

اثر کود اوره با پوشش پلیمری و اوره معمولی بر کارایی نیتروژن و عملکرد و اجزای عملکرد برنج

صابر حیدری¹، مجید نیکنژاد، سید محمد علوی سینی و مرتضی اشراقی نژاد

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب؛ s.heydari@areeo.ac.ir
استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران، کارشناس ارشد گروه تکنولوژی زراعی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی
هرمز، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران؛ organic.farming.iran@gmail.com
استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش
و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران؛ m.alavis@areeo.ac.ir
استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش
و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران؛ m.eshraghi@areeo.ac.ir

دریافت: 1400/6/15 و پذیرش: 1400/9/29

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین مواد مغذی در تولید محصول است اما کارایی آن در کود اوره خصوصاً در شالیزارها پایین است. بازدهی نیتروژن می‌تواند با کاهش انحلال اوره در خاک افزایش یابد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کود پلیمری اوره بر رشد و عملکرد برنج رقم طارم هاشمی انجام شد. به این منظور آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل T₀: شاهد، T₁: اوره معمولی (در دو تقسیط)، T₂: اوره پلیمری، T₃: اوره معمولی (30%) + پلیمری (70%) (استفاده بعد از نشاء) و T₄: اوره معمولی (30%) + پوشش دار (70%) اوره پلیمری در زمان نشاء و اوره معمولی در زمان خوشه‌دهی) بود. نتایج نشان داد که اثر مکان تنها بر صفات تعداد پنجه و تعداد خوشه معنی‌دار بود و سایر صفات تحت تأثیر این عامل قرار نگرفتند. ولی صفات تعداد پنجه، تعداد خوشه، ارتفاع گیاه، تعداد دانه، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی بازیافت نیتروژن به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع کود اوره و روش مصرف آن قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که حداکثر تعداد پنجه و خوشه در تیمار T₃ در دو مکان به ترتیب دارای میانگین 24/5 و 20/33 بود که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب 52% و 47/5% افزایش نشان داد. میانگین عملکرد دانه در تیمار T₃ در دو مکان، نسبت به تیمارهای شاهد، T₁، T₂ و T₄ به ترتیب 43/1%، 17%، 18/1% و 18/1% بیشتر بود. برای رقم طارم هاشمی و در هر دو مکان مصرف اوره پوشش پلیمری به صورت مخلوط با اوره معمولی، در افزایش بازیافت نیتروژن و کاهش تلفات آن مؤثر بود اما اثربخشی این تیمار کودی در مزرعه با بافت شنی لوم بیشتر بود و می‌تواند مناسب‌ترین روش مصرف کود در این خاک‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: خاک شالیزاری، رقم طارم هاشمی، عملکرد دانه برنج، کارایی بازیافت نیتروژن

¹ نویسنده مسئول، آدرس: جیرفت، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، بخش تحقیقات خاک و آب

مقدمه

با پوشش معمول گوگرد، درصد شکست بالایی از پوشش گوگردی دارند که در این حالت بلافاصله اوره در تماس با آب قرار می‌گیرد (شویو، 2001). کودهای کنترل‌رها⁴ نیز یک رویکرد استراتژیک برای افزایش بهره‌وری کود از طریق هماهنگ‌سازی دسترسی مواد مغذی با نیاز گیاه و در نتیجه کاهش تلفات آن است (مورگان و همکاران، 2009). اوره پوشش‌داده شده با پلیمر⁵ یکی از انواع کودهای کنترل‌رها است. برخلاف کودهای کندرها، کودهای کنترل‌رها دارای الگوی رهاسازی قابل پیش‌بینی در طول زمان هستند و عموماً از رزین‌ها حرارتی برای تولید این کودها استفاده می‌شود. اگرچه فناوری‌های پوشش‌دهنده این کود در طی سالیان پیشرفت کرده است و الگوی رهاسازی دقیق‌تری یافته است اما همچنان میزان رهاسازی به نوع پوشش، ضخامت و دما و رطوبت محیط بستگی دارد (لیو و همکاران، 2014).

برخی از مطالعات نشان دادند که عملکرد محصول در استفاده از اوره پوشش داده شده با پلیمر، می‌تواند با توجه به نوع محصول، شرایط محیطی و فصل رشد، بالاتر، پایین‌تر و یا بدون تغییر نسبت به اوره معمولی باشد (بلکشاو و همکاران، 2011). وانگ و همکاران (2015) گزارش کردند که اوره با 6 درصد پوشش پلیمری سبب بهبود عملکرد و کارایی نیتروژن نسبت به تیمارهای با اوره معمول و در سه تقسیط شد. انواع مختلفی از کودهای کنترل‌رها در دسترس هستند، ولی با این حال گزارش‌های کمی در مورد کاربرد الاستومرهای پلی‌اورتان به عنوان مواد پوششی در کود اوره کنترل‌رها گزارش شده است (چاودوری و کندی، 2005). بورتولیتو-سانتوز و همکاران (2018) گزارش کردند که از پلی‌مرهای پلی‌اورتان بر پایه روغن‌های گیاهی (کرچک یا سویا) می‌توان برای سنتز پلیمرهای تجزیه‌پذیر برای کنترل رهاسازی اوره در خاک استفاده کرد. بنابراین استفاده از مواد پوشش‌دهنده ارزان و

اوره ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) بیش از 50 درصد کود نیتروژن جهان را تشکیل می‌دهد و اغلب به عنوان تنها منبع نیتروژن توسط اکثر کشاورزان به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. (گیلبرت و همکاران، 2006). کارایی نیتروژن در کود اوره خصوصاً در شالیزارها با توجه به شرایط و روش‌های مصرف، حدود 30 تا 40 درصد و حتی کمتر گزارش شده است؛ این امر علاوه بر زیان اقتصادی، آلودگی زیست محیطی را نیز به دنبال خواهد داشت (چاودوری و خنیف، 2004). محمدیان و همکاران (2019) درصد بازیافت برنج طبق عرف کشاورز در شمال ایران را کمتر و حدود 50 درصد ذکر کردند. بازیافت نیتروژن می‌تواند با کاهش میزان انحلال اوره در خاک افزایش یابد، زیرا در زمانی که انحلال اوره با سرعت کمتر صورت می‌گیرد، کود نیتروژنه کمتری در معرض مکانیزم‌هایی مانند تصعید، نترات زدایی¹ و آبشویی قرار گرفته و جذب نیتروژن در گیاهان زراعی بهبود می‌یابد (کیران و همکاران، 2010).

