"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثر منبع کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در برنج (*Oryza sativa* L.) رقم شیرودی

Effect of nitrogen fertilizer source on grain yield and nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) cv. Shiroudi

محمد محمدیان[۱]، علیرضا آستارایی[۲]، امیر لکزیان[۳]، حجت امامی[۴] و مسعود کاوسی[۵]

چکیده

محمدیان. م.، ع. آستارایی، ا. لکزیان، ح. امامی و م. کاوسی. ۱۳۹۸. اثر منبع کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در برنج (*Oryza sativa* L.) رقم شیرودی. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۹۵-۸۲.**

استفاده از کود نیتروژن نقش مهمی در افزایش تولید انواع محصولات کشاورزی در سراسر جهان دارد. به منظور دستیابی به رهیافتی مؤثر در ارتقای کارایی مصرف کود نیتروژن برنج (رقم شیرودی)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: بدون مصرف نیتروژن (شاهد) (N0)، مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N1)، مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره با پوشش گوگردی (SCU) (به ترتیب N2 و N3)، مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (به ترتیب N4 و N5)، مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود سولفات آمونیوم (به ترتیب N6 و N7)، مصرف نانو کود نیتروژن+ ۵۰ درصد نیتروژن کود اوره توصیه شده (N8)، استفاده از باکتری‌های آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر (به ترتیب N9، N10 و N11) و مصرف کود طبق عرف زارع (۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره تماماً قبل از نشاکاری) (N12). نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای کودی روی عملکرد دانه، ماده خشک، شاخص برداشت، محتوای نیتروژن دانه و کاه، میزان کل جذب نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن و انواع کارایی‌های مصرف کود نیتروژن، اثر معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد دانه (۷۸٦۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم (N6) به‌دست آمد. بیشترین مقدار بهره‌وری نسبی (۱۳٦/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم)، کارایی زراعی (۳۸/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم)، کارایی بازیافت (۹۰/۸ درصد)، کارایی فیزیولوژیکی (٤۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارایی داخلی نیتروژن (٥٤/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N5) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله به دلیل افزایش میزان جذب نیتروژن باعث کاهش تلفات کود نیتروژن شده و مزیت نسبی بیشتری نسبت به سایر منابع کود نیتروژن در زراعت برنج دارد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های آزادزی، برنج، جایگذاری کود و کارایی مصرف نیتروژن.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارند اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکترای دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: astaraei@um.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۴- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۵- دانشیار موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

مقدمه

برآورد شده است که تا سال ۲۰۵۰، تقاضای جهانی برای برنج (*Oryza sativa* L.) دو برابر خواهد شد، در نتیجه میزان تولید فعلی باید سالیانه ۲/۴ درصد افزایش یابد تا نیاز غذایی جمعیت رو به رشد تامین شود (Ray *et al.*, 2013). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل کلیدی در تولید برنج است و نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه ایفا می‌کند (Hofmeier *et al.*, 2015). در طول پنج دهه گذشته، مصرف جهانی نیتروژن تقریبا هشت برابر شده است (Wu *et al.*, 2016) و پیش‌بینی می‌شود که مصرف کودهای نیتروژنی در سراسر جهان تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۴۲میلیون تن برسد (۳۷/۵ درصد افزایش نسبت به حال حاضر) (Motesharezadeh *et al.*, 2017). افزایش مصرف کود نیتروژن با کاهش کارایی مصرف نیتروژن (Nitrogen Use Efficiency, NUE) همراه خواهد بود (Hussain *et al.*, 2018). بخش زیادی از نیتروژن مصرف شده از طریق کود شیمیایی در سیستم خاک-گیاه تلف می‌شود. کارایی پایین مصرف نیتروژن در برنج غرقابی به تلفات نیتروژن در اثر آبشویی، تصعید آمونیاک (NH_3) و دنیتریفیکاسیون مربوط است. این موضوع نه تنها هزینه‌های تولید محصول را افزایش می‌دهد، بلکه باعث تهدید سلامتی انسان و پایداری زیست‌بوم‌های طبیعی می‌شود. بنابراین، بهبود مصرف نیتروژن در تولید برنج، مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توجهی برای کشاورزی در پی خواهد داشت (Fageria and Santos, 2018). کارایی مصرف نیتروژن در برنج عموماً پایین است و در گستره جهانی بین ۲۵ تا ۴۵ درصد و به طور متوسط حدود ۳۵ درصد است (Guang *et al.*, 2017). ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2008) با خلاصه کردن نتایج ۱۷۹ آزمایش گزارش دادند که میانگین کارایی بازیافت (Recovery Efficiency, RE_N)، کارایی زراعی (Agronomc Efficiency, AE_N)، کارایی فیزیولوژیک (Physiological Efficiency, PE_N)، عامل بهره‌وری نسبی (Partial Factor Productivity, PFP_N) و کارایی داخلی نیتروژن (Internal Efficiency, IE_N) به ترتیب ۲۸/۳ درصد، ۱۰/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم، ۵۴/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم، ۳۶/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم و ۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. دلیل اصلی کارایی پایین مصرف نیتروژن در گیاه برنج این است که بیشتر کشاورزان از کود نیتروژن بیش از حد، به ویژه در مرحله رویشی، استفاده می‌کنند (Peng *et al.*, 2006).

رویکردهای اصلی مدیریت نیتروژن در سامانه‌های تولید برنج عبارتند از: راهبردهای مبتنی بر خاک و گیاه. مدیریت نیتروژن با استفاده از راهبردهای خاک بستگی به نتایج آزمایش خاک و ویژگی‌های خاک دارد که وقت‌گیر بوده و بستگی به کیفیت نمونه‌برداری دارد. بعلاوه آزمون‌های خاک برای توصیه کود نیتروژن در برنج غرقابی با موفقیت چندانی همراه نیست (Prasad and Mailapalli, 2018). مقدار و زمان مناسب مصرف کود (Roberts, 2008)، روش مناسب مصرف کود (جایگذاری عمقی کودهای نیتروژنی (Redfern *et al.*, 2013) و استفاده از انواع اصلاح شده کود اوره و کودهای کندرها (Xina *et al.*, 2017)، کودهای نانو (Agrawal and Rathore, 2014)، استفاده از پتانسیل عظیم باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (Ghaffari *et al.*, 2018) از جمله گزینه‌های افزایش کارایی مصرف نیتروژن هستند.

