دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی
تحقیقات غلات
سال سوم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۲ (۳۰۵-۲۹۱)

اثر محلول‌پاشی مکمل‌های کود آلی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.)

محبوبه عاشوری[۱]، مسعود اصفهانی[۲*]، شاپور عبداللهی[۳] و بابک ربیعی[۴]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان،
۳- پژوهشگر موسسه تحقیقات برنج کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۰- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی مکمل‌های کود آلی (آمینول فورته، فسنوترن و کادوستیم) بر عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دو رقم برنج، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح کودی [۱- سه نوع کود شیمیایی با مقادیر کامل، ۲- سه نوع کود شیمیایی با مقادیر کامل + 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، آبستنی و شیری شدن دانه‌ها)، ۳- سه نوع کود شیمیایی با مقادیر ۵۰ درصد + سه نوع مکمل کود آلی، ۴- سه نوع مکمل کود آلی و ۵- تیمار شاهد (بدون مصرف کودهای شیمیایی و مکمل‌های آلی)] و دو رقم برنج (خزر و هاشمی) بودند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه و اجزای عملکرد، صفات مورفولوژیک، خصوصیات کیفی دانه و کارایی مصرف نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی دارای اثر معنی‌داری بر درصد باروری پنجه‌ها، تعداد دانه پر در خوشه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه بودند. تیمارهای کود شیمیایی کامل و ترکیب کود شیمیایی + مکمل کود آلی از نظر تأثیر بر صفات یاد شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کمترین مقادیر این صفات به ترتیب از تیمارهای سه مکمل کود آلی و شاهد (بدون مصرف کود) به دست آمد. بیشترین میزان عملکرد دانه (۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی حاصل شد. تیمار سه مکمل کود آلی با میانگین ۴۸/۳ درصد بیشترین شاخص برداشت نیتروژن و تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی، با میانگین ۲۶/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارایی جذب نیتروژن را داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف مکمل‌های کود آلی، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی نیتروژن، باعث افزایش کارایی جذب آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز، برنج، عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن، مکمل کود آلی

* نویسنده مسئول: mesfahan@yahoo.com

مقدمه

کودهای شیمیایی به علت کم هزینه بودن، تأثیر سریع و دسترسی آسان گیاه به عناصر غذایی، کاربرد فراوانی در کشاورزی داشته و جایگاه مهمی در بین نهاده‌های مورد نیاز گیاه دارند (Ashiono *et al*., 2005). روش‌های نوین کشاورزی، باعث افزایش در مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها شده و این موضوع باعث افزایش آلودگی خاک، آب به علت نشت و تراوش مواد آلاینده شده است (Christensen, 2005). امروزه راهکارهای مختلفی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تأمین کافی عناصر غذایی کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، توسعه یافته است (Jamal *et al*., 2006; Jin *et al*., 2008). تغذیه برگی یا محلول‌پاشی عناصر غذایی روی گیاه، یکی از روش‌های کاهش مصرف کودهای شیمیایی است که با کاهش هدر رفت عناصر غذایی باعث افزایش کارایی مصرف کودها می‌شود (Kline, 2008). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که مصرف برگی فسفر همراه با نیتروژن و پتاسیم در بهبود صفات گیاهی از جمله افزایش طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم مؤثر بوده و از هدرروی کودها نیز جلوگیری می‌کند (Jamal *et al.,* 2006). محلول‌پاشی اوره همراه با مصرف خاکی نیتروژن در مراحل مختلف رشد گندم نیز باعث افزایش عملکرد دانه آن می‌شود (Chauhan *et al*., 2004). شریف و همکاران (Sharief *et al*., 2006) گزارش کردند که محلول‌پاشی اوره با افزایش وزن هزار دانه و تعداد خوشه در واحد سطح باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است محلول‌پاشی برنج با سولفات پتاسیم بیشترین تعداد پنجه در کپه و بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد که نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داشت (Ali *et al*., 2005). افزایش عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی پتاسیم نیز به اثر مثبت این تیمارها بر بهبود فعالیت‌های متابولیسمی گیاه نسبت داده شده است (Thalooth *et al*., 2006). شکری‌واحد (Shokri Vahed, 2009) گزارش کرد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف باعث افزایش ۲۸ درصد در عملکرد دانه برنج گردید. این افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد پنجه و ارتفاع بوته در اثر مصرف عناصر کم‌مصرف بوده است.

واکنش گیاه به عناصر کم‌مصرف عموماً به صورت افزایش عملکرد و یا بهبود کیفیت محصول مشاهده می‌شود (Gupta *et al*., 2008). مصرف روی به صورت محلول‌پاشی روی برگ یکی از عملیات‌های زراعی مهم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول می‌باشد (Gupta *et al.,* 2008). گزارش شده است که محلول‌پاشی روی، رشد اولیه گیاه، فتوسنتز، تثبیت نیتروژن، پروتئین دانه و عملکرد را افزایش می‌دهد (Parker, 1997; Ved *et al.,* 2002). محلول‌پاشی برنج با غلظت ۴ در هزار عناصر کم‌مصرف، باعث افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (Shokri Vahed, 2009). محلول‌پاشی برنج با بُر سبب بهبود رشد رویشی اولیه و افزایش پنجه‌زنی گیاه شد (Dunn *et al.,* 2005). بهمنیار و احمدیان (Bahmanyar and Ahmadian, 2003) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی در مرحله نشاکاری باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها در واحد سطح، طول خوشه، تعداد خوشه‌ها، طول و عرض برگ پرچم، وزن هزار دانه و افزایش عملکرد برنج می‌شود. نتایج برخی از پژوهش‌ها حاکی از آن است که محلول‌پاشی گیاه با ترکیبی از عناصر کم‌مصرف نتیجه بهتری نسبت به محلول‌پاشی جداگانه این عناصر دارد (Hussain *et al*., 2005; Yassen *et al*., 2010). یکی از راه‌های بهبود کارایی مصرف کودهای نیتروژن و کاهش تلفات آن مصرف توأم کودهای آلی با کودهای شیمیایی است. مصرف کودهای آلی علاوه بر صرفه‌جویی در کودهای شیمیایی، باعث بهبود حاصلخیزی خاک، جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. در آزمایشی که توسط سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2007) انجام گرفت، مشاهده شد که مصرف مکمل‌های آلی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد. ملکوتی (Malakouti, 2008) نشان داد که مصرف عناصر پرمصرف به همراه عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، بر و مس) باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh *et al*., 2010) نیز گزارش کردند با افزایش مصرف کود نیتروژن، کارایی جذب آن کاهش می‌یابد.