از جمله روش‌هایی که برای کاهش تلفات نیتروژن و افزایش کارایی آن خصوصاً در مزارع برنج پیشنهاد شده‌اند، تقسیط کود اوره در مراحل مناسب رشد، استفاده از اوره پوشش‌دار و استفاده از مواد بازدارنده مانند اوره‌آز هستند. کودهای نیتروژنه کندرها² به دلیل دارا بودن پوشش‌هایی از جنس موم، پارافین، رزین یا گوگرد، قابلیت انحلال سریع اوره معمولی را ندارند و با مصرف این کودها خصوصاً در مزارع شالیزاری، تلفات ناشی از آبشویی یا تصعید کاهش می‌یابد (روسو، 1996). محبوب-خمایی و همکاران (2004) در یک آزمایش گلدانی در برنج نشان دادند که اوره با پوشش گوگردی³ بازده زراعی، بازیافت مصرف کود نیتروژنه و عملکرد دانه را نسبت به اوره معمولی افزایش داد. آزادسازی نیتروژن از SCU بستگی به کیفیت پوشش دارد. نمونه‌های کود اوره

1. Denitrification

2. Slow release

3. Sulfur Coated Urea, SCU

4. Controlled release fertilizer

5. Polymer Coated Urea, PCU

برای لایه پوششی، چندین بار تکرار شد تا نهایتاً یک لایه پوستی یکنواخت و ضخیم پلی اورتان بر روی گرانول اوره ایجاد گردد. ضخامت لایه پوششی در اوره به صورت درصد تعیین شد. به عنوان مثال در کود اوره پوششی با 5 درصد پلیمر، برای هر 100 گرم کود اوره، 5 گرم مواد پلیمری استفاده شد (لی و همکاران، 2012).

ارزیابی رهاسازی نیتروژن از کود پوشش‌دار

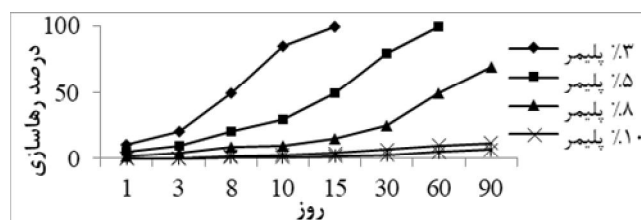
به منظور بررسی سرعت آزادسازی نیتروژن، 10 گرم از اوره پوشش داده شده با پلی اورتان در یک ظرف مهر و موم شده با 500 میلی لیتر آب قرار داده شد و در بازه‌های زمانی متفاوت نیتروژن حل شده در آب اندازه‌گیری شد. (یانگ و همکاران، 2012). درصد رهاسازی اوره از 4 نمونه کودی تهیه شده با مقادیر متفاوت پوشش پلیمری در شکل 1 نشان داده شده است. نمونه 1، 2، 3 و 4 هر کدام به ترتیب دارای درصد پلیمر 3، 5، 8 و 10 درصد بودند. با توجه به شکل 1، با افزایش پوشش پلیمری از 3 به 10 درصد، سرعت رهاسازی اوره کاهش یافت.

دوستدار محیط زیست یا بهبود تکنیک‌های پوشش‌دار کردن کود، که منجر به کاهش مصرف مواد پوششی می‌شود، می‌تواند روش مؤثری برای کاهش هزینه تولید کودهای کنترل رهش باشد. این تحقیق با هدف بررسی اثر کودپلیمری اوره بر رشد و عملکرد برنج انجام شد. برای این منظور، کود پلیمری با پوشش پلی اورتان در درصدها و نسبت‌های متفاوت تهیه شد و با بررسی خصوصیات کودهای پوشش داده شده، بهترین کود برای استفاده در مزرعه انتخاب و تأثیر آن بر عملکرد برنج در رقم طارم هاشمی در دو خاک سبک و سنگین شالیزاری مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده سازی اوره پوشش پلیمری

واکنش پوشش‌دار کردن گرانول اوره باید در ابزاری با حالت دوار انجام گیرد. در این روش مخلوط-های پلیول گیاهی و ایزوسیانات با استفاده از نازل‌هایی به صورت مه‌پاش بر روی گرانول‌های اوره در داخل استوانه دوار ریخته شدند. این عمل با توجه به ضخامت مورد نیاز



شکل 1- درصد رهاسازی اوره با درصدهای متفاوتی از مواد پلیمری

2 تا 3 ماهه برنج طارم هاشمی و اینکه بالاترین راندمان از مصرف کود نیتروژنی زمانی بدست می‌آید که مصرف آن در آخر پنجه‌زنی (حدود 25 روز بعد از نشاء) تا ظهور خوشه (حدود 50 روز بعد از نشاء) باشد (داوودی و همکاران، 2014) و با توجه به نتایج آزمایشات درصد رهاسازی کود پوشش پلیمری شده با 5 درصد ماده پلیمری که تقریباً بیشترین مقدار رهاسازی در فاصله زمانی مورد نظر را دارد. به منظور بررسی عملکرد

با توجه به شکل 1، درصد رهاسازی کود با زمان رابطه تقریباً نمایی دارد در روزهای اول سرعت پایین رهاسازی و در روزهای بعد افزایش سرعت رهاسازی مشاهده شد. با توجه به ضخامت پوشش گرانول اوره، مدت زمانی برای نفوذ آب در منافذ پلیمر و سپس انحلال کود و خروج آن با فرآیند پخشیدگی لازم است. در گرانول با 5 درصد پوشش در 10 روز ابتدایی، تنها 30 درصد از کود انحلال یافت. با توجه به دوره رشد

محمودآباد اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، بافت خاک مزارع به روش هیدرومتری (گی و بادر، 1986) تعیین شد. برخی خصوصیات خاک مانند درصد شن، رس، اسیدیته، نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل تبادل با روش‌های معمول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (اسپارک و همکاران، 1996) (جدول 1).

