

## برهم کنش نیتروژن و تراکم بر عملکرد، محتوای عناصر و کارایی مصرف نیتروژن کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.)

راضیه حیدری<sup>۱</sup>، محسن موحدی دهنوی<sup>۱\*</sup>، علیرضا یدوی<sup>۲</sup> و علیرضا خوشرو<sup>۳</sup>  
۱ و ۲- به ترتیب، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه  
یاسوج  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۳)

### چکیده

انتخاب بهینه کاربرد نیتروژن و تراکم برای دستیابی به بالاترین عملکرد، جذب عناصر و کارایی مصرف نیتروژن در کتان (*Linum usitatissimum* L.) دارای اهمیت می باشد. این آزمایش با هدف دستیابی به ترکیب بهینه کود نیتروژن و تراکم بوته در کتان روغنی انجام شد. آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه دانشگاه یاسوج، به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل نیتروژن در پنج سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کشت در سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع بود. حداکثر عملکرد روغن (۹۸۲/۱۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۲۵۲۵ کیلوگرم در هکتار)، درصد پروتئین (۳۳/۵ درصد)، موسیلاژ دانه (۷/۴ درصد)، فسفر (۰/۴۱ درصد) و پتاسیم دانه (۲/۸۵ درصد) در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تراکم ۱۰۰ بوته به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۷۹/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته و کمترین آن (۲۰/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم)، در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در تراکم ۵۰ بوته مشاهده شد. به طور کلی، تراکم ۱۰۰ بوته و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن برای تولید کتان روغنی در منطقه یاسوج پیشنهاد می شود.

**واژه های کلیدی:** درصد روغن، درصد پروتئین، درصد موسیلاژ، رابطه خطی، فسفر دانه.

## Interaction of nitrogen and density on yield, nutrients content and nitrogen use efficiency in linseed (*Linum usitatissimum* L.)

Razieh Heydari<sup>1</sup>, Mohsen Movahhedi Dehnavi<sup>1\*</sup>, Alireza Yadavi<sup>1</sup> and Alireza Khoshroo<sup>1</sup>  
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran  
(Received: January 12, 2019- Accepted: June 3, 2019)

### ABSTRACT

It is important to determine the optimum nitrogen and plant density to increase linseed quantitative and qualitative yields, nutrients uptake and nitrogen use efficiency. Therefore, this experiment was conducted to achieve the best nitrogen and plant density combination in linseed. The experiment was conducted in Yasouj University, Iran, as a split plot based on a randomized complete block design with three replications in 2016. Treatments were nitrogen as main factor in five levels (0, 25, 50, 75 and 100 kg N ha<sup>-1</sup>) and density as sub factor in three levels (50, 100 and 150 plant m<sup>-2</sup>). Maximum seed oil yield (982 Kg ha<sup>-1</sup>), seed yield (2525 Kg ha<sup>-1</sup>), grain protein (33.5 %), seed mucilage (7.4%), seed phosphorus (0.41% ) and potassium (2.85%) were obtained from 100 kg N ha<sup>-1</sup> at the density of 100 plants m<sup>-2</sup>. Maximum nitrogen use efficiency (79.5 kg kg<sup>-1</sup>) was obtained in 25 kg N ha<sup>-1</sup> and 150 plants m<sup>-2</sup> treatment, however the minimum (20.4 kg kg<sup>-1</sup>) obtained from minimum plant density and maximum nitrogen. Generally it is suggested the 100 plant m<sup>-2</sup> density and 100 Kg ha<sup>-1</sup> nitrogen to produce high linseed yield quantity and also quality in Yasouj region.

**Keywords:** Linear relationship, oil percentage, protein percentage, seed mucilage, seed phosphorus.

\* Corresponding author E-mail: Movahhedi1354@yu.ac.ir

## مقدمه

کتان روغنی یکی از گیاهان روغنی و دارویی است که در سطح جهان از اهمیت خاصی برخوردار است و در سال‌های اخیر، در سطح جهانی به‌عنوان یکی از مفیدترین نباتات روغنی مورد توجه قرار گرفته است (Khajehpour, 2004). برای دستیابی به عملکرد خوب در ارقام زراعی، باید عناصر غذایی به مقدار بهینه مصرف شوند. در این میان، سهم کودهای نیتروژن نسبت به سایر کودها بیشتر است. برای تولید اقتصادی محصولات مختلف و تأمین نیاز کمی و کیفی غذای جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین استفاده از کودهای نیتروژن برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی مصرف نیتروژن، دارای اهمیت است (Houshmandfar *et al.*, 2008). نتایج پژوهشی نشان داده است که با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد دانه در کتان روغنی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد روغن به میزان ۹۳۹ کیلوگرم در هکتار، با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (Parhizkar Khajani *et al.*, 2012). همچنین در پژوهش دیگری، کاربرد ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن)، باعث افزایش عملکرد دانه کتان روغنی شد که علت این افزایش عملکرد را اثر نیتروژن روی رشد سبزینه‌ای گیاه و افزایش تولید ماده ذخیره‌ای، تعداد شاخه‌های فرعی، افزایش میزان باروری گل‌ها و تعداد کپسول که در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود، دانستند (Shokri, 2013). نتایج پژوهشی نشان داد که کود نیتروژن، باعث افزایش تعداد، وزن و عملکرد دانه‌ها در اسفرزه می‌شود و تعداد کیسه‌ها، کانال‌ها و سلول‌های تولیدکننده موسیلاژ را افزایش می‌دهد. همچنین نتیجه این پژوهش نشان داد که مصرف نیتروژن، به‌طور معنی‌داری درصد موسیلاژ را تحت تاثیر قرار داد، به‌طوری‌که مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث تولید بیشترین درصد موسیلاژ (۸/۹ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد (Vakili Shahrabaki & Baghizadeh., 2012).

