



# به‌زرای کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۴۴۳-۴۵۲

مقاله پژوهشی:

## تأثیر مقادیر مختلف عناصر ازت، فسفر و پتاس بر پروفیل اسیدچرب، درصد روغن و عملکرد دانه

### کتان روغنی

کمال سادات اسیلان\*

دانشیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

### چکیده

به‌منظور بررسی اثر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر پروفیل اسیدهای چرب، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن گیاه کتان، رقم *Lirina* آزمایشی در سال ۱۳۹۸ به‌صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در هشتگرد، استان البرز اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی مقادیر نیتروژن خالص شامل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، مقادیر فسفر خالص شامل ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر) و مقادیر پتاسیم خالص ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاسیم) بود. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار اسید لینولنیک (۴۳/۹۹ درصد) و اسید لینولئیک (۱۷/۶۸ درصد) و اسید پالمیتیک (۶۷/۰۲ درصد) با کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر حاصل شد. بیش‌ترین مقدار اسید اولئیک (۲۷/۴۹ درصد) و اسید استئاریک (۵/۲۵ درصد) با مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. بالاترین عملکرد دانه در هکتار (۲۳۸۴/۲۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۹۳۹/۱۹) به‌ترتیب با مصرف ۹۰، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر حاصل شد. البته این ترکیب کودی اختلاف معنی‌دار آماری با ترکیب کودی ۹۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر نشان نداد. هم‌چنین براساس نتایج حاصل از این پژوهش درصد روغن تحت تأثیر مقادیر کودی قرار نگرفت.

**کلیدواژه‌ها:** اسید لینولنیک، تغذیه گیاهی، دانه‌های روغنی، سطوح کودی، عملکرد روغن.

## Influence of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium on the Profiles of Fatty Acids, Oil Content, and Yield of Flax

Kamal Sadat Asilan

Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: September 29, 2020

Accepted: March 9, 2021

### Abstract

In order to investigate the effect of nitrogen, phosphorus, and potassium elements on fatty acid profiles, oil percentage, grain yield, and flax seed oil, *Lirina* cultivar, a factorial experiment has been conducted during 2019, based on a randomized complete block design with three replications in Hashtgerd research farm, Alborz Province. It has employed a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications with the factors involving three levels of nitrogen fertilizers ( $N_1=30$ ,  $N_2=60$ , and  $N_3=90$  Kg.ha<sup>-1</sup>), three levels of phosphorus fertilizers ( $P_1=40$ ,  $P_2=80$ , and  $P_3=120$  Kg.ha<sup>-1</sup>), and three levels of potassium fertilizers ( $K_1=40$ ,  $K_2=80$ , and  $K_3=120$  Kg.ha<sup>-1</sup>). Result show that the highest amount of linolenic acid (43.99%), linoleic acid (17.68%), and palmitic acid (6.02%) have occurred in 30 kg. ha<sup>-1</sup> nitrogen and 40 kg.ha<sup>-1</sup> phosphorus. The highest amount of oleic acid (27.49%) and stearic acid (5.25%) belong to 30 kg.ha<sup>-1</sup> phosphorus. Based on the results, the highest amount of grain yield (2384 kg.ha<sup>-1</sup>) and oil yield (939 kg.ha<sup>-1</sup>) are recorded in 90 and 120 kg.ha<sup>-1</sup> nitrogen and phosphorus, respectively. Therefore, according to the results, different levels of fertilizer on percentage of oil has had no significant effect.

**Keywords:** Fertilizer levels, Linoleic acid, oilseeds, oil yield, Plant nutrition.

## ۱. مقدمه

سطح زیر کشت این محصول در دنیا ۲/۶۲ میلیون هکتار و تولید آن ۲/۵۶ میلیون تن بوده است. میزان تولید در ایران ۱/۱ هزار هکتار و تولید آن ۸۳۷ تن پیش‌بینی شده است (Rajabi Khamsch & Danesh Shahraki, 2020).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد افزایش تولیدات غذایی به‌واسطه استفاده از کودهای شیمیایی است. در این میان سهم کودهای نیتروژن نسبت به سایر کودها بیش‌تر است (Kyj et al., 2019). با این وجود چنانچه نیتروژن به‌مقدار زیاد (بیش از اندازه موردنیاز) در مزرعه کتان مصرف شود، ورس به‌وجود می‌آورد. بنابراین یکی از راه‌های افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دانه‌روغنی، اعمال مدیریت‌های زراعی از جمله مصرف بهینه عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (Yan et al., 2020). در پژوهشی با بررسی سطوح مختلف نیتروژن شامل (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد دانه و روغن گیاه کتان روغنی گزارش شد که با افزایش سطوح نیتروژن، درصد اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک، استئاریک و پالمیتیک در کتان کاهش یافت، اما تعداد کپسول در بوته، تعداد کپسول در متر مربع، عملکرد دانه، وزن دانه در بوته این گیاه افزایش یافت. بالاترین میزان برداشت محصول کتان نیز در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن حاصل شد و به‌طورکلی مقادیر بالای استفاده از نیتروژن سبب افزایش تعداد شاخه در کتان شدند اما اثر معنی‌داری بر درصد روغن این گیاه نداشتند، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد روغن دانه کتان در تیمار شاهد (استفاده نکردن از کود نیتروژن) حاصل شد (Sepahvand et al., 2019).

