰	۲۹/۹۱	۱۰/۶۵	۱۳/۶۷

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

مقایسه میانگین صفات در سال اول نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۱۳۶/۴۳ سانتیمتر) و شاخص خوابیدگی میانگره ۳ (۵۷/۳۶ درصد) در سطح اول منبع کودی حاصل شد و کمترین مقادیر این صفات تحت اثر عدم مصرف کودها حاصل شد (جدول ۴). بیشترین تعداد پنجه در کپه (۲۱/۵۸ عدد) و تعداد پنجه بارور در کپه (۱۴/۵۰ عدد) در سطح دوم منبع کودی و کمترین تعداد پنجه و پنجه بارور در کپه در تیمار عدم مصرف کودها حاصل شد (جدول ۴).

همچنین، ارتفاع بوته (۱۴۱/۷۳ سانتیمتر)، شاخص خوابیدگی میانگره ۳ (۴۰/۹۸ درصد) در رقم سنگ طارم بیشتر از رقم طارم هاشمی بود. ولی تعداد پنجه در کپه (۱۵/۵۲ عدد) و تعداد پنجه بارور در کپه (۱۱/۰۵ عدد) برای رقم طارم هاشمی بیشتر از رقم سنگ طارم بود (جدول ۴).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و زراعی برنج با منابع کودی و رقم در سال اول

تیمارها	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	شاخص خوابیدگی میانگره ۳ (گرم در سانتیمتر)	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه
منابع کودی				
ترکیب کودی ۱	۱۳۶/۴۳ a	۵۷/۳۶ a	۱۸/۹۱ b	۱۳/۱۳ ab
ترکیب کودی ۲	۱۳۴/۹۱ ab	۵۱/۲۴ abc	۲۱/۵۸ a	۱۴/۵۰ a
ترکیب کودی ۳	۱۳۲/۳۴ ab	۵۵/۲۳ ab	۱۸/۵۸ b	۱۲/۸۸ ab
ترکیب کودی ۴	۱۲۸/۳۱ b	۴۹/۹۶ bc	۱۷/۹۱ bc	۱۱/۵۰ b
ترکیب کودی ۵	۱۳۱/۱۹ ab	۳۱/۶۳ c	۱۲/۶۰ c	۹/۲۵ c
رقم				
سنگ طارم	۱۳۳/۰۱ a	۴۵/۹۴ b	۱۷/۶۵ b	۱۱/۹۵ b
طارم هاشمی	۱۳۲/۲۶ a	۵۲/۲۳ a	۱۸/۱۹ a	۱۲/۵۵ a

*: **حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.**

مقایسه میانگین صفات در سال دوم نیز نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۴/۸۶ سانتیمتر) در سطح اول منبع کودی و بیشترین میزان شاخص خوابیدگی میانگره ۳ (۴۵/۱۴ درصد) در سطح سوم منبع کودی حاصل شد. بیشترین تعداد پنجه در کپه (۱۷/۱۵ عدد) در سطح دوم منبع کودی و بیشترین تعداد پنجه بارور در کپه (۱۰/۵۲ عدد) در سطح چهارم منبع کودی حاصل شد (جدول ۵). در رقم سنگ طارم ارتفاع بوته و شاخص خوابیدگی میانگره ۳ بیشتر از رقم طارم هاشمی بود ولی تعداد پنجه در کپه و تعداد پنجه بارور در کپه رقم طارم هاشمی بیشتر از رقم سنگ طارم بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و زراعی برنج با منابع کودی و رقم در سال دوم

تیمارها	ارتفاع بوته (سانتیتر)	شاخص خوابیدگی میانگره ۳ (گرم در سانتیمتر)	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه
منابع کودی				
ترکیب کودی ۱	۱۴۴/۸۶ a	۴۱/۳۴ ab	۱۵/۶۹ ab	۹/۴۷ ab
ترکیب کودی ۲	۱۳۹/۴۸ ab	۳۸/۹۷ b	۱۷/۱۵ a	۹/۴۱ ab
ترکیب کودی ۳	۱۳۹/۱۸ ab	۴۵/۱۴ a	۱۴/۷۳ b	۸/۷۶ b
ترکیب کودی ۴	۱۲۹/۱۱ b	۲۷/۳۲ c	۱۴/۵۰ b	۱۰/۵۲ a
ترکیب کودی ۵	۱۴۰/۴۲ ab	۳۳/۶۶ bc	۱۴/۱۵ c	۷/۱۷ c
رقم				
سنگ طارم	۱۴۱/۷۳ a	۴۰/۹۸ a	۱۴/۹۶ b	۱۰/۳۵ b
طارم هاشمی	۱۳۵/۵۰ b	۳۳/۵۹ b	۱۵/۵۲ a	۱۱/۰۵ a

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثر متقابل منبع کودی و رقم به روش برش دهی متقابل نشان داد ارتفاع بوته در سال دوم برای هر دو رقم در سطح اول منبع کودی حاصل شد و کمترین ارتفاع بوته هر دو رقم در سطح عدم مصرف کودها حاصل شد. تعداد پنجه در کپه در سال دوم برای رقم سنگ طارم اول و دوم (۱۶/۱۵ و ۱۵/۸۰ عدد) حداکثر و برای رقم طارم هاشمی در سطح دوم منبع کودی (۱۸/۵ عدد) بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۶).

جدول ۶- برهمکنش منابع کودی و رقم بر صفات مورفولوژیک و زراعی برنج به روش برش‌هی متقابل

اثرمتقابل	ارتفاع بوته سال دوم (سانتیمتر)	تعداد پنجه در کپه سال دوم
سطح اول کود × رقم سنگ طارم	۱۴۷/۲۰ a	۱۶/۱۵ a
سطح دوم کود × رقم سنگ طارم	۱۴۳/۲۷ ab	۱۵/۸۰ a
سطح سوم کود × رقم سنگ طارم	۱۳۷/۹۹ bc	۱۵/۲۳ ab
سطح چهارم کود × رقم سنگ طارم	۱۳۰/۰۰ c	۱۳/۱۵ b
سطح پنجم کود × رقم سنگ طارم	۱۴۱/۰۸ abc	۱۴/۵۶ ab
سطح اول کود × رقم طارم هاشمی	۱۴۲/۵۳ a	۱۵/۲۳ b
سطح دوم کود × رقم طارم هاشمی	۱۳۵/۷۰ b	۱۸/۵۰ a
سطح سوم کود × رقم طارم هاشمی	۱۴۰/۳۸ ab	۱۴/۲۳ c
سطح چهارم کود × رقم طارم هاشمی	۱۲۸/۲۳ c	۱۵/۸۵ b
سطح پنجم کود × رقم طارم هاشمی	۱۳۷/۹۶ b	۱۴/۸۴ bc

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

شاخص‌های مرتبط با عنصر پتاسیم و بیماری بلاست: یافته‌های جدول تجزیه واریانس ساده در سال اول نشان داد غلظت و پتاسیم دانه، کاه و شاخص برداشت پتاسیم تحت اثر منبع کودی معنی‌دار شدند (جدول ۷). همچنین بلاست برگ و خوشه نیز تحت اثر منبع کودی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. تحت اثر رقم نیز جذب پتاسیم کاه و بلاست خوشه معنی‌دار شدند (جدول ۷). در سال دوم نیز تنها صفت غلظت پتاسیم کاه و کلش در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات مرتبط با محتوای پتاسیم اندام‌های گیاه و بلاست گیاه برنج تحت اثر منابع کودی و رقم در سال اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت پتاسیم دانه	غلظت پتاسیم کاه	جذب پتاسیم دانه	جذب پتاسیم کاه	شاخص برداشت پتاسیم	بلاست برگ	بلاست خوشه	بلاست دانه
تکرار	۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۳۴/۶۶	۱۹۳/۱۴	۷/۴۶	۲۰/۹۳	۷/۹۹	۰/۰۵
منابع کودی	۴	۰۰/۱۶**	۰/۶۵**	۲۲۱/۳۶*	۳۲۳۵/۵۰**	۹۸/۰۰*	۱۱۵۹/۰۴**	۱۹۷/۵۷*	۰/۴۰
خطا	۱۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۸۴/۸۵	۴۸۴/۲۹	۳۵/۰۶	۷۹/۵۸	۱۰/۴۶	۰/۰۷
رقم	۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۴۲/۶۴	۷۷۱/۴۱*	۰/۰۶	۳/۷۲	۱۰۱/۴۷*	۰/۰۳
اثرمتقابل	۴	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۲۶/۹۴	۳۵۳/۱۸	۳۸/۴۷	۵۹/۲۹	۱۷/۶۶	۰/۲۱
خطا	۱۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۴۵/۶۶	۳۳۲/۳۰	۲۴/۴۹	۹۰/۰۲	۴۳/۹۱	۰/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۹/۱۵	۴/۳۴	۲۹/۶۸	۲۵/۶۵	۱۹/۹۳	۱۲/۱۵	۲۱/۵۸	۴۶/۶۸