تحریک رشد گیاه در نتیجه مصرف نیتروژن می‌تواند از

طریق افزایش توانایی گیاه در جذب فسفر، در نهایت منجر به افزایش میزان فسفر در گیاه به ازای واحد سطح شود (Sadeghi *et al.*, 2016). همچنین نتایج همین آزمایش نشان داد که با افزایش سطح مصرف کود اوره، جذب پتاسیم در دانه گیاه ختمی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین بیان شد که افزایش جذب پتاسیم در نتیجه کاربرد کود شیمیایی اوره می‌تواند ناشی از تحریک رشد رویشی گیاه در بخش هوایی و زیر زمینی و در نتیجه افزایش توانایی گیاه در جذب پتاسیم از خاک باشد. کارایی مصرف نیتروژن، متأثر از میزان نیتروژن مصرفی و سایر اصول زراعی است. نتایج پژوهشی روی سویا نشان داد که بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن، به‌ترتیب به مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تعلق داشت (Shaabani *et al.*, 2016).

انتخاب تراکم مطلوب گیاهان زراعی، به‌علت وجود رقابت بر سر منابع محیطی مشترک (آب، مواد غذایی و نور) و مسائلی از قبیل ساختار جامعه گیاهی، محیط رشد و برداشت گیاهان می‌باشد. در تراکم بوته کمتر از حد مطلوب، حداکثر عوامل محیطی همچون نور، رطوبت و مواد غذایی استفاده نمی‌شود و در تراکم بالاتر از حد بهینه نیز رقابت شدید، از عملکرد نهایی محصول خواهد کاست. طبق گزارشی، تراکم گیاه کتان روغنی، اثر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه نشان داد و بالاترین عملکرد دانه، از حداکثر تراکم (۱۰۰۰ بوته در مترمربع) به‌دست آمد. همچنین عملکرد دانه تولید شده در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع، نزدیک به دو برابر تراکم ۳۰۰ بوته و در تراکم ۱۰۰۰ بوته، بیش از دو برابر عملکرد در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع بود (Tadayon *et al.*, 2013). از آن‌جا که عملکرد دانه، تابعی از ارتفاع بوته و پارامترهای اجزای عملکرد از جمله تعداد بوته، شاخه-دهی و تعداد کپسول در واحد سطح است، بنابراین تراکم بالاتر بوته به دلیل تعداد بوته و کپسول بیشتر، عملکرد دانه بیشتری نسبت به تراکم‌های کمتر ایجاد کرده است.

با افزایش تراکم بوته یولاف وحشی نیز کارایی مصرف

از سبز شدن و استقرار یافتن بوته‌ها (بعد از به‌دست آمدن تراکم مطلوب بوته‌ها) و یک‌دوم باقی‌مانده به‌صورت سرک در مرحله رشد سریع ساقه (دو هفته بعد از اعمال مرحله اول) به زمین داده شد. اولین آبیاری بعد از کاشت صورت گرفت و آبیاری‌ها تا مرحله دو تا سه برگی، هر سه روز یک‌بار و پس از آن بر اساس نیاز گیاه، درجه حرارت و شرایط جوی، هر هفت تا ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. جهت پیش‌گیری از گسترش علف‌های هرز در طول دوره رشد رویشی، سه مرتبه وجین دستی صورت گرفت. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری درصد روغن از روش سوکسله استفاده شد (Johnson & Ulrich, 1959). عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. همچنین درصد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن دانه گیاه (اندازه‌گیری نیتروژن با استفاده از روش Novozamsky *et al.* (1974) انجام شد) در عدد  $6/25$  محاسبه شد (Bremner, 1996). کارایی مصرف نیتروژن (کارایی ناخالص مصرف نیتروژن) طبق رابطه پیشنهادی Fan *et al.* (2004) به صورت زیر محاسبه شد:

$$NUE = \frac{Wg}{NF}$$

که در آن،  $NUE$  = کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)،  $Wg$  = وزن دانه بر حسب کیلوگرم و  $Nf$  = مقدار نیتروژن مصرفی به صورت کود بر حسب کیلوگرم است.

جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، از هر کرت ده بوته (برای ارتفاع بوته در اواخر مرحله گل‌دهی و برای دیگر صفات در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری صفات انجام شد و میانگین ده بوته برای هر کرت در نظر گرفته شد. در پایان مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌های هر کرت از چهار ردیف میانی کاشت به طول دو متر برداشت شدند. بعد از خشک کردن آن‌ها در آون (به مدت ۴۸ ساعت دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد)، وزن کل بوته‌ها برای عملکرد زیستی اندازه‌گیری شد و عدد به‌دست آمده به واحد کیلوگرم بر هکتار تبدیل شد. برای عملکرد دانه نیز ابتدا کل کپسول‌های نمونه‌های مربوط به عملکرد زیستی و سپس دانه‌های کل کپسول‌ها جدا شدند.

نیتروژن آن افزایش یافته، زیرا قدرت جذب نیتروژن این گیاه با افزایش تراکم افزایش می‌یابد. این افزایش به‌ویژه در سطح کم نیتروژن که محدودیت و رقابت برای جذب آن محتمل‌تر است، بیشتر بوده است (Chamani Asghari *et al.*, 2011). گزارش تحقیقی روی زیره سبز نشان داد که تراکم بوته، تأثیر معنی‌داری بر جذب فسفر و پتاسیم داشت، به‌طوری‌که بیشترین غلظت فسفر و پتاسیم، به‌ترتیب در تراکم ۸۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (Ghaderi *et al.*, 2016). می‌توان چنین نتیجه گرفت که جذب فسفر و پتاسیم در تراکم پایین، بیشتر به دلیل رقابت کمتر در بین گیاهان برای به‌دست آوردن مواد غذایی مورد نیاز آن‌ها است که در پژوهشی بر روی آفتاب‌گردان نیز گزارش شده است (Mojiri *et al.*, 2003). با توجه به اقلیم خاص منطقه یاسوج و اهمیت توسعه کشت گیاه کتان روغنی در تناوب با سایر گیاهان زراعی و همچنین اهمیت تعیین میزان بهینه مصرف کود نیتروژن و تراکم بوته، آزمایش حاضر با هدف کلی دستیابی به بهترین میزان کود نیتروژن و تراکم بوته در واحد سطح، برای کسب حداکثر عملکرد کمی و کیفی کتان روغنی انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج واقع در چهار کیلومتری شهر یاسوج، مرکز بخش بويراحمد، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا انجام شد. میانگین سالانه دمای هوا در منطقه ۱۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه این شهر ۸۴۲/۶ میلی‌متر است. خاک محل آزمایش از نوع رسی لومی، با نیتروژن ۰/۰۴ درصد و اسیدیته ۷/۴ بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل فرعی شامل تراکم کشت (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع) بود. یک دوم نیتروژن بر اساس تیمارهای آزمایش از منبع اوره، بعد