هدف از اجرای این آزمایش، امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی در حضور مکمل‌های کود آلی به منظور بهبود کارایی مصرف کودهای شیمیایی و نیز بهبود

خصوصیات کیفی و عملکرد دانه و کارآیی جذب نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) کشور انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ترکیب کودهای شیمیایی و آلی در پنج سطح و رقم برنج در دو سطح (خزر و هاشمی) بودند. ترکیب کودی شامل: سه کود شیمیایی با مقادیر کامل هر یک از آن‌ها (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. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول یک ارائه شده است. پس از اجرای عملیات گِلخرابی در زمین اصلی و تسطیح آن، با احداث مرزهای خاکی، کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۳/۲۵ × ۸/۲۵ متر در آن ایجاد شدند. 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. 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 و توصیه موسسه تحقیقات برنج کشور در سه مرحله؛ پس از نشاکاری و استقرار گیاهچه‌ها، حداکثر پنجه‌زنی و گرده‌افشانی به خاک افزوده شدند. آبیاری کرت‌ها به صورت غرقابی و وجین علف‌های هرز در سه مرحله و به صورت دستی انجام شد. جهت کنترل کرم ساقه‌خوار و کرم برگخوار برنج از سم دیازینون (Diazinon) پنج درصد در سه مرحله و در هر مرحله به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. 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، آبستنی و شیری شدن دانه‌ها با استفاده از سم‌پاش موتوری پشتی Mieki Engine, F-780, Japan با فشار ۰/۲ بار انجام گرفت. مکمل‌های کود آلی مورد استفاده در این آزمایش علاوه بر عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، حاوی اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدهای با وزن مولکولی پایین، مقدار کمی پروتئین‌های زنجیره کوتاه و برخی عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاه هستند (جدول ۲).

برای اندازه‌گیری تعداد پنجه بارور در بوته و تعداد دانه پر در خوشه، از هر تیمار ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات یاد شده در آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، با مشاهده علائم رسیدگی (مرحله ۹۴ کدبندی زیداکس)، برداشت از فضای چهار مترمربع میان هر کرت و با رعایت اثر حاشیه انجام و عملکرد دانه بر مبنای ۱۴ درصد رطوبت محاسبه شد. برای تعیین عملکرد زیستی، بوته‌های برداشت شده در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون خشکانده و پس از توزین، به کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه از هر تیمار سه نمونه (۱۰۰۰ بذر) به طور تصادفی تهیه و توزین شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن اندام‌های گیاهی، در سه مرحله از طول دوره رشد گیاه و همچنین در زمان برداشت، سه بوته با رعایت اثر 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 گرفت (Habibi, 2013). شاخص برداشت نیتروژن و کارآیی جذب نیتروژن نیز با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Lopez-Bellido *et al*., 2005; Fan *et al*., 2004):

$$\text{شاخص برداشت نیتروژن (NHI)} = \frac{N_g}{N_p} \times 100 \qquad (۱)$$

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the tested soil

بافت خاک Soil texture	اجزای بافت خاک Soil components (%) رس Clay	شن Sand	سیلت Silt	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	O.C (٪)	Total N (٪)	P_2O_5 (mg)	K ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)
رسی Clay	60	19	21	6.6	0.98	2.03	0.18	19.6	205	90.6	81.1

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

Table 2. Component of organic fertilizer complements used in the experiment

Components	عناصر تشکیل دهنده	واحد Unit	آمینول فورته Aminol Forte	فسنوترن Fosnutren	کادوستیم Kadostim
N	نیتروژن	%	1.1	3.8	5.0
P	فسفر	%	-	6.0	-
K	پتاسیم	%	-	-	6.0
Organic matter	مواد آلی	%	2.0	2.0	2.0
Free amino acids complex	کمپلکس اسیدهای آمینه آزاد	$mg.l^{-1}$	3750	3750	3750
Fe	آهن	$mg.kg^{-1}$	2.0	4.9	5.2
Mg	منیزیم	$mg.kg^{-1}$	55	55	150
Zn	روی	$mg.kg^{-1}$	1.25	2.1	1.18
B	بُر	$mg.kg^{-1}$	60	58	245

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

$$\text{کارآیی جذب نیتروژن (UPE)} = \frac{Ng}{Nf} \qquad (۲)$$

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

میزان آمیلوز دانه‌های برنج با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد (Juliano, 1971). داده‌های مربوط به صفاتی که به صورت درصد محاسبه شده بودند، به زاویه ($ArcSin\sqrt{x}$) تبدیل و سپس تجزیه واریانس شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که رقم و تیمارهای کودی دارای اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته بودند (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در رقم هاشمی (با میانگین ۱۴۸/۶ سانتی‌متر) و کمترین آن در رقم خزر (با میانگین ۱۳۰/۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی با میانگین ۱۵۰/۳ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که بهبود شرایط تغذیه‌ای و فراهم شدن عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاه، باعث افزایش ارتفاع بوته بخصوص در رقم هاشمی نسبت به رقم خزر گردید. گزارش شده است که محلول‌پاشی کودهای حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ارتفاع بوته را نسبت به شاهد و نیز محلول‌پاشی با غلظت سه در هزار افزایش داد (Soodaie Mashaei *et al.*, 2010).

