مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۴، ۱۳۹۱ (۷۱۳-۷۰۱)

اثر مصرف مکمل‌های کود آلی بر عملکرد دانه، کارآیی مصرف نیتروژن و خصوصیات تبدیل دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.)

محبوبه عاشوری[۱]، مسعود اصفهانی[۲*]، شاپور عبداالهی[۳] و بابک ربیعی[۴]
۱، ۲، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، ۳، پژوهشگر موسسه تحقیقات برنج کشور
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۷ – تاریخ تصویب: ۹۱/۷/۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف مکمل‌های تجاری کود آلی (آمینول فورته، فسنوترن و کادوستیم) بر خصوصیات تبدیل شلتوک به برنج و کارآیی مصرف کود نیتروژن (به فرم اوره) در دو رقم برنج، یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار در سال ۱۳۸۸ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت، اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۵ سطح کودی [سه نوع کود شیمیایی با مقادیر کامل هر یک از آنها (برای برنج رقم خزر: نیتروژن۹۰، فسفر ۴۵ و پتاسیم ۷۵ کیلوگرم در هکتار و برای برنج رقم هاشمی: نیتروژن ۶۰ ، فسفر ۳۰ و پتاسیم ۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سه نوع کود شیمیایی با مقادیر کامل هر یک از آنها + سه نوع مکمل کود آلی (آمینول‌فورته، فسنوترن و کادوستیم) به میزان یک لیتر در هکتار به صورت محلول‌پاشی روی برگ به ترتیب در مراحل پنجه‌زنی، تکامل خوشه (آبستنی) و شیری شدن دانه‌ها، سه نوع کود شیمیایی با مقادیر ۵۰ درصد آنها + سه نوع مکمل کود آلی، سه نوع مکمل کود آلی و تیمار شاهد (بدون مصرف کودهای شیمیایی و مکمل‌های آلی) و رقم برنج در ۲ سطح (خزر و هاشمی)] بودند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ترک‌خوردگی دانه‌ها پس از خرمنکوبی و پس از خشکاندن شلتوک، کارآیی تبدیل، میزان برنج خرد، عملکرد دانه و کارآیی‌های مصرف کود نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که میزان ترک‌خوردگی دانه‌ها پس از خشکاندن شلتوک در رقم هاشمی بیشتر از رقم خزر بود. بیشترین میزان برنج خرد در رقم هاشمی و تیمارهای سه مکمل کود آلی و شاهد مشاهده شد و تیمار کودی ۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی، کمترین میزان برنج خرد (۹/۶ درصد) را داشت. بالاترین کارآیی تبدیل نیز (۶۹/۲ درصد) از تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بدست آمد. بیشترین میزان عملکرد دانه (۵۳۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بدست آمد. تیمار کودی ۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی، بیشترین مقدار کارآیی زراعی نیتروژن (۲۳/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارآیی جذب نیتروژن (۲۶/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) را داشت. رقم هاشمی نیز در انواع کارآیی‌های مصرف نیتروژن بر رقم خزر برتری داشت. نتایج نشان داد که با مصرف مکمل‌های کود آلی، می‌توان در مصرف کود شیمیایی کاهش صرفه‌جویی کرده و باعث افزایش انواع کارآیی‌های نیتروژن گردید.

واژه‌های کلیدی: برنج، کارآیی تبدیل، عملکرد دانه، کارآیی مصرف نیتروژن و مکمل کود آلی

مقدمه

در کشاورزی امروز، کودها نقش مهمی در حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک دارند. کودهای شیمیایی به علت تأثیر سریع و دسترسی آسان گیاه به عناصر غذایی کاربرد فراوانی داشته و جایگاه مهمی در بین نهاده‌های مورد نیاز برای بهبود تولیدات کشاورزی دارند (Ashiono

* نویسنده مسئول:مسعود اصفهانی تلفن: ۶۶۹۰۳۹۹ - ۰۱۳۱ E-mail: mesfahan@yahoo.com

et al., 2005)، اما مصرف کودهای شیمیایی نمی‌تواند تمامی نیازهای غذایی گیاه را فراهم کند و این کودها بیشتر سه عنصر ضروری (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند و عناصر غذایی کم‌مصرف موردنیاز گیاه (روی، آهن، مس، بُر، مولیبدن و ...) را تأمین نمی‌کنند. امروزه به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی آنها و نیز فراهم آوردن عناصر غذایی کم‌مصرف موردنیاز گیاه و غنی سازی محصولات کشاورزی از روش تغذیه برگی یا محلول‌پاشی استفاده می‌شود. Sharief et al. (2006) در بررسی اثر محلول‌پاشی اوره بر رشد و عملکرد برنج گزارش کردند که اثر زمان محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه و تعداد خوشه در متر مربع معنی‌دار بوده و باعث افزایش عملکرد دانه شد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است محلول‌پاشی برنج با سولفات پتاسیم بیشترین تعداد پنجه در کپه (۱۳/۸۹ پنجه) و بیشترین عملکرد دانه (۳۳۳۶ کیلوگرم در هکتار) را داشته است که نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داشت (Ali et al., 2005). پایین بودن کارآیی مصرف پتاسیم به دلیل بالا بودن ظرفیت تثبیت آن در خاک یا هدرروی آن از طریق آبشویی است که از دلایل کمبود پتاسیم در خاک برشمرده می‌شود (Fairhurst et al., 2007). نتایج برخی از گزارشات حاکی از آن است که محلول‌پاشی گیاه با ترکیبی از عناصر کم‌مصرف نتیجه بهتری نسبت به محلول‌پاشی این عناصر به تنهایی دارد (Yassen et al., 2010). محلول‌پاشی برنج با عناصر کم‌مصرف با غلظت ۴ در هزار، باعث افزایش ۳۰ درصدی عملکرد شلتوک نسبت به شاهد شد، به این صورت که عملکرد شلتوک در تیمار حاوی عناصر کم‌مصرف ۳۹۹۲/۳ و عملکرد شلتوک در تیمار شاهد معادل ۳۰۵۹/۲ کیلوگرم در هکتار بود. حداکثر طول خوشه (۳۰/۷ سانتیمتر) نیز از تیمار ۶ در هزار محلول‌پاشی بدست آمد (Shokri Vahed, 2009). در میان کودهای شیمیایی مصرفی برای زراعت برنج، نیتروژن پرمصرف‌ترین کود می‌باشد. انتخاب مقدار نیتروژن مطلوب جهت مصرف در شرایط مختلف مهم‌ترین عامل بهبود کارآیی مصرف نیتروژن و کاهش هدرروی نیتروژن می‌باشد (Bundy, 2006). Patil et al. (2001) مشاهده کردند که کارآیی مصرف نیتروژن در سطوح پایین آن، بیشتر از سطوح بالاتر آن است. Witt et al. (1999) نیز محلول‌پاشی نیتروژن (به فرم اوره) را روش مناسبی جهت مدیریت بهینه نیتروژن در زراعت برنج اعلام کردند. محلول‌پاشی اوره باعث کاهش خطرات نیترات در اثر آبشویی و ورود به آب‌های زیرزمینی و جاری می‌شود. گزارش شده است که محلول‌پاشی غلات با نیتروژن (به فرم اوره) باعث افزایش میزان کلروفیل، فتوسنتز و تأخیر در پیری گیاه شده و باعث افزایش عملکرد آنها می‌شود و بیشترین اثر آن بر کیفیت و محتوای نیتروژن دانه است (Grzebisz et al., 2008). گزارش شده است که در پایان دوره رویشی گیاه، به دلیل خشک بودن سطح خاک و کاهش فعالیت ریشه، محلول‌پاشی نیتروژن به دلیل جذب سریع‌تر و سهولت جذب توسط گیاه، بهتر از مصرف خاکی آن است (Salmon et al., 1990). نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف برگی فسفر همراه با نیتروژن و پتاسیم در بهبود صفات گیاهی از جمله افزایش طول خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه مؤثر بوده و از هدرروی کودها جلوگیری می‌کند (Jamal et al., 2006).

