Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 2, 2024, p. 391-402

Evaluation of Effect of Sowing Date and Nitrogen Fertilizer Application on Nitrogen Productivity of Camelina (*Camelina sativa* L.)

Farzad Mondani [1*], Mohsen Pashaei [2] and Danial Kahrizi [3]

1 and 2- Associated Professor of Crop Ecology and M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.
3- Professor of Molecular Genetics and Genetic Engineering, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
(*- Corresponding author's Email: f.mondani@razi.ac.ir)

Received: 17-04-2023
Revised: 27-06-2023
Accepted: 10-07-2023
Available Online: 10-07-2023

How to cite this article:
Mondani, F., Pashaei, M., & Kahrizi, D. (2024). Evaluation of effect of sowing date and nitrogen fertilizer application on nitrogen productivity of camelina (*Camelina sativa* L.). *Journal of Agroecology*, *16*(2), 391-402. (In Persian with English abstract).
https://doi.org/10.22067/agry.2023.82003.1154

Introduction

Currently, more than 90% of the edible oil needed in Iran is supplied through imports from other countries. This amount of oil import is not suitable for a country with high potential and capacity to produce agricultural products. Therefore, it is necessary to increase the production of oilseeds in the country. Camelina (*Camelina sativa* L.) is a new and unique oilseed plant for Iran. This oil plant is part of the Brassicaceae family, and it has been shown in various tests that it has much less water needs and more resistance to spring cold than other oil plants, especially canola. Therefore, considering the importance of self-sufficiency in oil production in the country and the introduction of crops that can have a good yield in the dry climate of most parts of the country, this research aims to evaluate the effect of sowing date and nitrogen fertilizer application on the nitrogen productivity of camelina as a new crop was implemented in the crop rotation with most of the rainfed crops.

Materials and Methods

This study was conducted in order to investigate the effect of sowing date and nitrogen fertilizer application on the nitrogen capture and use efficiency of camelina under the conditions of rainfed fields in the climatic conditions of Kermanshah city in 2018-2019. A split plots experiment was conducted based on the randomized complete blocks in three replicates at the research farm of the Campus of Agriculture and Natural Resources at Razi University. The main factor was the sowing date (October 25, November 9, and November 21), and the secondary factor was nitrogen fertilizer application (0, 50, 100, 150 $kg.ha^{-1}$). The implementation of the sowing date treatment was based on the occurrence of effective rainfall, and the source of nitrogen fertilizer application was 46% urea fertilizer. The nitrogen fertilizer was applied at three stages (at the end of the six-leaf stage, at the end of the stem elongation stage, and at the beginning of the grain filling stage). The plant was harvested on each sowing date according to the physiological maturity (browning of 90% of pods). The evaluated traits were grain protein percentage, grain protein yield, nitrogen harvesting index nitrogen capture and use efficiency, and

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https://doi.org/10.22067/agry.2023.82003.1154

nitrogen productivity.

Results and Discussion

The results showed that the treatments of sowing date and nitrogen fertilizer application had significant effects on the evaluated traits. In the maximum fertilizer application treatment, compared to the control condition, the grain protein percentage and grain protein yield increased by 39.0% and 128.8%, respectively. The highest nitrogen capture efficiency (0.81 kg of total plant nitrogen.kg^{-1} of soil nitrogen) and nitrogen use efficiency (11.4 kg of grain.kg^{-1} of nitrogen) was observed on the November 9 sowing date and the lowest of these belonged to the November 21 sowing date. The increase in the amount of nitrogen fertilizer application decreased the nitrogen capture efficiency (64.8 %), nitrogen use efficiency (63.7 %), and nitrogen productivity (51.3 %) in the treatment of 150 kg of nitrogen application per hectare compared to the treatment of no nitrogen application.

Conclusion

The results showed that most of the investigated traits of camelina were observed in the sowing date of mid-November, and the delay in the sowing date led to a decrease in these traits. The highest nitrogen capture efficiency, nitrogen use efficiency, and nitrogen productivity were observed in the treatments with the lowest amount of nitrogen fertilizer application and the control treatments. In general, the results of this research showed that under the climatic conditions of the Kermanshah region, it is better to sow the camelina in the rain-fed fields in the middle of November, and because of the undeniable effects of using nitrogen fertilizer on improving the grain yield, but if the environmental risks of excessive use of chemical fertilizers are considered, it is better to application nitrogen fertilizer in the minimum amount the plant's needs.

Keywords: Grain protein yield, Nitrogen capture efficiency, Nitrogen harvesting index, Nitrogen use efficiency

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص ۴۰۲-۳۹۱

ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر بهره‌وری نیتروژن در کاملینا (*Camelina sativa* L.)

فرزاد مندنی[1*]، محسن پاشایی[2] و دانیال کهریزی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش: ۲۰/۰۴/۱۹

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر کارآیی جذب و مصرف نیتروژن گیاه کاملینا در شرایط مزرعه دیم تحت شرایط اقلیمی شهرستان کرمانشاه در سال زراعی ۹۹- ۱۳۹۸ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی انجام شد. فاکتور کرت اصلی، تاریخ کاشت (سوم آبان، ۱۸ آبان و ۳۰ آبان ماه) و فاکتور کرت فرعی، سطوح کود نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. صفات مورد ارزیابی عبارت از درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، شاخص برداشت نیتروژن و کارآیی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار بودند. در تیمار حداکثر مصرف کود نسبت به شاهد، درصد و عملکرد پروتئین دانه به‌ترتیب ۳۹/۰ و ۱۲۸/۸ درصد افزایش یافتند. بیشترین میزان کارآیی جذب (۰/۸۱ کیلوگرم نیتروژن کل گیاه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و مصرف نیتروژن (۱۱/۴ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ آبان و کمترین آن در تاریخ کاشت ۳۰ آبان مشاهده شد. افزایش میزان مصرف کود نیتروژن باعث کاهش کارآیی جذب (۶۴/۸ درصد)، مصرف (۶۳/۷ درصد) و بهره‌وری (۵۱/۳ درصد) نیتروژن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار عدم مصرف نیتروژن شد. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که بازدهی صفات مورد ارزیابی در تاریخ کاشت دوم بالاتر بود و با افزایش میزان مصرف نیتروژن، بهره‌وری نیتروژن کاملینا به‌تدریج کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت نیتروژن، عملکرد پروتئین دانه، کارآیی جذب نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن

مقدمه

هم‌اکنون بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی مورد نیاز کشور از طریق واردات از سایر کشورها تأمین می‌شود و فقط ۱۰ درصد این نیاز در داخل تولید می‌گردد. این میزان واردات روغن برای کشوری با پتانسیل و ظرفیت بالای تولید محصولات کشاورزی مناسب نیست، در این راستا به نظر می‌رسدکه باید میزان تولید دانه‌های روغنی درکشور افزایش یابد. همچنین، براساس آمار منتشره سالیانه مبلغی به میزان ۳/۳ میلیارد دلار صرف هزینه واردات نهاده‌های دامی و روغنی از سایر کشورها می‌شود (MAJ, 2019). با توجه به افزایش سریع جمعیت و تحت تأثیر قرار دادن روند رشد و توسعه جوامع بشری، بیشتر کشورهای در حال توسعه از نظر تولیدات منابع غذایی با کمبود

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی و دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳- استاد مهندسی ژنتیک و ژنتیک مولکولی، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: f.mondani@razi.ac.ir
https://doi.org/10.22067/agry.2023.82003.1154

شدید مواجه هستند. از طرفی، با توجه به نیازهای غذایی انسان به انواع مواد غذایی مانند نشاسته، پروتئین و روغن، توجه زیادی به کشت گیاهان روغنی معطوف شده است (Nouriyani, 2015).

کشور ایران با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال یکی از کشورهای کمربند خشک کره زمین است، درحالی‌که میانگین بارندگی کشور کمتر از یک سوم میزان بارندگی نرمال (۷۵۰ میلی‌متر) است، فقدان بارندگی مناسب در سال‌های اخیر مشکل کشور را بیش از هر زمانی حاد کرده است. به همین دلیل، استفاده از آب‌های زیرزمینی نیز روز به روز افزایش پیدا کرده است و از طرفی، این منابع در حال افول می‌باشند (Aghakhani et al., 2013). براساس آمار جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸، از مجموع ۱۲ میلیون هکتار اراضی قابل کاشت در ایران ۴۸/۲ درصد آن مربوط به اراضی دیم و ۵۱/۸ درصد آن مربوط به اراضی آبی می‌باشد (MAJ, 2019). با توجه به شرایط محیطی کشور و تغییر اقلیم پیش رو، اهمیت کشت دیم روز به روز بیشتر می‌شود، بنابراین با توجه به ظرفیت بسیار خوب دیم‌زارهای کشور برای خودکفایی در محصولات راهبردی، شناسایی پتانسیل‌های تولید دیم‌زارها امری ضروری است.

در ایران، اراضی زراعی مساعد برای کاشت گیاهان دانه روغنی وجود دارد. گیاهان رایج روغنی شامل آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، کلزا (*Brassica napus*) و سویا (*Glycine max*) با توجه به فواید کاشت آن‌ها هرکدام دارای عیوبی نیز می‌باشند، مانند آفتابگردان و کلزا که نیاز آبی و کودی بالای دارند و همچنین، حساس به بیماری‌ها و آفات می‌باشند. بنابراین، نیاز به محصولات دانه روغنی جدید با سازگاری‌های بهتر بیشتر احساس می‌شود (Hashemi Tabaar et al., 2007). دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و علاوه‌بر اسیدهای چرب حاوی منابع غنی پروتئین نیز می‌باشند که می‌توان از کنجاله آن‌ها به‌منظور تغذیه دام‌ها و طیور هم استفاده کرد (Soleimanzade et al., 2013).

کاملینا (*Camelina sativa* L.) برای ایران یک گیاه دانه روغنی جدید و منحصربه‌فرد محسوب می‌شود. این گیاه روغنی جزء خانواده براسیکاسه[1] است. کاملینا یک گیاه یکساله با ساقه راست با طول ۳۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر است. برگ‌های باریک و نوک تیز دارد که به‌صورت متناوب روی ساقه قرار می‌گیرند. میوه‌ها از نوع خورجینک و گلابی شکل بوده که حاوی ۸ تا ۱۰ عدد دانه می‌باشد و در هنگام رسیدگی به رنگ زرد یا قهوه‌ای تغییر می‌کند (Gugel et al., 2006). روغن این گیاه به‌دلیل دارا بودن آلفا–توکوفرول‌ها و میزان ویتامین E بالا نیاز به هیچگونه افزودنی برای افزایش ماندگاری ندارد و به‌علاوه به دلیل بالا بودن اسیدهای چرب اشباع، می‌تواند به‌عنوان غذایی با کیفیت بالا در ژیم تغذیه‌ای بشر در نظر گرفته شود (Ghamkhar et al., 2018).