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری و مقایسه انواع کارایی مصرف نیتروژن از منابع مختلف کود نیتروژن، اثر جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله و بررسی امکان استفاده از پتانسیل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن برای تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه برنج رقم پرمحصول شیرودی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (شهرستان آمل) در دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: بدون مصرف نیتروژن (شاهد) (N_0)، مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره (توصیه موسسه تحقیقات برنج) (N_1)(Erfani Moghaddam *et al.*, 2018)، مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره با پوشش گوگردی (SCU) (نیتروژن برابر و ۵۰ درصد کود اوره توصیه‌شده) (به ترتیب N_2 و N_3)، مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (نیتروژن برابر و ۵۰ درصد کود اوره توصیه‌شده) (به ترتیب N_4 و N_5). در این تیمار یک هفته پس از نشاکاری و زمانی که رطوبت خاک کرت‌ها به پایین‌تر از حد اشباع رسید کود اوره سوپرگرانوله در حفره‌هایی میان چهار بوته برنج در عمق هفت تا ۱۰ سانتی‌متر به صورت عمقی جایگذاری شده و حفره‌ها با گل پر شدند (Redfern *et al.*, 2013). مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود سولفات آمونیوم (نیتروژن برابر و ۵۰ درصد کود اوره توصیه‌شده) (به ترتیب N_6 و N_7) (Khalil *et al.*, 2011). مصرف نانو کود نیتروژن+ ۵۰ درصد نیتروژن کود اوره توصیه شده (N_8). نانوکود نیتروژن از شرکت سپهر پارمیس با محتوای نیتروژن ۲۵ درصد تامین شد. نانو کود در دو مرحله (اواسط پنجه‌زنی و ظهور خوشه جوان) و در هر مرحله به میزان ۲۵ لیتر در هکتار به صورت کودآبیاری مصرف شد. استفاده از باکتری‌های آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر (به ترتیب N_9، N_{10} و N_{11}). در هر یک از این سه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده از منبع اوره به خاک داده شد. در این تیمارها ابتدا مایه تلقیح باکتری‌ها به تنهایی یا مخلوط، در ظروفی ریخته شد و سپس ریشه دسته‌های گیاهچه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در آن تیمار شدند. مصرف کود طبق عرف کشاورز (۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره تماماً قبل از نشاکاری) (N_{12}).

در کلیه تیمارها ۶۹ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم K_2O از منبع سولفات پتاسیم و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به خاک داده شد (Erfani Moghaddam, *et al.*, 2018). پس از آماده کردن زمین، نمونه مرکب از خاک سطحی و از عمق شخم تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، کربن آلی خاک، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی و نیتروژن کل اندازه‌گیری شدند (Ali-Ehyaei and Behbahanizadeh, 1997) (جدول ۱). برای کاشت ۲ تا ۳ گیاهچه ۳۰ تا ۳۵ روزه برنج رقم پرمحصول شیرودی به فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۴ × ۳ متر نشاکاری شدند. سایر مدیریت‌های زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و آبیاری بر اساس توصیه‌های فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد.

اندازه‌گیری زیست‌توده و محاسبه شاخص برداشت با استفاده از روش دبرمن و فیرهورست (Dobermann and Fairhurst, 2000) انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از روش ارزیابی استاندارد (Standard Evaluation System; SES) (IRRI, 2013) استفاده شد. از دانه و کاه هر کرت نمونه فرعی تهیه و محتوای نیتروژن آن‌ها با روش کجلدال (Emami, 1996) اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 1998) تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها و جداول با استفاده از نرم‌افزار Excell صورت گرفت. تجزیه مرکب داده‌ها نیز پس از آزمایش یکنواختی میانگین مربعات خطا انجام شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

انواع کارایی‌های نیتروژن کودی مصرف شده و نیتروژن جذب شده توسط گیاه برنج با استفاده از شاخص‌های زیر محاسبه شدند. کلیه این شاخص‌ها در آزمایشات مزرعه‌ای با استفاده از روش تفاضل (Difference Method) برآورد می‌شوند. اندازه‌گیری‌ها شامل عملکرد دانه و میزان جذب کل نیتروژن در کلیه تیمارها از جمله تیمار بدون کود نیتروژن انجام شدند.

عامل بهره‌وری نسبی نیتروژن (PFP_N) (رابطه ۱): $PFP_N = GY_{+N}/FN$

کارایی زراعی (AE) کود نیتروژن (رابطه ۲): $AE_N = (GY_{+N}-GY_{0N})/FN$

کارایی بازیافت (RE) کود نیتروژن (رابطه ۳): $RE_N = (UN_{+N} - UN_{0N})/FN$

کارایی فیزیولوژیکی (PE) کود نیتروژن (رابطه ۴): $PE_N = (GY_{+N} - GY_{0N})/(UN_{+N} - UN_{0N})$

کارایی داخلی (IE) کود نیتروژن (رابطه ۵): $IE_N = GY/UN$

GY_{+N}: عملکرد دانه در تیمار با مصرف کود (کیلوگرم در هکتار)، GY_{0N}: عملکرد دانه در تیمار بدون مصرف کود، UN_{+N} و UN_{0N}: به ترتیب میزان جذب کل نیتروژن در زیست‌توده اندام‌های هوایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی در کرت‌هایی که کود نیتروژن دریافت کرده‌اند و کرت بدون مصرف کود نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار، FN: مقدار کود نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند. در کارایی داخلی، GY: عملکرد دانه هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار و UN: جذب کل نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) برای هر تیمار هستند (Dobermann and Fairhurst, 2000). بافت خاک لوم سیلتی بوده و دارای فسفر قابل جذب نسبتاً کم و پتاسیم قابل جذب متوسط بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil at the experiment site

بافت Texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	پتاسیم قابل جذب $K_{ava.}$	فسفر قابل جذب $P_{ava.}$	نیتروژن کل Total N	کربن آلی O.C.	درصد اشباع SP	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	عمق خاک Soil depth (cm)
	%			$mg.kg^{-1}$			%		$(dS.m^{-1})$		
Silty-Loam	27	53	20	178	9.9	0.25	2.55	70	1.09	7.27	0-30