یکی از راه‌های بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژن و کاهش تلفات آن (بر اثر آبشویی، رواناب، تصعید و دنیتریفیکاسیون)، مصرف توأم کودهای آلی با کودهای شیمیایی است. در آزمایشی که توسط Singh et al.(2007) انجام گرفت مشاهده شد که مصرف مکمل‌های آلی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، باعث افزایش عملکرد دانه و کاه برنج شدند. نتایج نشان داد که استفاده از مکمل‌های آلی موجب افزایش عملکرد دانه برنج از ۱۴/۳ تا ۴۴ درصد شد. De-Ren & Wan-Fang (1998) گزارش کردند که مصرف مقدار مناسب کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی، علاوه بر افزایش مقدار محصول، باعث پایداری تولید برنج می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده مداوم از ترکیب کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. مصرف کودهای آلی علاوه بر صرفه جویی اقتصادی، موجب حفظ و بهبود باروری خاک، جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آبهای سطحی و زیرزمینی ناشی از ترکیبات باقیمانده کودهای شیمیایی و جلوگیری از اشاعه بیماری‌های ناشی از

مصرف آب و محصولات آلوده به ترکیبات نیتروژن می‌شود، بنابراین وارد کردن تدریجی کودهای آلی یا زیستی در برنامه تغذیه برنج، ضمن صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی، باعث بهبود کارآیی مصرف کودها و کاهش هزینه‌های تولید می‌شود. امروزه برخی از انواع کودهای آلی به تولید رسیده‌اند که حاوی اسیدآمینه‌های آزاد، الیگوپپتیدهای فعال زیستی، مواد آلی و عناصر معدنی اصلی می‌باشند. هدف از اجرای این آزمایش، بررسی امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی در حضور مکمل‌های کود آلی از طریق افزایش کارآیی مصرف کود شیمیایی نیتروژن و همچنین بهبود عملکرد دانه و بهبود کارآیی تبدیل شلتوک به برنج سفید در دو رقم بومی و اصلاح شده برنج بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت با موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد اجرا شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	اجزای بافت خاک (٪)			pH عصاره گل اشباع	EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	آهن قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)
	رس	شن	سیلت								
رسی	۶۰	۱۹	۲۱	۶/۶	۰/۹۸	۲/۰۳	۰/۱۸	۱۹/۶	۲۰۵	۹۰/۶	۸۱/۱

جهت آماده‌سازی زمین اصلی، در ابتدای فصل، عملیات شخم و تسطیح انجام گرفت. پس از ایجاد کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۳/۲۵ × ۸/۲۵ متر ، برای جلوگیری از رشد علف‌های هرز و تبادل کودی بین تیمارهای مختلف، سطح کلیه مرزهای کرت‌ها با پوشش پلاستیکی تا عمق ۴۰ سانتی‌متری پوشانده شدند. پس از آن گیاهچه‌های سالم و یکنواخت در مرحله ۴-۳ برگی از خزانه انتخاب و با فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به تعداد ۳ تا ۴ گیاهچه در زمین اصلی نشاکاری شدند. با در نظر گرفتن تفاوت دو رقم برنج خزر (پرمحصول اصلاح شده) و هاشمی (بومی) از نظر نیاز کودی، کودهای حاوی فسفر و پتاسیم به صورت پایه قبل از نشاکاری (برای برنج رقم خزر به ترتیب ۴۵ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار و برای برنج رقم هاشمی به ترتیب ۳۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و نیتروژن (برای برنج رقم خزر ۹۰ کیلوگرم در هکتار و برای برنج رقم هاشمی ۶۰ کیلوگرم در هکتار) بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه فنی بخش خاک و آب موسسه تحقیقات برنج کشور در سه مرحله در زمان‌های پس از نشاکاری و استقرار گیاهچه‌ها، حداکثر پنجه‌زنی و گرده‌افشانی به زمین داده شدند. عملیات وجین در سه مرحله و به صورت دستی انجام شد. جهت کنترل کرم ساقه‌خوار و کرم برگخوار برنج از سم دیازینون ۵ درصد در سه مرحله (مراحل سه برگی، هفت برگی و پایان گلدهی) و در هر مرحله به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ترکیب کودهای شیمیایی و آلی در ۵ سطح و رقم برنج در ۲ سطح (خزر و هاشمی) بودند. ترکیب کودی شامل: سه کود شیمیایی با مقادیر کامل هر یک از آنها (برای برنج رقم خزر نیتروژن۹۰، فسفر ۴۵ و پتاسیم ۷۵ کیلوگرم در هکتار و برای برنج رقم هاشمی نیتروژن ۶۰، فسفر ۳۰ و پتاسیم ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) (B_1)، سه کود شیمیایی با مقادیر کامل هر یک از آنها + سه مکمل کود آلی (B_2) (آمینول فورته ، فسنوترن و کادوستیم به میزان یک لیتر در هکتار به صورت محلول‌پاشی روی برگ) (شرکت ایناگروپارس، تهران، ایران)، سه ترکیب کود شیمیایی با مقادیر ۵۰ درصد آنها + سه مکمل کود آلی

(B_3)، سه مکمل کود آلی بدون استفاده از کود شیمیایی (B_4) و تیمار شاهد (بدون مصرف کود) (B_5) بودند. محلول‌پاشی مکمل‌های کود آلی هر ۱۴ روز یکبار و در هنگام غروب انجام شد، به این صورت که هر یک از سه نوع مکمل کود آلی به ترتیب در مراحل پنجه‌زنی، تکامل خوشه (آبستنی) و شیری شدن دانه‌ها با استفاده از سمپاش موتوری پشتی Mieki Engine, F-780, Japan با فشار ۰/۲ بار انجام گرفت.