درصد باروری پنجه: نتایج نشان داد که رقم هاشمی با میانگین ۹۷ درصد بیشترین درصد باروری پنجه را داشت (جدول ۴). در آزمایشی که اثر محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در برنج مورد بررسی قرار گرفت، بیشترین درصد باروری پنجه‌ها از تیمار محلول‌پاشی نیتروژن به دست آمد (Asadi, 2010).

طول خوشه: نتایج نشان داد که رقم هاشمی با میانگین طول خوشه ۳۱/۴ سانتی‌متر نسبت به رقم خزر

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

Table 3. Analysis of variance for morphological traits, yield and yield components in rice (*cv*. Khazar and Hashemi) in chemical fertilizer and organic fertilizer complements

S.O.V	منابع تغییرات	میانگین مربعات Mean Square								
		درجه آزادی d.f	درصد باروری پنجه‌ها Tillers fertility	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	دانه پر در خوشه No. filled grain.panicle^{-1}	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	شاخص برداشت Harvest index
Replication	بلوک	2	0. 00228	58. 811093	16. 10629	21. 186520	2. 369535	181447.800	0. 00762363	1. 15733
(A)Rice cultivar	رقم برنج (A)	1	0.000408 *	2498. 151253 **	37. 52008 **	665. 994083 **	30270045.0**	221696.858 ns	0. 23126520 ns	97. 20000 **
Fertilizer treatments (B)	تیمارهای کودی (B)	4	0. 00012 ns	432. 534387 **	5. 36735*	389. 709642 **	47194879.1 **	1668699.096 **	2. 41450758 **	19. 66083*
Interaction (A×B)	اثر متقابل (A×B)	4	0. 00010 ns	60. 934387 ns	0. 77002 ns	86. 493892 **	1323713.3 ns	111255.239 ns	0. 0873262 ns	7. 57583 ns
Error	خطای آزمایشی	18	0. 00039	49. 862056	1. 35065	16. 134961	801824.2	102083.974	0. 9511086	0. 00015
CV (%)	ضریب تغییرات		2.1	5.1	3.8	5.4	6.8	6.6	1.1	5.9

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

ns, * and **: Non-significant, significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی

Table 4. Mean comparison of morphological traits, yield and yield components in rice (*cv*.Khazar and Hashemi) in treatments of chemical fertilizers and organic fertilizer complements

Rice cultivar	رقم برنج	درصد باروری پنجه Tillers fertility (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	دانه پر در خوشه No. filled grain.panicle^{-1}	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
Khazar	خزر	94.5b	130.3b	29.2b	69.9b	1408.8b	30.7a
Hashemi	هاشمی	97 a	149.6a	31.4a	79.3a	12073.8a	28.9b

Fertilizer treatments	تیمارهای کودی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	دانه پر در خوشه No. filled grain. panicle^{-1}	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
Complete chemical fertilizer (B_1)	کود شیمیایی کامل (B_1)	145.0a	31.1a	81.6a	15544.5a	5264.7a	27.77a	28.6a
Chemical fertilizer + organic fertilizer complements (B_2)	کود شیمیایی کامل+ سه مکمل کود آلی (B_2)	150.3a	31.4a	80.7a	15619.1a	5371.1a	27.75a	30.2a
50% chemical fertilizer + organic fertilizer complements (B_3)	۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی (B_3)	139.8ab	30.5ab	78.6bc	14058.3b	5027.7a	27.78a	30.4ab
Organic fertilizer complements (B_4)	سه مکمل کود آلی (B_4)	130.9b	29.2b	68.0bc	10230.3c	4270.9b	26.72b	30.8b
Control (B_5)	شاهد (بدون مصرف کود (B_5)	131.3b	29.6b	63.9c	9939.3c	4300.4b	26.57b	29.1b

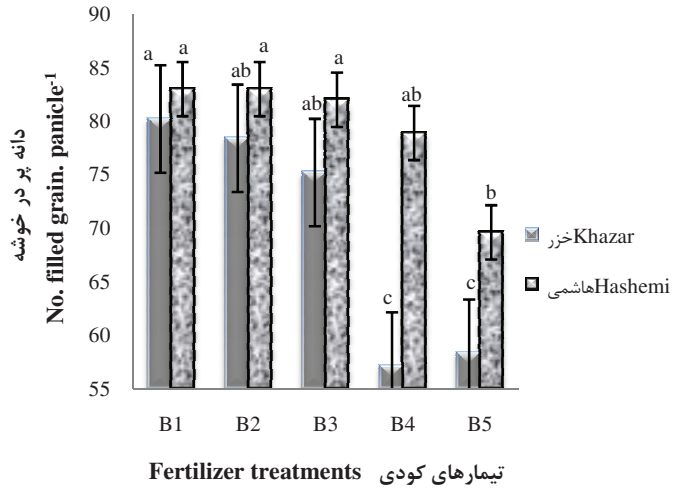
Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level.

میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

(میانگین ۲۹/۲ سانتی‌متر) برتری داشت. در بین تیمارهای کودی، تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بیشترین طول خوشه (۳۱/۴ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۴). تأثیر مثبت تیمار کودی کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بر صفت طول خوشه را می‌توان ناشی از نقش عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در رشد گیاه، بهبود فرآیندهای فتوسنتزی، تثبیت نیتروژن دانست (Fairhurst *et al.*, 2007). گزارش شده است که مصرف عناصر پرمصرف همراه با عناصر کم‌مصرف باعث افزایش طول خوشه در برنج می‌شود (Shokri Vahed, 2009).

