

## Study of photosynthetic pigments, seed yield and oil compositions of camelina (*Camelina sativa* L.) under the influence of urea foliar application and irrigation regimes in Tehran

Kimia Momeni-Shijani<sup>1</sup>, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy<sup>2\*</sup> , Ali Heidarzadeh<sup>3</sup> , Amir Mohammad Abedi<sup>4</sup> 

1. M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Graduated Ph.D. from the Department of Agronomy, Faculty of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4. M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

**Citation:** Momeni-Shijani, K., Modarres-Sanavy, S.A.M., Heidarzadeh, A., Abedi, A.M. (2024) Study of photosynthetic pigments, seed yield and oil compositions of camelina (*Camelina sativa* L.) under the influence of urea foliar application and irrigation regimes in Tehran. *Plant Productions*, 47(3), 387- 403.

### Abstract

#### Introduction

Oilseeds are rich in fatty acids, hence they are of paramount importance. Fats and oils are recognized as primary sources of energy in human nutrition. Additionally, fat-soluble vitamins, which play a crucial role in maintaining human health, are supplied through the consumption of oilseeds in the body. Therefore, studying and researching oilseeds and their importance in today's nutrition is crucial. Camelina is an oilseed product belonging to the Brassicaceae family, which can adapt well to various environments and produce suitable oil for biological purposes. Due to its appropriate composition of unsaturated fatty acids such as oleic acid (omega-9), linoleic acid (omega-6), alpha-linolenic acid (omega-3), and low levels of saturated fatty acids, it is considered one of the highest quality edible oils.

#### Materials and Methods

This research aimed to investigate the performance and composition of camelina oil under the influence of urea foliar application and irrigation regimes in a split plot arrangement in randomized complete block design with three replications during 2021 growing season at the research farm of the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. In this study, the examined factors included different irrigation regimes at the flowering stage at four levels defined as the main factor. These levels included optimal irrigation (no stress), mild water deficit stress, moderate water deficit stress, and severe water deficit stress. Irrigation continued until the

\* **Corresponding Author:** Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy  
**E-mail:** modaresa@modares.ac.ir



plant's available moisture in the root zone reached 20, 40, 60, and 80 percent, respectively, and then irrigation continued to the field capacity. The secondary factor included the application of nitrogen fertilizer from urea source as foliar spray at six levels (0% (distilled water spray), 1%, 2%, 3%, 4%, and no foliar spray (control)).

### Results and Discussion

Under optimal irrigation conditions, seed yield and oil content showed the highest values, with the optimal irrigation treatment exhibiting the highest yield. In mild water deficit stress conditions, seed yield decreased by 12.83% compared to the control (optimal irrigation), while foliar application of nitrogen at concentrations of 1%, 2%, 3%, and 4% increased seed yield by 18.23%, 27.95%, 16.30%, and 11.74%, respectively, compared to the control (no foliar spray). In mild water deficit stress conditions, the use of nitrogen foliar spray at a concentration of 3% resulted in a greater increase in grain yield and oil content compared to other concentrations. Oil yield decreased by 4.42% and 21.23% in mild and moderate water deficit stress conditions, respectively, compared to the control (optimal irrigation). Additionally, foliar application of urea at concentrations of 1%, 2%, and 3% increased oil yield by 23.85%, 35.37%, and 23.81%, respectively, compared to the control (no foliar spray). Under severe water deficit stress conditions, the treatment with 2% nitrogen concentration led to the highest amount of seed oil, chlorophyll a, and chlorophyll b. Regarding the anthocyanin content, under severe water deficit stress conditions, foliar application of nitrogen at a concentration of 1% resulted in a greater increase in anthocyanin content compared to other treatments.

### Conclusion

In optimal irrigation conditions, grain yield and oil content showed the highest values. In mild water deficit stress conditions, the use of foliar spraying of urea fertilizer with a concentration of 3% nitrogen led to a greater increase in grain yield and oil content than other concentrations. In severe water deficit stress conditions, urea fertilizer treatment with 2% nitrogen concentration resulted in the highest amount of oil content and chlorophyll a and b.

**Keywords:** Anthocyanin, Chlorophyll, Fatty acids, Grain yield, Oil yield.

## مطالعه رنگ‌رزه‌های فتوسنتزی، عملکرد و ترکیبات روغن کاملینا (*Camelina sativa*) L. تحت تاثیر محلول پاشی اوره و رژیم‌های آبیاری در منطقه تهران

کیما مومنی شیجانی<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup>، علی حیدرزاده<sup>۳</sup>، امیر محمد عابدی<sup>۴</sup>

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۳- دانش‌آموخته دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

با توجه به بحران آب و نیاز روزافزون مصرف‌کنندگان به روغن، لزوم مطالعات به جهت بهبود تولید دانه‌های روغنی و در راستای بهبود تغذیه و سلامت جامعه مشهود است بدین منظور این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و ترکیبات روغن کاملینا تحت تاثیر محلول پاشی اوره و رژیم‌های آبیاری به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. در این پژوهش عوامل بررسی شده شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در زمان گلدهی گیاه در چهار سطح به عنوان عامل اصلی تعریف شد. این سطوح شامل آبیاری مطلوب (بدون تنش)، کم‌آبی ملایم، کم‌آبی متوسط و کم‌آبی شدید بود. که به ترتیب آبیاری تا زمانی ادامه یافت که رطوبت قابل استفاده گیاه در منطقه ریشه به ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد برسد و سپس ادامه آبیاری تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و عامل فرعی شامل کاربرد کود نیتروژن از منبع اوره به صورت محلول پاشی برگی در شش سطح (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶٪) و محلول پاشی آب مقطر و عدم محلول پاشی) بود. با توجه به نتایج این پژوهش مشاهده شد که در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه و مقدار روغن بیشترین مقدار را نشان دادند. عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی ملایم نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) ۱۲/۸۳ درصد کاهش داشت و محلول پاشی اوره ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد نیتروژن نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۱۸/۲۳، ۲۷/۹۵، ۱۶/۳۰ و ۱۱/۷۴ درصد عملکرد دانه را افزایش داد. استفاده از محلول پاشی کود اوره با غلظت ۳٪ نیتروژن منجر به افزایش بیشتری در عملکرد دانه و مقدار روغن نسبت به سایر غلظت‌ها شد. عملکرد روغن در شرایط کم‌آبیاری ملایم و متوسط نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۱/۲۳ درصد کاهش داشت. همچنین محلول پاشی اوره ۱، ۲ و ۳ درصد نیتروژن نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۲۳/۸۵، ۳۵/۳۷ و ۲۳/۸۱ درصد عملکرد روغن را افزایش داد. تیمار کم‌آبی ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد نیتروژن بیشترین مقادیر اسید چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک و لینولئیک را ایجاد

\* نویسنده مسئول: سید علی محمد مدرس ثانوی

کرد. از سوی دیگر، بیشترین مقدار اروسیک‌اسید از تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی اوره ۱ درصد نیتروژن به دست آمد.