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۸- تجزیه واریانس صفات مرتبط با محتوای پتاسیم اندام‌های گیاه و بلاست گیاه برنج تحت اثر منابع کودی و رقم در سال دوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت پتاسیم دانه	غلظت پتاسیم کاه	جذب پتاسیم دانه	جذب پتاسیم کاه	شاخص برداشت پتاسیم	بلاست برگ	بلاست خوشه	بلاست دانه
تکرار	۳	۰/۰۳	۰/۳۹*	۲۹/۴۲	۶۵۷/۶۱	۴/۶۰	۲۵۵۰/۱۲**	۱۸۰/۶۹**	۰/۲۵
منابع کودی	۴	۰/۰۵	۰/۱۰*	۱۶۰/۸۵	۲۵۰/۵۱	۶۴/۲۷	۱۳۷/۰۱	۱۰/۴۸	۰/۰۹
خطا	۱۲	۰/۰۲	۰/۱۸	۱۰۵/۸۴	۴۰۹/۷۸	۳۵/۸۷	۷۴/۳۶	۱۲/۵۳	۰/۱۶
رقم	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۴/۸۹	۶/۱۹	۴/۴۰	۴۷۰/۴۶*	۹/۱۳	۰/۵۹*
اثرمتقابل	۴	۰/۰۷	۰/۱۲	۱۱۱/۶۴	۸۸۰/۵۳	۵۳/۵۶	۱۴۴/۱۰	۱۶/۰۳	۰/۱۷
خطا	۱۵	۰/۰۴	۰/۱۲	۱۰۷/۵۵	۴۰۹/۱۱	۵۲/۷۸	۲۹۸/۸۹	۱۹/۰۲	۰/۳۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۳۲/۴۵	۲۲/۵۹	۳۶/۱۳	۲۳/۰۸	۲۹/۲۵	۱۷/۱۵	۱۶/۲۷	۳۹/۱۳

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

مقایسه میانگین صفات در سال اول نشان داد بیشترین غلظت و جذب پتاسیم دانه، کاه و بوته در سطح اول منبع کودی و کمترین مقادیر در تیمار عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۹). بیشترین شاخص برداشت پتاسیم (۲۸/۰۹ درصد) در سطح اول منبع کودی و کمترین مقدار آن در سطح دوم منبع کودی (۱۹/۲۶ درصد) حاصل شد. حداکثر بلاست برگ (۸۷/۲۴ درصد) در سطح چهارم و بیشترین بلاست خوشه (۳۷/۱۲ درصد) در سطح دوم منبع کودی به دست آمد. کمترین بلاست برگ (۵۷/۷۶ درصد) در سطح پنجم منبع کودی و کمترین بلاست خوشه (۲۴/۶۳ درصد) در سطح پنجم منبع کودی مشاهده شد (جدول ۹). نتایج حاصله نشان داد که حداکثر کارآیی استفاده از پتاسیم با میانگین ۶۶/۴۹ کیلوگرم بر کیلوگرم تحت تیمار $N_0P_0K_0$ در سال اول آزمایش مشاهده شد. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین کارآیی استفاده از پتاسیم در شرایط کاربرد تیمار $N_{100}P_{50}K_{50}$ (۴۵/۷۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) حاصل شد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات مرتبط با پتاسیم اندام های گیاه و بلاست برنج برنج تحت اثر منابع کودی و رقم در سال اول

تیمارها	غلظت پتاسیم دانه (٪)	غلظت پتاسیم کاه (٪)	جذب پتاسیم دانه (کیلوگرم)	جذب پتاسیم کاه (کیلوگرم)	شاخص برداشت پتاسیم (٪)	بلاست برگ (٪)	بلاست خوشه (٪)
منابع کودی							
ترکیب کودی ۱	۰/۴۸ bc	۰/۹۹ b	۲۱/۳۲ bc	۵۵/۳۲ d	۲۸/۰۹ a	۸۲/۵۹ abc	۲۸/۲۵ b
ترکیب کودی ۲	۰/۴۰ c	۱/۲۸ ab	۱۸/۹۷ bcd	۸۴/۲۶ b	۱۹/۲۶ c	۸۵/۳۷ ab	۳۷/۱۲ a
ترکیب کودی ۳	۰/۵۳ b	۱/۲۱ ab	۲۴/۰۸ b	۷۰/۲۵ c	۲۴/۸۴ b	۸۱/۶۹ abc	۲۹/۲۵ b
ترکیب کودی ۴	۰/۷۵ a	۱/۶۴ a	۳۱/۲۴ a	۹۷/۱۲ a	۲۴/۴۳ b	۵۷/۷۶ c	۲۴/۶۳ c
ترکیب کودی ۵	۰/۴۱ c	۰/۹۱ b	۱۸/۲۳ d	۴۸/۳۵ e	۲۷/۵۲ ab	۸۷/۲۴ a	۳۴/۲۵ ab
رقم							
سنگ طارم	۰/۴۹ a	۱/۱۸ a	۲۱/۷۳ b	۶۶/۶۷ b	۲۴/۷۹ a	۷۸/۶۲ a	۲۹/۱۱ b
طارم هاشمی	۰/۵۴ a	۱/۲۳ a	۲۳/۸۰ a	۷۵/۴۵ a	۲۴/۸۶ a	۷۹/۲۳ a	۳۲/۹۴ a

***: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.**

تجزیه واریانس مرکب

تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های زراعی نشان داد صفات شاخص خوابیدگی میانگره ۴، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه، عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی تحت اثر سال و منبع کودی در سطح احتمال پنج و یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱۰). در بین صفات مورد مطالعه، فقط صفت طول خوشه تحت تأثیر اثرات اصلی رقم قرار گرفتند. اثرات متقابل سال × رقم بر صفات تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه معنی‌دار شد. هم-چنین اثرات متقابل دوگانه کود × رقم فقط بر صفت طول خوشه معنی‌دار شد (جدول ۱۰). تجزیه واریانس صفات تعداد خوشه‌چه در خوشه و شاخص برداشت تحت اثر هیچ کدام از تیمارها معنی‌دار نشد و نتایج آن ارائه نگردید.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر اجزای عملکرد و عملکرد کمی برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد زیستی	عملکرد شلتوک	تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه	طول خوشه	شاخص خوابیدگی میانگره ۴
سال	۱	۴۵/۰۰^{ns}	۹۲۴۵/۰۰^{ns}	۸/۰۱^{ns}	۱/۱۵^{ns}	۴۴۱/۳۳*
تکرار (سال)	۶	۷۹۹۴۷۱/۶۰	۱۵۷۵۰۵/۰۰	۶۸/۲۱	۰/۹۱	۴۴۸/۹۴
کود	۴	۸۶۹۱۶۱۵/۶۲**	۱۱۸۵۸۳۴/۳۷**	۲۷۹/۹۵^{ns}	۷۳/۲۱**	۸۱۸/۰۷**
سال×کود	۴	۱۰۵۴۸۷۹/۳۷^{ns}	۱۴۰۲۹۸/۱۲^{ns}	۲۳۰/۴۷^{ns}	۱/۶۹^{ns}	۸۶/۰۶^{ns}
خطا	۲۴	۸۶۸۵۷۵/۸۳	۲۶۰۷۸۶/۲۵	۱۰۷/۴۶	۲/۸۶	۸۵/۶۹
رقم	۱	۲۳۱۲۰۰۰/۰۰^{ns}	۲۰۰۰۰۰/۰۰^{ns}	۶۶/۳۳^{ns}	۳۴/۲۸**	۱۳۴/۹۹^{ns}
سال×رقم	۱	۱۲۴۸۲۰/۰۰^{ns}	۲۰/۰۰^{ns}	۴۴۱/۷۵*	۲/۷۹^{ns}	۴۹۲/۵۲^{ns}
کود×رقم	۴	۸۸۰۱۴۰/۶۲^{ns}	۱۴۵۴۲۱/۸۷^{ns}	۱۲۸/۴۱^{ns}	۹/۸۹*	۱۴۶/۵۶^{ns}
سال×کود×رقم	۴	۳۶۵۴۶۶/۸۷^{ns}	۱۲۵۵۷۳/۱۲^{ns}	۱۸/۵۳^{ns}	۲/۴۸^{ns}	۱۶۳/۲۶^{ns}
خطا	۳۰	۱۰۴۶۳۴۵/۰۰	۱۷۶۷۲۰/۰۰	۹۲/۸۷	۳/۱۲	۱۲۳/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۹/۹۲	۹/۳۸	۱۰/۳۱	۶/۵۴	۲۳/۸۵

