نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۲ / تابستان ۱۴۰۳/ صفحات ۱۱۹-۱۰۴

Evaluation of quantity and quality of different Camelina (*Camelina sativa* L.) Lines under Rainfed Conditions

Mehdi Fathi[1], Abdollah Javanmard[2], Hossein Rostami Ahmadvandi[3], Mojtaba Nouraein[4], Mostafa Amani Machiani[5]

Received: 31 January 2023 Accepted: 27 July 2023
1-M.Sc Student of Agroecology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
2-Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh. , Iran.
3-Assis. Prof., Sararood Branch, Dryland Agriculture Research Institute (DARI), Agriculture Research, Education & Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
4-Assoc.Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
5-Assis.Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
*Corresponding Author Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

Background & Objective: The research was carried out in order to investigate the yield, yield components and quantitative and qualitative characteristics of the oil extracted from 19 double haploid lines of Camelina plant in the rainfed conditions of Kermanshah.

Material and Methods: A field experiment was carried out as randomized complete block design (RCBD) with 20 treatments and three replications at the Serarud Rainfed Agricultural Research Institute of Kermanshah, Iran in 2021 growing season. The experimental treatments included Soheil cultivar as control and 19 double haploid lines (15 different crosses that were produced by the method of anther cultivation in Razi University of Kermanshah, Iran).

Results: The results demonstrated that the highest seed yield (345.2 kg/ha) of camelina was obtained in DH100 line, which showed an increase of 43.5% compared to the control variety. Also, the lowest seed yield was related to DH105 line, which showed a decrease of 67.3% compared to the control variety. In addition, the highest oil percentage and oil yield were obtained in DH100 line, which showed an increase of 2.8% and 34.1% compared to the control variety. Chemical analysis of camelina oil showed that the major fatty acids constituents in this plant's oil include linolenic acid (31.16-34.69%), linoleic acid (16.74-18.93%), oleic acid (14.12-17-31.) and eicosenoic acid (9.51-11.39). The highest amount of oleic, linoleic and linolenic acid was observed in DH100 line. In addition, the highest amount of eicosenoic acid belonged to the DH10 followed by DH100 line. It is worth mentioning that the amount of oleic, linoleic, linolenic and eicosenoic fatty acids increased by 10.9, 5.6, 6.4 and 8.7%, respectively, when compared with control variety.

Conclusion: Generally, it can be concluded that the DH100 line is recommended as the best line for releasing new cultivars of this oil-seed crop in rainfed conditions due to the highest oil quantity and quality in comparison with control variety and other double haploid lines.

Keywords: Fatty Acid, Linolenic Acid, Oil Content, Oil Quality, Oil-Seed Crops

DOI: 10.22034/SAPS.2023.55304.2993

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی لاین‌های مختلف کاملینا (*Camelina sativa* L.) در شرایط دیم

مهدی فتحی[۱]، عبدالله جوانمرد[۲*]، حسین رستمی احمدوندی[۳]، مجتبی نورآیین[۴]، مصطفی امانی ماچیانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۳- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۵- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

* مسئول مکاتبه : Email:a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: پژوهش حاضر به منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی روغن استخراج شده از ۱۹ لاین دابل‌هاپلوئید گیاه کاملینا در شرایط دیم کرمانشاه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ ژنوتیپ و سه تکرار در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل رقم سهیل به عنوان شاهد و ۱۹ لاین دابل‌هاپلوئید (حاصل ۱۵ تلاقی مختلف که به روش کشت بساک در دانشگاه رازی کرمانشاه تولید شده‌اند) می‌باشند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۳۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار) هم در لاین DH۱۰۰ بدست آمد که نسبت به رقم شاهد ۴۳/۵ درصد افزایش نشان داد. کمترین عملکرد دانه هم مربوط به لاین DH۱۰۵ بود که نسبت به رقم شاهد ۶۷/۳ درصد کاهش نشان داد. علاوه بر این، بیشترین درصد و عملکرد روغن در لاین DH۱۰۰ بدست آمد که نسبت به رقم سهیل ۲/۸ و ۳۴/۱ درصد افزایش نشان داد. آنالیز شیمیایی روغن کاملینا نشان داد که اسیدهای چرب غالب در روغن این گیاه شامل لینولنیک اسید (۳۴/۶۹-۳۱/۱۶ درصد)، لینولئیک اسید (۱۸/۹۳-۱۶/۷۴درصد)، اولئیک اسید (۱۷/۳۱-۱۴/۱۲درصد) و ایکوزنوئیک اسید (۱۱/۳۹-۹/۵۱) می‌باشد. بیشترین میزان اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید در لاین DH۱۰۰ مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین میزان ایکوزنوئیک اسید در لاین DH۱۰ و پس از آن در لاین DH۱۰۰ مشاهده شد. شایان ذکر است که میزان اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک، لینولنیک و ایکوزنوئیک نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۹، ۵/۶، ۶/۴ و ۸/۷ درصد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که لاین DH۱۰۰ به دلیل بیشترین عملکرد و کیفیت روغن به عنوان لاین برتر جهت آزادسازی ارقام جدید از این گیاه دانه روغنی پیشنهاد می گردد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، درصد روغن، کیفیت روغن، گیاهان روغنی، لینولنیک اسید

مقدمه

کشور ایران در حالی که مساحتی حدود ۱۶۵ میلیون هکتار دارد ولی برابر اعلام وزارت کشاورزی ۱۱۴ میلیون هکتار آن برای کشاورزی مناسب نبوده و مساحتی حدود ۵۱ میلیون هکتار آن قابل کشت و زرع و مناسب برای کشاورزی می‌باشد. از این مقدار، حدود

۱۹ میلیون هکتار در حال حاضر بصورت آبی و دیم کشت می‌شود. کل سطح زیر کشت سالیانه آبی حدود ۵/۲۵ میلیون هکتار و سطح زیرکشت دیم در ایران بین ۱۰ تا ۱۲ میلیون هکتار برآورد شده که سالیانه حدود نصف آن کشت و بقیه به مدت یک تا سه سال به آیش گذاشته می‌شود. هر چند موفقیت در زراعت دیم بستگی به نزولات آسمانی دارد، اما اعمال شیوه‌های صحیح کشت تاثیر بسیار عمده‌ای در بهبود وضعیت زراعت و در نتیجه افزایش تولید دارد و در صورتی که آموزش-های فنی لازم به دیمکاران داده شود و دولت نیز به جای صرف هزینه‌های گزاف وارد نمودن محصولات کشاورزی از کشورهای خارج با کمک‌های معنوی و مالی به طرق مناسب، دیمکاران را حمایت نماید؛ بدون تردید میزان تولید محصولات زراعی در اراضی دیم به سرعت به دو برابر آنچه که هست افزایش خواهد یافت و به تدریج نیازی به وارد کردن این محصولات نخواهد شد. به عنوان نمونه، در زراعت‌های دیم که با مسائل تکنیکی و استفاده صحیح از نهاده‌ها توجه شده میزان تولید گندم در یک هکتار حدود ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلو بوده، در حالی که برابر آمار منتشره از طرف مرکز آمار متوسط عملکرد گندم در یک هکتار حدود ۹۰۰ کیلوگرم در سطح کشور در شرایط سنتی و محلی است.

در حال حاضر دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخائر غذایی جهان را تشکیل می دهند. روغن-های نباتی تولید شده به طورعمده از دانه های روغنی نظیر سویا، آفتابگردان، پنبه دانه، بادام زمینی و کلزا به دست می‌آیند (آدلکه و بابالولا ۲۰۲۰). امروزه صنعت روغن کشی جزو صنایع راهبردی محسوب می شود. در ایران نیز اراضی قابل کشت وسیع و زمینه‌های مساعدی برای کشت دانه‌های روغنی وجود دارد. با وجود این گیاهان دانه روغنی رایج مانند سویا، آفتابگردان و کلزا علی‌رغم مزیت‌های فراوان، خود دارای محدودیت‌هایی از جنبه های مختلف کشت و شرایط اقلیمی می‌باشند و نیاز بالایی به آب و نهاده ها دارند. بنابراین نیاز به محصولات روغنی جدید با سازگاری بیشتر و احتیاجات کمتر به شدت احساس می شود. شناخت و معرفی گیاهان نو و جدید می‌تواند با تغییرات الگوی کشت گامی مؤثر در جهت اقتصادی‌کردن کشاورزی، ایجاد اشتغال جدید و پایدار باشند. تغییرات شدید اقلیمی، شیوه‌های کشت، نیاز بازار، پیشرفت تکنولوژی و ... باعث شده که پژوهشگران در حوزه کشاورزی به دنبال گیاهان جدید با قابلیت‌های تغذیه‌ای و اقتصادی مناسب باشند.