### کلید واژه‌ها: اسیدهای چرب، آنتوسیانین، عملکرد دانه، عملکرد روغن، کلروفیل.

#### مقدمه

دانه‌های روغنی، سرشار از اسیدهای چرب هستند، به همین دلیل اهمیت بسزایی زیادی دارند. چربی‌ها و روغن‌ها به عنوان منابع اصلی انرژی غذایی در تغذیه انسان‌ها شناخته می‌شوند. به علاوه، ویتامین‌های محلول در چربی، که در حفظ سلامت انسان نقش بسیار مهمی دارند، از طریق مصرف دانه‌های روغنی در بدن تأمین می‌شوند. از این رو، مطالعه و تحقیق در زمینه دانه‌های روغنی و اهمیت آنها در تغذیه جوامع امروز، مهمی است.

متأسفانه روغن‌های بادام زمینی، کنجد، سویا، بذر کتان، پنبه و خردل به دلیل وجود غلظت‌های بالای اروسیک‌اسید و گلوکوزینولات‌ها به طور منظم به عنوان روغن پخت و پز استفاده نمی‌شوند و بیش از ۵ درصد در مخلوط‌های روغن‌های غذایی استفاده نمی‌شوند. دانه پنبه یکی دیگر از منابع روغن خوراکی موجود است اما به دلیل وجود اسید چرب سیکلوپروپانیل و گوسیپول اغلب به عنوان روغن پخت و پز معمولی استفاده نمی‌شود (Govt. of Pakistan, 2007). از طرفی کاملینا دارای مشخصات اسید چرب غیرمعمول، متشکل از سطوح بالاتر اسید آلفا لینولنیک است (Zubr, 1997).

کاملینا یک محصول دانه روغنی متعلق به خانواده Brassicaceae است که می‌تواند به خوبی با محیط‌های مختلف سازگار شود و روغن مناسب برای مصارف زیستی تولید کند (Alberghini et al., 2022). این گیاه به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع اسیداولئیک (امگا ۹)، اسیدلینولئیک (امگا ۶)، اسیدآلفالینولئیک (امگا ۳) و میزان کم اسیدهای چرب اشباع، یکی از باکیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی محسوب می‌شود. کنجاله کاملینا نیز به عنوان یکی از منابع مهم در تغذیه دام و طیور در نظر گرفته می‌شود (Francki et al., 2010). دانه‌های کاملینا ۳۱ تا

۴۵ درصد اسیدچرب امگا ۳، ۱۴ تا ۲۰ درصد اسید چرب امگا ۶ و ۲۷ تا ۳۲ درصد پروتئین دارد (Hunter and Roth, 2010). همچنین آنتی‌اکسیدان طبیعی توکروفرول مقاوم در برابر اکسیداسیون بسیار مقاوم و پایدار است (Eidhin et al., 2010). روغن کاملینا شامل ۴۵٪ پروتئین خام، ۱۳٪ فیبر، ۵٪ مواد معدنی و ترکیبات جزئی دیگر مانند گلوکوزینولات و ویتامین‌ها است (Moser et al., 2010). اسیدآمین‌های مطلوبی مانند هیستیدین، ایزولوسین، لنوسین، لوئسین، لیزین، متیونین، فنیل آلانین، تریونین و والین در این روغن موجود است (Rokka et al., 2002). روغن کاملینا کاربردهای بسیار زیادی دارد و از این جهت یک گیاه کاملاً منحصر به فرد به شمار می‌رود که از جمله این کاربردها می‌توان به تغذیه، سلامت و بهداشت، صنعت سوخت، صنایع صمغ و انواع واکس‌ها، حفاظت خاک و بذر و تغذیه طیور و ماهی اشاره کرد.

در میان تنش‌های محیطی، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌ها برای رشد و تولید گیاهان است. از آنجا که خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید، گیاهان زراعی شناخته شده است، بنابراین هنوز عمده‌ترین محدودیت در تولید محصولات زراعی است (Tohidi, 2016). نیاز آبی کاملینا بسیار پایین است و به دلیل رشد سریع بهاره و استفاده بهینه از بارندگی‌های آخر فصل در مناطقی با بارش بیشتر از ۱۸۰ میلی‌متر با پراکنش مناسب نیازی به آبیاری ندارد و به صورت دیم قابل کشت است (Ghorbani et al., 2020). کم آبیاری می‌تواند منجر به افزایش درصد روغن در دانه‌ها شود، اما در عین حال ممکن است باعث کاهش عملکرد کلی دانه‌ها شود و این موضوع می‌تواند به طور مستقیم تأثیری بر کمیت و کیفیت نهایی روغن داشته باشد (Moser et al., 2015). کم آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد دانه را در

محلول پاشی وزن هزار دانه و وزن هر و عملکرد روغن و پروتئین دانه را افزایش می‌دهد (Nabihi and Ashour, 1983). بررسی نتایج پژوهش‌ها حاکی از تأثیر نیتروژن بر کیفیت روغن و درصد اسیدهای چرب دانه‌های روغنی است. استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش استتاریک اسید و پالمیتیک اسید در روغن کنگد می‌گردد (Ganjineh et al., 2019). محلول پاشی نیتروژن از منبع اوره با غلظت ۵ تا ۱۰ در هزار باعث افزایش عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌شود (Salardini 1999) با توجه به بحران آب و نیاز روزافزون مصرف کنندگان به روغن، لزوم مطالعات به جهت بهبود تولید دانه‌های روغنی و در راستای بهبود تغذیه و سلامت جامعه مشهود است، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و ترکیبات روغن کاملینا تحت تأثیر محلول پاشی اوره و رژیم‌های آبیاری انجام شد.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و عرض ۳۵ درجه و ۷۴ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا و رژیم آب و هوایی نیمه خشک، با میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۸۳ میلی‌متر انجام شد.

این آزمایش به شکل بلوک‌های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل مقادیر مختلف آبیاری در زمان گلدهی گیاه در چهار سطح آبیاری مطلوب = I1 (آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه بعد از تخلیه ۲۰ درصد آب قابل استفاده)، کم آبی ملایم = I2 (آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده)، کم آبی متوسط = I3 (آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه بعد از تخلیه ۶۰ درصد آب قابل استفاده)، کم آبی شدید = I4 (آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) بود. عامل فرعی شامل کاربرد کود

مقایسه با آبیاری معمولی در دو محصول کلزا و کاملینا به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Waraich et al., 2020). از طرف دیگر غلظت رنگدانه‌های آنتوسیانین و فلاونوئیدهای گیاه تحت تنش کم آبی افزایش یافت (Ahmed et al., 2020).

از طرفی مصرف مقادیر زیاد کود اوره در زمین‌های کشاورزی تهدیدی برای محیط زیست و توسعه پایدار سیستم‌های تولید محصولات زراعی محسوب می‌شود. لازم است برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن با کاهش ورودی کود نیتروژنه از طریق خاک به مزرعه و افزایش جذب نیتروژن از طریق محلول پاشی به تولید مناسب محصول و پایداری محیط زیست دست یافت (Xu et al., 2020).