محصول از این کود در مزرعه به عنوان تیمار کود پوشش پلیمری استفاده شد.

آزمایش مزرعه‌ای

این تحقیق در سال زراعی 1396-97 در دو مزرعه شالیزاری تحت نظارت مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز در روستاهای ملاکلا و سوته از شهرستان

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

| بافت | Sand (g kg ⁻¹) | Clay (g kg ⁻¹) | CEC (cmol kg ⁻¹) | K (mg kg ⁻¹) | P (mg kg ⁻¹) | N (%) | OC (%) | pH | مکان |
|------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----|--------|
| LS | 780 | 70 | 29 | 110 | 15 | 0/13 | 2/1 | 7/8 | ملاکلا |
| CL | 320 | 320 | 47 | 180 | 11 | 0/22 | 2/8 | 7/5 | سوته |

کمتر از حد بهینه برای برنج (داوودی و همکاران، 2014) بودند. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار به شرح جدول 2 با سه تکرار در دو مکان (روستای ملاکلا و سوته) به اجرا درآمد.

مزرعه ملاکلا در کلاس بافتی شنی لوم (بافت سبک) و مزرعه سوته در کلاس بافت لوم رسی (بافت سنگین) قرار داشت. از نظر فسفر در مزرعه ملاکلا در حدود حد بهینه (داوودی و همکاران، 2014) و مزرعه سوته کمتر از حد بهینه و از نظر پتاسیم هر دو مزرعه

جدول 2- خصوصیات تیمارهای مورد استفاده

| تیمار | نوع و مقدار کود اوره استفاده شده | زمان کاربرد کود |
|----------------|-------------------------------------|---|
| T ₀ | بدون کود اوره | - |
| T ₁ | اوره | 70 درصد کود بعد از نشاء و 30 درصد باقیمانده به صورت سرک در زمان تشکیل خوشه- |
| T ₂ | اوره پوشش پلیمری (PCU) | بعد از نشاء |
| T ₃ | اوره (30%) + اوره پوشش پلیمری (70%) | بعد از نشاء |
| T ₄ | اوره (30%) + اوره پوشش پلیمری (70%) | کل کود پلیمری در زمان نشاء و اوره معمولی به صورت سرک در زمان تشکیل خوشه |

(نصف به صورت پایه و نصف در مرحله حداکثر پنجه-زنی) به مقدار 250 و 200 کیلوگرم در هکتار به ترتیب در مزارع ملاکلا و سوته مصرف شد. با توجه به دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب (داوودی و همکاران، 2014) در مورد مقدار کود اوره توصیه شده با توجه به درصد کربن آلی خاک، در همه کرت‌ها مصرف کود اوره معمولی یا پوشش پلیمری بر اساس مقدار 46 کیلوگرم نیتروژن معادل 100 کیلوگرم اوره در هکتار بود. رقم برنج مورد مطالعه نیز رقم طارم هاشمی بود.

مساحت هر کرت 12 متر مربع (3×4 متر) بود. به منظور اجتناب از اختلاط کودها، برای هر کرت کانال آبیاری و زهکشی به صورت جداگانه طراحی شد. مرزهای هر کرت با پلاستیک نایلونی به عمق 30 سانتی-متر پوشانده شد. نشاهای برنج در مرحله 3 تا 4 برگی به کرت‌ها منتقل شد. تعداد نشاء در هر کپه 3 عدد و فاصله کشت 25×30 سانتیمتر در نظر گرفته شد. کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به مقدار 100 و 150 کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم طی دو مرحله

ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و خوشه در هر کپه

با توجه به جدول 3، ارتفاع گیاه تحت تأثیر معنی‌دار نوع کود اوره و روش مصرف آن در سطح احتمال 1 درصد قرار گرفت. ارتفاع گیاه در تیمار T3 با مقدار 151/23 اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و در گروه a قرار گرفت (جدول 5). اختلاف تعداد پنجه و خوشه در هر کپه، در درون تیمارها و بین دو خاک در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. همچنین در بر همکنش بین تیمار و نوع خاک، این شاخص‌ها در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بودند (جدول 3). محمدی و همکاران (2018) بیان داشتند کودهای کندرها موجب استفاده بهتر عناصر غذایی شده که این ویژگی ارتباط نزدیکی با همزمانی رهاسازی عناصر و مقدار نیاز گیاه دارد و سبب گسترش سطح برگ، افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نهایت موجب افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود. در برهمکنش بین خاک و تیمارهای کودی، تعداد پنجه در خاک‌های شماره 1 و 2 به ترتیب 56 و 47/5 درصد در تیمار T3 نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول 6).

همچنین حداکثر تعداد خوشه در هر کپه در خاک شماره 1 و 2 به ترتیب 30/3 و 20/3 در تیمار T3 بود که نسبت به تیمار شاهد در دو خاک به ترتیب 67 و 44/3 درصد افزایش نشان می‌دهد. نتایج نشان داد با کاربرد همزمان اوره معمولی و اوره پوشش پلیمری در زمان کشت (تیمار T3) تعداد پنجه و تعداد خوشه در هر کپه در مقایسه با استفاده معمول از کود اوره (تیمار T1) به ترتیب 37/6 و 21/9 درصد افزایش یافت (جدول 5). این رفتار ناشی از افزایش دسترسی به نیتروژن توسط گیاه است که می‌تواند منجر به افزایش تمایز سلولی و تشکیل بافت شود. تحقیقات مشابه دیگری نیز به افزایش تعداد پنجه با افزایش نیتروژن اشاره داشتند (هایلی و همکاران، 2012، وویما و همکاران، 2012، فاجریا و کاروالو، 2014). البته در تحقیق حاضر، کود اوره افزایش نیافت، بلکه دسترسی به نیتروژن با توجه به کاهش سرعت رهاسازی آن از کود اوره افزایش یافت. مورو و همکاران