جدول ۲- عناصر تشکیل دهنده سه مکمل کود آلی مورد استفاده در آزمایش

عناصر تشکیل دهنده	واحد	آمینول فورته	فسنوترن	کادوستیم
نیتروژن	درصد	۱/۱	۳/۸	۵/۰
فسفر	درصد	–	۶/۰	–
پتاسیم	درصد	–	–	۶/۰
مواد آلی	درصد	۲/۰	۲/۰	۲/۰
کمپلکس اسیدهای آمینه آزاد	میلی‌گرم در لیتر	۳۷۵۰	۳۷۵۰	۳۷۵۰
آهن	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۲/۰	۴/۹	۵/۲
منیزیم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۵۵	۵۵	۱۵۰
روی	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۲۵	۲/۱	۱/۱۸
بُر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۶۰	۵۸	۲۴۵

مکمل‌های کود آلی مورد استفاده در این آزمایش علاوه بر عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، حاوی اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدهای با وزن مولکولی پایین، میزان کمی پروتئین‌های زنجیره کوتاه و برخی عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاه هستند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که این ترکیبات باعث بهبود متابولیسم پایه گیاه، بهبود رشد و تنظیم گلدهی و باردهی و ایجاد ترکیبات ایمنی‌ساز و مقاوم ساز سلول‌های زنده‌ی گیاهی می‌شوند. برای اندازه‌گیری نیتروژن اندام‌های گیاهی، در سه مرحله از طول دوره رشد گیاه و همچنین در زمان برداشت، سه بوته با رعایت حاشیه کف‌بر و به اجزای برگ، ساقه و دانه تفکیک شدند. اندازه‌گیری میزان نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش اسپکتروفتومتری و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری در آزمایشگاه شیمی خاک مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. انواع کارآیی‌های نیتروژن نیز از رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Lopez-Bellido et al., 2005; Fan et al., 2004).

شاخص برداشت نیتروژن (NHI)

$$NHI = \frac{N_g}{N_p} \times 100 \quad (۱$$

در این رابطه N_g نیتروژن جذب شده در دانه و N_p نیتروژن جذب شده در کل بوته می‌باشند.

کارآیی زراعی مصرف نیتروژن (NAE)

$$NAE = \frac{Y_{NX} - Y_{N0}}{Nf} \quad (۲$$

در این رابطه Y_{NX} عملکرد دانه در تیمار کودی، Y_{N0} عملکرد دانه در تیمار شاهد (کیلوگرم) و Nf کل نیتروژن مصرفی (کیلوگرم) می‌باشد.

کارآیی جذب نیتروژن (UPE)

$$UPE = \frac{N_g}{Nf} \quad (۳$$

در این رابطه N_g نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم) و Nf مقدار نیتروژن مصرف شده به صورت کود (کیلوگرم) می‌باشند.

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (NPE)

$$NPE = \frac{Y_{NX} - Y_{N0}}{D - E} \quad (۴$$

در این رابطه Y_{NX} عملکرد دانه در تیمار کودی (کیلوگرم)، Y_{N0} عملکرد دانه در تیمار شاهد (کیلوگرم)، D جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی (کیلوگرم) و E جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد (کیلوگرم) هستند.

کارآیی بازیافت نیتروژن (NRE)

$$NRE = \frac{D - E}{Nf} \quad (۵$$

در این رابطه D جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی (کیلوگرم) و E جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد (کیلوگرم) و Nf مقدار نیتروژن مصرف شده به صورت کود (کیلوگرم) هستند.

برای تعیین میزان ترک‌خوردگی دانه‌ها، از هر تکرار سه نمونه ۱۰۰ تایی تصادفی انتخاب و پس از جدا کردن پوسته آنها، دانه‌ها ی برنج بر روی دستگاه ترک‌بین آزمایشگاهی قرار داده شدند و با تابیدن نور سفید از قسمت زیرین دستگاه و تابش نور زرد از قسمت بالا بر روی دانه ها، میزان ترک نمونه ها شمارش شد. با استفاده از رابطه ۶ کارآیی تبدیل کل بر حسب درصد محاسبه شد:

$$\text{کارآیی تبدیل کل (درصد)} = \frac{\text{وزن برنج سفید کل (گرم)}}{\text{وزن شلتوک (گرم)}} \times ۱۰۰ \quad (۶$$

برای محاسبه درصد برنج خرد از رابطه ۷ استفاده شد:

$$\text{برنج خرد (درصد)} = \frac{\text{وزن برنج خرد (گرم)}}{\text{وزن برنج سفید (گرم)}} \times ۱۰۰ \quad (۷$$

برای تعیین عملکرد نهایی، برداشت از فضای ۴ مترمربع میان هر کرت و با رعایت اثر حاشیه انجام و عملکرد دانه بر مبنای ۱۴ درصد رطوبت دانه با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد:

$$\text{عملکرد شلتوک در رطوبت ۱۴ درصد} = \left(\frac{\text{درصد رطوبت شلتوک} - ۱۰۰}{۸۶}\right) \times \text{عملکرد شلتوک با رطوبت موجود} \quad (۸$$