به نظر می‌رسد که علاوه بر مصرف سرک کود نیتروژن به صورت خاکی تغذیه برگی به صورت محلول پاشی نیز می‌تواند به افزایش عملکرد دانه کلزا کمک کند. با تغذیه از طریق برگ می‌توان مواد غذایی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد و به کاهش مصرف کودهای شیمیایی کمک کرد (Rezaie and Makakouti, 2003). محلول پاشی عناصر غذایی مطلوب‌تر از کاربرد خاک مصرف کودها است، زیرا تحت شرایط خشکی جذب مواد غذایی از خاک کاهش می‌یابد (Kohnaward et al., 2012). اوره به عنوان یک منبع نیتروژن برای گیاهان می‌تواند میزان روغن دانه‌ها را افزایش دهد. استفاده از محلول پاشی اوره با غلظت‌های مختلف (۲، ۳ و ۴ درصد) به افزایش معنی‌داری در میزان روغن دانه کاملینا منجر می‌شود (Eyni-Nargeseh et al., 2019). محلول پاشی نیتروژن باعث افزایش جذب آن در زمان گلدهی می‌شود که در نهایت موجب تجمع ماده خشک بیشتر در دانه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود (Wallace et al., 2020). محلول پاشی اوره باعث افزایش وزن هزاردانه تعداد دانه در خورجین عملکرد دانه و روغن کلزا می‌شود (Morshedi and Naghibi, 2001). استفاده از نیتروژن در مرحله پر شدن غلاف به صورت

محلول پاشی در دو مرحله، یکی در اوایل دوره گلدهی (همزمان با اعمال رژیم آبیاری) در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ و دیگری ۱۰ روز پس از آن (در مرحله آغاز غلاف‌دهی BBCH scale; 609) انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی پس از اعمال آخرین تیمارهای کود اوره و ظهور علائم تنش، نمونه‌های برگ‌برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. برای ارزیابی عملکرد و اجزای آن در انتهای فصل رشد با در نظر گرفتن اثر حاشیه، ۱۰ گیاه که نماینده هر کرت بودند به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. درصد روغن به وسیله دستگاه سوکسله تعیین گردید و برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش (Arnon, 1976) استفاده شد. میزان آنتوسیانین طبق روش (Krizek *et al.*, 1993) اندازه‌گیری شد. استخراج چربی با استفاده از حلال n-هگزان و بن‌ماری التراسونیک انجام شد و سپس مشتق سازی نمونه‌های روغن به روش متکالف انجام (Matcalf *et al.*, 1966) و به دستگاه گاز کروماتوگرافی (UNICAM 4600, SB Analytical) ساخت کشور انگلیس تزریق شدند. دستگاه مجهز به آشکارساز (دتکتور) فلیم یونیزاسیون (FID؛ ۲۵۰ درجه سیلسیوس) و ستون کاپیلاری (Agilent J&W HP-FFAP, 10 m × 0.535 mm × 1.00 μm, 19095F-121, USA) بود. به منظور تجزیه آماری و مقایسه میانگین از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. برای تجزیه واریانس از روش مدل خطی عمومی (GLM) استفاده شد. برای مقایسه اثرات اصلی آزمون LSD در سطح پنج درصد بکار برده شد.

نیترژن از منبع اوره به صورت محلول پاشی در شش سطح (۱، ۲، ۳، ۴٪) و محلول پاشی آب مقطر و عدم محلول پاشی) بود. از رقم اصلاحی داخلی سهیل (DH102) موجود در شرکت دانش بنیان بیستون بعنوان بذر مورد استفاده در این تحقیق، استفاده شد. از مشخصات رقم مورد استفاده می‌توان به تیپ رشد بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۸۸ سانتی‌متر، میانگین وزن هزار دانه یک گرم، متوسط عملکرد ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان روغن ۳۰ درصد اشاره کرد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت، به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم قرار گرفته و طول آن‌ها سه متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها در این آزمایش برابر با ۵۰ سانتی‌متر و کشت به صورت خطی و بدون در نظر گرفتن فاصله روی ردیف و در عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متری خاک انجام شد. تراکم نهایی در هر مترمربع حدود ۲۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. تنک کردن بوته‌ها به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله دو برگگی انجام شد. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در طول فصل زراعی انجام شد.

آبیاری با استفاده از روش قطره‌ای و نوارهای آبیاری صورت گرفت و میزان پتانسیل رطوبت خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی، که از طریق دستگاه TDR اندازه‌گیری و محاسبه شده بود، در زمان تنش مورد ارزیابی قرار گرفت. اعمال تیمار رژیم‌های آبیاری در ده درصد گلدهی (BBCH scale; 601) شروع شده و تا مرحله رسیدگی (BBCH scale; 809) ادامه داشت. محلول پاشی حاوی نیترژن با غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد با استفاده از کود اوره گرانوله و آب مقطر تهیه شد. عملیات

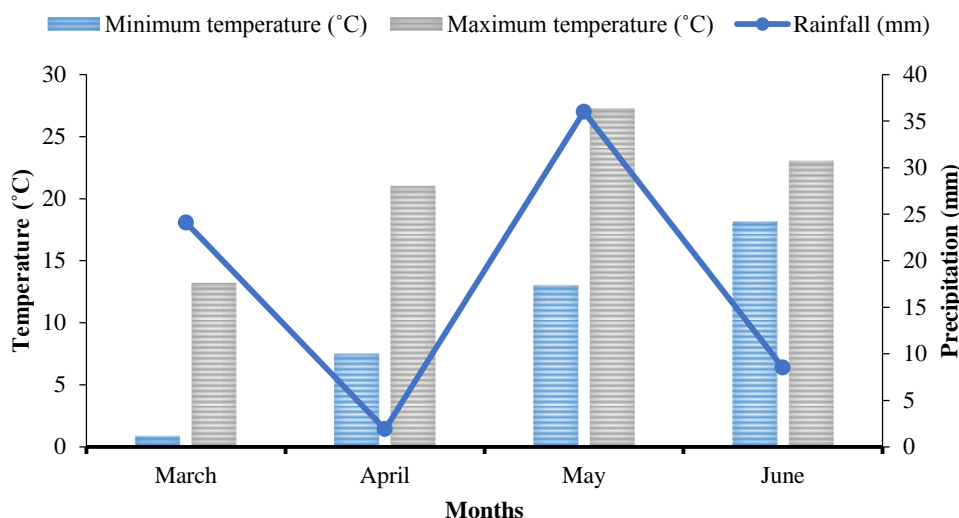


Figure 1. Monthly maximum and minimum air temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ), and precipitation (mm) recorded during the March-June, 2022

Table 1. Soil characteristics of the experimental site

Soil depth (cm)	Texture	OM (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)	pH	EC (dS/m)	OC (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0-30	loamy sand	0.99	187	4.14	0.05	7.95	0.75	0.55	73	16	11
30-60	loamy sand	0.36	147	4.12	0.02	8	0.74	0.21	77	14	9

در جذب و انتقال آسمیلات ها و مواد غذایی در گیاه شود، که این اختلالات باعث کاهش انتقال از منبع به مخزن و در نهایت رشد مطلوب دانه‌ها می‌شود (Hussain *et al.*, 2020). همچنین تنش کم آبیاری می‌تواند باعث کاهش تعداد گل‌ها شود، که در نهایت به کاهش تعداد دانه‌ها و عملکرد کلی گیاه منجر می‌شود (Perveen *et al.*, 2019). قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین دهی عملکرد دانه در کاملینا کاهش داد (Amiri-Darban *et al.*, 2020). عملکرد رابطه نزدیکی با تأمین نیتروژن دارد، با این حال، کمبود نیتروژن در مرحله رشد زایشی در مقایسه با مرحله رشد رویشی، از حساسیت کمتری برخوردار است. (Schultz *et al.*, 2018). کمبود نیتروژن در آفتابگردان می‌تواند باعث کاهش شدید عملکرد دانه از طریق کاهش وزن دانه شود (Arenas-Julio *et al.*, 2021).