مشخصات عمومی برنج رقم شیرودی شامل؛ میانگین عملکرد دانه، تعداد پنجه‌ها، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و طول دوره رشد (پس از نشاکاری) به ترتیب عبارتند از: ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۹ عدد، ۱۳۳ عدد، ۱۰۶ سانتی‌متر، ۲۶ گرم و ۱۰۴ روز. این رقم نسبت به بیماری بلاست متحمل و نسبت به آفت کرم ساقه‌خوار نسبتاً متحمل است (Omrani and Beignejad, 2011).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر محتوای نیتروژن کاه در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد دانه، ماده خشک، شاخص برداشت، محتوای نیتروژن دانه، میزان کل جذب نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین دو ساله صفات و شاخص‌های

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

اندازه‌گیری شده نشان داد که تیمار شاهد با میانگین ۵۸۱۰ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه و تیمارهای (مصرف نیتروژن توصیه شده معادل اوره از منبع سولفات آمونیوم) (N_6) با ۷۸۶۹ کیلوگرم در هکتار و مصرف نیتروژن توصیه شده معادل اوره از منبع کود SCU (N_2) و جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله با نصف نیتروژن توصیه شده معادل اوره) (N_5) با ۷۸۳۹ و ۷۸۳۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را داشتند. بین عملکرد دانه در تیمار مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_1) با تیمارهای دارای بیشترین عملکرد، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

اگرچه کود سولفات آمونیوم بالاترین عملکرد دانه را داشت، ولی تیمار N_5 با تیمار دارای بیشترین عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری نداشت و با توجه به اینکه مقدار نیتروژن مصرف شده در این تیمار نصف تیمار سولفات آمونیوم است، این تیمار به عنوان تیمار برتر شناخته شد. تغذیه نیتروژنی باعث افزایش تعداد ساقه و خوشه در مترمربع و تعداد کل خوشه‌چه شده و نشان دهنده قدرت تولید دانه در برنج هستند (Dastan *et al.*, 2011). فاجریا و همکاران (Fageria *et al.*, 2010) در آزمایش‌های کودی روی گیاه برنج، ۹۰ درصد عملکرد نسبی را به عنوان شاخص اقتصادی مورد تاکید قرار داده و از این شاخص برای محاسبه مقدار نیتروژن مناسب استفاده کردند. در آزمایش ایشان، ۹۰ درصد عملکرد نسبی (معادل ۵۷۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار) با استفاده از ۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع سولفات آمونیوم بدست آمد. در حالیکه در مورد اوره، ۹۰ درصد عملکرد نسبی (معادل ۴۸۱۱ کیلوگرم دانه در هکتار) با استفاده از ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) با ۱/۹۶ درصد، بیشترین محتوای نیتروژن دانه را داشت. کمترین محتوای نیتروژن دانه به تیمارهای شاهد (N_0) و N_5 (به ترتیب ۱/۵۷ و ۱/۶۵ درصد) اختصاص داشت. اثر تیمارهای کودی بر محتوای نیتروژن کاه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ به طوریکه تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) دارای بالاترین محتوای نیتروژن کاه بود. هنگامی که یک عنصر غذایی برای افزایش محصول مصرف می‌شود، عملکرد افزایش می‌یابد؛ اما بر اساس تجزیه شیمیایی، غلظت متوسط عنصر در برخی یا همه بافت گیاهی کمتر از بافت گیاه شاهد دارای کمبود آن عنصر، است. با فراهم شدن عنصر محدود کننده رشد، میزان نسبی بدست آمد.

ماده خشک سریع‌تر از میزان تجمع عنصر غذایی افزایش می‌یابد که باعث غلظت نهایی پایین‌تر در گیاهان تحت تیمار می‌شود. در تمام موارد، حتی اگر غلظت عنصر در بافت کاهش یافته باشد، تجمع کل که از حاصل‌ضرب غلظت در عملکرد ماده خشک بدست می‌آید، به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. این رفتار نشان می‌دهد که رشد گیاه سریع‌تر از تجمع عنصر غذایی صورت می‌گیرد (Jarrell and Beverly,1981).

پایین‌ترین میزان جذب کل نیتروژن مربوط به تیمار شاهد (N_0) به میزان ۹۷/۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بیشترین میزان جذب کل نیتروژن از تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) به میزان ۱۸۰/۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. پس از آن تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود سولفات آمونیوم (N_6) بیشترین مقدار جذب کل نیتروژن را داشت. یائو و همکاران (Yao *et al.*, 2018) گزارش دادند که در هر سه سال آزمایش، جایگذاری عمقی کود اوره، بیشترین مقدار جذب نیتروژن را نسبت به مصرف کود اوره در سطح خاک داشت. در این آزمایش مقدار تلفات تجمعی فصلی تصعید آمونیاک در جایگذاری عمقی کود اوره، تنها یک درصد از کل تلفات نیتروژن را تشکیل داد که این مقدار ۹۱ درصد کمتر از تلفات نیتروژن در اثر تصعید آمونیاک در شیوه مصرف کود اوره در سطح خاک بوده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه، ماده خشک، شاخص برداشت و محتوای نیتروژن دانه و کاه، میزان کل جذب و شاخص برداشت نیتروژن برنج در تیمارهای کود نیتروژن (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Table 2. Mean comparison of grain yield, dry matter, harvest index (HI), N contentof grain and straw, N total uptake and N harvest index in rice in nitrogen fertilizer treatments (2015 and 2016)