فسفر در تغذیه گیاه پس از نیتروژن در رتبه دوم اهمیت قرار گرفته است. این در حالی است که به‌طور معمول قسمت عمده‌ای از کودهای فسفره در نتیجه سازوکارهای مختلف از جمله فرایند تثبیت این عنصر، توسط گیاه قابل جذب نیست بنابراین کاربرد میزان بهینه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند، به‌طوری‌که روغن‌های استحصال‌شده از گیاهان، با تولید کالری بیش از دو برابر در واحد وزن نقش مهمی را در تغذیه انسان ایفا می‌کنند (Ortiz et al., 2020). این روغن‌ها، اسیدهای چربی را به‌همراه دارند که سیستم متابولیسمی انسان قادر به بیوسنتز آن‌ها نبوده و از این نظر جزو اسیدهای چرب ضروری می‌باشند. از طرف دیگر با داشتن گروهی از ویتامین‌ها (A, B, E و K)، جذب سایر عناصر حیاتی را امکان‌پذیر می‌نمایند (Singh et al., 2020). این در حالی است که براساس آمارهای موجود بیش از ۹۵ درصد روغن موردنیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود (Raziei et al., 2018). بنابراین با توجه به نیاز فزاینده کشور به روغن‌های خوراکی، شناسایی گیاهان دارای ترکیبات اسید چرب مناسب که حائز توانایی رشد در شرایط آب‌وهوایی کشور باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. گیاه کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) گیاهی است یک‌ساله، دولپه و خودگرد افشان که از آن در صنایع مختلف استفاده می‌شود (Wei et al., 2020).

دانه‌های کتان محتوی ترکیبات و اجزای فعال زیستی شامل اسید لینولئیک، لیگنان‌ها، امگا۳ و دیگر ترکیبات ضروری می‌باشند که سبب کاهش سرعت تشکیل کلون‌های سرطانی می‌شوند (Chao-Khun et al., 2020). این اسیدهای چرب غیراشباع چنگدانه، برای انسان ضروری بوده و بایستی از چربی‌ها و روغن‌های موجود در غذا به‌دست آیند، چرا که بدن انسان قادر به ساختن آن‌ها نیست (Silska, 2017). این گیاه علاوه بر دارابودن ذخایر غنی اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند به‌نحوی‌که میزان روغن کتان روغنی بین ۳۰ تا ۴۸ درصد متفاوت است و میزان پروتئین دانه کتان بین ۲۹ تا ۴۴ درصد می‌باشد (Singh et al., 2020). در سال ۲۰۱۶

فسفر و پتاس بر پروفیل اسیدهای چرب، درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد روغن گیاه کتان و همچنین تعیین میزان بهینه این کودها جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی این گیاه روغنی بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاس روی برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کتان روغنی رقم *Lirina*، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ به صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات کشاورزی کرج، استان البرز اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح نیتروژن ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص)، سه سطح کود فسفر ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر خالص) و سه سطح کود پتاسیم ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص از منبع (سولفات پتاسیم ۵۰ درصد) بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. تمام کود فسفر و پتاسیم و نیمی از کود نیتروژن قبل از کاشت و باقی‌مانده کود نیتروژن نیز به صورت سرک قبل از شروع پنجه‌دهی مصرف گردید. هر کرت آزمایشی دارای شش خط به طول ۲ متر و با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت برای سایر تیمارها یکسان و هشتم اردیبهشت‌ماه بود، عملیات برداشت نیز در تاریخ ۲۰ مردادماه و با دست صورت گرفت. برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف حاشیه‌ها از مساحت ۱/۵ مترمربع از هر کرت نمونه‌گیری به عمل آمد. به منظور اندازه‌گیری و استخراج روغن ابتدا دانه‌ها آسیاب شد. پودر دانه‌ها با استفاده از روش سوکسله (دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حلال دی اتیل اتر خشک)

فسفر در حصول عملکرد مطلوب گیاهان دانه روغنی از اهمیت بالایی برخوردار است (Alori et al., 2017).

Yaping et al. (2020) با بررسی سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر (شامل صفر، ۳۵ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل گزارش کردند که کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر، از طریق بالا بردن جذب فسفر در زمان گلدهی، احتمالاً باعث افزایش گرده‌افشانی در کتان روغنی شده و با توجه به نقش مهم فسفر در تشکیل دانه، موجب افزایش عملکرد دانه و روغن آن شده است، اما تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه این گیاه نداشته است. این پژوهش‌گران همچنین عنوان کردند که فسفر، جذب نور را به مقدار معنی‌داری در این گیاه افزایش داد و از طریق افزایش سطح ویژه و شاخص سطح برگ موجب افزایش فتوسنتز، افزایش وزن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد و روغن دانه کتان شد.