## نتایج و بحث

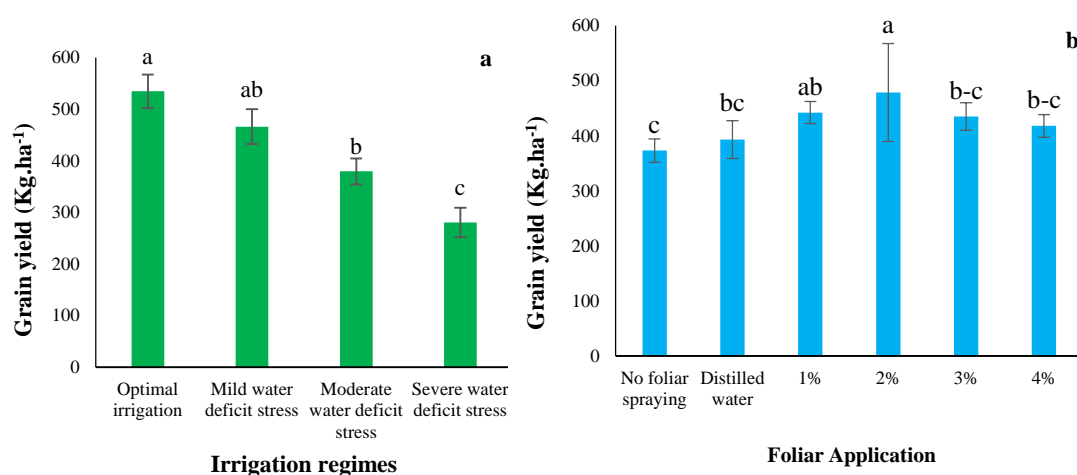
### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری در سطح احتمال ۱٪ و محلول‌پاشی اوره در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری مطلوب و کم آبیاری ملایم یکسان بود. بیشترین عملکرد در آبیاری مطلوب مشاهده شد. عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری ملایم نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) ۱۲/۸۳ درصد کاهش داشت (شکل ۲-a). همچنین نتایج نشان داد در محلول‌پاشی اوره ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد عملکرد دانه یکسان بود و حداکثر عملکرد در محلول‌پاشی اوره ۲٪ به دست آمد. محلول‌پاشی اوره ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) به ترتیب ۱۸/۲۳، ۲۷/۹۵، ۱۶/۳۰ و ۱۱/۷۴ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (شکل ۲-b). کم آبیاری می‌تواند منجر به اختلال

**Table 2. Variance analysis of Grain yield, Oil percent and Oil yield**

S.O.V	df	Mean of squares					
		Grain yield	Oil percent	Oil yield	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Anthocyanin
Block	2	5428/74	0.76	319.03	2.00	0.05	0.00000272
Irrigation regime (I)	3	208321/20**	41.67**	9673.75**	50.21**	1.18**	0.00539672**
Error (a)	6	8241/22	4.65	748.76	1.16	0.01	0.00002698
Urea Foliar Application (F)	5	16556/71*	5.75**	1958.39**	5.43**	0.42**	0.00077111**
I*F	15	1582/37	7.58**	351.86	1.05	0.07**	0.00015037**
Error (b)	40	5571/98	1.46	426.97	0.78	0.01	0.000049
CV(%)		17/63	4.56	18.51	16.85	11.41	11.83

no sign, \* and \*\* show not significant and significant at 5% and 1% level, respectively



**figure 2. Mean comparison of the main effects of irrigation regimes (a) and urea foliar application (b) on grain yield.**

به آبیاری دیم، باعث افزایش درصد روغن شد ( Waraich *et al.*, 2017). در شرایط تنش، به دلیل کاهش فتوسنتز خالص و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، از وزن دانه کاسته می‌شود و نسبت پروتئین دانه به روغن افزایش می‌یابد. به همین دلیل، درصد روغن دانه کاهش می‌یابد همچنین، گزارش شده است که تشدید کم‌آبی در گلرنگ نیز باعث کاهش درصد روغن دانه می‌شود (Fanaei *et al.*, 2015). محلول پاشی کود اوره باعث افزایش معنی‌داری در درصد روغن کلزا شد. (Fazeli Kakhki *et al.*, 2022). به نظر می‌رسد که با افزایش نیتروژن، تولید هیدروکربن‌ها کاهش می‌یابد و نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی به تشکیل پروتئین اختصاص پیدا می‌کند که این امر باعث کاهش میزان روغن دانه می‌شود (Noorullah Khan *et al.*, 2002).

### درصد روغن

تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری، محلول پاشی اوره، و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن دانه هر سه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد روغن در تیمار محلول پاشی کود اوره ۳٪ در شرایط کم آبیاری ملایم و تیمار ۲٪ در شرایط کم آبیاری شدید بدست آمد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که در شرایط کم آبیاری ملایم محلول پاشی کود اوره ۳٪ سبب افزایش ۹/۹۲ درصد نسبت به شاهد و در شرایط کم آبیاری شدید، محلول پاشی کود اوره ۲٪ سبب افزایش ۱۶/۴۶ درصد نسبت به شاهد شد. شرایط محیطی نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین میزان نهایی روغن دانه‌ها دارند. نتایج ارزیابی رشد و عملکرد کاملینا در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که آبیاری تکمیلی نسبت



**Table 3. Mean comparison of the interaction of irrigation regimes and urea foliar application on oil percent, chlorophyll b and anthocyanin**

Irrigation regimes	Nitrogen foliar application	Oil percent	Chlorophyll b	Anthocyanin
		%	mg g <sup>-1</sup> FW	mg g <sup>-1</sup> FW
Optimal irrigation	No foliar spraying	22.02±0.00b	1.14±0.02cd	0.03±0.00c
	Distilled water	22.32±2.94b	1.14±0.01cd	0.04±0.00c
	1%	28.78±1.56a	1.20±0.00c	0.04±0.00c
	2%	25.35±0.00a	1.72±0.05a	0.05±0.00b
	3%	25.37±0.86a	1.06±0.02d	0.06±0.00a
	4%	26.50±1.01a	1.34±0.02b	0.04±0.00c
LSD		2.1692	0.0887	0.0069
Mild water deficit stress	No foliar spraying	26.10±4.46bc	0.98±0.05bc	0.04±0.00d
	Distilled water	24.95±1.12c	0.81±0.02c	0.05±0.00cd
	1%	26.64±1.61 a-c	0.85±0.08c	0.06±0.00ab
	2%	25.44±1.40bc	1.28±0.14a	0.06±0.00a
	3%	29.02±3.67a	1.14±0.01ab	0.05±0.00bc
	4%	27.72±0.94ab	1.13±0.04ab	0.04±0.00d
LSD		2.4287	0.2169	0.0103
Moderate water deficit stress	No foliar spraying	28.00±0.14a	0.45±0.00d	0.05±0.00c
	Distilled water	26.87±1.70ab	0.65±0.11cd	0.05±0.00c
	1%	27.90±1.61a	0.85±0.08bc	0.07±0.00a
	2%	27.10±1.40ab	1.22±0.10a	0.07±0.00ab
	3%	29.02±1.47ab	0.89±0.06bc	0.06±0.00b
	4%	25.10±2.04b	0.96±0.12ab	0.05±0.00c
LSD		2.3353	0.2701	0.0099
Severe water deficit stress	No foliar spraying	26.01±2.14b	0.25±0.02d	0.08±0.00ab
	Distilled water	28.0±1.57b	0.63±0.01c	0.08±0.00 ab
	1%	28.29±1.34b	0.73±0.01a-c	0.09±0.00a
	2%	30.00±2.08a	0.70±0.08b-c	0.08±0.00 ab
	3%	26.00±2.47b	0.88±0.09a	0.09±0.00 ab
	4%	26.72±2.74b	0.84±0.11ab	0.07±0.00b
LSD		1.8223	0.1668	0.02