داده‌های مربوط به صفاتی که به صورت درصد محاسبه شده بودند، قبل از تجزیه و تحلیل آماری به زاویه ($ArcSin\sqrt{x}$) تبدیل شده و سپس تجزیه واریانس شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ ، برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات تبدیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم برنج اثر معنی‌داری بر میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خرمنکوبی نداشت (جدول ۳). به عبارتی رقم خزر و هاشمی در صفت میزان ترک‌خوردگی پس از خرمنکوبی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند اما تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد دارای اثر معنی‌داری بر میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خرمنکوبی بودند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما دارای تفاوت معنی‌داری با شاهد بودند. کمترین میزان ترک در تیمارهای کود شیمیایی کامل و کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بدست آمد (با میانگین ۰/۵ درصد) و بیشترین میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خرمنکوبی (با میانگین ۱/۱ درصد) از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم در سطح احتمال پنج درصد برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار شاهد در رقم هاشمی با میانگین ۱/۵ درصد، بیشترین میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خرمنکوبی را داشت و سایر تیمارها تفاوت قابل‌توجهی با یکدیگر نداشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد که ناکافی بودن مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد و در نتیجه کاهش مقاومت دانه‌ها به ضربات ناشی از خرمنکوبی، باعث افزایش میزان ترک دانه‌ها پس از خرمنکوبی در تیمار شاهد شده است. گزارش شده است که علاوه بر تنش‌های مکانیکی، تنش‌های محیطی نیز باعث ترک‌خوردگی دانه‌ها می‌شوند. در صورتی که برداشت با تأخیر صورت گیرد، رطوبت دانه به زیر حد بحرانی (۱۷-۱۶ درصد) می‌رسد. بذرهای خشک شده به هنگام شب مجدداً رطوبت جذب می‌کنند که این عامل باعث ایجاد ترک در بذر می‌شود که با برداشت به موقع می‌توان از آن جلوگیری کرد. به طور کلی ایجاد ترک بر اثر تنش‌های مکانیکی بسیار کم است (Alizadeh & Bagheri, 2009). نتایج نشان داد که رقم نیز اثر معنی‌داری بر میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خشکانیدن شلتوک داشت (جدول ۳). میزان ترک در این مرحله در رقم هاشمی (با میانگین ۵/۶ درصد) بیشتر از رقم خزر (با میانگین ۰/۶ درصد) بود (جدول ۴). تیمارهای کودی در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری بر میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خشکانیدن داشتند (جدول ۴). تیمارهای کودی سه مکمل کود آلی و شاهد به ترتیب با میانگین ۳/۴ و ۳/۲ درصد بالاترین میزان ترک‌خوردگی داه پس از خشکانیدن را داشتند (جدول ۴). تیمارهای

کودی سه مکمل کود آلی و شاهد به ترتیب با میانگین ۳/۴ و ۳/۲ درصد بالاترین میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خشکانیدن را داشتند. کمترین میزان ترک‌خوردگی دانه پس از خشکانیدن از تیمار کودی کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) با میانگین ۱/۶ درصد بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم برای صفت ترک‌خوردگی پس از خشکانیدن غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). به عبارت دیگر، ترکیبات کودی و رقم بطور مستقل از هم بر صفت موردنظر تأثیر گذاشتند.

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات تبدیل دانه دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ترک خوردگی دانه پس از خرمنکوبی	ترک‌خوردگی دانه پس از خشکانیدن	کارآیی تبدیل	میزان برنج خرد	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۴۴۱۳۱	۱/۲۱۸۳۴	۰/۲۳۸۳۰	۱/۲۰۸۸۲	۱۸۱۴۴۷/۸۰۰
رقم برنج (A)	۱	۱/۰۳۷۸۸ ns	۶۱۹/۷۱۰۷۵ **	۰/۰۱۸۲۵ ns	۱۳۰/۷۹۲۳۶ **	۲۲۱۶۹۶/۸۵۸ ns
تیمارهای کودی (B)	۴	۴/۶۶۰۱۰ **	۱۰/۷۷۱۴۹ *	۳/۷۱۲۱۹ **	۶/۱۵۴۹۹ **	۱۶۶۸۶۹۲/۰۹۶ **
اثرمتقابل (A×B)	۴	۱/۱۵۳۹۱ *	۷/۸۳۵۴۶ ns	۱/۴۶۱۶۶ ns	۳/۷۵۴۷۱ *	۱۱۱۲۵۵/۲۳۹ ns
خطای آزمایشی	۱۸	۰/۳۴۶۲۲	۲/۷۱۱۲۳	۰/۸۰۲۶۷	۰/۸۴۳۰۵	۱۰۲۰۸۳/۹۷۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۹	۱۸/۰	۱/۶	۴/۹	۶/۶

ns ، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

خشکانیدن محصول برنج معمولاً با استفاده از هوای گرم انجام می‌شود که طی آن گرما از طریق همرفت به سطح دانه و از آنجا به درون دانه نیز از طریق هدایت انجام می‌گیرد.

انتقال رطوبت از سطح دانه به بیرون باعث ایجاد یک شیب رطوبتی درون دانه می‌شود. افزایش دمای هوای خشکانیدن باعث افزایش این شیب رطوبتی و در نتیجه منجر به افزایش ترک یا شکستگی در دانه می‌شود (Kassova et al., 1989). تنش‌های حرارتی از عوامل عمده ایجاد ترک در دانه برنج هستند که بیشتر در زمان خشک کردن شلتوک با دماهای بالا اتفاق می‌افتند. میانگین نرخ (سرعت) خشک کردن شلتوک ۱/۵-۱ درصد در هر ساعت است. دماهای بالاتر از ۵۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد به علت خشک کردن سریع دانه و در نتیجه افزایش نرخ خشک کردن باعث ایجاد ترک در دانه می‌شوند. هر چه میزان دما در هنگام خشک کردن کمتر باشد، احتمال ایجاد ترک‌خوردگی دانه نیز کاهش می‌یابد (Wimberly, 1983). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که راندمان تبدیل برای دو رقم برنج غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). در این آزمایش راندمان تبدیل برای هر دو رقم در حدود ۶۷ درصد بود. به طور کلی راندمان تبدیل دو رقم برنج خزر و هاشمی نزدیک هم بوده و در مقیاس آزمایشگاهی ۶۸-۶۷ درصد و در مقیاس زارعین منطقه در حدود ۶۰-۵۵ درصد می‌باشد (Rice Research Institute of Iran, 2010). تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر راندمان تبدیل داشتند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی با میانگین ۶۹/۲ درصد بالاترین راندمان تبدیل را داشت. کمترین راندمان تبدیل نیز از تیمارهای سه مکمل کود آلی و شاهد به ترتیب با میانگین ۶۶/۴ و ۶۶/۲ درصد حاصل

شد (جدول ۴). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم برای صفت راندمان تبدیل غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات تبدیل دانه دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

رقم برنج	میزان ترک خوردگی دانه پس از خشکانیدن (درصد)	میزان برنج خرد (درصد)
خزر	۰/۶ b	۸/۳ b
هاشمی	۵/۶ a	۱۲/۸ a

تیمارهای کودی	میزان ترک خوردگی دانه پس از خرمنکوبی (درصد)	میزان ترک خوردگی دانه پس از خشکانیدن (درصد)	کارآیی تبدیل (درصد)	میزان برنج خرد (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
کودشیمیایی کامل (B_1)	۰/۵ b	۲/۳ ab	۶۸/۰ ab	۹/۷ b	۵۲۶۴/۷ a
کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی (B_2)	۰/۵ b	۱/۶ b	۶۹/۲ a	۹/۸ b	۵۳۷۱/۱ a
۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی (B_3)	۰/۵ b	۲/۴ ab	۶۸/۴ ab	۹/۶ b	۵۰۲۷/۷ a
سه مکمل کود آلی (B_4)	۰/۵ b	۳/۴ a	۶۶/۴ b	۱۱/۷ a	۴۲۷۰/۹ b
شاهد (بدون مصرف کود) (B_5)	۱/۱ a	۳/۲ a	۶۶/۲ b	۱۱/۷ a	۴۳۰۰/۴ b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۵- اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم بر خصوصیات تبدیل دانه دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