کاملینا دارای خواص زراعی منحصربه‌فردی است که به‌صورت پایداری احتیاجات خاک را کاهش می‌دهد و رشد علف‌های هرز را کنترل و یا آن‌ها را از بین می‌برد و مقاومت بالایی به خشکی و هجوم آفات و امراض دارد. همچنین به دماهای بالا در زمان گل‌دهی نیز مقاومت دارد که در نتیجه می‌تواند به‌عنوان یک محصول پوششی مورد استفاده قرار گیرد (Fröhlich et al., 2005). کشت این گیاه در انواع بافت خاک حتی خاک‌های سبک و شنی و خاک‌های دارای مواد مغذی پایین نیز به‌خوبی امکان‌پذیر است (Dobre & Jurcoane, 2011). همچنین دارای احتیاجات آبی بسیار کمتر و مقاومت به سرمای بهاره بیشتری نسبت به سایر گیاهان روغنی به‌خصوص کلزا دارد.

تعیین تاریخ کاشت مناسب از اولین اهداف توسعه کشت گیاهان جدید در یک منطقه است. مطالعات به‌منظور یافتن تاریخ کاشت برای هر محصول در مناطق مختلف موجب بهره‌وری بیشتر از عوامل محیطی، منابع آب و خاک و اثرات متقابل آن‌ها می‌شود. تاریخ کاشت مطلوب باعث انطباق بهتر دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با دما، طول روز و تشعشع خورشیدی متفاوت می‌گردد و به این صورت، رشدونمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tabad et al., 2017). در یک پژوهش، کاشت کاملینا در ماه آوریل (فروردین ماه) عملکرد دانه را در مقایسه با تاریخ کاشت اواسط مارس (اسفند ماه) ۳۴ درصد افزایش داد (Obeng et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که تاریخ کاشت ۱۸ مارس تأثیر بسیار زیادی در بهره‌گیری بیشتر گیاه کاملینا از فاکتورهای محیطی نظیر بارندگی و درجه حرارت دارد (Neupane et al., 2020).

استفاده بهینه از کودهای شیمیایی به‌خصوص نیتروژن به‌عنوان ضروری‌ترین عنصر مورد نیاز گیاه، یکی از مهم‌ترین رویکردهای تولید به شمار می‌رود. مقدار مصرف بهینه نیتروژن به عوامل زیادی از جمله

/10.22067/agry.2023.82003.1154"
https://doi.org/10.22067/agry.2023.82003.1154

میزان نیترات موجود در خاک، زمان مصرف، مدیریت مزرعه، شرایط آب‌وهوایی، مدیریت آبیاری و کشت قبلی بستگی دارد. همچنین، به دلیل پایین بودن جذب این عنصر که به‌طور متوسط درسطح جهانی ۳۰ تا ۵۰ درصد است، هر گونه افزایش در کارآیی مصرف نیتروژن منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش سود اقتصادی می‌شود (Mirzashahi & Nourgholipour, 2020). محققین دیگر، اثر کاربرد کود نیتروژن را بر کارآیی مصرف کود و محتوای پروتئین دانه گیاه کاملینا مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که کارآیی مصرف نیتروژن با افزایش میزان نیتروژن مصرفی به‌تدریج کاهش یافت و در مقادیر مصرف بالاتر این عنصر، میزان پروتئین دانه افزایش یافت (Jankowski et al., 2019). در مطالعه‌ای گزارش شد که مصرف کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه کاملینا داشت که این میزان بین ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (Jiang & Caldwell, 2016). همچنین مشخص شد که مصرف کود نیتروژن منجر به بهبود عملکرد دانه و میزان پروتئین اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد (Jarecki, 2021). بنابراین، با توجه به اهمیت خودکفایی در تولید روغن در کشور و معرفی محصولات زراعی که در شرایط اقلیم خشک اکثر نقاط کشور بتوانند بازدهی مناسبی داشته باشند، این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر بهره‌وری نیتروژن گیاه کاملینا به‌عنوان یک محصول زراعی جدید در برنامه تناوب زراعی با اکثر محصولات دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۹- ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا) انجام شد. براساس تقسیم‌بندی اقلیمی، این منطقه جزو اقلیم سرد و نیمه خشک قرار دارد. منطقه مورد نظر دارای متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۴/۷ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به‌ترتیب ۴۴/۱ و ۲۷- درجه سانتی‌گراد است. آمار و اطلاعات هواشناسی به‌کار رفته در این طرح از ایستگاه هواشناسی کرمانشاه (واقع در فرودگاه شهید اشرفی اصفهانی) اخذ گردید. این ایستگاه در ۴۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۹/۸ متر است (جدول ۱). قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و به‌منظور تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه آب و خاک ارسال شد (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین برخی پارامترهای هواشناسی در طی دوره رشد گیاه کاملینا

Table 1- The average of some meteorological parameters during the Camelina growing season

ماه Month	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June
جمع بارش Total rainfall (mm)	52.5	111.9	19.4	39.2	146.3	91.7	40	0.01
میانگین دما Average temperature (°C)	10.1	5.9	4.4	3.7	9.7	11.2	17.7	25.3
میانگین تبخیر Average evaporation (mm)	2.1	0	0	0	0	2.1	6	11.6

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of the soil at the experiment site

عمق Depth (cm)	بافت خاک Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g cm^{-3})	ماده آلی Organic matter (%)	آهک CaO (mg.kg^{-1})	نیترات NO_3^- (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	اسیدیته pH
0-30	لوم سیلتی Silty loam	25.2	59.4	15.4	1.08	1.1	29.5	19.9	470	11	7.3