Optimal irrigation: irrigation (up to field capacity) after depletion of 20% soil available water, Mild water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 40% soil available water, Moderate water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 60% soil available water, severe water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 80% soil available water.

The means with same letters in each column from each level of irrigation regimes, do not have a significant difference.

### عملکرد روغن

ملایم و متوسط نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۱/۲۳ درصد کاهش داشت (جدول ۴). همچنین نتایج نشان داد در رژیم محلول پاشی اوره ۱، ۲ و ۳ درصد، عملکرد روغن یکسان بود و حداکثر عملکرد در محلول پاشی اوره ۲٪ به دست آمد. محلول پاشی اوره ۱، ۲ و ۳ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۲۳/۸۵، ۲۳/۳۷ و ۲۳/۸۱ درصد عملکرد روغن را

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری و محلول پاشی اوره بر عملکرد روغن دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). عملکرد روغن در تیمارهای آبیاری مطلوب، کم آبیاری ملایم و متوسط یکسان بود. بیشترین عملکرد در آبیاری مطلوب مشاهده شد. عملکرد روغن در شرایط کم آبیاری

### پروفایل روغن

بیشترین مقدار اسید چرب پالمیتیک اسید در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد و کمترین مقدار این اسید چرب در تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی آب مقطر مشاهده شد. اسید چرب استئاریک اسید در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد بیشتر و در تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی آب مقطر کمتر از سایر تیمارها بود. اولئیک اسید در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد بیشتر و در تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی اوره ۳ درصد کمتر از سایر تیمارها بود. مقدار لینولئیک اسید در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد بیشتر و در تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی اوره ۳ درصد کمتر از سایر تیمارها بود. مقدار لینولئیک اسید در روغن کاملینا بیشتر از سایر اسیدهای چرب بود.

افزایش داد (جدول ۵). قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین دهی، منجر به کاهش در میزان روغن دانه در گیاه کاملینا شد. (Amiri-Darban *et al.*, 2020). بررسی رشد و عملکرد کاملینا تحت شرایط تیمارهای مختلف کم آبیاری نشان داد که با کاهش دسترسی گیاه به آبیاری، محتوای روغن به طور معنی داری کاهش یافت. (Pavlista *et al.*, 2016). محتوای روغن در شرایط تنش خشکی اصولاً به دلیل اکسید شدن برخی اسیدهای چرب اشباع نشده کاهش می‌یابد. (Singh and Sinha, 2005). تأمین نیتروژن می‌تواند عناصر ضروری را با مراحل رویشی و زایشی هماهنگ کند و باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش مقدار کربن در برگ‌ها شده و در نهایت، منجر به افزایش عملکرد و میزان روغن دانه شود (Hasani Biliani *et al.*, 2018).

**Table 4. Mean comparison of the main effect of irrigation regimes on Oil yield and Chlorophyll a**

Irrigation regimes	Oil yield	Chlorophyll a
	Kg ha <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup> FW
Optimal irrigation	130.66±8.72a	7.22±0.60a
Mild water deficit stress	124.89±11.21a	5.83±0.20b
Moderate water deficit stress	102.92±7.16a	4.32±0.37c
Severe water deficit stress	78.88±8.64b	3.34±0.50d

Optimal irrigation: irrigation (up to field capacity) after depletion of 20% soil available water, Mild water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 40% soil available water, Moderate water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 60% soil available water, severe water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 80% soil available water.

The means with same letters in each column do not have a significant difference.

**Table 5. Mean comparison of the main effect of Urea foliar Application on Oil yield and Chlorophyll a**

Nitrogen foliar application	Oil yield	Chlorophyll a
	Kg ha <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup> FW
No foliar spraying	92.25±1.55c	4.61±0.29b
Distilled water	98.65±8.96c	4.52±0.52b
1%	117.97±4.42ab	5.06±0.57b
2%	128.94±25.14a	6.14±0.43a
3%	117.93±8.57ab	5.93±0.30a
4%	111.08±6.38bc	5.12±0.42b

The means with same letters in each column do not have a significant difference.

مقدار را نشان داد. بر اساس نتایج در کم آبیاری ملایم، متوسط و شدید کلروفیل a به ترتیب ۱۹/۲۵، ۴۰/۱۷ و ۵۳/۷۴ درصد کاهش نسبت به شاهد با آبیاری مطلوب داشت (جدول ۴). همچنین نتایج نشان داد در محلول پاشی اوره ۲ و ۳ درصد کلروفیل a یکسان بود. محلول پاشی اوره ۲ و ۳ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۳۳/۱۹ و ۲۸/۶۳ درصد کلروفیل a را افزایش داد (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، مشاهده شده است که میزان کلروفیل a در گیاه کاملینا به طور معنی داری کاهش می یابد (Nazamolsalami and Sepehri, 2018). از طرفی، تحقیقات نشان داده اند که تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل a در گیاه گلرنگ نیز می شود (Hosseini et al., 2019). علاوه بر این، در آزمایشی با افزایش سطح اوره به صورت محلول پاشی در کاملینا، مشاهده شد که میزان کلروفیل a نیز روند افزایشی دارد (Zarei et al., 2020).

### کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر رژیم های آبیاری، محلول پاشی اوره و اثر متقابل آنها بر کلروفیل b برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b برگ در تیمار محلول پاشی کود اوره ۲٪ در شرایط آبیاری مطلوب به دست آمد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب محلول پاشی کود اوره ۲٪ سبب افزایش ۵۰/۸۸ درصد نسبت به شاهد شد. در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی در کلزا، گزارش شده است که مقدار کلروفیل برگ ها نسبت به آبیاری کامل کاهش می یابد (Eyni-Nargeseh et al., 2020). همچنین، در یک مطالعه دیگر، تنش خشکی سبب کاهش غلظت کلروفیل در گیاه گلرنگ شد (Hosseini et al., 2019). نیتروژن به عنوان یک عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل در گیاهان، به عنوان یکی از عوامل کلیدی در فتوسنتز شناخته می شود. تحقیقات نشان داده است که با افزایش غلظت محلول پاشی اوره در گیاه کاملینا، میزان کلروفیل کل افزایش می یابد (Zarei et al., 2020).