سپس وزن دانه‌های هر کرت به‌طور جداگانه تعیین شد و عملکرد نهایی دانه‌ها در رطوبت ۱۰ درصد به‌دست آمد و سپس برای مقیاس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. مقادیر پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم-فتومتر و بر حسب میلی‌گرم برگرم، اندازه‌گیری شد و مقادیر ثبت شده به‌وسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد، تعدیل شدند و در نهایت میزان عنصر پتاسیم محاسبه شد. فسفر بذر به روش رنگ‌سنجی و با استفاده از رنگ زرد وانادات مولیبدات در طول موج ۴۲۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد و اندازه‌گیری میزان موسیلاژ دانه با روش Samsam Shariat (2007) انجام

گرفت.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین اثرات اصلی به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، پس از برش‌دهی اثر متقابل، میانگین‌ها با استفاده از رویه L.S.Means انجام شد.

### نتایج و بحث

برهم‌کنش نیتروژن و تراکم برای تمامی صفات به جز ارتفاع و تعداد دانه در کپسول معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر نیتروژن و تراکم بر اجزای عملکرد، عملکرد و صفات کیفی کتان روغنی  
Table 1. Variance analysis (mean squares) of the effects of nitrogen and density on yield, yield components and qualitative traits of linseed

Sources of variations	DF	Plant height	Number of capsules per plant	Number of seed per capsule	1000 seeds weight	Seed yield	Biological yield	harvest index	Seed protein content	Seed oil content	Seed oil yield	Seed mucilage content	Seed phosphorus content	Seed potassium content
Rep	2	2.62	0.68	0.65	0.27	9181	14381	25.08	0.04	2.67	46914	0.12	0.00006	0.003
Nitrogen	4	82.1**	79.83**	35.33**	0.19**	1151870**	5539533**	118.81**	99.19**	18.33**	117828**	7.74**	0.03**	1.30**
Error a	8	17.1	0.96	0.96	0.13	3283	8396	8.63	0.13	18.85	14605	0.07	0.00006	0.004
Density	2	15.1 <sup>ns</sup>	24.15**	9.22 <sup>ns</sup>	25.50**	2621459*	776974**	1717**	30.50	2.39 <sup>ns</sup>	284769	9.33**	0.01**	0.53**
Nitrogen × Density	8	4.90 <sup>ns</sup>	5.26**	3.46 <sup>ns</sup>	5.16**	177307**	63976**	187.57**	5.16**	2.47 <sup>ns</sup>	10822**	1.33**	0.001**	0.06**
Rep × Density	4	-	2.75 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	16258 <sup>ns</sup>	7017 <sup>ns</sup>	14.28 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	0.00002	0.006
Error b	16	14.1	0.70	0.48	0.1	2838	6729	3.89	0.10	4.51	7252	0.06	0.00005	0.003
C.V. (%)	-	7.34	12.48	15.52	8.55	3.87	3.87	5.14	1.27	5.34	11.66	4.08	2.68	2.97

ns, \* and \*\*: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively .

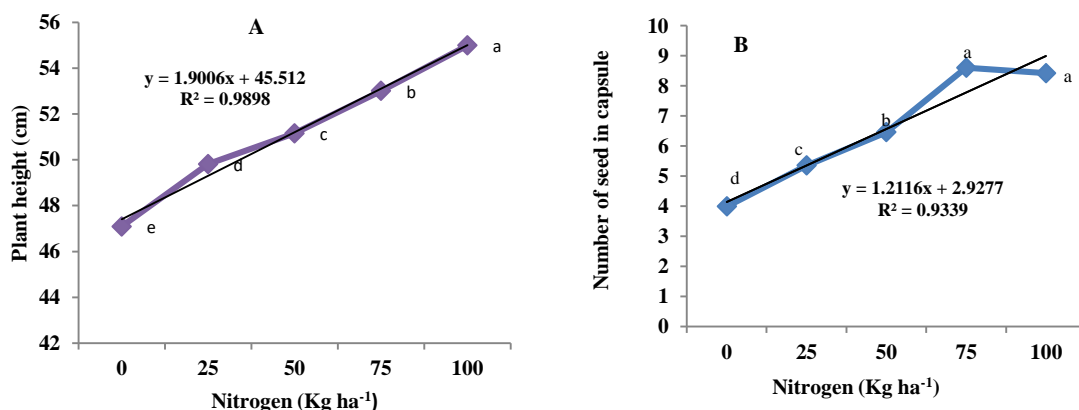
تقسیم و طولی شدن سلول‌های گیاهی می‌شود و فاصله میانگره‌ها را از هم زیاد می‌کند و از این طریق، موجب افزایش ارتفاع ساقه می‌شود؛ نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش Shokri (2013) مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته (۱۴۱/۶۴ عدد)، به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع تعلق داشت (شکل 1B)، درحالی‌که عدم کاربرد نیتروژن در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، کمترین تعداد کپسول در بوته (۱۸/۶۸ عدد) را به خود اختصاص داد. به‌طورکلی،

بیشترین میزان نیتروژن مصرفی، بیشترین ارتفاع (۵۵/۵ سانتی‌متر) را در پی داشت و کمترین ارتفاع (۴۷/۰۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل 1A). به‌طورکلی مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ارتفاع ساقه کتان روغنی را نسبت به شاهد، ۱۷/۸ درصد افزایش داد؛ در واقع مصرف نیتروژن، ارتفاع بوته را به‌طور خطی ( $r=0/9898$ ) افزایش داد و شیب این خط، ۱/۹ سانتی‌متر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در دامنه تغییرات منحنی بود. افزایش کود نیتروژن، سبب تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه و افزایش

