

بررسی و مقایسه اثر منابع و روش‌های مختلف کاربرد نیتروژن بر راندمان مصرف نیتروژن برنج رقم هاشمی

محمد محمدیان، علیرضا آستارایی¹، امیر لکزبان، حجت امامی و مسعود کاووسی

دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد؛ mohammadian953@yahoo.com

دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ astaraei@um.ac.ir

استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ alakzian@yahoo.com

دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ hojjatemami@gmail.com

دانشیار موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ masoud_kavoosi2@yahoo.com

دریافت: 97/7/25 و پذیرش: 98/11/27

چکیده

به منظور دستیابی به رهیافتی مؤثر در ارتقای راندمان مصرف کود نیتروژن برنج رقم هاشمی، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 13 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) در سال‌های 1394 و 1395 اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: N_0 : شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، N_1 : مصرف تقسیطی 55/2 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، (N_2, N_3) ، (N_4, N_5) و (N_6, N_7) مصرف 55/2 و 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب از منابع اوره با پوشش گوگردی، اوره سوپرگرانوله و سولفات آمونیوم و N_8 : استفاده از نانوکود نیتروژن + 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و N_9 ، N_{10} و N_{11} به ترتیب استفاده از باکتری آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر هر کدام همراه با 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و N_{12} : مصرف کود عرف زارع (مصرف 55/2 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره تماماً قبل از نشاکاری). نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارها روی صفات مورد اندازه‌گیری به جز محتوای نیتروژن کاه موجب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد شده است. بیشترین عملکرد شلتوک از مصرف 55/2 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم (N_6) بدست آمد. عملکرد تیمار N_5 (جایگذاری عمقی 27/6 کیلوگرم در هکتار کود اوره سوپرگرانوله) از نظر آماری با تیمار دارای بیشترین عملکرد شلتوک (N_6) اختلاف معنی‌دار نداشت. بیشترین بهره‌وری نسبی، راندمان زراعی و راندمان بازیافت به تیمار N_5 و بیشترین مقادیر راندمان فیزیولوژیک و راندمان داخلی به تیمار N_{10} اختصاص داشت. بیشترین میزان جذب نیتروژن (119/5 کیلوگرم در هکتار) از تیمار N_4 بدست آمد. تیمار N_5 در مقایسه با تیمار مصرف کود عرف زارع (N_{12}) ضمن صرفه‌جویی 50% در مصرف کود نیتروژن، باعث افزایش 4/6% در عملکرد شلتوک و 59/4% راندمان بازیافت شد. براساس نتایج، مزیت نسبی جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله در افزایش راندمان کود از طریق افزایش میزان جذب نیتروژن و جلوگیری از اتلاف نیتروژن نسبت به سایر منابع تأمین‌کننده نیتروژن بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، کودهای کندرها، جایگذاری عمقی

¹ نویسنده مسئول، آدرس: خراسان رضوی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

مقدمه

اشکال آمونیوم باشند. اوره رایج‌ترین و گسترده‌ترین کود نیتروژن مصرفی در تولید برنج به دلیل محتوای بالای نیتروژن و قیمت نسبتاً کم آن است. با اینحال، کود اوره یک مزیت صرف محسوب نمی‌شود، زیرا از راندمان مصرف نیتروژن پایینی برخوردار است (کومار و همکاران، 2015). قسمت عمده کود اوره‌ای که در سطح خاک مصرف می‌شود از طریق فرآیندهای تصعید آمونیاک، آبشویی و تخریب نترات هدر می‌رود (فاجریا و بالیگار، 2005). با وجود تفاوت‌های بسیار زیاد در عرضه بومی نیتروژن خاک اراضی شالیزاری، بیشتر سرویس‌های ترویجی در کشورهای برنج‌خیز تنها یک توصیه کلی و ثابت مقدار مصرف کود نیتروژن را برای کل منطقه ارائه می‌کنند و کشاورزان دستورالعملی برای تنظیم مقدار کود نیتروژن براساس عرضه بومی نیتروژن ندارند (کاسمن و همکاران، 2002). در سطح کشاورزان، مقدار مصرف کود نیتروژن معمولاً بیشتر از توصیه برای حداکثر رشد محصول و حداکثر عملکرد است (فن و همکاران، 2012) که این امر یکی از دلایل اصلی راندمان مصرف نیتروژن پایین در بسیاری از کشورهای برنج‌خیز است (پنگ و همکاران، 2010).

گزینه‌های متعددی می‌توانند برای ارتقای راندمان مصرف کودهای نیتروژنی و یا کاهش وابستگی به کود شیمیایی نیتروژن مورد استفاده قرار گیرند. مقدار مناسب مصرف کود، زمان مناسب (همزمانی بیشتر بین نیاز محصول و تأمین عناصر غذایی) (رابرت، 2008)، روش مناسب مصرف کود (جایگذاری عمقی کودهای نیتروژنی) (ردفرن و همکاران، 2013) و استفاده از فرم‌های اصلاح شده کود اوره و کودهای کندرها (چودری و کندی، 2005)، کودهای ساخته شده از فن‌آوری‌های جدید مانند کودهای نانو (آگروال و راتور، 2014)، استفاده از پتانسیل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (غفاری و همکاران، 2018) از جمله این گزینه‌ها هستند. بکارگیری آگاهانه از گزینه‌های یادشده، هم هدف عملکرد زیاد و هم راندمان بالای عناصر غذایی، کشاورزان، جامعه و محیط زیست را بطور یکسان بهره‌مند خواهد ساخت.

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری و مقایسه انواع راندمان مصرف نیتروژن از منابع مختلف کود نیتروژن، جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله و بررسی امکان بکارگیری پتانسیل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی 1394 و 1395 در

برنج (*Oryza sativa* L.) در بیش از 100 کشور کشت می‌شود و غذای اصلی نیمی از مردم جهان است (کومله و همکاران، 2007). انتظار می‌رود جمعیت جهان تا سال 2050 به 9 میلیارد افزایش یابد (فائو، 2013). چنین افزایشی در رشد جمعیت، فشار بر منابع پایه جهانی (زمین، آب، هوا) برای دستیابی به تولید مواد غذایی بیشتر را افزایش خواهد داد (بالیگار و فاجریا، 2015).

نیتروژن از نظر کمی یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی است و عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان است (کرایزر و همکاران، 2011). قسمت عمده نیتروژن در خاک از طریق تصعید آمونیاک، آبشویی و تخریب نترات¹ هدر می‌رود (فاجریا و بالیگار، 2005). آبشویی و روان‌آب سطحی نیتروژن معدنی در آب شیرین می‌تواند سبب رشد جلبک‌ها شود که خود باعث آب‌تاهی² زیست‌بوم‌های آبی می‌شود. از سوی دیگر، فرآیند تخریب نترات به انتشار اکسید نیتروژن (N_2O)، گاز گلخانه‌ای 300 برابر قوی‌تر از گاز CO_2) منجر می‌شود که به افزایش پایدار این گاز به میزان 5 تا 7 درصد در هر دهه در اتمسفر از سال 1979 منجر شده است (مونزکا و همکاران، 2011).

برای بسیاری از کشورها، ساخت کودهای نیتروژنی مستلزم مصرف مقادیر زیادی از منابع انرژی غیرقابل تجدید مانند نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ و غیره است (NAAS, 2005). تلفات جهانی اقتصادی سالیانه ناشی از راندمان مصرف نیتروژن (NUE) پایین در حدود 17 میلیارد دلار بوده است (کومار و همکاران، 2015) و برآورد می‌شود که با افزایش یک درصد در راندمان مصرف نیتروژن، می‌توان از هدررفت 1/1 میلیارد دلار در هر سال جلوگیری کرد (کانت و همکاران، 2011).

وانگ و همکاران (2001) گزارش کردند که راندمان بازیافت کود نیتروژن با شیوه مدیریت کشاورزان در آزمایشات مزارع زارعین، 18 درصد بود. پنگ و همکاران (2006) دریافتند که راندمان بازیافت کود نیتروژن کشاورزان در چهار استان چین 20 تا 30 درصد است. کاسمن و همکاران (1996) گزارش کردند که راندمان زراعی مصرف نیتروژن در فصل خشک در مزارع کشاورزان در فیلیپین، 18-15 کیلوگرم در کیلوگرم نیتروژن است.

بیشتر تولید برنج در محیط بی‌هوای اتفاق

می‌افتد، بنابراین منابع کود نیتروژن باید آمونیومی یا از

¹ Denitrification

² Eutrofication-

N_{12} : مصرف کود اوره عرف کشاورز. در این تیمار نیز 55/2 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و فقط به یکباره و قبل از نشاکاری مصرف شد.