تیمارهای آزمایشی Treatments	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	ماده خشک Dry matter ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت HI (%)	محتوای نیتروژن N Content (%)		جذب نیتروژن N Uptake ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن NHI (%)
				Grain	Straw		
N_0	5810e	10666e	0.48a	1.57d	0.29c	97.8g	83.2a
N_1	7575ab	15635bc	0.43b	1.78bc	0.35bc	151.8cd	78.7b
N_2	7839a	16227ab	0.43b	1.77bc	0.34bc	155.0c	79.5ab
N_3	7052cd	13858d	0.45ab	1.73c	0.33bc	133.8f	80.8ab
N_4	7523b	17315a	0.39c	1.96a	0.46a	180.3a	72.5c
N_5	7830a	15731b	0.44b	1.65cd	0.33bc	144.4de	79.7ab
N_6	7869a	16081ab	0.43b	1.87ab	0.40ab	166.9b	78.3b
N_7	7087cd	13772d	0.45ab	1.71c	0.34bc	133.0f	80.8ab
N_8	6965d	13733d	0.45ab	1.74c	0.36bc	136.3ef	79.3ab
N_9	7169cd	14098d	0.45ab	1.68cd	0.34bc	133.8f	80.2ab
N_{10}	7324bc	14298b-d	0.45ab	1.66cd	0.36bc	136.6ef	79.2b
N_{11}	7024cd	14094d	0.44b	1.69cd	0.36bc	133.8f	78.7b
N_{12}	7323bc	15143b-d	0.43b	1.67cd	0.34bc	138.5f	78.2b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, usind Duncan's Multiple Range Test

N_0: بدون مصرف نیتروژن (شاهد)، N_1: مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، (N_2، N_3)؛ (N_4، N_5) و (N_6، N_7) مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب از منابع اوره با پوشش گوگردی؛ سولفات آمونیوم و اوره سوپرگرانوله، N_8: مصرف نانوکود نیتروژن+ ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، N_9؛ N_{10} و N_{11} به ترتیب استفاده از باکتری‌های آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر هر کدام همراه با ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و N_{12}: مصرف کود طبق عرف کشاورز (مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره قبل از نشاکاری

N_0: Without N fertilizer application (control), N_1: Split application of 115 $Kkg.ha^{-1}$ N from source of urea, (N_2 and N_3), (N_4 and N_5) and (N_6 and N_7) application of (115 and 57.5 kg N ha^{-1}) from sources of SCU, AS and USG, respectively, N_8: Application of N Nanofertilizer + 57.5 $kg.ha^{-1}$ N from source of urea, N_9, N_{10} and N_{11}: (Application of *Azospirillium*, *Azotobacter* and *Azospirillium* + *Azotobacter* bacteria)+ 57.5 $kg.ha^{-1}$ N from source of urea, respectively, and N_{12}: Farmer fertilizer practic (application of 115 $kg.ha^{-1}$ N from source of urea before transplanting.

بیشترین مقدار شاخص برداشت نیتروژن از تیمار شاهد به مقدار ۸۳/۲ درصد بدست آمد. کمترین مقدار شاخص برداشت نیتروژن به میزان ۷۲/۵ درصد به تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) تعلق داشت. نتایج آزمایش حاضر با نتایج آزمایش طایفه و همکاران (Tayefe *et al.*, 2011) مطابقت دارد. آنان در آزمایش خود نتیجه گرفتند که شاخص برداشت نیتروژن ژنوتیپ‌های برنج با افزایش مصرف نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش یافت. شاخص برداشت نیتروژن یک شاخص مهم در تقسیم و توزیع نیتروژن بین اندام‌های مختلف در گیاهان زراعی است و نشان می‌دهد گیاه تا چه اندازه از نیتروژن جذب‌شده برای تولید دانه استفاده کرده است (Fageria *et al.*, 2015).

نتایج تجزیه واریانس مربوط به انواع کارایی‌ها نشان داد که اثر تیمار روی عامل بهره‌وری نسبی، کارایی زراعی، کارایی بازیافت، کارایی فیزیولوژیک و کارایی داخلی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نتایج دو ساله مقادیر انواع کارآیی نیتروژن در تیمارهای کود نیتروژن در شکل ۱ ارائه شده است.

نتایج مقایسه میانگین دو ساله نشان داد که تیمار مصرف کود طبق عرف کشاورز (N_{12}) کمترین (۶۳/۷ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) و تیمارهای ۵۷/۵

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) و باکتری ازتوباکتر (N_{10}) به ترتیب با ۱۳۶/۲ و ۱۲۷/۴ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن، بیشترین مقدار بهره‌وری نسبی نیتروژن (PFP_N) را داشتند. این دو تیمار از نظر بهره‌وری نسبی در یک گروه قرار داشتند. بهره‌وری نسبی نیتروژن را می‌توان از طریق افزایش میزان جذب و استفاده از منابع نیتروژن بومی خاک و افزایش کارایی زراعی کود نیتروژن مصرفی (AE_N) افزایش داد. به طور مشخص، بهره‌وری نسبی نیتروژن در مزارع کشاورزان در آسیا ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم دانه در کیلوگرم کود نیتروژن مصرفی می‌باشد، اما ممکن است از ۱۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در کیلوگرم نوسان داشته باشد. با مدیریت صحیح زراعی و عناصر غذایی، مقدار بهره‌وری نسبی نیتروژن باید بیش از ۵۰ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرف شده باشد (Dobermann and Fairhurst, 2000).