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل‌های آزمایش عبارت

بودند از تاریخ کاشت (سوم آبان ماه، ۱۸ آبان ماه و ۳۰ آبان ماه) که به‌عنوان عامل کرت اصلی و مقادیر کاربرد کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) که به‌عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند. انتخاب تاریخ کاشت براساس وقوع بارندگی مؤثر (۲۰ میلی‌متر) صورت گرفت. مصرف کود در سه مرحله (به‌صورت مصرف سرک در انتهای مرحله شش برگی، انتهای مرحله طویل شدن ساقه و ابتدای مرحله پرشدن دانه‌ها) انجام پذیرفت. نیتروژن مورد استفاده در این مطالعه از منبع کود اوره دارای ۴۶ درصد نیتروژن بود. بذر کاملینا رقم سهیل از شرکت دانش‌بنیان بیستون شفا تهیه شد. جهت آماده‌سازی زمین، شخم توسط گاوآهن انجام شد. هر کرت فرعی شامل ۱۰ ردیف کاشت به‌فاصله ۲۵ سانتی‌متر و به‌طول پنج متر بود. جهت جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن فاصله بین کرت‌های فرعی ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی نیز دو متر در نظر گرفته شد. مقدار بذر استفاده شده ۱۴/۴ کیلوگرم در هکتار و کاشت آن نیز به‌صورت دستی صورت پذیرفت و تراکم مطلوب مزرعه ۲۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز مزرعه به‌صورت وجین دستی و در یک مرحله صورت گرفت و در طول فصل رشد از هیچ‌گونه آفت‌کش و علف‌کشی استفاده نشده است.

برداشت در هر تاریخ کاشت با توجه به زمان رسیدگی گیاه (قهوه‌ای شدن ۹۰ درصد غلاف‌ها در خرداد ماه) صورت گرفت (Gesch et al., 2015). بدین منظور، از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای، مساحتی به اندازه دو مترمربع (به‌صورت کف‌بر) برداشت گردید و سپس، نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، دانه‌ها از کاه و کلش جدا گردید. به‌منظور اندازه‌گیری نیتروژن درون اندام‌های گیاه از روش کجلدال استفاده شد (Kjeldahl, 1883). سپس، به‌منظور محاسبه کارآیی جذب (NUpE[1])، کارآیی مصرف (NUtE[2])، بهره‌وری (NUE[3]) و شاخص برداشت نیتروژن (NHI[4]) از معادله‌های زیر استفاده شد (Huggins & Pan, 1993):

معادله (۱)

$$NUpE = AN\ (kg.ha^{-1}) / TN\ (kg.h^{-1})$$

معادله (۲)

$$NUtE = GY\ (kgha^{-1}) / AN\ (kg.ha^{-1})$$

معادله (۳)

$$NUE = NNpe \times NUtE$$

معادله (۴)

$$NHI = Ng / TN$$

که در آن‌ها، AN: نیتروژن جذب شده توسط گیاه، TN: کل نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده، Ng: نیتروژن جذب شده در دانه و GY: عملکرد دانه کاملینا است. در انتها، داده‌ها با استفاده از برنامه SAS نسخه ۹/۴ تجزیه‌وتحلیل شدند. اطلاعات مستخرج از آزمایش به‌وسیله آنالیز واریانس (ANOVA) تحلیل و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری مقایسه شده‌اند، همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد پروتئین دانه

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تاریخ کاشت، کاربرد کود نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین پروتئین دانه متعلق به تاریخ کاشت دوم و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌میزان ۳۱/۰ درصد و کمترین آن متعلق به تاریخ کاشت سوم و مصرف ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌میزان ۱۵/۹ درصد بود (شکل ۱).

به نظر می‌رسد که کاربرد کود نیتروژن تأثیر قابل توجهی بر میزان نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی گیاه داشته باشد، زیرا در شرایطی که میزان نیتروژن قابل جذب خاک در محدوده فراهم و مطلوب باشد، اکثر گیاهان زراعی در این شرایط بدون هیچ محدودیتی اقدام به جذب نیتروژن می‌کنند. در تحقیقی دیگر گزارش شد که کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر مقدار پروتئین دانه دارد و با افزایش میزان کود تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار درصد پروتئین به‌میزان حدود نه درصد افزایش یافت (Jankowski et al., 2019).

023.82003.1154"
https://doi.org/10.22067/agry.2023.82003.1154
org/10.22067/agry.2023.82003.1154

Nitrogen productivity
۴- Nitrogen harvest index

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مرتبط با کارآیی مصرف نیتروژن کاملینا

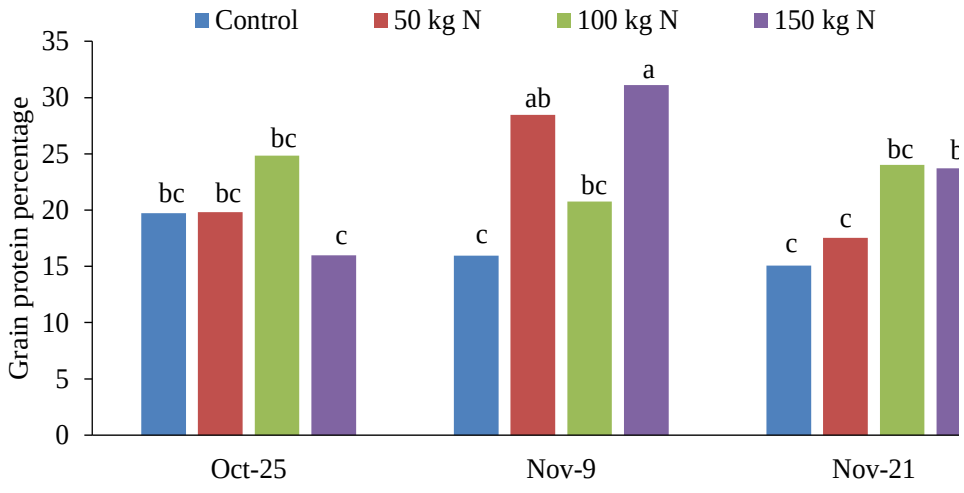
Table 3- Analysis of variance of the measured characteristics related to the nitrogen use efficiency in Camelina