در طول اجرای آزمایش کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و کنترل آفات به صورت شیمیایی و با استفاده از سم دیازینون رقیق شده در دو مرحله انجام گرفت. در پایان فصل، نمونه‌ها به صورت تصادفی با حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت انتخاب شدند و صفات زیر برای هر تیمار آزمایشی مورد بررسی قرار گرفتند. ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد کل پنجه با شمارش و اندازه‌گیری برحسب 6 کپه در هر کرت به دست آمد. وزن هزار دانه با شمارش 10 نمونه صدتایی و توزین آن‌ها بر اساس رطوبت 14 درصد محاسبه شد. عملکرد دانه (شلتوک) و عملکرد زیست توده با برداشت بوته از پنج مترمربع هر کرت اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از تقسیم وزن خشک دانه به وزن خشک کل اندام رویشی و زایشی محاسبه گردید. بازیافت نیتروژن بر حسب درصد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$NR = \left(\frac{D - E}{B} \right) \times 100$$

که در آن NR بازیافت نیتروژن بر حسب درصد، D میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه در تیمار کودی، E میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه در تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و B مقدار نیتروژن مصرف شده می‌باشد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9/4 انجام شد. مقایسات میانگین به روش توکی انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد برنج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف در هر دو مکان مورد مطالعه، بر ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، خوشه و تعداد دانه در هر کپه، عملکرد زیست توده و دانه، شاخص برداشت و بازیافت نیتروژن در سطح احتمال 0/01 معنی‌دار بود. برهمکنش تیمار و مکان بر صفات تعداد پنجه و تعداد خوشه در هر کپه و عملکرد دانه در سطح احتمال 0/05 معنی‌دار بود (جدول 3).

صورت مخلوط و در زمان کشت) نسبت به تیمار T_1 (اوره معمولی به صورت تقسیط و عرف منطقه) در مزرعه ملاکلا 29/7 درصد و در مزرعه سوته 11/5 درصد بیشتر بود. به نظر می‌رسد در خاک‌هایی که دارای بافت سبک هستند (ملاکلا) و امکان آبیاری اوره در آن بالا است؛ مصرف اوره به صورت پوشش داده شده با پلیمر و به صورت مخلوط با اوره، به دلیل کاهش سرعت هیدرولیز اوره و تلفات کمتر آن و در نتیجه استمرار تأمین نیاز نیتروژن گیاه، می‌تواند نتایج مطلوب‌تری در افزایش عملکرد نسبت به خاک‌های دارای بافت سنگین‌تر (سوته) داشته باشد. موله تی و همکاران (1992) بیان داشتند که مصرف اوره با پوشش گوگردی و یا مصرف اوره معمولی در دو یا سه مرحله در خاک‌های شنی می‌تواند سبب افزایش عملکرد برنج شود. همچنین نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که عملکرد دانه به مقدار بالایی تحت تأثیر تعداد پنجه، تعداد خوشه و تعداد دانه در هر کپه بود، چراکه هر یک از این عوامل به ترتیب دارای همبستگی 89، 88 و 99 درصدی با عملکرد دانه بودند (جدول 8). به نظر می‌رسد تحت شرایط پلیمری شدن کود اوره، فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه برنج در مراحل مختلف رشد افزایش یافته و زمینه مناسبی برای تولید پنجه‌های بارور ایجاد کرده که در نهایت این پنجه‌ها، افزایش عملکرد زیست توده و دانه را به دنبال خواهند داشت. عملکرد بالاتر برنج در تیمار T_3 می‌تواند به عرضه مناسب نیتروژن از کود اوره پوشش داده شده با مواد پلیمری در مدت زمان طولانی‌تر نسبت داده شود (ویاس و همکاران، 1991).

جذب و راندمان بازیافت نیتروژن

راندمان بازیافت نشان می‌دهد که چه مقدار از نیتروژن مصرف شده به وسیله محصول، بازیافت و جذب شده است. تأثیر تیمارها بر جذب و درصد بازیافت نیتروژن در سطح 1 درصد معنی‌دار بود؛ اما برهمکنش بین خاک و تیمار اثر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول 3). نتایج نشان داد که عامل تعیین‌کننده در میزان جذب و بازیافت نیتروژن نوع کود بوده و نوع خاک تأثیری در میزان جذب

(2015) بیان داشتند از آنجا که تعداد پنجه‌های مؤثر عامل تعیین‌کننده مهمی در عملکرد نهایی گیاه است، می‌تواند یک شاخص بسیار مناسب برای بررسی اثرگذاری کود باشد. با استفاده از کود پوشش پلیمری و ترکیب آن با کود اوره معمولی (تیمار T_3)، تعداد پنجه‌ها و خوشه‌های بارور به طور قابل توجهی افزایش یافت در حالیکه کاربرد کود پلیمری در زمان کشت و اوره به صورت سرک (تیمار T_4) و کاربرد کود پلیمری به تنهایی در زمان کشت (تیمار T_2) تفاوت معنی‌داری با کاربرد اوره معمولی به صورت عرف مزرعه (تیمار T_1) نداشتند (جدول 5). این نتیجه نشان می‌دهد که کود پلیمری با توجه به الگوی رهاسازی نیتروژن در مراحل اولیه رشد ممکن است نتواند نیتروژن مورد نیاز گیاه را تأمین کند و کاربرد بخشی از نیتروژن به صورت اوره معمولی الزامی می‌باشد. کاربرد اوره معمولی به عنوان تنها کود مصرفی نیز احتمالاً به دلیل بازیافت کمتر و عدم تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در مراحل پایانی رشد نیز می‌تواند منجر به عملکرد کمتر شود.

عملکرد دانه و عملکرد زیست توده

با توجه به جدول 3 در شاخص عملکرد دانه و زیست توده تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال 1 درصد وجود دارد. البته این شاخص‌ها در بین دو مکان مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در برهمکنش بین مکان‌ها و تیمارها، تنها شاخص عملکرد دانه در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود. عملکرد دانه در تیمارها به طور میانگین در دو مزرعه بین 3023 تا 5311 کیلوگرم بر هکتار در نوسان بود (جدول 5). بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار T_3 (کود اوره پلیمری و اوره معمولی به صورت مخلوط) به دست آمد. عملکرد دانه در تیمار T_3 در دو مزرعه به صورت میانگین 43/1، 17، 18/1 و 18/1 درصد به ترتیب نسبت به تیمارهای شاهد، T_1 (اوره معمولی به صورت تقسیط)، T_2 (اوره پلیمری به تنهایی) و T_4 (اوره پلیمری به صورت پایه و اوره معمولی به صورت تقسیط) بیشتر بود. با توجه به جدول 7، عملکرد دانه در تیمار T_3 (کود اوره پلیمری و اوره معمولی به