در تیمار کم آبیاری متوسط و محلول پاشی اوره ۴ درصد مقدار این اسید چرب بیشتر و در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی نیتروژن ۴ درصد کمتر از سایر تیمارها بود. اسیدهای چرب ایکوزانوئیک اسید با ۱ و ۳ پیوند دوگانه در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۴ درصد بیشترین مقدار و در تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی اوره ۲ درصد کمترین مقدار را نشان دادند. مقدار ایکوزانوئیک اسید با ۲ پیوند دوگانه در تیمار کم آبیاری ملایم و محلول پاشی اوره ۳ درصد بیشتر و در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی اوره ۲ درصد کمتر از سایر تیمارها بود. بیشترین مقدار اروسیک اسید از تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی اوره ۱ درصد و کمترین مقدار آن از تیمار کم آبیاری شدید و محلول پاشی اوره ۲ درصد به دست آمد (جدول ۶). در مطالعه ای بر روی تأثیر شرایط محیطی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه کلزا مشاهده شد که میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک به ترتیب دو و هشت درصد تحت تنش آبی نسبت به شرایط نرمال کاهش پیدا کرد (Khalatbari et al., 2022). کاهش محتوای لینولئیک اسید تحت تنش آبی در گلرنگ را گزارش شد (Rahmani et al., 2019). کاهش دوره پر شدن دانه بدلیل رسیدگی زود هنگام دانه در شرایط تنش آبی و کاهش زمان تبدیل اولئیک اسید به لینولئیک اسید مهم ترین دلیل کاهش میزان لینولئیک اسید تحت شرایط خشکی عنوان شده است (Nazari et al., 2017).

تغذیه گیاهان و ارقام آنها از عواملی هستند که تعادل بین محیط و خصوصیات ژنتیکی گیاه را تنظیم می کنند. در یک آزمایش روی گیاه آفتابگردان، گزارش شده است که استفاده از کود نیتروژن تأثیر قابل توجهی بر محتوای پروتئین و اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک داشته و باعث افزایش مقادیر آنها شده است (Li et al., 2017).

### کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثرات اصلی رژیم های آبیاری و محلول پاشی اوره بر کلروفیل a در برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). میزان کلروفیل a برگ در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین

**Table 6. Fatty acid profile of camelina under the influence of irrigation regimes and urea foliar application**

Irrigation	Nitrogen foliar application	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	linolenic acid	eicosanoic acid 1	eicosanoic acid 2	eicosanoic acid 3	erucic acid
Optimal irrigation	No foliar spraying	6.87	2.52	15.89	21.25	29.38	2.04	13.66	1.80	3.79
	Distilled water	7.34	2.53	16.14	23.22	27.35	2.24	14.04	1.77	3.64
	1%	7.46	2.54	16.67	22.68	28.24	1.99	13.59	1.72	4.12
	2%	7.20	2.41	16.10	22.68	29.08	2.00	13.42	1.74	3.45
	3%	7.24	2.50	15.98	22.98	28.60	2.09	13.55	1.74	3.54
	4%	7.27	2.52	16.83	23.29	27.27	2.15	13.80	1.69	3.51
Mild water deficit stress	No foliar spraying	7.19	2.54	16.03	22.26	28.32	2.13	14.36	1.76	3.72
	Distilled water	7.10	2.55	15.68	22.50	28.98	2.07	14.02	1.80	3.54
	1%	7.45	2.61	16.44	22.40	28.35	2.04	13.90	1.71	3.39
	2%	7.15	2.52	16.04	22.01	29.26	2.02	13.96	1.71	3.52
	3%	6.82	2.47	15.56	21.46	29.49	2.09	14.68	1.79	3.79
	4%	8.65	3.01	17.71	26.20	30.29	2.38	14.42	1.88	3.71
Moderate water deficit stress	No foliar spraying	6.94	2.41	15.57	21.06	30.59	2.08	14.13	1.80	3.63
	Distilled water	6.92	2.47	16.30	21.48	30.05	1.96	13.86	1.75	3.57
	1%	7.00	2.50	16.08	21.52	29.96	2.04	13.79	1.75	3.61
	2%	7.07	2.52	15.92	21.51	29.71	2.06	14.06	1.70	3.65
	3%	7.11	2.56	16.44	21.80	29.65	1.92	13.65	1.79	3.41
	4%	6.90	2.45	15.44	21.59	30.73	2.02	13.85	1.77	3.52
Severe water deficit stress FC=20%	No foliar spraying	7.10	2.44	15.62	21.51	30.47	2.04	13.66	1.79	3.55
	Distilled water	6.76	2.35	15.82	21.29	31.50	1.91	13.43	1.74	3.46
	1%	6.84	2.50	15.78	21.44	30.72	1.95	13.65	1.73	3.50
	2%	7.34	2.40	15.70	21.96	31.18	1.85	13.69	1.68	3.07
	3%	7.00	2.42	15.12	21.02	31.52	1.95	13.79	1.81	3.53
	4%	6.94	2.38	15.52	21.33	30.34	2.03	13.56	1.74	3.77

Optimal irrigation: irrigation (up to field capacity) after depletion of 20% soil available water, Mild water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 40% soil available water, Moderate water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 60% soil available water, severe water deficit stress: irrigation (up to field capacity) after depletion of 80% soil available water. All numbers in the table are expressed as percentages.

## آنتوسیانین

نیتروژن از طریق افزایش فتوسنتز، منجر به افزایش متابولیت‌های ثانویه مانند آنتوسیانین در گیاهان می‌شود (Hasan Bigi *et al.*, 2019).

## همبستگی بین صفات کاملینا

جدول تجزیه واریانس مشخص کرد که عملکرد دانه با عملکرد روغن ( $r=0.94^{**}$ )، کلروفیل a ( $r=0.90^{**}$ )، و کلروفیل b ( $r=0.83^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد و از طرف دیگر با صفات درصد روغن ( $r=0.41^*$ ) و آنتوسیانین ( $r=-0.69^{**}$ ) همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است (جدول ۷).