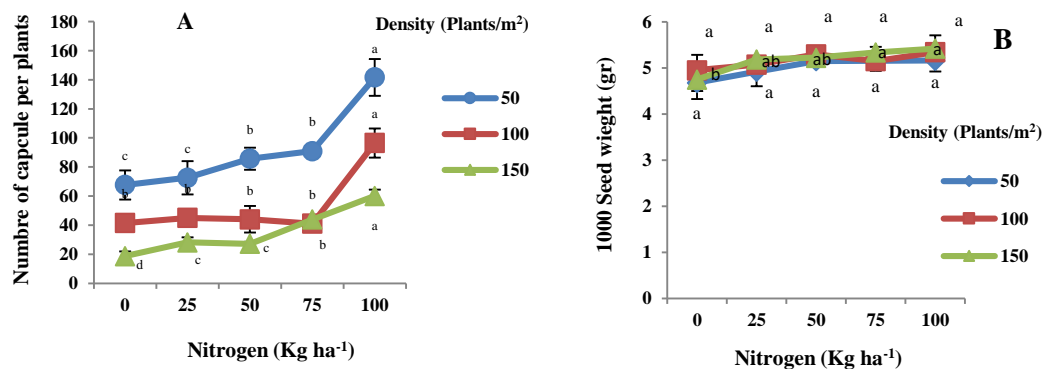
دارد، به طوری که در این پژوهش، با افزایش سطوح نیتروژن از ۳۰ به ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، تعداد کپسول در بوته کتان روغنی به طور معنی داری افزایش یافت. Mirik Mohammadi *et al* (2009) گزارش کردند که با افزایش تراکم، تعداد کپسول در بوته بزرگ کاهش یافت. در تراکم های کم، رشد رویشی به دلیل وجود فضای کافی، بیستراست و ماده خشک بیشتری برای شاخه زایی در اختیار گیاه قرار می گیرد.

بررسی روند تغییرات تعداد کپسول در بوته نشان داد که با افزایش نیتروژن، تعداد کپسول در هر سه تراکم افزایش یافت، اما هم تعداد کپسول و هم این افزایش در تراکم های پایین تر بیشتر بود. این افزایش را می توان به رشد سبزینه ای گیاه و افزایش تولید ماده ذخیره ای و تعداد شاخه های فرعی که در نهایت سبب افزایش تعداد کپسول در بوته می شود، نسبت داد؛ این نتایج با نتایج پژوهش Parhizkar-Khajani *et al.* (2012) مطابقت



شکل ۱- روند تغییرات و مقایسه میانگین اثر نیتروژن روی ارتفاع بوته (A) و تعداد دانه در کپسول (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون LSD می باشند.

Figure 1. Mean comparison and changes of the effects of nitrogen on *Linum usitatissimum* (L.) plant height (A) and number of seed per capsule (B). Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test.

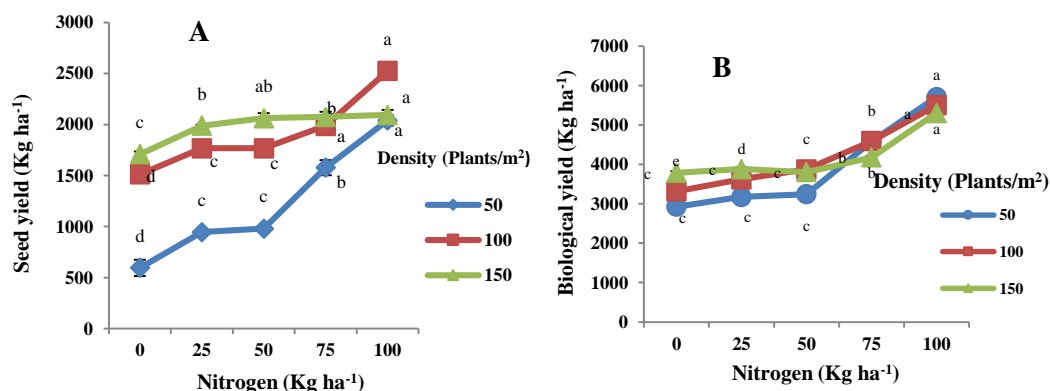


شکل ۲- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن و تراکم روی تعداد کپسول در بوته (A) و وزن هزار دانه (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می باشند. میله ها نشان دهنده خطای معیار می باشند.

Figure 2. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on the *Linum usitatissimum* (L.) number of capsule in plants (A) and 1000 seed weight (B). Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard error.

توانسته است تا حدی به افزایش وزن هزار دانه منجر شود. نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش‌های انجام شده روی کتان روغنی و کنجد مطابقت دارد (Sajadi Nik et al., 2013; Shokri, 2013) به‌طوری‌که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، باعث افزایش وزن هزاردانه در کتان روغنی و کنجد شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۵۲۵) کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع تعلق داشت (شکل 3A)، درحالی‌که تیمار شاهد در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، کمترین عملکرد دانه (۵۹۵) کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. بررسی روند تغییرات عملکرد دانه نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن، عملکرد دانه در هر سه تراکم افزایش یافته است، اما این افزایش در تراکم حدواسط نسبت به دو تراکم دیگر بیشتر بوده است.

همچنین در تراکم‌های کم، گل‌های بیشتری تبدیل به کپسول می‌شوند و در نهایت تعداد کپسول باقی‌مانده در زمان برداشت نیز بیشتر می‌شود. بین اثر سطوح نیتروژن در تراکم‌های ۵۰ و ۱۰۰ بوته در متر مربع بر وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 2B). نتایج نشان داد وزن هزار دانه در کنجد، بیشتر در کنترل عوامل ژنتیکی بود و شرایط محیطی آن را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shakeri et al., 2012). به‌طورکلی، بیشترین وزن هزار دانه (۵/۴ گرم) از بیشترین میزان نیتروژن مصرفی در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد و کمترین میزان آن (۴/۶ گرم) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در کمترین تراکم بود (شکل 2B). افزایش وزن هزار دانه، با توجه به افزایش طول دوره‌ی پر شدن دانه در اثر کاربرد منابع نیتروژن قابل توجهیه است. افزایش میزان مواد غذایی قابل دسترس گیاه به‌وسیله کاربرد کودهای شیمیایی



شکل ۳- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و تراکم روی عملکرد دانه (A) و عملکرد زیستی (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 3. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on the *Linum usitatissimum* (L.) seed yield (A) and Biological yield (B). Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard error.