کاملینا (*Camelina sativa* L.) به عنوان یکی از دانه‌های روغنی کمتر شناخته شده از خانواده براسیکاسه است که منشاء آن نواحی مدیترانه و آسیای مرکزی می‌باشد (برتی و همکاران ۲۰۱۶). این گیاه قادر به رشد شرایط مختلف آب و هوایی و خاک بوده و نسبت به سایر دانه‌های روغنی از قبیل سویا، آفتابگردان و کلزا نیاز کمتری به آب، کود و آفت‌کش‌ها دارد و در زمان کوتاه‌تری نیز قابل برداشت است. این گیاه، منبع غنی از روغن (۲۸-۴۰ درصد) و اسیدهای چرب امگا ۳ می‌باشد (فلاح و همکاران ۲۰۱۹). کنجاله کاملینا نیز پس از استخراج روغن حاوی ۱۰ الی ۱۱ درصد فیبر، ۱۰ الی ۱۴ درصد روغن و حدود ۴۰ درصد پروتئین می‌باشد که از آن می‌توان در تغذیه دام استفاده نمود (ولکوویچ و همکاران ۲۰۲۲). میزان پروتئین و چربی علوفه تازه کاملینا نیز به‌ترتیب ۱۳ و ۲/۵ درصد برآورده شده و با توجه به مقاومت بالای این گیاه به شرایط رشدی نامساعد، می‌تواند به عنوان محصول علوفه‌ای مناسب نیز کشت گردد (گائو و همکاران ۲۰۲۲). از مهم‌ترین مزایای این گیاه می‌توان به کشت آن در پاییز و برداشت در اواخر فروردین‌ماه، نیاز آبی کمتر، سازگاری بهتر با شرایط اقلیمی منطقه، مقاومت بالایی به خشکی و سرمای بهاره، حساسیت کمتر به شیوع آفات و عدم حساسیت به ریزش دانه در زمان برداشت اشاره نمود (بلومه و همکاران ۲۰۲۲).

با توجه به کشت گیاه کاملینا به عنوان یک گیاه روغنی جدید در ایران، شناسایی مناسب‌ترین ترکیب اسیدهای چرب موجود در ارقام مختلف این گیاه از لحاظ تغذیه‌ای و به‌نژادی از اهمیت بالایی برخوردار است. ارزش ویژه کاملینا در محتوای روغن آن با دارا بودن ۵۰ الی ۶۰ درصد از اسیدهای چرب غیراشباع

است. از طرفی محتوای آنتی‌اکسیدان طبیعی توکوفرول در روغن کاملینا قابل توجه است (ارگونول و ازبک ۲۰۲۰). ایمبرا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بین ارقام مختلف کاملینا تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد اسیدهای چرب موجود در روغن گیاه وجود دارد. فلاح و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تنوع ژنتیکی پروفایل اسید چرب در لاین‌های مختلف کاملینا نتیجه گرفتند که در بین لاین‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در محتوای اسیدهای چرب وجود داشت. همچنین، این محققین بیان نمودند بیشترین و کمترین میزان ضریب تغییرات محیطی به ترتیب در اسیدهای چرب میریستیک اسید و ایکوزاتریانوئیک اسید مشاهده شد. به طور کلی نزدیک بودن مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در برخی از صفات نشانگر ناچیز بودن اثرات محیطی بر بیان آن صفت است و برعکس زمانی که ضریب تغییرات فنوتیپی بسیار بیشتر از ضریب تغییرات ژنوتیپی باشد دلالت بر بالا بودن میزان اثرات محیطی است. کوشک‌غازی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در بررسی لاین‌های مختلف کاملینا در تاریخ‌های مختلف کشت مشاهده کردند که بیشترین میزان درصد و عملکرد روغن در کشت پاییزه لاین L114 بدست آمد؛ در حالی که بیشترین میزان عملکرد دانه به کشت بهاره لاین L131 مربوط بود. زالوسکی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی ده ژنوتیپ مختلف کاملینا نتیجه گرفتند که میزان عملکرد و اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، شاخه جانبی، بیوماس دانه در بوته) در محیط‌های مختلف کشت شده متفاوت بود. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن کاملینا در آزمایش دیگری نشان داد که پروفایل اسیدهای چرب کاملینا شامل اسیدهای چرب غیراشباع، تک وعمدتاً چند غیراشباعی (بیشتر از ۵۵ درصد) و اسیدهای چرب اشباع (۹/۱–۱۰/۸ درصد) بود. عمده اسیدهای چرب، از گروه لینولنیک، لینولئیک و ایکوزنوئیک بودند و اظهار داشتند که روغن کاملینا، کمترین میزان اروسیک اسید را در بین گیاهان تیره براسیکاسه دارا است (پوپا و دومایتریو ۲۰۱۷).

با توجه به این که فرآیندهای اصلاحی عمدتاً در جهت تولید ارقامی با عملکرد دانه بالاتر و محتوای روغن بیشتر صورت پذیرفته و کیفیت روغن حاصل از این ارقام چندان مورد توجه قرار نگرفته است، بررسی تأثیر عملیات به‌نژادی بر کیفیت روغن ضروری به نظر می‌رسد چرا که نتایج حاصل می‌توانند در جهت‌دهی به فرآیندهای اصلاحی، مؤثر واقع شوند. از طرفی با توجه به شرایط اقلیمی، روند افزایشی خشکسالی، کمبود منابع آب‌های زیرزمینی و نیاز مبرم کشور به دانه‌های روغنی، معرفی گیاهان دانه روغنی سازگار با این شرایط از مهمترین اقدامات در جهت تأمین احتیاجات کشور می‌باشد. لذا این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات کمی وکیفی روغن استخراج شده از ۱۹ لاین برتر خالص گیاه کاملینا در شرایط دیم کرمانشاه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد، کمیت و کیفیت روغن استخراج شده از لاین های مختلف کاملینا، آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ ژنوتیپ در سه تکرار در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه در سال زراعی ۱۴۰۰ اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک بصورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش انتخاب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه-گیری گردید (جدول ۱). همچنین، مشخصات اقلیمی منطقه مورد آزمایش (میانگین دما و بارش ماهیانه) در جدول دو آورده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%)	بافت خاک
۰/۸۸	۰/۹۱	۷/۵۳	۴۷۲	۹/۱	۰/۰۸۹	لومی رسی

جدول ۲- مشخصه‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاه مورد مطالعه

ماه	میانگین دمای ماهیانه (درجه سلسیوس)	میانگین بارش ماهیانه (mm)	رطوبت نسبی (%)
مهر	۱۹/۳	۰/۴	۳۲/۶
آبان	۱۳/۴	۶۳/۵	۴۹
آذر	۶/۷	۱۱۷	۷۸/۶
دی	۵	۸/۶	۵۵/۳
بهمن	۶/۴	۹۳/۷	۶۳
اسفند	۷/۸	۱۶/۹	۵۷/۳
فروردین	۲۰/۱	۵/۳	۴۷
اردیبهشت	۲۲/۴	۵/۹	۳۴
خرداد	۲۳/۵	۶/۲	۲۵
تیر	۲۷/۹	۰	۲۰/۳

تیمارهای آزمایشی شامل رقم سهیل به عنوان شاهد و ۱۹ لاین دابل‌هاپلوئید (حاصل ۱۵ تلاقی مختلف که به روش کشت بساک در دانشگاه رازی کرمانشاه تولید شده‌اند) می‌باشند (جدول ۳).

به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۹ شخم نیمه‌عمیق بوسیله گاوآهن برگردان‌دار انجام و برای نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده گردید. تعداد خطوط کشت شده در هر کرت، طول هر ردیف و فاصله بین ردیف به‌ترتیب هشت خط، چهار متر و ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در دهم آبان‌ماه و بلافاصله قبل از اولین بارندگی پائیزه انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت منظم و بطور دستی انجام شد.

جدول ۳- لاین‌های دابل هاپلوئید مورد استفاده جهت بررسی کمیت و کیفیت روغن

شماره	نام لاین		نام لاین
۱	DH۶۰	۱۱	DH۲۰
۲	DH۳۸	۱۲	DH۱۵
۳	DH۳۶	۱۳	DH۸۲
۴	DH۱۱۴	۱۴	DH۴۱
۵	DH۱۰	۱۵	DH۱۲۸
۶	DH۱۶	۱۶	DH۶۱
۷	DH۱۰۷	۱۷	DH۱۰۵
۸	DH۲۰۰	۱۸	DH۱۸
۹	DH۱۰۰	۱۹	DH۴۰
۱۰	DH۶۹		

در مرحله رسیدگی ده بوته به‌صورت تصادفی از ردیف‌های میانی کرت‌های آزمایشی انتخاب و کف‌بر شدند و صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد خورجینک در شاخه اصلی و فرعی، تعداد دانه در خورجینک و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برداشت از خطوط میانی با حذف اثرات حاشیه‌ای در تاریخ ۲۵ خردادماه صورت گرفت. بعد از تعیین وزن تر بوته‌های برداشت شده، آن‌ها را در محیط سایه به مدت

۱۰ روز تا ثابت شدن وزن نگهداری و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد.