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتایج حاصله نشان داد حداکثر شاخص ورس میانگره چهارم نیز با کاربرد تیمار $N_{250}P_{150}K_{150}$ (۵۵/۰۸ درصد) حاصل شد، اگرچه با تیمارهای $N_{200}P_{100}K_{100}$، $N_{150}P_{75}K_{75}$ و $N_{100}P_{50}K_{50}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت ولی در شرایط عدم مصرف کودهای شیمیایی یا تیمار $N_0P_0K_0$ (۳۵/۴۳ درصد)، شاخص ورس میانگره چهارم به طور

معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱۱). نتایج به‌دست آمده نشان داد که اعمال تیمارهای کودی $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ موجب افزایش معنی‌دار طول خوشه در هر دو رقم مورد استفاده در آزمایش شد. هم‌چنین کاربرد تیمار $N_{100}P_{50}K_{50}$ سبب حصول طول خوشه بالا (۲۸/۲۱ سانتی‌متر) برای رقم سنگ طارم گردید. تحت تیمار $N_0P_0K_0$، طول خوشه در هر دو رقم مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای سال، کود و رقم بر برخی از اجزای عملکرد و عملکرد کمی برنج

تیمارها	طول خوشه (سانتی‌متر)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)
منابع کود			
ترکیب کودی ۱	۲۸/۳۲ ab	۴۶۱۲ ab	۱۰۶۸۰ a
ترکیب کودی ۲	۲۸/۳۷ ab	۴۸۰۶ a	۱۱۱۸۰ a
ترکیب کودی ۳	۲۸/۶۳ a	۴۵۵۴ ab	۱۰۳۹۰ ab
ترکیب کودی ۴	۲۶/۱۱ bc	۴۳۵۷ b	۱۰۱۱۰ ab
ترکیب کودی ۵	۲۳/۷۹ c	۴۰۹۰ c	۹۱۹۶ b
رقم			
سنگ طارم	۲۷/۷۰ a	۴۴۳۴ a	-
طارم هاشمی	۲۶/۳۹ b	۴۵۳۴ a	-

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است

مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه سال × رقم نشان داد که بیشترین تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه به‌ترتیب با میانگین‌های ۹۶/۴۱ و ۹۵/۲۲ خوشه‌چه بارور برای رقم طارم هاشمی در سال اول و رقم سنگ طارم در سال دوم آزمایش به‌دست آمد که با رقم طارم هاشمی در سال دوم آزمایش نیز اختلاف آماری معنی‌داری نداشت ولی تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه برای رقم سنگ طارم در سال اول آزمایش مقدار پایینی بود (جدول ۱۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی بر عملکرد شلتوک نشان داد که حداکثر عملکرد شلتوک با میانگین ۴۸۰۶ کیلوگرم در هکتار با کاربرد تیمار $N_{200}P_{100}K_{100}$ به‌دست آمد، اگرچه با تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. حداقل عملکرد شلتوک نیز با حدود ۱۴/۹ درصد کاهش در شرایط عدم مصرف تیمارهای کودی مشاهده گردید (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- اثر برهمکنش تیمارهای سال و رقم بر ارتفاع بوته، تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه و وزن هزار دانه برنج

تعداد خوشه‌چه بارور در خوشه	ترکیب تیماری سال × رقم	
۸۹/۸۹ b	سنگ طارم	۱۳۹۶
۹۶/۴۱ a	طارم هاشمی	
۹۵/۲۲ a	سنگ طارم	۱۳۹۷
۹۲/۳۴ ab	طارم هاشمی	

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

حداکثر عملکرد زیستی نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰۶۸۰ و ۱۱۱۸۰ کیلوگرم در هکتار با کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$ به‌دست آمد، اگرچه با تیمارهای $N_{150}P_{75}K_{75}$ و $N_{100}P_{50}K_{50}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. حداقل عملکرد بیولوژیک نیز با حدود ۱۷/۷ درصد کاهش در شرایط عدم مصرف تیمارهای کودی ثبت شد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- اثر برهمکنش تیمارهای کودی و رقم بر ارتفاع بوته، طول خوشه و عملکرد دانه برنج

عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)		طول خوشه (سانتی‌متر)		تیمارها
رقم سنگ طارم	رقم طارم هاشمی	رقم سنگ طارم	رقم طارم هاشمی	کود
۴۴۹۰ abc	۴۷۳۴ ab	۲۸/۵۴ a	۲۸/۱۰ a	ترکیب کودی ۱
۴۶۹۳ ab	۴۹۲۰ a	۲۸/۳۱ a	۲۸/۴۳ a	ترکیب کودی ۲
۴۵۵۸ abc	۴۵۵۰ abc	۲۹/۵۶ a	۲۷/۶۹ a	ترکیب کودی ۳
۴۴۵۰ abc	۴۲۶۴ bc	۲۸/۲۱ a	۲۴/۰۲ b	ترکیب کودی ۴
۳۹۷۹ c	۴۲۰۱ bc	۲۳/۸۸ b	۲۳/۷۰ b	ترکیب کودی ۵

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

شاخص‌های فیزیولوژیک نیتروژن: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی سال فقط بر صفت جذب نیتروژن در کاه برنج معنی‌دار بود. اثرات اصلی تیمارهای کودی بر تمام صفات مرتبط با عنصر نیتروژن به جز شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار گردید. در بین صفات مورد ارزیابی، فقط غلظت و جذب نیتروژن کاه و شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل سال × کود معنی‌دار شدند. اثرات متقابل سه‌گانه سال در کود در رقم نیز فقط بر شاخص