کمترین کارایی زراعی کود نیتروژن (AE_N) به تیمارهای مصرف کود طبق عرف کشاورز (N_{12}) و مصرف نانو کود نیتروژن+ ۵۰ درصد نیتروژن کود اوره توصیه شده (N_8) (به ترتیب ۱۴/۶ و ۱۵ کیلوگرم دانه به کیلوگرم کود نیتروژن مصرف شده) اختصاص داشت. بیشترین مقدار کارایی زراعی کود نیتروژن از تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) به مقدار ۳۸/۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده به‌دست آمد. نتایج آزمایش طایفه و همکاران (Tayefe *et al.*, 2011) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن، کارایی زراعی کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که قابلیت افزایش عملکرد در هر کیلوگرم نیتروژن با افزایش مصرف کود نیتروژن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در آزمایش حاضر، با توجه به اینکه از نظر مقدار مصرف کود، تیمارها (به جز تیمار شاهد و مصرف نانو کود نیتروژن+ ۵۰ درصد نیتروژن کود اوره توصیه شده (N_8)، به دو دسته مقدار مصرف نیتروژن بر اساس مقدار توصیه شده و ۵۰ درصد مقدار توصیه شده تقسیم می‌شوند، مقدار مصرف نیتروژن در تیمارهای N_1، N_2، N_4، N_6 و N_{12} ، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار مصرف نیتروژن در سایر تیمارها (به جز N_8 که ۸۸/۵ کیلوگرم در هکتار بوده است)، نصف مقدار تیمارهای یاد شده یعنی ۵۷/۵ کیلوگرم در هکتار بود، بدیهی است که کارایی زراعی نیتروژن این دو دسته تیمار دارای تفاوت باشد. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2001) گزارش کردند که کارایی زراعی مصرف نیتروژن با شیوه مدیریت کود نیتروژن کشاورزان در چین ۶/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم است. پنگ و همکاران (Peng *et al.*, 2006) گزارش کردند که عملکرد برنج حدود ۵ تا ۱۰ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم کود نیتروژن مصرف شده با شیوه مدیریت کودی کشاورزان افزایش می یابد. بین کارایی زراعی نیتروژن و میزان مصرف کود نیتروژن رابطه منفی وجود دارد. در یک آزمایش که بیشتر از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زراعت برنج مصرف شد، کارایی زراعی مصرف نیتروژن کمتر از ۱۰ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. کارایی زراعی مصرف نیتروژن منفی زمانی مشاهده شد که عملکرد دانه با مصرف کود نیتروژن کاهش یافت (Peng *et al.*, 2011).

کارایی مصرف عناصر غذایی در سطح عملکرد پایین، زیاد است، زیرا مصرف هر مقدار کم عنصر غذایی می‌تواند پاسخ زیاد عملکرد را درپی داشته باشد. اگر تنها کارایی مصرف عناصر غذایی هدف باشد، در بخش پایین‌تر منحنی عملکرد می‌توان آن را به‌دست آورد. با این حال، نگرانی‌های زیست‌محیطی حائز اهمیت خواهد بود، زیرا رشد ضعیف گیاه به معنای بقایای سطحی و میزان ریشه کمتر برای تامین مواد آلی خاک است. در سطوح بالای منحنی پاسخ، هرچند افزایش عملکرد با شدت کمتری ادامه می‌یابد، کارایی مصرف عناصر غذایی به طور مشخص کاهش می‌یابد (Roberts, 2008).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

تیمارهای مصرف کود طبق عرف کشاورز (N_{12}) و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) (به ترتیب با ۴۰/۳ و ۹۰/۸ درصد) پایین‌ترین و بالاترین کارایی بازیافت را داشتند. همانطور که مورد انتظار است، فاصله کارایی بازیافت تیمارهای مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده معادل اوره از کودهای پوشش‌دار گوگردی و سولفات آمونیوم قابل توجه می‌باشد، به‌طوریکه تفاوت بین N_2 و N_3؛ N_4 و N_5 از نظر آماری معنی‌دار بود.

کارآیی جذب نیتروژن کودی بر اساس اندازه‌گیری‌ها در مزارع کشاورزان در مناطق عمده تولید برنج چهار کشور آسیایی به‌طور متوسط ۳۱ درصد به دست آمده است. در مقابل مقدار کارایی بازیافت (RE_N) در مزارع آزمایشی با مدیریت خوب از ۵۰ تا ۸۰ درصد نوسان دارد (Cassman *et al.*, 2002).

آزمایش‌های مزرعه‌ای با استفاده از اوره نشاندار (^{15}N) در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) نشان داد که کارایی بازیافت نیتروژن با جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله ۶۵ تا ۹۶ درصد بود، در حالیکه کارایی نیتروژن زمانی که اوره معمولی در سطح خاک مصرف شد، ۳۲ تا ۵۵ درصد بود. دلیل اصلی این موضوع کاهش تصعید آمونیاک در جایگذاری عمقی کود است (Choudhury and Kennedy, 2005). پراساد (Prasad, 2013) گزارش داد که استفاده از کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با اوره، موجب افزایش عملکرد دانه برنج به میزان ۱۵/۶ درصد شد. براساس یافته‌های کراسول و ددتا (Crassewell and De Datta,1980)، پخش اوره در سطح خاک تا ۵۰ درصد باعث تلفات نیتروژن می‌شود؛ اما قراردادن نقطه‌ای اوره سوپرگرانوله در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک باعث تلفات ناچیز آن می‌شود. در آزمایش ایشان کارایی مصرف نیتروژن اوره ۳۶ درصد بود، در حالیکه کارایی مصرف نیتروژن اوره سوپرگرانوله به ۶۳ درصد رسید. در آزمایشی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران، میزان تلفات تصعید نیتروژن از کود مصرفی بصورت آمونیاک، در طی چهار روز پس از مصرف کود، ۷۵ درصد برآورد شد (Mirnia, 1996). زمانی که اوره در سطح خاک مصرف می‌شود، بیش از ۴۰ درصد نیتروژن به شکل آمونیاک به هدر می‌رود (Catchpoole *et al.*, 1983). با توجه به مشاهدات در سراسر چین، کارایی بازیافت نیتروژن (RE_N) به طور متوسط ۳۹/۳ بود و از ۶/۲۷- تا ۱۱۷ درصد نوسان داشت. مقادیر بیشتر از ۱۰۰ و پایین‌تر از صفر را می‌توان به عنوان مشاهدات غیر طبیعی فرض کرد. با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن، روند کاهشی در کارایی بازیافت مشاهده شد (Sheng-guo *et al.*, 2015).