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares					
		درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield	شاخص برداشت نیتروژن N Nitrogen harvest index	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen capture efficiency	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	بهره‌وری نیتروژن Nitrogen productivity
تکرار Replication (R)	2	16.3^{ns}	2101.4^{ns}	31.1^{ns}	0.181^{ns}	6.5^{ns}	12.3^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date (S)	2	63.7^{*}	20347.5^{**}	457.8^{*}	0.417^{*}	75.1^{*}	5.2^{ns}
R × S	4	1.4^{ns}	3690.8^{ns}	151.6^{ns}	0.142^{ns}	46.4^{ns}	14.9^{ns}
نیتروژن N (N)	3	85.5^{**}	9710.2^{*}	157.3^{ns}	0.569^{**}	168.1^{***}	54.3^{**}
N × S	6	80^{***}	8295^{*}	230.1^{ns}	0.102^{ns}	30.5^{ns}	9^{ns}
خطا Error	18	0.309	2264.2	97.9	0.080	16.3	7.7
ضریب تغییرات CV (%)		15.5	35	23.5	35	36	21.9

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: non-significant, significant at the probability level of $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively.

همچنین مشخص شد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر مقدار پروتئین دارد و در تاریخ‌های کاشت تأخیری به‌دلیل هم‌زمان شدن مراحل انتهایی رشد با درجه حرارت‌های بالا انتهای فصل رشد، سرعت پر شدن دانه‌ها افزایش می‌یابد و میزان ترکیبات پروتئینی نسبت به روغن افزایش می‌یابند (Neupane et al., 2020). محققین دیگر نیز بیان نمود که با عبور از تاریخ‌های کاشت اولیه (۱۰ شهریور تا ۲۰ مهر) درصد پروتئین دانه گیاه کلزا به‌میزان ۲۵ درصد افزایش یافت که به‌دلیل برخورد مراحل انتهایی رشد با دماهای بالا بود (Fallah Heki et al., 2011).



شکل ۱- اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر درصد پروتئین دانه کاملینا

Fig. 1- The effect of sowing date and application of nitrogen fertilizer on camellia grain protein percentage

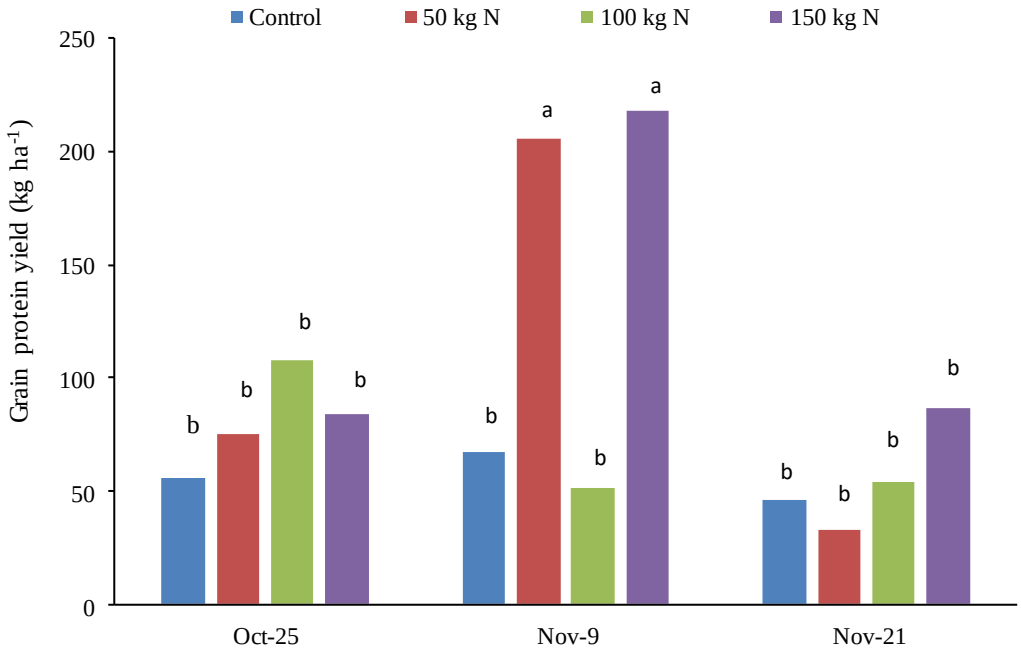
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌دار ندارند ($p\leq0.05$)

Means followed by the seme latter, are not significantly different ($p\leq0.05$).

عملکرد پروتئین دانه

اثر تاریخ کاشت، مصرف کود و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه متعلق به تاریخ کاشت دوم و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار (۲۱۷/۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن متعلق به تاریخ کاشت سوم و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار (۳۲/۰ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۲). با فاصله گرفتن از تاریخ کاشت مطلوب، درصد پروتئین دانه کاهش یافت. به نظر می‌رسد که دلیل این موضوع مطلوب‌تر بودن شرایط آب‌وهوایی در مرحله رشد زایشی گیاه در تاریخ کاشت دوم در مقایسه با تاریخ‌های کاشت دیگر باشد، به‌علاوه در تاریخ کاشت ۱۸ آبان، عملکرد دانه نیز بیشتر بود (نتایج گزارش نشده است) که منجر به بهبود عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح شد.