برداشت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر محتوای پروتئین و غلظت و جذب نیتروژن در برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت نیتروژن دانه	غلظت نیتروژن کاه	جذب نیتروژن دانه	جذب نیتروژن کاه	شاخص برداشت نیتروژن	کارآیی استفاده از نیتروژن	محتوای پروتئین	عملکرد پروتئین
سال	۱	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۱۰۵/۸۴^{ns}	۶۰۸/۵۲*	۱۵۱/۳۴^{ns}	۷۴/۱۷^{ns}	۰/۹۰^{ns}	۳۷۵۱/۷۴^{ns}
تکرار (سال)	۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۱۲۹/۰۶	۳۸۴/۴۷	۱۶۰/۷۵	۸۴/۶۱	۱/۰۳	۴۵۶۸/۰۸
کود	۴	۰/۴۰**	۰/۰۸*	۱۸۹۴/۳۱**	۷۷۶/۱۳**	۷/۰۴^{ns}	۸۲۱/۶۵**	۱۴/۲۴**	۶۷۰۸۵/۵۰**
سال × کود	۴	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۳**	۹۰/۲۲^{ns}	۵۷۰/۲۲**	۱۷۷/۷۰*	۱۶۸/۹۲^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۳۱۹۶/۴۸^{ns}
خطا	۲۴	۰/۰۷	۰/۰۳	۱۷۸/۰۵	۱۲۰/۵۳	۵۳/۲۹	۱۵۷/۳۵	۲/۷۳	۶۳۰۷/۰۵
رقم	۱	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۵/۳۶^{ns}	۸۸/۸۷^{ns}	۹/۸۱^{ns}	۲۲/۵۴^{ns}	۰/۸۴^{ns}	۱۹۲/۷۲^{ns}
سال × رقم	۱	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۶۹/۶۷^{ns}	۱۵/۵۴^{ns}	۴۷/۱۸^{ns}	۱۸۲/۵۹^{ns}	۱/۸۶^{ns}	۲۴۶۴/۷۵^{ns}
کود × رقم	۴	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۱۵۳/۹۵^{ns}	۲۱۱/۰۰^{ns}	۵۵/۴۷^{ns}	۷۱/۹۱^{ns}	۲/۰۸^{ns}	۵۴۵۴/۳۹^{ns}
سال × کود × رقم	۴	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۲۷۷/۲۰^{ns}	۲۲۳/۲۰^{ns}	۲۲۶/۹۹*	۱۲۹/۰۰^{ns}	۳/۷۲^{ns}	۹۸۱۳/۷۲^{ns}
خطا	۳۰	۰/۰۵	۰/۰۲	۱۲۷/۷۵	۱۱۱/۷۰	۵۹/۹۳	۱۴۳/۲۸	۱/۹۸	۴۵۲۱/۳۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۵/۲۱	۲۹/۹۷	۱۶/۱۲	۳۱/۸۸	۱۱/۳۰	۲۶/۰۶	۱۵/۲۰	۱۶/۱۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد بیشترین غلظت نیتروژن دانه با میانگین ۱/۷۳۳ درصد در تیمار $N_{250}P_{150}K_{150}$ حاصل شد ولی در تیمار $N_0P_0K_0$ (۱/۳۳۴ درصد)، غلظت نیتروژن دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱۵). اثرمتقابل سال × کود نشان داد بیشترین غلظت نیتروژن کاه با میانگین ۰/۷۹۲۵ درصد در تیمار $N_{200}P_{100}K_{100}$ به‌دست آمد که با برخی تیمارهای آزمایش اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۱۶). حداکثر جذب نیتروژن دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۷۹/۹۵ و ۸۰/۲۱ کیلوگرم در هکتار با کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$ حاصل شد (جدول ۱۵). بیشترین میزان جذب نیتروژن کاه با میانگین ۵۱/۸۲ کیلوگرم در هکتار با کاربرد تیمار $N_{200}P_{100}K_{100}$ در سال اول آزمایش به‌دست آمد (جدول ۱۵).

جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای کودی بر محتوای پروتئین و غلظت و جذب نیتروژن در برنج

تیمارهای کودی	غلظت نیتروژن دانه (٪)	غلظت نیتروژن کاه (٪)	جذب نیتروژن دانه (کیلوگرم در هکتار)	جذب نیتروژن کاه (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی استفاده از نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	محتوای پروتئین (٪)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
$N_{۲۵۰}.P_{۱۵۰}.K_{۱۵۰}$	۱/۷۳۳a	۰/۶۱۷۵a	۷۹/۹۵a	۳۷/۷۰ab	۴۰/۱۷b	۱۰/۳۰a	۴۷۵/۸a
$N_{۲۰۰}.P_{۱۰۰}.K_{۱۰۰}$	۱/۶۷۶ab	۰/۶۳۶۹a	۸۰/۲۱a	۴۰/۹۲a	۴۰/۹۶b	۹/۹۶۷a	۴۷۷/۳a
$N_{۱۵۰}.P_{۷۵}K_{۷۵}$	۱/۵۶۷ab	۰/۵۷۲۵ab	۷۱/۴۴ab	۳۳/۵۹ab	۴۳/۸۶b	۹/۳۲۰a	۴۲۵/۱ab
$N_{۱۰۰}.P_{۵۰}.K_{۵۰}$	۱/۴۷۹ab	۰/۵۳۹۴ab	۶۴/۳۳ab	۳۰/۷۱ab	۴۶/۸۲ab	۸/۷۸۴ab	۳۸۲/۸ab
N.P.K.	۱/۳۳۴b	۰/۴۴۸۱b	۵۴/۶۴b	۲۲/۸۲b	۵۷/۸۶a	۷/۹۳۹b	۳۲۵/۱b

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای کودی نشان داد حداکثر کارایی استفاده از نیتروژن با میانگین ۵۷/۸۶ کیلوگرم بر کیلوگرم تحت تیمار $N_0P_0K_0$ حاصل شد ولی با کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ کارآیی استفاده از نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین محتوای پروتئین به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۳۰، ۹/۹۶ و ۹/۳۲ درصد با کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ حاصل شد. حداکثر عملکرد پروتئین نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۷۵/۸ و ۴۷۷/۳ کیلوگرم در هکتار با کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$ حاصل شد، در حالی که کمترین عملکرد پروتئین نیز با حدود ۳۱/۸ درصد کاهش تحت تیمار $N_0P_0K_0$ مشاهده شد (جدول ۱۶).

جدول ۱۶- برهمکنش سال در کود بر شاخص‌های فیزیولوژیک عنصر نیتروژن در برنج

	ترکیب تیماری (سال × کود)	غلظت نیتروژن کاه (٪)	جذب نیتروژن کاه (کیلوگرم در هکتار)	جذب نیتروژن بوته (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت نیتروژن (٪)
۱۳۹۶	$N_{۲۵۰}.P_{۱۵۰}.K_{۱۵۰}$.	۰/۶۸۷۵ab	۴۳/۴۴ab	۱۲۸/۰ab	۶۶/۴۴ab
	$N_{۲۰۰}..P_{۱۰۰}..K_{۱۰۰}..$	۰/۷۹۲۵a	۵۱/۸۲a	۱۳۴/۷a	۶۱/۵۵b
	$N_{۱۵۰}.P_{۷۵}K_{۷۵}$	۰/۵۶۳۷abc	۳۲/۲۴bcd	۱۰۳/۶bc	۶۸/۸۸ab
	$N_{۱۰۰}..P_{۵۰}.K_{۵۰}$.	۰/۶۰۳۷abc	۳۳/۵۶bcd	۹۷/۰۳cd	۶۶/۳۶ab
	N.P.K.	۰/۳۶۵۰c	۱۸/۴۷d	۷۲/۵۳d	۷۲/۳۸a
۱۳۹۷	$N_{۲۵۰}.P_{۱۵۰}.K_{۱۵۰}$.	۰/۵۴۷۵abc	۳۱/۹۶bcd	۱۰۷/۳bc	۷۰/۹۲ab
	$N_{۲۰۰}..P_{۱۰۰}..K_{۱۰۰}..$	۰/۴۸۱۲bc	۳۰/۰۲bcd	۱۰۷/۶bc	۷۳/۳۲a
	$N_{۱۵۰}.P_{۷۵}K_{۷۵}$	۰/۵۸۱۳abc	۳۴/۹۴bc	۱۰۶/۴bc	۶۸/۵۲ab
	$N_{۱۰۰}..P_{۵۰}.K_{۵۰}$.	۰/۴۷۵۰bc	۲۷/۸۶bcd	۹۳/۰۴cd	۷۰/۵۱ab
	N.P.K.	۰/۵۳۱۳bc	۲۷/۱۶cd	۸۲/۳۹cd	۶۶/۱۰ab

