

Study of Agronomic and Biochemical Traits of Doubled Haploid Camelina Lines under Rainfed Conditions in Kermanshah

Hossein Rostami-Ahmadvandi^{1*} , Danial Kahrizi², Mehdi Jamshid Moghaddam¹, Mehdi Geravandi¹

1. Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Kermanshah, Iran.

2. Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Correspondence:

Hossein Rostami-Ahmadvandi

Email: h.rostami83@gmail.com

Received: 27, Jan. 2025

Accepted: 14, Jan. 2026

How to cite:

Rostami-Ahmadvandi, H., Kahrizi, D., Jamshid Moghaddam, M., & Geravandi, M. (2025). Study of Agronomic and Biochemical Traits of Doubled Haploid Camelina Lines under Rainfed Conditions in Kermanshah. *Crop Biotechnology*, 15 (1), 1-10.

(DOI: [10.30473/cb.2026.73533.2002](https://doi.org/10.30473/cb.2026.73533.2002))

ABSTRACT

Camelina is recognize as a sustainable and environmentally friendly source for oil and biofuel production due to its adaptability to harsh climate cimditions. In this study, 134 pure double haploid lines of Camelina were evaluated in an augment experiment in terms of relevant agronomic and biochemical traits under dryland conditions. Seeds of each pure line were sown in an experimental unit and in four one-meter rows at the Dryland Agricultural Research Institute (DARI) Kermanshah, Iran. The measured traits included grain yield per unit area, plant height, days to flowering, days to maturity, thousand-seed weight, seed oil percentage, and other traits related to seed oil yield and quality. The results of the analysis of variance of morphological and phenological traits of this experiment showed that the studied lines had significant differences in all measured traits. The highest seed yield was 129.5, 110, 106 and 101 g/m² for lines DH82, DH 100, DH 72 and Soheil cultivar, respectively. The highest seed oil and protein content was 39.28 and 31.31 percent for lines DH 45 and DH 133, respectively, and the lowest was for lines DH 97 and DH 98, respectively. The average oil and protein content of the seeds across all lines was 36.57% and 28.53%, respectively.

KEYWORDS

Oil crops, Camelina, Oil quality.



«مقاله پژوهشی»

بررسی صفات زراعی و بیوشیمیایی لاین‌های هاپلوئید مضاعف‌شده کاملینا در شرایط دیم کرمانشاه

حسین رستمی احمدوندی^{۱*} , دانیال کهریزی^۲، مهدی جمشیدمقدم^۱، مهدی گراوندی^۱

چکیده

کاملینا به دلیل سازگاری با شرایط آب‌وهوایی سخت، به عنوان یک منبع پایدار و سازگار با محیط زیست برای تولید روغن و سوخت زیستی شناخته می‌شود. در این پژوهش تعداد ۱۳۴ لاین هاپلوئید مضاعف‌شده کاملینا به صورت آزمایش آگمنت از نظر صفات زراعی و بیوشیمیایی در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذور هر لاین خالص در یک واحد آزمایشی و در چهار ردیف یک متری در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (کرمانشاه) کشت شدند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه در واحد سطح، ارتفاع بوته، روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزاردانه، درصد روغن دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت روغن دانه بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فنولوژیک این آزمایش نشان داد که لاین‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات اندازه‌گیری شده دارای تفاوت معنی‌دار بودند. بیشترین عملکرد دانه با ۱۲۹/۵، ۱۱۰، ۱۰۶ و ۱۰۱ گرم بر مترمربع به ترتیب مربوط به لاین‌های شماره ۸۲، ۱۰۰، ۷۲ و رقم شاهد سهیل بود. بیشترین میزان روغن و پروتئین بذر با ۳۹/۲۸ و ۳۱/۳۱ درصد به ترتیب مربوط به لاین‌های ۴۵ و ۱۳۳ و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به لاین‌های ۹۷ و ۹۸ بود. میانگین میزان روغن و پروتئین بذر تمامی لاین‌ها نیز به ترتیب برابر با ۳۶/۵۷ و ۲۸/۵۳ درصد بود.

واژه‌های کلیدی

دانه‌های روغنی، کاملینا، کیفیت روغن.

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۲. استاد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

حسین رستمی احمدوندی

رایانامه: h.rostami83@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۴

استناد به این مقاله:

رستمی احمدوندی، حسین؛ کهریزی، دانیال؛ جمشیدمقدم، مهدی و گراوندی، مهدی (۱۴۰۴). بررسی صفات زراعی و بیوشیمیایی لاین‌های هاپلوئید مضاعف‌شده کاملینا در شرایط دیم کرمانشاه، فصلنامه علمی زیست‌فناوری گیاهان زراعی، ۱۵ (۱)، ۱-۱۰.

(DOI: [10.30473/cb.2026.73533.2002](https://doi.org/10.30473/cb.2026.73533.2002))

مقدمه

بخش کشاورزی بزرگترین بخش مصرف کننده منابع آب زیرزمینی در کشور است. به دلیل استفاده از شیوه‌های منسوخ آبیاری و کاشت محصولات پرمصرف، بیش از ۷۰٪ آب مصرفی در بخش کشاورزی هدر رفته و تنها کمتر از ۳۰٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر بحران کم آبی در منطقه جنبه‌های مهم زندگی مردم بخصوص کشاورزان را تحت تاثیر قرار داده است. طبق پیش‌بینی‌های سازمان جهانی فائو تا سال ۲۰۳۰ چندین استان غربی ایران درگیر مسئله خشکسالی می‌شوند که استان کرمانشاه در راس آنها قرار دارد و این احتمال وجود دارد که میزان بارندگی‌های این استان تا ۳۰ درصد کاهش پیدا کند (Miri et al., 2011).