در تیمارهای N_1 , N_6 , N_7 , N_8 , N_9 , N_{10} و N_{11} کود نیتروژنه در سه مرحله (40 درصد پایه و قبل از نشاکاری + 30 درصد اوایل مرحله پنجه‌زنی + 30 درصد مرحله ظهور سنبله‌جوان) مصرف شد. در تمامی تیمارها 46 کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل، 50 کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم و 25 کیلوگرم در هکتار سولفات روی مصرف شد. تمامی مقدار کودهای فسفره و روی، قبل از نشاکاری مصرف شدند. کود پتاسیمی در دو مرحله (50 درصد قبل از نشاکاری و 50 درصد در مرحله ظهور سنبله‌جوان) مصرف شد (عرفانی مقدم و همکاران، 1397).

پس از آماده کردن زمین، نمونه خاک مرکب سطحی از عمق شخم تهیه و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، کربن آلی خاک، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی و نیتروژن کل انجام شد (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده، 1376). پس از تسطیح زمین و کرت‌بندی، 2 تا 3 عدد گیاهچه 30 تا 35 روزه رقم هاشمی به فاصله 25×25 سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد 4×3 متر نشاکاری شدند. اعمال سایر مدیریت‌های زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و آبیاری براساس توصیه‌های فنی موسسه تحقیقات برنج کشور صورت گرفت.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، 12 بوته از منطقه نمونه‌برداری هر کرت بصورت کف‌بر، برداشت شد. کاه و دانه نمونه‌ها پس از هواخشک شدن از هم جدا شد. سپس وزن نمونه دانه و رطوبت موجود در آنها اندازه‌گیری و در نهایت عملکرد دانه هر کرت براساس رطوبت سه درصد محاسبه شد. نمونه کاه کرت‌ها به مدت 48 ساعت در اون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شد و مقدار آن برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (دبرمن و فیهورست، 2000). از دانه و کاه هر کرت نمونه فرعی تهیه و محتوای نیتروژن آنها با روش کج‌دال (بیج و همکاران، 1982) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد شلتوک کرت‌ها، سطح 5 متر مربع از منطقه برداشت هر کرت (80 بوته) برداشت و پس از هواخشک شدن، خرمکوبی صورت گرفت و وزن و رطوبت شلتوک تیمارها، اندازه‌گیری و عملکرد شلتوک برحسب کیلوگرم در هکتار و براساس رطوبت 14 درصد محاسبه شد (ایری، 2013). تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده با نرم‌افزار آماری SAS (1998, SAS)

مزارع تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (شهرستان آمل) به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

N_0 : شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن)
 N_1 : مصرف تقسیطی 55/2 کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کود اوره (توصیه موسسه تحقیقات برنج) (عرفانی مقدم و همکاران، 1397).

N_2 و N_3 : به ترتیب استفاده از 55/2 و 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی (SCU).

N_4 و N_5 : به ترتیب جایگذاری عمقی 55/2 و 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره سوپرگرانوله. یک هفته پس از نشاکاری و زمانی که رطوبت خاک این کرت‌ها به پایین‌تر از حد اشباع رسید دانه‌های توزین شده کود اوره سوپرگرانوله در حفراتی که بین هر چهار بوته برنج و به عمق 7 تا 10 سانتی‌متر ایجاد شد، قرار داده شدند و حفرات با گِل پر شدند (ردفرن و همکاران، 2013). اوره سوپرگرانوله ذرات بزرگ و مجزا از اوره معمولی است که 46 درصد نیتروژن دارد بنابراین فرمول و محتوای نیتروژن آن با نیتروژن کود اوره معمولی فرقی ندارد. هر دانه آن بین یک تا سه گرم وزن دارد و اندازه قطر دانه‌های آن در حدود یک سانتی‌متر است (ساوانت و استانگل، 1990).

N_6 و N_7 : به ترتیب استفاده از 55/2 و 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم (خلیل و همکاران، 2011).

N_8 : استفاده از نانو کود نیتروژنه + 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره. برای این منظور از کود شرکت سپهرپارمیس با محتوای نیتروژن 25 درصد استفاده شد. کود در دو مرحله اواسط پنجه‌زنی و ظهور سنبله‌جوان و در هر مرحله به میزان 30 لیتر در هکتار به صورت کودآبیاری مصرف شد.

N_9 , N_{10} و N_{11} : به ترتیب استفاده از باکتری آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر. در هر یک از این سه تیمار، 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره مصرف شد. باکتری‌های آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر براساس مقادیر توصیه شده موسسه تحقیقات خاک و آب (سه کیلوگرم در هکتار) و با جمعیت 10^7 یا 10^8 در هر گرم مصرف شدند. سوسپانسیون کود بیولوژیک در ظرف تهیه شد و ریشه گیاهچه‌ها قبل از نشاکاری به مدت 20 دقیقه در سوسپانسیون قرار داده شد (بی‌نام، 1391).

نشان داد که اثر تیمار بر عملکرد شلتوک و کاه، عملکرد بیولوژیک، محتوای نیتروژن دانه و کاه، مقادیر جذب نیتروژن دانه، کاه و جذب کل نیتروژن در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار بوده است (جدول 2).

عملکرد شلتوک

مقایسه میانگین صفات در سال 1394 (جدول 3) نشان داد که تیمار N₆ با 4385 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شلتوک را تولید کرده است و پس از آن تیمارهای N₄ و N₅ به ترتیب با عملکرد 4357 و 4253 کیلوگرم در هکتار قرار دارند. کمترین عملکرد شلتوک نیز از تیمار شاهد و به مقدار 3393 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمده است.

مقایسه میانگین داده‌های عملکرد شلتوک در سال 1395 (جدول 4)، نشان داد که پایین‌ترین عملکرد شلتوک همانند سال اول آزمایش از تیمار شاهد و به مقدار 3419 کیلوگرم در هکتار تولید شده است. در سال دوم، بیشترین عملکرد شلتوک از تیمار N₂ (مصرف کود نیتروژنه توصیه شده معادل اوره از منبع SCU) و به مقدار 4813 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و پس از این تیمار، تیمارهای N₄ و N₆ به ترتیب با 4699 و 4697 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را تولید کرده‌اند.

مقایسه میانگین نتایج دو ساله آزمایش (جدول 7) نشان داد که تیمار شاهد با میانگین 3406 کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد و تیمارهای N₆ (مصرف 55/2 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم) با 4542 کیلوگرم در هکتار و N₄ (مصرف عمقی 55/2 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سوپرگرانوله) با 4527 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شلتوک را تولید نمودند. از نظر عملکرد شلتوک، تیمارهای N₁ (مصرف کود اوره براساس توصیه فنی موسسه تحقیقات برنج)، N₂ (مصرف 55/2 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود SCU)، N₅ (مصرف عمقی 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع سوپرگرانوله با نصف نیتروژن توصیه شده معادل اوره) و N₁₀ (استفاده از باکتری از توباکتر همراه با مصرف 27/6 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره) با تیمارهای دارای بیشترین عملکرد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (P<0/05). در این بین توجه به عملکرد تیمار N₅ (4417 کیلوگرم در هکتار) و N₁₀ که با نصف نیتروژن توصیه شده، به‌دست آمده بسیار حائز اهمیت است. بیشترین عملکرد شلتوک در آزمایش با استفاده از کود سولفات آمونیوم به‌دست آمده است ولی تیمار N₅ (جایگذاری کود اوره سوپرگرانوله با نصف نیتروژن توصیه شده) با تیمار بیشترین عملکرد

صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری پنج درصد انجام شد. همچنین رسم نمودارها و جداول با استفاده از نرم‌افزار Excell صورت گرفت. تجزیه مرکب داده‌ها نیز پس از آزمایش یکنواختی میانگین مربعات خطا انجام شد. راندمان نیتروژن کودی مصرف شده و نیتروژن جذب شده بوسیله محصول برنج معمولاً با استفاده از 5 شاخص مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. تمامی این شاخص‌ها را می‌توان از طریق آزمایشات مزرعه‌ای موسوم به روش تفاضل¹ برآورد کرد. اندازه‌گیری‌ها شامل عملکرد شلتوک و میزان جذب کل نیتروژن در تیمارها از جمله در تیمار بدون دریافت کود نیتروژنه صورت گرفت.

$$\begin{aligned} \text{عامل بهره‌وری نسبی نیتروژن مصرف شده: (1)} \quad \text{PFP}_N &= \frac{\text{GY}_{+N}/\text{FN}}{\text{راندمان زراعی (AE) کود نیتروژن مصرف شده: (2)} \quad \text{AE}_N = \frac{\text{GY}_{+N} - \text{GY}_{0N}}{\text{FN}} \\ \text{راندمان بازافت (RE) نیتروژن مصرف شده: (3)} \quad \text{RE}_N &= \frac{\text{UN}_{+N} - \text{UN}_{0N}}{\text{راندمان فیزیولوژیکی (PE) نیتروژن مصرف شده: (4)} \quad \text{PE}_N = \frac{\text{GY}_{+N} - \text{GY}_{0N}}{\text{UN}_{+N} - \text{UN}_{0N}} \\ \text{راندمان داخلی (IE) نیتروژن: (5)} \quad \text{IE}_N &= \frac{\text{GY}}{\text{UN}} \end{aligned}$$

که GY_{+N} عملکرد شلتوک در تیمار با مصرف کود (کیلوگرم در هکتار)، GY_{0N} عملکرد شلتوک در تیمار بدون مصرف کود، UN_{+N} و UN_{0N} به ترتیب میزان جذب کل نیتروژن زیست‌توده اندام‌های هوایی در مرحله رسیدن 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) می‌باشد. در راندمان داخلی، GY عملکرد شلتوک هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار و UN جذب کل نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) هر تیمار است (دبرمن و فیروهرست، 2000).