تعداد دانه پر در خوشه : نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که رقم و تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه پر در خوشه داشتند (جدول ۳). رقم هاشمی با میانگین ۷۹ دانه پر در خوشه نسبت به رقم خزر (با میانگین ۷۰ دانه پر در خوشه) برتری داشت ... مقایسه میانگین کودها نیز نشان داد تیمار کود شیمیایی کامل با میانگین ۸۲ دانه پر در خوشه نسبت به سایر تیمارهای کودی برتر بود (جدول ۴). همچنین تیمار کود شیمیایی کامل همراه با سه مکمل کود آلی در رقم هاشمی بیشترین تعداد دانه پر در خوشه (با میانگین ۸۳ دانه) و سه مکمل کود آلی در رقم خزر کمترین تعداد دانه پر در خوشه (با میانگین ۵۷ دانه) را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). به نظر می‌رسد که فراهم بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد باعث بهبود انتقال مواد پرورده به سمت دانه شده و این موضوع باعث پر شدن تعداد بیشتری از دانه‌ها در خوشه و در نتیجه افزایش تعداد دانه پر در خوشه شده است. گزارش شده است که محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله آبستنی باعث افزایش تعداد دانه پر در سنبله گندم شد و دلیل آن افزایش تعداد گلچه‌های بارور در هر سنبلچه بوده است (Borjian and Emam, 2000). حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی گندم با عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در مراحل پنجه‌زنی، آبستنی و شیری شدن دانه، باعث افزایش تعداد دانه پر در سنبله شد. در آزمایش نامبردگان بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار محلول‌پاشی در هر سه مرحله بدست آمد.

عملکرد زیستی: نتایج نشان داد که رقم و تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر عملکرد زیستی داشتند (جدول ۳). رقم خزر با میانگین ۱۴۰۸۲/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم هاشمی با میانگین ۱۲۰۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد زیستی را داشتند (جدول ۴). علت این موضوع را می‌توان پر پنجه بودن و دارا بودن رشد رویشی بیشتر رقم خزر نسبت به رقم هاشمی دانست. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کودی کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بالاترین عملکرد زیستی (۱۵۶۱۹/۱ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد و کمترین عملکرد زیستی



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم بر تعداد دانه پر در خوشه دو رقم برنج در تیمارهای کودی.

Figure 1. Interaction of fertilizer treatments × cultivar on No. filled grain. panicle^{-1} of two rice cultivars in fertilizer treatments ($B_{1=}$ Complete chemical fertilizer; $B_{2=}$ Chemical fertilizer + organic fertilizer complements; $B_{3=}$ 50% of chemical fertilizer + organic fertilizer complements; $B_{4=}$ Organic fertilizer complements; $B_{5=}$ Control).

(۹۹۳۹/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد زیستی در تیمارهای کودی ناشی از افزایش تعداد پنجه (با میانگین ۲۰/۳ پنجه بارور در بوته) و ارتفاع بوته (با میانگین ۱۵۰/۳ سانتی‌متر) باشد. یاسین و همکاران (Yassen *et al.*, 2010) گزارش کردند که محلول‌پاشی گندم با محلول یک درصد اوره و عناصر کم‌مصرف (روی، آهن و منگنز) باعث افزایش ۹ درصدی عملکرد زیستی و محلول‌پاشی با سه عنصر کم‌مصرف (روی، آهن و منگنز) باعث افزایش ۱۲ تا ۳۵ درصدی عملکرد زیستی شد. افزایش ۱۲ درصدی مربوط به محلول‌پاشی آهن و افزایش ۳۵ درصدی مربوط به مصرف توأم سه عنصر کم‌مصرف بود. محلول‌پاشی گندم با نیتروژن، فسفر و پتاسیم و مجموع عناصر کم‌مصرف در سه مرحله پنجه‌زنی، به ساقه رفتن و آبستنی بیشترین عملکرد زیستی (۴۸۳۳ کیلوگرم در هکتار) را داشت و کمترین مقدار آن (۱۳۳۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود (Arif *et al.*, 2006). سلیمانی (Soleimani, 2006) نیز افزایش عملکرد زیستی را به ترتیب با محلول‌پاشی برگی روی و منگنز در گندم گزارش کرد. به نظر ایشان عناصر کم‌مصرف با افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه و افزایش وزن هزار دانه گندم باعث افزایش عملکرد زیستی می‌شوند که علت این موضوع را می‌توان به تأثیر مثبت عناصر کم‌مصرف در افزایش دسترسی و جذب سایر عناصر غذایی که باعث بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شوند، نسبت داد.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای کودی نیز نشان داد تیمار کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی با میانگین ۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشت و کمترین عملکرد دانه (۴۲۷۱ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار سه مکمل کود آلی به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه به علت تأثیر مثبت محلول‌پاشی بر افزایش فعالیت فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد پرورده از برگ‌ها به دانه باشد. گزارش شده است که محلول‌پاشی برنج با نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی بیشترین عملکرد دانه را داشت و باعث افزایش ۵۵ درصدی عملکرد دانه شد (Asadi, 2010). علی و همکاران (Ali *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی برنج با سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد که نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داشت. جین و همکاران (Jin *et al.*, 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی برنج با آهن و بُر باعث افزایش غلظت این عناصر در گیاه شد، اما تأثیری بر عملکرد دانه نداشتند.

وزن هزار دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای کودی دارای اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین کودها نشان داد که تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی بیشترین وزن هزار دانه را تولید کرد (۲۷/۸ گرم) و کمترین وزن هزار دانه (۲۶/۵ گرم) نیز از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کمبود عناصر غذایی در طول فصل رشد اثر منفی بر تجمع مواد پرورده در دانه و در نتیجه وزن دانه داشته و باعث کوچک و کم‌وزن شدن دانه‌ها گردید. وزن هزار دانه یکی از پایدارترین خصوصیات به شمار می‌رود که معمولاً تحت تأثیر عوامل محیطی و زراعی قرار نمی‌گیرد (De Datta, 1986; Kalita *et al.*, 1995). برجیان و امام (Borjian and Emam, 2000) در آزمایش محلول‌پاشی پیش از گلدهی اوره در گندم گزارش کردند که میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت. عزیزی و امینی‌دهقی (Azizi and Amini Dehaghi, 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی در مراحل پنجه‌زنی و به ساقه رفتن گندم، اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت، اما همانترانجان و گری (Hemantaranjan and Gray, 1988) گزارش کردند که در اثر مصرف آهن و روی، کربوهیدرات‌ها و پروتئین دانه افزایش یافته و توأم با آن، وزن هزار دانه نیز افزایش یافت. در آزمایش شکری‌واحد (Shokri Vahed, 2009) حداکثر وزن صد دانه برنج رقم هاشمی (۲/۷۴ گرم) از مصرف مجموعه عناصر کم‌مصرف با غلظت‌های ۲ و ۴ در هزار و کمترین آن از تیمار شاهد (۲/۵۳ گرم) به دست آمد.