روغن‌های نباتی تولید شده به‌طور عمده از دانه‌های روغنی نظیر سویا، آفتابگردان، پنبه دانه، بادام زمینی و کلزا به دست می‌آید. امروزه صنعت روغن‌کشی و تولید روغن نباتی در اغلب کشورهای جهان جزو صنایع راهبردی محسوب می‌شود. در ایران نیز اراضی قابل کشت وسیع و زمینه‌های مساعدی برای کشت دانه‌های روغنی وجود دارد اما متأسفانه براساس آمارهای موجود هنوز بیش از ۸۵ درصد روغن مورد نیاز کشور از خارج تامین می‌شود (Ghamarnia et al., 2019).

با این وجود نیاز به محصولات روغنی جدید با سازگاری بیشتر و احتیاجات آبی کمتر به شدت احساس می‌شود چرا که گیاهان روغنی رایج مانند سویا، آفتابگردان و کلزا علی‌رغم مزیت‌های زیادی که دارند، دارای محدودیت‌هایی نیز هستند از قبیل سازگاری پایین با اقلیم‌های مختلف موجود در ایران، نیاز آبی و احتیاجات کودی نسبتاً بالا و حساسیت به انواع بیماری‌ها و آفات (Robinson, 1987).

در این میان گیاه دانه روغنی کاملینا با نام علمی *Camelina sativa* از خانواده براسیکاسه نظر به خصوصیات منحصر بفرد زراعی و تنوع در کاربردهای روغن استحصال شده از آن، یکی از گزینه‌های اصلی برای توسعه دانه‌های روغنی بخصوص در اراضی کم‌بازده و حاشیه‌ای به شمار می‌رود (Zanetti et al., 2021).

علاوه بر این، کاملینا مقاومت بسیار بالایی نسبت به آفات و بیماری‌هایی دارد که در سایر دانه‌های روغنی خسارات عمده‌ای به بار می‌آورند. پتانسیل تولید عملکرد بالا در گیاه کاملینا در شرایط مختلف احصا شده و امکان قرار گرفتن آن به‌عنوان گزینه مناسب در تناوب با غلات، مناسب گزارش شده است (Imbrea et al., 2011; McVay, 2008). این گیاه در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است و مهمترین مزیت آن مقاومت فوق العاده آن به خشکی و سرمای بهاره است (Zanetti et al., 2024).

نقشه ژنوم گیاه کاملینا برای اولین بار توسط Gehringer et al. (2006) رسم گردید. پس از آن Singh et al. (2015) با استفاده از ۷۶۸ نشانگر SNP و روش Illumina GoldenGate SNP array نقشه ژنومی را توسعه دادند. Vollmann et al. (2005) آنالیز DNA به وسیله نشانگر RAPD برای بررسی تنوع کاملینای رشد یافته در سه میکرومحیط متفاوت در استرالیا انجام دادند و چهار گروه فنوتیپی را گزارش دادند. در این مطالعه تنها ۶۳٪ از ۳۰ نشانگر مورد بررسی پلی‌مورف بودند. این موضوع نشان‌دهنده تنوع کم گیاه خودگرد افشان کاملینا نسبت به گیاهانی است که با درصد بالایی از سیستم دگرگرفته‌افشانی تولید مثل می‌کنند. یک محدودیت مهم در هر مطالعه بررسی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی، اطمینان از تنوع کافی و سازگار با محیط زیست جغرافیایی مجموعه مورد نظر است. بسیاری از لاین‌های کاملینا تنوع کمی را در مقدار روغن و پروتئین و همچنین ترکیبات اسید چرب نشان می‌دهند. این موضوع برای ایجاد تنوع در کاملینا تحت شرایط زیست‌محیطی مختلف حائز اهمیت خواهد بود. ایجاد تنوع و بررسی آن برای کاملینا با توجه به برنامه‌های به‌نژادی برای ایجاد ویژگی‌های مثبت و بررسی آنها در مناطق مختلف امری ضروری است.

ایجاد گیاهان هاپلوئید مضاعف شده حاصل از کشت بساک یکی از روش‌های رایج و مناسب توسعه تنوع و اصلاح در گیاه کاملینا است (Vollmann & Eynck, 2015). جهت مفید واقع شدن روش هاپلوئیدی در

اصلاح گیاهان زراعی، هاپلوئیدها بایستی به‌صورت مؤثر و در دامنه وسیعی از گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها تولید شوند (Dwivedi et al., 2015).

نتایج محققان نشان داده است که جنین‌زایی میکروسپورهای گیاهان جنس براسیکا وابسته به ژنوتیپ است و تنوع ژنتیکی بالایی در صفات جنین‌زایی برای ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد. در ایران، در ابتدای پروژه توسعه کاملینا، لاین DH1025 تولید شد که هم‌اکنون تحت عنوان رقم سهیل در سطح وسیع کشت می‌گردد (Kahrizi et al., 2015). ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های پیشرفته پر روغن کاملینا تحت شرایط دیم استان لرستان در سال ۱۴۰۲ انجام شده است و تنوع قابل ملاحظه‌ای بین لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده مطالعه شده مشاهده شده است (Amiri et al., 2023). تنوع ژنتیکی این لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده با نشانگرهای مولکولی نیز بررسی شده است. بعنوان مثال تنوع ژنتیکی در ۳۲ لاین هاپلوئید مضاعف شده کاملینا با استفاده از ۱۱ آغازگر ترکیبی REMAP مورد ارزیابی قرار گرفته است. هشت آغازگر نوارهای واضح و قابل امتیازدهی تولید کردند و در مجموع ۷۴ قطعه تولید گردید که ۵۹ قطعه (۷۹٪/۷۲) چندشکل بودند (Minaei Chenar et al., 2022).