هدایت الکتریکی خاک قطعه مورد آزمایش برابر 1/09 دسی‌زیمنس بر متر بوده و بنابراین، خاک محدودیت شوری نداشته و اسیدیته آن خنثی است. بافت خاک لوم سیلتی بوده و دارای فسفر قابل جذب نسبتاً کم و پتاسیم قابل جذب متوسط بود (جدول 1)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس سالیانه (جدول 2) نشان داد که اثر تیمار بر تمامی صفات مورد اندازه‌گیری در هر دو سال زراعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات (جدول 3)

¹ Difference Method

تیمار سولفات آمونیوم است این تیمار به عنوان تیمار برتر پیشنهاد می‌شود.

شلتوک، اختلاف معنی‌داری نداشته است و با توجه به اینکه مقدار نیتروژن مصرف شده در این تیمار نصف

جدول 1- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی‌متر)	اسیدیته گل اشباع	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	رطوبت اشباع	کربن آلی درصد	نیتروژن کل		رس	سیلت	شن	بافت خاک	
					فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب					
0-30	7/27	1/09	70	2/55	0/25	9/9	178	20	53	27	لوم سیلتی

وزن کاه را داشته است ولی در سال دوم پس از N₄، تیمار N₁ با 6318 کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن کاه را به خود اختصاص داده است. در هر دو سال زراعی پایین‌ترین وزن کاه در تیمار شاهد و به ترتیب به مقدار 4278 و 4254 کیلوگرم در هکتار تولید شده است.

ماده خشک

بیشترین مقدار ماده خشک در سال اول آزمایش از تیمار N₄ و به مقدار 10919 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین مقدار ماده خشک در تیمار شاهد و به مقدار 7287 کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار ماده خشک تیمار N₅ (مصرف نیمی از نیتروژن توصیه شده معادل اوره از منبع USG) حتی از تیمارهایی که دو برابر آن نیتروژن دریافت کرده‌اند یعنی تیمارهای N₆، N₁ و N₂ بیشتر است که نشان از برتری این منبع کود و روش مصرف آن (جایگذاری عمقی کود در عمق حدود 7 تا 10 سانتی‌متری خاک) دارد. در سال دوم آزمایش، تیمار N₄ با تولید 10955 کیلوگرم در هکتار، بیشترین تیمار شاهد با تولید 7288 کیلوگرم در هکتار، کمترین مقدار ماده خشک را داشته‌اند.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که از نظر عملکرد کاه و کل ماده خشک، تیمار N₄ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. عملکرد کاه و کل ماده خشک این تیمار به ترتیب 6922 و 10937 کیلوگرم در هکتار بوده است و این تیمار به تنهایی در یک گروه آماری قرار داشته است. عملکرد کاه تیمارهای N₅ و N₆ و کل ماده خشک تیمارهای N₁، N₅ و N₆ با عملکرد کاه و کل ماده خشک تیمار N₄ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشته است (P<0/05).

از نظر محتوای نیتروژن دانه، تیمار N₄ و N₅ به ترتیب با 1/972 و 1/807 درصد، بیشترین و کمترین محتوای نیتروژن دانه را داشته‌اند. همچنین بیشترین و کمترین محتوای نیتروژن کاه به ترتیب به تیمارهای N₄ و N₁₂ با 0/583 و 0/463 درصد تعلق داشت.

نیتروژن در خلال مراحل اولیه رشد جذب می‌شود و در بخش‌های رویشی گیاه انباشته می‌شود و برای تشکیل دانه استفاده می‌شود. مقدار زیادی از نیتروژن پروتئین در مرحله تمایز جذب می‌شود. برگ و ساقه حاوی بخش بزرگی از نیتروژن پروتئین است که توسط گیاه جذب شده است (بوخیلفا، 2012). تغذیه نیتروژنه سبب افزایش تعداد ساقه و خوشه در متر مربع و تعداد کل سنبلچه می‌شود که نمایانگر قدرت تولید دانه هستند (دستان و همکاران، 2011)

فاجریا و همکاران (2010) در آزمایش‌های کودی، 90٪ عملکرد نسبی را به عنوان شاخص اقتصادی مورد توجه قرار داده و از این شاخص برای محاسبه مقدار نیتروژن مناسب استفاده کردند. در آزمایشی پژوهشی، 90 درصد عملکرد نسبی (معادل 5750 کیلوگرم دانه در هکتار) با استفاده از 84 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع سولفات آمونیوم بدست آمد. در حالیکه در مورد اوره، 90 درصد عملکرد نسبی (معادل 4811 کیلوگرم دانه در هکتار) با استفاده از 130 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد.

اعلم و همکاران (2014) نشان دادند که فن‌آوری جایگذاری عمقی حتی کود اوره معمولی عملکرد شلتوک را به میزان 900 تا 1100 کیلوگرم در هکتار (بسته به فصل کشت) افزایش داد و مصرف اوره را به میزان 78 تا 150 کیلوگرم در هکتار کاهش داد. عملکرد نسبتاً پایین تیمار N₄ می‌تواند به دلیل جذب بیش از حد نیتروژن و رشد رویشی بی‌رویه گیاه باشد که به ورس محصول منجر و سبب کاهش عملکرد دانه شده است.

عملکرد کاه

بیشترین وزن کاه در هر دو سال زراعی از تیمار N₄ و به ترتیب به مقدار 7055 و 6789 کیلوگرم در هکتار به دست آمده است که در هر دو سال این تیمار را از نظر آماری از سایر تیمارها متمایز کرده است. در سال اول، پس از این تیمار، N₅ با 6848 کیلوگرم در هکتار بیشترین

زراعی، بازیافت و فیزیولوژیک در سطح یک درصد موجب اختلاف معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین نتایج سالیانه مربوط به انواع راندمان در جداول 3 و 4 و مقایسه میانگین دو ساله انواع راندمان نیتروژن در تیمارهای مختلف در نمودار 1 نشان داده شده است.

عامل بهره‌وری نسبی (PFP)

نتایج مقایسه میانگین سالهای 94 و 95 (جداول 3 و 4) نشان داد که تیمار N_{12} به ترتیب با 71/7 و 80/9 کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین مقدار PFP را داشته است. بیشترین مقدار PFP نیز در هر دو سال زراعی از تیمار N_5 به ترتیب به مقدار 154/1 و 165/9 کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمده است. میانگین نتایج دو ساله آزمایش نشان داد که کمترین مقدار PFP از تیمار N_{12} (تیمار مصرف کود عرف زارع) به مقدار 76/3 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده به دست آمده است. بیشترین مقدار PFP مربوط به تیمار N_5 به مقدار 160 و پس از آن تیمار N_{10} به مقدار 156/2 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن بوده است. PFP تیمارهای N_5 و N_{10} با تمام تیمارهایی که در آنها کود نیتروژنه، نصف مقدار توصیه شده، مصرف شده بود (تیمارهای N_3 ، N_7 ، N_8 ، N_{10} و N_{11}) از نظر آماری معنی‌دار نبوده و در یک گروه قرار داشتند.

PFP_N را می‌توان از طریق افزایش میزان جذب و استفاده از منابع نیتروژن بومی خاک و افزایش راندمان زراعی کود نیتروژن مصرفی (AE_N) افزایش داد. بطور مشخص، PFP_N در مزارع زارعین در آسیا 40 تا 50 کیلوگرم دانه در کیلوگرم کود نیتروژنه مصرفی می‌باشد اما می‌تواند از 15 تا 100 کیلوگرم در کیلوگرم نوسان داشته باشد. با مدیریت صحیح زراعی و عناصر غذایی، مقدار PFP_N باید بیش از 50 کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرف شده باشد (دبرمن و فیرهورست، 2000).