شاخص برداشت: نتایج نشان داد که رقم و ترکیبات کودی دارای اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت بودند (جدول ۳). رقم خزر با میانگین شاخص برداشت ۳۰/۷ درصد نسبت به رقم هاشمی با میانگین ۲۸/۹ درصد، برتری داشت. مقایسه میانگین کودها نیز نشان داد که تیمار سه مکمل کود آلی بالاترین شاخص برداشت (۳۰/۸

جدول ۵- تجزیه واریانس خصوصیات کیفی دانه دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی
Table 5. Analysis of variance for grain quality properties in rice (*cv*.Khazar and Hashemi) in treatments of chemical fertilizers and organic fertilizer complements

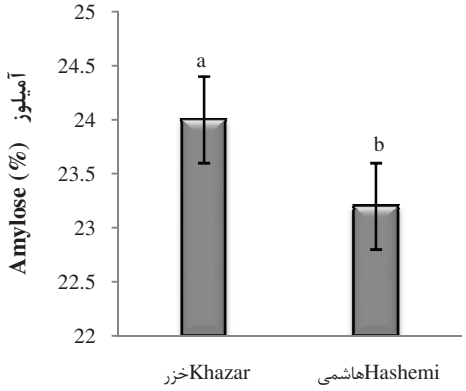
S.O.V	منابع تغییرات	Mean square میانگین مربعات			
		درجه آزادی d.f	میزان آمیلوز Amylose content	دمای ژلاتینی شدن GT	طویل شدن دانه Grain elongation
Replication	بلوک	2	0. 64969	0. 18433	0. 01174333
Rice cultivar (A)	رقم برنج (A)	1	5. 90520 **	0. 00300 ns	0. 00408333 ns
Fertilizer treatments (B)	تیمارهای کودی (B)	4	0. 75038 *	0. 06866 ns	0. 03961333 ns
Interaction (A×B)	اثر متقابل (A×B)	4	0. 02355 ns	0. 03133 ns	3. 7547117 ns
Error	خطای آزمایش	18	0. 21218	0. 04655	0. 05512111
CV (%)	ضریب تغییرات		1.9	5.1	15.6

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.
ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1 % probability levels, respectively.

درصد) را داشت و کمترین شاخص برداشت (۲۸/۶ درصد) از تیمار کود شیمیایی کامل بدست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که اگرچه مصرف مکمل‌های کود آلی باعث افزایش عملکرد زیستی می‌شود، اما به دلیل پایین بودن قدرت انتقال مواد پرورده به دانه‌ها به دلایلی از جمله پایین بودن قدرت مخزن، ظرفیت پایین مخزن و پایین بودن فعالیت مخزن، پایین باقی می‌ماند. شاخص برداشت تحت تأثیر عملیات زراعی و بخصوص مصرف کود نیتروژن قرار می‌گیرد (Emam and Niknehad, 1994). زبارت و شرد (Zebarth and Sheard, 1992) گزارش کردند که افزایش شاخص برداشت با مصرف دیرهنگام محلول‌پاشی نیتروژن، ممکن است به علت کاهش رشد ساقه، برگ و وزن خشک آن‌ها باشد. آن‌ها همچنین بیان کردند که شاخص برداشت تحت تأثیر زمان کوددهی نیز قرار می‌گیرد، به طوری که با مصرف پس از گلدهی نیتروژن، شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد. بر همین اساس شاخص برداشت نیتروژن در تیمارهای محلول‌پاشی در آزمایش حاضر نیز افزایش نشان داد.

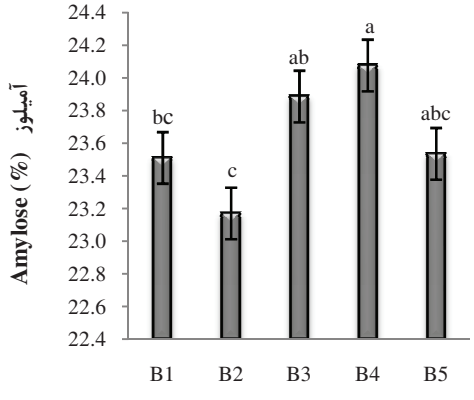
محتوای آمیلوز دانه: نتایج نشان داد که رقم و تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر میزان آمیلوز دانه داشتند (جدول ۵). رقم خزر بیشترین (با میانگین ۲۴ درصد) و رقم هاشمی کمترین (با میانگین ۲۳/۲ درصد) میزان آمیلوز را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). رقم خزر اساساً دارای محتوای آمیلوز بیشتری نسبت به رقم هاشمی است. تیمار کودی سه مکمل کود آلی با میانگین ۲۴/۱ درصد بیشترین و تیمار کودی کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی با میانگین ۲۳/۲ درصد کمترین میزان آمیلوز را داشتند (شکل ۳). محلول‌پاشی دو رقم برنج Basmati 307 و IR-8 نشان داد که در رقم Basmati 307، حداکثر میزان آمیلوز از محلول‌پاشی نیتروژن تا زمان برداشت (بدون مصرف پایه نیتروژن) و حداقل آن از یک بار محلول‌پاشی نیتروژن پس از ظهور گل آذین (بدون مصرف نیتروژن پایه) به دست آمد. در رقم IR-8 نیز حداکثر میزان آمیلوز از محلول‌پاشی نیتروژن تا زمان برداشت (بدون مصرف پایه نیتروژن) و حداقل آن از محلول‌پاشی نیتروژن تا ۴ هفته پس از ظهور گل آذین همراه با مصرف خاکی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد (Kaul and Raghaviah, 1975).