عملکرد پروتئین دانه با دور شدن از تاریخ‌های کاشت مطلوب کاهش پیدا می‌کند که به نظر می‌رسد، علت آن تفاوت در عملکرد دانه در بین تاریخ‌های کاشت باشد، به این صورت که در تاریخ‌های کاشت اولیه تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و تعداد غلاف‌ها نسبت به تاریخ‌های کاشت دیرتر، بیشتر می‌باشد (Valipour et al., 2010). محققین دیگر نیز بیان کردند که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد پروتئین در گیاه کاملینا متفاوت و وابسته به تنوع محیط است (Obeng et al., 2019). در تحقیقی دیگر نیز گزارش شده است که کاربرد کود نیتروژن در کاشت گیاه کاملینا اثر معنی‌داری بر میزان عملکرد پروتئین دانه دارد و با افزایش میزان کاربرد کود تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار پروتئین نیز افزایش یافت (Jarecki, 2021).



شکل ۲- اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد پروتئین دانه کاملینا

Fig. 2- The effect of sowing date and application of nitrogen fertilizer on camellia grain protein yield

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌دار ندارند ($p\leq0.05$)

Means followed by the seme latter, are not significantly different ($p\leq0.05$)

جدول ٤- اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مرتبط با کارآیی مصرف نیتروژن کاملینا

Table 4- The effect of sowing date and application of nitrogen fertilizer on the measured characteristics related to the nitrogen use efficiency in Camelina

		درصد پروتئین دانه Grain protein percentage (%)	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index (%)	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (kg kg^{-1})	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen utilization efficiency (kg kg^{-1})	بهره‌وری نیتروژن N Nitrogen productivity (kg N absorb^{-1})
تاریخ کاشت Sowing date	سوم آبان October 25	20.08^{b}	80.4^{ab}	39.4^{b}	0.59^{b}	7.8^{b}	12.2^{a}
	۱۸ آبان November 9	24.07^{a}	135.4^{a}	49^{a}	0.81^{a}	11.4^{a}	13.4^{a}
	۳۰ آبان November 25	20.07^{b}	54.8^{b}	37.4^{b}	0.44^{c}	6.6^{b}	12.3^{a}
کود نیتروژن N fertilizer	شاهد Control	16.9^{b}	56.5^{b}	42.8^{a}	0.91^{a}	14.5^{a}	15.8^{a}
	50 kg	21.9^{a}	104.2^{ab}	38.1^{a}	0.69^{ab}	9.3^{b}	13.5^{ab}
	100 kg	23.2^{a}	70.9^{b}	47.5^{a}	0.53^{c}	5^{c}	10.8^{c}
	150 kg	23.5^{a}	129.3^{a}	39.5^{a}	0.32^{d}	5.8^{c}	10.6^{c}

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* According to Duncan's test, the means with similar letters in each column are not significantly different at the probability level of $p\leq0.05$.

شاخص برداشت نیتروژن

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۳)، به نحوی که بیشترین شاخص برداشت نیتروژن (۴۹/۱ درصد) متعلق به تاریخ کاشت دوم و کمترین آن (۳۷/۴ درصد) در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد (جدول ۴). نتایج این بررسی همچنین نشان داد که مصرف کود نیتروژن و برهم‌کنش مصرف کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۳). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار نگرفت (Valipour et al., 2010).

کارآیی جذب نیتروژن

اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر کارآیی جذب نیتروژن معنی‌دار بود، با این وجود اثر برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان کارآیی جذب نیتروژن (۰/۸۱کیلوگرم نیتروژن کل گیاه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مربوط به تاریخ کاشت دوم و کمترین آن (۰/۴۴ کیلوگرم نیتروژن کل گیاه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین میزان کارآیی جذب نیتروژن (۰/۹۱ کیلوگرم نیتروژن کل گیاه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مربوط به شرایط عدم مصرف نیتروژن و کمترین آن (۰/۳۲ کیلوگرم نیتروژن کل گیاه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) متعلق به تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بود (جدول ۴). در شرایطی که محتوای نیتروژن خاک پایین باشد، اکثر گیاهان اقدام به جذب حداکثر نیتروژن از خاک کنند، ولی با افزایش میزان نیتروژن خاک ارتباط غیر مستقیمی بین میزان جذب نیتروژن و محتوی نیتروژن خاک شکل می‌گیرد که این موضوع سبب کاهش کارآیی جذب نیتروژن کاملینا در تیمارهای کاربرد بالاتر نیتروژن شد. محققین دیگر نیز بیان کردند که کارآیی جذب نیتروژن تحت اثر کاربرد کود نیتروژن کاهش یافت (Fallah Heki et al., 2011; Daneshmand et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که مقادیر متفاوت کود نیتروژن بر کارآیی جذب نیتروژن گیاه کلزا اثر معنی‌داری داشت و با افزایش میزان مصرف کود کارآیی جذب نیتروژن نیز کاهش یافت (Seyyedi et al., 2013). گزارش شده است که در سطوح بالای کاربرد نیتروژن، نیتروژن تجمع یافته

در اندام‌ها هم‌راستا با مصرف آن نیست، در مقابل وجود برخی خصوصیات زراعی و ژنتیکی گیاه می‌تواند تفاوت موجود در کارآیی جذب نیتروژن را توجیه کند (Hosseini et al., 2013). همچنین گزارش شده است که اکثر محصولات زراعی در شرایط کاربرد نیتروژن بالا، مقدار قابل توجهی از نیتروژن مصرف شده در خاک را جذب نکرده و به عبارتی از دست می‌دهند که منجر به کاهش کارآیی جذب نیتروژن می‌شود (Daneshmand et al., 2007).