درصد روغن نمونه‌ها به روش القای مغناطیسی اتم هیدروژن و با استفاده از دستگاه NMR مدل MQA7005 اندازه‌گیری شد. همچنین، عملکرد روغن نیز از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه هر تیمار بدست آمد. برای شناسایی ترکیبات اسیدهای چرب موجود در روغن سویا از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 5977A ساخت کشور آمریکا متصل شده به طیف سنجی جرمی (GC-MS) و ستون HP-5MS (پنج درصد فنیل متیل پلی سیلوکسان، به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلیمتر و ضخامت ماده جاذب ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. همچنین، برای جداسازی ترکیبات از دستگاه نامبرده شده با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون VF-5MS (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلیمتر و ضخامت ماده جاذب ۰/۵۰ میکرومتر) استفاده شد. در برنامه ریزی دمایی آون، ابتدا دما به مدت یک دقیقه در ۱۲۰ درجه سانتی-گراد نگه داری شد، سپس به تدریج دما با سرعت چهار درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به مدت دو دقیقه در این دما نگه داری شد. هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده شد. دمای محفظه تزریق و خط انتقال به ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. محفظه تزریق در حالت تقسیم (نسبت تقسیم ۱:۳۰) تنظیم شده بود. از نرم افزار Chemstation و مخلوط FAME (Supelco 37 Component FAME Mix Bellefonte, PA, USA) به عنوان رفرنس جهت شناسایی ترکیبات استفاده شد. کمی کردن ترکیبات روغن با استفاده از انتگرال‌گیری و محاسبه مساحت سطح زیر پیک انجام گردید (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). همچنین به منظور گروهبندی لاین‌های مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای با بهره‌گیری از ماتریس میانگین داده‌های استاندارد شده برای صفات کمی و کیفی به روش UPGMA و ضرایب فاصله اقلیدسی انجام شد. در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ورژن ۹/۱ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

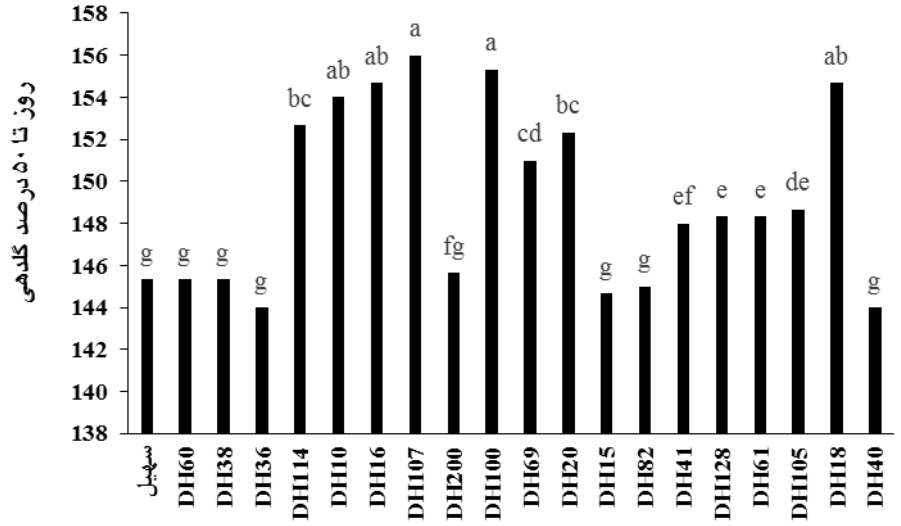
تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی تحت تاثیر تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۱۵۶ روز) در بین لاین‌های مختلف کاملینا مربوط به لاین DH۱۰۷ بود که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های DH۱۰۰ و DH۱۸ نداشت. همچنین، کمترین مدت زمان تا ۵۰ درصد گلدهی به لاین‌های DH۳۶ ، DH۱۵ و DH۴۰ تعلق داشت (شکل ۱). همچنین بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی (۱۸۳/۷ روز) نیز به لاین DH۱۸ مربوط بود که تفاوت معنی‌داری با لاین DH۱۰۵ نداشت. علاوه بر این، کمترین مدت زمان تا ۵۰ درصد در لاین DH۱۲۸ مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۴- تجزیه واریانس تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی لاین‌های مختلف کاملینا

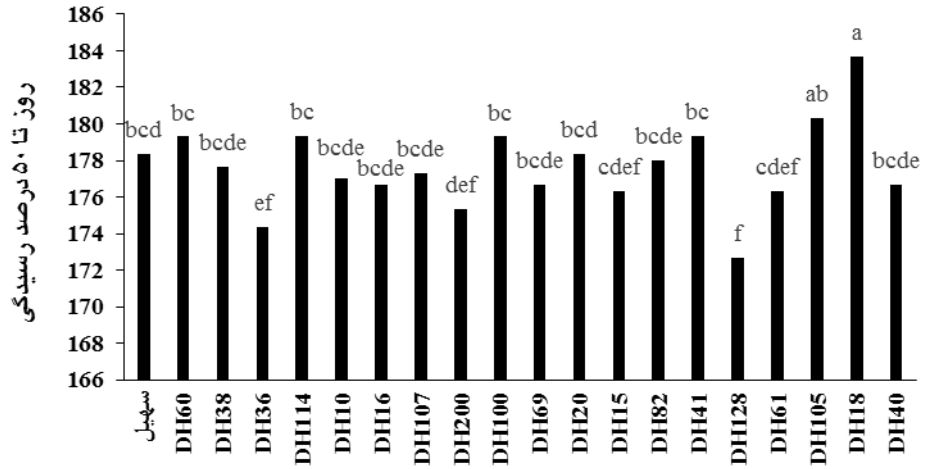
منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا ۵۰ درصد رسیدگی
بلوک	۲	۴/۰۶^{ns}	۱۵/۴۵^{ns}
تیمار	۱۹	۵۴/۴۰**	۱۶/۴۰**
خطا	۳۸	۲/۱۲	۵/۵۰
ضریب تغییرات (%)		۰/۹۸	۱/۳۲

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار است.



شکل ۱- تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۲- تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی در لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

ارتفاع بوته

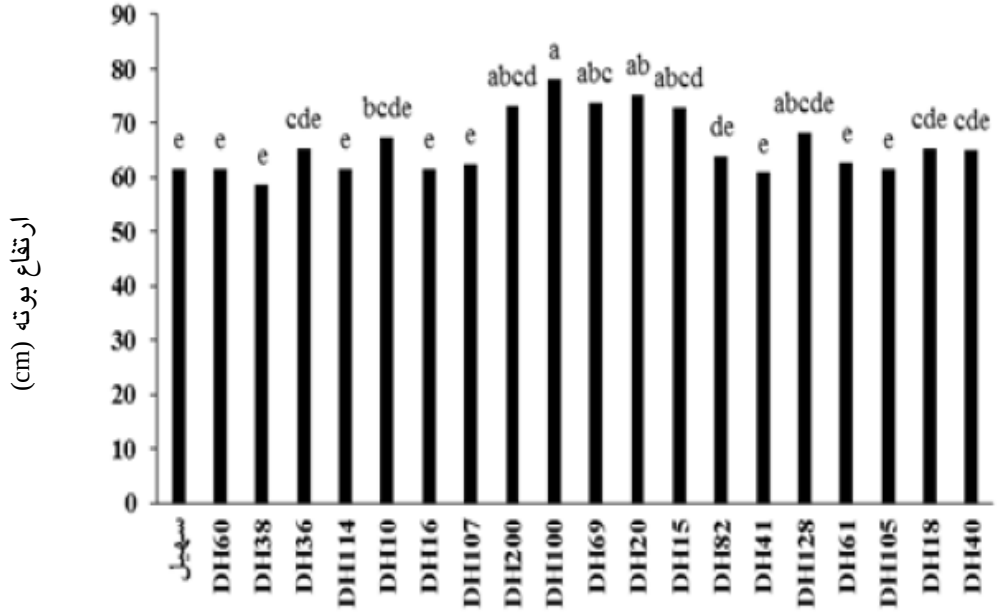
ارتفاع بوته کاملینا به عنوان یکی از صفات مهم در برداشت مکانیزه این گیاه در نظر گرفته می‌شود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ ارتفاع بوته بود (جدول ۵). بیشترین ارتفاع بوته کاملینا (۷۸ سانتی‌متر) به لاین DH۱۰۰ مربوط بود که تفاوت معنی-داری با لاین‌های DH۲۰۰ ، DH۶۹ ، DH۲۰ ، DH۱۵ و DH۱۲۸ نداشت. همچنین، کمترین ارتفاع بوته (۵۸/۷ سانتی‌متر) نیز به لاین DH۳۸ مربوط بود (شکل ۳). دلیل افزایش یا کاهش ارتفاع در لاین‌های مختلف کاملینا به تفاوت ساختار ژنتیکی موجود بین گونه‌ها نسبت داده می‌شود. سلیمان و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که تفاوت مقاومت و تحمل توده‌ها و لاین‌های مختلف یک گیاه در برابر تنش‌های محیطی بویژه در شرایط دیم، رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار داده و منجر به افزایش