شاخص برداشت نیتروژن و کارآیی جذب نیتروژن: نتایج نشان داد که رقم و تیمارهای کودی دارای اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن بودند (جدول ۶). رقم هاشمی با میانگین ۴۹/۱ درصد بیشترین و رقم خزر با میانگین ۴۱/۱ درصد، کمترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند. ترکیب کودی 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 کود شیمیایی کامل به دست آمد (جدول ۷). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم برای صفت مورد نظر 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. کمترین شاخص برداشت نیتروژن (با میانگین ۳۷/۳ درصد) نیز از کود شیمیایی کامل در رقم خزر بدست آمد (جدول ۸). در ارقام محلی برنج به دلیل وجود صفاتی از جمله زودرسی، پیری سریع و ریزش برگ‌های پایینی، مقدار



شکل ۲- مقایسه میانگین میزان آمیلوز دانه دو رقم برنج در تیمارهای کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی.

Figure 2. Mean comparison of amylose content in Khazar and Hashemi cultivars in treatments of chemical fertilizers and organic fertilizer complements.



شکل ۳- اثر تیمارهای کودی بر میزان آمیلوز دانه دو رقم برنج.

Figure 2. Effect of fertilizer treatments on grain amylose content of two rice cultivars ($B_{1=}$ Complete chemical fertilizer; $B_{2=}$ Chemical fertilizer + organic fertilizer complements; $B_{3=}$ 50% of chemical fertilizer + organic fertilizer complements; $B_{4=}$ Organic fertilizer complements; $B_{5=}$ Control).

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

Table 6. Analysis of variance for Nitrogen use efficiency in rice (*cv*.Khazar and Hashemi) in treatments of chemical fertilizers and organic fertilizer complements

Source of Variation	منابع تغییرات	میانگین مربعات Mean square		میانگین مربعات Mean square	
		درجه آزادی d.f	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen index harvest	درجه آزادی d.f	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency
Replication	بلوک	2	0.3735979	2	1.4804181
Rice cultivar (A)	رقم برنج (A)	1	481.7856576 **	1	9.3585801 **
Fertilizer treatments (B)	تیمارهای کودی (B)	4	65.3168569 **	2	66.7508061 **
Interaction (A×B)	اثر متقابل (A×B)	4	8.0450655 **	2	2.2370474**
Error	خطای آزمایشی	18	1.5605950	10	0.4143347
CV (%)	ضریب تغییرات		2.8		2.9

ns، * و ** : به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1 % probability levels, respectively.

نیتروژن بیشتری به سمت خوشه منتقل می‌شود و در نتیجه این ارقام، دارای قدرت انتقال مجدد بیشتری هستند (Kazemi Poshtmassari *et al*., 2007).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم و تیمارهای کودی نیز دارای اثر معنی‌داری بر کارآیی جذب نیتروژن بودند (جدول ۶). رقم هاشمی بیشترین (۲۳/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) و رقم خزر کمترین (۲۱/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی جذب نیتروژن را داشتند. تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی با میانگین ۲۶/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار آن (۲۰/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار کود شیمیایی کامل بدست آمد (جدول ۷). اثر متقابل تیمارهای کودی × رقم نیز بر کارآیی جذب نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با سه مکمل کود آلی در رقم هاشمی بیشترین (۲۷/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کود شیمیایی کامل در رقم خزر کمترین (۲۰/۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی جذب 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

Table 7. Mean comparison of nitrogen use efficiency in rice (*cv*.Khazar and Hashemi) in treatments of chemical fertilizers and organic fertilizer complements

Rice cultivar	رقم برنج	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest Index (%)	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)
Khazar	خزر	41.1b	21.9b
Hashemi	هاشمی	49.1a	23.3a
Fertilizer treatments	**تیمارهای کودی**	**شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest Index (%)**	**کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)**
Complete chemical fertilizer (B_1)	کود شیمیایی کامل (B_1)	40.1c	20.3b
Chemical fertilizer + organic fertilizer complements (B_2)	کود شیمیایی کامل+ سه مکمل کود آلی (B_2)	44.0b	21.0b
50% chemical fertilizer + organic fertilizer complements (B_3)	۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی (B_3)	45.3b	26.4a
Organic fertilizer complements (B_4)	سه مکمل کود آلی (B_4)	48.3a	-
Control (B_5)	شاهد (بدون مصرف کود) (B_5)	47.8a	-

میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level.

میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level.

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

Table 8. Interaction of fertilizer treatments × cultivar on Nitrogen harvest index and nitrogen uptake efficiency in rice (*cv*.Khazar and Hashemi) in chemical fertilizer treatments and organic fertilizer complements

Fertilizer treatments	تیمارهای کودی	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest Index	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)
Khazar × complete chemical fertilizers (A_1B_1)	خزر× کود شیمیایی کامل (A_1B_1)	37.3d	20.0d
Khazar × complete chemical fertilizers & organic fertilizer complements (A_1B_2)	خزر× (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) (A_1B_2)	39.5d	20.4d
Khazar × 50% chemical fertilizers & organic fertilizer complements (A_1B_3)	خزر × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی) (A_1B_3)	42.5c	25.2b
Khazar × organic fertilizer complements (A_1B_4)	خزر × سه مکمل کود آلی (A_1B_4)	43.8c	-
Khazar × control (A_1B_5)	خزر × بدون مصرف کود (A_1B_5)	42.4c	-
Hashemi × complete chemical fertilizers (A_2B_1)	هاشمی × کود شیمیایی کامل (A_2B_1)	42.9c	20.6d
Hashemi × complete chemical fertilizers & organic fertilizer complements (A_2B_2)	هاشمی × (کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی) (A_2B_2)	48.6b	21.7c
Hashemi × 50% chemical fertilizers & organic fertilizer complements (A_2B_3)	هاشمی × (۵۰ درصد کود شیمیایی + سه مکمل کود آلی) (A_2B_3)	48.2b	27.6a
Hashemi × organic fertilizer complements (A_2B_4)	هاشمی × سه مکمل کود آلی (A_2B_4)	52.8a	-
Hashemi × control (A_2B_5)	هاشمی × بدون مصرف کود (A_2B_5)	53.2a	-

رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh *et al*., 2010) در بررسی مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) گزارش کردند که تیمار شاهد (صفر) با ۲۹/۸۰ کیلوگرم بر کیلوگرم حداکثر کارآیی جذب و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن کمترین (۲۸/۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارآیی جذب نیتروژن در گندم را داشتند.