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

شاخص‌های فیزیولوژیک عنصر فسفر: تجزیه واریانس مرکب نشان داد تیمار کودی بر تمام شاخص‌های مرتبط با عنصر فسفر معنی‌دار بود. اثرات اصلی رقم نیز فقط بر غلظت و جذب فسفر دانه معنی‌دار گردید. هم‌چنین غلظت فسفر کاه تحت تأثیر اثر متقابل کود در رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثرات اصلی سال، اثرات متقابل دوگانه سال در کود، سال در رقم و هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه سال در کود در رقم بر هیچ یک از صفات مرتبط با عنصر فسفر معنی-دار نگردید (جدول ۱۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده شیوه‌های مدیریت مصرف کود، حداکثر غلظت فسفر دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۲۰۰۶ و ۰/۲۰۲۵ درصد در شرایط کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$ حاصل شد، اگرچه با تیمارهای $N_{150}P_{75}K_{75}$ و $N_{100}P_{50}K_{50}$ نیز اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین اثرات ساده رقم نشان داد که غلظت فسفر دانه برای رقم طارم هاشمی (۰/۱۸۸۵ درصد) به طور معنی‌داری بالاتر از رقم سنگ طارم (۰/۱۷۱۷ درصد) بود (جدول ۱۸). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل کود × رقم نشان داد که بیشترین غلظت فسفر کاه با میانگین ۰/۲۴۷۵ درصد با

کاربرد تیمار $N_{250}P_{150}K_{150}$ برای رقم سنگ طارم حاصل شد. حداقل غلظت فسفر کاه نیز با میانگین ۰/۱۷۸۸ درصد در تیمار $N_0P_0K_0$ برای رقم طارم هاشمی مشاهده شد (جدول ۱۸). نتایج نشان داد که حداکثر جذب فسفر دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۹/۲۹۱، ۹/۷۶۷ و ۸/۳۶۷ درصد در شرایط کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ حاصل شد، اگرچه با تیمار $N_{100}P_{50}K_{50}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. جذب فسفر دانه برای رقم طارم هاشمی (۸/۶۱۱ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از رقم سنگ طارم (۷/۶۸۷ درصد) بود (جدول ۱۸).

جدول ۱۷- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت و جذب فسفر در برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فسفر دانه	غلظت فسفر کاه	جذب فسفر دانه	جذب فسفر کاه	شاخص برداشت فسفر	کارآیی استفاده از فسفر
سال	۱	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۴۳^{ns}	۵/۱۳^{ns}	۴۱/۶۲^{ns}	۳۲۸/۳۹^{ns}
تکرار (سال)	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۹۲	۹/۲۱	۳۳/۱۸	۱۳۲۹/۷۴
کود	۴	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۴**	۳۹/۲۷**	۴۴/۱۸**	۵۹/۵۳*	۱۱۵۶۱/۸۷**
سال×کود	۴	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۳/۰۱^{ns}	۱۶/۱۷^{ns}	۲۳۳/۲۹^{ns}
خطا	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۲/۸۲	۲/۷۳	۲۱/۳۸	۹۳۱/۱۰
رقم	۱	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۰^{ns}	۱۷/۰۵*	۵/۱۰^{ns}	۳۹/۶۳^{ns}	۱۹۷۹/۰۹^{ns}
سال×رقم	۱	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۲/۳۲^{ns}	۳۶/۳۳^{ns}
کود×رقم	۴	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۴**	۲/۴۷^{ns}	۱۰/۹۱^{ns}	۷۱/۸۹^{ns}	۱۳۹۵/۹۸^{ns}
سال×کود×رقم	۴	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۳/۶۹^{ns}	۳۶/۵۳^{ns}	۱۳۹/۹۶^{ns}
خطا	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۳/۰۴	۴/۰۷	۴۴/۲۷	۱۰۵۲/۱۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۸/۷۶	۱۲/۷۸	۲۱/۴۲	۱۷/۱۲	۱۶/۳۵	۱۴/۰۳

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

حداکثر میزان جذب فسفر کاه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۳/۷۲، ۱۲/۷۵ و ۱۱/۷۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ حاصل شد و در شرایط شاهد یا عدم کاربرد تیمارهای کودی، میزان جذب فسفر کاه حدود ۳۲/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۱۸). حداکثر شاخص برداشت فسفر به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۵۶، ۴۳/۴۵ و ۴۱/۵۴ درصد در شرایط کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$،

$N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ حاصل شد، در حالیکه شاخص برداشت فسفر تحت شرایط عدم مصرف تیمارهای کودی (۳۸/۲۰ درصد) به کمترین مقدار رسید (جدول ۱۸). حداکثر کارآیی استفاده از فسفر با میانگین ۲۷۳/۱ کیلوگرم در هکتار تحت تیمار $N_0P_0K_0$ ثبت شد، اگرچه با تیمارهای $N_{100}P_{50}K_{50}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. حداقل کارآیی استفاده از فسفر نیز تحت تیمارهای با بیشترین مقدار مصرف کودهای شیمیایی مشاهده گردید، به گونه‌ای که در شرایط کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$، کارآیی استفاده از فسفر به‌ترتیب حدود ۲۶/۳ و ۲۰/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۱۸).

جدول ۱۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای کودی و رقم بر غلظت و جذب فسفر در برنج

تیمارها	غلظت فسفر دانه (درصد)	غلظت فسفر کاه (درصد)	جذب فسفر دانه (کیلوگرم در هکتار)	جذب فسفر کاه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت فسفر (درصد)	کارآیی استفاده از فسفر (کیلوگرم بر کیلوگرم)
کود						
$N_{۲۵}.P_{۱۵}.K_{۱۵}.$	۰/۲۰۰۶a	۰/۲۲۶۲a	۹/۲۹۱a	۱۳/۷۲a	۴۰/۵۶a	۲۰۱/۲b
$N_{۲۰}..P_{۱۰}..K_{۱۰}..$	۰/۲۰۲۵a	۰/۲۰۰۰b	۹/۷۶۷a	۱۲/۷۵a	۴۳/۴۵a	۲۱۶/۰b
$N_{۱۵}.P_{۷۵}K_{۷۵}$	۰/۱۸۱۹ab	۰/۲۰۰۶b	۸/۳۶۷a	۱۱/۷۵a	۴۱/۳۴a	۲۳۳/۷ab
$N_{۱۰}..P_{۵}.K_{۵}.$	۰/۱۷۳۱ab	۰/۱۹۸۱b	۷/۴۹۹ab	۱۱/۴۱ab	۳۹/۸۸ab	۲۳۱/۷ab
N.P.K.	۰/۱۴۲۵b	۰/۱۸۱۳c	۵/۸۲۰b	۹/۲۹۱b	۳۸/۲۰b	۲۷۳/۱a
رقم						
سنگ طارم	۰/۱۷۱۷b	-	۷/۶۸۷b	-	-	-
طارم هاشمی	۰/۱۸۸۵a	-	۸/۶۱۱a	-	-	-

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

رابطه مستقیم معنی‌داری بین کاربرد کود نیتروژن و افزایش رشد رویشی برنج وجود دارد (Tayefe *et al.*, 2014). Razavipour *et al* (2018) بیان داشتند کمترین ارتفاع بوته برنج با میانگین ۱۳۹/۵ سانتی‌متر با مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد و با افزایش سطح مصرف نیتروژن به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته برنج به ۱۴۶/۳ سانتی‌متر رسید. افزایش ارتفاع بوته برنج با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن در نتایج Moosavi *et al* (2015) نیز گزارش

شده است. رابطه تنگاتنگی بین مصرف کود پتاسیم، رشد بافت‌های مریستمی و نیز تقویت اثر این عنصر بر هورمون‌های رشد نظیر ژیبرلین و اکسین وجود دارد که این امر رشد طولی سلول‌ها و در نتیجه رشد طولی اندام‌های گیاهان را به دنبال دارد (Shabala, 2003). گزارشات حاکی از آن است با افزایش سطوح مصرف فسفر، بر میزان ارتفاع بوته طی هر دو سال زراعی ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ افزوده گردید (Conde *et al.*, 2014). سایر محققان نیز افزایش ارتفاع بوته را بر اثر کاربرد کود فسفر گزارش نمودند (Mohammadi Kashka *et al.*, 2018c). بررسی‌های به‌عمل آمده توسط سایر محققان نیز نشان داد که بین مقادیر فسفر مورد استفاده در آزمایش (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین ارتفاع بوته برنج با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (Massawe & Mrema, 2017).