یا کاهش صفات رشدی و عملکرد ماده خشک در آن‌ها خواهد شد. زالوسکی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی ده ژنوتیپ مختلف کاملینا نتیجه گرفتند که میزان عملکرد و اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، شاخه جانبی، بیوماس دانه در بوته) در محیط‌های مختلف کشت شده متفاوت بود. مفاخر و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی لاین های مختلف کشت شده در اهواز گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته ین لاین های مختلف کشت شده به لاین DH۱۴ متعلق بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس اجزای عملکرد و سایر صفات مرتبط با آن در لاین‌های مختلف کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخه فرعی در بوته	خورجینک در شاخه فرعی	خورجینک در شاخه اصلی	دانه در خورجینک	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۶۶/۹۵^{ns}	۳/۰۲^{ns}	۱۰/۵۸^{ns}	۱۱۲/۸۲^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۰/۰۲۶*	۲۰۳/۷۶^{ns}
تیمار	۱۹	۹۵/۱۳**	۷/۸۹**	۱۰۹/۲۱**	۱۹۴/۸۱**	۲۷/۸۸**	۰/۰۳۱**	۱۴۳۱۷/۸۵**
خطا	۳۸	۳۵/۱۸	۳/۰۴	۱۰/۹۷	۲۶/۴۳	۳/۶۶	۰/۰۰۸	۴۹۸/۹۶
ضریب تغییرات (%)		۸/۹۸	۱۸/۰۳	۱۴/۴۰	۱۳/۳۴	۱۳/۴۲	۱۰/۴۲	۱۱/۱۴

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار است.

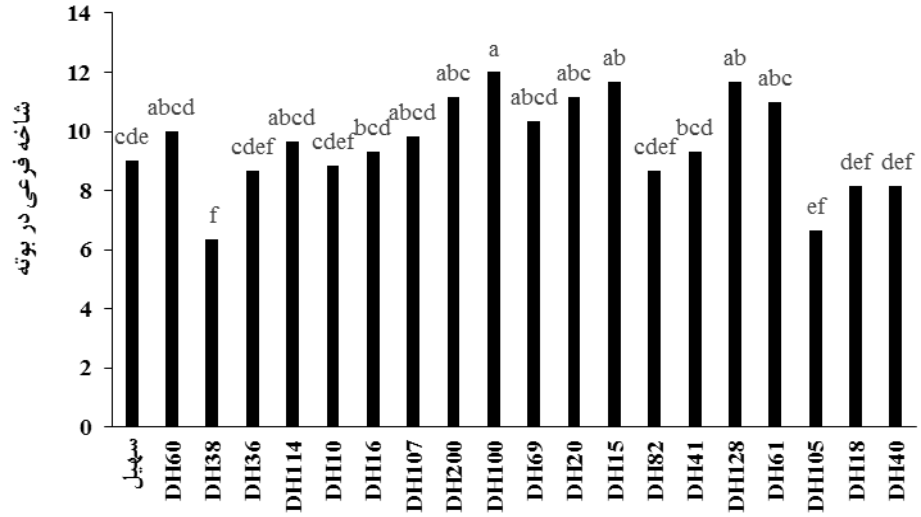


شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

شاخه فرعی در بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته است (جدول ۵). بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته (۱۲عدد) به لاین DH۱۰۰ متعلق بود که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های DH۶۰ ، DH۱۱۴ ، DH۱۰۷ ، DH۲۰۰ ، DH۶۹ ، DH۲۰ ، DH۱۵ ، DH۱۲۸ و DH۶۱ نداشت. همچنین، کمترین میزان تعداد شاخه فرعی در بوته کاملینا (۶/۳ عدد) در لاین DH۳۸ مشاهده شد (شکل ۴).

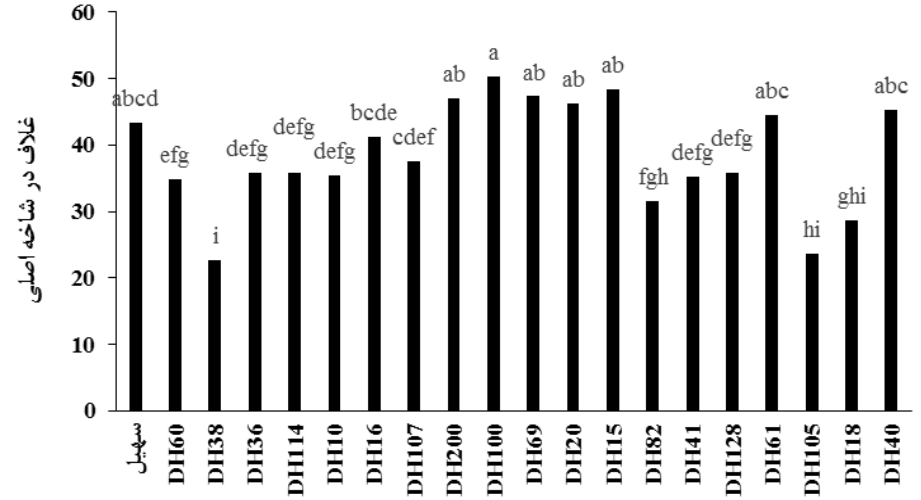


شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

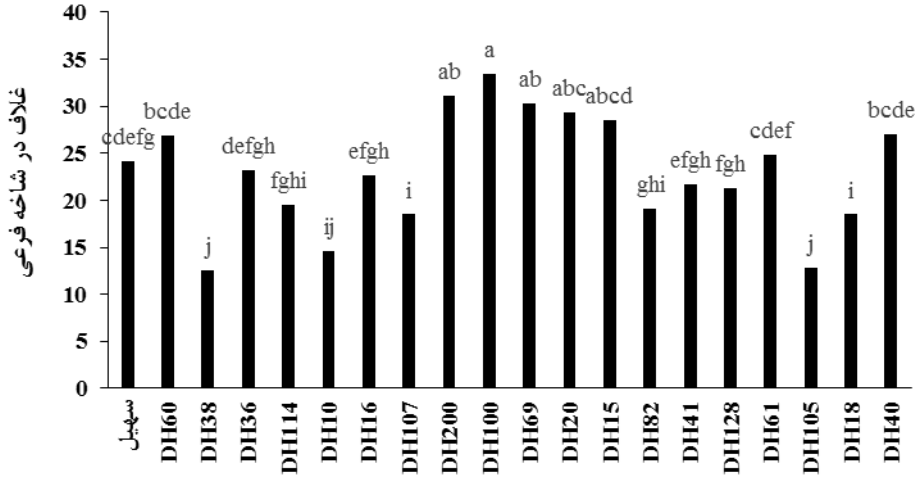
تعداد خورجینک در شاخه اصلی و فرعی

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر تعداد خورجینک در شاخه اصلی و فرعی است (جدول ۵). بیشترین تعداد خورجینک در شاخه اصلی (۵۰/۳ عدد) مربوط به لاین DH۱۰۰ بود که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های DH۲۰۰ ، DH۶۹ ، DH۲۰ و DH۱۵ نداشت. همچنین، کمترین میزان صفت ذکر شده (۲۲/۷ عدد) به ترتیب به لاین‌های DH۳۸ ، DH۱۰۵ و DH۱۸ متعلق بود (شکل ۵). همچنین بیشترین تعداد خورجینک در شاخه فرعی (۳۳/۵ عدد) مربوط به لاین DH۱۰۰ بود که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های DH۲۰۰ ، DH۶۹۰ ، DH۲۰ و DH۱۵ نداشت. کمترین میزان صفت ذکر شده (۱۲/۵ عدد) هم به لاین DH۳۸ تعلق داشت (شکل ۶).