کارآیی مصرف نیتروژن

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود، ولی برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن (۱۱/۴ کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن) مربوط به تیمار تاریخ کشت دوم و کمترین آن (۶/۶ کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن) مربوط به تاریخ کاشت سوم بود (جدول ۴). بیشترین میزان کارآیی مصرف نیتروژن (۱۴/۵ کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن) متعلق به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و کمترین آن نیز در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). همان‌گونه که نتایج این بررسی نشان داد، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن متعلق به تیمار عدم کاربرد این کود بود و با افزایش کاربرد کود نیتروژن، کارآیی جذب نیتروژن نیز کاهش یافت. کارآیی جذب نیتروژن به نحوی نشان‌دهنده میزان نیتروژن جذب شده توسط ریشه‌ها و تجمع یافته در اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد که در ادامه گیاه از نیتروژن موجود در بافت‌های خود به کمک فرایند فتوسنتز ماده خشک تولید می‌کند. یکی از مهم‌ترین اهداف مطالعه کارآیی جذب نیتروژن بررسی ارتباط بین تولید ماده خشک توسط گیاه و وضعیت جذب و مصرف نیتروژن است. به نظر می‌رسد که مقدار کارآیی جذب نیتروژن تابعی از میزان تولید وزن خشک توسط گیاه باشد، به‌طوری‌که با افزایش وزن گیاه، کمیت کارایی مصرف نیتروژن نیز بهبود می‌یابد. از دیگر دلایل کاهش کارآیی مصرف نیتروژن در شرایط مصرف بالاتر این عنصر، عدم وجود رابطه خطی بین کود مصرفی و افزایش عملکرد دانه می‌باشد، زیرا مطابق با قانون بازده نزولی میچرلیخ با افزایش مقدار کاربرد کود، عملکرد به همان نسبت افزایش می‌یابد (Sarmadnia & Koocheki, 1999). در تحقیقی دیگر مشخص شد که کارآیی مصرف نیتروژن تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت و با افزایش میزان مصرف کود، این ویژگی کاهش یافت (Wysocki et al., 2013). همچنین گزارش شده است که کارآیی مصرف نیتروژن در گیاه کاملینا با افزایش میزان کاربرد کود مصرفی (۱۳۰- ۱۶۰ کود در هکتار) روند کاهشی در پیش گرفت (Jankowski et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که با افزایش میزان کود تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای گندم زمستانه میزان کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت (Valipour et al., 2010).

بهره‌وری نیتروژن

اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش تاریخ کاشت و مقدار کاربرد کود نیتروژن بر بهره‌وری نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۳). کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر بهره‌وری نیتروژن در گیاه کاملینا داشت (جدول ۳)، به نحوی که بیشترین میزان آن (۱۵/۸کیلوگرم عملکرد دانه بر کیلوگرم نیتروژن) متعلق به تیمار عدم مصرف کود و کمترین آن (۱۰/۶ کیلوگرم عملکرد دانه بر کیلوگرم نیتروژن) در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد که البته از این نظر این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نداشت (جدول ۴). واکنش بهره‌وری نیتروژن کاملینا نسبت به مصرف کود نیتروژن شبیه به کارایی جذب و مصرف نیتروژن بود، به گونه‌ای که با افزایش مصرف نیتروژن کارایی جذب و مصرف نیتروژن کاهش نمود. از آنجایی‌که بهره‌وری نیتروژن از طریق حاصل‌ضرب کارآیی جذب نیتروژن در کارآیی مصرف فیزولوژیک نیتروژن به‌دست می‌آید و به نحوی بیانگر این مطلب است که به‌ازای میزان نیتروژن مصرف شده و فرآهم در خاک چه میزان ماده خشک توسط گیاه تولید شده است، لذا با توجه به نتایج صفات مؤثر بر محاسبه این صفت این نتیجه دور از ذهن نبود. در مطالعه‌ای دیگر نیز گزارش شد که میزان کاربرد کود نیتروژن به‌شکل معنی‌داری بر بهره‌وری نیتروژن گندم اثر داشت و با افزایش کاربرد نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بهره‌وری نیتروژن گیاه را کاهش یافت (Hosseini et al., 2013). همچنین بیان شده است که مقدار مصرف نیتروژن در گیاه عدس (۴۰ کیلوگرم در هکتار) بر کارآیی بهره‌وری تأثیر معکوسی گذاشت (Bannayan et al., 2019).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، تأثیر سه تاریخ کاشت و چهار تیمار کود نیتروژن در شرایط دیم بر پروتئین دانه و صفات مرتبط با کارآیی کود نیتروژن (کارآیی جذب، مصرف، بهره‌وری و شاخص برداشت نیتروژن) گیاه دانه روغنی کاملینا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشتر مقدار صفات مورد بررسی کاملینا در تاریخ کاشت اواسط آبان ماه مشاهده شد و تأخیر در کاشت موجب کاهش میزان این صفات شد. با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن درصد و عملکرد پروتئین دانه بهبود یافت. بیشترین میزان کارآیی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن در تیمارهایی با کمترین مقدار کود و شاهد مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که تحت شرایط آب‌وهوایی شهرستان کرمانشاه بهتر است گیاه کاملینا در اواسط آبان ماه در دیم‌زارها کاشته شود و علی‌رغم اثرات غیرقابل انکار مصرف کود نیتروژن بر بهبود عملکرد دانه گیاه، ولی در صورت در نظر گرفتن مخاطرات زیست‌محیطی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، بهتر است در صورت امکان مصرف کود نیتروژن در حد نیاز گیاه و در حداقل میزان صورت گیرد.