نظر به هدف وزارت جهاد کشاورزی برای توسعه کشت کاملینا در تمام اقلیم‌های دیم کشور، ایجاد تنوع در این گیاه و معرفی ارقام جدید ضروری به نظر می‌رسد. برای اصلاح و ایجاد ارقام جدید داشتن اطلاعات تنوع ژنتیکی برای تولید محصول بالاتر، کیفیت بهتر و مقاوم به شرایط نامساعد لازم است. لاین‌های مورد مطالعه حاصل از کشت بساک نتاج تلاقی برخی ارقام تجاری کاملینا در اروپا بوده (Kahrizi et al., 2015) و با هدف ارزیابی صفات زراعی و بیوشیمیایی در شرایط دیم در کرمانشاه در این پژوهش کشت شده‌اند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۱۳۴ لاین هاپلوئید مضاعف شده محصول دانه روغنی کاملینا به‌صورت آزمایش بدون تکرار (آگمنت) از نظر عملکرد دانه، صفات زراعی و برخی

خصوصیات بیوشیمیایی مرتبط تحت شرایط دیم شهرستان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفتند (لاین شماره ۳۷ به علت میزان بذر کم تولیدی حذف گردید). بذور هر لاین در یک واحد آزمایشی (بر مبنای یک گرم در متر مربع) و در چهار ردیف یک متری با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر در آذر ماه ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (ایستگاه سرارود) واقع در ۳۰ کیلومتری شرق کرمانشاه کشت شد. قبل از کاشت آماده‌سازی زمین با استفاده از چپزل و دیسک انجام و خطوط کاشت با استفاده از دستگاه هاسیا مشخص شدند. در این تحقیق از هیچ‌گونه کود اعم از زیستی و شیمیایی در مراحل مختلف رشد استفاده نشد. مبارزه با علف‌های هرز بین بلوک‌ها با استفاده از روتواتور باغی و داخل کرت‌ها به‌علت رقابت خوب کاملینا با علف‌های هرز، هیچگونه مبارزه مکانیکی یا شیمیایی انجام نشد. از رقم معرفی شده سهیل و نیز لاین‌های شماره ۸۲ و ۱۰۰ به عنوان شاهد در بلوک‌های مختلف به تناوب استفاده گردید. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه در واحد سطح، ارتفاع بوته، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه، درصد روغن و سایر صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت روغن دانه بود. تعیین پروفایل اسیدهای چرب دانه و تعیین درصد محتوی پروتئین دانه در دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد.

استخراج روغن و مشتق سازی آن

ابتدا بذور هر لاین بصورت جداگانه تمیز و بصورت دستی پودر شد. استخراج روغن از نیم گرم از نمونه‌های پودر شده بذر با استفاده از دستگاه سوکسله و هگزان نرمال به‌عنوان حلال و به مدت هشت ساعت، انجام شد. اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن بعد از حذف حلال تحت شرایط خلأ صابونی شدند. سپس اسیدهای چرب به‌دست‌آمده با استفاده از روش Lepage & Roy (1984) متیلی شدند.

مشتق متیلی اسیدهای چرب، بعد از سرد شدن در دمای اتاق و حذف حلال برای بررسی به روش کروماتوگرافی گازی جدا شد و این استخراج برای هر نمونه سه بار تکرار شد.

تجزیه اسیدهای چرب آزاد به روش کروماتوگرافی

گازی

برای جداسازی و شناسایی انواع اسیدهای چرب، دستگاه کروماتوگرافی گازی (Varian CP3800) متصل به آشکارساز FID و مجهز به ستون سیلیکای قطبی (TR-CN100 poly[bicyanopropyl]siloxane) (طول ستون: ۶۰ متر، قطر داخلی: ۰/۲ میلی متر، ضخامت فیلم: ۰/۲ میکرومتر) (Teknokroma Co, Barcelona, Spain) مورد استفاده قرار گرفت. گاز حامل استفاده شده نیز گاز هلیوم با جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه بود.

برنامه دمایی ستون با دمای ۱۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲ دقیقه آغاز و سپس با افزایش دمای ۳ درجه در دقیقه ادامه یافت تا به دمای نهایی به ۲۳۰ درجه سانتی گراد رسید و به مدت ۳ دقیقه در همین دما باقی ماند. نسبت شکاف در اتاقک تزریق در این آزمایش ۲۵:۱ بود.

دمای اتاقک تزریق و آشکارساز ۲۹۰ درجه سانتی گراد و حجم عصاره برای تزریق ۱ میکرو لیتر بود. اجزای هر نمونه با استفاده از نرم افزار Workstation (V 6.4) تجزیه و مورد بررسی قرار گرفت. مقدار اسیدهای چرب بر اساس درصد روغن کل و با مقایسه سطح زیر قله آن‌ها با نمونه‌های استاندارد (C:12-C:24، شرکت سیگما) محاسبه شد.