کپسول و تعداد دانه در کپسول که در نهایت سبب افزایش عملکرد بذر می‌شود، نسبت داد. نتایج حاصل با نتایج برخی پژوهش‌ها مطابقت دارد که گزارش کردند، با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد دانه گیاه افزایش می‌یابد (Parhizkar-Khajani et al., 2012; Shakeri et al., 2012; Shokri, 2013). در تراکم‌های پایین،

به‌طورکلی با افزایش نیتروژن، تغییرات عملکرد در تراکم بالا چندان زیاد نبود، اما در تراکم پایین، افزایش نیتروژن، اثرات شدیدی بر عملکرد داشت. افزایش عملکرد دانه با افزایش مصرف کود نیتروژن در این آزمایش را می‌توان به رشد سبزینه‌ای گیاه و افزایش تولید ماده ذخیره‌ای، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد

(Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005).

اثر نیتروژن و تراکم و اثر برهمکنش نیتروژن و تراکم بر درصد روغن دانه معنی‌داری نبود (جدول ۱). محققین بر این باورند که درصد روغن، تحت کنترل عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر می‌کند. این نتیجه با نتایج پژوهش *Khajani et al. Parhizkar* (2012) روی گیاه کتان روغنی و *Shakeri et al.* (2012) روی گیاه کنجد مطابقت دارد. این محققین بیان کردند که افزودن کود نیتروژن و ورمی کمپوست، تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه ندارد.

بیشترین میزان پروتئین دانه (۳۳/۵ درصد)، در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل 4B) و کمترین میزان آن (۲۲/۱۲ درصد)، از تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) در بیشترین تراکم به‌دست آمد. به‌طور کلی روند تغییرات نشان می‌دهد که تقریباً در تمام سطوح نیتروژن، درصد پروتئین در تراکم پایین، بیشتر بود که احتمالاً این امر می‌تواند به دلیل کاهش سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و در نتیجه افزایش میزان نور نفوذ یافته به درون سایه‌انداز و بهبود احیای نیتروژن و چرخه اسیدهای آمینه، به علت افزایش در میزان آنزیم نیترات رودکتاز باشد (Graybill *et al.*, 1999). همچنین نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطح کاربرد نیتروژن مصرفی باعث افزایش میزان پروتئین دانه شد. افزایش درصد پروتئین دانه با افزایش میزان نیتروژن مصرفی را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با افزایش نیتروژن مصرفی، میزان جذب نیتروژن و تجمع آن در اندام‌های هوایی در مرحله گلدهی و انتقال مجدد آن به سمت دانه‌ها در مرحله رسیدگی افزایش پیدا می‌کند که مجموع این عوامل با افزایش درصد پروتئین دانه همراهند. دلیل دیگر بالا بودن پروتئین دانه در کاربرد نیتروژن را می‌توان جذب سریعتر نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و در نتیجه انتقال بیشتر آن به دانه بیان داشت (Bilsborrow *et al.*, 1993; Parhizkar-Khajani *et al.*, 2012).

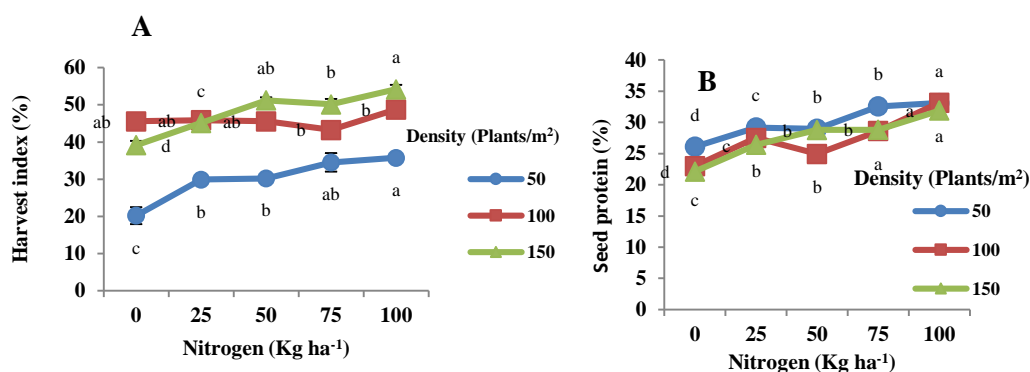
در بیشترین سطح نیتروژن و تراکم حدواسط، بیشترین عملکرد روغن دانه (۹۸۲/۱۰ کیلوگرم در هکتار)

عملکرد دانه به‌دلیل کاهش تعداد بوته در واحد سطح، در حد پایینی قرار دارد و افزایش نیتروژن، به‌دلیل محدودیت ظرفیت هر گیاه در استفاده از نیتروژن، تا حد معینی مؤثر است؛ در این صورت، نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی می‌ماند و از دسترس گیاه خارج می‌شود، اما با افزایش تراکم، حداکثر استفاده از منابع صورت می‌گیرد و بنابراین عملکرد دانه افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد زیستی (۵۷۰۹ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین عملکرد زیستی (۲۹۲۷ کیلوگرم در هکتار)، مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بود (شکل 3B). نتایج نشان داد که با افزایش نیتروژن، عملکرد زیستی افزایش یافت که افزایش کود نیتروژن، احتمالاً موجب توسعه پوشش گیاهی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، ارتفاع بیشتر و بر خورداری بهتر از تابش خورشیدی و افزایش تجمع ماده خشک می‌شود که عوامل موثری در افزایش عملکرد زیستی می‌باشند. این موضوع نشان‌دهنده درجه کودپذیری بالای گیاه کتان و توانایی استفاده از نیتروژن برای تولید بیشتر ماده خشک می‌باشد. (Sajadi Nik & Yadavi, 2013) نیز در آزمایش خود بر روی کنجد گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن از ۲۵ به ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، موجب افزایش ۱۹ درصدی عملکرد زیستی شد.