جدول 3- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای کودی در دو خاک مورد مطالعه

| میانگین مربعات | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------|------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد پنجه | تعداد خوشه در هر کپه | ارتفاع گیاه | طول خوشه | تعداد دانه در هر کپه | وزن هزار دانه | عملکرد زیست توده | عملکرد دانه | شاخص برداشت | جذب نیتروژن | باز یافت نیتروژن |
| مکان | 1 | 128/13** | 90/13** | 14/15 ^{ns} | 0/34 ^{ns} | 4320 ^{ns} | 0/05 ^{ns} | 1574833/41 ^{ns} | 89216/53 ^{ns} | 0/02 ^{ns} | 8/99 ^{ns} | 4/03 ^{ns} |
| تکرار در مکان | 4 | 2/44 | 1/03 | 7/36 | 0/54 | 19341/27 | 0/83 | 592926/41 | 33746/27 | 9/23 | 25/98 | 5/13 |
| تیمار | 4 | 123/8** | 76/12** | 39/66** | 0/09 ^{ns} | 630614/87** | 0/21 ^{ns} | 23379164/88** | 4004609/78** | 16/27* | 805/74** | 3778/12** |
| تیمار×مکان | 4 | 22/97* | 11/88* | 11/63 ^{ns} | 0/04 ^{ns} | 44086/67 ^{ns} | 0/02 ^{ns} | 566003/17 ^{ns} | 215599/28* | 6/04 ^{ns} | 2/94 ^{ns} | 14/12 ^{ns} |
| خطا | 16 | 2/73 | 1/33 | 8/66 | 0/97 | 12189/26 | 0/52 | 200955/60 | 46077/93 | 5/81 | 5/06 | 4/93 |
| CV (%) | | 8/88 | 6/96 | 2/01 | 4/11 | 6/54 | 2/60 | 3/41 | 5/00 | 7/15 | 2/29 | 4/72 |

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد

جدول 4- مقایسه میانگین اثر مکان آزمایش بر اجزای عملکرد برنج

| میانگین | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|----------------------|-------------|----------|----------------------|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| مکان | تعداد پنجه | تعداد خوشه در هر کپه | ارتفاع گیاه | طول خوشه | تعداد دانه در هر کپه | وزن هزار دانه | عملکرد زیست توده | عملکرد دانه | شاخص برداشت | جذب نیتروژن | باز یافت نیتروژن |
| | | هر کپه | cm | cm | gr | gr | Kg/ha | Kg/ha | | Kg/ha | % |
| ملاکلا | 16/53b | 14/8b | 146/08a | 22/72a | 1730/53a | 27/68a | 12914/00b | 4235/27a | 32/57a | 97/65a | 54/59a |
| سوته | 20/67a | 18/27a | 147/45a | 22/51a | 1754/53a | 27/76a | 13372/20a | 4344/33a | 32/51a | 98/74a | 55/55a |

وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد است

جدول 5- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر اجزای عملکرد برنج

| میانگین | | | | | | | | | |
|----------------|------------|----------------------|-------------|----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| تیمار | تعداد پنجه | تعداد خوشه در هر کپه | ارتفاع گیاه | تعداد دانه در هر کپه | عملکرد زیست توده | عملکرد دانه | شاخص برداشت | جذب نیتروژن | باز یافت نیتروژن |
| | | | cm | | Kg/ha | Kg/ha | | Kg/ha | % |
| T ₀ | 11/83c | 10/67c | 144/6b | 1237c | 9832/10d | 3023c | 30/86b | 77/86c | - |
| T ₁ | 17/83b | 16/67b | 145/82b | 1783/33b | 13851/40b | 4411b | 31/99b | 102/49b | 53/33b |
| T ₂ | 19/5b | 17/5b | 146/13b | 1772/67b | 13678/50bc | 4352/70b | 31/80b | 102/57b | 53/50b |
| T ₃ | 24/5a | 20/33a | 151/23a | 2144a | 15098/20a | 5310/80a | 35/19a | 107/02a | 63/17a |
| T ₄ | 19/33b | 17/5b | 146/07b | 1775/67b | 13255/40c | 4351/50b | 32/85ab | 101/04b | 50/17c |

وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد است

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل دو خاک و تیمارهای مورد مطالعه در اجزای عملکرد برنج

| تیمار | تعداد پنجه | | تعداد خوشه در هر کپه | | ارتفاع گیاه | | طول خوشه | | تعداد دانه در هر کپه | | وزن هزار دانه gr |
|----------------|------------|--------|----------------------|--------|-------------|---------|----------|--------|----------------------|---------|------------------|
| | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | |
| T ₀ | 12/6de | 11e | 11/3d | 10d | 144/4a | 144/8a | 22/5a | 22/6a | 1213/7d | 1260/3d | 27/5a |
| T ₁ | 20b | 15/6c | 18/6b | 14/6c | 147/3a | 144/3a | 22/4a | 22/6a | 1716/7c | 1850bc | 27/9a |
| T ₂ | 23a | 16c | 20ab | 15c | 148/4a | 143/8a | 22/4a | 22/5a | 1752/7c | 1792/7c | 27/7a |
| T ₃ | 24a | 25a | 20/3ab | 30/3ab | 150/1a | 152/4a | 22/3a | 22/9a | 2277/3a | 2010/6b | 27/7a |
| T ₄ | 23/6a | 15cd | 21a | 14c | 147/1a | 145/1ab | 22/7a | 22/9a | 1692/3c | 1859bc | 27/8a |