تعیین درصد روغن و پروتئین

درصد محتوی روغن با استفاده از دستگاه NMR مدل آکسفورد در آزمایشگاه کیفیت روغن معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم به روش غیر تخریبی و روی ۲۰ گرم بذر کاملاً خالص و تمیز در داخل استوانه شیشه‌ای انجام شد. درصد پروتئین دانه به روش کلدال و از حاصل ضرب درصد نیتروژن در عدد ثابت ۶/۲۵ تعیین گردید. برای این منظور یک گرم از دانه پودر شده به روش خشک سوزانی در کوره الکتریکی خاکستر شده و پس از حل در اسید کلریدریک ۲ مولار غلظت نیتروژن به وسیله دستگاه جذب اتمی براساس روش Rathke & Diepenbrock (2005) اندازه گیری شد.

وضعیت بارندگی و دما در ایستگاه سرارود

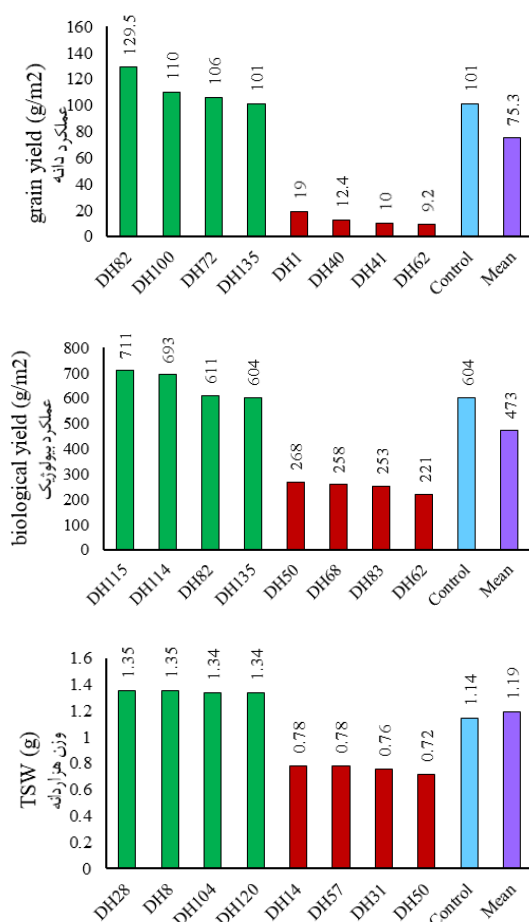
میزان مجموع بارندگی در محل انجام آزمایش (بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک سرارود) در سال زراعی ۹۸-۹۷ برابر با ۷۸۲/۵ میلی متر بود. پراکنش بارندگی در پاییز ۳۱۷/۷ در زمستان ۲۳۷/۳ و در بهار ۲۲۷/۵ میلی متر بوده است. به عبارت دیگر، ۴۰/۶۰ درصد بارش‌ها در پاییز ۳۰/۳۲ درصد در زمستان و ۲۹/۰۸ درصد در بهار بوقوع پیوسته است. داده‌های درجه حرارت نشان می‌دهند که متوسط دمای سال زراعی اخیر ۱۴/۱۱ درجه سانتی گراد و مجموع روزهای بارانی ۹۸ روز بوده است (جدول ۱).

جدول ۱. جدول اطلاعات هواشناسی ایستگاه سرارود- سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

Table 1. Meteorological information table for Sararood station 2018-2019

دمای میانگین Mean temp	تعداد روزهای بارانی Nubmer of rainy days	مجموع بارندگی Rainfall (mm)		
19.8	9	25.6	Sep.22-Oct.21	مهر
12.4	12	140	Oct.22-Nov.21	آبان
7.2	17	152.1	Nov.22-Dec.20	آذر
2.7	9	56.4	Des.21-Jan.19	دی
4.2	10	117.1	Jan.20-Feb.18	بهمن
5.1	12	63.8	Feb.19-Mar.19	اسفند
9.6	20	208.5	Mar.20-Apr.19	فروردین
15.5	8	18.6	Apr.20-May.20	اردیبهشت
23.5	1	0.4	May.21-Jun.20	خرداد
26.9	0	0	Jun.21-Jul.21	تیر
28.4	0	0	Jul.22-Aug.21	مرداد
14.11	98	782.5		مجموع Total

نسبت به مطالعات پیشین باشد. اما با این وجود هم راحتی می‌توان با این ارتفاع نسبت به برداشت مکانیزه اقدام نمود.



شکل ۱. نمودار مقایسه برخی صفات زراعی لاین‌های مورد مطالعه کاملینا. چهار لاین دارای بیشترین مقدار هر صفت با رنگ سبز و چهار لاین دارای کمترین مقدار با رنگ قرمز نشان داده شده است.

Figure 1. Comparison of some agronomic traits of the studied Camelina lines. The four genotypes with the highest and lowest values of each trait are shown in green and red respectively.

ریزبودن اندازه بذر گیاه کاملینا یکی از مشکلات پیش روی توسعه کشت آن در حوزه به‌زراعی است چرا که استقرار آن را در خاک بخصوص در کشت وسیع و انجام عملیات مکانیزه با مشکل مواجه می‌کند. وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های مختلف این گیاه حدود یک گرم است اما در سال‌های اخیر مطالعاتی برای افزایش اندازه بذر با روش‌های اصلاح کلاسیک، روش‌های بر پایه مهندسی

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک و فنولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فنولوژیک در این پژوهش تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات اندازه‌گیری شده را نشان داد. نتایج آزمون معنی‌داری به همراه آماره‌های میانگین، مقادیر حداقل و حداکثر صفات اندازه‌گیری شده و مقدار LSD برای هر صفت در جدول (۲) ارائه شده است.