اثر متقابل بیشترین میزان نیتروژن مصرفی و بیشترین تراکم، بیشترین شاخص برداشت (۵۴/۱۹ درصد) را تولید کرد و از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در پایین‌ترین تراکم، کمترین میزان شاخص برداشت (۲۰/۲۱) به‌دست آمد (شکل 4A). بالا بودن شاخص برداشت در اثر افزایش نیتروژن مصرفی می‌تواند به دلیل افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی در این تیمارها باشد. در مطالعه حاضر، با افزایش تراکم، شاخص برداشت افزایش یافت. مطالعه پژوهشی بر روی کنجد نیز بیانگر آن است که اثر تراکم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود، به این صورت که با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۵۰ بوته در متر مربع، شاخص برداشت از ۱۵/۲۱ درصد به ۲۰/۹۵ درصد افزایش یافت

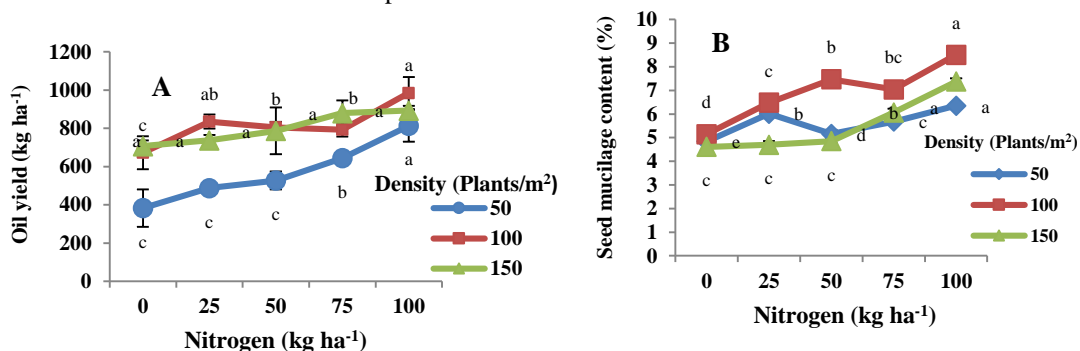
درصد روغن آن، مقدار روغن از نظر کمی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان بیان نمود که مصرف کود نیتروژن، اگرچه تأثیری بر درصد روغن نداشته است، اما چنانچه هدف، دستیابی به مقدار کل روغن در واحد سطح باشد، کاربرد این کود در مقادیر مطلوب ضروری می‌باشد.

به‌دست آمد و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در کمترین تراکم، کمترین عملکرد روغن دانه معادل (۴۸/۵۹) کیلوگرم در هکتار را داشت (شکل 5A). نتایج نشان داد که با مصرف کود نیتروژن، عملکرد روغن افزایش یافت. با توجه به این که عملکرد روغن، از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه به‌دست می‌آید، متناسب با افزایش عملکرد دانه و تقریباً ثابت بودن



شکل ۴- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن و تراکم بر شاخص برداشت (A) و پروتئین دانه (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 4. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on *Linum usitatissimum* (L.) harvest index (A) and seed protein (B) Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard errors.



شکل ۵- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن و تراکم روی عملکرد روغن دانه (A) و درصد موسیلاژ دانه (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 5. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on *Linum usitatissimum* (L.) oil yield (A) and seed mucilage content (B) of. Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard errors.

هکتار، با مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به‌دست آمد

مطالعه پژوهشی بر روی کتان روغنی بیانگر آن است که بیشترین عملکرد روغن به میزان ۹۳۹/۱۹ کیلوگرم در



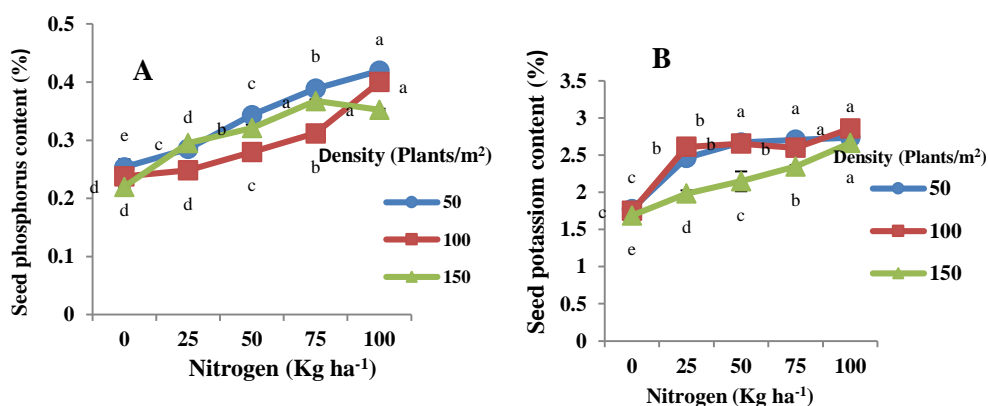
موسیلاژ را، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد، به‌طوری‌که مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث تولید بیشترین درصد موسیلاژ (۸/۹ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که درصد موسیلاژ دانه اسفرزه تحت تاثیر تراکم بوته قرار نگرفت (Dorri & Naseri, 2016).

بیشترین میزان فسفر دانه (۰/۴۱ درصد) به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع تعلق داشت و کمترین میزان فسفر دانه (۰/۲۲ درصد) از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد (شکل 6A). بررسی روند تغییرات محتوای فسفر دانه نشان داد که با افزایش نیتروژن، محتوای فسفر دانه در هر سه تراکم بوته افزایش یافت (البته بجز تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع که با افزایش نیتروژن از ۷۵ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت). Sadeghi *et al.* (2016) گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود اوره، درصد فسفر برگ، دانه و ریشه به‌طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت.

(Parhizkar-Khajani *et al.*, 2012). بنا بر گزارش Butkute *et al.* (2006) محتوای روغن دانه، تحت شرایط محیطی مختلف تغییر می‌کند؛ هر عاملی که منجر به افزایش عملکرد دانه شود، می‌تواند عملکرد روغن را نیز به‌طور غیرمستقیم ارتقاء دهد.