بر اساس نتایج آزمایش حاضر به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز برنج، روشی مؤثر در کاهش کود مصرفی در شالیزار و هدرروی آن باشد. به علاوه جذب سریع عناصر در این روش در مراحل مهم رشد گیاه، باعث بهبود صفاتی چون طول خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، عملکرد دانه، کارآیی جذب نیتروژن و خصوصیات کیفی دانه برنج می‌شود. ترکیب کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی با میانگین ۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشت که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت محلول‌پاشی بر صفات مهم گیاه برنج از جمله سطح برگ، تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه پر در خوشه باشد. به نظر می‌رسد که اسیدهای آمینه و سایر عناصر موجود در مکمل‌های آلی پس از ورود به درون گیاه، به راحتی وارد سلول‌های گیاه شده و در فرآیندهای متابولیکی گیاه شرکت می‌کنند. در بین تیمارهای آزمایشی، تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی کامل + سه مکمل کود آلی، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن را داشت. بالاتر بودن صفت شاخص برداشت نیتروژن نشان‌دهنده کارآمد بودن فرآیندهای انتقال مواد درون بافت‌های گیاهی است. هر چه مقدار کارآیی جذب نیتروژن بالاتر باشد به این معنی است که گیاه مقدار بالاتری از کود نیتروژن مصرف شده را جذب کرده و از کود نیتروژن مصرفی استفاده کارآمدتری داشته است. با توجه به اینکه مکمل‌های کود آلی مورد استفاده، دارای عناصر کم‌مصرف از جمله روی (به میزان ۱/۲۵، ۲/۱۰ و ۱/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در آمینول‌فورته، فسنوترن و کادوستیم) نیز بودند (جدول ۲)، به نظر می‌رسد که بخشی از اثرات آن‌ها به علت وجود عناصر کم‌مصرف از جمله عنصر روی باشد. در شرایط آزمایش حاضر رقم هاشمی از نظر انواع کارآیی‌های نیتروژن بر رقم خزر برتری داشت که این موضوع نشان‌دهنده قابلیت مناسب این رقم برای افزایش کارآیی مصرف کود نیتروژن می‌باشد. استفاده توأم از کود شیمیایی و مکمل‌های کود آلی نیز باعث بهبود صفات اندازه‌گیری شده در هر دو رقم برنج مورد ارزیابی گردید. مصرف ترکیب کودهای شیمیایی و مکمل‌های کود آلی در بهبود صفات گیاهی مؤثر بوده و حتی در برخی صفات اثرات مطلوب‌تری نسبت به مصرف کودهای شیمیایی در مقادیر زیاد دارند. در مجموع می‌توان اظهار داشت که روش محلول‌پاشی عناصر غذایی، علاوه بر کاهش تلفات کودها، به علت جذب سریع برگی باعث بهبود صفات گیاهی می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسئولین، کارشناسان و تکنسین‌های بخش‌های اصلاح بذر و فنی- مهندسی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) که در اجرای این پژوهش مساعدت شایانی مبذول داشتند و همچنین شرکت ایناگروپارس، جهت تأمین مکمل‌های کودی مورد آزمایش، سپاسگزاری می‌شود.

References

Ali, A., Salim, M., Zia, M. S., Mahmood, I. A. and Shahzad, A. 2005. Performance of rice as affected by foliar application. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences** 42 (1-2): 38-41.

Arif, M., Chohan, M. A., Ali, S., Gul, R. and Khan, S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. **Journal of Agricultural and Biological Science** 1: 30-34.

Asadi, S. 2010. Effects of supplement foliar application of nitrogen and potassium on grain yield and yield components of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). MSc. Dissertation, University of Guilan, Iran. (In Persian).

Ashiono, G. B., Gatuika, S., Mwangi, P. and 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.

Azizi, Kh. and Amini Dehaghi, M. 2008. The effects of zinc foliar application on grain yield and yield components of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khorram Abad, Lorestan province. **Journal of Daneshvar Agricultural Sciences** 1 (1): 23-34. (In Persian).

Bahmanyar, M. A. and Ahmadian, S. H. 2003. The interactive effects of potassium and zinc on growth and yield of rice (Tarom). **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Caspian** 1 (3): 27-40. (In Persian).

Borjian, A. and Emam, Y. 2000. Effect of pre-anthesis urea foliar application on yield, yield components and grain protein content of two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences** 2 (1): 153-160. (In Persian).

Chauhan, Y. S., Apphun, A., Singh, V. K. and Dwivedi, B. S. 2004. Foliar sprays of concentrated urea at maturity of pigeon pea to induce defoliation and increase its residual benefit to wheat. **Field Crops Research** 89: 17-25.

Christensen, P. 2005. Foliar fertilization in vine mineral nutrient management programs. Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium. American Society of Enology and Viticulture, Davis, CA. USA. 83-90.

De Datta, S. K. 1986. Improving nitrogen fertilizer efficiency in lowland rice in tropical Asia. **Fertilization Research** 9: 171-186.

Dunn, D., Stevens, G. and Kendig, A. 2005. Boron fertilization of rice with soil and foliar applications. **Crop Management** 10. 1094.

Emam, Y. and Niknejad, M. 1994. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press. pp: 576. (In Persian).

Fairhurst, T., Buresh, R. and 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.

Fan, X., Li, F., Lin, F. and 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.

Gupta, U. C., Kening, W. and Siyuan, L. 2008. Micronutrients in soils, crops, and livestock. **Earth Science Frontiers** 15 (5): 110–125.