به‌طور خلاصه نتایج مقایسه میانگین براساس صفات مورد بررسی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (بیشتر از یک تن در هکتار) با ۱۲۹/۵، ۱۱۰، ۱۰۶ و ۱۰۱ گرم بر متر مربع به ترتیب مربوط به لاین‌های ۸۲، ۱۰۰، ۷۲ و رقم شاهد سهیل (شماره ۱۳۵) بود (شکل ۱).

در اولین تجربه کاشت کاملینا در ایران در شرایط دیم استان کرمانشاه (سال زراعی ۹۱-۹۲ با میزان بارندگی ۸۱۲ میلی‌متر) و براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس گزارش شد که در دو زمان کشت مختلف، از نظر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به غیر از تعداد بذر در غلاف، تعداد شاخه، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف در شاخه، تعداد بذر در غلاف و ارتفاع گیاه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. با توجه به اینکه تیمار در این مطالعه دو تاریخ کشت بود، بنابراین اختلاف معنی‌دار در جدول، بیانگر برتری مقادیر بیشتر صفت در تاریخ کشت مربوطه می‌باشد. بیشترین عملکرد مربوط به تاریخ کشت اول (۱۵ آبان) با ۲۱۷/۶۶۷ گرم در مترمربع و بیشترین بیوماس نیز مربوط به همین تاریخ کشت با ۵۱۴/۳۳۳ گرم در مترمربع بود (Kahrizi et al., 2015).

بیشترین مقدار وزن هزاردانه با ۱۳۵۱/۶۶ میلی‌گرم در لاین شماره ۲۸ مشاهده شد. لاین شماره ۷۸ با ۱۹۹ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و لاین شماره ۱ با ۱۸۵ روز تا رسیدگی به ترتیب دیررس‌ترین و زودرس‌ترین لاین‌ها بودند. بیشترین ارتفاع بوته (۸۶/۵ سانتی‌متر) مربوط لاین شماره ۱۲۳ بود و رقم شاهد سهیل ارتفاعی در حدود ۷۹ سانتی‌متر داشت. به‌نظر می‌رسد کشت دیر هنگام لاین‌ها (یکم آذرماه) و عدم زمان کافی برای رشد گیاه قبل از مرحله روزت دلیل ارتفاع پایین‌تر لاین‌ها

میزان درصد اسیدهای چرب در لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده کاملینا در شرایط اقلیمی کرمانشاه در این پژوهش در جدول (۳) نشان داده شده است که مطابق انتظار بیشترین درصد اسیدهای چرب در پروفایل روغن این لاین‌ها را اسید لینولنیک با میانگین ۳۲/۸۸ درصد تشکیل می‌دهد. اسید لینولنیک با میانگین ۱۹/۹۱ و اسید اولئیک با میانگین ۱۵/۷۲ در میان همه لاین‌ها در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. میانگین میزان اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در این آزمایش به ترتیب ۱۱/۸۶ و ۸۹/۱۴ بود. این نتایج با بسیاری از مطالعات انجام شده روی پروفایل اسید چرب کاملینا مطابقت دارد و به طور کلی سه اسیدچرب نامبرده که از لحاظ ارزش غذایی و سلامت انسان نیز بسیار حائز اهمیت هستند، عمده‌ترین سهم را در پروفایل روغن استخراج شده از گیاه کاملینا دارند (Raziei et al., 2018).

عوامل مختلف محیطی و مدیریت زراعی علاوه بر خصوصیات ژنتیکی ویژگی‌های کمی و کیفی روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عواملی از قبیل شرایط اقلیمی، نوع رقم، روش کاشت، زمان برداشت محصول و روش فرآوری روغن خصوصیت نهایی روغن را تعیین می‌کند و این امکان را ایجاد می‌کند که محصول مشابه مربوط به مناطق جغرافیایی مختلف را از هم تشخیص داد. تاکنون تحقیقات متعددی در مورد تأثیر رقم و اثر شرایط اقلیم بر کیفیت روغن منتشر شده است (Salvador et al., 2001; Rakic & Johnson, 2024).

متوسط میزان استتاریک اسید نیز در میان لاین‌ها برابر با ۶/۲۶ درصد بود. این اسیدچرب معمولاً محبوب‌ترین اسیدچرب در میان اسیدهای چرب اشباع است زیرا تاکنون گزارشی از اثرات زیان بار آن منتشر نشده است (Vollmann & Eynck, 2015).

Zubr (1997) در مطالعه خود بر روی زراعت گیاه دانه روغنی کاملینا، گزارش کرد که بذر کاملینا شامل حدود ۳۷٪ روغن می‌باشد. همچنین گزارش نمود که حجم اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن حدود ۹۰٪ می‌باشد و حدود ۵۰٪ از کل اسیدهای چرب چندانگانه اشباع نشده (polyunsaturated) لینولنیک اسید

ژنتیک و حتی پوشش دار کردن بذر صورت گرفته است که تا حدودی توانسته است وزن هزاردانه کاملینا را افزایش دهد (Cai et al., 2024; Bakhshandeh et al., 2024).