بیشترین درصد موسیلاژ دانه (معادل ۷/۴ درصد) در تیمار اثر متقابل بیشترین سطح نیتروژن و تراکم بوته حدواسط به‌دست آمد و اثر متقابل تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) و بیشترین تراکم، کمترین درصد موسیلاژ دانه (معادل ۴/۶۱ درصد) را به همراه داشت (شکل 5B). روند تغییرات نشان داد که با افزایش تراکم تا ۱۰۰ بوته در متر مربع، درصد موسیلاژ دانه افزایش یافت، اما با افزایش تراکم به ۱۵۰ بوته در متر مربع، درصد موسیلاژ روند کاهشی پیدا کرد.

گزارش شده است که کود نیتروژن باعث افزایش تعداد و وزن دانه‌ها در اسفرزه می‌شود و تعداد کیسه‌ها، کانال‌ها و سلول‌های تولید کننده موسیلاژ را افزایش می‌دهد (Vakili Shahrabaki *et al.*, 2012). همچنین نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مصرف نیتروژن درصد



شکل 6- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن و تراکم برای درصد فسفر دانه (A) و درصد پتاسیم دانه (B) کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. بارها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 6. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on *Linum usitatissimum* (L.) seed phosphorus (A) and seed potassium (B) contents. Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard error.

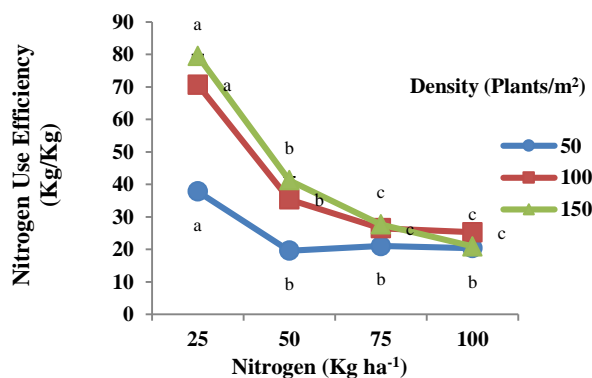
سبب افزایش میزان فسفر در گیاه به ازای واحد سطح شود.

تحریک رشد گیاه در نتیجه مصرف نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش توانایی گیاه در جذب فسفر، در نهایت

ختمی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش جذب پتاسیم در نتیجه کاربرد کود شیمیایی اوره می‌تواند ناشی از تحریک رشد رویشی گیاه در بخش هوایی و زیرزمینی و در نتیجه افزایش توانایی گیاه در جذب پتاسیم از خاک باشد.

نتایج نشان داد که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۷۹/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم)، در تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، مشاهده شد که با دیگر سطوح نیتروژن تفاوت معنی‌داری داشت و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در کمترین تراکم بوته، کمترین کارایی مصرف نیتروژن (۲۰/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) را به همراه داشت که با دیگر سطوح نیتروژن تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۷). شاخص کارایی مصرف نیتروژن در شرایط کاربرد حداقل کود نیتروژن نسبت به بیشینه مصرف کود نیتروژن، در حدود ۷۴ درصد افزایش داشت. نتایج تحقیقات Merajipour *et al.* (2013) بر روی گیاه زراعی گلرنگ نشان داد که کمترین کارایی مصرف نیتروژن در کمترین تراکم بوته به‌دست آمد.

بیشترین میزان پتاسیم دانه (۲/۸۵ درصد) در تیمار اثر متقابل ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع مشاهده شد که از نظر آماری با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع تفاوتی نداشت و کمترین میزان پتاسیم دانه (۱/۶۸ درصد) از تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد. محتوای پتاسیم دانه نشان می‌دهد که جذب پتاسیم در تراکم بوته بالا نسبت به دو تراکم دیگر، کاهش نشان یافته است؛ همچنین مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، پتاسیم دانه کتان روغنی را نسبت به شاهد، ۶۹/۶ درصد افزایش داد (شکل، 6B). بررسی روند تغییرات نشان می‌دهد که میزان جذب پتاسیم در دو تراکم ۵۰ و ۱۰۰ بوته به هم نزدیک شده است که علت آن را می‌توان چنین تفسیر کرد که در تراکم‌های بالا، رقابت بیشتری بین گیاهان برای به دست آوردن مواد غذایی مورد نیاز وجود دارد، بنابراین جذب عناصر کاهش می‌یابد. Sadeghi *et al.* (2016) گزارش کردند که با افزایش سطح مصرف کود اوره، جذب پتاسیم در دانه گیاه



شکل ۷- روند تغییرات و مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و تراکم برای کارایی مصرف نیتروژن کتان روغنی (رویه L.S.Means). حروف غیر مشترک، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 7. Mean comparison and changes of the interaction effects of nitrogen and density on *Linum usitatissimum* (L.) nitrogen use efficiency (NUE). Means followed by non-similar letter(s) are significantly different at 5% of probability Level, using least significant difference (LSD) test. Bars represent the standard error.

نیتروژن تعلق داشت (Shaabani *et al.*, 2016). نتایج Koocheki *et al.* (2013) بر روی گیاه کلزا نیز نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

بر اساس نتایج آزمایش انجام شده روی سویا، بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین آن به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود

پتاسیم دانه از کاربرد بیشترین میزان نیتروژن مصرفی و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع به دست آمد؛ بیشترین عملکرد دانه نیز در همین سطح نیتروژن و تراکم بوته تولید شد که نشان دهنده همبستگی بالای عملکرد دانه با عملکرد روغن می باشد. تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، بیشترین کارایی مصرف نیتروژن را در پی داشت که با دیگر سطوح نیتروژن، تفاوت معنی داری داشت و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود در کمترین تراکم بوته، کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به همراه داشت. به طور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده، بهترین تیمار برای دستیابی به حداکثر کارایی مصرف نیتروژن و نیز بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن که از جمله صفات اقتصادی در کتان روغنی هستند، به ترتیب ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع می باشد.

کاهش یافت و بیشترین کارایی مصرف نیتروژن مشاهده شده با ۲۱/۵۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک، از تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد.