کود × رقم برنج	میزان ترک پس از خرمنکوبی (درصد)	میزان برنج خرد (درصد)
خزر× کود شیمیایی کامل (A_1B_1)	۰/۵ b	۷/۸ c
خزر× (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کودآلی) (A_1B_2)	۰/۵ b	۸/۱ c
خزر × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کودآلی) (A_1B_3)	۰/۵ b	۸/۶ b
خزر × سه مکمل کودآلی (A_1B_4)	۰/۵ b	۸/۸ b
خزر × بدون مصرف کود (A_1B_5)	۰/۸ b	۸/۶ b
هاشمی × کود شیمیایی کامل (A_2B_1)	۰/۵ b	۱۱/۸ a
هاشمی × (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کودآلی) (A_2B_2)	۰/۶ b	۱۱/۶ a
هاشمی × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کودآلی) (A_2B_3)	۰/۵ b	۱۰/۷ a
هاشمی × سه مکمل کودآلی (A_2B_4)	۰/۵ b	۱۵/۱ a
هاشمی × بدون مصرف کود (A_2B_5)	۱/۵ a	۱۵/۲ a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

بالا بودن صفت راندمان تبدیل نشانه کیفیت بهتر دانه برنج و کمتر بودن میزان ترک‌خوردگی و شکستگی دانه برنج است. Wanget al (2003) بیان کردند که کیفیت دانه برنج به عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ژنتیکی دانه، شرایط محیطی و عملیات کاشت بستگی دارد. آنها اعلام نمودند که مدیریت در مقدار مصرف نیتروژن و زمان مصرف کود نیتروژن می‌تواند باعث بهبود کیفیت تبدیل دانه برنج شود. مصرف تقسیط شده کود نیتروژن مطابق با نیاز گیاه و در زمان حداکثر پنجه‌زنی و آغاز گلدهی باعث تجمع بیشتر نیتروژن در دانه و افزایش استحکام و مقاومت دانه و کاهش شکستگی دانه برنج و بهبود راندمان تبدیل و افزایش

کیفیت محصول می‌شود (Faraji et al., 2011). Mo et al. (2004) گزارش نمودندکه مصرف تقسیط شده کود نیتروژن، بخصوص در مرحله آبستنی،باعث بهبود کیفیت دانه برنج می‌شود. کمبود عناصر غذایی در طول فصل رشد باعث ضعیف شدن گیاه و تولید دانه‌هایی با وزن کم می‌شود. دانه‌های ضعیف و ناقص در هنگام تبدیل از استحکام کمتری برخوردار بوده و سریع‌تر دچار شکستگی می‌شوند. هر چه دانه بزرگتر، سالم‌تر و کامل‌تر باشد، وزن آن بیشتر بوده و دارای استحکام بیشتر و شکستگی کمتر می‌باشد.

Wopereis-Pura et al. (2002) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش میزان دانه سالم (۵-۲ درصد نسبت به شاهد) در برنج می‌شود که این موضوع به افزایش نسبت برنج سالم به برنج خرد کمک می‌کند. Perez et al. (1996) گزارش کردند که افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، باعث افزایش مقدار برنج سالم می‌شود. آنها در آزمایش خود مشاهده کردند که تیمار ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، باعث افزایش ۳۰ درصدی برنج سالم نسبت به تیمار شاهد گردید. این افزایش در مقدار برنج سالم و در نتیجه کاهش مقدار برنج خرد باعث افزایش نسبت برنج سالم به برنج خرد می‌شود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رقم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول ۳). معنی‌دار نشدن عملکرد دانه دو رقم را می‌توان به بیشتر بودن تعداد پنجه بارور، درصد باروری خوشه و تعداد دانه پر در خوشه در رقم هاشمی نسبت به رقم خزر نسبت داد. نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که تیمارهای کودی دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای کودی نیز نشان داد ترکیب کودی B_2 (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) با میانگین ۵۳۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد دانه را داشت که البته از نظر آماری با تیمارهای B_1 (کود شیمیایی کامل) و B_3 (۵۰ درصد کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد دانه (با میانگین ۴۲۷۰/۹ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار B_4 (سه مکمل کود آلی) بدست آمد که با تیمار شاهد (با میانگین ۴۳۰۰/۴ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که این افزایش عملکرد دانه به علت تأثیر مثبت محلول‌پاشی بر افزایش فعالیت فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد پرورده از برگ‌ها به دانه باشد (EL-Abady et al., 2009). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم برای صفت موردنظر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). Ali et al. (2005) گزارش کردند که محلول‌پاشی برنج با سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O)، بیشترین عملکرد دانه (۳۳۳۶ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داشت. Jin et al. (2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی برنج با آهن و بُر باعث افزایش غلظت این عناصر در گیاه شده اما نقشی در افزایش عملکرد دانه ندارند. محلول‌پاشی برنج با بُرات‌سدیم (۲۰حاوی درصد بُر)، باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد که البته مصرف خاکی بُر، عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمار محلول‌پاشی داشت (Dunn et al., 2005).

کارآیی‌های مصرف نیتروژن

شاخص برداشت نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رقم اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن داشت (جدول ۶). رقم هاشمی با میانگین ۴۹/۱ درصد بیشترین و رقم خزر با میانگین ۴۱/۱ درصد، کمترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند (جدول ۷). تیمارهای کودی نیز دارای اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن بودند (جدول ۶).

ترکیب کودی B_4 (سه مکمل کود آلی) با میانگین ۴۸/۳ درصد بالاترین شاخص برداشت نیتروژن را داشت و کمترین شاخص برداشت نیتروژن با میانگین ۴۰/۱ درصد از ترکیب کودی B_1 (کود شیمیایی کامل) بدست آمد (جدول ۷). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم برای صفت موردنظر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار شاهد در رقم هاشمی با میانگین ۵۳/۲ درصد، بیشترین شاخص برداشت نیتروژن را داشت که البته با تیمار سه مکمل کود آلی در رقم هاشمی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین شاخص برداشت نیتروژن (با میانگین ۳۷/۳ درصد) نیز از کود شیمیایی کامل در رقم خزر بدست آمد (جدول ۸). گزارش شده است که شاخص برداشت نیتروژن در ارقام پرمحصول برنج در

مناطق استوایی و نیمه استوایی حدود ۰/۶۹-۰/۵۳ (کیلوگرم بر کیلوگرم) است (Ying et al., 1998). در ارقام محلی برنج به دلیل وجود صفاتی از جمله زودرسی، پیری سریع و ریزش برگ‌های پایینی، مقدار نیتروژن بیشتری به سمت خوشه منتقل می‌شود و در نتیجه این ارقام، دارای قدرت انتقال مجدد بیشتری هستند (Kazemi Poshtmassari et al., 2007). Ali Abbasi et al. (2007) با اجرای آزمایشی روی برنج رقم خزر در یک خاک سبک شنی گزارش کردند که بیشترین شاخص برداشت نیتروژن (۴۲/۸ درصد) از تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد.