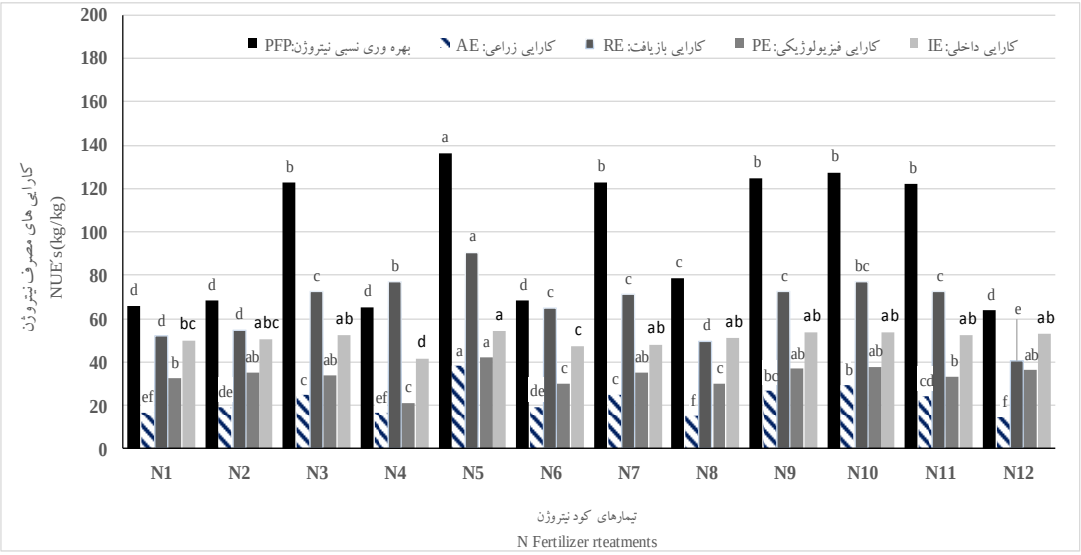
کمترین مقدار کارایی فیزیولوژیک مربوط به تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) به مقدار ۲۱/۳ کیلوگرم دانه به ازای نیتروژن جذب شده بوده و بیشترین مقدار آن به تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) به مقدار ۴۲ کیلوگرم دانه به ازای نیتروژن جذب شده اختصاص داشت. کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (PE_N) نشان دهنده توانایی گیاه در تغییر شکل مقدار معینی از عنصر غذایی کودی کسب شده به عملکرد اقتصادی (دانه) می‌باشد و به خصوصیات ژنوتیپی از قبیل شاخص برداشت و کارایی مصرف داخلی عنصر غذایی بستگی دارد که تحت تأثیر مدیریت زراعی و مدیریت عناصر غذایی نیز قرار می‌گیرد. در گیاه برنج سالم که هیچ عاملی رشد گیاه را محدود نمی‌کند، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن باید نزدیک ۵۰ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن جذب شده از کود باشد (Dobermann and Fairhurst, 2000). با توجه به اینکه غلات برای دانه برداشت می‌شوند، مناسب‌ترین معیار، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن؛ یعنی تغییر در عملکرد دانه به ازای تغییر در واحد تجمع نیتروژن در زیست‌توده اندام هوایی است (Cassman *et al.*, 2002). مشاهدات

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

در چین نشان داد که میانگین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن برابر ۳۳/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. مقادیر منفی کارایی فیزیولوژیک نیز مشاهده شد که دلیل اصلی آن این بود که عملکرد دانه و یا میزان جذب نیتروژن گیاه با مصرف کود نیتروژن افزایش پیدا نکرد. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، مقدار کارایی فیزیولوژیک معمولاً به طور مشخص کاهش می‌یابد، اگر چه سطح معنی‌داری ضریب همبستگی منفی بین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و مقدار مصرف نیتروژن کمتر از پنج درصد بود (Sheng-guo *et al.*, 2015).

کمترین مقدار کارایی داخلی نیتروژن (IE_N) از تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) به مقدار ۴۱/۷ و بیشترین مقدار از تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) به مقدار ۵۴/۲ کیلوگرم دانه به ازای نیتروژن جذب شده به‌دست آمد. کارایی داخلی نیتروژن تا حد زیادی به ژنوتیپ، شاخص برداشت، تاثیر متقابل با سایر عناصر غذایی و عوامل دیگری که گلدهی و پرشدن دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بستگی دارد. در مزارع کشاورزان، مقادیر کارایی داخلی ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم بر کیلوگرم می‌باشد (Dobermann and Fairhurst, 2000).

در کلیه آزمایش‌های مزرعه‌ای، کارایی داخلی نیتروژن از ۲۰/۷ تا ۱۳۵ کیلوگرم بر کیلوگرم متغیر بود و میانگین آن ۵۳/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. این موضوع نشان می‌دهد که به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده توسط گیاه برنج می‌توان بیش از



شکل ۱- مقایسه میانگین کارایی‌های مصرف کود نیتروژن در برنج در تیمارهای کود نیتروژن (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Fig. 1. Mean comparison of NUE's in rice in nitrogen fertilizer treatments (2015 and 2016)

N_0: بدون مصرف نیتروژن) (شاهد)، N_1: مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، (N_2، N_3)؛ (N_4، N_5) و (N_6، N_7) مصرف ۱۱۵ و ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب از منابع اوره با پوشش گوگردی؛ سولفات آمونیوم و اوره سوپرگرانوله، N_8: مصرف نانوکود نیتروژن+ ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، N_9؛ N_{10} و N_{11} به ترتیب استفاده از باکتری‌های آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر هر کدام همراه با ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و N_{12}: مصرف کود طبق عرف کشاورز (مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره قبل از نشاکاری).

N_0: Without N fertilizer application (control), N_1: Split application of 115 kg.ha^{-1} N from source of urea, (N_2 and N_3), (N_4 and N_5) and (N_6 and N_7) application of (115 and 57.5 kg N ha^{-1}) from sources of SCU, AS and USG, respectively, N_8: Application of N Nanofertilizer + 57.5 kg.ha^{-1} N from source of urea, N_9, N_{10} and N_{11}: (Application of *Azospirillium*, *Azotobacter* and *Azospirillium* + *Azotobacter* bacteria)+ 57.5 kg.ha^{-1} N from source of urea, respectively, and N_{12}: Farmer fertilizer practice (application of 115 kg.ha^{-1} N from source of urea before transplanting.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