References

1. Aghakhani, A., Feizi, M., Solhi, M., & Ramezani, M. (2013). Water desalination for agriculture, necessity, importance and limitations. *Land Management Journal, 1*, 17-31.
2. Bannayan, M., Yaghoubi, F., Rashidi, Z., & Bardehji, S. (2019). Effect of different nitrogen levels on yield components, yield and nitrogen use efficiency of two lentil cultivars in rainfed conditions. *Iranian Journal Pulses Research, 10*(1), 155-170. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i1.59699
3. Daneshmand, A.R., Shiranirad, Nourmohammadi, A.H., Zareei, G., & Daneshian, J. (2007). Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences, 8*, 323-342. (In Persian with English abstract)
4. Dobre, P., & Jurcoane, S. (2011). Camelina crop-opportunities for a sustainable agriculture. Scientific Papers-Series A, *Agronomy, 54*, 420-424.
5. Fallah, H.M.H., Yadavi, M.H., A.R., Movahhedi Dehnavi, M., & Balouchi, H.R. (2011). Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production, 4*(2), 207-222. (In Persian with English abstract)
6. Fröhlich, A., & Rice, B. (2005). Evaluation of *Camelina sativa* oil as a feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*, 21(1), 25-31.
7. Ghamkhar, K., Croser, J., Aryamanesh, N., Campbell, M., Kon'kova, N., & Francis, C. (2019). Camelina (*Camelina sativa* L.) as an alternative oilseed: molecular and ecogeographic analysis. *Genome, 53*(7), 558-567.
8. Gesch, R.W., & Johnson, J.M.F. (2015). Water use in camelina? Soybean dual croppingsystems. *Agronomy Journal*, 107, 1098-1104.
9. Gugel, R.K., & Falk, G.K.C. (2006). Agronomic and seed quality evaluation of *Camelina sativa* in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 1047-1058.
10. Hashemi Tabaar, M., Akbari, A., & Karim, M.H. (2007). Study of agriculture-industry interactions in Iran's economy: A case study of oilseeds. *Journal of Agricultural Sciences and Industries, 21*(2), 3-10. (In Persian with English abstract)
11. Hosseini, R.S., Galeshi, A., Kalateh, M., & Zahed, M. (2013). The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research, 11*(2), 300-306. (In Persian with English abstract)
12. Huggins, D.R., & Pan, W.L. (1993). Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Agronomy Journal, 85*(4), 898-905. https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500040022x
13. Jankowski, K.J., Sokolski, M., & Kordan, B. (2019). Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Products, 141*, 111776. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111776
14. Jarecki, W. (2021). Reaction of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) to different foliar fertilization. *Agronomy, 11*(1), 185. https://doi.org/10.3390/agronomy11010185
15. Jiang, Y., & Caldwell, C.D. (2016). Effect of nitrogen fertilization on camelina seed yield, yield components, and

downy mildew infection. *Canadian Journal of Plant Science*, *96*(1), 17-26. https://doi.org/10.1139/cjps-2014-0348
16. Kjeldahl, J. (1883). A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*, *22*(1), 366-382. https://doi.org/10.1007/BF01338151
17. Mirzashahi, K., & Nourgholipour, F. (2020). Investigation of rate and method of nitrogen application on nitrogen use efficiency and seed yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, *12*(47), 45-63. (In Persian with English abstract). http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1345-fa.html
18. Neupane, D., Solomon, J.K., Mclennon, E., Davison, J., & Lawry, T. (2020). Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, *148*, 112286. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112286
19. Nouriyani, H. (2015). Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Isfahan University of Technology- Journal of Crop Production and Processing*, *5*(16), 233-241. http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-2376-fa.html. (In Persian)
20. Obeng, E., Obour, A.K., Nelson, N.O., Moreno, J.A., Ciampitti, I.A., Wang, D., & Durrett, T.P. (2019). Seed yield and oil quality as affected by *Camelina* cultivar and planting date. *Journal of Crop Improvement*, *33*(2), 202-222. https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1566186
21. Sarmadnia, G., & Koocheki, A. (1999). *Physiology of Crop Plants*. Academic Jihad (Mashhad University), Iran. p. 400.
22. Seyyedi, S.M., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2013). Nitrogen use efficiency and harvest index in black seed (*Nigella sativa* L.) at different weed competition durations. *Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources)*, *20*(1), 141-155. (In Persian with English abstract)
23. Soleimanzade, H., Khaliliaqdam, N., & Mir Mahmudi, T. (2013). Effects of nitrogen fertilizer on yield and agronomical traits of safflower varieties in Moghan region. *Journal of Research in Crop Sciences*, *5*(19), 29-40. (In Persian with English abstract)
24. Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). (2019). *Jihad Agriculture Organization of Kermanshah Province*. Retrieved from http://sjkob.ir/amalkard/1/amarnamehj1-98-99-sh.pdf. (In Persian)
25. Tabad, M.A., Ayobnejadegan Jerm, B., Kohnepooshi, Z., & Asadi Gakieh, M. (2017). Effect of spring planting date on morpho-physiological traits of safflower genotypes in Kermanshah, Iran. *Agroecology Journal*, *12*(4), 27-37. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/aej.2017.528659
26. Valipour, A., Bandehhagh, A., & Fateh Esfandiary, S. (2010). Effect of planting date and different N-P-K ratios on grain yield and nitrogen use efficiency in wheat under Ahvaz weather conditions. *Plant Productions*, *33*(1), 33-47. (In Persian with English abstract). https://journals.scu.ac.ir/article_12217_d23029862b2482dccf9fb99ace668b99.pdf
27. Wysocki, D.J., Chastain, T.G., Schillinger, W.F., Guy, S.O., Karow, R.S. (2013). Camelina: Seed yield response to applied nitrogen and sulfur. *Field Crops Research*, *145*, 60-66. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.02.009