



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۴۹۷-۵۰۹

DOI: 10.22059/jci.2021.331945.2622

مقاله پژوهشی:

بررسی عملکرد دانه و محتوای روغن ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا (*Camelina sativa* L.)

- مرجان السادات حسینی‌فرد^۱، مجید قربانی‌جاوید^{۲*}، الیاس سلطانی^۳، ایرج اله‌دادی^۴، دانیال کهریزی^۵
۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
 ۲. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
 ۳. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
 ۴. استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
 ۵. استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۱۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی اجزای عملکرد، عملکرد دانه و محتوای روغن لاین‌های گیاه روغنی کاملینا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌گان ابوریحان- دانشگاه تهران، پاکدشت در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ اجرا شد. از آنجایی که خصوصیات عملکردی و محتوای روغن لاین‌های گیاه کاملینا در شرایط آب‌وهوایی ایران ناشناخته است، در این پژوهش اجزای عملکرد دانه و همچنین عملکرد و محتوای روغن ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تفاوت بسیار معنی‌دار لاین‌های کاملینا از نظر اجزای عملکرد بود که این تفاوت‌ها در نهایت منجر به ایجاد اختلاف‌های معنی‌دار در عملکرد دانه شد و از این طریق بر عملکرد روغن دانه تأثیر گذاشت. با وجود این که هیچ‌کدام از لاین‌ها در تمامی اجزای عملکرد دانه برتری مطلق نداشتند، اما از نظر عملکرد نهایی دانه لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ به‌ترتیب با ۳۱۷۸ و ۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. بنابراین با توجه به هدف این پژوهش به‌منظور انتخاب بهترین لاین کاملینا با حداکثر عملکرد دانه و روغن لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ به‌عنوان لاین‌های برتر و امیدبخش که با شرایط آب‌وهوایی منطقه پاکدشت سازگاری دارند، معرفی و توصیه شدند.

کلیدواژه‌ها: اجزای عملکرد، تفاوت‌های ژنوتیپی، دانه‌های روغنی، درصد روغن، سازگاری.

Evaluation of Seed Yield and Oil Content of 40 Camelina (*Camelina sativa* L.) Doubled Haploid Lines

Marjan Sadat Hoseinifard¹, Majid Ghorbani Javid^{2*}, Elias Soltani³, Iraj Allahdadi⁴, Danial Kahrizi⁵

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
4. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
5. Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: October 07, 2021

Accepted: December 08, 2021

Abstract

In order to evaluate the yield components, seed yield, and oil content of Camelina doubled haploid lines, an experiment has been conducted based on a randomized complete block design with 40 doubled haploid lines (as treatments) and three replications in the research farm of College of Aburaihan- the University of Tehran, Pakdasht during 2020. Since the yield characteristics and oil content of Camelina lines are unknown in the Iranian climate, the study investigates seed yield components, as well as oil yield and oil content of 40 Camelina lines. The results show a very significant difference between Camelina lines in terms of yield components, which ultimately leads to significant differences in grain yield, thus affecting the grain oil yield. Although none of the lines has had absolute superiority in all components of grain yield, in terms of final grain yield, line of 134 with 3178 and line of 110 with 3120 kg/ha are identified as superior lines. Therefore, according to the purpose of this study, in order to select the best Camelina line with maximum grain and oil yield, 134 and 110 lines are introduced and recommended as superior and promising lines that are compatible with the climatic conditions of the Pakdasht region.

Keywords: Compatibility, genotypic differences, oil percentages, oil seeds, yield components.

۱. مقدمه

ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی موردنیاز انسان در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. روغن‌های استحصال‌شده از گیاهان با تولید کالری بیش از دو برابر در واحد وزن، نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می‌کنند (Bertacchi & Bettiga, 2020). این روغن‌ها، اسیدهای چربی را به همراه دارند که سیستم متابولیسمی انسان قادر به بیوسنتز آن‌ها نبوده و از این نظر جزو اسیدهای چرب ضروری هستند، از طرف دیگر با داشتن گروهی از ویتامین‌ها (E, B, A و K) جذب سایر عناصر حیاتی را امکان‌پذیر می‌نمایند (Zanetti et al., 2020). این در حالی است که براساس آمارهای موجود بیش از ۹۵ درصد روغن موردنیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود (Fallah et al., 2019). بنابراین با توجه به نیاز فزاینده کشور به روغن‌های خوراکی، شناسایی گیاهان دارای ترکیبات اسید چرب مناسب که توانایی رشد در شرایط آب‌وهوایی کشور را دارند، اهمیت بالایی دارد.