راندمان زراعی (AE_N)

تیمارهای دارای کمترین و بیشترین مقدار راندمان زراعی در هر دو سال آزمایش تقریباً مشابه بوده (جداول 3 و 4) و کمترین و بیشترین میانگین دو ساله راندمان زراعی نیز مربوط به آنها بوده است. کمترین مقادیر راندمان زراعی در هر دو سال زراعی از تیمار کمترین راندمان زراعی کود نیتروژنه به تیمارهای N_8 (استفاده از نانو کود نیتروژنه + نصف نیتروژن توصیه شده از منبع اوره) و N_{12} به مقدار 14/6 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود نیتروژنه مصرف شده اختصاص داشته است. بیشترین مقدار راندمان زراعی کود نیتروژنه به تیمار دارای عملکرد بهینه یعنی N_5 و به مقدار 36/6 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم مربوط بوده است به عبارت دیگر سهم هر

هنگامی که یک عنصر غذایی در قالب کود مصرف می‌شود، تولید ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد و غلظت متوسط آن عنصر ممکن است در برخی از بافت‌ها یا همه بافت‌های گیاهی که آن عنصر را دریافت کرده است کمتر از غلظت آن عنصر در بافت گیاه شاهد دارای کمبود آن عنصر باشد که این اثر، به اثر رقت موسوم است. هنگامی که عنصر محدود کننده رشد فراهم می‌شود میزان نسبی تجمع ماده خشک سریع‌تر از میزان تجمع عنصر غذایی افزایش می‌یابد که منجر به غلظت نهایی پایین‌تر در گیاهان تیمار شده می‌شود. با این وجود، حتی اگر غلظت عنصر در بافت گیاه تیمار شده کاهش یافته باشد، میزان جذب کل عنصر که از حاصل ضرب غلظت در عملکرد ماده خشک بدست می‌آید بطور قابل توجهی از میزان جذب آن عنصر در گیاه شاهد بیشتر خواهد بود (یارل و بورلی، 1981).

مقدار جذب نیتروژن

کمترین مقدار جذب نیتروژن در هر دو سال زراعی از تیمار شاهد به ترتیب به مقدار 77/3 و 75/3 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین مقدار نیتروژن در سال اول آزمایش در تیمار N_4 و به میزان 120/6 کیلوگرم در هکتار جذب شد. از نظر جذب نیتروژن این تیمار با همه تیمارهای دیگر، در سطح احتمال آماری پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. میزان جذب نیتروژن در تیمار N_5 که نصف تیمارهای N_1 ، N_2 ، N_6 و N_{12} نیتروژن دریافت کرده است، بیشتر از آنها بوده است. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین مقدار جذب نیتروژن در تیمار N_4 و به مقدار 118/5 کیلوگرم در هکتار صورت گرفته است.

بر اساس مقایسه میانگین نتایج دو ساله آزمایش (جدول 7)، پایین‌ترین مقدار جذب کل نیتروژن از تیمار N_0 و به مقدار 76/3 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بوده است. بیشترین مقدار جذب کل نیتروژن در تیمار N_4 و به مقدار 119/5 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بوده است. پس از این تیمار، تیمار N_6 بیشترین مقدار جذب کل نیتروژن را داشته است.

انواع راندمان نیتروژن اندازه‌گیری شده

نتایج تجزیه واریانس سالیانه (1394 و 1395) مربوط به انواع راندمان در جدول 2 و نتایج تجزیه واریانس مرکب آنها در جدول 6 آمده است. همانطور که در این جداول دیده می‌شود اثر تیمار روی تمامی انواع راندمان در هر دو سال آزمایش در سطح یک درصد و اثر تیمار روی میانگین نتایج دوساله مربوط به فاکتور بهره‌وری نسبی و راندمان داخلی نیتروژن در سطح پنج درصد و روی راندمان

عملکرد با شدت کمتر ادامه دارد، راندمان مصرف عناصر غذایی به طور مشخص کاهش می‌یابد (رابرت، 2008).

راندمان بازیافت (RE_N)

کمترین راندمان بازیافت در هر دو سال زراعی به تیمار N₁₂ اختصاص داشته است. بیشترین راندمان بازیافت نیز در هر دو سال زراعی از تیمار N₅ به ترتیب به مقدار 90/1 و 95/3 درصد به دست آمده است. پایین‌ترین مقدار راندمان بازیافت کود نیتروژنه از تیمار N₁₂ و به میزان 33/3 درصد و بیشترین آن از تیمار N₅ و به میزان 92/7 درصد بدست آمده است. راندمان بازیافت تیمارهای مصرف 50 و 100 درصد نیتروژن توصیه شده معادل اوره از کودهای SCU و سولفات آمونیوم اختلاف معنی‌داری را با راندمان بازیافت تیمار مصرف تقسیطی کود اوره (تیمار N₁) براساس توصیه فنی نشان نمی‌دهد. بررسی بهترین اطلاعات موجود نشان می‌دهد که متوسط راندمان بازیافت نیتروژن برای مزارعی که توسط کشاورزان مدیریت می‌شود در حدود 20 تا 30 درصد تحت شرایط دیم و 30 تا 40 درصد در شرایط فاریاب است (رابرت، 2008). برای مثال، راندمان جذب نیتروژن کودی بر اساس اندازه‌گیری‌ها در مزارع زارعی در مناطق عمده تولید برنج 4 کشور آسیایی بطور متوسط 31 درصد بدست آمد. در مقابل مقدار RE_N در مزارع آزمایشی با مدیریت خوب بطور مشخص از 50 تا 80 درصد نوسان دارد (کاسمن و همکاران، 2002).

مطالعات مزرعه‌ای با استفاده از اوره نشان‌دار ¹⁵N در IRRI نشان داد که راندمان بازیافت نیتروژن با جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله 65 تا 96 درصد بود در حالیکه راندمان نیتروژن زمانی که اوره معمولی در سطح خاک مصرف شد 32 تا 55٪ بود که دلیل اصلی آن به علت کاهش تصعید آمونیاک در جایگذاری عمقی کود است (چادوری و کندی، 2005). پراساد (2013) بیان داشت که در آزمایشی استفاده از کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با اوره، موجب افزایش عملکرد دانه برنج به میزان 15/6 درصد شد. براساس یافته‌های کراسول و دی‌داتا (1980) پخش اوره در سطح خاک تا 50٪ موجب تلفات نیتروژن می‌شود، اما قراردادن نقطه‌ای اوره سوپرگرانوله در عمق 10 سانتی‌متری خاک موجب تلفات ناچیز می‌شود. راندمان مصرف نیتروژن اوره به میزان 36 درصد بود در حالیکه راندمان مصرف نیتروژن USG به 63 درصد رسید.

در آزمایشی در موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران میزان تلفات تصعید نیتروژن از کود مصرفی بصورت NH₃، در طی 4 روز پس از مصرف کود، 75

کیلوگرم نیتروژن کودی مصرف شده در تولید محصول 36/6 کیلوگرم شلتوک بوده است. از نظر راندمان زراعی تنها بین تیمار N₅ و تیمارهای دارای کمترین راندمان زراعی و تیمار N₁ اختلاف معنی‌دار وجود دارد ولی اختلاف بین N₅ و سایر تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نیست اگرچه در گروه‌های آماری مختلف قرار دارند. نتایج آزمایش طایفه و همکاران (2011) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن، AE_N کاهش یافت. این امر نشان داد که قابلیت افزایش عملکرد در هر کیلوگرم N به طور قابل ملاحظه‌ای با افزایش مصرف کود نیتروژن کاهش می‌یابد. در آزمایش حاضر، با توجه به اینکه از نظر مقدار مصرف کود، تیمارها (به جز تیمار شاهد و تیمار N₈) به دو دسته مقدار مصرف نیتروژن براساس مقدار توصیه شده و 50 درصد مقدار توصیه شده تقسیم می‌شوند. مقدار مصرف نیتروژن در تیمارهای N₁، N₂، N₄، N₆ و N₁₂ به میزان 55/2 کیلوگرم در هکتار بوده است. مقدار مصرف نیتروژن در سایر تیمارها (به جز N₈ که برابر 43 کیلوگرم در هکتار بوده است) نصف مقدار تیمارهای یاد شده یعنی 27/6 کیلوگرم در هکتار بوده است. بدیهی است که راندمان زراعی نیتروژن این دو دسته تیمار دارای اختلاف باشد.

وانگ و همکاران (2001) گزارش کردند که راندمان زراعی مصرف نیتروژن با شیوه مدیریت کود نیتروژن کشاورزان در چین 6/4 کیلوگرم در کیلوگرم است. پنگ و همکاران (2006) گزارش کردند که عملکرد برنج حدود 5 تا 10 کیلوگرم برای هر کیلوگرم کود نیتروژن مصرف شده با شیوهی مدیریت کودی کشاورزان افزایش می‌یابد. بین راندمان زراعی نیتروژن و میزان مصرف کود نیتروژن رابطه منفی وجود دارد. در آزمایشی، هنگامی که بیشتر از 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرف شد، راندمان زراعی مصرف نیتروژن کمتر از 10 کیلوگرم در کیلوگرم بود. راندمان زراعی مصرف نیتروژن منفی وقتی مشاهده شد که عملکرد دانه با مصرف کود نیتروژن کاهش یافت (پنگ و همکاران، 2010). راندمان مصرف عناصر غذایی در سطح عملکرد پایین، زیاد است، زیرا مصرف هر مقدار کم عنصر غذایی می‌تواند پاسخ زیاد عملکرد را در پی داشته باشد. اگر تنها راندمان مصرف عناصر غذایی هدف باشد، در بخش پایین‌تر منحنی عملکرد می‌توان آن را بدست آورد. با این حال، نگرانی‌های زیست‌محیطی حائز اهمیت خواهد بود زیرا رشد ضعیف محصول به معنای بقایای سطحی و رشد ریشه کمتر برای ساخت مواد آلی خاک است. هرچه به طرف بالای منحنی پاسخ حرکت می‌کنیم هرچند افزایش

نیتروژن، مقدار PE_N معمولاً به طور واضح کاهش می‌یابد، اگر چه R^2 کاهش رابطه بین PE_N و مقدار مصرف نیتروژن کمتر از 5٪ بود (شنگ‌زو و همکاران، 2015).