### نتیجه گیری کلی

به طور کلی با توجه به نتایج می توان گفت که با افزایش نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع و اجزای عملکرد از جمله تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع به دست آمد. همچنین حداکثر عملکرد زیستی، از مصرف حداکثر نیتروژن و بالاترین تراکم بوته حاصل شد. در رابطه با شاخص برداشت نیز با افزایش تراکم و نیتروژن، میزان شاخص برداشت افزایش یافت. بیشترین میزان فسفر دانه با کاربرد بیشترین میزان نیتروژن مصرفی در پایین ترین تراکم بوته تولید شد. حداکثر عملکرد روغن، درصد موسیلاژ و

### REFERENES

1. Bilsborrow, P. E., Evans, E. L. & Zhano, F. J. (1993). The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate content of autumn sown oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 120 (2), 219-224.
2. Butkute, B., Sidlauskas, G. & Brazaukiene, I. (2006). Seed yield and quality of winter oilseed rape as affected by nitrogen rates, sowing time, and fungicide application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 2725- 2744.
3. Bremner, J. M. (1996). *Nitrogen total*. In: Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Chemical method. SSSA. Book Ser. SSSA and ASA, Madison, USA.
4. Chamani Asghari, T., Mahmoodi, S. & Rashed Mohassel, M. H. (2010). Effect of competition on nitrogen absorb and use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) at vegetative growth stage. *Electronic Journal of Crop Production*, 2 (3), 81-96. (In Persian).
5. Dorri, M. A. and Naseri, G. (2016). Seed and mucilage yield of *Plantago ovata* Forsk. in different densities under rainfed and dry farming conditions of Golestan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 5 (32), 833-843. (In Persian).
6. Fan, X., Lin, F. and Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of urea evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 853-865.
7. Graybill, J. S., Cox, W. J. and Otis, D. J. (1999). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date and plant density. *Agronomy Journal*, 83, 559-564.
8. Ghaderi, A., Moghaddam, M., Mehdizadeh, L. & Ebrahimi, H. (2016). The effects of different levels of nitrogen and plant density on nitrogen, phosphorus and potassium uptake, nitrogen use and uptake efficiency in cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruit. *Plant Production Technology*, 16 (2), 153-165. (In Persian).
9. Houshmandfar, A., Tehrani, M. M. & Delnavaz, H. B. (2008). THE Effects of different nitrogen levels on grain protein and the nitrogen use efficiency of wheat. *Journal of Plant and Ecosystem*, 15, 52-62. (In Persian).
10. Johnson, C. M. & Ulrich, A. (1959). Analytical methods for use in plant analysis. *California Agricultural Expansion Standard Bulletin*, 766, 52-78.
11. Khajehpour, M. R. (2004). *Industrial plants*. Isfahan University of Technology Press. (In Persian).

12. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R. and Mansouri, H. (2013). Optimization of water, nitrogen and density in canola cultivation by central composite design. *Journal of Agroecology*, 3(1), 1-16. (In Persian).
13. Merajipour, M. and Movahhedi Dehnavi, M. (2013). Effect of nitrogen and caycocel on the content, remobilization and nitrogen use efficiency of (*Carthamus tinctorius* L.) under different plant densities. *Journal of the Production and Processing of Garden Products*, 3(7), 11-22. (In Persian).
14. Mohammadi Mirik, A. A., Saeidi, G. & Rezai, A. (2009). Interaction effects of planting date with seeding rate on agronomic traits of different genotypes of flax. *Iranian Agricultural Researches*, 7(1), 219-228. (In Persian).
15. 19-Mojiri, A. and Arzani, A. (2003). Effect of nitrogen rate and plant density on yield and yield Components of sunflower. *Journal of Soil and Water Sciences*, 7(2), 115-125. (In Persian).
16. Novozamsky, I., van Eck, R., van Schouwenburg, J. C. & Walinga, I. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 22, 3-5.
17. Parhizkar-Khajani, F., Irannezhad, H., Amiri, R., Oraki, H. & Majidian, M. (2012). Effects of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on quantitative and qualitative characteristics of oil flax. *Electronic Journal of Crop Production*, 5 (1), 37-51. (In Persian).
18. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G. H., Nabati, J. & Mohammad Abadi, A. A. (2005). Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*. L). *Iranian Agricultural Researches*, 3(1), 57-68. (In Persian).
19. Sadeghi, A. A., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. & Seyyedi, S. M. (2016). The effects of vermicompost and urea fertilizers on nitrogen, phosphorus and potassium uptake in marshmallow (*Altheae officinalis* L.) organs. *Agronomy and Crop Breeding*, 9(28), 124-132. (In Persian)
20. Sajadi Nik, R. & Yadavi, A. R. (2013). Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phenological stages and grain yield of Sesame. *Electronic Journal of Crop Production*, 6(2), 73-99. (In Farsi).
21. Samsam Shariat, H. (2007). *Extraction of the active ingredient of medicinal plants and their identification and evaluation methods*. Isfahan, Mani Press.
22. Shaabani, S. and Movahhedi Dehnavi, M. (2016). Effect of different levels of nitrogen, bio-fertilizers and nano-nitrogen on yield and nitrogen use efficiency of soybean in Darab region. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(15), 709-720. (In Persian).
23. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A. & Modares Sanavi, S. A. M. (2012). Effects of chemical fertilizer and bio fertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varieties. *Journal of Agricultural Science*, 22(1), 71-85. (In Persian).
24. Shokri, M. (2013). *Effects of different sources of nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of (*Linum usitatissimum* L.)*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Yasouj University, Iran. (In Persian).
25. Tadayon, A., Torabiyani, S. H. & Tadayon, M. R. 2013. Effect of plant density on yield and quality of four commercial edible linseeds. *Journal of Agricultural Crops*, 15(1), 15-26. (In Persian).
26. Vakili Shahrababaki, S. M. and Baghizadeh, A. (2012). Effect of different treatments of nitrogen and distance of planting rows on content of mucilage and yield in *Plantago ovata* Forsk. *New Finding in Agriculture*, 1(7), 91-101. (In Persian).