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد خورجینک در شاخه اصلی لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

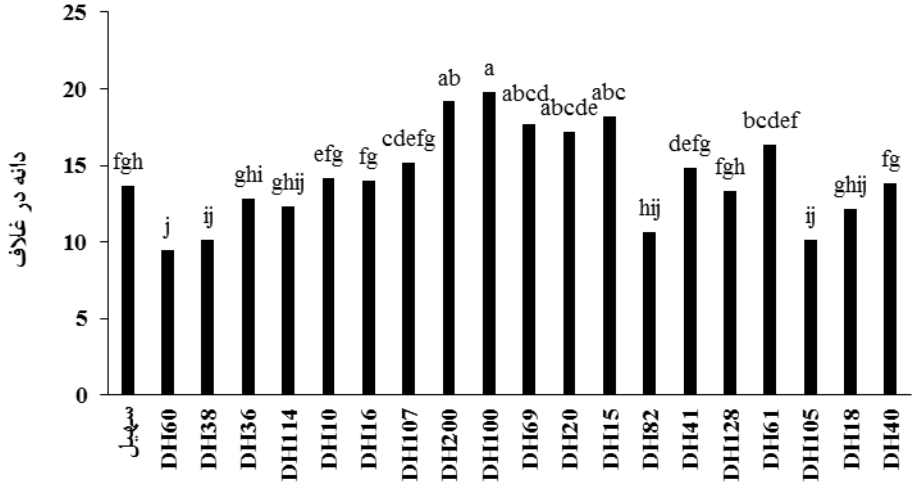


شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد خورجینک در شاخه فرعی لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

تعداد دانه در خورجینک

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در خورجینک است (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در خورجینک (۱۹/۸ عدد) به لاین DH۱۰۰ مربوط بود که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های DH۲۰۰ ، DH۶۹ ، DH۲۰ و DH۱۵ نداشت. همچنین، کمترین میزان صفت ذکر شده (۹/۵ عدد) نیز در لاین DH۶۰ حاصل شد (شکل ۷).



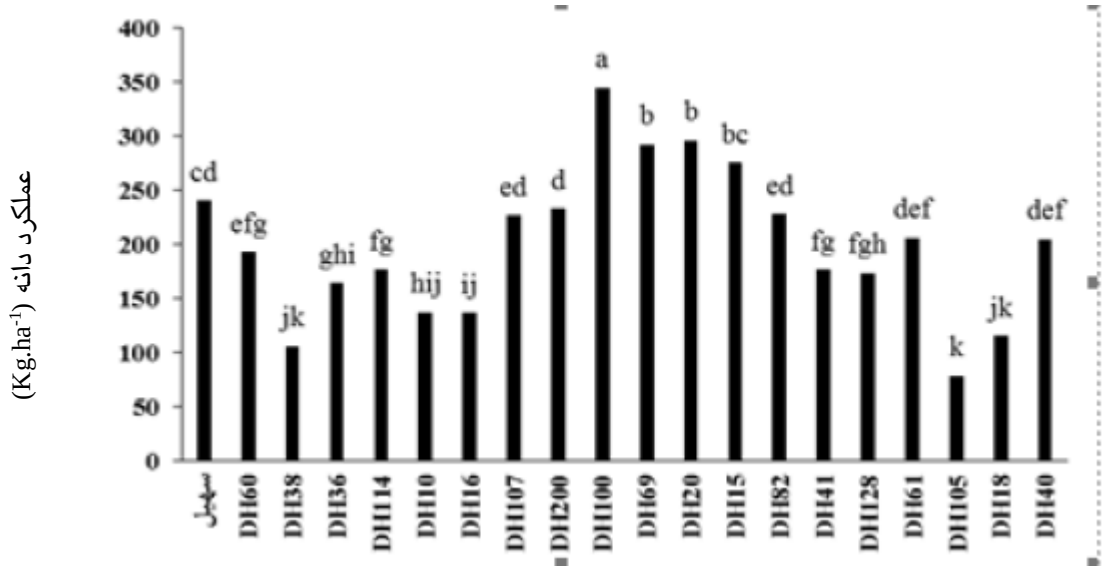
شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در خورجینک لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ عملکرد دانه است (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه (۳۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار) در لاین DH۱۰۰ بدست آمد که نسبت به رقم شاهد ۴۳/۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین، کمترین میزان عملکرد دانه (۷۸/۶ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به لاین DH۱۰۵ بود که نسبت به رقم شاهد ۶۷/۳ درصد کاهش نشان داد (شکل ۸). معنی دار بودن اثر لاین‌ها حاکی از اختلاف ژنتیکی بین لاین‌های

مورد بررسی و توان ژنتیکی متفاوت آن‌ها در تولید عملکرد دانه است. البته ضروری است برای شناسایی لاین‌های مطلوب مقاوم به خشکی، شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی بایستی محاسبه شوند. دلیل افزایش عملکرد در لاین DH۱۰۰ به بالا بودن اجزای عملکرد (تعداد خورجینک ، تعداد دانه در خورجینک و ....) این لاین نسبت به سایر لاین‌ها نسبت داده می‌شود. با توجه به این که بیشترین ارتفاع بوته در لاین DH۱۰۰ بدست آمده است؛ لذا، به نظر می‌رسد که دلیل افزایش عملکرد دانه در این لاین به جذب بهتر نور و افزایش فتوسنتز نسبت داده می‌شود که در نهایت منجر به تولید کربوهیدرات بیشتر گیاه و افزایش عملکرد دانه شده است.



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

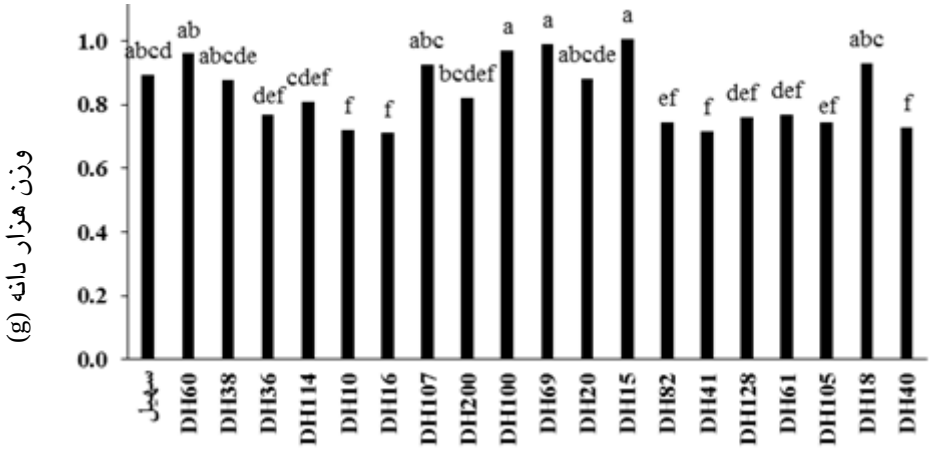
وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار لاین‌های مختلف کاملینا از لحاظ وزن هزار دانه است (جدول ۵). بیشترین وزن هزار دانه (۱/۰۱ گرم) به لاین DH۱۵ مربوط بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد و لاین های DH۶۰ ، DH۳۸ ، DH۱۰۷ ، DH۱۰۰ ، DH۶۹ و DH۱۸ نداشت. همچنین کمترین میزان وزن هزار دانه (۰/۷۱ گرم) در لاین DH۱۶ مشاهده شد (شکل ۹). احتمال می‌رود به دلیل افزایش ارتفاع بوته و به تبع آن افزایش بیشتر جذب نور موجب آسیمیلاسیون بیشتر مواد فتوسنتزی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی شده و در مرحله پس از گلدهی، با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه کاملینا افزایش یافته است (کوشک غازی و همکاران ۲۰۲۰).

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ محتوی روغن دانه بود (جدول ۶). بیشترین محتوی روغن (۳۵/۳۶ درصد) به لاین DH۱۰۰ مربوط بود که تفاوت معنی‌داری با رقم شاهد (سهیل) و لاین-های DH۳۸ ، DH۳۶ ، DH۱۱۴ ، DH۱۰ ، DH۲۰۰ ، DH۶۹ ، DH۲۰ ، DH۱۲۸ ، DH۶۱ ، DH۱۰۵ و DH۱۸ نداشت. همچنین، کمترین میزان روغن (۲۹/۱۹ درصد) استخراج شده به لاین DH۱۰۷ تعلق داشت (شکل ۱۰).

در تطابق با این نتایج، مفاخر و همکاران (۲۰۲۲) نتیجه گرفتند که بین ۲۶ لاین دابل هاپلوئید کاملینا از لحاظ درصد روغن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. این موضوع نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های کاملینا از نظر صفت مورد ارزیابی و امکان گزینش بر اساس صفات مورد مطالعه بود. بیشتر بودن درصد روغن در لاین DH۱۰۰ به افزایش میزان فتوسنتز بر اثر افزایش ارتفاع بوته در این لاین نسبت داده می‌شود که منجر به تولید کربوهیدرات بیشتر و افزایش سنتز ترکیبات پیش‌ساز اسیدهای چرب خواهد شد. ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی دو رقم مختلف گیاه کاملینا در شرایط محیطی مختلف در کشور چین گزارش کردند که بیشترین میزان عملکرد روغن و درصد اسیدهای چرب غیراشباع متعلق به رقم Xiaoguo بود. به طور کلی تفاوت‌هایی که در میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه ارائه شده در تحقیق حاضر با سایر مطالعات وجود دارد می‌تواند به دلیل اختلاف ارقام، مناطق و شرایط مختلف رشد گیاه باشد. به‌طوری‌که مفاخر و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی لاین های مختلف کشت شده در اهواز گزارش کردند که بیشترین درصد روغن و اسیدهای چرب اشباع به لاین DH44مربوط بود. همچنین حداکثر پروتئین کل و اسیدهای چرب غیراشباع به‌ترتیب در لاین‌های DH14 و DH46حاصل شد.