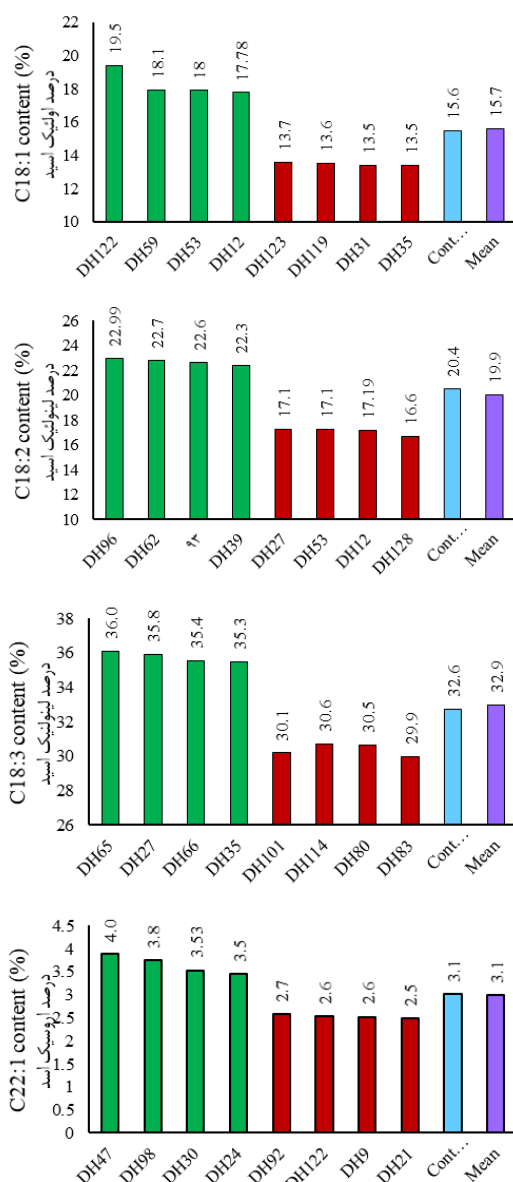
Kahrizi et al. (2015) در تاریخ کشت نیمه اول آبان ارتفاع بوته ۸۸ سانتی‌متری را برای لاین ۱۰۲۵ (معرفی شده در سال‌های بعد با نام رقم سهیل) گزارش کردند. در پژوهش Raziei et al. (2018) نتایج مقایسه میانگین اثرات اقلیم بر صفت ارتفاع بوته نشان داد که در شرایط دیم و زمان کاشت قبل از اولین بارندگی پاییزی و به صورت خشکه کاری در اقلیم‌های اردبیل (۱۰۱/۸۷ سانتی‌متر)، بوشهر (۱۰۱/۱۲ سانتی‌متر) و اهواز (۹۷/۱۹ سانتی‌متر) بالاترین ولی رشت (۷۵/۸۷ سانتی‌متر) و ایلام (۷۷/۲۶ سانتی‌متر) پایین‌ترین مقدار صفت ارتفاع بوته را نشان دادند.

صفات بیوشیمیایی

رقم و اقلیمی که محصول در آن رشد کرده است تأثیر مستقیمی روی کیفیت روغن تولیدی دارد به همین دلیل تولیدکنندگان برتر روغن امروزه برای معرفی روغن خود در بازار جهانی مشخصات رقم و محل تولید روغن را ذکر می‌کنند. در سال‌های اخیر تولید روغن حاصل رقم خاص، به دلیل ویژگی‌های کیفی آن در کشورهای تولید کننده گسترش یافته است (Zeinanlou et al., 2015).

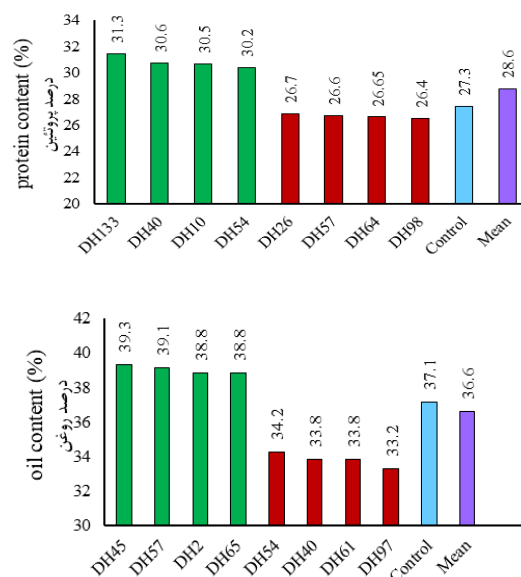
در این پژوهش بیشترین میزان روغن و پروتئین بذر مشاهده شده با ۳۹/۲۸ و ۳۱/۳۱ درصد به ترتیب مربوط به لاین‌های شماره ۴۵ و ۳۳ و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به لاین‌های شماره ۹۷ و ۹۸ بود. میانگین میزان روغن و پروتئین بذر تمامی لاین‌ها نیز به ترتیب برابر با ۳۶/۵۷ و ۲۸/۵۳ بود (شکل ۲). براساس گزارش Toncea et al. (2013)، در اقلیم کشور رومانی محتوای بذر کاملینا عمدتاً شامل ۴/۲۵-۵/۲۴٪ خاکستر، ۱۱/۰۶-۱۵/۲۴٪ سلولز، ۸۷/۱۸-۹۷/۲۱٪ پروتئین، ۳۰/۱-۴۹/۷٪ چربی و ۲۱/۸۳-۲۸/۲۵ mg/100g ویتامین E و همچنین حدود ۱۸٪ کلسیم، ۵۳٪ فسفر، ۴۹٪ مس، ۳۹٪ منگنز، ۴۴٪ آهن و ۲/۵۶٪ روی است.