در مورد پتاسیم نیز گزارش شده است که این عنصر در فتوسنتز، سنتز پروتئین، کنترل تعادل یون‌ها، تنظیم روزنه گیاه و استفاده آب و فعالیت آنزیم‌های گیاهی نقش حیاتی دارد. پتاسیم سرعت فتوسنتز برگ‌های گیاه، جذب دی‌اکسید کربن و تسهیل انتقال کربن را افزایش می‌دهد (Nayak et al., 2020). همچنین گزارش شده است که برای به حداکثر رساندن عملکرد دانه کتان روغنی، تأمین پتاسیم کافی در اوایل گلدهی اهمیت دارد، همچنین هنگامی که پتاسیم تا اواخر مرحله رشد مصرف شود، غلظت آن در اندام هوایی گیاه افزایش می‌یابد و این موضوع (افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی) به حاصل شدن حداکثر عملکرد دانه و روغن در گیاه کتان روغنی کمک می‌کند (Nayak et al., 2020). با توجه به مطالب ذکر شده به نظر می‌رسد که یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد در گیاه کتان، چه از نظر کمی و کیفی استفاده بهینه از عناصر غذایی می‌باشد. بر این اساس هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر مقادیر مختلف عناصر نیتروژن،

جداگانه مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژنه در ازای مصرف کود فسفره و پتاسه در این آزمایش بررسی شد، به طوری که بیشترین درصد اسید لینولنیک با میانگین ۴۳/۱۰ درصد و اسید لینولنیک با میانگین ۱۷/۶۸ درصد و اسید اولئیک با میانگین ۲۷/۴۹ درصد و اسید پالمیتیک با میانگین ۶/۰۲ درصد و اسید استارنیک با میانگین ۵/۲۵ درصد در اثر مصرف ۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد (جدول ۳). کمترین درصد اسید لینولنیک با میانگین ۴۱/۶۸ درصد و اسید لینولنیک با میانگین ۱۶/۰۲ درصد و اسید اولئیک با میانگین ۲۵/۶۹ درصد و اسید پالمیتیک با میانگین ۴/۹۲ درصد و اسید استارنیک با میانگین ۴/۵۲ درصد در اثر مصرف ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آمد (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار کود اوره از میزان تمامی اسیدهای چرب ارزیابی شده در کتان (شامل اسید لینولنیک، اسید لینولنیک، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استارنیک) کاسته شده است.

نتایج این پژوهش هم‌چنین نشان داد که اثرات جداگانه مقادیر مختلف کود سوپرفسفات‌تریپل در ازای مقادیر مختلف اوره و سولفات پتاسیم نیز بر اسیدلینولنیک و اسید لینولنیک و اسید پالمیتیک تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). به گونه‌ای بیشترین درصد اسید لینولنیک با میانگین ۴۲/۹۰ درصد و اسید لینولنیک با میانگین ۱۶/۵۹ درصد و اسید پالمیتیک با میانگین ۵/۶۵ درصد که با مصرف ۴۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار نسبت به سایر مقادیر کودی برخوردار بود (جدول ۳). کمترین درصد اسید لینولنیک با میانگین ۴۲/۲۳ درصد و اسید لینولنیک با میانگین ۱۶/۶۱ درصد و اسید پالمیتیک با میانگین ۵/۲۷ درصد که با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

روغن‌گیری شد. حلال موجود در روغن استخراج‌شده با استفاده از آن تحت شرایط خلأ در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد جداسازی شد. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه در هکتار محاسبه شد (Goksoy et al., 2004). برای اندازه‌گیری پروفیل اسیدهای چرب دانه کتان، استرهای متیلی اسید چرب، قبل از آنالیز توسط گاز کروماتوگراف، با استفاده از روش Bading & De-Jong (1983) تهیه شد. به ازای هر ۱۰۰ میلی‌گرم چربی از ۶ میلی‌لیتر هگزان و ۰/۰۶ میلی‌لیتر متوکسید سدیم (محلول ۲ مولار در متانول) استفاده شد. مخلوط حاصل در دمای اتاق و به مدت یک دقیقه به شدت هم‌زده شد و سپس سانتریفوژ (۱۵۰۰ دور در دقیقه) شد. لایه رویی توسط یک میکروسرنگ تمیز جدا سازی و توسط صافی (میکروپور، ۰/۲۲ میکرومتر) داخل میکروتیوپ صاف و تا زمان تزریق به دستگاه Gas Chromatograph (مدل Agilant 7890B) ساخت کشور آمریکا) نگهداری شد. تزریق استرهای متیلی ماده استاندارد و نمونه براساس روش نرمالیزاسیون و استاندارد خارجی انجام گرفت. در این آزمایش برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. پروفیل اسیدهای چرب

تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف کود اوره اثر معنی‌دار بر پروفیل اسیدهای چرب کتان داشت (جدول ۲). در صورتی که مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم اثر معنی‌داری بر این صفت نشان نداد (جدول ۲). اثرات

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (mg/kg)	ماده آلی (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (ds.m <sup>-1</sup> )	بافت خاک	عمق خاک (cm)
۲۴۰	۷	۶/۳	۰/۳	۷/۴	۱/۵	لومی	0-30

۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری در محتوای روغن مشاهده نشد، ولی مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین کاهش درصد روغن را به‌خود اختصاص داد. با وجود اثر منفی مصرف نیتروژن بر درصد روغن دانه، با افزایش مصرف کود عملکرد روغن افزایش یافت و بالاترین مقدار آن از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (Rastgoo *et al.*, 2016). به‌طورکلی گزارش شده است که با افزایش مقدار نیتروژن در محیط رشد گیاهان روغنی، پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیش‌تر شده و بنابراین تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی افزایش یافته و مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل هدایت کربن کاهش خواهد یافت (Nayak *et al.*, 2020). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که سطوح بالاتر نیتروژن از طریق افزایش اجزای عملکرد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در کتان شده و این موضوع افزایش عملکرد روغن دانه را در پی داشته است.