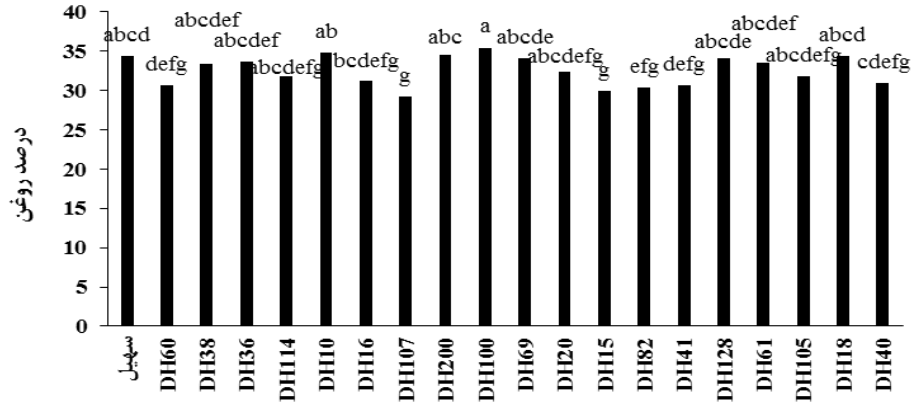
شکل۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول ۶- تجزیه واریانس درصد و عملکرد روغن لاین‌های مختلف کاملینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۴۰/۵۶**	۳۱۰/۹۳*
تیمار	۱۹	۱۰/۸۶*	۱۵۴۵/۸**
خطا	۳۸	۵/۱۷	۷۵/۰۷
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۸	۱۳/۲۹

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ns عدم تفاوت معنی‌دار است.

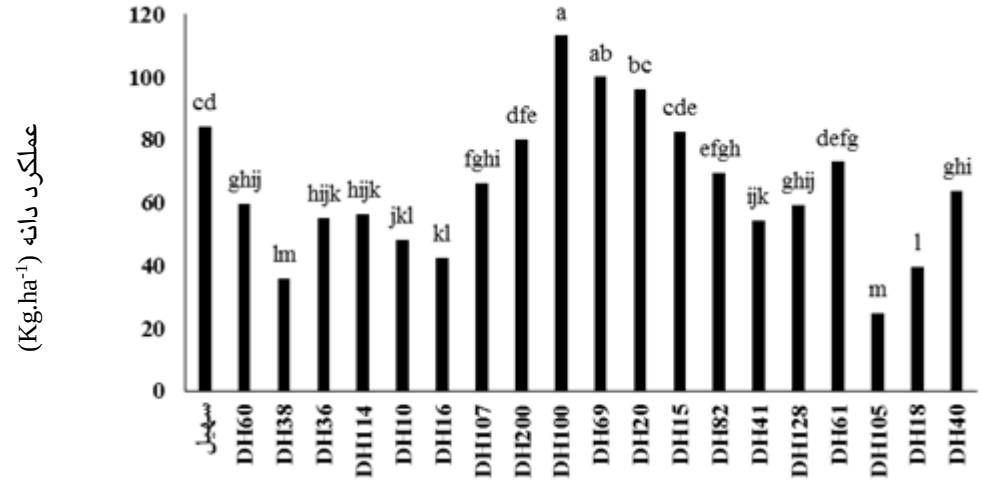


شکل ۱۰- مقایسه میانگین درصد روغن لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ عملکرد روغن بود (جدول ۶). بیشترین عملکرد روغن (۱۳۳/۲ کیلوگرم در هکتار) در لاین DH۱۰۰ بدست آمد که نسبت به رقم شاهد ۳۴/۱ درصد افزایش نشان داد. همچنین، کمترین عملکرد روغن (۲۴/۸ کیلوگرم در هکتار) در لاین DH۱۰۵ مشاهده شد که نسبت به رقم شاهد ۷۰/۶ درصد کاهش نشان داد (شکل ۱۱). از آنجایی که عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در روغن تولیدی بدست می‌آید و با دو شاخص ذکر شده رابطه مستقیمی دارد (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). لذا هر عاملی که تاثیر مثبتی بر



شکل ۱۱- مقایسه میانگین عملکرد روغن لاین‌های مختلف کاملینا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های کاملینا در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

شاخص‌های ذکر شده داشته باشد منجر به افزایش عملکرد روغن نیز خواهد شد. لذا، افزایش عملکرد روغن در لاین DH۱۰۰ به افزایش عملکرد دانه و محتوی روغن استخراج در این لاین نسبت داده می‌شود. به طور کلی کاهش درصد روغن گیاهان دانه روغنی در شرایط نامساعد مناطق دیم را به افزایش اکسیداسیون برخی از اسیدهای چرب غیراشباع نسبت داده‌اند. احتمالاً کمبود عناصر ریزمغذی در چنین شرایطی باعث کاهش سرعت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده که منجر به

خسارت به غشای لیپیدی می‌شود (سینگ و سینها ۲۰۰۵).

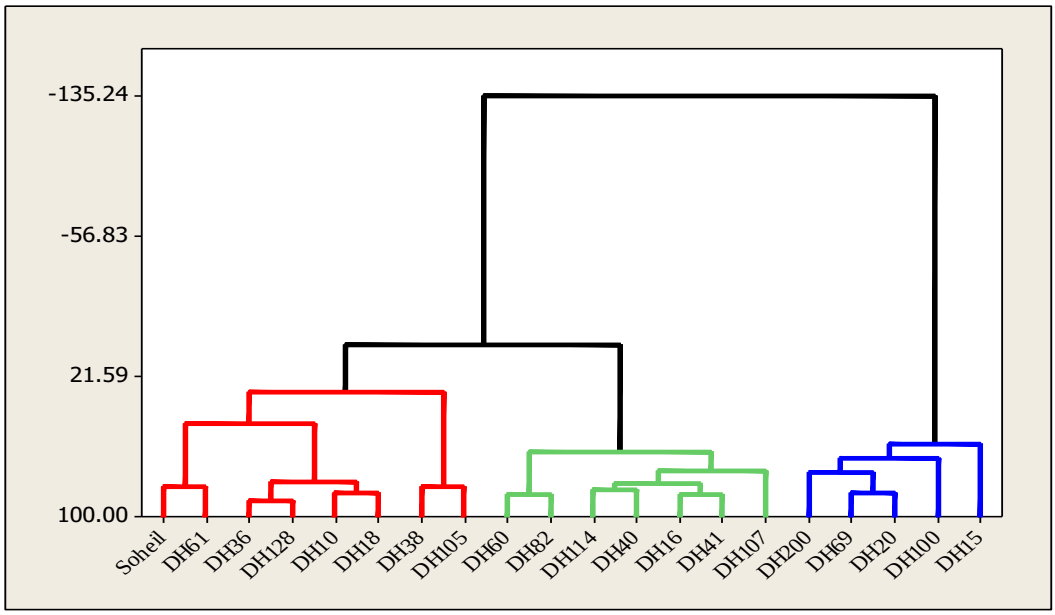
ترکیبات روغن (اسیدهای چرب) کاملینا

کیفیت روغن تولید شده توسط گیاهان روغنی به میزان اسیدهای چرب تولید شده و همچنین نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع بستگی دارد. افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع موجب افزایش پایداری و کیفیت روغن تولید شده خواهد شد. آنالیز شیمیایی روغن کاملینا نشان داد که اسیدهای چرب غالب در روغن این گیاه شامل لینولنیک اسید (۳۴/۶۹-۳۱/۱۶ درصد)، لینولئیک اسید (۱۸/۹۳-۱۶/۷۴درصد)، اولئیک اسید (۱۷/۳۱-۱۴/۱۲درصد) و ایکوزنوئیک اسید (۵۱/۳۹-۹/۱۱) می‌باشد. بیشترین میزان اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید در لاین DH۱۰۰ مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین میزان ایکوزنوئیک اسید به لاین DH۱۰ و پس از آن به DH۱۰۰ متعلق بود. شایان ذکر است میزان اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک، لینولنیک و ایکوزنوئیک نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۹، ۵/۶، ۶/۴ و ۸/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۷). فلاح و همکاران (۲۰۱۹) ۱۸ نوع اسید چرب در لاین‌های مختلف کاملینا را گزارش کردند. نسبت‌های متفاوت اسیدهای چرب امکان استفاده از لاین‌ها را از نظر تغذیه، پزشکی و صنعتی فراهم می‌آورد. به نظر می‌رسد افزایش ارتفاع بوته در لاین DH۱۰۰ با بهبود شرایط رشدی گیاه، منجر به افزایش فتوسنتز و تولید منابع کربوهیدراتی شده و زمینه لازم جهت تولید ترکیبات پیش‌ساز اسیدهای چرب (لیپیدها) و همچنین افزایش انرژی لازم (از طریق تولید بیشتر ATP و NADPH) جهت تبدیل لیپیدها به اسیدهای چرب شده است (ابراهیمیان و همکاران ۲۰۲۱). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، مفاخر و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که درصد روغن تولید شده و محتوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در لاین‌های مختلف کاملینا متفاوت بود. این محققین گزارش کردند که بیشترین میزان اسیدهای چرب اشباع نشده در بین لاین‌های مختلف کاملینا به لاین DH۴۶ متعق بود. تفاوت در میزان اسید چرب، پتانسیل به‌نژادی به‌منظور تولید ارقامی با ویژگی‌ها و مصارف خاص را افزایش خواهد داد. ترکیبات اسید چرب موجود در روغن دانه، سبب توصیه ارقام برای مصارف خاص خواهد شد (فلاح و همکاران، ۲۰۱۹).