طول خوشه از صفات مهمی است که در عملکرد گیاه نقش مهمی دارد به طوری که هر چه طول خوشه بلندتر و تعداد دانه‌های پر شده در خوشه بیشتر باشد عملکرد افزایش می‌یابد. اگرچه طول خوشه یک صفت ژنتیکی محسوب می‌شود ولی فاکتورهای محیطی مانند تشعشع و مواد غذایی بر این صفت مورفولوژیک تأثیرگذار می‌باشند (Niknejad *et al.*, 2016). Niknejad *et al* (2016) گزارش دادند که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از صفر به ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار، میزان طول خوشه برنج حدود ۶/۶ درصد افزایش یافت. سایر محققان نیز با بررسی مقادیر مختلف کود نیتروژن بر رشد برنج گزارش دادند که طول خوشه برنج با کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، حدود ۱۱/۸ و ۱۲/۵ درصد طی دو سال زراعی افزایش یاقت، که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد (Gewaily *et al.*, 2018). گزارشات حاکی از آن است که افزایش مصرف فسفر از صفر به ۹۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش ۸/۶ و ۱۰/۷ درصدی طول خوشه طی سال‌های زراعی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ گردید (Jinger *et al.*, 2018).

اگرچه مصرف بیشترین مقادیر کودی ($N_{250}P_{150}K_{150}$) موجب افزایش قابل توجه رشد رویشی و ارتفاع بوته شد ولی منجر به حصول حداکثر تعداد پنجه در کپه نشد، که نشان دهنده

آن است که مصرف کودهای شیمیایی تا یک حد متعادل سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌گردد و کاربرد بیش از اندازه آن ممکن است اثر سوء بر رشد و عملکرد گیاه داشته باشد. افزایش سطوح مصرف کودهای NPK تا حد معینی ($N_{162}P_{120}K_{72}$) منجر به افزایش تعداد پنجه بارور در کپه می‌شود ولی کاربرد مقدار بیش از اندازه ($N_{189}P_{140}K_{84}$) سبب کاهش تعداد پنجه بارور می‌گردد (Kamal *et al.*, 2016). نیتروژن عنصری است که سبب تحریک پنجه‌زنی گیاه می‌گردد به گونه‌ای که با تأمین کافی این عنصر در مراحل مختلف رشد گیاه منجر به افزایش تعداد پنجه بارور در گیاه می‌گردد. محققان بیان نمودند که مصرف کود نیتروژن به مقدار توصیه شده منجر به افزایش تعداد پنجه در متر مربع می‌گردد (Bagayoko, 2012). افزایش ۳۷/۵ درصدی تعداد پنجه برنج با افزایش سطوح مصرف نیتروژن از ۳۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Razavipour *et al.*, 2018). محققان بیان نمودند که عنصر پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج ندارد (Dobermann & Fairhurst, 2000). مصرف مقدار مناسب فسفر به دلیل جذب بیشتر و فراهمی عناصر غذایی منجر به بهبود رشد محصول و روابط منبع و مخزن می‌گردد که در نهایت موجب افزایش اجزای عملکرد برنج نظیر تعداد پنجه بارور در برنج می‌شود (Sharma *et al.*, 2009). در نتایجی مشابه با این آزمایش، سایر محققان بیان نمودند که با افزایش میزان مصرف فسفر از سطح صفر به ۹۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد پنجه بارور در متر مربع طی دو سال زراعی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ به ترتیب به میزان ۳۲/۳ و ۳۴/۲ درصد افزایش یافت (Jinger *et al.*, 2018).

مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه به دلیل فراهمی این عنصر غذایی ضروری برای گیاه سبب افزایش پنجه‌دهی برنج می‌گردد. مصرف بیشتر کودها و بویژه کود نیتروژن عمدتاً از طریق افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تأمین مواد فتوسنتزی به دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ و نیز باروری بیشتر گل‌آذین، باعث افزایش تعداد پنجه و درصد باروری پنجه شده است. مشابه نتایج آزمایش حاضر، Masni & Wasli (2019) بیان نمودند که با کاربرد تیمارهای

$N_{60}P_{35}K_{40}$، $N_{120}P_{70}K_{80}$ و $N_{180}P_{105}K_{120}$، تعداد خوشه در متر مربع به‌ترتیب حدود ۱۷، ۱۸و ۱۷ درصد در مقایسه با شاهد یا عدم مصرف NPK افزایش یافت. گزارش شده که در بین مقادیر مختلف تیمارهای کودی NPK، حداکثر تعداد خوشه با کاربرد بالاترین سطح کودی ($N_{360}P_{180}K_{240}$) حاصل گردید (Ye *et al.*, 2019). افزایش ۱۴ درصدی تعداد پنجه در بوته برنج با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در نتایج Yazdanimotlagh *et al* (2014) گزارش شده است. افزایش تعداد پنجه در متر مربع با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن در نتایج سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Moosavi *et al.*, 2015). افزایش تعداد پنجه بارور با کاربرد کود فسفر نیز در نتایج بسیاری از محققان گزارش شده است (Alam *et al.*, 2009; Sahar & Burbey, 2003).

اگرچه در این آزمایش کاربرد تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد خوشه‌چه پر در خوشه نداشت، ولی گزارشات بسیاری از پژوهشگران حاکی از اثرات مثبت مصرف کودهای شیمیایی بر بهبود باروری خوشه‌چه‌ها می‌باشد. محققان عنوان کردند اگرچه عنصر پتاسیم اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج ندارد ولی موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر در خوشه برنج می‌گردد (Dobermann & Fairhurst, 2000). مصرف فسفر علاوه بر تأثیر در مراحل توسعه و نمو ریشه‌ها، در مراحل رشد زایشی و پر شدن دانه‌ها نیز اثرات بسیار مثبتی دارد، به گونه‌ای که مصرف این عنصر در مراحل ابتدایی رشد گیاه و جذب آن به وسیله گیاه سبب توزیع مجدد این عنصر در اندام‌های در حال رشد می‌شود (Abasian & Aminpanah, 2017). به نظر می‌رسد وجود تعداد خوشه‌چه پر در خوشه بیشتر در رقم طارم هاشمی موجب کاهش توزیع مواد فتوسنتزی برای تمام دانه‌ها گشته و در نتیجه منجر به کاهش وزن هزار دانه رقم طارم هاشمی نسبت به سنگ طارم در سال اول آزمایش گردیده است. وزن هزار دانه یک صفت ژنتیکی می‌باشد بنابراین کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. سایر محققان نیز بیان داشتند که اثرات نیتروژن (Moosavi *et al.*, 2015) و فسفر (Abasian & Aminpanah, 2017) بر وزن هزار دانه برنج معنی‌دار نبود.

افزایش عملکرد دانه با کاربرد تیمارهای $N_{150}P_{75}K_{75}$ و $N_{200}P_{100}K_{100}$،$N_{250}P_{150}K_{150}$ می‌تواند به دلیل افزایش اجزای مهم عملکردی برنج به خصوص تعداد پنجه بارور در کپه باشد که نهایتاً منجر به حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارهای کودی گردید. نیتروژن از طریق تعیین ظرفیت عملکرد در دو مرحله نمو رویشی و اوایل مرحله زایشی و هم‌چنین از طریق افزایش سطح برگ بر عملکرد برنج تأثیر می‌گذارد (Faraji *et al.*, 2012). نتایج سایر محققان نشان داد که کاربرد کود نیتروژن با تأثیر بر پارامترهای رشد گیاه موجب افزایش عملکرد شلتوک برنج می‌گردد (Jafari *et al.*, 2013a,b). گزارش شده که عملکرد دانه برنج با افزایش سطوح مصرف نیتروژن از صفر به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، طی سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ به‌ترتیب حدود ۵۰/۳ و ۵۰/۶ درصد افزایش یافت که به دلیل بهبود اجزای عملکردی نظیر تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه بوده است (Gewaily *et al.*, 2018). سایر محققان با بررسی سطوح مختلف کودهای بر عملکرد برنج گزارش دادند که عملکرد دانه با اعمال تیمارهای $N_{60}P_{35}K_{40}$ (۴/۱ تن در هکتار) و $N_{180}P_{105}K_{120}$ (۴/۲ تن در هکتار) به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد یا تیمار $N_0P_0K_0$ (۱/۹ تن در هکتار) افزایش یافت و در بین تیمارهای مورد بررسی، تیمار $N_{60}P_{35}K_{40}$ به عنوان بهترین تیمار جهت بهبود عملکرد و اجزای عملکرد برنج معرفی گردید (Masni & Wasli, 2019). Salehifar *et al* (2012) گزارش نمودند که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار می‌تواند بهترین شرایط رشد را برای تولید عملکرد دانه بالا در برنج رقم بهار ۱ ایجاد نماید. گزارش شده که کمترین عملکرد دانه با میانگین ۴/۱۸ تن در هکتار در شرایط عدم مصرف فسفر طی سال زراعی ۲۰۱۵ حاصل شد ولی با مصرف ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به ترتیب حدود ۲۱/۴ و ۲۶/۱ درصد افزایش یافت (Jinger *et al.*, 2018). اثرات مثبت فسفر بر افزایش عملکرد دانه برنج در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Abasian & Aminpanah, 2017). افزایش عملکرد کاه ناشی از کاربرد تیمارهای مصرف مقادیر مختلف کودهای شیمیایی ممکن است به دلیل بهبود