Taddese & Tenaye (2018) گزارش کردند که تعداد کیسول در گیاه، تعداد دانه در کیسول و در نتیجه عملکرد دانه کتان با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت، درحالی‌که درصد روغن دانه کتان با میزان کاربرد نیتروژن همبستگی منفی نشان داد. با این وجود عملکرد روغن خام با مصرف کود (نیتروژن)، بیش‌ترین افزایش را نشان داد. در پژوهشی دیگر (Sepahvand *et al.*, 2019) گزارش کردند که با مصرف کود شیمیایی نیتروژن، میزان ماده خشک (زیست‌توده) و عملکرد دانه کتان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. که این موضوع (افزایش عملکرد دانه کتان تحت تأثیر کود شیمیایی نیتروژن)، در نتیجه تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش تعداد کیسول و وزن دانه در کتان بوده است. این پژوهش‌گران هم‌چنین اظهار کردند که افزایش عملکرد روغن کتان فقط ناشی از افزایش عملکرد دانه این گیاه بوده، درحالی‌که واکنش غلظت روغن به سطوح بالای نیتروژن بسیار اندک بود (معنی‌دار نبود). در مورد سایر گیاهان دانه‌روغنی از جمله گلرنگ نیز گزارش شده است که بین سطوح کودی ۵۰، ۱۰۰ و

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی صفات کمی و کیفی کتان روغنی تحت تأثیر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسید لینولنیک	اسید لینولئیک	اسید اولئیک	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	درصد روغن	عملکرد روغن	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۵۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۴۲ <sup>n.s.</sup>	۱/۰۴ <sup>**</sup>	۰/۰۰۲ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۶ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۲ <sup>n.s.</sup>	۴۶۷/۰۵ <sup>n.s.</sup>	۳۸۳/۱۱ <sup>n.s.</sup>
نیتروژن	۲	۱۴/۳۸ <sup>**</sup>	۱۸/۶۱ <sup>**</sup>	۲۲/۰۸ <sup>**</sup>	۸/۳۵ <sup>**</sup>	۳/۶۲ <sup>**</sup>	۰/۳۱ <sup>n.s.</sup>	۱۸۶۰۰۶/۱۳ <sup>**</sup>	۱۱۸۷۹۰۵۲/۳۱ <sup>**</sup>
فسفر	۲	۳/۵۵ <sup>**</sup>	۱/۰۲ <sup>*</sup>	۰/۴۵ <sup>n.s.</sup>	۱/۳۵ <sup>**</sup>	۰/۳۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۱ <sup>n.s.</sup>	۱۱۸۷۹۱/۰۹ <sup>**</sup>	۷۷۸۵۵۰/۳۹ <sup>**</sup>
پتاسیم	۲	۰/۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۶ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۳ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۴ <sup>n.s.</sup>	۱۸۷۶/۱۸ <sup>*</sup>	۱۱۵۳۴۴/۶۱ <sup>**</sup>
نیتروژن × فسفر	۴	۳/۷۶ <sup>**</sup>	۰/۶۶ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۲ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۴۳ <sup>n.s.</sup>	۸۳۱۵/۲۲ <sup>**</sup>	۴۶۲۱۴/۲۲ <sup>**</sup>
نیتروژن × پتاسیم	۴	۰/۰۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۳ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۳ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۲ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۵ <sup>n.s.</sup>	۵۵۴/۲۴ <sup>n.s.</sup>	۳۷۸۴/۵۴ <sup>n.s.</sup>
پتاسیم × فسفر	۴	۱/۰۸ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۵ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۱ <sup>n.s.</sup>	۶۳۱۹/۱۴ <sup>**</sup>	۳۵۲۶۴/۲۲ <sup>**</sup>
نیتروژن × فسفر × پتاسیم	۸	۰/۳۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۶ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۲ <sup>n.s.</sup>	۱۰۶/۴۵ <sup>n.s.</sup>	۱۲۱۸/۰۴ <sup>n.s.</sup>
خطا	۵۲	۰/۶۲	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۸۵	۰/۱۲	۰/۰۲	۱۳۸۴	۸۳۲۴
ضریب تغییرات (درصد)	--	۱/۸۵	۳/۱۱	۱/۶۷	۸/۳۸	۶/۶۱	۱/۱۲	۵/۵۹	۵/۴

ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

\*, \*\*, #: P و K به‌ترتیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی کتان روغنی تحت تأثیر مقادیر مختلف کود های نیتروژن، فسفر و پتاس