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل دو خاک و تیمارهای مورد مطالعه در اجزای عملکرد برنج

| تیمار | عملکرد زیست توده Kg/ha | | عملکرد دانه Kg/ha | | شاخص برداشت | | جذب نیتروژن Kg/ha | | بازیافت نیتروژن % | |
|----------------|---------------------------|----------|----------------------|---------|-------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا | سوته | ملاکلا |
| T ₀ | d10115/4 | d9548/7 | d3162/7 | d2883/3 | b31/4 | b30/3 | d78/3 | d77/4 | - | - |
| T ₁ | ab14514/0 | c13188/7 | c4511/3 | c4310/7 | b31/3 | ab32/7 | bc103/5 | c101/3 | c54/7 | cd52 |
| T ₂ | ab13772/7 | c13584/3 | c4528/7 | c4176/7 | ab32/9 | b30/7 | 103/6 abc | c101/5 | c55 | cd52 |
| T ₃ | a14920/7 | a15275/7 | b5029/7 | a5592 | ab33/8 | a36/6 | ab106/4 | a107/6 | a61 | a65/3 |
| T ₄ | c13538/3 | c12972/5 | c4489/3 | c4213/7 | ab33/2 | ab32/5 | c101/9 | c100/1 | cd51/3 | d49 |

وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد است

جدول 8- ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه

| عملکرد دانه | بازیافت نیتروژن | شاخص برداشت | عملکرد زیست توده | وزن هزار دانه | تعداد دانه در هر کپه | طول خوشه | ارتفاع گیاه | تعداد خوشه در هر کپه | تعداد پنجه | |
|-------------|-----------------|-------------|------------------|---------------|----------------------|----------|-------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | | | | | | 1 | تعداد پنجه |
| | | | | | | | | 0 | 0/99** | تعداد خوشه در هر کپه |
| | | | | | | | 1 | 0/78** | 0/86** | ارتفاع گیاه |
| | | | | | 1 | 0/01 | -0/11 | -0/08 | -0/08 | طول خوشه |
| | | | | | | 0/14 | 0/79** | 0/88** | 0/88** | تعداد دانه در هر کپه |
| | | | 1 | 0/29 | -0/19 | -0/07 | 0/36 | 0/24 | 0/24 | وزن هزار دانه |
| | | | | 0/45 | 0/96** | -0/03 | 0/68* | 0/88** | 0/85** | عملکرد زیست توده |
| | | 1 | 0/65* | 0/02 | 0/81** | 0/38 | 0/84** | 0/68* | 0/76** | شاخص برداشت |
| | 1 | 0/61 | 0/97** | 0/53 | 0/93** | 0/06 | 0/56 | 0/83** | 0/79** | بازیافت نیتروژن |
| 1 | 0/93** | 0/83** | 0/96** | 0/32 | 0/99** | 0/11 | 0/8** | 0/88** | 0/89** | عملکرد دانه |

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد

حداکثر پنجه زنی و تشکیل مریستم خوشه)، می‌توان کارایی بازیافت نیتروژن را در این مراحل بهبود داد. شکری واحد و همکاران (2018) راندمان بازیافت نیتروژن در 22 مزرعه شالیزاری در استان گیلان را بین 30 تا 51 درصد گزارش کردند. در گزارش آنان راندمان پایین نیتروژن، در مزارع با غلظت نیتروژن و ماده آلی خاک کمتر از حد بحرانی اتفاق افتاد و زمانی تشدید گردید که مقدار نیتروژن در نظر گرفته شده برای تأمین نیاز ریشی گیاه کم بود یا روش پایه مصرف کود مناسب نبود.

تجزیه رگرسیونی گام به گام

برای تعیین صفات مؤثر و درک بهتر از روابط بین صفات مستقل و عملکرد، با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام، متغیرهای مستقل مؤثر در عملکرد در این مطالعه مشخص شدند. تعداد دانه اولین و تنها صفتی بود که در مدل وارد شد و 98 درصد تغییرات را توجیه کرد (جدول 9). نتیجه نهایی رگرسیون گام به گام معادله خطی زیر بود.

$$Y = -48.53 + 2.49X$$

در رابطه بالا Y عملکرد و X تعداد دانه بودند.

در این آزمایش نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که تنها صفت تعداد دانه اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد و سایر صفات اثر معنی‌داری در تعیین عملکرد دانه از خود نشان ندادند.

و بازیافت نیتروژن نداشت. بیشترین بازیافت در دو مزرعه مورد مطالعه، در تیمار T_3 (کود اوره پلیمری و اوره معمولی به صورت مخلوط) به دست آمد که به طور میانگین، به ترتیب $18/4$ و $25/9$ درصد نسبت به تیمار T_1 (اوره معمولی به صورت تقسیط) و T_4 (اوره پلیمری به صورت پایه و اوره معمولی به صورت تقسیط) که کمترین بازیافت را نشان دادند، اختلاف داشتند (جدول 5). بازیافت کمتر در تیمار T_1 می‌تواند به دلیل تلفات بیشتر نیتروژن در این روش مصرف باشد. احتمالاً با افزایش تعداد تقسیط می‌توان به بازیافت بالاتر نیتروژن دست یافت. اما بازیافت پایین در تیمار T_2 که با اوره پلیمری به تنهایی و تیمار T_4 که با اوره پلیمری به صورت پایه و اوره معمولی به صورت تقسیط تغذیه شدند، احتمالاً به دلیل عدم دسترسی مناسب به نیتروژن در ابتدای دوره رشد برنج به دلیل کاهش انحلال کود بود. از آنجا که احتمالاً در تیمار T_3 ، اوره در مراحل مختلف رشد گیاه برنج در دسترس بوده و امکان جذب بیشتر آن برای گیاه فراهم بوده است، درصد بازیافت آن در گیاه افزایش یافت.

علی عباسی و همکاران (2010) گزارش کردند که کارایی مصرف نیتروژن زمانی که نیتروژن تنها در یک نوبت (مرحله نشاءکاری) مصرف شود، پایین می‌باشد با مصرف نیتروژن به مقدار مناسب و مطابق با نیازمندی گیاه در زمانی که تقاضای نیتروژن گیاه برنج بالا باشد (مراحل

جدول 9- رگرسیون گام به گام برای عملکرد

| متغیرهای وارد شده به مدل | |
|--------------------------|------------|
| -48/53 | Intercept |
| 2/49 | تعداد دانه |
| 0/98 | R^2 |

نامگذاری کرد. این عامل نشان می‌دهد با توجه به این پژوهش برای افزایش مستقیم عملکرد، بایستی از این صفات بهره جست. عامل دوم بوسیله اثرات مثبت وزن هزار دانه و بازیافت نیتروژن مشخص می‌گردد. این عامل را می‌توان عامل بازیافت نیتروژن عنوان کرد. این نتیجه

در تجزیه به عامل‌ها دو عامل اول $84/99$ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول 8). عامل اول به وسیله اثرات مثبت پنجه، تعداد خوشه، ارتفاع، تعداد دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و عملکرد توضیح داده می‌شود، این عامل را می‌توان عامل صفات عملکردی

مناسب در جهت افزایش کارایی برنامه‌های زراعی کمک کننده باشد. محققین دیگری مانند احمد و همکاران (2012)، سینگ و همکاران (2004) همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی معنی‌دار و مثبتی بین عملکرد و اجزای آن با استفاده از روش‌های تجزیه رگرسیونی، گزارش دادند.