رشد رویشی، افزایش ارتفاع بوته و هم‌چنین افزایش تعداد پنجه در کپه در اثر مصرف تیمارهای کودی باشد. فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه به دلیل افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه بهبود رشد رویشی (افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ و پنجه‌زنی) موجب افزایش عملکرد کاه در برنج می‌گردد (Moslehi *et al.*, 2016). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که افزایش سطوح مصرف کود نیتروژن موجب بهبود معنی‌دار غلظت نیتروژن در دانه و کاه برنج گردید. کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه به دلیل فراهمی نیتروژن طی مراحل رویشی و زایشی موجب افزایش رشد، بهبود فتوسنتز و هم‌چنین افزایش انتقال نیتروژن موجود در ساقه و برگ به سمت خوشه و دانه‌های در حال نمو در برنج شده و نهایتاً منجر به افزایش غلظت نیتروژن در دانه و کاه برنج می‌شود (Moslehi *et al.*, 2016). این محققان بیان داشتند که در تمام تیمارهایی که کود شیمیایی نیتروژن استفاده گردید غلظت نیتروژن دانه به طور معنی‌داری بهبود بخشید. بررسی‌های به عمل آمده توسط ساندهو و ماهال (Sandhu & Mahal, 2014) نشان داد که با افزایش دوز مصرفی نیتروژن، جذب نیتروژن در برنج نیز افزایش یافت، که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. سایر محققان بیان نمودند که کاربرد نیتروژن علاوه بر بهبود عملکرد دانه برنج (Tayefe *et al.*, 2014)، سبب افزایش میزان جذب نیتروژن (Chandel *et al.*, 2010) در گیاه نیز می‌گردد. مدیریت صحیح کود نیتروژن می‌تواند باعث افزایش محتوای پروتئین دانه ارقام برنج شده و کیفیت محصول را طی عملیات تبدیل بهبود بخشد. هم‌چنین بیشترین درصد پروتئین زمانی حاصل می‌شود که، بالاترین میزان نیتروژن در مزرعه مصرف شده باشد، با افزایش میزان کود نیتروژن مصرف شده، محتوای پروتئین دانه‌ها افزایش می‌یابد. مصرف نیتروژن در آغاز مرحل گلدهی باعث افزایش جذب نیتروژن و بعد از گلدهی سبب افزایش محتوا و غلظت پروتئین دانه در برنج می‌شود (Leesawatwong & Rerkasem, 2003). بررسی‌های به عمل آمده توسط Abasian & Aminpanah (2017) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، غلظت فسفر دانه به میزان ۱۴/۹۵ درصد

در مقایسه با عدم کاربرد کود فسفر افزایش یافت، که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. گزارشات حاکی از آن است کاربرد کود شیمیایی فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش ۲۰/۲ و ۲/۷ درصدی محتوای فسفر دانه و کاه در برنج در مقایسه با عدم کاربرد فسفر گردید (Abdi *et al.*, 2020). گزارشات حاکی از آن است که کاربرد کود پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب عناصر غذایی در دانه و کاه برنج دارد (Brohi *et al.*, 2000). کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم سبب افزایش ۶۲/۳ درصدی جذب پتاسیم در اندام هوایی برنج در مقایسه با شاهد یا عدم مصرف کود پتاسیم گردید (Masni & Wasli, 2019).

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد کاربرد تیمارهای $N_{250}P_{150}K_{150}$، $N_{200}P_{100}K_{100}$ و $N_{150}P_{75}K_{75}$ به دلیل فراهمی عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه سبب افزایش اجزای عملکرد به خصوص تعداد پنجه بارور در کپه و در نهایت تولید حداکثر عملکرد دانه گردیدند. غلظت NPK در بافت گیاه برنج نیز با افزایش سطوح مصرفی NPK افزایش یافت. با مقایسه بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد که دو رقم سنگ طارم و طارم هاشمی از نظر مؤلفه‌های زراعی، عملکرد دانه و غلظت عناصر نیتروژن و پتاسیم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی رقم طارم هاشمی از نظر غلظت فسفر دانه برتر از رقم سنگ طارم بود. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، کاربرد تیمار $N_{150}P_{75}K_{75}$ به دلیل مصرف پایین‌تر کودهای NPK، کاهش هزینه‌های کودی و کاهش آسیب‌های محیط زیستی همراه با تولید عملکرد دانه مطلوب به عنوان بهترین تیمار معرفی شد.

منابع

Abbasian, A. and H. Aminpanah. 2018. Effects of Previous Crop and Rate of Phosphorous Fertilizer Application on Yield and Yield Components of Rice (Oryza sativa L.) cv. Shiroudi. ***Journal of Crop Ecophysiology***,11(44(4)): 889-904.

Abdi, F., Y. Niknezhad, H. Fallah, S. Dastan, and D. Barari Tari. 2020.

Chandel, G., S. Banerjee, S. See, R. Meena, D.J. Sharma, and S.B. Verulkar. 2010. Effects of different nitrogen fertilizer levels and native soil properties on rice grain Fe, Zn and protein contents. Rice Science. 17(3): 213-227.

Conde, L.D., Z. Chen, H. Chen, and H. Liao. 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.

Dastan, S., M. Siavoshi, D. Zakavi, A. Ghanbari Malidarreh, R. Yadi, E. Ghorbannia, and A. Nasiri. 2012. Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa*) north of Iran. Journal of Agriculture Science, 4 (6):12–8.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Nutrient disorders and nutrient management. Hand book series.

Fageria, N.K., Gheyi, H.R. and Carvalho, C.S. 2014. Yield, potassium uptake, and use efficiency in upland rice genotypes. II INOVAGRI International Meeting, 13-16 April, Fortaleza, Brazil. pp 4515-4520.

Interaction of silicon and phosphorous fertilizers on lodging related traits and nutrients uptake in rice (*Oryza sativa* L.) cv. 'Tarom Hashemi'', ***Applied Field Crops Research***, 33(02): 46-68.

Alam, M.M., M. Hassanuzzaman, and K. Nahar. 2009. Tiller dynamics of three irrigated rice varieties under varying phosphorus levels. American–Eurasian Journal of Agronomy, 2(2): 89-94.

Bagayoko, M. 2012. Effects of plant density, organic matter and nitrogen rates on rice yields in the system of rice intensification (SRI) in the "office du niger" in Mali. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 7(8): 620-632.

Becker, M. and F. Asch. 2005. Iron toxicity in rice-condition and management concepts. J. Plant Nutr. Soil Sci, 168 (4): 558-573.

Belder, P.J.H., B.A. Spierts, B, Bouman, and T.P.T. Lu. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water irrigation. Field Crop Research, 93.169-185.

Brohi, A.R., M.R. Karaman, M. Topbas, T.A. Aktas, and E. Savasli. 2000. Effect of potassium and magnesium fertilization on yield and nutrient content of rice crop grown on artificial siltation soil. Turk. J. Agri. For. 24: 429-435.

2018. Effect of silicon and phosphorus fertilization on growth, productivity and profitability of aerobic rice (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 88(10): 1600-1605.