به‌طور کلی، ارقام خانواده شب‌بوها از نظر ترکیب اسید چرب روغن دانه دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (ایمبریا و همکاران ۲۰۱۱). به‌طوری که کیفیت روغن دانه کلزا، به‌عنوان شناخته‌ترین گیاه هم‌خانواده کاملینا تحت تأثیر میزان سه نوع اسید چرب اولئیک، لینولئیک و اروسیک است که تحت تأثیر ارقام مختلف می‌گیرد (جوادی‌فر و همکاران ۲۰۰۷). همچنین ترکیبات اسید چرب در کاملینا تحت تأثیر ارقام و شرایط محیطی قرار میگیرد (جیانگ و همکاران ۲۰۱۶). در آزمایشی نه گونه از کاملینا مورد آزمایش قرار گرفتند و حداکثر تفاوت بین سطوح اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به‌ترتیب ۳، ۲/۴ و ۲/۲ درصد بود (کرولی و فرولیچ ۱۹۹۸). نتایج پژوهش زوبر (۲۰۰۳) نشان داد که ترکیبات اسید چرب گیاه کاملینا کشت شده در ۱۱ منطقه اروپا و اسکاندیناوی تفاوت معنی‌داری دارد و لاین‌های حاوی ترکیبات مناسب اسید چرب را معرفی کرد. نکته مهم این است که اسیدهای چرب لینولنیک اسید و لینولئیک اسید موجود در روغن کاملینا جزو دسته اسیدهای چرب چند غیراشباع هستند. اهمیت این دو اسید چرب به این دلیل است که لینولئیک اسید پیش‌ساز اسید چرب امگا-۶ و لینولنیک اسید پیش‌ساز اسید چرب امگا-۳ می‌باشد (فلاح و همکاران ۲۰۱۹).

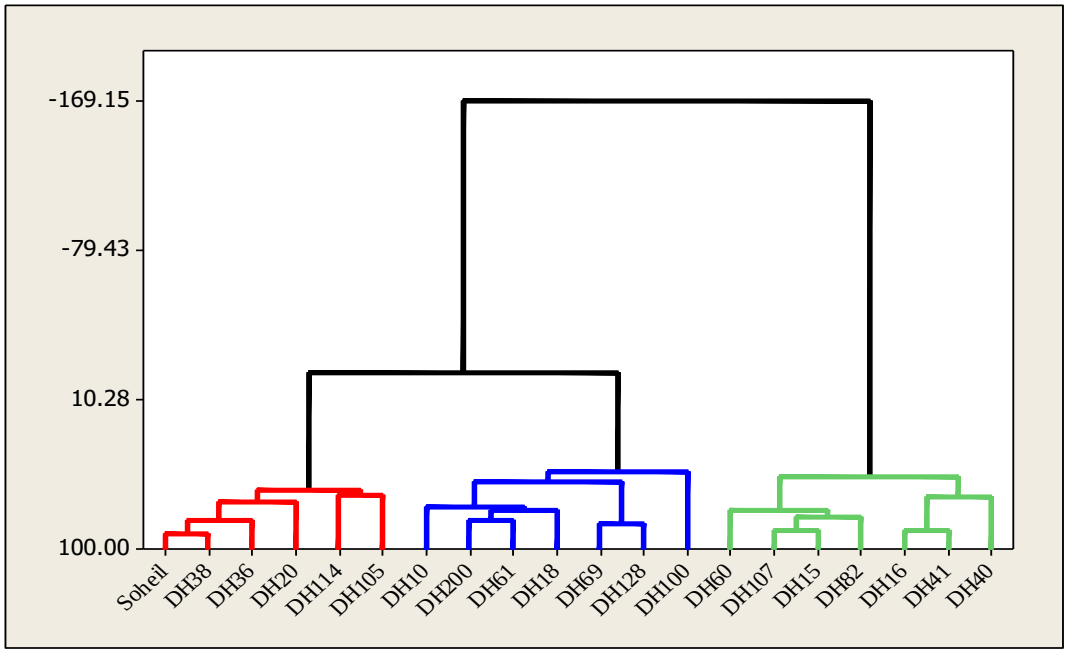
تجزیه کلاستر

با تجزیه کلاستر صفات کمی، لاین‌ها در سه گروه مجزا قرار گرفتند. گروه اول شامل رقم سهیل (شاهد) و لاین‌های DH۶۱، DH۳۶، DH۲۸، DH۱۰، DH۱۸، DH۳۸ و DH۱۰۵ بودند. همچنین، گروه دوم شامل DH۶۰، DH۸۲، DH۱۱۴، DH۴۰، DH۱۶، DH۴۱ و DH۱۰۷ بودند. گروه سوم نیز شامل DH۲۰۰، DH۶۹، DH۲۰، DH۱۰۰ و DH۱۵ بودند. دلیل قرار گرفتن لاین های ذکر شده در گروه سوم به عملکرد دانه و روغن بالاتر آن ها نسبت داده می‌شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- تجزیه کلاستر لاین‌های مختلف کاملینا بر اساس صفات کمی

همچنین، بر اساس تجزیه کلاستر صفات کیفی (اسیدهای چرب)، لاین‌ها در سه گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل رقم سهیل (شاهد) و لاین‌های DH۳۸، DH۳۶، DH۲۰، DH۱۱۴، و DH۱۰۵ بودند. گروه دوم شامل لاین‌های DH۶۱، DH۲۰۰، DH۱۲۸، DH۱۰، DH۱۸، DH۶۹ و DH۱۰۰ بودند. دلیل قرار گرفتن لاین‌های نامبرده در گروه دوم به بالا بودن درصد اسیدهای چرب غیراشباع از قبیل اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید نسبت داده می‌شود. در گروه سوم نیز لاین‌های DH۶۰، DH۱۰۷، DH۱۵، DH۸۲، DH۱۶، DH۴۱ و DH۴۰ قرار گرفتند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- تجزیه کلاستر لاین‌های مختلف کاملینا بر اساس صفات کیفی