۵۰ کیلوگرم دانه برنج تولید کرد. کارایی داخلی نیتروژن با افزایش مقدار مصرف نیتروژن به‌طور نمایی کاهش یافته و ۲۴/۸ درصد از تغییر در کارایی داخلی نیتروژن را می‌توان با مقدار مصرف نیتروژن تفسیر کرد (Sheng-guo *et al.*, 2015).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این آزمایش، تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) با ۱۸۰/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان جذب نیتروژن را داشت. این مقدار به ترتیب ۲۸/۵، ۲۵/۳ و ۱۳/۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر از تیمارهای مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره (N_1)، مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره با پوشش گوگردی (SCU) (N_2) و مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود سولفات آمونیوم (N_6) بوده است که در آنها مقدار نیتروژن مصرف شده برابر نیتروژن مصرف شده در تیمار ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_4) بود. این در حالی است که وقوع خوابیدگی بوته (ورس) در تیمار N_4 ممکن است مانع از تولید زیست‌توده بیشتر و جذب بیشتر نیتروژن شده باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که جایگذاری کود اوره سوپرگرانوله با جلوگیری یا کاهش تلفات نیتروژن، می‌تواند باعث افزایش میزان جذب و کارایی نیتروژن نسبت به سایر منابع تامین‌کننده نیتروژن شود. از نظر عملکرد دانه و انواع کارایی کود نیتروژن، تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) تیمار بهینه بود. اگرچه میزان نیتروژن مصرف شده در این تیمار ۵۰ درصد نیتروژن تیمارهای N_1، N_2 و N_6 بوده است، اما میزان جذب نیتروژن آن فقط به ترتیب ۷/۴ (۴/۸ درصد)، ۱۰/۶ (۶/۸۴ درصد) و ۲۲/۵ (۱۳/۵ درصد) کیلوگرم در هکتار کمتر از تیمارهای یاد شده بوده است. کارایی بازیافت نیتروژن در تیمار ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره سوپرگرانوله (N_5) به ترتیب ۳۴، ۳۱/۲ و ۱۹/۹ درصد بیشتر از تیمارهای مصرف تقسیطی ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره (N_1)، مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره با پوشش گوگردی (SCU) (N_2) و مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود سولفات آمونیوم (N_6) بوده است. براساس نتایج پژوهش حاضر، مزیت نسبی روش جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله نسبت به سایر منابع تامین‌کننده نیتروژن در زراعت برنج رقم شیرودی بیشتر است.

منابع مورد استفاده

References

Agrawal, S. and P. Rathore. 2014. Nanotechnology pros and cons to agriculture: a review. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 3: 43-55.

Ali-Ehyaei, M. and A. A. BehbahaniZadeh. 1997. Methods of soil chamical analysis (Second Ed.). Soil and Water Research Institute. Technical Bullten, No. 102. (In Persian).

Cassman, K. G., A. Dobermann and D. T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. AMBIO: A J. Hum. Environ. 31: 132-140.

Catchpoole, V. R., D. Oxenham and L. Harper. 1983. Transformation and recovery of urea applied to a grass pasture in south-eastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. 23: 80-86.

Choudhury, A. and I. Kennedy. 2005. Nitrogen fertilizer losses from rice soils and control of environmental pollution problems. Commun.Soil Sci. Plant Analysis. 36: 1625-1639.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]

[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

Crasswell, E.T. and S. K. De Datta. 1980. Recent developments in research on nitrogen fertilizers for rice. Soil Fertilizer Forum of Thailand. Nov. 2, 1979, Bangkok, Thailand.

Dastan, S., D., M. Siavoshi, D. Zakavi, A. Ghanbaria-Malidarreh, R. Yadi, E.Ghorbannia Delavar and A. R. Nasiri. 2012. Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) in the north of Iran. J. Agric. Sci. 4 (6):1-5.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. IRRI & PPI & PPIC, Makati City & Singapore.

Emami, A. 1996. Plant Analytical MethodsSoil and Water Research Institute, Technical Bullten, No. 982. pp. 128. (In Persian).

Erfani Moghaddam, R., M. Z. Nouri and A. Nabipour. 2018. Guidelines for healthy rice production in sustainable agriculture conditions. Agriculture Education Press. pp. 319. (In Persian).

Fageria, N., A. Dos Santos and M. Moraes. 2010. Influence of urea and ammonium sulfate on soil acidity indices in lowland rice production. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 41: 1565-1575.

Fageria, N. K., V. C. Baligar, A. B. Heinemann, and M.C. S. Carvalho. 2015. Nitrogen Uptake and Use Efficiency in Rice, *In:* Rakshit, A. Singh, H. B., Sen, A. (Eds.). 2015. Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances, pp. 415, Springer, New Delhi, India.

Fageria, N. K. and A. B. Santos. 2018. Comparative efficiency of nitrogen sources for lowland rice production. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 49(5): 515-525.

Ghaffari, H., A. Gholizadeh, A. Biabani, A. Fallah and M. Mohammadian. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application with different nitrogen fertilizer levels in rice (*Oryza sativa* L.). Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 41: 701-714.

Guang, C., C. Tingting, C. Song, X. Chunmei, Z. Xiufu and W. Danying. 2017. Polymer-coated urea application could produce more grain yield in super rice. Agron. J. 110: 246–259.

Hofmeier, M., M. Roelcke, Y. Han, T. Lan, H. Bergmann and D. Bohm. 2015. Nitrogen management in a rice-wheat system in the Taihu Region: Recommendations based on field experiments and surveys. Agric. Ecosyst. Environ. 209: 60–73.

Hussain, M., S. A. Cheema, R. Q. Abbas, M. F. Ashraf, M. Shahzad, M. Farooq and K. Jabran, 2018. Choice of nitrogen fertilizer affects grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat cultivars. J. Plant Nutr. 41: 2330-2343.

IRRI. 2013. Standard Evaluation System (SES) for rice. (5th Ed.) Manila, Philippines. pp. 55.

Jarrell, W. M. and R. B. Beverly. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. Adv. Agron. 34: 197-224.

Khalil, M. I., U. Schmidhalter, R. Gutser and H. Heuwinkel. 2011. Comparative efficacy of urea fertilization via supergranules versus prills on nitrogen distribution, yield response and nitrogen use efficiency of spring wheat. J. Plant Nutr. 34(6): 779-797.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]

[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

Mirnia, S. K. 1996. Evaluation of application of nitrate movement model and NUE in paddy fields. PhD thesis. Tarbiat Modarres University of Iran, Tehran, Iran. (In Persian).

Motesharezadeh, B., K. Valizadeh-Rad, A. Dadrasnia and H. Amir-Mokri. 2017. Trend of fertilizer application during the last three decades (Case study: America, Australia, Iran and Malaysia). J. Plant Nutr. 40(4): 532-542.

