

اثر مقادیر مختلف چهار منبع کودی نیتروژن‌دار بر عملکرد دانه و روغن کلزا و مقدار نیتروژن باقی‌مانده در خاک

مهدی مهرپویان^{۱*}، احمد گلچین^۲ و سلیمان جمشیدی^۱

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن‌دار بر عملکرد و مقدار روغن کلزا رقم SLM046 و میزان نیتروژن باقی‌مانده در خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. کود نیتروژنه در پنج سطح شامل بدون کود، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از چهار منبع کودی شامل اوره با پوشش گوگردی، اوره معمولی، نترات آمونیم و سولفات آمونیم در سه نوبت هم‌زمان با کاشت، مرحله‌ی ساقه‌روی و نیز شروع غلاف‌بندی کلزا مصرف شد. تنها اوره با پوشش گوگردی به صورت یک‌جا در زمان کاشت مصرف گردید. بیشترین عملکرد دانه و روغن از بالاترین سطح کودی اوره معمولی حاصل شد. هم‌چنین بالاترین میزان نیتروژن کل باقی‌مانده در خاک، با کاربرد اوره با پوشش گوگردی به دست آمد. با بالا رفتن سطح کودی از صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار میزان نیتروژن کل باقی‌مانده در خاک افزایش یافت. به علاوه، مقادیر بالاتری از نترات خاک با کاربرد نترات آمونیم، اوره معمولی و اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با سولفات آمونیم به دست آمد. بالاترین و کم‌ترین غلظت آمونیوم خاک به ترتیب از مصرف اوره با پوشش گوگردی و کود نترات آمونیم حاصل شد. در مجموع، علی‌رغم کاربرد مقادیر متفاوت نیتروژن در کلزا، میزان نترات و آمونیوم باقی‌مانده در خاک پس از برداشت محصول کلزا، از میزان آنها قبل از کشت پایین‌تر بود که این امر نشان‌دهنده‌ی قابلیت بالای کلزا در برداشت نیتروژن از خاک است. هم‌چنین، مشخص شد که با افزایش مقادیر نیتروژن، میزان کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد و به ترتیب بالاترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن از مصرف کود نترات آمونیوم و اوره با پوشش گوگردی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اوره با پوشش گوگردی، کارایی مصرف نیتروژن، *Brassica napus*، نیتروژن آمونیاکی، نترات.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۳۰

۱- اعضای هیأت علمی گروه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران.

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

مقدمه

با عملکردی معادل ۱۶۶۰ کیلوگرم در هکتار، حاوی حدود ۱۱۸ کیلوگرم نیتروژن در اندام‌های هوایی است که بیش از نصف کل آن در دانه تجمع یافته است. هم‌چنین کاه آن نیز تقریباً ۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از خاک برداشت می‌کند و در صورتی که کاه آن با خاک مخلوط شود، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از نیتروژن به خاک برمی‌گردد (Jackson, 2000). بالاترین میزان نیتروژن خالص مورد نیاز کلزا در مناطق شمال کشور حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (Ashory and Mohammadian-Roshan, 2001). بالاترین عملکرد دانه کلزا از مصرف ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل می‌شود (Radenovich, 1987). بالاترین مقدار نیترات پس از برداشت آفتابگردان، از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Tokassi, 2001). مقایسه سطوح مختلف ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد دانه و روغن افزایش یافته ولی درصد روغن به طور معنی‌داری کاهش یافت (Taylor et al., 1991).

هدف از این تحقیق تعیین مقدار نیتروژن مورد نیاز از انواع منابع کود برای تولید مطلوب دانه کلزا و برآورد اثر آن بر میزان نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت محصول بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان واقع در ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی انجام شد. بعد از تهیه زمین و قبل از کاشت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش با نمونه‌برداری مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات زنجان تعیین شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ منعکس شده است. رقم مورد استفاده کلزا SLM046 بود. تیمارهای کودی در پنج سطح شامل: شاهد (N_0)، ۶۰ (N_{60})، ۱۲۰ (N_{120})، ۱۸۰ (N_{180}) و ۲۴۰ (N_{240}) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از چهار منبع کودی اوره با پوشش گوگردی (SCU)، اوره معمولی (U)، نیترات آمونیم (AN) و سولفات آمونیم (AS) بود. به جز اوره با پوشش گوگردی که تنها در زمان کاشت مورد مصرف قرار گرفت، سطوح نیتروژن از سایر منابع در سه نوبت شامل یک سوم هم‌زمان با کاشت، در یک

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است که به لحاظ داشتن پروتئین و روغن بالا، در بسیاری از نقاط جهان با عرض‌های جغرافیایی متفاوت قابل کشت می‌باشد (Alliyari et al., 2000). این گیاه نیتروژن قابل توجهی نیاز دارد، به طوری که هر تن بذر کلزا، حدود دو برابر نیاز یک تن دانه گندم، نیتروژن از خاک برداشت می‌کند (Malakouti, 2004). هم‌چنین عنوان شده که کلزا نیازمند ۰/۰۷ تا ۰/۰۸ کیلوگرم نیتروژن برای تولید هر یک کیلوگرم دانه می‌باشد (Jackson, 2000). جهت دستیابی به حداکثر عملکرد کلزا، نیتروژنی معادل ۱۹۳ تا ۲۰۹ کیلوگرم در هکتار، علاوه بر نیتروژن موجود در خاک مورد نیاز است و واکنش آن به نیتروژن در صورتی که بعد از گیاه غیر لگوم کشت شود، بیشتر است (Lewis and Knight, 1987). این نیتروژن به شکل نیترات جذب و به شکل آمونیومی احیا و در نهایت در تولید اسیدآمین و پروتئین در کلزا به کار گرفته می‌شود (Jackson, 2000). با توجه به بازدهی نیتروژن در افزایش عملکرد، سهولت نسبی تهیه کودهای نیتروژنی و پویایی آن‌ها، مصرف کودهای نیتروژن‌دار بالا بوده و از سوی دیگر مقدار زیادی از نیتروژن نیتراتی موجب آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی می‌گردد (Malakouti, 2004). در یک بررسی جهت مقایسه سیستم کوددهی در آبیاری قطره‌ای و جوی پشته‌ای و نقش آن در تجمع نیترات و آمونیوم در گوجه‌فرنگی، مشخص گردید که در روش جوی پشته، علی‌رغم تقسیط کود در سه مرحله رویشی، سه ناحیه کاملاً مجزا در نیم‌رخ خاک ملاحظه می‌شود که نشان‌دهنده نشت نیترات و آمونیوم به لایه‌های تحتانی خاک می‌باشد (Mousavi et al., 2004). کارایی جذب نیتروژن برای تولید غلات حدود ۳۳ درصد است و مابقی به صورت هدررفت نیتروژن به شکل‌های تصعید، فرسایش، سطحی و آبشویی است (Raun and Johson, 1999). دلیل پایین بودن بازده جذب نیتروژن^۱ می‌تواند ناشی از آزادسازی نیتروژن از بافت‌های گیاهی، دنیتریفیکاسیون، آبشویی و تصعید آمونیوم باشد (Olaniyan et al., 2004). کود اوره با پوشش گوگردی^۲ جزو کودهای کندرها^۳ می‌باشد که از پاشیدن گوگرد مذاب روی دانه‌های اوره به دست می‌آید. کلزا

¹ Nitrogen Uptake Efficiency (NUF)

² Sulfur Coated Urea (SCU)

³ slow release

روغن (۰/۴۹/۶۵٪) با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمده و با افزایش مقدار نیتروژن از درصد آن کاسته شد (شکل ۲). ظاهراً با افزایش مصرف نیتروژن، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و ایجاد پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیشتر می‌گردد (Holmes and Ainsley, 1979) و در نتیجه میزان مواد لازم برای تبدیل به روغن کاهش می‌یابد (Radenovich, 1987). طبق گزارش زنگانی (Zangani, 2001) افزایش سطوح مختلف نیتروژن از ۷۵ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن در کلزا را ابتدا افزایش داده و در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم به حداکثر خود رسید و در ۲۵۰ کیلوگرم کمترین درصد روغن حاصل شد. اثرات منابع و مقادیر مختلف کود نیتروژنه در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل آن‌ها بر میانگین نیتروژن کل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود که این امر مؤید اثر منابع و مقادیر متفاوت کودی بر میزان نیتروژن کل باقی‌مانده در خاک است و نشان می‌دهد که اگر چه افزایش مقدار مصرف نیتروژن، باعث افزایش درصد نیتروژن کل باقی‌مانده در خاک می‌گردد، اما بسته به نوع کود مصرفی، این تغییرات متفاوت است. به طوری که شیب تغییرات در سطوح مختلف مقادیر کودی، در اوره با پوشش گوگردی شدیدتر از سایر منابع کودی می‌باشد. شکل (۱) نشان می‌دهد که بالاترین درصد نیتروژن کل باقی‌مانده به میزان ۰/۰۸۷ درصد از تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کودی اوره با پوشش گوگردی و کمترین آن از تیمار شاهد به میزان ۰/۰۵۵ درصد حاصل شد. تکاسی (Tokassi, 2001) نیز با به کارگیری مقادیر مختلف نیتروژن در آفتابگردان نتیجه گرفت که میزان نیتروژن کل با مقادیر بالاتر کود افزایش می‌یابد. اوره با پوشش گوگردی جزو کودهای کندرها می‌باشد که استفاده از آن در راستای راه‌یابی به کشاورزی پایدار و کاهش آلاینده‌گی اهمیت دارد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت میزان نیتروژن باقی‌مانده از این کود در مقایسه با سایر منابع کودی بیشتر است و کود نیترات آمونیوم به لحاظ قابلیت شستشوی بالاتر و یا جذب بهتر کمتر از سایر منابع در خاک باقی می‌ماند. نتایج نشان می‌دهد که کلزا یک محصول با قابلیت بالای جذب نیتروژن از خاک است و لذا برای داشتن یک عملکرد مناسب در کلزا مصرف مقادیر بالای نیتروژن توجیه پذیر است. هم‌چنین توجه به این موضوع در چگونگی قرار دادن محصول کلزا در تناوب زراعی و دقت در تغذیه محصول قبل و بعد از آن مهم است.

سوم در مرحله ساقه رفتن و یک سوم با شروع غلاف‌بندی مصرف شد. مقدار ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل به همراه اولین تقسیم کود نیتروژنه به‌طور یکنواخت در کلیه تیمارها در عمق خاک جای‌گذاری شد. آبیاری با دور ۷ روزه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه از دستگاه ان.ام.آر^۱ استفاده شد. تعیین میزان نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی نیز با عصاره‌گیری خاک با کلرور پتاسیم ۲ مولار و با استفاده از اکسید منیزیم و آلیاژ دواردا آلوی^۲ انجام گردید (Tokassi, 2001). هم‌چنین به منظور اندازه‌گیری کارایی مصرف کود نیتروژن بر حسب کیلوگرم دانه تولیدی بر نیتروژن مصرفی از فرمول زیر استفاده گردید:

عملکرد دانه در تیمار - عملکرد دانه در شاهد

مقدار نیتروژن استفاده شده

که در آن عملکرد دانه در کرت تیمار یا کود داده شده و عملکرد دانه در شاهد به کیلوگرم در هکتار و مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب کیلوگرم در هکتار وارد گردید.

تجزیه واریانس با نرم‌افزار MSTACTC ver 2.10 و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

اثر منابع و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه و روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر اصلی مقادیر مختلف نیتروژن و اثر متقابل مقادیر و منابع مختلف نیز در سطح احتمال پنج درصد به ترتیب بر درصد روغن و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۶۶۵۷ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد کود اوره به میزان ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و پایین‌ترین عملکرد (۲۴۰۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بدون کود بود و تیمارهای ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منابع نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم و به ترتیب با ۴۳۳۳، ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بعد از تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره معمولی قرار گرفتند (شکل ۱). تنها اثر سطوح مختلف نیتروژن بر درصد روغن معنی‌دار شد و بالاترین درصد

¹ NMR (Avance Bruker 200MHz, USA)

² Devarda's Alloy

آمد و کمترین مقدار آن از تیمار شاهد با میانگین ۱۲/۱۳ میلی‌گرم در گیلوگرم حاصل شد. در شکل (۶) که اثر منابع مختلف کودی بر میزان نیترات باقی‌مانده خاک پس از برداشت محصول را نشان می‌دهد، سه منبع کودی شامل نیترات آمونیم و اوره معمولی و اوره با پوشش گوگردی به ترتیب با میانگین ۱۵/۲۱، ۱۵/۰۱، ۱۴/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در یک گروه آماری قرار گرفتند و منبع کودی سولفات آمونیم با میانگین ۱۳/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در گروه آماری پایین‌تری قرار گرفت. اوره دارای ۴۶ درصد نیتروژن می‌باشد و بیشترین غلظت را در میان کودهای نیتروژن‌دار جامد به خود اختصاص داده است. نسبت ترکیب اوره با آب و تبدیل آن به آمونیم بستگی کامل به حضور آنزیم اوره‌آز دارد. هرچه pH خاک بیشتر و درصد مواد آلی آن کمتر باشد، فعالیت نسبی آنزیم اوره‌آز کمتر خواهد بود. این آنزیم به وسیله موجودات ذره‌بینی خاک تولید می‌شود. هرگاه اوره یا سایر کودهای نیتروژن‌دار در سطح خاک‌های خشک بدون پوشش گیاهی پخش شوند، مقدار قابل توجهی از نیتروژن آن‌ها به صورت آمونیاک از دسترس گیاه خارج می‌شود (Mousavi et al., 2004). بر اساس مطالعات ناتال و مالهی (Nattual and Malhi, 1991) ملاحظه شد که پس از افزودن ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار کود اوره، میزان نیتروژن از دست رفته پس از هفت روز، ۳/۱ درصد در خاک‌های اسیدی و ۱۴/۶ درصد در خاک‌های آهکی بوده است. نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که هم اثر مقادیر و هم اثرات متقابل منابع و مقادیر مختلف نیتروژن، در سطح احتمال یک درصد، و اثر منابع مختلف کودی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بوده است (جدول ۲). مقایسات میانگین اثر متقابل منابع و مقادیر مختلف نیتروژن (شکل ۳) نیز نشان داد که بسته به این‌که از چه منبع کودی استفاده شود، بین مقادیر مختلف اختلاف محرز وجود دارد، به طوری که طبق شکل (۳) بالاترین کارایی نیتروژن از مصرف کود نیترات آمونیم و سطح ۶۰ کیلوگرم (نسبت به شاهد) به دست آمد (۱۶/۵ کیلوگرم دانه به‌ازای مصرف هر کیلوگرم نیتروژن خالص) و کمترین کارایی مصرف نیتروژن از مصرف اوره با پوشش گوگردی و سطح ۶۰ کیلوگرم حاصل شد (۳/۲ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن). طی تحقیقی که اثر منابع مختلف کود نیتروژن بر عملکرد گندم انجام شده بود، بیشترین کارایی مصرف کود از کاربرد نیترات

هم‌چنین اثر مقادیر و منابع و هم اثرات متقابل آن‌ها، در سطح احتمال یک درصد بر میزان باقی‌مانده نیتروژن آمونیاکی (آمونیم) معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل نشان دهنده اختلاف معنی‌داری بین تیمارها بود، این موضوع نشان دهنده آن است که اگرچه افزایش میزان نیتروژن، باعث افزایش میزان آمونیم خاک می‌گردد، اما بسته به نوع کود مصرفی مورد استفاده این تغییرات متفاوت است. به طوری‌که بالاترین مقدار آمونیم با میانگین ۷/۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره با پوشش گوگردی (SCUN₂₄₀) مربوط می‌شود که از لحاظ آماری با سایر منابع کودی اختلاف معنی‌دار داشت و کم‌ترین نیتروژن آمونیاکی به تیمار شاهد مربوط بود که دارای میانگین ۲/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود (شکل ۲). شکل (۲) نشان می‌دهد که شیب تغییرات در منبع کودی اوره با پوشش گوگردی در سطوح مختلف شدیدتر از سایر منابع می‌باشد و این تغییرات در سایر منابع کودی ملایم‌تر است. شکل (۲) هم‌چنین نشان می‌دهد که اگرچه افزایش مقادیر نیتروژن در تمام منابع کودی باعث افزایش مقدار آمونیم خاک شده است، اما میزان تغییرات در ۶۰ کیلوگرم اول (از سطح صفر تا سطح N₆₀) در تمام منابع کودی، شدیدتر از سایر سطوح بود و به تدریج شیب تغییرات در سطوح بالاتر، کاهش یافت. به طوری که ۴۵٪ از کل تغییرات (از سطح صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم) مربوط به ۶۰ کیلوگرم اول بود و این تغییرات در سطوح بعدی به ترتیب ۲۳/۵٪، ۱۴٪ و ۱۷/۵٪ به‌دست آمد. می‌توان گفت که مصرف کودهای نیتروژن‌دار برای به دست آوردن محصولی با عملکرد بالا، به خصوص در خاک‌های فاقد مواد آلی، امری ضروری است. نتایج تجزیه واریانس مربوط به نیتروژن نیتراتی خاک نیز نشان می‌دهد که اثر منابع کودی و اثر مقادیر مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). تغییرات میزان نیترات خاک با کاربرد مقادیر متفاوت نیتروژن نشان داد که افزایش میزان نیترات تقریباً از یک روند منحنی درجه ۲ تبعیت می‌کند (شکل ۴)، به طوری‌که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میزان نیترات موجود در خاک نیز افزایش یافت که این روند افزایش در ۶۰ کیلوگرم اول ضعیف بوده در سطوح بالاتر، شیب تغییرات بیشتر شد. بالاترین میزان نیترات به میزان ۱۸/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم از مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست

سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سطح قبل از خود، این میزان به ترتیب ۳، ۲۰، ۰ و ۳۳ درصد بود. در سطح سوم کودی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار تغییرات عملکرد به جز کود سولفات آمونیوم به میزان ۲۳٪ در بقیه کودها ثابت بود. بیشترین تغییر در میزان عملکرد در چهارمین سطح کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سطح سوم به ترتیب به میزان ۲۱ و ۱۵ درصد، در کود اوره و نترات آمونیوم ایجاد شد. همچنین، بیشترین اثر بر تجمع نترات مربوط به کاربرد نترات آمونیوم بود (شکل ۵).

با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص عملکرد دانه، کارایی مصرف و میزان باقی مانده نیتروژن، اگرچه در کشاورزی رایج مصرف اوره با پوشش گوگردی و سولفات آمونیوم (منحصراً به عنوان کودهای تأمین کننده نیتروژن) چندان قابل توصیه نیست، اما به کارگیری آن‌ها از لحاظ شاخص‌های کشاورزی پایدار در جهت اصلاح خاک و کاهش آلاینده‌گی و قابل استفاده نمودن نترات باقی مانده برای گیاه بعدی در تناوب، ارزش زیادی دارد. مصرف سولفات آمونیوم به لحاظ قیمت بالاتر و درصد پایین نیتروژن، از نظر اقتصادی و هزینه‌های مرتبط مقرون به صرفه نیست. میزان نیتروژن باقی مانده اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با سایر منابع بیشتر است، اما این موضوع دلیل بر آلاینده‌گی بالای آن نیست چرا که کود نترات آمونیوم به لحاظ قابلیت شستشوی بالاتر و یا جذب بهتر کمتر از سایر منابع در خاک باقی می ماند.

آمونیم به میزان ۲۹/۸۲ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن به دست آمد و کمترین مقدار با ۱۸/۷ کیلوگرم از منبع اوره با پوشش گوگردی به دست آمد (Nourgholi-Pour et al., 2008). همچنین این شکل نشان می دهد که در مجموع با افزایش مقادیر نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش می یابد، اما این روند کاهش در منبع کودی اوره بسیار بطئی و قابل صرف نظر بوده، اما در نترات آمونیوم چشم گیرتر می باشد. البته در اوره با پوشش گوگردی بالاترین مقدار از مصرف ۱۲۰ کیلوگرم حاصل شد و به مرور با افزایش مقادیر نیتروژن، کارایی کاهش یافت. با توجه به شکل (۳) می توان نتیجه گرفت که بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف به دست می آید و به تدریج با افزایش مقادیر مصرف، کمبود برطرف شده و واکنش گیاه نسبت به کود کاهش می یابد. نتایج این تحقیق نشان داد که کود اوره با پوشش گوگردی، با توجه به نتایج عملکرد دانه و کارایی مصرف کود، نتوانسته نیاز گیاه را به اندازه‌ی سه نوع کود دیگر کود تأمین نماید. همچنین نتایج نشان می دهد که در بالاترین سطح کودی (N₂₄₀)، اوره با پوشش گوگردی توانست حدود ۵۵٪ در افزایش میزان عملکرد دانه مؤثر باشد، اما در همین سطح کودی، اوره، نترات آمونیوم و سولفات آمونیوم به ترتیب توانستند ۹۳٪، ۸۰٪ و ۷۰٪ بر این صفت تأثیر بگذارند. نتایج همچنین نشان داد که اثرگذاری نیتروژن در ۶۰ کیلوگرم اول در منابع کودی نترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و سولفات آمونیوم نسبت به شاهد بدون کود، به ترتیب ۴۱، ۳۲، ۲۶ و ۸ درصد بود، درحالی که در

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (عمق ۰-۳۰ سانتی متر)

Table 1. Chemical and physical characteristics of top soil (0-30 cm) in experimental field

S.P. (%)	EC (1000d.Sm ⁻¹)	pH	T.N.V. (%)	O.C. (%)	Total N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Texture
35.7*	1.18	7.8	2.8	1.72	0.08	15.6	433	27	40	33	loam

All data are presented as mean of three soil sample replications.

* تمامی اعداد از میانگین سه تکرار نمونه برداری خاک می باشند.

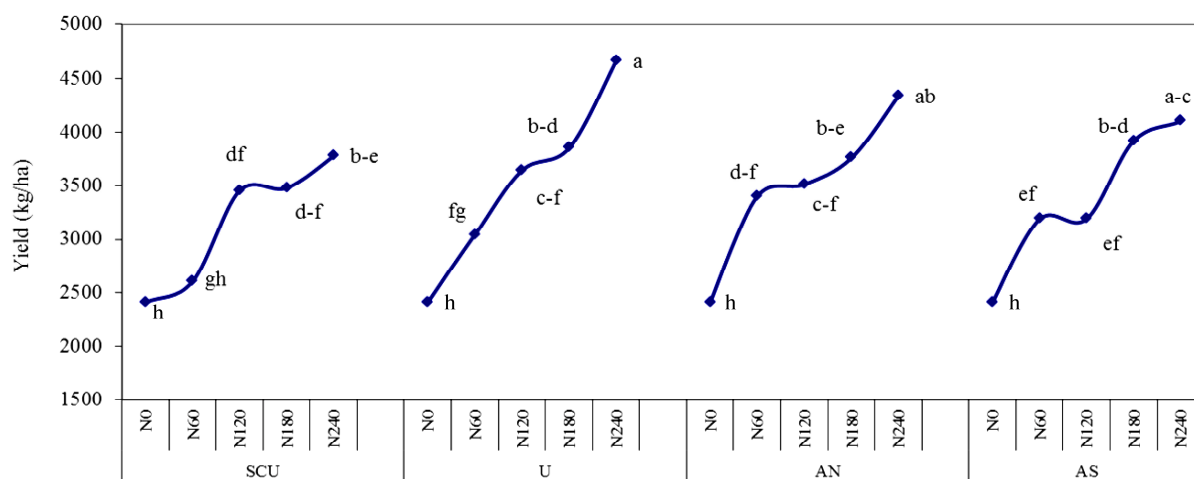
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و روغن و نیتروژن، نترات، نیتروژن آمونیاکی خاک بعد از برداشت و کارایی مصرف نیتروژن کود در کلزا

Table 1. Analysis of variance of seed and oil yield, total N, NO₃⁻, NH₄⁺ of soil after harvesting and nitrogen use efficiency (NUE) in rapeseed

S.O.V.	D.F.	Mean squares						Fertilizer Efficiency
		Yield	Oil Yield	Oil	N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	
Replication	2	143575.4 ^{ns}	84384.04 ^{ns}	1.152 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	2.673 ^{ns}	0.181 ^{ns}	1.01 ^{ns}
Sources of N (S)	3	431544.80*	153734.1**	1.05 ^{ns}	0.12**	7.583**	11.182**	1.28*
N Rates (N)	4	5668359**	1309510.7**	2.96*	0.01**	72.04**	33.686**	3.76**
S×N	12	136443.1*	37896.9 ^{ns}	0.608 ^{ns}	0.0015*	1.538 ^{ns}	1.345**	1.45*
Error	38	103399.5	28465	0.968	0.00003	1.22	0.29	0.382
C.V. (%)		9.24	10.25	2	5.25	7.35	11.70	9.50

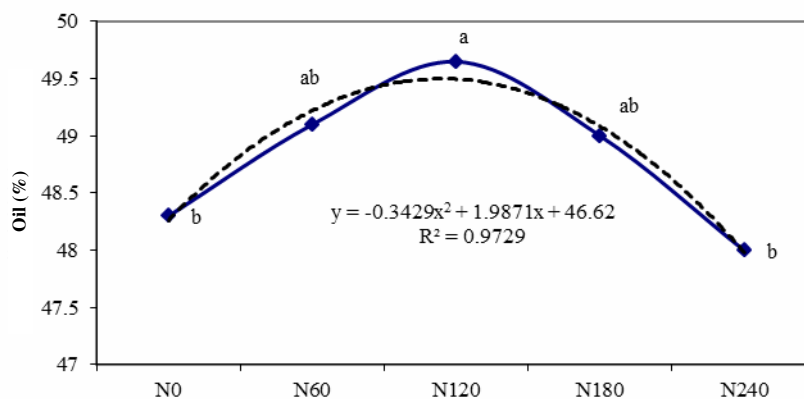
** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪، ^{ns} غیر معنی دار.

** and * : Significant in 1 and 5% of probability levels, respectively and ^{ns}: non-significant.



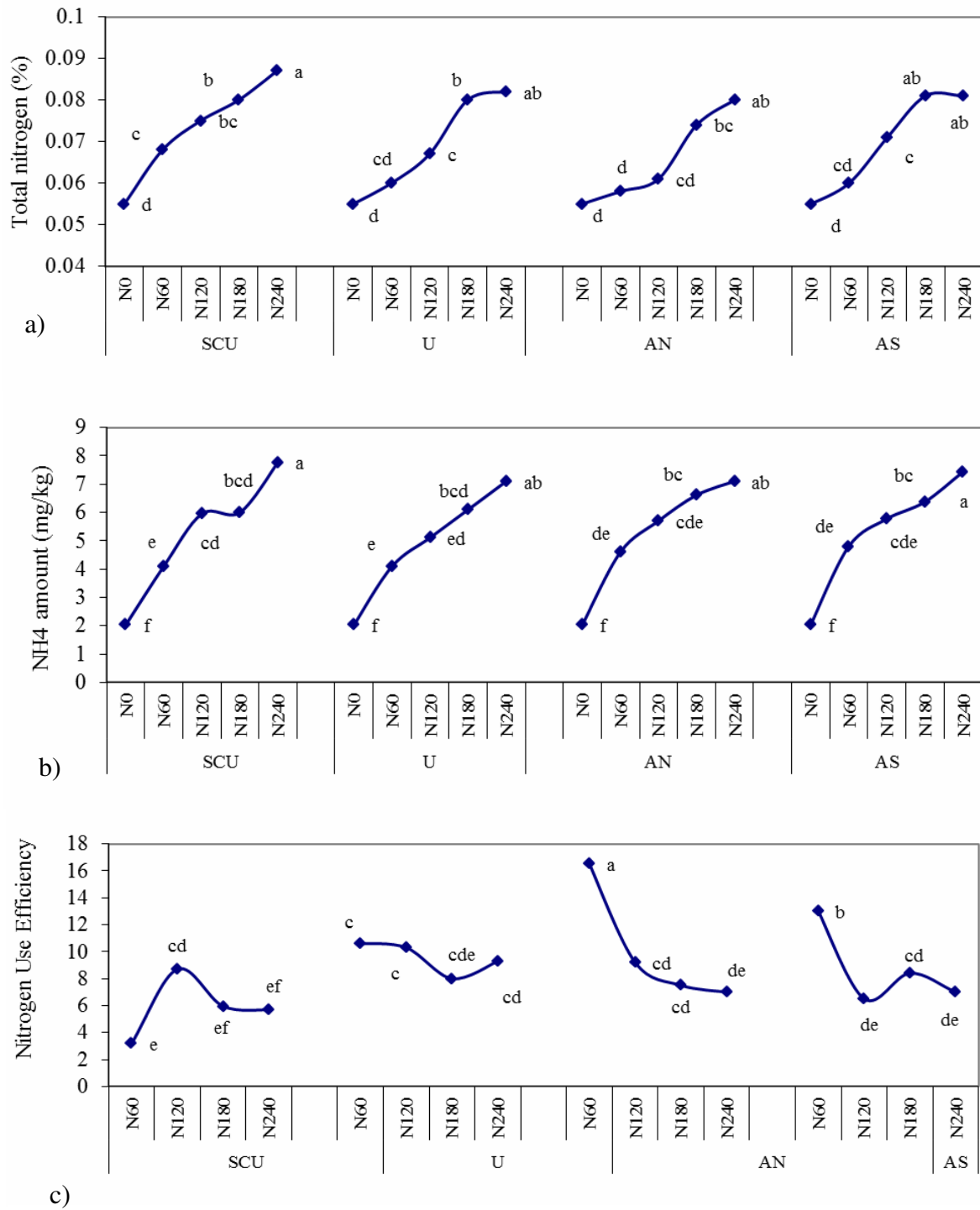
شکل ۱- اثر مقادیر و منابع مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه کلزا

Figure 1. Effects of nitrogen sources with different levels on seed yield of rapeseed. Sulfur Coated Urea (SCU), Urea (U), Ammonium nitrate (AN) and Ammonium Sulphate (AS)



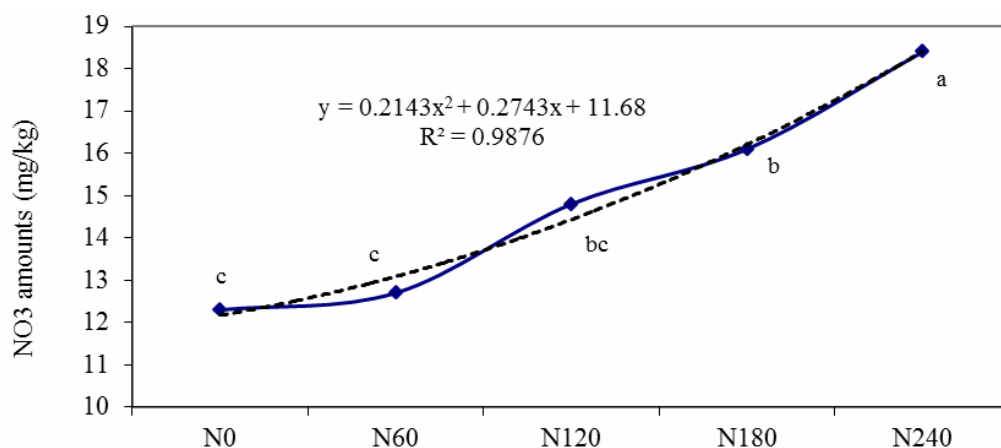
شکل ۲- اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر درصد روغن کلزا

Figure 2. Effects of nitrogen different levels on oil percent of rapeseed.

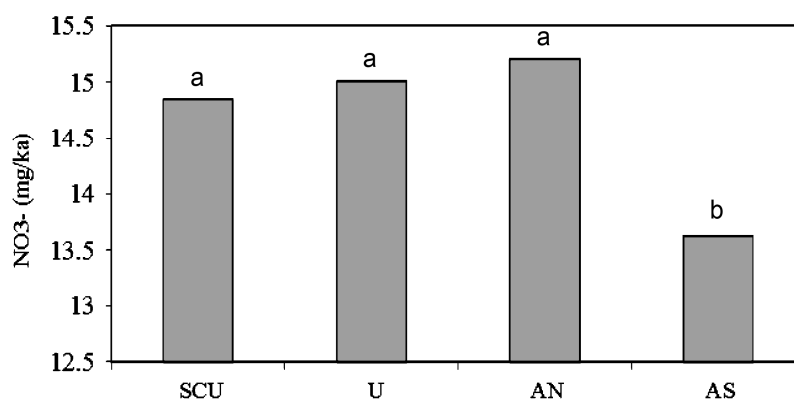


شکل ۳- اثر مقادیر و منابع مختلف کود نیتروژن بر میزان نیتروژن کل، آمونیاکی خاک و کارایی مصرف کود در کلزا

Figure 3. Effects of nitrogen sources with different levels on total N (a), NH₃ (b), and NUF (c) in rapeseed. Sulfur Coated Urea (SCU), Urea (U), Ammonium nitrate (AN) and Ammonium Sulphate (AS)



شکل ۴- اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نیترات خاک پس از برداشت کلزا

Figure 4. Effects of different levels of nitrogen on soil NO₃ after rapeseed harvest.

شکل ۵- اثر منابع مختلف کود نیتروژن بر میزان نیتروژن آمونیاکی در خاک پس از برداشت کلزا

Figure 5. Effects of different nitrogen sources on soil NO₃ after rapeseed harvest
Sulfur Coated Urea (SCU), Urea (U), Ammonium nitrate (AN) and Ammonium Sulphate (AS)

References

- Alliyari H, Shekari F, Shekari F (2000) Oil seeds: cultivation and physiology. Amidi Press: Tabriz.
- Ashory M, Mohamadian Roshan N (2001) Effect of different rates of nitrogen on yield and yield components of three cultivars of canola. The 7th Iran Soil Congress. Shahrekord University. [In Persian with English Abstract].
- Holmes MRJ, Ainsley AM (1979) Nitrogen top-dressing requirements of winter oilseed rape. Journal of Science, Food and Agriculture 30: 119-128.
- Jackson GD (2000) Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal 92: 644-648.
- Lewis CE, Knight CW (1987) Yield response of rapeseed to row spacing, rates of seeding and N-fertilization in interior Alaska. Canadian Journal Plant Science 67: 53-57.
- Malakouti MJ (2004) Optimizing the fertilizers consumption, a way to sustainability in crop production. Ministry of Agriculture. Tehran. Iran. 575 pp.
- Mousavi MA (2004) Effect of different rates of Urea on nitrate and ammonium accumulation in soil under furrow and local irrigation in tomato. Nuclear Center of Medicine and Agriculture. [In Persian with English Abstract].
- Nourgholi-Pour F, Bagheri YR, Lotfollahi M (2008) Effect of different sources of nitrogen fertilizers on yield and quality of common wheat. Journal of Pajohesh dar Olloume Keshavarzi 4 (2): 120-129. [In Persian with English Abstract].

- Nuttal WF, Malhi SS (1991) The effect of time and rate of N application on the yield and N uptake of wheat, barley, flax and four cultivars of rapeseed. *Canadian Journal of Soil Science* 25: 227-229.
- Olaniyan AB, Aintoye HA, Balogun MA (2004) Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on growth and yield of sweet corn. Available on <<http://www.Tropentary.De/2004/abstracts/full.146.pdf>> 22 June 2008, 13:13 pm.
- Radenovich B (1987) The nitrogen quantity influence on seed yield, oil content and the production of oil out of oil rape. *ZemlGISre-I-bilgica* (Yugoslavia). p17.
- Raun WR, Johnson GV (1999) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91: 357-363.
- Taylor AJ, Smith CJ, Wilson IB (1991) Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola. *Fertilizer Research* 29: 349-260.
- Tokassi M (2001) Effect of different rates of nitrogen and potassium on growth characteristics and quantitative yield of sun flower. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch. Tehran. Iran. [In Persian with English Aabstract].
- Zangani E (2001) Effect of different rates of nitrogen on development process and yield of two winter canola cultivars in Ahevaz province. M.Sc. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. [In Persian with English Abstract].