مشخص شد که صفاتی نظیر عملکرد پروتئین، عملکرد روغن، درصد روغن درصد پروتئین، تعداد روز تا رسیدگی تعداد روز تا گل دهی، ارتفاع بوته، تعداد روز تا پر شدن دانه، سطح برگ و اسید پالمیتیک بیشترین همبستگی را با هم دارند همچنین مشخص شد که علامت ضرایب عاملی درصد روغن دانه و اسید پالمیتیک منفی و بقیه صفات مثبت می‌باشد. به عبارتی این صفات اثر کاهنده ای بر درصد روغن می‌گذارند با توجه به همبستگی مثبت صفات مذکور با عملکرد دانه و از طرفی همبستگی منفی عملکرد دانه با درصد روغن اثر کاهنده صفات مذکور بر درصد روغن دانه با همبستگی منفی صفات مذکور بر درصد روغن دانه کاملاً مطابقت دارد (Sabokdast *et al.*, 2008).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی اوره و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آنتوسیانین برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که میزان آنتوسیانین برگ در تیمارهای عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی آب مقطر و محلول‌پاشی کود اوره ۱، ۲ و ۳ درصد در شرایط کم آبیاری شدید یکسان بود. بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار کم آبیاری شدید و محلول‌پاشی کود اوره ۱٪ به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط کم آبیاری شدید محلول‌پاشی کود اوره ۱٪ سبب افزایش ۱۲/۵۰ درصد در میزان آنتوسیانین نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد (جدول ۳). آنتوسیانین یک ترکیب فلاونوئیدی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد و طی تنش‌های محیطی افزایش پیدا می‌کند (Sanjari Mijani *et al.*, 2016). نیتروژن با داشتن تأثیر مثبت بر تولید جیبرلین، باعث کاهش میزان آنتوسیانین در گیاه می‌شود. به طور خاص، گزارش شده است که جیبرلین می‌تواند سنتز آنتوسیانین را در برگ‌های ذرت مهار کند (Kim *et al.*, 2006). اثر کودهای نیتروژن بر کاهش میزان ترکیبات فنولی برای آنتوسیانین در گلرنگ نیز تأیید شد. زیرا آنتوسیانین یکی از ترکیبات فنولی می‌باشد کود

Table 7. Correlation coefficient between Camelina traits

No	Traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Grain yield	1.00					
2	Oil percent	-0.41*	1.00				
3	Oil yield	0.94**	-0.09	1.00			
4	Chlorophyll a	0.90**	-0.39	0.84**	1.00		
5	Chlorophyll b	0.83**	-0.40	0.77**	0.79**	1.00	
6	Anthocyanin	-0.69**	0.59**	-0.56**	-0.58**	-0.49*	1.00

\*and \*\* indicate significance at 5% and 1% levels, respectively, and n.s of non-significance.

### نتیجه‌گیری

در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه و مقدار روغن بیشترین مقدار را نشان دادند و تیمار آبیاری مطلوب بهترین عملکرد را داشت. عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری ملایم نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) ۱۲/۸۳ درصد کاهش داشت و محلول‌پاشی نیتروژن ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) به ترتیب ۱۸/۲۳، ۲۷/۹۵، ۱۶/۳۰ و ۱۱/۷۴ درصد عملکرد دانه را افزایش داد. در شرایط کم آبی ملایم، استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن با غلظت ۳٪ منجر به افزایش بیشتری در عملکرد دانه و مقدار روغن نسبت به سایر غلظت‌ها شد. عملکرد روغن در شرایط کم آبی ملایم و متوسط نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۱/۲۳ درصد کاهش داشت. همچنین محلول‌پاشی نیتروژن ۱، ۲ و ۳ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) به ترتیب ۲۳/۸۵، ۳۵/۳۷ و ۲۳/۸۱ درصد عملکرد روغن را افزایش داد. در شرایط کم آبیاری شدید، تیمار کود نیتروژن با غلظت ۲٪ منجر به بیشترین

میزان روغن دانه و کلروفیل a و b شد. در مورد میزان آنتوسیانین، در شرایط کم آبیاری شدید، استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن با غلظت ۱٪ منجر به افزایش بیشتری در میزان آنتوسیانین نسبت به سایر تیمارها شد. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار کم آبیاری ملایم و محلول‌پاشی نیتروژن ۴ درصد بیشترین مقادیر اسید چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک و لینولئیک را ارائه کرد. از سوی دیگر، بیشترین مقدار اروسیک اسید از تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی نیتروژن ۱ درصد به دست آمد. بنابراین، به صورت کلی، در شرایط کم آبیاری شدید، استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن با غلظت ۱٪ می‌تواند بهترین تیمار باشد. در شرایط دیگر، استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن با غلظت ۲٪ یا ۳٪ به ترتیب برای کم آبی متوسط و ملایم توصیه می‌شود.

### سپاس‌گزاری

از دانشگاه تربیت مدرس بخاطر تأمین مالی برای پیشبرد این پژوهش قدردانی می‌شود.

### References

- Ahmed, Z., Liu, J., Waraich, E. A., Yan, Y., Qi, Z., Gui, D., ... & Zhang, Z. (2020). Differential physio-biochemical and yield responses of *Camelina sativa* L. under varying irrigation water regimes in semi-arid climatic conditions. *Plos one*, 15(12), e0242441
- Alberghini, B., Zanetti, F., Corso, M., Boutet, S., Lepiniec, L., Vecchi, A., & Monti, A. (2022). Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) seeds as a multi-purpose feedstock for bio-based applications. *Industrial Crops and Products*, 182, 114944.
- Amiri-Darban, N., Nourmohammadi, G., Shirani Rad, A. H., Mirhadi, S. M. J., & Majidi Heravan, I. (2020). Investigating the effect of ammonium sulfate and potassium sulfate application on seed and oil yields of camelina (*Camelina sativa* L.) under late-season drought stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(2), 239-251. [In Persian]
- Arenas-Julio, Y. R., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C., Rodriguez-Gonzalez, M. T. & Sosa-Montes, E. (2021). Sunflower profitability and grain yield as function of soil type, nitrogen and biofertilizer. *Biocencia*: 23(1):45-51
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23: 112-121
- Eidhin, D. N., & OBeirne, D. (2010). Oxidative stability and acceptability of Camelina oil blended with selected fish oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112, 878-886
- Eyni-Nargeseh, H., Aghaalikhani, M., Shirani Rad, A. H., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Modares Sanavy, S. A. M. (2019). Physiological and agronomic response of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes to late-season drought stress under Karaj climatic condition. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 29(2), 79-95.