Kamal, M.A., F. Rasul, A. Zohaib, K. Ahmad, T. Abbas, T. Rasool, and M. Nawaz. 2016. Effect of NPK application at various levels on yield and quality of two rice hybrids. Scientific Journal of Seoul Sciences, 4(1): 14-19.

Kashiwagi, T. and K. Ishimaru. 2004. Identification and analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. Plant Physiology, 134: 676-683.

Leesawatwong, S. and Rerkasem, B. 2003. Nitrogen fertilizer increases protein and reduces breakage of rice cultivar chain at 1. IRRN. 29:67-68.

Lopez, C.V.G., M.D.C.C. Garcia, F.G.A. Fernandez, C.S. Bustos, Y. Chisti, and J.M.F. Sevilla. 2010. Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. Bioresource Technology, 101: 7587-7591.

Masni, Z. and M.E. Wasli. 2019. Yield performance and nutrient uptake of red rice variety (MRM 16) at different NPK fertilizer rates. International Journal of Agronomy. 1-6. https://doi.org/10.1155/2019/5134358

Faraji, F., M. Esfehani, M. Kavoosi, M. Nahvi, and B. Rabiyi. 2012. Effects of split application and levels of nitrogen fertilizer on growth indices and grain yield of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar). Iranian Journal of Field Crop Science. 43(2): 323-333.

Gewaily, E.E., A.M. Ghoneim, and M.M.A. Osman. 2018. Effects of nitrogen levels on growth, yield and nitrogen use efficiency of some newly released Egyptian rice genotypes. Open Agriculture, 3: 310-318.

Islam, M.S., S. Peng, R. Visperas, N. Ereful, M.S.U. Bhuiya, and A.W. Julfiquar. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecomethod. Field Crops Research, 101: 240-248.

Jafari, H., S. Dastan, M.R. Moshtaghian, B. Mohammadi, and L. Valaei. 2013a. Effects of weeds control and nitrogen application on weeds and rice characteristics in Iranian paddy field. Electronic Journal of Biology 9 (4):77–83.

Jafari, H., S. Dastan, A.R. Nasiri, L. Valaei, and R. Jafaripour. 2013b. Nitrogen and silicon application facts on rice growth parameters. Electronic Journal of Biology, 9 (4):72–76.

Jinger, D., S. Dhar, A. Dass, V.K. Sharma, E. Joshi, S. Vijayakumar, and G. Gupta.

Niknejad, Y., M.H. Zamani, A. Falah, and M. Nasiri. 2016. Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. ***Applied Field Crops Research***, 29(3): 1-8. (in Persian)

Paramasivam, K., R. Saraswathi, M. Subramanian, R. Marimuthu, P. Parthasarathy, S. Ramanathan, S.W. Manuel, and T.B. Ranganathan. 2005. A high yielding medium duration rice variety for Tamil Nadu. Mad Agriculture Journal. 92: 1-3.

Plaxton, W.C. and H.T. Tran. 2011. *Metabolic adaptations of phosphate-starved plants.* Plant Physiology. 156: 1006e1015.

Razavipour, T., M. Khaledian, and M. Rezaei. 2018. Effects of Nitrogen Levels and its Splitting on Rice Yield and Nutrient Uptake in Rice, Hashemi Variety.

Human & Environment, 16(2): 153-164.

Sahar, A. and N. Burbey. 2003. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) compound dosages on the growth and yield of lowland rice. Journal of Sitgma (Indonasia), 11(1): 26-29.

Salehifar, M., J. Asghari, H. Peyman, H. Samizadeh, and H. Dorosti. 2012. Effects of planting distance, nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and yield

Massawe, P.I. and J. Mrema. 2017. Effects of different phosphorus fertilizers on rice (Oryza sativa L.) yield components and grain yields. Asian Journal of Advances in Agricultural Research. 3(2): 1-13.

Mohammadi Kashka, F., H. Pirdashti, Y. Yaghoubian, and E. Bakhshandeh. 2017. Evaluation of growth and yield stability of wheat by application of Trichoderma and Enterobacter sp., Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 26(4): 1-15.

Moosavi, S.G., O. Mohamadi, R. Baradaran, M.J. Seghatoleslami, and E. Amiri. 2015. Effect of Nitrogen Fertilizer Rates on Morphological Traits, Yield and Yield Components of Three Cultivars of Rice, ***Iranian Journal of Field Crops Research***, 13(1):146-152.

Moslehi N, Y. Niknejad, H. Fallah Amoli, and N. Kheyri. 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.

Nieves-Cordones, M., R. Rodenas, A. Lara, V. Martínez, F. and Rubio. 2019. The combination of K+ deficiency with other environmental stresses: what is the outcome? Physiology Plant, 165: 264-276.

on rice yield, yield components and quality parameters. African Journal of Biotechnology, 13(1): 91-105.

Yazdani Motlagh, N., A. Reihanitabar, N. Najafi, and A. Bandehagh. 2014. Effects of combined application of nitrogen and phosphorus on the growth characteristics of rice plants under flooded and periodic saturation conditions. Water and Soil Science, 24(3): 145-160.

Ye, T., Y. Li, J. Zhang, W. Hou, W. Zhou, J. Lu, Y. Xing, and X. Li, X. 2019. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). Global Ecology and Conservation, 20: e00753.

component of hybrid rice (Bahar 1). ***Journal of Crop Production,*** 4(2): pp. 155-168.

Sandhu, S.S. and S.S. Mahal. 2014. Performance of rice under different planting methods, nitrogen levels and irrigation schedules. Indian Journal of Agronomy, 59(3): 392-397.

Shabala, S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: From molecular to tissue level. Annual of Botany, 92: 627-634.

Sharma, S.N., R. Prasad, Y.S. Shivay, M.K. Dwivedi, S. Kumar, and D. Kumar. 2009. Effect of rates and sources of phosphorus on productivity and economics of rice (Oryza sativa) as influenced by crop-residue incorporation. Indian Journal of Agronomy, 54(1): 42–6.

Tayefe, M., A. Gerayzade, E. Amiri, and A. Nasrollah Zade. 2014. Effect of nitrogen

Response of agronomic and physiological indices of Iranian rice cultivars to integrated NPK fertilizers application

H. Jafari[1], H. Ajamnorozie[2]*, M.R. Dadashi[3], A. Soltani[4]

1- PhD Student, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
4- Prof, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

The aim of present study was to investigate the effects of NPK chemical fertilizer management on parameters related to lodging, yield components, grain yield and NPK nutrient uptake in local rice cultivars. The experiment was conducted in farms located in Mazandaran province, Sari, during 2017 and 2018. The experiment was performed as split plot in a randomized complete block design with four replications. The different doses of fertilizer treatments at five levels including F_1: $N_{250}P_{150}K_{150}$, F_2: $N_{200}P_{100}K_{100}$, F_3: $N_{150}P_{75}K_{75}$, F_4: $N_{100}P_{50}K_{50}$, and F_5: Control ($N_0P_0K_0$) as main plot and local rice cultivars at two levels of Sang Tarom and Tarom Hashemi were considered as sub-plots. The results showed that the highest third and fourth internodes lodging index were observed in $N_{250}P_{150}K_{150}$ and $N_{200}P_{100}K_{100}$ treatments. Application of $N_{200}P_{100}K_{100}$ treatment increased the number of fertile tillers per hill (13.25) and finally produced highest grain yield (4806 kg/ha^{-1}), although there was no significant difference with $N_{250}P_{150}K_{150}$ and $N_{150}P_{75}K_{75}$ treatments. When the doses of NPK fertilizers increased, the concentration of NPK in grain and straw and as well as grain protein content also enhanced. There was no statistically significant difference between the two cultivars in terms of grain yield and concentration of N and K in plant, but the concentration of P in grain for Tarom Hashemi cultivar was about 8.9% higher than Sang Tarom. According to the findings of this study, the application of $N_{150}P_{75}K_{75}$ treatment is a better option to improving the grain yield of rice cultivars along with a decrease in chemical fertilizers and subsequent reduced fertilizers costs and environmental damages.

Keywords: Grain yield, Lodging index, NPK uptake, Rice

* Correspondoing author (ajamnorozei@yahoo.com)