Omrani, M. and S. Beignejad. 2011. Rice Cultivars Released by Rice Research Institute of Iran, Deputy of Mazandaran, Asre Mandegar Press. pp; 84. (In Persian).

Peng, S., R. J. Buresh, J. Huang, J. Yang, Y. Zou, X. Zhong, G. Wang and F. Zhang. 2006. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China, Field Crops Res. 96: 37–47.

Peng, S., R. J. Buresh, J. Huang, J. Yang, Y. Zou, X. Zhong, Y. Zou, J. Yong, G. Wang, Y. Liu, R. Hu, Q. Tang and K. Cui. 2011. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. Sustain. Agric. 2: 943-952.

Prasad, L. R. V. 2013. Fertilizer nitrogen, food security, health and the environment. World. 16: 14-16.

Prasad, L. R. V. and D. R. Mailapalli. 2018. Evaluation of nitrogen fertilization patterns using DSSAT for enhancing grain yield and nitrogen use efficiency in rice. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 1-17.

Ray, D. K., N. D. Mueller, P. C. West and J. A. Foley. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PloS One, 8(6): 1-8.

Redfern, S. K., N. Azzu and J. S. Binamira. 2013. Rice in Southeast Asia: facing risks and vulnerabilities to respond to climate change. Build Resilience Adapt Climate Change Agri Sector. 23: 295.

Roberts, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turk. J. Agric. Forestry. 32: 177-182.

SAS Institute. 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. SAS Institute, Gary. NC.

Sheng-guo, C., Z. Bing-qiang, L. Yan-ting, Y. Liang, L. Wei, L. Zhian, H. Shu-wen and S. Bing. 2015. Review grain yield and nitrogen use efficiency in rice production regions in China. J. Integrat. Agric. 14(12): 2456–2466.

Tayefe, M., A. Gerayzade, E. Amiri and A. Nasrollahzade. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, nitrogen use efficiency of rice. Int. Proc. Chem. Biol. Environ. Eng. 24: 470-473.

Wang, G., A. Dobermann, C. Witt, Q. Sun and R. Fu. 2001. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in southeast China. Agron. J. 93: 869-878.

Wu, L., S. Yuan, L. Huang, F. Sun, G. Zhu, G. Li, S. Fahad, S. Peng and F. Wang. 2016. Physiological mechanisms underlying the high-grain yield and high-nitrogen use efficiency of elite rice varieties under a low rate of nitrogen application in China. Frontiers Plant Sci. 7: 1-12.

Zhang, F., J. Wang, W. Zhang, Z. Cui, W. Ma and X. Chen. 2008. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement. Acta Pedo. Sin. 45: 915-924.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

Xina, Y., M. Wenhaia, W. Shaofub, W. Lianghuana and C. Jianqiuc. 2017. Rice responses to single application of coated urea on yield, dry matter accumulation and nitrogen uptake in Southern China .J. Plant Nutr. 40 (15): 2181-2191.

Yao, Y., M. Zhang, Y. Tian, M. Zhao, B. Zhang, K. Zeng and B. Yin. 2018. Urea deep placement for minimizing NH_3 loss in an intensive rice cropping system. Field Crops Res. 218: 254-266.

Zhang F. S., J. Q. Wang, W. F. Zhang, Z. L. Cui, W. Q. Ma, X. P. Chen and R. F. Jiang. 2008. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement. Acta Pedologica Sinica. 45: 915-924.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]

[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]

Effect of nitrogen fertilizer source on grain yield and nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) cv. Shiroudi

M. Mohammadian[1], A. Astaraie[2], A. Lakzian[3], H. Emami[4] and M. Kavoosi[5]

ABSTRACT

M. Mohammadian, A. Astaraie, A. Lakzian, H. Emami and M. Kavoosi. 2019. Effect of nitrogen fertilizer source on grain yield and nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa*) cv. Shiroudi. **Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 82-95. (In Persian).**

The application of nitrogen fertilizer has played a key role in enhancing agricultural productivity worldwide. To investigate an effective approach for enhancing nitrogen use efficiency in rice, a field experiment was conducted using randomized complete block design with 13 treatments and three replications on cv. Shiroudi, a high yielding rice cultivar, in Rice Research Institute of Iran (Amol) in 2015 and 2016 cropping seasons. Treatments were included: N_0: Without N fertilizer (Control), N_1: split application of 115 kg.ha^{-1}, (N_2, N_3), (N_4, N_5) and (N_6, N_7) application of 115 and 57.5 kg.ha^{-1} N from Sulfur Coated Urea (SCU), Urea Super Granule (USG) and Ammonium Sulfate (AS) sources, respectively. Nitrogen nanofertilizer+ 50% of recommended N fertilizer (N_8), application of Azospirillium, Azotobacter and Azospirillium + Azotobacter (N_9, N_{10} and N_{11}), farmers nitrogen fertilizer practice (115 kg.ha^{-1} from source of urea) (N_{12}). Results showed that the effect of nitrogen fertilizer treatments on grain yield, dry matter, harvest index, grain and straw N content, total N uptake, N harvest index and all N use efficiency indices were significant. The highest grain yield (7869 kg.ha^{-1}) obtained from N6 (115 kg.ha^{-1} N from the source of ammonium solfate). The highest partial factor productivity of nitrogen; PFP (136.2 kg.kg^{-1}), agronomic efficiency; AE_N (38.1 kg.kg^{-1}), nitrogen recovery; RE_N (90.8 %), physiological efficiency; PE_N (42 kg.kg^{-1}) and internal efficiency; IE_N (54.2 kg.kg^{-1}) obtained from N_5 (USG) treatment. Considering the results of this experiment, it can be concluded that the deep placement of USG fertilizer has relative advantage in comparison with other N fertilizer sources, because it enhanced N uptake and may led to reduced N losses in rice production.

Key Words: Deep placement, Free-living nitrogen fixing bacteria, Nitrogen use efficiency and Rice.

Received: November, 2018 **Accepted: April, 2019**

1. PhD. Student, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Associate Prof., Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (Corresponding Author)
(Email: astaraei@um.ac.ir)
3. Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Associate Prof., Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
5. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.1.5.5]
[DOI: 10.29252/abj.21.1.82]