محصول تاثیر منفی بر میزان روغن محصول و درصد اسیدهای چرب موجود در آن داشته باشد. سایر عملیات پس از برداشت محصول مانند نحوه استخراج روغن تاثیر چندانی بر تغییر پروفایل اسیدهای چرب ندارد (Mondor & Hernández-Álvarez, 2022).



شکل ۳. نمودار مقایسه درصد اسید چرب‌های مهم لاین‌های کاملینا. چهار لاین دارای بیشترین مقدار هر صفت با رنگ سبز و چهار لاین دارای کمترین مقدار با رنگ قرمز نشان داده شده است. **Figure 3.** Comparison of the percentage of important fatty acids in camelina lines. The four genotypes with the highest and lowest values of each trait are shown in green and red respectively.

(18:2n-6) و آلفا لینولنیک اسید (18:3n-3) می‌باشد. محتوای اروسیک اسید (22:1n-9) در این روغن حدود ۳٪ است.



شکل ۲. نمودار مقایسه درصد روغن و پروتئین بذر لاین‌های کاملینا. چهار لاین دارای بیشترین مقدار هر صفت با رنگ سبز و چهار لاین دارای کمترین مقدار با رنگ قرمز نشان داده شده است. **Figure 2.** Comparison of percentage oil and protein content of seeds of Camelina lines. The four genotypes with the highest and lowest values of each trait are shown in green and red respectively.

براساس جدیدترین مطالعه (Ebrahimi et al., 2025) روی لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده کاملینا و ترکیب اسیدهای چرب روغن این گیاه، در مجموع ۱۰ درصد اسیدچرب اشباع مانند استئاریک اسید، ۳۵ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه مانند اولئیک اسید و ۵۵ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (بیش از دو پیوند دوگانه) مانند لینولنیک اسید شناسایی شده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

تفاوت در میزان سهم هر یک از اسیدهای چرب در روغن کاملینا می‌تواند در پارامترهای مختلفی از جمله اقلیم باشد. همچنین عملیات زراعی انجام شده در طول رشد و نمو گیاه مانند کودهای مصرف شده نیز می‌تواند در این خصوص تعیین کننده باشد. به عنوان مثال استفاده از کود نیتروژنه به مقدار زیاد و برداشت دیر هنگام

توسعه کاملینا از جمله کشورهای اروپایی، کانادا و آمریکا صورت گرفته است که نتایج مثبتی نیز به دنبال داشته است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق منتج از پروژه مصوب موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و مشترک با دانشگاه رازی کرمانشاه به شماره ۹۷۱۱۶۲-۰۷۹-۱۵۵۱-۱۵-۳ می‌باشد که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود. ضمناً از زحمات همکار مرحومه خانم مهندس سارا علیپور نیز در اجرا و ارزیابی لاین‌ها نسبت به بیماری تشکر کرده و برای روح ایشان طلب آمرزش داریم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

لاین‌های هاپلوئید مضاعف شده استفاده شده در این پژوهش از لحاظ اکثر صفات اندازه‌گیری شده اعم از زراعی و بیوشیمیایی تنوع نشان دادند. هرچند برای انجام اقدامات اصلاحی گسترده‌تر مانند تولید و معرفی لاین‌ها و ارقام دارای بذر درشت‌تر و یا دارای اروسیک اسید کمتر نیاز به تنوع بیشتری احساس می‌شود. با این وجود می‌توان برخی از لاین‌هایی را که در این آزمایش از لحاظ عملکرد دانه، پروتئین و روغن برتری نشان دادند (مانند لاین‌های ۴۵، ۳۳ و ۸۲) را برای مطالعات پیشرفته بعدی پیشنهاد داد. البته به‌طور کلی بر اساس گزارشات انتشار یافته و نظر به ماهیت خودگش بودن گیاه کاملینا، تنوع ژنتیکی زیادی در این گیاه قابل انتظار نیست لذا اقداماتی در حوزه اصلاح نباتات مولکولی و زیست‌فناوری از سالیان گذشته در کشورهای پیشرو در خصوص اصلاح و

منابع

- Agache, S., Bachelier, B., De Buyser, J., Henry, Y. & Snap, J.W. (1989). Genetic analysis of anther culture response in wheat using aneuploid, chromosome substitution and translocation lines. *Theoretical Applied Genetics*, 77, 7-11.
- Akk, E., & Ilumäe, E. (2005). Possibilities of growing *Camelina sativa* in ecological cultivation. *Estonian Research Institute of Agriculture*, Teaduse 13, 75501, Saku, Estonia.
- Amiri, R., Rostami Ahmadvandi, H., & Sayyahfar, M. (2023) Evaluation of Genetic Diversity in Advanced High-Oil *Camelina* Lines under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 15(47), 152-164. (in Persian)
- Bakhshandeh, E., Abdellaoui, R., Hosseini Sanekhoori, F., Ghorbani, H., & Mirzaaghpour, N. (2024). Optimizing Seed Physiological Maturity and Quality in *Camelina* Through Plant Density Variation: A Nonlinear Regression Approach. *Agricultural Research*, 1-14.
- Cai, Y., Liang, Y., Shi, H., Cui, J., Prakash, S., Zhang, J., & Shanklin, J. (2024). Creating yellow seed *Camelina sativa* with enhanced oil accumulation by CRISPR-mediated disruption of Transparent Testa 8. *Plant Biotechnology Journal*, 22(10), 2773-2784.
- Dwivedi, S.L., Britt, A.B., Tripathi, L., Sharma, S., Upadhyaya, H.D. & Ortiz, R., (2015). Haploids: constraints and opportunities in plant breeding. *Biotechnology advances*, 33(6), 812-829.
- Ebrahimi, A., Chenar, H. M., Rashidi-Monfared, S., & Kahrizi, D. (2025). Enhancing Food Security via selecting Superior *Camelina* (*Camelina sativa* L.) parents: a positive approach incorporating pheno-morphological traits, fatty acids composition, and Tocopherols Content. *BMC Plant Biology*, 25(1), 53.
- Ferrie, A.M.R. & Bethune, T.D. (2011). Erratum to: A microspore embryogenesis protocol for *Camelina sativa*, a multi-use crop. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 107 (2), 371-371.
- Francki, M., Ghamkhar, K., Croser, J., Aryamanesh, N., Campbell, M., Kon'kova, N., & Francis, C. (2010). *Camelina* (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as an alternative oilseed: molecular and ecogeographic analyses. *Genome*, 53(7), 558-567.
- Gehringer, A., Friedt, W., Luhs, W., & Snowdon, R. J. (2006). Genetic mapping of agronomic traits in false flax (*Camelina sativa* subsp. *sativa*). *Genome*, 49(12), 1555-1563 doi: 10.1139/g06-117.
- Ghamarnia, H., Kahrizi, D., & Rostami Ahmadvandi, H. (2019). *Camelina*, a low-input and adaptable plant. *Razi University Press*. (in Persian)