تیمارها	اسید لینولنیک	اسید لینولئیک	اسید اولئیک	اسید پالمیتیک	اسید استارئیک	درصد روغن	عملکرد روغن	عملکرد دانه
۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن (N <sub>1</sub> )	۴۳/۱۲ a	۱۷/۶۹ a	۲۷/۵۱ a	۶/۰۲ a	۵/۳۲ a	۳۹/۳۱ a	۳۸۴/۳۲ c	۹۷۹/۸۳ c
۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن (N <sub>2</sub> )	۴۲/۷۲ a	۱۶/۸۱ b	۲۶/۴۹ b	۵/۶۷ b	۴/۸۱ b	۳۹/۵۴ a	۷۰۷/۱۲ b	۱۷۹۱/۸۴ b
۹۰ کیلوگرم کود نیتروژن (N <sub>3</sub> )	۴۱/۷۱ b	۱۶/۰۱ c	۲۵/۶۸ c	۴/۲۲ c	۴/۴۸۲ c	۳۹/۵۲ a	۹۰۴/۲۸ a	۲۲۹۰/۶۴ a
۴۰ کیلوگرم کود فسفر (P <sub>1</sub> )	۴۲/۹۳ a	۱۷/۰۱ a	۲۶/۶۱ a	۵/۷۱ a	۵/۰۱ a	۳۹/۳۱ a	۵۷۹/۱۸ c	۱۵۱۱/۷۸ c
۸۰ کیلوگرم کود فسفر (P <sub>2</sub> )	۴۲/۳۱ b	۱۶/۹۹ a	۲۶/۵۸ a	۶/۷۴ a	۴/۹۱ ab	۳۹/۴۲ a	۶۶۸/۸۵ b	۱۶۹۶/۶۴ b
۱۲۰ کیلوگرم کود فسفر (P <sub>3</sub> )	۴۲/۱۹ b	۱۶/۵۹ b	۲۶/۴۱ a	۶/۳۲ a	۴/۸۱ b	۳۹/۴۴ a	۷۲۹/۶۲ a	۱۸۵۰/۹۷ a
۴۰ کیلوگرم کود پتاسیم (K <sub>1</sub> )	۴۲/۶۱ a	۱۶/۸۱ a	۲۶/۵۴ a	۵/۶۳ a	۵/۰۳ a	۳۹/۴۷ a	۶۳۴/۸۹ b	۱۶۱۱/۵۳ b
۸۰ کیلوگرم کود پتاسیم (K <sub>2</sub> )	۴۲/۴۳ a	۱۶/۹۲ a	۲۶/۳۳ a	۵/۵۵ a	۴/۹۲ ab	۳۹/۴۸ a	۶۷۸/۴۴ a	۱۷۳۱/۴۴ a
۱۲۰ کیلوگرم کود پتاسیم (K <sub>3</sub> )	۴۲/۶۳ a	۱۶/۸۱ a	۲۶/۶۲ a	۵/۴۷ a	۴/۸۱ b	۳۹/۵۲ a	۶۸۲/۵۱ a	۱۷۱۶/۶۹ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری ندارند. P و K به ترتیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد.

### ۲.۳. درصد روغن و عملکرد دانه

نتایج نشان داد که از لحاظ عملکرد روغن در هکتار بین مقادیر مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس و برهم‌کنش نیتروژن × فسفر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، اما درصد روغن تحت تأثیر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس قرار نگرفت (جدول ۲)، که این نتیجه با نتایج *Yaping et al.* (2020) مطابقت داشت. نتایج برهم‌کنش نیتروژن × فسفر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد روغن به مقدار ۹۳۹/۱۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد، لازم به ذکر است که بین مقادیر کودی ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). این در حالی است که کم‌ترین عملکرد روغن به ترتیب با مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. نتایج حاصل برای عملکرد روغن نشان داد که با مصرف کودهای نیتروژن، فسفر عملکرد روغن افزایش پیدا نمود با توجه به این‌که

عملکرد روغن در هکتار از حاصل ضرب عملکرد دانه در هکتار در درصد روغن دانه به دست می‌آید، متناسب با افزایش عملکرد دانه و تقریباً ثابت بودن درصد روغن عملکرد روغن از نظر کمی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان بیان نمود مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس اگرچه تأثیری بر درصد روغن نداشته‌اند، ولی چنانچه هدف دستیابی به مقدار کل روغن در واحد سطح باشد کاربرد این کودها در مقادیر مطلوب ضروری می‌باشد (جدول‌های ۳ و ۴). در آزمایش *Zhang et al.* (2020) بر ویژگی‌های گیاه کتان ملاحظه شد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در مقایسه با ۹۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، باعث افزایش معنی‌دار در تعداد کپسول در مترمربع، تعداد دانه در کپسول و وزن خشک دانه‌های کتان شد. هم‌چنین مصرف بالای نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) رابطه مستقیمی با افزایش پروتئین دانه داشته و این موضوع درصد روغن دانه کتان را کاهش داده است *Leilah et al.* (2018) با بررسی اثر کاربرد مجزا و تلفیقی کودهای نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های کیفی و

بیشترین عملکرد دانه در هکتار در اثر مصرف ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۲۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار با میانگین ۲۳۸۴/۲۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۴). کمترین عملکرد دانه در هکتار در اثر مصرف ۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار با میانگین ۷۳۴/۰۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات برهم کنش نیتروژن × فسفر بر برخی صفات کمی و کیفی کتان روغنی تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس

تیمارها (Kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد روغن (Kg.ha <sup>-1</sup> )	اسید لینولنیک (%)	عملکرد دانه (Kg.ha <sup>-1</sup> )
N1P1	۲۶۸/۴۸ h	۴۳/۹۹ a	۷۳۴/۰۴ i
N1P2	۳۸۶/۶۱ g	۴۲/۴۵ b	۹۸۲/۷۲ i
N1P3	۴۷۹/۸۰ f	۴۲/۸۶ b	۱۲۱۳/۶۰ g
N2P1	۶۳۷/۷۱ e	۴۲/۲۹ b	۱۶۱۰/۹۸ g
N2P2	۷۱۳/۷۰ d	۴۳/۰۲ b	۱۸۰۹/۳۱ e
N2P3	۷۶۹/۹۸ c	۴۲/۷۴ b	۱۹۵۵/۰۸ d
N3P1	۸۶۷/۱۴ b	۴۲/۴۳ b	۲۱۹۰/۴۰ c
N3P2	۹۰۶/۲۷ a	۴۱/۵۲ c	۲۲۹۷/۷۰ b
N3P3	۹۳۹/۱۹ a	۴۱/۰۹ c	۲۳۸۴/۱۲ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری ندارند. N، P و K به ترتیب نشانگر سطوح نیتروژن (۳۰، ۶۰ و ۹۰)، فسفر (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰) و پتاسیم (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰) می‌باشد.

به‌طورکلی، افزایش کاربرد نیتروژن به دلیل افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده موجب افزایش جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و مریستم جانبی می‌شود و در نتیجه مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم انتهایی و مریستم جانبی و افزایش تولید شاخه‌های جانبی در سطح بالای نیتروژن می‌شود (Aman et al., 2019).

عملکرد دانه کتان گزارش کردند که تیمارهای حاوی نیتروژن بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های رویشی گیاه (ارتفاع گیاه، سطح برگ و تعداد دانه در گیاه) داشتند، اما کاربرد سطوح بالای فسفر از طریق افزایش دادن وزن هزار دانه، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن کتان شده و روغن دانه را نیز در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد تیمارهای کودی) حدود ۶ درصد افزایش داد. در پژوهش دیگری تأثیر کود شیمیایی فسفره بر اسیدهای چرب و عملکرد دانه کتان معنی‌دار گزارش شد (Akram Othman et al., 2014). در مورد پتاسیم نیز گزارش شده که کاربرد سطوح پایین این عنصر (۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)، از طریق افزایش سنتز کربوهیدرات‌های فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد دانه کتان شده و عملکرد روغن این گیاه را نیز افزایش داده است، درحالی‌که کاربرد ۶۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم علی‌رغم افزایش عملکرد روغن، درصد روغن دانه گیاه را کاهش داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد درصد روغن دانه در کتان بیش‌تر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی افزایش می‌یابد، اما عملکرد روغن گیاه تحت تأثیر عوامل افزایش‌دهنده عملکرد دانه افزایش یافته است و کودهای به‌کاربرده شده در پژوهش توانسته‌اند با تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد دانه کتان، میزان ماده خشک، عملکرد دانه و در نتیجه عملکرد روغن گیاه را افزایش دهند.

تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقادیر مختلف کود اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اثر برهم‌کنش مقادیر مختلف کود اوره و سوپر فسفات تریپل بر عملکرد دانه کتان معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده مصرف ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌همراه مقادیر مختلف کود سوپر فسفات تریپل (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) از عملکرد دانه در هکتار بالاتری نسبت به سایر تیمارها بر خوردار است (جدول ۴).

از طرفی نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود، در داخل گیاه توسط جریان احیا به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین تبدیل می‌شود و نقش خود را در فیزیولوژی گیاه ایفا می‌کند و عناصر جذب شده صرف رشد رویشی و افزایش اجزای عملکرد دانه شده و مازاد آن‌ها به شکل پروتئین و کربوهیدرات در دانه تجمع می‌یابد (Yan et al., 2019). در مورد فسفر نیز گزارش شده که این عنصر نقش کلیدی در فتوسنتز و پرشدن دانه‌ها دارد و از این رو سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. از طرفی با توجه به نقشی که فسفر در تحریک رشد رویشی و تشکیل دانه در گیاه ایفا می‌کند (Ricciardi et al., 2019)، باعث افزایش تعداد دانه در گیاه می‌شود. همچنین اسید ایندول استیک و سیتوکینین نیز که توسط کودهای زیستی فسفره تولید می‌شوند، از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های رویشی از جمله تعداد دانه در خوشه می‌شود (Borges et al., 2020). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد که نیتروژن و فسفر به دلیل وظایفی که در فرایندهای حیاتی گیاه دارند، نقش اساسی در افزایش اجزای عملکرد و دستیابی به عملکرد دانه کتان ایفا کرده‌اند.