جدول ۷- ترکیبات تشکیل دهنده (اسیدهای چرب) روغن لاین‌های مختلف کاملینا

ترکیبات	DH40	DH18	DH105	DH61	DH128	DH41	DH82	DH15	DH20	DH69	DH100	DH200	DH107	DH16	DH10	DH114	DH36	DH38	DH60	شاهد
مریستیک اسید	۰/۰۴	۰	۰/۰۷	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۹	۰	۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰	۰	۰/۰۶	۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۰	۰	۰/۰۳
پالمتیک اسید	۳/۲۹	۳/۸۳	۴/۷۷	۴/۱۹	۳/۶۲	۴/۰۷	۳/۸۸	۳/۶۸	۵/۰۲	۳/۷۷	۴/۵۲	۴/۱۶	۳/۶۸	۳/۸۳	۳/۹۱	۴/۶۱	۴/۲۳	۴/۶۷	۴/۲۳	۴/۶۳
استاریک اسید	۲/۰۹	۱/۹۶	۲/۲۹	۱/۶۳	۲/۰۸	۱/۶۶	۱/۸۳	۲/۲۶	۱/۶۳	۲/۶۶	۲/۱۵	۲/۱۹	۲/۲۶	۱/۸۸	۲/۱۱	۱/۷۷	۲/۱۲	۲/۰۱	۱/۶۵	۲/۰۶
اولئیک اسید	۱۵/۱۳	۱۶/۵۳	۱۶/۰۲	۱۵/۶۶	۱۶/۱۲	۱۵/۰۶	۱۴/۷۹	۱۴/۲۱	۱۵/۸۳	۱۶/۳۷	۱۷/۳۱	۱۶/۲۳	۱۴/۱۲	۱۵/۰۱	۱۵/۲۲	۱۴/۷۳	۱۵/۷۲	۱۵/۸۹	۱۴/۳۸	۱۵/۶۱
لینولئیک اسید	۱۷/۲۹	۱۸/۸۸	۱۸/۰۲	۱۸/۶۸	۱۸/۳۲	۱۷/۴۷	۱۶/۹۲	۱۷/۰۴	۱۸/۱۱	۱۸/۵۹	۱۸/۹۳	۱۸/۲۲	۱۶/۷۴	۱۷/۸۳	۱۸/۶۳	۱۸/۴۱	۱۸/۱۶	۱۸/۰۳	۱۷/۱۳	۱۷/۹۲
لینولنیک اسید	۳۲/۱۱	۳۴/۱۹	۳۴/۱۵	۳۴/۰۲	۳۳/۲۴	۳۲/۱۴	۳۲/۲۳	۳۱/۷۶	۳۳/۲۹	۳۲/۹۳	۳۴/۶۹	۳۳/۵۴	۳۱/۳۳	۳۲/۰۳	۳۴/۵۳	۳۲/۶۹	۳۲/۹۶	۳۳/۰۶	۳۱/۱۶	۳۲/۵۹
آراچیدیک اسید	۱/۰۶	۰/۸۹	۱/۲۱	۰/۷۹	۱/۲۷	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۲۳	۰/۸۱	۱/۲۲	۱/۰۵	۱/۳۶	۱/۰۹	۰/۹۶	۰/۸۹	۱/۰۹	۱/۴۳	۱/۱۹	۱/۲۹	۱/۳۸
ایکوزنوئیک اسید	۹/۶۶	۱۱/۲۱	۹/۸۳	۱۰/۷۶	۱۰/۳۱	۱۰/۱۳	۹/۶۳	۹/۷۹	۱۱/۰۹	۱۰/۷۹	۱۱/۲۳	۱۱/۰۶	۹/۵۱	۱۰/۱۶	۱۱/۳۹	۱۰/۰۲	۱۰/۴۴	۱۰/۶۳	۹/۸۱	۱۰/۴۸
ایکوزادینوئیک اسید	۱/۲۳	۱/۲۷	۱/۵۱	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۵	۱/۳۳	۱/۱۳	۰/۹۳	۱/۴۹	۱/۰۷	۱/۶۱	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۵۲	۱/۲۳	۱/۴۲	۱/۱۱	۱/۳۱	۱/۲۵
بهنیک اسید	۰	۰/۱۴	۰	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۲	۰	۰/۱۶	۰/۱۸	۰	۰/۱۶	۰/۱۹	۰	۰	۰/۱۹	۰/۱۷	۰	۰/۱۲	۰/۳۹
اروسیک اسید	۲/۱۹	۱/۷۳	۲/۲۳	۱/۸۲	۲/۵۹	۲/۳۳	۲/۱۱	۱/۹۴	۲/۲۶	۲/۲۶	۲/۱۹	۲/۷۱	۲/۱۶	۲/۴۱	۲/۱۹	۲/۵۱	۲/۲۹	۲/۷۳	۲/۱۲	۲/۶۱
نرونیک اسید	۰/۰۹	۰/۱۱	۰	۰/۴۱	۰/۲۵	۰	۰/۱۷	۰	۰	۰/۳۷	۰	۰/۳۱	۰	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۱	۰	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۴۳

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه در بین لاین‌های مختلف کاملینا در لاین DH100 بدست آمد. همچنین درصد و عملکرد روغن این لاین نسبت به رقم شاهد (سهیل) به ترتیب ۲/۸ و ۷۰/۶ درصد بیشتر بود. علاوه بر این، بیشترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع از قبیل اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید نیز در لاین DH100 مشاهده شد. از آنجایی که افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع موجب افزایش پایداری و کیفیت روغن تولید شده خواهد شد؛ لذا می‌توان لاین DH100 را به دلیل افزایش کمیت و کیفیت روغن به عنوان لاین برتر جهت آزادسازی ارقام جدید از این گیاه دانه روغنی پیشنهاد نمود. لازم به ذکر است با توجه به نوین بودن گیاه و وجود تنها یک رقم ثبت شده در کشور، انجام تحقیقات وسیع‌تر در این زمینه به منظور جهت‌دهی به برنامه‌های اصلاحی ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

از مدیریت پژوهش و فناوری، مدیریت و کارشناسان آزمایشگاه مرکزی دانشگاه مراغه بابت انجام آزمایش‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Adeleke BS and Babalola OO. 2020. Oilseed crop sunflower (Helianthus annuus) as a source of food: Nutritional and health benefits. Food Science and Nutrition, 8(9): 4666-4684. https://doi.org/10.1002/fsn3.1783.

Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR, Janmohammadi M and Maggi F. 2021. Funneliformis mosseae Application Improves the Oil Quantity and Quality and Eco-physiological Characteristics of Soybean (Glycine max L.) Under Water Stress Conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21: 3076–3090. https://doi.org/10.1007/s42729-021-00590-1.

Berti M, Gesch R, Eynck C, Anderson J and Cermak S. 2016. Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. Industrial Crops and Products, 94: 690-710. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.034.

Blume RY, Rakhmetov DB and Blume YB. 2022. Evaluation of Ukrainian Camelina sativa germplasm productivity and analysis of its amenability for efficient biodiesel production. Industrial Crops and Products. 187: 115477. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115477.

Crowley JG and Fröhlich A. 1998. Factors Affecting the Composition and Use of Camelina. Crops Research Centre, Oak Park, Carlow, IRL.

Ebrahimian E, Seyyedi SM, Bybordi A and Damalas CA. 2019. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. Agricultural Water Management. 218: 149-157. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.031.

Ergönül P and Özbek Z. 2020. Cold pressed camelina (Camelina sativa L.) seed oil, in: Ramadan, M.F. (Ed.), Cold Pressed Oils., pp. 255–266. Academic Press.

Fallah F, Kahrizi D, Rezaeizad A, Zebarjadi AR and Zarei L. 2019. Evaluation of Genetic Variation and Parameters of Fatty Acid Profile in Doubled Haploid Lines of Camelina sativa L. Plant Genetic Researches, 6(2): 79-96. https://doi.org/10.29252/pgr.6.2.79.

Gao Y, Jiang C, Zhang Y, Liu L, Wang Y, Kim DS, Yu J, Diao J, Wu N, Chen M, Yu L, Zhu J, Fan Y, Zhang H, Liu R, Yan X and Zhang CJ. 2022. Agronomic performance of camelina genotypes selected for seed yield and quality characteristics in eastern China. Industrial Crops and Products. 184: 115077. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115077.

Imbrea F, Jurcoane S, Halmajan HV, Duda M and Botos L. 2011. Camelina sativa: A new source of vegetal oils. Romanian Biotechnological Letters, 16(3): 6263-6270.

Javidfar F, Reipley F, Zeinaly H, Abdmishani S, Shah Nejat Boushehri AA, Tavakol Afshari R, Alizadeh, B and Jafarieh E. 2007. Heritability of fatty acids composition in spring oilseed rape (Brassica napus L.). Journal of Agriculture and Science, 17(3): 57-64 (In Persian).

Jiang Y and Caldwell CD. 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/cjps1-2014-0348.

Kooshkghazi ME, Madandoust M, Mohajeri F and Kahrizi, D. 2020. A Study on The Yields of Different Lines of Camelina sativa L. Crantz. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research, 10: 182–188.

Mafakher E, Hassibi P, Kahrizi D and Khanlou K. 2022. Morphologic and biochemical evaluation of double haploid lines of the oil-medicinal plant Camelina sativa L. in Ahvaz condition. Iranian Journal of Field Crop Science, 53(1): 15-25. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.311441.654759.

Razmi N, Rameeh V, Hezarjeribi E and Kalantar Ahmadi A. 2020. Investigation of Grain Yield, Number of Pods and Plant Height of New Soybean Lines in Sari, Gorgan, Moghan and Dezful Regions. Journal of Crop Breeding, 12(36): 21-29. https://doi.org/10.52547/jcb.12.36.21.

Seleiman MF, Al-Suhaibani N, Ali N, Akmal M, Alotaibi M, Refay Y, Dindaroglu T, Abdul-Wajid HH and Battaglia ML. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants, 10(2):259. https://doi.org/10.3390/plants10020259.

Singh S and 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(1): 118-127. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.12.026.

Veljković VB, Kostić MD and Stamenković OS. 2022. Camelina seed harvesting, storing, pretreating, and processing to recover oil: A review. Industrial Crops and Products, 178: 114539. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114539.

Załuski D, Tworkowski J, Zaniak MK, Stolarski MJ and Kwiatkowski J. 2020. The characterization of 10 spring camelina genotypes grown in environmental conditions in north-eastern Poland. Agronomy, 10: 1-13. https://doi.org/10.3390/agronomy10010064.

Zhang CJ, Gao Y, Jiang C, Liu L, Wang Y, Kim DS, Yu J, Yu L, Li F, Fan Y, Chen M, Zhang Y, Min X, Zhang H and Yan X. 2021. Camelina seed yield and quality in different growing environments in northern China. Industrial Crops and Products, 172: 114071. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114071.

Zubr J. 2003. Dietary fatty acids and amino acids of Camelina sativa seed. Journal of Food Quality, 26(6): 451-462.