Hemantaranjan, A. and Gray, O. K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Nutrition** 11: 1439-1450.

Habibi, F. 2013. Experimental methods for measuring quality characteristic in rice grain. Rice Research Institute of Iran. 27 pp. (In Persian).

Hussain, N., Aslam-Khan, M. and Amjad Javed, M. 2005. Effect of foliar application of plant micronutrient mixture on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences** 8 (8): 1096-1099.

Jamal, Z., Hamayun, M., Ahmad, N. and Chaudhary, M. F. 2006. Effect of soil and foliar application of different concentration of NPK and foliar application of NH_2SO_4 on different yield parameters in wheat. **Journal of Agronomy** 5 (2): 251-256.

Jin, Z., Minyan, W., Lianghuan, W., Jiangguo, W. and 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.

Juliano, B. O. 1971. Rice: Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists. Incorporated Saint Paul, Minnesota, USA. 774 pp.

Kalita, U., Ojha, N. J. and Talukdar, M. C. 1995. Effects of levels and time of potassium application to rice and wheat in salt affected soils. **Technique** 8: 19-30.

Kaul, A. K. and Raghaviah, P. 1975. Influence of nitrogen fertilization on some nutritional quality characters in rice. **Plant Foods for Human Nutrition** 24 (3-4): 391-403.

Kazemi Poshtmassari, H., Pirdashti, H., Bamanyar, M. A. and 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. **Pajouhesh & Sazandegi** 70: 68-77. (In Persian).

Kline, Ch. 2008. Jump start your plants. The growing edge. Retrieved May/June 2008. From www.growingedge.com.

Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J. and Redondo, R. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. **Field Crops Research** 94 (1): 86–97.

Malakouti, M. J. 2008. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 32: 215-220.

Parker, D. R. 1997. Response of six crop species to zinc solution activities buffered with HEDTA. **Soil Science Society of America Journal** 61: 167-176.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A. R. and Nassiri-Mahallati, M. 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preeceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. **Australian Journal of Crop Sciences** 4 (5): 363-368.

Sharief, A. E., El-Kalla, S. E., El-Kassaby, A. T., Ghonema, M. H. and Abdo, G. M. Q. 2006. Effect of bio-chemical fertilization and times of nutrient foliar application on growth, yield and yield components of rice. **Journal of Agronomy** 5: 212-219.

Shokri Vahed, H. 2009. The effects of foliar supplements of micronutrients on yield and yield components of Hashemi rice cultivar. Final Project Report, Rice Research Institute of Iran. (In Persian).

Singh, Y. V., Singh, B. V., Pabbi, S. and 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.

Soleimani, R. 2006. The effects of integrated application of micronutrient on wheat in low organic carbon conditions of alkaline soils of western Iran. Proceeding of 18th World Congress of Soil Science. 9-15 July, 2006. Philadelphia, USA.

Soodaie Mashaei, S., Mohammadian, M., Karbalaei, M. T. and Fallah, F. 2010. Study the efficiency of foliar application effects of nutrient-included fertilizers and growth promoting fertilizers on yield and yield components of rice. Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress. 24-26 July, 2010. Tehran, Iran. (In Persian).

Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. and Magda Mohamed, H. 2006. Comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**. 2: 37-46.

Ved, R., Misra, S. K. and Upadhyay, R. M. 2002. Effects of sulphur, zinc on quality characteristics of mung bean. **Indian Journal of Pulses Research** 2: 139-141.

Yassen, A., Abou El-Nour, E. A. A. and shedeed, S. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. **Journal of American Science** 6 (9): 14-22.

Zebarth, B. J. and Sheard, R. W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science** 72: 13-19**.**

Effect of foliar application of organic fertilizer complements on grain yield, yield components and quality in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars

Mahboobeh Ashoori[1], Masoud Esfahani[2*], Shapour Abdollahi[3] and Babak Rabiei[4]

1, 2 and 4. Former M.Sc. Student, Assoc. and Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 3. Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII)

(Received: April 9, 2013- Accepted: October 14, 2013)

Abstract

To evaluate the effect of organic fertilizer complements application (Aminol Forte, Fosnutren and Kadostim) on grain yield, milling properties and nitrogen use efficiency of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, a field experiment in factorial layout and randomized complete block design with 10 treatments and 3 replications was conducted at Rice Research Institute of Iran in 2009. Treatments included: fertilizer in 5 levels [complete chemical fertilizer (for *cv.* Khazar: nitrogen 90, phosphorus 45 and potassium 75 kg.ha^{-1} and for *cv.* Hashemi: nitrogen 60, phosphorus 30 and potassium 50 kg.ha^{-1}, respectively, complete chemical fertilizer + organic fertilizer complements (Aminol Forte, Fosnutren and Kadostim one l.ha^{-1} as a foliar application in tillering, booting and milk stages), 50% of chemical fertilizer + organic fertilizer complements, organic fertilizer complements and control (no fertilizer application)] and two rice cultivars (*cv*. Khazar and Hashemi). Traits that been measured were; grain yield and yield components, morphological characteristics, milling properties and nitrogen use efficiency. Results indicated that experimental treatments had a significant effect on the tillers fertility, number of filled grain. panicle^{-1}, grain yield and 1000 grain weight. In this traits, complete chemical fertilizer and complete chemical fertilizer + organic fertilizer complements treatments had had similar effects and lowest amount obtained from organic fertilizer complements and control (no fertilizer application) treatments. The highest grain yield **(**5371 kg.ha^{-1}**)** obtained in complete chemical fertilizer + organic fertilizer complements treatment. Organic fertilizer complement treatment and 50% of chemical fertilizer + organic fertilizer complement treatment showed the highest nitrogen uptake efficiency (26.4 kg.kg^{-1}) and nitrogen harvest index (48.3 %), respectively. Results indicated that organic fertilizer complements application, eliminated chemical fertilizers rate that enhanced nitrogen uptake efficiency parameters.

Keyword: Amylase, Grain yield, Nitrogen use efficiency, Organic fertilizer complements, Rice

*Corresponding author: mesfahan@yahoo.com