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج در مجموع نشان داد که کم‌ترین درصد اسیدهای چرب ارزیابی شده در اثر مصرف سطوح بالای نیتروژن (۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به دست آمد به عبارت دیگر، با افزایش مقدار کود نیتروژن از میزان اسیدهای چرب کتان کاسته شده است. درحالی که بیش‌ترین عملکرد روغن به مقدار ۹۳۹/۱۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد و بین سطوح کودی ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین، از آنجایی که

افزایش مصرف کود فسفره نیز به واسطه افزایش قدرت زایشی گیاه، تعداد گل‌ها و تولید بذر بیش‌تر موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Heshmati et al., 2016). همچنین می‌توان گفت که فسفر از عناصر ضروری غذایی است که باعث ذخیره و انتقال انرژی شیمیایی در گیاه، تسریع در رشد و رسیدگی محصول و افزایش گلدهی می‌شود، به همین دلیل تأثیر مستقیمی بر عملکرد دانه گیاه کتان دارد و وجود آن به مقدار کافی برای بالابردن عملکرد دانه، ضروری می‌باشد (Duan et al., 2020).

به گزارش Dong et al. (2020) کاربرد میزان توصیه شده کود شیمیایی نیتروژن منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکردهای بیولوژیک و دانه در کتان شده است. این پژوهش‌گران اظهار کردند که استفاده از کود نیتروژن با توجه به تأثیر این عنصر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان کتان شده، انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها شده است، بنابراین عملکرد دانه این گیاه را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار داده است. همچنین گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن و فسفر در گیاه کینوا توانسته از طریق بهبود شرایط جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش بیش‌تر و سریع‌تر سطح برگ‌های این گیاه شود که این موضوع افزایش فتوسنتز و در نتیجه انتقال بیش‌تر آسمیلات‌ها به مقاصد فیزیولوژیک کینوا را در پی داشته و در نهایت از طریق افزایش اجزای عملکرد در کتان، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه آن شده است (Yan et al., 2020). به‌طور کلی، گزارش شده که مصرف نیتروژن موجب افزایش ساخت پروتئین، جذب و ساخت کربن و انتقال آن به مقصد در مرحله پرشدن دانه می‌شود و با تأثیرگذاری بر تولید شیره پرورده، سطح برگ و حفظ شدت فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه‌ها، بر عملکرد دانه گیاهان روغنی تأثیر می‌گذارد (Ricciardi et al., 2019).



- Borges B., Strauss, M. M. N., Camelo, M., Sohi, P., & Franco, C. (2020). Re-use of sugarcane residue as a novel biochar fertiliser - Increased phosphorus use efficiency and plant yield. *Journal of Cleaner Productio*, 262, 121406. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121406.
- Dong; L., Zhengjun; C., Bin; Y., Yuhong; G., Bin; W., Wenzhen, L., & Junyi, N. (2020). Effect of nitrogen and phosphorus application on soil nitrogen morphological characteristics and grain yield of oil flax. *Oil Crop Science*, 5 (2), 29-35. doi:10.1016/j.ocsci.2020.05.002.
- Duan, X., Jin, K., Ding, G., Wang, C., Cai, H., Wang, S., & Shi, L., (2020). The impact of different morphological and biochemical root traits on phosphorus acquisition and seed yield of *Brassica napus*. *Field Crops Research*, 258, 10-22. doi:10.1016/j.fcr.2020.107960
- Goksoy, A. T. A. O., Demir, Z. M. T., & Dagustu, N. (2004). Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stage. *Field crops Research*, 87, 167-178.
- Heckadka, S., Nayak, S., Yeshwan, S., Thomas, J., Jacob, Z. N., Sonia, G., Anil, K., & Marta, M. (2020). Comparative evaluation of chemical treatment on the physical and mechanical properties of Areca Frond, Banana, and Flax Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 3, 1-13. doi:10.1080/15440478.2020.
- Heshmati, S., Amini Dehaghi, M., & Fathi Amirkhiz, F. (2016). Effect of chemical and biological phosphorus on antioxidant enzymes activity and some biochemical traits of spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 6 (19), 203-214. DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.203.
- Kyi; M., Seinn Moh; M., Aung Zaw; H., Yoshinori, K., & Takeo, Y. (2019). Effects of integrated organic and inorganic fertilizers on yield and growth parameters of rice varieties. *Rice Science*, 26 (5), 309-318. doi.org/10.1016/j.rsci.2019.08.005.
- Leilah, A.A, Ghonema, M. H., Kineber, M. E., & Talha, I. H. M., (2018). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers levels on yields and technological characters of three Flax cultivars under saline soil conditions. *International Journal of Plant Production*, 9 (8), 689-693. 10.21608/JPP.2018.36394.
- Nayak, S., Heckadka, S., Seth, S., Prabhu, A., Sharma, S., Shenoy, R., & Rajath, K. (2020). Effect of chemical treatment on the physical and mechanical properties of flax fibers: A comparative assessment. *Materials Today: Proceedings*, 12, 1-5. doi:10.1016/j.matpr.2020.07.380.

ارزش تجاری گیاهان روغنی وابسته به میزان روغن قابل استحصال در واحد سطح این نباتات است و هدف از کشت این گیاهان به دست آوردن روغن بیشتر می باشد (عملکرد روغن بیشتر در واحد سطح)، بنابراین با توجه به رابطه مستقیم میزان عملکرد دانه با عملکرد روغن و تأثیر معنی داری که کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن و فسفر بر عملکرد دانه کتان داشت، می توان تیمار ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر را هم از نظر صرفه اقتصادی به عنوان مقادیر بهینه و مطلوب نیاز کودی برای استحصال عملکرد مطلوب روغن توصیه نمود.