نشان می‌دهد که برای افزایش وزن هزار دانه بایستی به صفت بازیافت نیتروژن توجه ویژه‌ای شود. یعنی با بهبود در این دو صفت می‌توان وزن هزار دانه را که یکی از اجزای عملکرد دانه می‌باشد، افزایش داد. بررسی ارتباط بین عملکرد و اجزای آن، می‌تواند برای انتخاب معیارهای

جدول 10- تجزیه عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه

| عامل مشترک | عامل دوم | عامل اول | |
|------------|----------|----------|----------------------|
| 0/927 | 0/250 | 0/930 | تعداد پنجه |
| 0/909 | 0/390 | 0/87 | تعداد خوشه در هر کپه |
| 0/934 | -0/110 | 0/960 | ارتفاع گیاه |
| 0/951 | 0/420 | 0/880 | طول خوشه |
| 0/829 | 0/910 | -0/030 | تعداد دانه در هر کپه |
| 0/972 | 0/590 | 0/790 | وزن هزار دانه |
| 0/740 | 0/010 | 0/860 | عملکرد زیست توده |
| 0/952 | 0/700 | 0/680 | شاخص برداشت |
| 0/972 | 0/750 | 0/640 | بازیافت نیتروژن |
| 9/35 | 1/59 | 7/76 | Variance |
| 84/99 | 14/42 | 70/57 | Variance (%) |

نتیجه‌گیری نهایی

پلیمری بیشترین اثر را در افزایش پنجه مؤثر و تعداد دانه در هر کپه را که بر اساس نتایج تجزیه رگرسیونی 98 درصد از تغییرات عملکرد دانه را کنترل می‌کنند، داشت. تجزیه به عامل‌ها صفات را به دو دسته صفات عملکردی و بازیافت نیتروژن تقسیم نمود که همگی ارتباط مثبتی با عملکرد دارند. از این رو پیشنهاد می‌شود با توجه به ویژگی‌های خاک از جمله بافت خاک، استفاده از اوره پوشش داده شده با مواد پلیمری به صورت مخلوط با اوره معمولی در ارائه برنامه‌های توصیه کودی همواره مد نظر قرار گیرند.

مصرف کود اوره با پوشش پلیمری بعلاوه کود اوره معمولی در نسبت 70 به 30 درصد در ابتدای فصل رشد، سبب افزایش حدوداً 17 درصدی عملکرد برنج طارم هاشمی نسبت به مصرف اوره معمولی به صورت دو تقسیم شد. همچنین مشخص شد که در خاک‌های با بافت سبک استفاده از اوره پوشش پلیمری به صورت مخلوط با اوره معمولی، در افزایش بازیافت نیتروژن و کاهش تلفات آن بسیار مؤثر است. همبستگی بالا و کاملاً معنی‌دار بین دو صفت کارایی بازیافت نیتروژن و عملکرد دانه موید این مطلب است. همچنین استفاده از کود

فهرست منابع:

- Ahmed, H. M. and G. Sarwar. 2012. Genetic variability and interdependence of morphological traits in castorbean (*Ricinus communis* L) mutants. *Songklanakarin Journal of Science & Technology* 34(3).
- Ali Abbasi, H. R., M. Kavousi, M. Esfehany and B. Rabiei. 2010. Effects of Split Application and Nitrogen Fertilizer Levels on N-use Efficiency in Rice (*Oryza sativa* L. Cv. Khazar). *Iranian Journal of Field Crop Science* 40(4): 1-11.

3. Blackshaw, R., X. Hao, R. Brandt, G. Clayton, K. Harker, J. O'Donovan, E. Johnson and C. Vera. 2011. Canola response to ESN and urea in a four-year no-till cropping system. *Agronomy Journal* 103(1): 92-99.
4. Bortoletto-Santos, R., G. G. F. Guimarães, V. Roncato, D. F. d. Cruz, W. L. Polito and C. Ribeiro. 2019. Biodegradable oil-based polymeric coatings on urea fertilizer: N release kinetic transformations of urea in soil. *Scientia Agricola* 77(1).
5. Choudhury, A. and I. 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.
6. Choudhury, A. and Y. Khanif. 2004. Effects of Nitrogen and Copper Fertilization on Rice Yield and Fertilizer Nitrogen Efficiency: A. Dr. Anwarul Haq 47(1): 50-55.
7. Davoodi, M. H., N. Davatgar, B. Amiri Larijani, F. Moshiri and M. M. Tehrani. 2014. Integrated soil fertility management and rice nutrition guidelines. Soil and Water Research Institute. (In Persian).
8. Fageria, N. and M. Carvalho. 2014. Comparison of conventional and polymer coated urea as nitrogen sources for lowland rice production. *Journal of plant nutrition* 37(8): 1358-1371.
9. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis 1, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
10. Glibert, P. M., J. Harrison, C. Heil and S. Seitzinger. 2006. Escalating worldwide use of urea—a global change contributing to coastal eutrophication. *Biogeochemistry* 77(3): 441-463.
11. Haile, D., D. Nigussie and A. Ayana. 2012. Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. *Journal of soil science and plant nutrition* 12(3): 389-410.
12. Kiran, J., Y. Khanif, H. Amminuddin and A. Anuar. 2010. Effects of controlled release urea on the yield and nitrogen nutrition of flooded rice. *Communications in soil science and plant analysis* 41(7): 811-819.
13. Li, Q., S. Wu, T. Ru, L. Wang, G. Xing and J. Wang. 2012. Synthesis and performance of polyurethane coated urea as slow/controlled release fertilizer. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* 27(1): 126-129.
14. Liu, G., L. Zotarelli, Y. Li, D. Dinkins, Q. Wang and M. Ozores-Hampton. 2014. Controlled-release and slow-release fertilizers as nutrient management tools. USA: US Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS
15. Mahboob Khomami, A., R. Kasraee, M. Moghaddam and M. Kavousi. 2004. The effect of urea, urea with sulfur coating and their application on grain yield, yield and nitrogen recovery in rice, variety Nemat. *Agricultural Science* 14(4): 107-114. (In Persian with English Abstract).
16. Mohammadi, L., S. Reezi, A. Mohammadkhani and R. Barzegar. 2018. Effect of slow-release fertilizer and humic acid application on New Guinea impatiens (*Impatiens haawkeri* "Divine Scarlet Red") transplant production quality. *Journal of Soil and Plant Interactions* 9(1): 13-23. (In Persian with English Abstract).
17. Mohammadian, M., A. R. Astaraie, A. Lakzian, H. Emami and M. Kavousi. 2019. Effect of nitrogen fertilizer source on grain yield and nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) cv. Shiroudi. *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences* 21(1): 82-95. (In Persian with English Abstract).
18. Moletti, M., M. Giudici, B. Villa and G. Fiore. 1992. [Best cultural technique for Patna rice. Performance of six varieties cultivated in water and filled in sowing at different nitrogen doses [Lombardy]]. [Italian]. *Informatore Agrario*.