راندمان داخلی (IE)

تیمارهای دارای کمترین و بیشترین راندمان داخلی در هر دو سال زراعی تقریباً مشابه بوده و همین تیمارها کمترین و بیشترین میانگین دو ساله راندمان داخلی را تولید نمودند. کمترین مقدار راندمان داخلی از تیمار N_4 و به مقدار 37/9 و بیشترین مقدار از تیمار N_{10} و به مقدار 45/2 کیلوگرم دانه به ازای نیتروژن جذب شده بدست آمده است. به جز تیمار N_4 ، بین سایر تیمارها از نظر این صفت تفاوت آماری مشاهده نشد. این امر نشان می‌دهد در این تیمارها نسبت تولید دانه به نسبت جذب نیتروژن تقریباً ثابت بوده است و هیچ تنش زنده یا غیرزنده در محصول وجود نداشته است. راندمان داخلی تا حدود زیادی به ژنوتیپ، شاخص برداشت، تأثیر متقابل با دیگر عناصر غذایی و عوامل دیگری که گلدھی و پرشدن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بستگی دارد. در مزارع زارعین، مقادیر شاخص IE_N 50 تا 60 کیلوگرم بر کیلوگرم می‌باشد (دبرمن و فیروهرست، 2000).

در سراسر آزمایشات مزرعه‌ای، IE_N به میزان قابل توجهی از 20/7 تا 135 کیلوگرم در کیلوگرم متغیر بود و میانگین آن 53/9 کیلوگرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد که به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده توسط گیاه برنج می‌توان بیش از 50 کیلوگرم دانه برنج تولید کرد. راندمان داخلی نیتروژن به طور نمایی با افزایش مقدار مصرف نیتروژن کاهش یافته است و 24/8٪ از تغییر IE_N را می‌توان با مقدار مصرف نیتروژن تفسیر کرد. این روند کاهشی در شش منطقه تولید برنج در چین یافت شد (شنگ‌زو و همکاران، 2015).

درصد برآورد شد (میرنیا، 1375). وقتی که اوهره در سطح خاک مصرف شود بیش از 40 درصد نیتروژن به شکل آمونیاک به هدر می‌رود (کچپول و همکاران، 1983). با توجه به تمام مشاهدات در سراسر چین، RE_N به طور متوسط 39/3 بود و از 6/27- تا 117٪ نوسان داشت. مقادیر بیشتر از 100 و پایین‌تر از صفر را می‌توان به عنوان مشاهدات غیر طبیعی فرض کرد. یک روند کاهشی در مقدار RE_N با افزایش در مقدار مصرف کود نیتروژن رخ داد (شنگ‌زو و همکاران، 2015).

راندمان فیزیولوژیکی (PE_N)

کمترین مقدار راندمان فیزیولوژیکی در هر دو سال زراعی به تیمار N_4 به ترتیب به مقدار 22/3 و 29/6 کیلوگرم بر کیلوگرم اختصاص داشته است. بیشترین مقدار راندمان فیزیولوژیکی در سال 1394 به تیمار N_{10} و در سال 1395 به تیمارهای N_{10} و N_{11} اختصاص داشته است (جدول 3 و 4). اگرچه نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) اثر سال \times تیمار، حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها از نظر صفت راندمان فیزیولوژیکی است ولی مقایسه میانگین نتایج دو ساله آزمایش (نمودار 1) نشان می‌دهد که تنها اختلاف بین تیمار دارای کمترین راندمان فیزیولوژیکی (N_4) و تیمار دارای بالاترین راندمان فیزیولوژیکی (N_{10}) از نظر آماری معنی‌دار است. این امر نشان می‌دهد که در تیمار N_4 جذب بیشترین مقدار نیتروژن (بزرگتر شدن مخرج کسر) موجب وقوع ورس در محصول شده است و متناسب با جذب نیتروژن، تولید دانه اتفاق نیفتاده است. راندمان فیزیولوژیکی نمایانگر 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 راندمان مصرف داخلی عنصر غذایی بستگی دارد که خود تحت تأثیر مدیریت زراعی و مدیریت عناصر غذایی نیز قرار می‌گیرد. در محصول برنج سالم که هیچ عاملی رشد گیاه را محدود نمی‌کند، PE_N باید نزدیک 50 کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن جذب شده از کود باشد (دبرمن و فیروهرست، 2000). از آنجا که غلات برای دانه برداشت می‌شوند، مناسب‌ترین معیار راندمان فیزیولوژیکی نیتروژن (PE_N) تغییر در عملکرد دانه به ازای تغییر در واحد تجمع نیتروژن در زیست‌توده اندام‌های هوایی است (کاسمن و همکاران، 2002). با توجه به تمام مشاهدات در سراسر چین، متوسط PE_N برابر 33/8 کیلوگرم در کیلوگرم بود. مقادیر منفی PE_N نیز مشاهده شد، عمدتاً به این دلیل که عملکرد دانه و یا میزان جذب نیتروژن گیاه با مصرف کود نیتروژن افزایش پیدا نکرد. با افزایش مقدار مصرف

جدول 2- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر برخی ویژگی‌های زراعی و انواع راندمان برنج هاشمی در سال‌های زراعی 1394 و 1395

میانگین مربعات													
سال	منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد شلتوک	وزن کاه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	میزان جذب نیتروژن	IE _N	درجه آزادی	PFP _N	AE _N	RE _N	PE _N
1394	تکرار (R)	2	82/7 ^{ns}	5227 ^{ns}	5192/5 ^{ns}	0/00001 ^{ns}	0/836 ^{ns}	0/23 ^{ns}	2	0/43 ^{ns}	4/36 ^{ns}	0/0002 ^{ns}	4236 ^{ns}
	تیمار (T)	12	271089 ^{**}	2404173 ^{**}	386335 ^{**}	0/0016 ^{**}	366/7 ^{**}	15/7 ^{**}	11	3341 ^{**}	122/1 ^{**}	0/13 ^{**}	233/6 ^{**}
	خطای آزمایش	24	3853/8	2837/4	7039/8	0/00002	0/85	0/55	22	3/33	3/21	0/001	31/6
	ضریب تغییرات (CV)	%	1/57	1/00	0/95	1/07	1/36	1/74	%	1/67	11/35	8/56	14/17
1395	تکرار (R)	2	15403 [*]	10460 ^{ns}	45035 [*]	0/00001 ^{ns}	5/32 ^{ns}	0/07 ^{ns}	2	16/2 ^{ns}	32/3 ^{**}	0/005 ^{**}	15/2 ^{**}
	تیمار (T)	12	350567 ^{**}	1169867 ^{**}	2452208 ^{**}	0/0005 ^{**}	338/6 ^{**}	9/27 ^{**}	11	4546 ^{**}	209/5 ^{**}	0/06 ^{**}	81/1 ^{**}
	خطای آزمایش	24	3652/5	4687	10070	0/00001	1/25	0/15	22	2/44	2/68	0/0006	2/65
	ضریب تغییرات (CV)	%	1/36	1/19	1/04	0/82	1/10	0/89	%	1/26	5/57	3/37	4/14

جدول 3- مقایسه میانگین منابع مختلف تأمین کننده نیتروژن بر ویژگی های زراعی و انواع راندمان مصرف کود نیتروژنه در برنج رقم هاشمی در سال اول آزمایش (1394)