## ۵. تشکر و قدردانی

از حمایت مالی دانشگاه پیام نور استان البرز قدرانی می شود.

## ۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع میان نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Akram Othman, E., Yasin, H., & Mahmood, B. (2014). Effect of levels of phosphorus and iron on growth, yield and quality of flax. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (5), 7-11. doi: 10.9790/2380-07520711.
- Alori, E. T., Glick, B. T., & Babalola, O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 8 (2), 10-18. doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971.
- Aman, R., Ebtihal, A. E., & Mervat, S. (2019). Comparative study for the effect of arginine and sodium nitroprusside on sunflower plants grown under salinity stress conditions. *Bulletin of the National Research Centre*, 43 (118), 1-12. DOI:10.1186/s42269-019-0156-0.
- Bading, H. T. & De-Jong, C. (1983). Capillary GC of fatty acid methyl esters. A study of condition for the quantitative analysis of short- and long-chain fatty acids in lipids. *Journal of chromat*, 270, 493-506.

14. Ortiz, R., Geleta, M., Gustafsson, C., Lager, I., Hofvander, P., Lofsted, C., Cahoon, E., Minina, E., Bozhkov, P., & Stymne, S. (2020). Oil crops for the future. *Current Opinion in Plant Biology*, 56 (2), 181-189. doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.003.
15. Rajabi Khamseh, S., & Danesh Shahraki, A. (2020). Effect of bacterial inoculation on grain and soil nutrient elements of linseed (*Linum usitatissimum* L.) under different irrigation levels. *Plant Production Research*, 26 (4), 191-207. (In Persian).
16. Rastgoo, B., Abedi, A., & Parmoon, G. (2016). Investigation the effect of using nitrogen on yield and storage compositions of Safflower grain (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 6 (21), 85-103. (In Persian).
17. Razi, Z., Kahrizi, D., & Rostam, A. H. (2018). Effects of climate on fatty acid profile in *Camelina sativa*. *Cellular and Molecular Biology*, 64 (5), 91-96. doi: 10.1371/journal.pone.0159934.
18. Ricciardi, M.R., Papa, I., Lopresto, V., Langella, A., & Antonucci, A. (2019). Effect of hybridization on the impact properties of flax/basalt epoxy composites: influence of the stacking sequence, *Composite Structures*, 214 (2), 476-485. doi:10.1016/j.compstruct.2019.01.087.
19. Sepahvand, S.H., Koochekzadeh, A., Moshatati, A., & Siahpoosh, A. (2019). The effect of nitrogen levels and plant density on grain and oil yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) in Ahwaz, South-west of Iran. *Journal of Crop Production and Processing*, 9 (4), 203-215. (In Persian).
20. Shaker, A., AL-Badrani, W., & Mohammed, S.A. (2014). Effect of potassium and boron on growth and yield of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 14 (2), 7-20. doi.org/10.25130/tjas.v14i2.298.
21. Silska, G. (2017). Genetic resources of flax (*Linum usitatissimum* L.) as very rich source of  $\alpha$ -linolenic acid. *Herba Polonica*, 63 (4), 26-33. doi.org/10.1515/hepo-2017-0022
22. Singh, D.; Soni, S.D., Sharma, S.L., Kumar, S., & Amit, L. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, 262, 116553. doi:10.1016/j.fuel.2019.116553.
23. Taddese, G., & Tenaye, S. (2018). Effect of nitrogen on flax (*Linum usit Atissimum* L.) fiber yield at debre berhan area, Ethiopia. *Forestry Research and Engineering*, 2 (5), 284-289. doi. 10.15406/freij.2018.02.00061.
24. Wei, Chao-Khun., Zhi-Jing; N., Kiran; L., Ai-Mei; H., Ji-Hong, L., & Zhao-Jun, W. (2020). Aromatic effects of immobilized enzymatic oxidation of chicken fat on flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) derived Maillard reaction products. *Food Chemistry*, 306, 125560. doi:10.1016/j.foodchem.
25. Yan, Bin.; W., Bing; Gao, W., Yuhong; W., Jianmin; N., Junyi; X., Yaping; C., Zhengjun, C., & Zhongkai, Z. (2018). Effects of nitrogen and phosphorus on the regulation of nonstructural carbohydrate accumulation, translocation and the yield formation of oilseed flax. *Field Crops Research*, 219 (15), 229-241. doi:10.1016/j.fcr.2018.01.032.
26. Yaping; X., Zhili; Y., Zaoxia; N., Jeffrey, C., Junyi; N., Wang, Z., Yan, B., Zhao, B., & Limin, W. (2020). Yield, oil content, and fatty acid profile of flax (*Linum usitatissimum* L.) as affected by phosphorus rate and seeding rate. *Industrial Crops and Products*, 145 (1), 112087. doi:10.1016/j.indcrop.2020.112087.
27. Zhang Q., Yuhong; Z., Bing, Y., Zhengjun, C., Bing, Y., Kun, W., & Jun, N. (2020). Perspective on oil flax yield and dry biomass with reduced nitrogen supply. *Oil Crop Science*, 5(2), 42-46. doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.04.004.