- Fanaei, H., Keikha, H. & Piri, I. (2015). Effect of seed priming on grain and oil yield of safflower under water deficit conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 2(2), 49-59. [In Persian]
- Fazeli Kakhki, S. F., Goldani, M., Soleimani Fard, F., & Bikzadeh, N. (2022). Response of two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in terms of growth indices, yield and yield components to method of nitrogen fertilizer application in Gonbad-e Qabus plain. *Journal of Crop Ecophysiology*, 16(62), 255-270 [In Persian]
- Francki, M., Ghamkhar, K., Croser, J., Aryamanesh, N., Campbell, M., Kon'kova, N., & Francis, C. (2010). Camelina (*Camelina sativa* L.) as an alternative oilseed molecular and ecogeographic analyses. *Genome*, 53(7): 558-567
- Ganjineh, E., Babaii, F., Mozafari, A., Heydari, M. and Naseri, R. (2019). Effect of urea, compost, manure and biofertilizers on yield, percentage and composition of fatty acids of sesame seed oil (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Cellular and Molecular Biology* (Noisy-le-Grand, France), 65(5): 64-72.
- Ghorbani, H., Majidian, P., & Ramazanpour, M. (2020). Cultivation of camelina oilseed plant in Mazandaran Province. Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. [In Persian]
- Govt. of Pakistan. Economic Survey of Pakistan (2007) Ministry of Food, *Agriculture and Livestock*, Islamabad, pp. 21-22.
- Hasan Bigi, H., Saeedi, M., & Mohammadi, M. (1398). The effects of foliar application of gibberellic acid and nitrogen on morphophysiological indices of safflower plant under Ilam regional climatic conditions. Master's thesis, University of Ilam. [In Persian]
- Hasani Biliyani, M., Tadini, M., & Fadaei Tehrani, A. (2018). The effect of biofertilizer phosphate and the application of chemical fertilizers nitrogen, phosphorus, and sulfur on the growth, yield, and oil percentage of Camelina (*Camelina sativa* L.). Master's thesis, Shahrekord University. [In Persian]
- Hosseini, R., Rahnema Ghaefarrokh, A., & Maskarabashi, M. (2019). Investigation of morphophysiological traits of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars and genotypes under drought stress conditions. Master's thesis, Chamran University of Ahvaz. [In Persian]
- Hunter J, Roth G. (2010). Camelina production and potential in Pennsylvania, *Agronomy Facts 72*. College of Agricultural Sciences, *Crop and Soil Sciences*, Pennsylvania State University, State College.
- Hussain, S., Khaliq, A., Noor, M. A., Tanveer, M., Hussain, S., & Afzal, I. (2020). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*, 241, 106356.
- Khalatbari, A., Shirani Rad, A., Valadabady, S. A., Sayfzadeh, S., & Zakerin, H. (2022). Yield components and fatty acids variation of canola cultivars under different irrigation regimes and planting dates. *Gesunde Pflanzen*, 74(1), 17-27. [In Persian]
- Kim, J. S., Lee, B. H., Kim, S. H., Oh, K. H. & Cho, K. Y. (2006). Responses to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in nonchlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. *Journal of Plant Biology*, 49 (1): 16-25.
- Kohnaward, P., Jalilian, J., Pirzad, A. (2012). Effect of foliar application of micronutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3(7): 1460-1469. [In Persian]
- Krizek, D. T. Kramer G. F. Upadhyaya A. & Mirecki R. M. (1993). UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halid and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiology of Plant*. 88:350-358.
- Li, W.P., Shi, H.B., Zhu, K., Zheng, Q., & Xu, Z. (2017). The quality of sunflower seed oil changes in response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 109(6), 2499-2507.
- Matcalf, I.c. schmirz, A. A. and pelka, J.R. (1966). Rapid perparation of methyl esters from lipid for gas choromatography analytical chemistry, 38:514-515.
- Morshedi, A. & Naghibi, H. (2001). Effect of urea spray application on yield, yield components, oil and protein content of rape seed. In: *Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress*, 26- 29 Aug. Shahr Kord University, Shahr Kord, Iran. [In Persian]

- Moser B.R. (2010). Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as a biofuels feedstock: Golden opportunity or false hope?. *Lipid Technology* 22: 270-273.
- Moser, B. R., Dien, B. S., Seliskar, D. M., Gallagher, J. L., & Isbell, T. A. (2015). Variability in camelina seed oil composition and implications for use as a biofuel. *Energy & Fuels*, 29(4), 2506-2514.
- Nabihi, A., & T., Ashour. (1983). Effect of soil and foliar application of nitrogen during pod development on the yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) plants. *Field Crops Research*, 6: 261-266.
- Nazamolsalami, M., & Sepehri, A. (2018). The effect of calcium chloride on the growth and some physiological characteristics of Camelina (*Camelina sativa*) seedlings under water stress and low temperature. Master's thesis, Bu-Ali Sina University. [In Persian]
- Nazari, M., Mirlohi, A., & Majidi, M. M. (2017). Effects of drought stress on oil characteristics of *Carthamus* species. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(2), 247-256.
- Noorullah Khan A J, Ahmad Khan I & Khan N. (2002). Response of canola to nitrogen and sulphur nutrition. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1: 516- 518.
- Pavlista, A. D., Hergert, G. W., Margheim, J. M. & Isbell, T. A. (2016). Growth of spring camelina (*Camelina sativa*) under deficit irrigation in western Nebraska. *Industrial Crops and Products*, 83: 118-123.
- Perveen, A., Qamar, Z. U. R., Nadeem, M., Ahmed, W., Ijaz, M. W., Akram, M., ... & Ahmed, S. (2019). Influence of water stress on floral biology, fruit set, seed setting, seed development and yield attributes of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Scientia Horticulturae*, 243, 414-420.
- Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S. A., & Hadidi Masouleh, E. (2019). Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. *International Journal of Plant Production*, 13(4), 297-308. [In Persian]
- Rezaie, H. & Makakouti, M. J. (2003). Nutrition of oil seed crops, optimum fertilization of Tech. report. No. 116. *Agricultural Education Press*, Karaj, Iran, pp 35. [In Persian]
- Rokka, T., Alén, K., Valaja, J., & Ryhänen, E. L. (2002). The effect of a *Camelina sativa* enriched diet on the composition and sensory quality of hen eggs. *Food research international*, 35(2-3), 253-256.
- Sabokdast, M., Zinali Khanghah, H. & Khialparast, F. (2008). Effect of Yield and Its Components on Seed Oil Content, Protein Content and Fatty Acid Composition in Soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 39(1). [In Persian]
- Salardini, A. (1995). *Soil fertility*. University of Tehran Press. pp. 441. [In Persian]
- Sanjari Mijani, M., Sirous Mehr, A., & Fakhri, B. (2016). The Effects of Drought Stress and Humic Acid on Morphological Traits, Yield and Anthocyanin of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal Of Agroecology*, 8(3), 346-358. doi: 10.22067/jag.v8i3.35508.[In Persian]
- Schultz, E., DeSutter, T., Sharma, L., Endres, G., Ashley, R., Bu, H. and Franzen, D. (2018). Response of sunflower to nitrogen and phosphorus in North Dakota. *Agronomy Journal*. 110(2): 685-695.
- Singh, S. & Sinha, S. (2005). Accumulation of metals and its effects in Brassica juncea (L.) Czern. (cv. Rohini) grown on various amendments of tannery waste. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62, 118-127.
- Tohidi, M. (2016). Improvement of soybean (*Glycine max* L.) performance with urea foliar spray at growth stages. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(2), 345-362. [In Persian]
- Wallace, A. J., Armstrong, R. D., Grace, P. R., Scheer, C., & Partington, D. L. (2020). Nitrogen use efficiency of 15N urea applied to wheat based on fertiliser timing and use of inhibitors. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 116(1), 41-56.
- Waraich, E. A., Ahmad, R., Ahmad, R., Ahmed, Z. E. E. S. H. A. N., Ahmad, Z., Barutcular, C., ... & Sabagh, A. (2020). Comparative study of growth, physiology and yield attributes of camelina (*Camelina sativa* L.) and canola (*Brassica napus* L.) under different irrigation regimes. *Pak. J. Bot*, 52(5), 1537-1544.



- Xu, A., Li, L., Xie, J., Wang, X., Coulter, J. A., Liu, C., & Wang, L. (2020). Effect of long-term nitrogen addition on wheat yield, nitrogen use efficiency, and residual soil nitrate in a semiarid area of the loess plateau of China. *Sustainability*, 12(5), 1735.
- Zarei, Sh., Hasibi, P., Kahrazi, D., Safi Aldini Ardabili, S. M. (2020). Eco-physiological investigation of the effect of planting time and nitrogen on *Camelina sativa* in Ahvaz climatic conditions and its biodiesel properties. Master's thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian]
- Zubr, J. (1997) Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Ind Crops Prod* 6: 113-119.