تیمار	عملکرد دانه	وزن کاه	ماده خشک	شاخص برداشت	میزان جذب نیتروژن	PE _N	RE _N	AE _N	PPF _N	IE _N
	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(درصد)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(درصد)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)
N ₀	3393 ^g	4278 ^j	7287 ^k	0/413 ^{bcd}	77/3 ^h	-	-	-	-	43/9 ^{bc}
N ₁	4203 ^c	5716 ^d	9444 ^d	0/395 ^f	99/0 ^c	37/5 ^{bc}	39/4 ^{cd}	14/7 ^{de}	76/2 ^{fg}	42/5 ^{def}
N ₂	4162 ^{cd}	5405 ^e	9097 ^e	0/406 ^{de}	98/8 ^c	35/7 ^{bc}	39/0 ^{cde}	13/9 ^e	75/4 ^g	42/1 ^{ef}
N ₃	3726 ^f	4709 ^h	8014 ⁱ	0/412 ^{bcd}	85/2 ^g	42/0 ^b	28/7 ^f	12/1 ^{ef}	135/0 ^c	43/7 ^{bcd}
N ₄	4357 ^{ab}	7055 ^a	10919 ^a	0/354 ^h	120/6 ^a	22/3 ^d	78/3 ^b	17/5 ^{cd}	78/9 ^{ef}	36/1 ^g
N ₅	4253 ^{bc}	6848 ^b	10621 ^b	0/355 ^h	102/2 ^b	34/6 ^{bc}	90/1 ^a	31/1 ^a	154/1 ^a	41/6 ^f
N ₆	4385 ^a	6262 ^c	10152 ^c	0/383 ^g	100/2 ^{bc}	43/4 ^{ab}	41/5 ^{cd}	18/0 ^c	79/5 ^e	43/8 ^{bcd}
N ₇	3790 ^f	4733 ^h	8095 ^{hi}	0/415 ^{bc}	87/5 ^{ef}	38/9 ^{bc}	37/0 ^{de}	14/4 ^{de}	137/3 ^c	43/3 ^{cde}
N ₈	3734 ^f	4887 ^g	8199 ^h	0/404 ^e	88/8 ^{de}	29/7 ^{cd}	26/7 ^f	7/9 ^g	86/8 ^d	42/1 ^{ef}
N ₉	3764 ^f	4770 ^h	8109 ^{hi}	0/412 ^{b-e}	86/3 ^{fg}	42/3 ^b	32/7 ^{ef}	13/4 ^{ef}	136/4 ^c	43/6 ^{cd}
N ₁₀	4062 ^{de}	4768 ^h	8370 ^g	0/430 ^a	89/8 ^d	53/5 ^a	45/3 ^c	24/2 ^b	147/2 ^b	45/2 ^a
N ₁₁	3723 ^f	4570 ⁱ	7872 ^j	0/419 ^b	84/9 ^g	43/3 ^{ab}	27/5 ^f	11/9 ^{ef}	134/9 ^c	43/8 ^{bc}
N ₁₂	3961 ^e	5076 ^f	8589 ^f	0/409 ^{cde}	88/0 ^{def}	53/0 ^a	19/3 ^g	10/3 ^{fg}	71/7 ^h	44/0 ^{ab}

اعداد در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح 5% معنی دار نمی باشند

N₀: کرت شاهد نیتروژن، N₁: مصرف نیتروژن بر اساس توصیه فنی موسسه تحقیقات برنج، (N₂، N₃)، (N₄، N₅) و (N₆، N₇) استفاده از منابع اوره با پوشش گوگردی، سولفات آمونیوم و اوره سوپرگرانوله با نیتروژن برابر و 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره، N₈: استفاده از نانو کود نیتروژن + 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره و N₉، N₁₀ و N₁₁ به ترتیب استفاده از باکتری ازوسپیریلیوم، ازتوباکتر و ازوسپیریلیوم + ازتو باکتر هر کدام همراه با 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره و N₁₂: مصرف کود عرف زارع.

جدول 4- مقایسه میانگین منابع مختلف تامین کننده نیتروژن بر ویژگی‌های زراعی و انواع راندمان مصرف کود نیتروژنه در برنج رقم هاشمی در سال دوم آزمایش (1395)

تیمار	عملکرد دانه	وزن کاه	ماده خشک	شاخص برداشت	میزان جذب نیتروژن	PE _N	RE _N	AE _N	PPF _N	IE _N
	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(درصد)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(درصد)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)	(کیلوگرم در کیلوگرم)
N ₀	3419 ^h	4254 ^f	7288 ⁱ	0/416 ^a	75/3 ⁱ	-	-	-	-	44/5 ^{cd}
N ₁	4535 ^{cd}	6318 ^b	10340 ^b	0/389 ^f	108/9 ^d	20/2 ^{ef}	60/7 ^f	25/2 ^d	82/2 ^g	42/6 ^e
N ₂	4813 ^a	6149 ^c	10418 ^b	0/410 ^{bc}	111/2 ^c	25/2 ^d	65/0 ^e	31/4 ^c	87/2 ^f	41/5 ^f
N ₃	4285 ^g	5303 ^e	9104 ^h	0/417 ^a	95/5 ^h	31/4 ^c	73/3 ^d	155/3 ^d	155/3 ^d	44/2 ^d
N ₄	4697 ^b	6789 ^a	10955 ^a	0/380 ^g	118/5 ^a	23/1 ^{de}	78/7 ^c	85/1 ^f	85/1 ^f	39/7 ^g
N ₅	4580 ^c	6063 ^c	10125 ^{cd}	0/402 ^d	101/6 ^e	42/1 ^a	95/3 ^a	165/9 ^a	165/9 ^a	45/0 ^{abc}
N ₆	4699 ^b	6122 ^c	10290 ^{bc}	0/405 ^{cd}	113/8 ^b	23/2 ^{de}	69/7 ^d	85/1 ^f	85/1 ^f	41/3 ^f
N ₇	4420 ^{ef}	5538 ^d	9459 ^f	0/415 ^{ab}	99/0 ^{fg}	36/2 ^b	85/7 ^b	160/1 ^b	160/1 ^b	44/5 ^{cd}
N ₈	4331 ^{fg}	5582 ^d	9424 ^f	0/408 ^c	101/0 ^{ef}	21/2 ^{ef}	59/3 ^f	100/7 ^e	100/7 ^e	42/9 ^e
N ₉	4343 ^{fg}	5362 ^e	9215 ^{gh}	0/418 ^a	97/3 ^{gh}	33/4 ^{bc}	79/7 ^c	157/3 ^{cd}	157/3 ^{cd}	44/6 ^{bcd}
N ₁₀	4560 ^{cd}	5655 ^d	9700 ^e	0/417 ^a	100/9 ^{ef}	41/3 ^a	92/7 ^a	165/2 ^a	165/2 ^a	45/2 ^{ab}
N ₁₁	4412 ^{ef}	5415 ^e	9329 ^{fg}	0/420 ^a	97/2 ^{gh}	36/0 ^b	79/3 ^c	159/9 ^{bc}	159/9 ^{bc}	45/4 ^a
N ₁₂	4467 ^{de}	6070 ^c	10032 ^d	0/395 ^e	101/5 ^e	19/0 ^f	47/3 ^g	80/9 ^h	80/9 ^h	44/0 ^d

اعداد در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح 5% معنی دار نمی‌باشند

N₀: کرت شاهد نیتروژن، N₁: مصرف نیتروژن بر اساس توصیه فنی موسسه تحقیقات برنج، (N₂، N₃)، (N₄، N₅) و (N₆، N₇) استفاده از منابع اوره با پوشش گوگردی، سولفات آمونیوم و اوره سوپرگرانوله با نیتروژن برابر و 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره، N₈: استفاده از نانوکود نیتروژن + 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره و N₉، N₁₀ و N₁₁ به ترتیب استفاده از باکتری ازوسپیریلیوم، ازتوباکتر و ازوسپیریلیوم + ازتو باکتر هر کدام همراه با 50 درصد نیتروژن توصیه شده اوره و N₁₂: مصرف کود عرف زارع.

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی از صفات مورد اندازه گیری

میانگین مربعات										
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد شلتوک	عملکرد کاه	ماده خشک	شاخص برداشت	غلظت نیتروژن دانه	جذب نیتروژن دانه	غلظت نیتروژن کاه	جذب نیتروژن کاه	جذب کل نیتروژن
سال	1	4219178 **	3547307 **	13729816 **	0/0008 **	0/033 **	759/8 **	0/001 ns	116/9 **	1473 **
تکرار (سال)	4	7743 ns	7844 ns	25114 *	0/00001 ns	0/00009 ns	2/65 ns	0/0003 ns	0/37 ns	3/08 ns
تیما	12	568929 **	3126074 **	5640888 **	0/0017 *	0/012 *	222/1 **	0/006 ns	140/3 **	652/2 **
سال × تیمار	12	52727 **	447966 **	675255 **	0/00041 **	0/0039 **	13/7 **	0/0024 **	23/8 **	53/06 **
خطای کل	48	3753	3762	8555	0/000015	0/00062	1/41	0/00037	1/09	1/42
ضریب تغییرات (درصد)		1/46	1/11	1/0	0/95	1/33	1/71	3/85	3/77	1/22

** : معنی دار در سطح 1% . * : معنی دار در سطح 5% . ns : معنی دار نیست

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس مرکب انواع راندمان

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
IE _N	PE _N	RE _N	AE _N	PFP _N		
7/75 **	3/16 ns	1/82 **	3320 **	3680 **	1	سال
0/19 ns	25/68 ns	0/003 *	18/3 **	8/23 *	4	تکرار (سال)
22/3 **	236/5 *	0/15 *	263/7 *	7815 **	11	تیما
4/29 **	78/07 **	0/04 **	67/9 **	72/04 **	11	سال × تیمار
0/37	17/12	0/00096	2/94	2/89	44	خطای کل
1/42	10/48	5/36	7/60	1/46		ضریب تغییرات (درصد)