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم اثر معنی‌داری بر کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن داشت (جدول ۶). بیشترین کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (با میانگین ۵۴/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) متعلق به رقم هاشمی بود و کمترین آن (با میانگین ۵۲/۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) از رقم خزر بدست آمد (جدول ۷). اثر تیمارهای کودی بر کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمار سه مکمل کود آلی با میانگین ۵۸/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن را داشت و کمترین مقدار آن از تیمار کود شیمیایی کامل به میزان ۴۸/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۷). مقدار مطلوب کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن برای برنج ۶۸ (کیلوگرم بر کیلوگرم) گزارش شده است (Witt et al., 1999). Singh et al. (1998) گزارش کردند که کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در ارقام دیررس و متوسطرس برنج، بین ۹۴- ۳۵ (کیلوگرم بر کیلوگرم) متغیر می‌باشد.

جدول ۶- تجزیه واریانس کارآیی‌های مصرف نیتروژن دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		میانگین مربعات		میانگین مربعات	
		شاخص برداشت نیتروژن	درجه آزادی	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن	درجه آزادی	کارآیی زراعی نیتروژن	کارآیی جذب نیتروژن
بلوک	۲	۰/۳۷۳۵۹۷۹	۲	۱/۴۲۲۴۳۶۲	۲	۰/۶۶۶۳۴۳۷	۱/۴۸۰۴۱۸۱
رقم برنج (A)	۱	۴۸۱/۷۸۵۶۵۷۶ **	۱	۳۰/۱۹۰۷۸۰۲ **	۱	۳۲/۳۴۷۶۰۵۶ **	۹/۳۵۸۵۸۰۱ **
تیمارهای کودی (B)	۴	۶۵/۳۱۶۸۵۶۹ **	۳	۱۲۱/۰۰۲۶۱۳۴ **	۲	۱۰۷/۹۲۷۹۶۳۷ **	۶۶/۷۵۰۸۰۶۱ **
اثرمتقابل (A×B)	۴	۸/۰۴۵۰۶۵۵ **	۳	۱/۱۴۶۶۳۵۴ ns	۲	۸/۶۳۵۲۴۹۱ **	۲/۲۳۷۰۴۷۴ **
خطای آزمایشی	۱۸	۱/۵۶۰۵۹۵۰	۱۴	۱/۱۶۷۵۹۸۶	۱۰	۰/۸۲۵۰۵۷۴	۰/۴۱۴۳۳۴۷
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۸		۲/۰		۴/۹	۲/۹

Peng et al.(2006) گزارش کردند که بالاترین میزان کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در گیاه برنج به مقدار ۶۱/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم زمانی حاصل شد که هیچ کود نیتروژنی مصرف نشده بود و با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی از کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن کاسته شد، به طوری که کمترین میزان آن (۳۴/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. آنها دلیل این موضوع را این طور بیان کردند که افزایش مصرف کود نیتروژن مطابق با افزایش عملکرد دانه نیست بلکه نیتروژن اضافی منجر به مصرف لوکس این عنصر در گیاه برنج می‌شود.

کارآیی زراعی نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم در سطح احتمال یک درصد برای کارایی زراعی نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۵۰ درصد کود

شیمیایی همراه با سه مکمل کود آلی در رقم هاشمی بیشترین (با میانگین ۲۶/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) و ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با سه مکمل کود آلی در رقم خزر کمترین (با میانگین ۱۴/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی زراعی نیتروژن را داشتند (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه میانگین کارآیی‌های نیتروژن دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

رقم	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارآیی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
خزر	**۴۱/۱ b**	**۵۲/۰ b**	**۱۷/۱ b**	**۲۱/۹ b**
هاشمی	**۴۹/۱ a**	**۵۴/۲ a**	**۱۹/۸ a**	**۲۳/۳ a**
تیمارهای کودی	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارآیی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
کودشیمیایی کامل (B_1)	۴۰/۱ c	۴۸/۹ c	۱۵/۶ b	۲۰/۳ b
کود شیمیایی کامل+ سه مکمل کود آلی (B_2)	۴۴/۰ b	۵۰/۱ c	۱۶/۶ b	۲۱/۰ b
۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی (B_3)	۴۵/۳ b	۵۴/۶ b	۲۳/۳ a	۲۶/۴ a
سه مکمل کود آلی (B_4)	۴۸/۳ a	۵۸/۷ a	-	-
شاهد (بدون مصرف کود) (B_5)	۴۷/۸ a	-	-	-

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۸- اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم بر کارآیی‌های نیتروژن دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

کود × رقم برنج	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	کارآیی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
خزر× کود شیمیایی کامل (A_1B_1)	**۳۷/۳ d**	**۱۴/۷ c**	**۲۰/۰ d**
خزر× (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کودآلی) (A_1B_2)	**۳۹/۵ d**	**۱۶/۱ c**	**۲۰/۴ d**
خزر × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کودآلی) (A_1B_3)	**۴۲/۵ c**	**۲۰/۶ b**	**۲۵/۲ b**
خزر × سه مکمل کودآلی (A_1B_4)	**۴۳/۸ c**	-	-
خزر × بدون مصرف کود (A_1B_5)	**۴۲/۴ c**	-	-
هاشمی × کود شیمیایی کامل (A_2B_1)	**۴۲/۹ c**	**۱۶/۴ c**	**۲۰/۶ c d**
هاشمی × (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کودآلی) (A_2B_2)	**۴۸/۶ b**	**۱۷/۱ c**	**۲۱/۷ c**
هاشمی × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کودآلی) (A_2B_3)	**۴۸/۲ b**	**۲۶/۱ a**	**۲۷/۶ a**
هاشمی × سه مکمل کودآلی (A_2B_4)	**۵۲/۸ a**	-	-
هاشمی × بدون مصرف کود (A_2B_5)	**۵۳/۲ a**	-	-

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

Peng et al. (1996) گزارش کردند که در دسترس بودن نیتروژن به مقدار مناسب در مراحل رشد گیاه برنج و مطابقت کوددهی با نیازمندی گیاه به نیتروژن، باعث کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی، دنیتریفیکاسیون و تصعید و افزایش جذب نیتروژن، عملکرد و کارآیی زراعی نیتروژن در این تیمارها می‌شوند. گزارش شده است که در شرایط مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن در ارقام دیررس و متوسطرس برنج، کارآیی زراعی

نیتروژن بین ۳۷-۹ کیلوگرم بر کیلوگرم متغیر می‌باشد (Singh et al., 1998). De Datta (1986) گزارش کردند در مزارع آزمایشی در ایستگاه‌های تحقیقاتی، کارآیی زراعی نیتروژن در حدود ۲۵-۱۵ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم کود مصرف شده می‌باشد که این مقدار به فصل رشد، میزان عملکرد، زمان و مقدار مصرف کود مورد استفاده بستگی دارد.