- Imbrea, F., Jurcoane, S., Halmajan, H., Duda, M., & Botos, L. (2011). Camelina sativa: A new source of vegetal oils. *Romanian Biotechnological Letters*, 16 (3), 6263-6270.
- Kahrizi, D., Rostami-Ahmadvandi, H., & Akbarabadi, A. (2015). Feasibility Cultivation of Camelina (*Camelina sativa*) as Medicinal-Oil Plant in Rainfed Conditions in Kermanshah-Iran's First Report. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, 215-218.
- Lepage, G., & Roy, C.C. (1984). Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. *Journal of Lipid research*, 25(12), 1391-1396.
- McVay, K.A. (2008). Camelina Production in Montana, MT200701AG Revised.
- Minaei Chenar, H., Rashidi Monfared, S., Kahrizi, D., Zarei, L., & Ebrahimi, A. (2022). Evaluation of genetic variation in doubled haploid lines of Camelina using REMAP retrotransposon markers. *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, 11 (2), 6. (in Persian)
- Miri, A., Jafarizadeh, M., & Ghamarnia, H. (2011). Drought and its impact on groundwater resources using SPI index (case study of Kermanshah, Sahneh and Sonqor counties), *First National Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies*, Zanjan, University of Zanjan. (in Persian).
- Mondor, M., & Hernández-Álvarez, A. J. (2022). Camelina sativa composition, attributes, and applications: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(3), 2100035.
- Rakic, Z., & Johnson, C. B. (2024). Influence of environmental factors (including UV-B radiation) on the composition of the essential oil of *Ocimum basilicum*—sweet basil. In *Breeding Research on Aromatic and Medicinal Plants* (pp. 157-162). CRC Press.
- Rathke, G.W.O., & Diepenbrock, W. (2005). Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotation. *Field Crops Research*, 94(2-3), 103-113.
- Raziei, Z., Kahrizi, D. & Rostami-Ahmadvandi, H., (2018). Effects of climate on fatty acid profile in Camelina sativa. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, 64(5), 91-96.
- Robinson, R.G. (1987). Camelina: a useful research crop and a potential oilseed crop. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota.
- Salvador, M.D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S. & Fregapane, G. (2001). Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chemistry*, 74, 267-274.
- Samadi, M. (2013). Importance and improvement of Camelina. *Internal newsletter of Oilseeds Cultivation Development Company*. Issue 28. (in Persian)
- Singh, R., Bollina, V., Higgins. E. E., Clarke. W. E., Eynck. C., Sidebottom. C., Gugel, R., Snowdon, R., & Parkin, I. A., (2015). Single nucleotide polymorphism identification and genotyping in *Camelina sativa*. *Molecular Breeding*, 35, 1-13.
- Toncea, I., Necseriu, D., Prisecaru, T., Balint, L., Ghilvacs, G., & Popa, M. (2013). The seed's and oil composition of Camelia—first Romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Romanian Biotechnological Letters*, 18 (5).
- Vollmann, J., & Eynck, C., (2015). Camelina as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10, 525-535.
- Vollmann, J., Grausgruber, H., Stift, G., Dryzhyruk, V., & Lelley, T. (2005). Genetic diversity in camelina germplasm as revealed by seed quality characteristics and RAPD polymorphism. *Plant Breeding*, 124, 446-453.
- Zanetti, F., Alberghini, B., Marjanović Jeromela, A., Grahovac, N., Rajković, D., Kiproviski, B., & Monti, A. (2021). Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 1-18.
- Zanetti, F., Peroni, P., Pagani, E., von Cossel, M., Greiner, B. E., Krzyżaniak, M., & Monti, A. (2024). The opportunities and potential of camelina in marginal land in Europe. *Industrial Crops and Products*, 211, 118224.
- Zeinanlou, A., Arji, A., Taslimpour, M.R., Ramezani Malekroudi, M., & Azimi, M. (2015). The effect of cultivar and climatic conditions on the fatty acid composition of olive oil. *Iranian Horticultural Sciences*, 46(2), 233-242. (in Persian)
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: Camelina sativa. *Industrial Crops and Products*, 6, 113-119.