** : معنی دار در سطح 1% . * : معنی دار در سطح 5% . ns : معنی دار نیست

جدول 7- مقایسه میانگین نتایج دو ساله آزمایش (اثر تیمار) روی صفات مورد اندازه گیری

صفات مورد اندازه گیری									
تیمار	عملکرد دانه	عملکرد کاه	ماده خشک	شاخص برداشت	غلظت نیتروژن دانه (درصد)	غلظت نیتروژن کاه	جذب نیتروژن دانه	جذب نیتروژن کاه (کیلوگرم در هکتار)	جذب کل نیتروژن
N ₀	3406 f	4266 e	7288 f	0/415 ab	1/838 cd	0/487 b	55/5 e	20/8 c	76/3 g
N ₁	4369 a-d	6017 bc	9892 abc	0/392 bcd	1/903 abc	0/502 b	73/8 bc	30/2 b	104/0 bcd
N ₂	4488 ab	5777 bcd	9758 bcd	0/408 ab	1/880 bcd	0/523 ab	74/8 abc	30/2 b	105/0 bc
N ₃	4006 e	5006 de	8559 e	0/415 ab	1/855 bcd	0/490 b	65/8 d	24/6 bc	90/4 f
N ₄	4527 ab	6922 a	10937 a	0/367 d	1/972 a	0/583 a	79/1 a	40/4 a	119/5 a
N ₅	4417 abc	6455 ab	10373 ab	0/378 cd	1/807 d	0/482 b	70/8 cd	31/1 b	101/9 b-e
N ₆	4542 a	6192 ab	10221 abc	0/394 bcd	1/933 ab	0/470 b	77/9 ab	29/1 b	107/0 b
N ₇	4105 cde	5136 cde	8777 cde	0/415 ab	1/890 a-d	0/478 b	68/6 d	24/7 bc	93/3 ef
N ₈	4033 e	5234 cd	8811 cde	0/406 abc	1/878 bcd	0/530 ab	67/2 d	27/7 c	94/9 def
N ₉	4054 de	5066 de	8662 de	0/415 ab	1/848 bcd	0/502 b	66/4 d	25/4 bc	91/8 ef
N ₁₀	4311 a-e	5211 cd	9035 cde	0/424 a	1/833 cd	0/485 b	70/1 cd	25/3 bc	95/3 c-f
N ₁₁	4067 de	4992 de	8600 e	0/419 ab	1/852 bcd	0/488 b	66/7 d	24/3 bc	91/1 f
N ₁₂	4214 b-e	5573 bcd	9311 b-e	0/402 abc	1/842 cd	0/463 b	68/8 d	25/9 bc	94/7 def

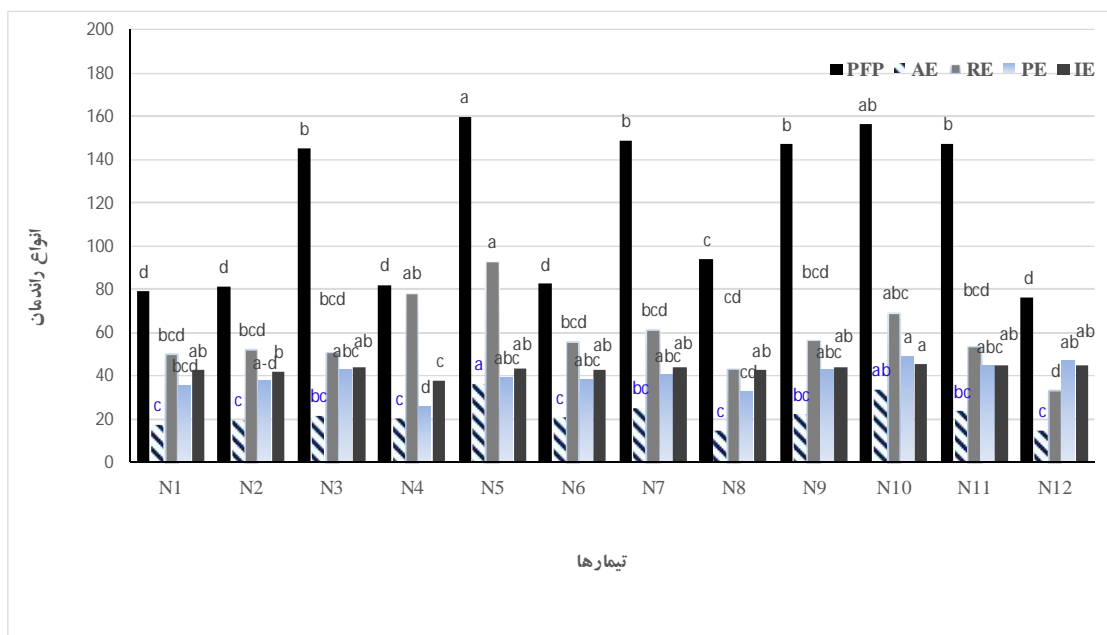
اعداد در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح 5% معنی دار نمی باشند

N₀: شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، N₁: مصرف 55/2 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، (N₂، N₃)؛ (N₄، N₅) و (N₆، N₇) مصرف 55/2 و 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب از منابع اوره با پوشش گوگردی؛ سولفات آمونیوم و اوره سوپرگرانوله، N₈: استفاده از نانوکود نیتروژن + 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، N₉؛ N₁₀ و N₁₁ به ترتیب استفاده از باکتری آزوسپیریلیوم؛ ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم + ازتوباکتر هر کدام همراه با 27/6 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و N₁₂: مصرف کود عرف زارع (مصرف 55/2 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره قبل از نشاکاری).

نتیجه‌گیری

هدف از اجرای این آزمایش، تعیین بهترین منبع کود نیتروژنه با راندمان بالای مصرف نیتروژن در برنج غرقابی (رقم هاشمی) بوده است. براساس نتایج آزمایش، تیمار N₄ با 119/5 کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان جذب نیتروژن را داشته است. این مقدار 36/2 درصد بیشتر از تیمار شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) و از تیمارهای N₁، N₂، N₆ و N₁₂ که در آنها مقدار نیتروژن مصرف شده برابر نیتروژن مصرف شده در تیمار N₄ بود، به ترتیب 12/1، 10/5 و 21/8 درصد بیشتر بوده است. این در حالی است که وقوع ورس در تیمار N₄ ممکن است مانع از تولید زیست‌توده بیشتر و جذب بیشتر نیتروژن شده باشد. اگرچه در این آزمایش میزان تلفات نیتروژن اندازه‌گیری نشد ولی میزان جذب بیشتر نیتروژن می‌تواند به معنی تلفات کمتر آن باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله با جلوگیری یا کاهش تلفات نیتروژن، می‌تواند موجب افزایش میزان جذب و کارایی نیتروژن نسبت به سایر

منابع تأمین‌کننده نیتروژن شود. از نظر عملکرد شلتوک تیمار N₅ با تولید 4417 کیلوگرم در هکتار، تیمار بهینه بوده است. اگرچه میزان نیتروژن مصرف شده در این تیمار نصف نیتروژن تیمارهای N₁، N₂ و N₆ بوده است اما میزان جذب نیتروژن آن فقط به ترتیب 2/1، 3/1 و 5/1 کیلوگرم در هکتار کمتر از تیمارهای یاد شده بوده و 7/2 کیلوگرم در هکتار بیشتر از تیمار N₁₂ بوده است. عملکرد شلتوک و راندمان بازیافت بالاتر تیمار N₆ نسبت به تیمارهای N₁ و N₂ نشان از مزیت نسبی کود سولفات آمونیوم نسبت به مصرف تقسیمی کود اوره و مصرف یکباره کود اوره با پوشش گوگردی دارد. عملکرد شلتوک مشابه و نیز میزان جذب نیتروژن و راندمان بازیافت مشابه تیمارهای N₁ و N₂ نشان‌دهنده کارایی یکسان مصرف تقسیمی کود اوره و مصرف یکباره کود اوره با پوشش گوگردی است. براساس نتایج پژوهش حاضر، مزیت نسبی استفاده از جایگذاری عمقی کود اوره سوپرگرانوله از سایر منابع تأمین‌کننده نیتروژن بیشتر است.