19. Morgan, K. T., K. E. Cushman and S. Sato. 2009. Release mechanisms for slow-and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. *HortTechnology* 19(1): 10-12.
20. Moro, B. M., I. R. Nuhu, E. Ato and B. Nathaniel. 2015. Effect of nitrogen rates on the growth and yield of three rice (*Oryza sativa* L.) varieties in rain-fed lowland in the forest agro-ecological zone of Ghana. *International Journal of Agricultural Science* 5(7): 878-885.
21. Russo, S. 1996. Rice yield as affected by the split method of N application and nitrification inhibitor DCD. *Cahiers Options Mediterraneennes* 15: 43-53.
22. Shaviv, A. 2001. Advances in controlled-release fertilizers.
23. Shokri Vahed, H., N. Davatgar, M. Kavooosi and S. Babazadeh. 2018. Evaluation of Rice Plant Response to Nitrogen, Phosphorus and Potassium Based on Site-Specific Nutrient Management (SSNM). *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*. 28(1): 235-248. (In Persian with English Abstract).
24. Singh, S., S. Shukla and H. Yadav. 2004. Genetic studies and their implication to breed desired plant type in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Genetika* 36(1): 69-81.
25. Sparks, D., A. Page, P. Helmke, R. Loeppert, P. Soltanpour, M. Tabatabai, C. Johnston and M. Sumner. 1996. Methods of soil analysis, Parts 2 and 3. Chemical analysis. Soil Science Society of America, Madison, WI.
26. Vyas, B., N. Godrej and K. Mistry. 1991. Development and evaluation of neem extract as a coating for urea fertilizer. *Fertiliser News* 36(2): 19-21.
27. Wang, S., X. Zhao, G. Xing, Y. Yang, M. Zhang and H. Chen. 2015. Improving grain yield and reducing N loss using polymer-coated urea in southeast China. *Agronomy for sustainable development* 35(3): 1103-1115.
28. Woyema, A., G. Bultosa and A. Taa. 2012. Effect of different nitrogen fertilizer rates on yield and yield related traits for seven durum wheat (*Triticum turgidum* L. var Durum) cultivars grown at Sinana, South Eastern Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 12(3): 6079-6094.
29. Yang, Y.-c., M. Zhang, Y. Li, X.-h. Fan and Y.-q. Geng. 2012. Improving the quality of polymer-coated urea with recycled plastic, proper additives, and large tablets. *Journal of agricultural and food chemistry* 60(45): 11229-11237.

Effect of Polymer Coated and Ordinary Urea Fertilizer on Nitrogen Efficiency and Rice Yield and Its Components

S. Heidari¹, M. Niknezhad, S. M. Alavi Siney, and M. Eshraghi-Nejad

Faculty Member of Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran; E-mail: s.heydari@areeo.ac.ir
M.Sc. Crop Science Technology, Haraz Extension and Technology Development Center, AREEO, Amol, Iran; E-mail: organic.farming.iran@gmail.com

Faculty members of Horticulture Crops Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran; E-mail: m.alavis@areeo.ac.ir

Faculty members of Horticulture Crops Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran; E-mail: m.eshraghi@areeo.ac.ir

Received: September, 2021, and Accepted: December, 2021

Abstract

Nitrogen is one of the most important nutrients in crop production, but its efficiency in urea fertilizer is low, especially in paddy fields. Nitrogen yield can be increased by reducing the dissolution of urea in the soil. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of polymer-coated urea fertilizer on growth and yield of rice cv. Tarom Hashemi. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in two locations. Experimental treatments included T₀: control, T₁: two splits of ordinary urea (OU), T₂: coated urea (CU), T₃: OU (30%)+CU (70%)(use after transplanting) and T₄: OU (30%)+CU (70%). CU was used at the time of transplanting and OU at heading. The results showed that the location effect was significant only on tiller number and head number/heap. However, the type of urea fertilizer and application method significantly affected tiller number, head number, plant height, grain number, straw yield, grain yield, Harvest Index, and N recovery. Average of the maximum numbers of tillers (24.5) and heads (20.33) in T₃ treatment in the two sites showed, respectively, 52% and 47.5% increase compared to the control treatment. Average grain yields in T₃ treatment in the two fields were 43.1%, 17%, 18.1%, and 18.1% higher than, respectively, the control treatments, T₁, T₂, and T₄. For Tarom Hashemi cultivar, while application of polymer CU mixed with OU was effective in increasing nitrogen recycling and reducing its losses in both places, the effectiveness of this treatment in the field with loamy sand soil was more. Therefore, this can be the most appropriate method of fertilizer application in these soils.

Keywords: Rice grain yield, Nitrogen Recovery Efficiency, Paddy fields soil, cv. Tarom Hashemi

¹ Corresponding author: Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Jiroft, Iran