Haefel et al. (2008) با اجرای آزمایشی دو ساله روی ۲۰ ژنوتیپ برنج با سه سطح کود نیتروژن و دو رژیم آبیاری گزارش کردند که سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و کل نیتروژن جذب شده در پیکره گیاه داشت، اما تأثیر معنی‌داری بر کارآیی زراعی نیتروژن نداشت. در آزمایش دیگری بیشترین کارآیی زراعی نیتروژن در گیاه برنج (۲۰/۰۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد (Ali Abbasi et al., 2007).

کارآیی جذب نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم بر کارآیی جذب نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با سه مکمل کود آلی در رقم هاشمی بیشترین (با میانگین ۲۷/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کود شیمیایی کامل در رقم خزر کمترین (با میانگین ۲۰/۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی جذب نیتروژن را داشتند (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج آزمایش حاضر به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه برنج، ضمن کاهش کود مصرفی، به علت جذب سریع عناصر در مراحل مهم رشد گیاه، باعث بهبود خصوصیات تبدیل شلتوک به برنج سفید از جمله کاهش ترک‌خوردگی دانه، کاهش درصد برنج خرد و افزایش راندمان تبدیل می‌شود. بالاترین راندمان تبدیل از تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی، به میزان ۶۹/۲ درصد بدست آمد که نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. به عبارتی محلول‌پاشی گیاه برنج در مراحل پایانی رشد، که جذب عناصر غذایی از طریق ریشه کاهش می‌یابد، باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و افزایش مقاومت دانه‌ها در برابر ترک‌خوردگی می‌شود.به نظر می‌رسد که‌استفاده از کود نیتروژن در مرحله تکامل خوشه (آبستنی) باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه و افزایش فتوسنتز و سرعت بخشیدن به انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها شده و در نهایت کیفیت تبدیل دانه را بهبود می‌بخشد. مصرف کود نیتروژن، بخصوص در سطوح بالا و نیز در مراحل حداکثر پنجه‌زنی و آغاز گلدهی، باعث افزایش تولید پروتئین‌های ذخیره‌ای (گلوتلین و پرولامین) در بخش آندوسپرم دانه برنج می‌شود. تراکم بیشتر این پروتئین‌ها باعث ایجاد حالت ارتجاعی در دانه و افزایش سختی و مقاومت دانه در برابر شکستگی در طی فرآیند تبدیل شده، که این موضوع باعث کاهش ترک‌خوردگی دانه‌ها در طی عملیات تبدیل و در نتیجه کاهش میزان برنج خرد می‌شود (Leesawatwong et al., 2005).

در آزمایش حاضر ترکیب کودی B_2 (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) با میانگین ۵۳۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار نیز بالاترین عملکرد دانه را داشت که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت محلول‌پاشی بر صفات مهم گیاه برنج از جمله افزایش تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه پر در خوشه باشد که باعث افزایش عملکرد دانه در این تیمار کودی شدند. به نظر می‌رسد پس از ورود اسیدهای آمینه و سایر عناصر معدنی موجود در مکمل‌های آلی به درون بافت‌های گیاهی، این مواد به آسانی توسط سلول‌های گیاهی جذب شده و در فرآیندهای متابولیکی سلول شرکت می‌کنند. این موضوع باعث بهبود بیوسنتز اسیدهای آمینه و افزایش میزان محصول و بهبود کیفیت آن می‌شود. در بین تیمارهای آزمایشی، تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی، بیشترین کارآیی زراعی نیتروژن (۲۳/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارآیی مصرف نیتروژن (۲۶/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) را داشت. در شرایط آزمایش حاضر رقم هاشمی از نظر انواع کارآیی‌های نیتروژن بر رقم خزر برتری داشت که این موضوع نشان دهنده قابلیت مناسب این رقم برای افزایش کارآیی مصرف کود نیتروژن می‌باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف مکمل‌های کود آلی، از طریق افزایش کارآیی مصرف کود

شیمیایی نیتروژن، می‌توانند باعث صرفه جویی در کود نیتروژن شده و علاوه بر آن به بهبود عملکرد دانه و کارآیی تبدیل شلتوک به برنج سفید نیز کمک کنند. تعیین مقدار بهینه و زمان مناسب مصرف این نوع مکمل‌ها برای ارقام مختلف برنج نیاز به اجرای آزمایش‌های تکمیلی دارد.

سپاسگزاری

بدینویسله از همکاری صمیمانه مسئولین، کارشناسان و تکنسین‌های بخش‌های اصلاح بذر و فنی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) که در اجرای این تحقیق مساعدت شایانی مبذول داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

1. Alizadeh, M. R. & Bagheri, I. (2009). Field performance of different rice threshing methods. *International Journl of Natural and Engineering Sciences*, 3(3), 139-143.
2. Ali Abbasi, H. R., Esfahany, M., Kavousi, M. & Rabiei, B. (2007). The studyon relationship between, growth indices and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khazar as influenced by levels and split application of nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Sciences*, 1(8), 23-36. (In Farsi)
3. Ali, A., Salim, M., Zia, M.S., Mahmood, I. A. & Shahzad , A. (2005). Performance of rice as affected by foliar application. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 42(1-2), 38-41. (In Farsi).
4. Ashiono, G. B., Gatuika, S., Mwangi, P. & Akuja, T. E. (2005). Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L.), E1291, in the dry highlands of Kenya. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(4), 379-382.
5. Bundy, G. L. (2006). How can we improve nitrogen use efficiency? *Proceedings of the 2006 Wisconsin Fertilizer, Aglime and Pest Management Conferenc.* January 17-19, University of Wisconsin-Madison, USA.
6. De Datta, S. K. (1986). Improving nitrogen fertilizer efficiency in lowland rice in tropical Asia. *Fertilization Research*, 9, 171-186.
7. De-Ren. W. & Wan-Fang, L. 1998. Nutrient balance of nitrogen, phosphorus and potassium under triple cropping systems based on rice. *Better Crops International*, 12(2), 3-5.
8. Dunn, D., Stevens , G. & Kendig, A. (2005). Boron fertilization of rice with soil and foliar applications. *Crop management*, 10, 1094.
9. EL-Abady, M. I., Seadh, E. S., El-Ward, A., Ibrahimi, A. & EL-Emam , A. A. M. (2009). Irrigation with holding and potassium foliar application effects on wheat yield and quality. *International Journal Sustain*, Crop production, 4(4), 33 - 39.
10. Fairhurst, T., Buresh, R. & Dobermann, A. (2007). Rice (A Practical Guide to Nutrient Management). *Second edition, International Rice Research Institute, International Plant Nutrition Institute, and International Potash Institute*. pp 92.
11. Fan, X., Li, F., Lin, F., & Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 853-865.
12. Faraji, F., Esfahani, M., Kavoosi, M., Nahvi, M. & Rabiei, B. (2011). Effect of nitrogen fertilizer application on grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa* cv. Khazar). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(1), 61-77. (In Farsi).
13. Grzebisz, W., Wronska, M., Diatta, J. B. & Dullin, P. (2008). Effect of zinc foliar application at early stages of maize growth on patterns of nutrients and dry matter accumulation by the canopy. Part I. Zinc uptake patterns and its redistribution among maize organs. *Journal of Elementolgy*, 13, 17-28.
14. Haefel, S. M., Jabbar, S. M. A., Siopongco, J. D. L. C., Tirol-Padre, A., Amarante, S. T., Sta Cruz, P. C. & Cosico, W. C. (2008). Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crop Research*, 107, 137-146.
15. Jamal, Z., Hamayun, M., Ahmad, N. & Chaudhary, M. F. (2006). Effect of soil and foliar application of different concentration of NPK and foliar application of (NH)2SO4 on different yield parameters in wheat. *Journal of Agronomy*, 5(2), 251-256.
16. Jin, Z., Minyan, W., Lianghuan, W., Jiangguo, W. & Chunhai. S. (2008). Impacts of combination of foliar iron and boron application on iron biofortification and nutritional quality of rice grain. *Journal of Plant Nutrition*, 31(9), 1599-1611.
17. Kassova, J., Kadlec, P. Bubnik, Z. Hubaekova, B. & Poihoda, J. (1989). Physical and chemical changes during microwave drying of rice. *Institute of Chemical Technology, Department of Carbohydrate Chemistry and Technology*, CZ-166 28 Prague.
18. Kazemi Poshtmassari, H., Pirdashti, H., Bamanyar, M. A. & Nasiri, M. (2007). Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (Oryza

sativa L.) cultivars. *Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 70, 68-77. (In Farsi).
19. Leesawatwong, M., Jamjod, S., Kuo, J., Dell, B. & Rerkasem, B. (2005). Nitrogen fertilizer increases seed protein and milling quality of rice. *Cereal Chemistry*, 82(5), 588–593.
20. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J. & Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*, 92, in press(www. Elsevier.com/locate/fcr).
21. Mo, Y. W., Wang, Z., Liang, G. B., Qian, S. Q., Chen, G. & Gu, Y. J. (2004). Effects of various nitrogen applications on the quality of the progeny seedlings in rice. *Acta Agronomy Sceince*, 30(3), 227-231.
22. Patil, S. K., Singh, N., Singh, V. P., Mishra, V., Das, R. O. & Henato, J. (2001). Nitrogen dynamics and crop growth on an alfisol and a vertisol under a direct seeded rain fed lowland rice-based system. *Field Crop Research*, 70, 237-252.
23. Peng, S., Garcia, F. V., Laza, R.C., Sanico, A. L., Samson, M. I., Visperas, R. M. & Cassman, K. G. (1996). Nitrogen use efficiency of irrigated tropical rice established by broadcast wet seeding and transplanting. *Fertilizer Research*, 45,123-134.
24. Peng, S., Buresh, R. J., Huang, J., Yang, J., Zou, Y., Zhong, X., Wang, G. & Zhang, F. (2006). Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice system in China. *Field Crops Research*, 96, 37-47.
25. Perez, M. C., Juliano, O. B., Liboon, P. S., Alcantara. M. J. & Cassman. G. K. 1996. Effects of late nitrogen fertilizer application on head rice yield, protein content, and grain quality of rice. *Cereal Chemistry*, 73(5), 556-560.
26. Rice Research Institute of Iran. 2010. Crop year 2009-2010.
27. Salmon, S. E., Greenwell, P. & Dampney, P. M. R. (1990). The effect of rate and timing of late nitrogen applications to breadmaking wheats as ammonium nitrate or foliar urea-N, and the effect of foliar sulphurapplication .II. Effect on milling and baking quality. *Aspect of Applied Biology*, 25, 242-253.
28. Sharief, A. E., El-Kalla, S. E., El-Kassaby, A. T., Ghonema, M. H. & Abdo, G. M. Q. (2006). Effect of bio-chemical fertilization and times of nutrient foliar application growth, yield and yield components of rice. *Journal of Agronomy*, 5, 212-219.
29. Shokri Vahed, H. (2009). The effects of foliar supplements of micro nutrients on the yield and yield components of Hashemi rice variety. *Final Report Of Project, Rice Research Institute of Iran*. (In Farsi).
30. Singh, U., Ladha, J. K., Castillo, E. G., Punzalan, G., Tirol-Padren, A. & Duqueza, M. (1998). Genotype variation in nitrogen use efficiency in medium-and long-duration rice. *Field Crop Research*, 58, 35-53.
31. Singh, Y. V., Singh, B. V., Pabbi, S. & Singh, P. K. 2007. *Impact of organic farming on yield and quality of Basmati rice and soil properties*. CCUBGA, Indian agriculture research institute, New Delhi-110012, India.
32. Wang, Z., GU, Y. J., Chen, G., Xiong, F. & Li, Y. X. (2003). Rice quality and its affecting factors. *Molecular Plant Breeding*, 1(2), 231-241.
33. Wimberly, J. E. (1983). *Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Indostry in Developing Countries*. International Rice Research Institute, Philippines.
34. Witt, C., Doberman, A., Abdulrachman, S., Gines, H. C., Wang, G. H., Nagarajan, R., Satawatnananont, S., Son, T. T., Tan, P. S., Tiem, L.V., Simbahan, G. C. & Olk, D. C. (1999). Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Research*, 63, 113-138.
35. Wopereis-Pura, M. M., Watanabe, H., Moreira, J. & Wopereis, M. C. S. (2002). Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal river valley. *European Journal of Agronomy*, 17, 191-198.
36. Yassen, A., Abou El-Nour, E. A. A. & shedeed, S. (2010). Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. *Journal of American Science*, 6(9), 14-22.
37. Ying, J., Peng, S., Yang, G., Zhou, N., Visperas, R. M. & Cassman, V. G. (1998). Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments, II. Nitrogen accumulation and utilization efficiency. *Field Crop Research*, 57, 85-93.