اعداد در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح 5% معنی‌دار نمی‌باشند
نمودار 1- مقایسه میانگین مقادیر PFP، AE، RE، PE و IE در دو سال آزمایش

فهرست منابع:

1. بی‌نام. 1391. بررسی کودهای زیستی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی، کرج.
2. عرفانی‌مقدم، ر.، ع. ر.، نبی‌پور و م. ز. نوری. 1397. دستورالعمل تولید برنج سالم در شرایط کشاورزی پایدار. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، 318 صفحه.
3. علی‌احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. 1376. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد دوم)، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 102، 115 صفحه.
4. میرنیا هریکنده‌ای، سیدخلاق. 1375. بررسی کاربرد مدل انتقال نیترات و بیلان مصرف ازت در شالیزار (آمل). پایان‌نامه دکترای خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
5. Abou-khalifa, A.A.B. 2012. Evaluation of some rice varieties under different nitrogen levels. *Advances in Applied Science Research*, 3 (2):.1144-1149.
6. Agrawal, S. and P. Rathore. 2014. Nanotechnology Pros and Cons to Agriculture: A Review, *International Journal Current Microbiology Applied Science*, 3 (3): 43-55.
7. Alam, M. M., M. R. Karim and J. K. Ladha. 2013. Integrating best management practice for rice with farmers' crop management techniques: A potential option for minimizing rice yield gap. *Field Crops Research*. 144: 62-68.
8. Baligar, V.C and N. K. Fageria. 2015. Nutrient Use Efficiency in Plants: An Overview. In: Rakshit, A., H. B. Singh, and A. Sen. (Eds). 2015. *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*, p. 415, Springer New Delhi, India.
9. Cassman, K. G., A.R. Dobermann, D. T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency and nitrogen management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(2):.132-140.
10. Cassman K.G., G. C. Gines, M.A. Dizon, M. I. Samson, J. M. Alcantara. 1996. Nitrogen-use efficiency in tropical lowland rice systems: contributions from indigenous and applied nitrogen. *Field Crops Research*, 47 (1):.1-12.
11. Catchpole, V. R., D. J. Oxenham, L.A. Happer. 1983. Transformation and recovery of urea applied to a grass pasture in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 23 (120):.80-86.
12. Choudhury, A. T. M. A. and I. R. Kennedy. 2005. Nitrogen fertilizer losses from rice soils and control of environmental pollution problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36 (11-12):.1625-1639.
13. Craswell, E. T. and S.K. De Datta. 1980. Recent developments in research on nitrogen fertilizers for rice. *Soil and Fertilizer Forum of Thailand*.
14. Dastan, S., D., M. Siavoshi, D. Zakavi, A. Ghanbari-malidarreh, R.Yadi, E.Ghorbannia Delavar, A. R. Nasiri. 2012. Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) at North of Iran. *Journal of agricultural science*, 4 (6): 1-5.
15. Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. IRRI & PPI & PPIC, Makati City & Singapore.
16. Fageria, N. K., A. B. Dos Santos and M. F. Morales. 2010. Influence of Urea and Ammonium Sulfate on Soil Acidity Indices in Lowland Rice Production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41 (13):1565–1575.
17. Fageria N. K., V. C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88: 97–185.
18. Fan, M., J. Shen, L. Yuan, R. Jiang, X. Chen and W. J. Davies. 2012. Improving crop productivity and resource use efficiency to ensure food security and environmental quality in China. *Journal of experimental botany*, 63 (1):.13-24.
19. FAO. 2013. Food and Agricultural Organization. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/Rome>.

20. 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. Agr. Sci.* 41: 701-714.
21. IRRI. 2013. Standard Evaluation System (SES) for rice. 5th edition. Manila, Philippines. p. 55.
22. Jarrell, W. M. and R. B. Beverly. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, 34 (1): 197-224.
23. Kant, S., Y. M. Bi, S. J. Rothstein, 2011. Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 62 (4): 1499–1509.
24. 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. *Journal of plant nutrition*, 34(6): 779-797.
25. Koumeleh, A.S., P. Sharmila, D. C. Uprety and P. P. Saradhi, 2007. Impact of elevated CO₂ on nutrient uptake of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Crop Sciences*, 2 (1): 87-90.
26. Kraiser T, D. E. Gras, A. G. Gutierrez, B. Gonzalez, R. A. Gutierrez. 2011. A holistic view of nitrogen acquisition in plants. *Journal of Experimental Botany*, 62 (4): 1455-1466.
27. Kumar R., B. S. Parmar, S. Walia, and S. Saha. 2015. Nitrification inhibitors: classes and its use in nitrification management. In: Rakshit, A. Singh, H. B. Sen, A. (Eds). 2015. *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*, pp. 103-122, Springer New Delhi, India.
28. Montzka, S., E. Dlugokencky, J. Butler. 2011. Non-CO₂ greenhouse gases and climate change. *Nature* 476: 43–50.
29. NAAS. 2005. Policy option for efficient nitrogen use. Policy Paper No. 33, National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi, India.
30. Peng, S., R. J. Buresh, J. Huang, X. Zhong, Y. Zou, J. Yang, G. Wang, Y. Liu, R. Hu, Q. Tang, K. Cui, F. Zhang, A. Dobermann. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 649–656.
31. Peng S., R. J. Buresh, J. Huang, J. Yang, Y. Zou, X. Zhong, G. Wang, F. Zhang. 2006. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China. *Field Crops Research*. 96 (1): 37–47.
32. Prasad, P., 2013. Fertilizer nitrogen, food security, health and the environment. *World*, 16: 14-16.
33. Redfern, S. K., N. Azzu and J. S. Binamira. 2013. Rice in Southeast Asia: facing risks and vulnerabilities to respond to climate change. *Building Resilience for Adaptation to Climate Changes. In the Agricultural Sector*. 23, p.295.
34. Roberts, T. L., 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (3): 177-182.
35. SAS Institute. 1998. SAS/STAT user's guide. Release 6.03. SAS Institute, Cary, NC.
36. 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. *Journal of Integrative Agriculture*, 14 (12): 2456–2466.
37. Savant, N.K. and Stangel. 1990. Deep placement of urea supergranules in transplanted rice: principles and practices. *Fertilizer research*, 25(1), pp.1-83.
38. Tayefe, M., A. Gerayzade, E. Amiri and A. Nasrollah Zadeh. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, nitrogen use efficiency of rice. *IPCBEE vol.24*. IACSIT Press, Singapore.
39. Wang, G., A. Dobermann, C. Witt, Q. Sun, and R. Fu. 2001. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in southeast China. *Agronomy Journal*, 93: 869-878.

Evaluation and Comparison of the Effects of Different Application Methods and Sources of Nitrogen on Nitrogen Use Efficiency of Hashemi Rice Variety

M. Mohammadian, A. R. Astaraei¹, A. Lakzian, H. Emami, and M. Kavosi

PhD. student, Department of Soil Sciences, Ferdowsi University of Mashhad;

E-mail: mohammadian953@yahoo.com

Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural - Ferdowsi, University of Mashhad; E-mail: astaraei@um.ac.ir

Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural - Ferdowsi, University of Mashhad; E-mail: alakzian@yahoo.com

Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural - Ferdowsi, University of Mashhad; E-mail: hojjatemami@gmail.com

Associate Professor of Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Eductin and Extenson Organization (AREEO) Rasht, Iran; E-mail: masoud_kavosi2@yahoo.com

Received: October, 2018 and Accepted: January, 2019

Abstract

In order to achieve an effective approach to improve nitrogen use efficiency in rice, a field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications and 13 treatments on a local rice variety, namely, Hashemi, in Rice Research Institute of Iran (Amol) during 2015 and 2016. The treatments included: N₀: no N, N₁: split application of 55.2 kg ha⁻¹ N from source of urea (recommended for Hashemi variety), (N₂, N₃), (N₄, N₅) and (N₆, N₇) application of 55.2 and 27.6 kg ha⁻¹ N from SCU, USG and AS sources, respectively; N₈: application of nitrogen nanofertilizer; N₉, N₁₀ and N₁₁: application of Azospirillum, Azotobacter, and Azospirillum + Azotobacter. In addition to the mentioned sources, in N₈ to N₁₁ treatments, 27.6 kg ha⁻¹ N from urea was used. N₁₂: Farmers' fertilizer practice (Pre planting application of 55.2 kg ha⁻¹ N from urea). Results of the experiment showed that the effect of treatments on the measured traits, except nitrogen content of straw, caused a significant (p<0.05) difference. The highest grain yield was obtained from N₆ (4542 kg ha⁻¹). The performance of N₅ (deep placement of 27.6 kg ha⁻¹ N from source of USG) was not significantly different from the treatment with the highest grain yield (N₆). The highest amount of partial factor productivity (PFP), Agronomic efficiency of applied N (AE_N) and recovery efficiency of applied nitrogen (RE_N) was obtained from N₅ treatment and the highest physiological efficiency of applied nitrogen (PE_N) and internal efficiency of applied nitrogen (IE_N) was obtained from N₁₀. N₅ increased grain yield by 4.6% and recovery efficiency by 59.4% in compared to N₁₂. The highest amount of N uptake (119.5 kg ha⁻¹) was obtained from N₄ treatment. Based on the results, it could be concluded that the deep placement of USG fertilizer has relative advantage compared to other N supplying sources because of enhanced amount of N uptake and reduced N losses.

Keywords: Deep placement, Free-living nitrogen fixing bacteria, Slow release fertilizer

¹ Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad