کود نیتروژن و زمان مصرف آن بر کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*) به عنوان کشت دوم پس از برنج

محمد ربیعی[*1] و پری طوسی کهل[2]

تاریخ دریافت : 89/5/10 تاریخ پذیرش : 89/10/11

1- پژوهش‌گر موسسه تحقیقات برنج کشور
2- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
مسئول مکاتبه : ***E:mail:*** ***Rabiee_md@yahoo.co.uk***

چکیده

برای تعیین مقادیر مناسب کود نیتروژن و زمان مصرف بهینه آن جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه کلزا (رقم هایولا 401) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور دررشت در سال‌های زراعی1386 -1384 به مدت دو سال اجرا گردید. فاکتور اول شامل مقادیر کود نیتروژن در سطوح صفر ،60، 120، 180 و240 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع اوره) و فاکتور دوم نیز شامل زمان مصرف کود نیتروژن در سطوح به طور کامل هنگام کاشت، $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{2}{3}$ زمان ساقه‌رفتن، $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی، $\frac{1}{3}$ زمان 4-3 برگی + $\frac{1}{3}$زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی و $\frac{1}{4}$ زمان کاشت + $\frac{1}{4}$ زمان 4-3 برگی + $\frac{1}{4}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{4}$ قبل از گلدهی بودند. صفات گیاهی مورد ارزیابی شامل میزان روغن دانه، عملکرد دانه و روغن، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و درصد بازیابی ظاهری نیتروژن دانه بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین مقادیر کود نیتروژن از نظر تمامی صفات به استثنای میزان روغن دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تیمار کاربرد 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین کارایی زراعی، کارایی مصرف و کارایی فیزیولوژیک نیتروژن را به ترتیب با میانگین 12/45، 25/54 و 35/92 کیلوگرم بر کیلوگرم وتیمار 240 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین 2596 و 2505 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند. در بین زمان‌های مصرف نیتروژن نیز مصرف $\frac{1}{3}$ زمان کاشت+ $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی با میانگین 2155/3 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و بازیابی ظاهری نیتروژن را با میانگین 38/91 درصد به خود اختصاص دادند. براساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین بازیابی ظاهری نیتروژن، عملکرد دانه و روغن را دارا بود. همچنین مصرف کود نیتروژن در زمان ($\frac{1}{3}$ زمان کاشت+ $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی)، به علت در دسترس بودن نیتروژن به مقدار مناسب در مراحل رشد گیاه و استفاده مطلوب از آن باعث کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی، نیتراتزدایی و تصعید گردیده و با افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش عملکرد کلزا می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بازیابی ظاهری نیتروژن، عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن، کلزا

Effects of Time and Rate of Nitrogen Fertilizer Application on NUE and Yield of Rapeseed (Brassica napus L.) as Second Crop in Paddy Fields

M Rabiee[1*] and P Tousi Kehal[2]

Received : 01 August 2010 Accepted : 01 January 2011
[1] Researcher, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran
[2] Former MSc Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran
**** Corresponding author : E:mail: Rabiee_md@yahoo.co.uk***

Abstract

To determine the proper nitrogen fertilizer rates and its application time for achieving to high nitrogen use efficiency and grain yield of rapeseed cultivar Hyola 401, a research work was carried out at paddy fields of Rice Research Institute of Iran in Rasht during 2005-2007 cropping seasons. A factorial experiment was conducted in randomized complete blocks design with three replications. The first factor was nitrogen fertilizer rate at five levels of 0, 60, 120, 180 and 240 kg N ha^{-1} from urea source. Second factor was fertilizer application time at five levels of all fertilizer at planting; 1/3 at planting + 2/3 in stem elongation; 1/3 at planting + 1/3 in stem elongation + 1/3 before flowering; 1/3 in 3-4 leaf stages + 1/3 in stem elongation +1/3 before flowering and 1/4 at planting + 1/4 in 3-4 leaf stages +1/4 in stem elongation + 1/4 before flowering. In this experiment, some important traits such as oil content, oil and grain yields, nitrogen use efficiency (NUE), nitrogen agronomic efficiency (NAE), nitrogen physiological efficiency (NPE) and nitrogen apparent recovery fraction (NRF) were calculated. The results of the combined analysis of variance showed Significant difference was observed between nitrogen rates in all traits except in seed oil content. Application of 60 kg N ha^{-1} produced the maximum NAE, NUE and NPE with values of 12.45, 25.54 and 35.92 kg kg^{-1}, respectively and application of 240 and 180 kg N ha^{-1} with average production of 2505 and 2596 kg ha^{-1}, respectively showed the highest grain yield. Nitrogen application time of 1/3 at planting + 1/3 in stem elongation + 1/3 before flowering had the highest grain yield and NRF with average of 2155.3 kg ha^{-1} and 38.91 %. According to the results of the present experiment, it seems application of 180 kg N ha^{-1} produced the maximum NRF and grain and oil yields. Also, third application time decreases nitrogen loss resulting from leaching, denitrification and sublimation due to availability and proper use of nitrogen during plant growth and increases rapeseed yield by increase in nitrogen absorption.

Key words: Grain yield, Nitrogen recovery, Nitrogen use efficiency, Rapeseed

مقدمه

کلزا یکی از گیاهان روغنی می‌باشد که بـه تـازگی کشت آن جهت تولید روغن در کشور مـورد توجـه قـرار

گرفته است. متأسفانه بیش از 90 درصد روغن مورد نیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌گردد (رضایی و ملکوتی 1379). کلزا نیاز فراوان به نیتروژن داشته و غالباً به عنوان گیاهی با نیاز بالای نیتروژن مورد توجه است. هر تن بذر کلزا حدود دو برابر نیاز یک تن دانه گندم، نیتروژن از خاک برداشت می‌کند. در کشت‌های آبی در شرایطی که رشد کلزا مطلوب می‌باشد، مصرف بالای نیتروژن شاید لازم و اقتصادی باشد ولی در شرایط خشک که پتانسیل تولید کلزا پائین است، مقدار کود کمتر مورد نیاز بوده است و واکنش نسبت به مصرف کود نیترژن کمتر خواهد بود (احمدی و جاویدفر 1377). نتایج تحقیقات پرتر (1993) در آمریکا نشان داد که کاربرد نیتروژن به میزان 135 کیلوگرم در هکتار، عملکرد کلزا را به طور معنی‌داری افزایش داد. خادمی و همکاران (1379) گزارش کردند که کود مورد نیاز کلزا برای دستیابی به عملکرد مطلوب از 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تا 240 کیلوگرم متفاوت است. آسار و اسکارسبریک (1995) گزارش نمودند کاربرد 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه و وزن ماده خشک را افزایش داد، به طوری که افزایش عملکرد عمدتاً تحت تأثیر افزایش تعداد دانه و بذرهای سنگین‌تر بود. همچنین میزان پروتئین دانه با افزایش مقدار کود نیتروژن به تدریج افزایش یافت. نتیجه تحقیقات اگلی (1988) نشان داد که مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک بستگی به نوع، زمان، مقدار و روش کاربرد آن‌ها دارد. مقدار و زمان مصرف کود در این بین می‌تواند نقش مهم‌تری ایفا نماید. بررسی‌های هولمز (1980) نشان داد که زیاد بودن بیش از حد نیتروژن در پائیز و قبل از زمستان‌گذرانی باعث رشد بیش از حد بوته‌ها شده و خطر سرمازدگی جوانه انتهایی را افزایش می‌دهد. همچنین کمبود نیتروژن موجب کوتاه شدن ارتفاع بوته‌ها، زرد شدن شاخ و برگ‌ها، کاهش تعداد خورجین‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد. داربی و هویت (1990) اظهار داشتند که بهترین شیوه توزیع کود سرک، مصرف دو مرحله‌ای آن است و بیشترین عملکرد در تیماری به دست آمد که 75% نیتروژن در اواسط اسفند و بقیه آن در اواخر فروردین توزیع گردید. نتایج تحقیقات هوکینگ و استیپر(1993) نشان‌دهنده آن است که بیشترین نیاز کلزا به کود نیتروژن در مراحل آغاز ساقه‌دهی و گلدهی می‌باشد. نتایج تحقیقات بیلسبرو و همکاران (1993) نشان داد که بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه کلزا تا زمان گلدهی از خاک جذب شده و سپس از برگ و ساقه به غلاف و دانه انتقال یافت. مصرف خاکی نیتروژن قبل از کشت و در پائیز ارزش اندکی داشت در حالیکه کاربرد نیتروژن در بهار باعث افزایش رشد در دوره بحرانی قبل از گلدهی گردید. لیچ و همکاران (1994) گزارش کردند که تقسیط نیتروژن در بهار هیچ تأثیری بر عملکرد دانه کلزا نداشت و فقط خطرات آبشویی نیتروژن را کاهش داد. تحقیقات ملکوتی (1379) بیانگر آن است که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن یکی از مهم‌ترین راه‌ها، مصرف به هنگام و مطابق با نیاز گیاه است. به دلیل حلالیت فراوان کودهای نیتروژن، زمان مصرف کود بسیار مهم بوده و یکی از دلایل پائین بودن کارایی کودهای نیتروژن استفاده از آنها در زمان نامناسب است. اکثر شیوه‌های مناسب برای برآورد کارایی مصرف نیتروژن مورد استفاده با تولید دانه یا کل ماده خشک گیاه در ارتباط می‌باشند (پاتک و همکاران 2008). در تحقیقی که بر روی کلزا انجام گردید، کارایی مصرف نیتروژن در چهار رقم کلزا تحت شرایط گلخانه‌ای و مقادیر پائین و بالای نیتروژن مورد بررسی قرار گرفت. وزن خشک، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن با کاهش مقدار نیتروژن بطور معنی‌داری کاهش یافتند (اسونجیک و رینگل 2006). در آزمایشی، پنج رقم کلزا، شلغم روغنی و خردل هندی تحت 7 سطح از نیتروژن (صفر، 25، 50، 100، 150، 200 و 250 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) قرار گرفتند. تحت شرایط نیتروژن بالا، تمام ارقام دارای پائین‌ترین کارایی مصرف نیتروژن بودند. کمترین میزان کارایی مصرف نیتروژن نیز در مقادیر نیتروژن 150 و 200 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. هر پنج گونه کلزا دارای شیوه و الگوی مشابهی در جذب نیتروژن در مقادیر مختلف کود نیتروژن بودند (گان و همکاران 2008). در تحقیقی گیاهان کلزا تحت مقادیر مختلف نیتروژن (صفر، 30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) قرار گرفتند.

با افزایش مقدار کود نیتروژن غلظت نیتروژن در تمام اندامهای گیاهی بالا رفت و بیشترین تجمع نیتروژن با 14/44 گرم در متر مربع با مصرف 150 کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جان و همکاران 2002). در آزمایشی دیگری که بر روی کلزا انجام گردید، غلظت عناصر نیتروژن، گوگرد، فسفر و بر در طی مراحل رشد بررسی شد و مشاهده گردید که این عناصر بیشترین غلظت را در اوایل رشد گیاه، هنگامی که مرحله روزت کامل می‌شود (بیشتر از 4 درصد) دارند و با نزدیک شدن به دوره رسیدگی، غلظت آنها کاهش می‌یابد. این کاهش بدلیل اختصاص این عناصر به ریشه‌ها، ریزش برگ‌ها و گلدهی بود (واسوکی و همکاران 2005). لذا این تحقیق با هدف تعیین بهترین مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن جهت افزایش کارایی مصرف نیتروژن و دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و روغن در زراعت کلزا (رقم هایولا 401) در منطقه به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال‌های زراعی 86 - 84 به مدت دو سال انجام گردید. فاکتور اول شامل مقادیر مصرف کود نیتروژن خالص در سطوح صفر،60، 120،180 و 240 کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و فاکتور دوم شامل 5 زمان مصرف کود در سطوح مصرف تمام کود در هنگام کاشت، مصرف $\frac{1}{3}$ زمان کاشت و $\frac{2}{3}$ زمان ساقه‌رفتن، مصرف $\frac{1}{3}$ زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی، مصرف $\frac{1}{3}$ زمان 4-3 برگی، $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی و مصرف $\frac{1}{4}$ زمان کاشت، $\frac{1}{4}$ زمان 4-3 برگی، $\frac{1}{4}$ زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{4}$ قبل از گلدهی بودند. نتایج آزمون خاک با استفاده از روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده 1372) انجام گرفت. بافت خاک محل آزمایش، لوم سیلتی رسی با ***pH*** برابر 7/4 و میزان کربن آلی خاک 1/9 بود. بعداز برداشت برنج در اوایل مهر عملیات شخم حداقل با استفاده از دو بار روتیواتور به عمق 15-10 سانتی‌متر انجام گرفته و برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان به میزان 3 لیتر در هکتار استفاده گردید و تمام کود فسفات آمونیوم (150کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (150کیلوگرم در هکتار) مورد نیاز برحسب آزمون خاک قبل از کاشت بذر به مزرعه داده شد (جدول 4). سپس دور تا دور زمین زهکش‌هایی به عمق 40-30 سانتی‌متر و به عرض 40-35 سانتی‌متر احداث گردید. هرکرت آزمایش شامل 8 خط کاشت به فاصله 25 سانتی‌متر و به طول 5 متر بود فاصله بین تیمارها یک متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور در اوایل آبان به صورت دستی و میزان بذر مصرفی در هر کرت، 10 گرم و بر حسب 10 کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.به دلیل کفایت نزولات جوی در در طول فصل رشد گیاه آبیاری صورت نگرفت و زراعت کلزا به صورت دیم انجام شد. در هنگام برداشت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف و بقیه به عنوان سطح برداشت (4 متر مربع) انتخاب شدند و محاسبه عملکرد دانه براساس رطوبت ده درصد طی دو روز در هوای آزاد انجام گردید. بعد از برداشت نیز عملکرد دانه و روغن، میزان روغن دانه، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و درصد بازیابی ظاهری نیتروژن دانه مورد محاسبه قرار گرفتند. محاسبه کارایی‌های نیتروژن به روش فان و همکاران (2004) و ملکوتی و بابا اکبری (1384) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان روغن دانه مقدار 10 گرم از بذور هر تیمار برداشت شد و به آزمایشگاه بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر فرستاده شد و با استفاده از دستگاه ***NMR*** (رزونانس مغناطیسی هسته) میزان روغن نمونه‌ها تعیین گردید. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه محاسبه شد (زنگانی 1381).

کارایی مصرف نیتروژن (کارایی ناخالص مصرف نیتروژن) (*NUE*)

عبارت است از میزان دانه تولید شده به کل نیتروژن مصرف شده و از رابطه زیر محاسبه شد (فان و همکاران 2004).

$$NUE = \frac{Wg}{Nf} \qquad [1]$$

NUE کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، ***Nf*** مقدار نیتروژن مصرفی به صورت کود بر حسب کیلوگرم و ***Wg*** وزن دانه بر حسب کیلوگرم می‌باشند.

کارایی زراعی نیتروژن (کارایی خالص مصرف نیتروژن) (*NAE*)

از رابطه زیر محاسبه شد:

$$NAE = \frac{YNX - YN0}{Nf} \qquad [2]$$

NAE کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Y_{NX} عملکرد در تیمار کودی، Y_{N0} عملکرد در تیمار شاهد (بدون کود) و ***Nf*** کل نیتروژن مصرفی (کیلوگرم) می‌باشند (ملکوتی و بابا اکبری 1384).

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (*NPE*)

از رابطه زیر محاسبه شد:

$$NPE = \frac{YNX - YN0}{D - E} \qquad [3]$$

NPE کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Y_{NX} عملکرد کل ماده خشک در تیمار کودی، Y_{N0}عملکرد کل ماده خشک در تیمار شاهد (کیلوگرم)، ***D*** جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی و ***E*** جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد (کیلوگرم) می‌باشند (ملکوتی و بابا اکبری 1384).

بازیابی ظاهری نیتروژن (*NRF*)

از رابطه زیر محاسبه شد:

$$NRF = \frac{D - E}{B} \times 100 \qquad [4]$$

NRF بازیابی ظاهری نیتروژن بر حسب درصد، ***D*** جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی و ***E*** جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد (بدون کود) و ***B*** مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب کیلوگرم می‌باشند (ملکوتی و بابا اکبری 1384).

اندازه‌گیری غلظت نیتروژن دانه و کاه و کلش با استفاده از روش کجلدال انجام گرفت (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده 1372). قبل از انجام تجزیه مرکب برای اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده گردید. تجزیه مرکب با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر انجام گرفت. به دلیل یکنواختی واریانس خطای صفات برای تمامی آنها تجزیه مرکب به عمل آمد. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس ساده و مرکب با استفاده از نرم‌افزار ***MSTAT-C*** و ***SAS*** و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون ***LSD*** در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کارایی زراعی نیتروژن

کارایی زراعی نیتروژن شاخص ترکیبی از کل نهاده‌های اقتصادی نسبت داده شده با نیتروژن قابل دسترس در خاک (مصرف شده یا بومی خاک) می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین مقادیر مصرف نیتروژن و زمان مصرف آن از نظر صفت کارایی زراعی نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت، اما اثر سال و اثر متقابل مقدار×زمان معنی‌دار نشدند (جدول1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین مقادیر مصرف نیتروژن، مقدار60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین 12/45 کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین و مقدار 240 کیلوگرم در هکتار با میانگین 7/5 کیلوگرم در کیلوگرم کمترین کارایی زراعی نیتروژن را داشتند. همچنین بین زمان مصرف نیتروژن، مصرف تمام کود در هنگام کاشت با میانگین 6/27 کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین کارایی زراعی نیتروژن را

دارا بود (جدول 2). به نظر می‌رسد که گیاه با مصرف کود نیتروژن در طی چندین مرحله، کارایی بیشتری نشان داده است که دلیل این امر فراهم بودن مواد غذایی در طی مراحل اصلی رشد گیاه بوده است. در آزمایشی که بررسی مصرف سطوح مختلف نیتروژن (صفر، 30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم در هکتار) بر تجمع و تقسیم نیتروژن بر روی کلزا انجام شده بود، کارایی زراعی نیتروژن کاهش معنی‌داری را در مقادیر بالای نیتروژن نشان داد. بطوریکه میانگین کارایی زراعی در مقادیر نیتروژن (30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب برابر با 19/25، 11/03، 9/78، 5/85 و 7/95 کیلوگرم بر کیلوگرم مشاهده شد. کارایی زراعی نیتروژن همبستگی بالایی را با بازیابی ظاهری نیتروژن (r=0/92**) داشت (آدریانا و همکاران 2002). در آزمایشی که برای بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه در برخی از ارقام آفتابگردان انجام شده بود، با افزایش مصرف کود شیمیایی نیتروژن (40، 80، 120، 160 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتاراز منبع اوره) در سیستم تغذیه شیمیایی، کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت. تیمار 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین 23/35 کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارایی زراعی نیتروژن را داشت و سایر تیمارها در رتبه بعدی قرار گرفتند (حسن زاده قورت تپه و قلاوند 1384). با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژن از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند، به این مفهوم که هر چه میزان کود اضافه شود، میزان عملکرد نیتروژن به طور مستمر کمتر افزایش پیدا می‌کند و در نهایت به خط مجانب مماس می‌گردد. به احتمال زیاد، تلفات میزان نیتروژن در سطوح بالای کود نیتروژن از طریق تصعید، نیترات‌زدایی، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن بوسیله گیاه و بالاخره عدم استفاده مؤثر از آن افزایش می‌یابد که این خود موجب کاهش کارایی زراعی نیتروژن می‌گردد (حسن‌زاده قورت تپه و قلاوند 1384). کارایی زراعی نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (r=0/63**)، کارایی مصرف نیتروژن (r=0/87**)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (r=0/65**) و بازیابی ظاهری نیتروژن (r=0/87**) نشان داد (جدول 3).

کارایی مصرف نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین سال‌های مورد آزمایش، بین مقادیر و زمان مصرف نیتروژن از نظر صفت کارایی مصرف نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت، اما اثر متقابل مقدار×زمان معنی‌دار نشد (جدول1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سال‌های مورد آزمایش، سال اول با میانگین 18/30 نسبت به سال دوم با میانگین 15/57 کیلوگرم بر کیلوگرم برتری معنی‌داری داشت. بین مقادیر مصرف نیتروژن، مقدار 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین 25/54 و مقدار 240 کیلوگرم در هکتار با میانگین 10/81 کیلوگرم بر کیلوگرم به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن را داشتند (جدول 2). بین زمان مصرف نیتروژن، همه زمان‌ها به استثنای مصرف تماماً هنگام کاشت (11/9 کیلوگرم بر کیلوگرم) بیشترین کارایی نیتروژن را به خود اختصاص دادند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول 2). با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد (کریمی و همکاران 1386). به نظر می‌رسد که مقدار 60 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در طی چندین

مرحله به علت در دسترس بودن نیتروژن به مقدار مناسب در مراحل رشد و استفاده مناسب گیاه از آن باعث کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی، نیترات-زدایی وتصعید گردیده ودر نتیجه با افزایش جذب نیتروژن، انتقال مناسب از بوته به دانه به خوبی انجام گرفته است. بطور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کود کمتر می‌شود. بنابراین کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن بدست می‌آید (کریمی و همکاران 1386). در آزمایشی که برای بررسی اثر آبیاری و کود نیتروژن در چند سطح (صفر،70، 140، و 210 کیلوگرم در هکتار) بر صفات زراعی و مرفولوژیکی دو رقم کلزا انجام شده بود، گیاه کلزا در سطح کودی 210 کیلوگرم در هکتار از نظر کارایی مصرف نیتروژن ضعیف عمل کرد (دانشور و همکاران 1387). کارایی مصرف نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (**r=0/48)، کارایی زراعی نیتروژن (**r=0/87)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (**r=0/72) و بازیابی ظاهری نیتروژن (**r=0/85) نشان داد (جدول 3).

عملکرد دانه، عملکرد روغن و میزان روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب در مورد صفت عملکرد دانه، عملکرد روغن و میزان روغن دانه نشان داد که بین سال‌های مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. سال اول آزمایش بیشترین عملکرد دانه و روغن را به ترتیب با میانگین 2082/4 و 957/3 کیلوگرم در هکتار نسبت به سال دوم دارا بود، اما سال دوم آزمایش توانست با دارا بودن 48/6 درصد روغن نسبت به سال اول با میانگین 46/3 درصد روغن برتری معنی‌داری داشته باشد. همچنین نتایج نشان داد که بین مقادیر کود نیتروژن از نظر عملکرد دانه و روغن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما بین مقادیر نیتروژن از نظر صفت میزان روغن دانه تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد (جدول 1). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقادیر 240 و 180 کیلوگرم در هکتار با میانگین عملکرد 2596/2 و2550 کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها از برتری معنی‌داری برخوردار بوده و در یک گروه قرار گرفتند. مقدار240 کیلوگرم در هکتار با میانگین 1204/8 کیلوگرم در هکتار و شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین 386/5 کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشته است (جدول2). کود نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و زایشی شده و در نتیجه باعث بقای تعداد بیشتری از گل‌های بارور شده و مواد فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر باعث عملکرد دانه بیشتر در مقادیر بالاتر نیتروژن میگردد. در واقع می‌توان علت افزایش عملکرد دانه بر اثر مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن را به افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه آن نسبت داد (جانگ و همکاران 1987). بیلسبرو و همکاران (1993) در گزارش خود مطرح نمودند که افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش مقدار کود نیتروژن ممکن است به علت تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی باشد. بین زمان‌های مصرف نیز تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده گردید. اما از نظر صفت عملکرد روغن و میزان روغن دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مصرف نیتروژن در زمان $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی در هر دوسال باعث افزایش عملکرد دانه گردید (جدول2). اثر متقابل مقدار× زمان نیز از نظر عملکرد دانه و روغن معنی‌دار گردید و مقدار 180 کیلوگرم در هکتار در در زمان $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی بیشترین عملکرد دانه و روغن را به ترتیب با میانگین 2968 و 1383 کیلوگرم در هکتار و مقدار 60 کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به ترتیب با میانگین 1063 و 506/3 کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه و روغن را پس از شاهد به خود اختصاص دادند (جدول2). نتایج حاصل از آزمایش به وضوح نشان داد که مقادیر 180 و240 کیلوگرم در هکتار در زمان $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ ساقه-رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی برای اراضی شالیزاری و در

شرایط آب و هوایی منطقه گیلان جهت دستیابی به حداکثر عملکرد کلزا مناسب می‌باشد. ولی با توجه به زیاد نبودن تفاوت بین مقادیر240 و 180 کیلوگرم در هکتار و به دلیل اهمیت اقتصادی صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژن و خطرات آبشویی آن و جلوگیری از اثرات مخرب زیست محیطی به دلیل استفاده بیش از حد از کود نیتروژن مقدار180 کیلوگرم در هکتار در سه زمان ($\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی) توصیه می‌شود. جکسون (2000) گزارش نمود که عملکرد دانه و روغن کلزا بر اثر مصرف 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر می‌باشد. با کاربرد نیتروژن، سوبسترای بیشتری برای سنتز پروتئین فراهم و مواد فتوسنتزی بیشتری به ساخت پروتئین اختصاص داده می‌شود و در نتیجه جهت سنتز روغن سوبسترای کافی در اختیار نخواهد بود. بنابراین میزان روغن کاهش می‌یابد اما این کاهش منجر به کاهش عملکرد روغن نگردید. در واقع کاربرد نیتروژن بیشتر برای حصول عملکرد اقتصادی بالاتر مانعی ندارد. چون با کاهش مقدار نیتروژن، افزایش میزان روغن، کاهش حاصل در عملکرد، را نمی‌تواند جبران کند. یافته‌های حاصل از این آزمایش نیز با این نظریه تطابق دارد. نتایج حاصل از جدول همبستگی صفات مورد نظر نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد روغن (**r=0/99)، کارایی زراعی نیتروژن (**r=0/63)، کارایی مصرف نیتروژن (**r=0/48)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (**r=0/51) و بازیابی ظاهری نیتروژن (**r=0/72) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (جدول 3).

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تنها بین مقادیر مصرف نیتروژن و اثر متقابل مقدار×سال از نظر صفت کارایی فیزیولوژیک نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین مقادیر مصرف نیتروژن، مقدار 60 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین 35/92 و 33/71 کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن را نسبت به سایر مقادیر نیتروژن دارا بودند (جدول 2). در این تحقیق به نظر می‌رسد که با توجه به معنی‌دار شدن کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در سطوح 60 و0 12 کیلوگرم در هکتار نسبت به 180 و 240 کیلوگرم در هکتار، با مصرف کمتر نیتروژن، افزایش عملکرد در این تیمارها به ازای محتوای نیتروژن تجمع یافته در کل گیاه بدست بیاید که در واقع این موضوع باعث افزایش کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن در این تیمارها می‌شود. در اوایل رشد، سرعت رشد گیاه و در نتیجه جذب نیتروژن کم است. چنانچه میزان نیترات موجود در خاک نیز کم باشد، میزان آبشویی نیترات کم می‌شود. در تیمار 60 کیلوگرم در هکتار به دلیل کم بودن نیترات موجود در خاک، میزان آبشویی نیترات به خصوص در کاربرد پائیزه کود کاهش می‌یابد. در نتیجه همزمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود دارد. این پدیده باعث بالا رفتن کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن می‌شود (صباحی و قلاوند 1383). در آزمایشی که به منظور مقایسه جذب نیتروژن، کارایی مصرف کود و تلفات نیتروژن در سیستم کوددهی آلی، تلفیقی و متداول در کلزای پائیزه انجام شده بود، با افزایش مقدار کود شیمیایی از 50 به 150 کیلوگرم کارایی فیزیولوژیکی آن کاهش یافت. می‌توان اظهار داشت که در مقادیر بالاتر کود به

علت بهبود رشد ریشه، ظرفیت جذب عناصر غذایی بالا می‌رود، ولی در مقابل درصد بالاتری از کل نیتروژن در بقایای ساقه و برگ باقی می‌ماند (صباحی و قلاوند 1383). کارایی فیزیولوژیک نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (**r=0/51)، کارایی زراعی نیتروژن (**r=0/65)، کارایی مصرف نیتروژن (**r=0/72) و بازیابی ظاهری نیتروژن (**r=0/57) نشان داد (جدول 3).

بازیابی ظاهری نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین مقادیر مصرف نیتروژن و زمان مصرف نیتروژن از نظر صفت بازیابی ظاهری نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت، اما اثر سال و اثر متقابل مقدار×زمان معنی‌دار نشد (جدول1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین مقادیر مصرف نیتروژن، مقدار 60، 120 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین 36/20، 33/46 و 34/63 درصد بیشترین درصد بازیابی ظاهری نیتروژن را دارا بودند و تیمار 240 کیلوگرم در هکتار، کمترین بازیابی ظاهری را داشت. در بین زمان‌های مصرف نیتروژن، زمان ($\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی) با میانگین 38/91 درصد بالاترین بازیابی ظاهری نیتروژن را نسبت به سایر زمان‌های مصرف نیتروژن داشتند (جدول 2). بازیابی ظاهری نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (**r=0/72) داشت. با توجه به اینکه بیشترین عملکرد دانه نیز در تیمار 180 کیلوگرم در هکتار و در در زمان $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی حاصل شده است، بالابودن بازیابی ظاهری در این تیمار نیز امری طبیعی است. کارایی زراعی نیتروژن همبستگی بالایی با بازیابی ظاهری نیتروژن در کلزا دارد (آدریانا و همکاران 2002). در آزمایشی که به منظور بررسی مصرف سطوح مختلف نیتروژن (صفر، 30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم در هکتار) بر تجمع و تقسیم نیتروژن بر روی کلزا انجام شده بود، با افزایش مصرف نیتروژن، بازیابی ظاهری نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش یافت. بطوریکه بازیابی ظاهری نیتروژن در مقادیر نیتروژن (30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب برابر با میانگین (52/4، 27/5، 29/7، 20 و 32/2 درصد) بدست آمد. یکسان بودن بازیابی ظاهری نیتروژن در مقادیر بالای نیتروژن نشان‌دهنده عدم کاهش کارایی جذب در کلزا حتی در شرایط مصرف بالای نیتروژن می‌باشد (آدریانا و همکاران 2002). بازیابی ظاهری نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد روغن (**r=0/73)، کارایی زراعی نیتروژن (**r=0/87)، کارایی مصرف نیتروژن (**r=0/85) و کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (**r=0/57) نشان داد (جدول 3). بطور کلی با افزایش مصرف کود نیتروژن، بازیابی نیتروژن کاهش می‌یابد و مقدار آن در گیاهان زراعی معمولاً کمتر از 50 درصد است. این موضوع را می‌توان به بازیابی کم نیتروژن در گیاهان یکساله به دلیل تلفات کودی آن‌ها در مزرعه دانست (دانشور و همکاران 1387). بازیابی نیتروژن با خصوصیات خاک، مقادیر، روش‌ها و زمان مصرف کود و دیگر روش‌های مدیریتی تغییر می‌کند که معمولا دامنه‌ای از 30 تا 50 درصد را دارا می‌باشد (محبوب خمامی و همکاران 1382).

نتیجه‌گیری

در هر دو سال اجرای آزمایش، با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد و تیمار 240 کیلوگرم در هکتار به علت تلفات نیتروژن از طریق تصعید، نیترات‌زدایی، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن و استفاده موثر از آن موجب کاهش کارایی زراعی نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی فیزیولوژیک نیتروژن می‌شود. بهره‌وری پایین نیتروژن در بافت‌های گیاهی کلزا باعث کاهش کارایی نیتروژن می‌شود که عمدتاً بدلیل محدودیت مخزن (پتانسیل نسبتاً پائین عملکرد بذر) و تا اندازه‌ای ریزش برگ‌های حاوی نیتروژن می‌باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط

بوته افزایش یافته، ولی در مقادیر پایین‌تر نیتروژن، کارایی انتقال و استفاده از نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است، به گونه‌ای که تیمار 60 کیلوگرم در هکتار در تمام زمان‌ها بیشترین کارایی‌های نیتروژن را دارا بود. همچنین ملاحظه شد که علی‌رغم افزایش عملکرد دانه و روغن با افزایش نیتروژن مصرفی، تفاوت معنی‌داری میان سطوح نیتروژن 240 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد که می‌تواند نشان‌دهنده عدم کارایی گیاه در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی باشد. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار بین عملکرد دانه و روغن بین مقادیر 240 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مقدار 180 کیلوگرم به دلیل توجیه اقتصادی کاهش مصرف کود، آبشویی کمتر نیتروژن و جلوگیری از اثرات مخرب آلاینده‌های زیست محیطی جهت کشت کلزا رقم هایولا 401 در اراضی شالیزاری توصیه می‌گردد. در بین زمان‌های مصرف کود نیتروژن، زمان ($\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی) بیشترین عملکرد دانه و روغن و بازیابی ظاهری نیتروژن را تولید نمود و به عنوان زمان مناسب جهت استفاده کود نیتروژن در اراضی شالیزاری توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ومؤسسه تحقیقات برنج کشور که اعتبارات مادی و حمایت‌های معنوی لازم را جهت اجرای این تحقیق فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

احمدی م و جاویدفر ف، 1377. تغذیه گیاه روغنی کلزا (ترجمه). انتشارات کمیته دانه‌های روغنی.

حسن زاده قورت تپه ع و قلاوند ا، 1384. بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن برخی از ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال 12، ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات، صفحه‌های 20 تا 27.

خادمی ز، ملکوتی م، رضایی ح و مهاجر میلانی پ، 1379. تغذیه بهینه کلزا گامی مؤثر در افزایش عملکرد بهبود روغن و توصیه کودی برای تولیدکنندگان کلزا در خاک‌های کشور. نشرآزمون کشاورزی.

دانشور م، طهماسبی سروستانی ز، مدرس ثانوی ع و شیرانی‌راد ا، 1387. اثر آبیاری و کود نیتروژن بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی دو رقم کانولا ***(Brassica napus L.)***. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره 4، صفحه‌های 20 تا 41.

رضایی ح و ملکوتی م، 1379. چگونگی تأمین نیاز غذایی دانه‌های روغنی قسمت دوم. مصرف بهینه کود در زراعت کلزا. نشریه فنی شماره 116. نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات، کرج، ایران.

زنگانی ا، 1381. بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر روند رشد و عملکرد کمی و کیفی دانه دو رقم کلزا در منطقه اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد، واحد اهواز.

صباحی ح و قلاوند ا، 1383. مقایسه جذب نیتروژن، کارایی مصرف کود و تلفات نیتروژن در سیستم کوددهی آلی، تلفیقی و متداول در کلزای پائیزه (***Brassica napus L.***). مجله علوم محیطی، جلد 6، صفحه‌های 15 تا 17.

علی احیایی م و بهبهانی‌زاده ع، 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (چاپ اول). سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 893.

کریمی ا، معزاردلان م، همایی م، لیاقت ع و رئیسی ف، 1386. کارایی مصرف کود در آفتابگردان با سیستم کود آبیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 1، شماره 40 (الف)، صفحه‌های 65 تا 76.

محبوب خمامی ع و کاوسی م، 1382. بررسی اثر کود اوره، اوره با پوشش گوگردی، روش‌های کاربرد آنها بر عملکرد دانه، بازده و بازیافت نیتروژن در خاک رسی بر برنج. صفحه‌های 506 تا 509. هشتمین کنگره علوم خاک ایران، شهریور - دانشگاه گیلان.

ملکوتی م، 1379. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد و بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

ملکوتی م و بابا اکبری م، 1384. ضرورت افزایش کارایی کودهای نیتروژنه در کشور. نشریه فنی شماره 425. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا.

Adriana M, Chamorro L, Tamagno N, Bezus R and Santiago J, 2002. Nitrogen accumulation, partition and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Science Plant Analysis 33 (3&4): 493-504.

Asare E and Scarisbrick DH, 1995. Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oil seed rape. Field Crops Research 44(1): 41-46

Bilsborrow PE, Evans EJ and Zhoa FD, 1993. The influence of spring nitrogen on yield component and glucosinolat content of autumn sown oilseed rape (B. napus). Journal of Agricultural Science 120: 219-224.

Darby RJ and Hevitt MW, 1990. The effects of single or prilled urea if nitro-chalk to winter oilseed rape. Journal of Agricultural Science 115: 363-368.

Egli DB, 1988. Plant density and soybean yield. Crop Science 28: 977-980.

Fan X, Lin F and Kumar D, 2004. Fertilization with a new type of coated urea evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 853-865.

Gan Y, Malhi S, Brandt S, Katepa-Mupondwa F and Stevenson C, 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Juncea canola under diverse environments. Agronomy Journal 100: 285- 295.

Hocking PJ and Stapper M, 1993. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rate on the growth, yield and nitrogen accumulation of canola, mustard and wheat. Pp. 33-46. In: Wratten, N and Mailer, RJ (eds.). Proceeding of 9th Australian Research Assembly on Brassica, Wagga, New South Wales,

Holmes MR, 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, Barking, Essex, UK.

Jackson GD, 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal 92 (4): 644-649.

Jan A, Noorullah Kh, Naeem Khan J, Ahmad Kh and Khattak B, 2002. Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulfur. Asian Journal Plant Science 5: 519-521.

Jang YS, Bang JK, Kim SK, Park CB, Rho SP, Lee JI and Kim YS, 1987. seed yield and oil content of rape as affected by increased application of nitrogen in spring transplant system. Research Reports of the Rural Development Administration, Crops, Korea Republic 29 (20): 162-171.

Leach JE and Darby R and Rawlinson CJ, 1994. Factors affecting growth and yield of winter oilseed rape. Journal of Agricultural Science 722-727.

Pathak RR, Ahmad A, Lochab S and Raghuram N, 2008. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. Current Science 94: 1394-1403.

Porter PM, 1993. Canola response to boron and nitrogen grown on the south eastern coastol plain. Journal of Plant Nutrition 16: 2371-2381.

Svecnjak Z and Rengel Z, 2006. Nitroge utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. Plant and Soil 283: 229-307.

Wysocki D, Sirovatka N and Sandy O, 2005. Plant growth promoting rizobacteria for winter wheat. Oxford & IBH Publishing Co., Oregon State University.

جدول 1- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه کلز ا در طی دو سال زراعی 86-1384

منابع تغییرات	درجه آزادی	کارایی زراعی نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن	بازیابی ظاهری نیتروژن
سال(***year***)	1	49/3***ns***	223/3**	7/1***ns***	285/8***ns***
تکرار (سال)	4	106	22/7	588/9	891/5
مقدار کود(***M***)	3	143/1**	1211/3**	455/6**	685/2**
مقدار × سال	3	12/1***ns***	1/08***ns***	120/6**	2/93***ns***
زمان مصرف کود(***T***)	4	139/7**	203/2**	36/8***ns***	1708/5**
زمان × سال	4	24/5***ns***	22/3***ns***	49/5***ns***	191/4***ns***
زمان× مقدار	12	7/3***ns***	19/4***ns***	25/1***ns***	108/1***ns***
سال × مقدار × زمان	12	19/9***ns***	13***ns***	19/8***ns***	81/1***ns***
خطا	76	20/1	17/4	29/6	113/5
ضریب تغییرات (%)	-	18/89	24/6	17/25	12/8

** و ***ns:*** به ترتیب معنی‌د ار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار.

ادامه جدول 1- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه کلز ا در طی دو سال زراعی 86-1384

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
سال(***year***)	1	4512770/07**	199**	493144/6**
تکرار (سال)	4	110511/9	1/78	21702/6
مقدار کود(***M***)	4	16757286/8**	2/58***ns***	3517426/7**
مقدار × سال	4	217565/6***ns***	5/47**	18397/98 ***ns***
زمان مصرف کود(***T***)	4	2640648/2*	3/07***ns***	554879/02***ns***
زمان × سال	4	338749/6**	3/92**	111065/9**
زمان× مقدار	16	288726/4**	0/72***ns***	59261/9**
سال × مقدار × زمان	16	170110/5***ns***	1/01***ns***	42333/95***ns***
خطا	96	116193/5	0/96	24583/19
ضریب تغییرات (%)	-	17/85	2/06	17/42

*، ** و ***ns:*** به ترتیب معنی‌د ار در سطح احتمال پنج ، یک درصد و غیر معنی‌دار.

زمان‌های مصرف کود: ***T1***= به طور کامل هنگام کاشت ***T2***= $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{2}{3}$ زمان ساقه‌رفتن

T3= $\frac{1}{3}$ زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی ***T4***= $\frac{1}{3}$ زمان 4-3 برگی + $\frac{1}{3}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی

T5 = $\frac{1}{4}$ زمان کاشت + $\frac{1}{4}$ زمان 4-3 برگی + $\frac{1}{4}$ زمان ساقه‌رفتن + $\frac{1}{4}$ قبل از گلدهی.

جدول 2- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در طی دو سال زراعی 86-1384

سال	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
1384-85	2082/4***a***	46/3***b***	957/3***a***	18/30***a***
1385-86	1735/5***b***	48/6***a***	842/6***b***	15/57***b***

ادامه جدول 2- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در سطوح مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن در طی دو سال زراعی 86-1384

مقدار کود نیتروژن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	بازیابی ظاهری نیتروژن (درصد)
0	794/9 ***d***	48/76***a***	386/55***d***	-	-	-	-
60	1549/3 ***c***	47/77***b***	736/86***c***	12/45 ***a***	25/54***a***	35/92***a***	36/20***a***
120	2099/5 ***b***	47/56 ***b***	994/58***b***	11/40***ab***	17/49***b***	33/71***a***	33/46 ***a***
180	2505 ***a***	46/93***c***	1177/28***a***	9/49 ***bc***	13/91***c***	27/52***b***	34/63***a***
240	2596/2 ***a***	46/63***c***	1204/83***a***	7/5***c***	10/81***d***	29/19***b***	25/47 ***b***
زمان مصرف کود نیتروژن							
T1	1409/1 ***c***	47/89***a***	669/73 ***c***	6/27***b***	11/9***b***	31/7***a***	18/23***c***
T2	1926/1 ***b***	47/33***bc***	906/91***b***	9/82***a***	16/9***a***	31/83***a***	31/81***b***
T3	2155/3 ***a***	/44***abc*** 47	1013/48 ***a***	12/01***a***	18/92***a***	29/61***a***	38/91***a***
T4	2108/6***ab***	47/16***c***	986/49 ***ab***	12/27***a***	18/97***a***	33/05***a***	38/24***ab***
T5	1945/9 ***b***	***ab*** 47/83	923/49***b***	10/7***a***	17/96***a***	31/77***a***	35/05***ab***

میانگین‌های با حروف لاتین مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

ادامه جدول 2- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل مقدار× زمان مصرف کود نیتروژن در صفات مورد مطالعه در طی دو سال زراعی 86-1384

اثرات متقابل مقدار× زمان	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
M1T1	794***j***	48/76***a***	386/6***i***
M1T2	794***j***	48/76***a***	386/6***i***
M1T3	794***j***	48/76***a***	386/6***i***
M1T4	794***j***	48/76***a***	386/6***i***
M1T5	794***j***	48/76***a***	386/6***i***
M2T1	1063***ij***	47/96 ***abc***	506/3 ***hi***
M2T2	1484 ***ghi***	47/93 ***abc***	708/6 ***gh***
M2T3	1724 ***efgh***	47/52 ***abc***	812/2 ***fg***
M2T4	1683 ***fgh***	47/21 ***abc***	795 ***fg***
M2T5	1792***defgh***	48/25 ***ab***	862/2***defg***
M3T1	1377***hij***	48/61***a***	667/9 ***gh***
M3T2	2153***bcdef***	47/17 ***abc***	1012***bcdef***
M3T3	2345***abcde***	47/74 ***abc***	1117***abcde***
M3T4	2485 ***abc***	46/62 ***bc***	1156***abcd***
M3T5	2138***bcdef***	47/65 ***abc***	1020***bcdef***
M4T1	2013 ***cdefg***	47/14 ***abc***	947/2 ***cdefg***
M4T2	2340 ***abcde***	46/53 ***bc***	1107 ***abcde***
M4T3	2968 ***a***	46/63 ***bc***	1383 ***a***
M4T4	2808 ***a***	46/90 ***abc***	1320***a***
M4T5	2395 ***abcd***	47/47 ***abc***	1130***abcde***
M5T1	1797 ***defgh***	46/99 ***abc***	840/7 ***efg***
M5T2	2859 ***a***	46/25 ***c***	1320***a***
M5T3	2944 ***a***	46/55 ***bc***	1369 ***a***
M5T4	2772 ***ab***	46/31 ***bc***	1276 ***ab***
M5T5	2610 ***abc***	47/04 ***abc***	1219 ***abc***

میانگین‌های با حروف لاتین مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

جدول3- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه کلزا در طی دو سال زراعی86-1384

صفات	بازیابی ظاهری نیتروژن (درصد)	کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	0/72**	0/51**	0/48**	0/63**	0/99**	-0/056**	1
درصد روغن	-0/38**	-0/25**	-0/29**	-0/35**	-0/49**	1	
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	0/73**	0/52**	0/48**	0/63**	1		
کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	0/87**	0/65**	0/87**	1			
کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	0/85**	0/72**	1				
کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	0/57**	1					
بازیابی ظاهری نیتروژن (درصد)	1						

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول 4- نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش

عمق (***cm***)	هدایت الکتریکی (***dS.m^{-1}***)	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (***mg.kg^{-1}***)	پتاسیم قابل جذب (***mg.kg^{-1}***)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	گروه بافت خاک
0-30	0/35	7/4	1/8	0/155	22	151	7	48	45	سیلت-رسی