گیاه کاملینا با نام علمی *Camelina sativa* L. خانواده شب‌بوئیان^۱ است. گونه‌های کاملینا عموماً به نام‌های مختلف از جمله کتان کاذب، کتان وحشی و کنجد آلمانی شناخته می‌شوند و بومی مناطق مدیترانه‌ای آسیا و اروپا هستند که بررسی‌های کمی در اکثر گونه‌های این جنس صورت گرفته است (Zanetti et al., 2020). کاملینا گیاهی سازگار با روش‌های کشاورزی متداول و متحمل به آب‌وهوای سرد، خشکی، شرایط نیمه‌خشک و خاک شور یا کم‌بارور است. کاملینا در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی به‌ویژه کلزا نیاز آبی بسیار کم‌تر و مقاومت بیشتری به سرمای بهاره دارد. پتانسیل تولید عملکرد بالا در کاملینا به اثبات رسیده و امکان قرارگرفتن آن در

تناب با غلات دانه ریز در اراضی دیم گزارش شده است (Bertacchi & Bettiga, 2020). کاملینا هم‌چنین نسبت به دیگر گیاهان دانه روغنی مرسوم مانند کلزا، سویا و آفتابگردان حاوی درصد بالای اسیدهای چرب امگا۳ است. از طرفی این گیاه مقاومت بالایی نسبت به آفات رایج در گیاهان دانه روغنی مانند سوسک‌های گرده‌خوار دارد. عملکرد دانه کاملینا حدود یک تا سه تن در هکتار با محتوای ۳۸ تا ۴۳ درصد روغن و ۲۷ تا ۳۲ درصد پروتئین است (Walia et al., 2021). عملکرد دانه و کیفیت روغن بارزترین هدف به‌نژادی در خانواده شب‌بوئیان است. این در حالی است که عملکرد دانه در گیاهان زراعی به‌عنوان پیچیده‌ترین ویژگی آن‌ها تحت تأثیر تعداد زیادی از فرایندهای فیزیولوژیک و عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری اجزای عملکرد دانه است (Leclere et al., 2021). بنابراین برای بازدهی بیش‌تر در اصلاح ارقام، باتوجه به چگونگی شکل‌گیری عملکرد و شناسایی محدودیت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد، لازم است ویژگی‌های اجزای عملکرد دانه ارقام در محیط و اقلیم خاص مطالعه شود. به‌طوری‌که در مورد کاملینا گزارش شده است که اگرچه برخی از اجزای عملکرد در این گیاه در مرحله رویشی تعیین می‌شوند، اما مرحله واقعی تولید دانه بین مرحله تشکیل خورجین‌ها و رسیدگی است و کوتاه‌شدن این مرحله سبب کاهش عملکرد می‌شود (Wittenberg et al., 2020).

ژنوتیپ گیاه، عوامل زراعی و محیط از جمله عواملی هستند که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عملکرد دانه و روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Fallah et al., 2019). بر این اساس بین لاین‌های هاپلوئید مضاعف مختلف کاملینا و محیط اثر برهم‌کنش معنی‌داری گزارش شده است، به‌طوری‌که برای به‌دست‌بده‌دست‌آوردن عملکرد دانه و روغن مطلوب به لاین‌هایی نیاز است که با شرایط محیطی

1. Brassicaceae

ساقه‌ها و برگ‌های فوقانی به خورجین‌ها افزایش یافته و این امر موجب افزایش وزن دانه و در نهایت تولید عملکرد بیش‌تر دانه در کاملینا شده است (Holzl & Dörmann, 2021).

به‌طورکلی مطالعه رابطه عملکرد دانه با اجزای عملکرد در شرایط محیطی موردنظر، می‌تواند به درک روابط موجود بین صفات مذکور با عملکرد دانه کمک کند. به‌نحوی که تعداد دانه در خورجین کاملینا همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در این گیاه داشته است. هم‌چنین بین عملکرد دانه با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشته است (Ahmad Waraich *et al.*, 2020). بنابراین یکی از پیش‌شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا در کاملینا، تأمین شرایط مطلوب به‌منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (Kakabouk *et al.*, 2020). در پژوهشی عملکرد دانه، درصد روغن و ترکیبات اسید چرب گیاه کاملینا کشت‌شده در ۱۱ منطقه اروپا و اسکانندیناوی تفاوت معنی‌داری نشان داده است (Zubr, 2003). در نتیجه تنوع ژنتیکی و شناخت آن عامل مهمی در اصلاح گیاه کاملینا و اساس انتخاب ژنوتیپ و ارقام مناسب این گیاه می‌باشد. اما اطلاعات بسیار محدودی درباره مقایسه ویژگی‌های رشدی و عملکردی لاین‌های قابل کشت کاملینا در کشور وجود دارد. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی مقایسه‌ای اثر برهم‌کنش ژنوتیپ و اجزای عملکرد ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا در منطقه پاکدشت بر عملکرد کیفی و کمی دانه این گیاه به‌منظور امکان‌سنجی توسعه کاشت لاین‌های منتخب در مناطق مشابه در کشور بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. زمان و محل اجرای آزمایش

به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه، اجزای عملکرد، محتوای

اقلیم موردنظر سازگار باشند (Zaluski *et al.*, 2020). هم‌چنین گزارش شده است که غیر از عوامل وراثتی، عوامل محیطی نیز باعث تغییرات زیادی در کاملینا می‌شود، البته اثر عوامل وراثتی نسبت به عوامل محیطی بیش‌تر بوده است (Walia *et al.*, 2021). بنابراین لاین‌هایی که گل‌دهی آن‌ها به موقع بوده و تعداد دانه در خورجین آن‌ها بیش‌تر است، برای انتخاب و کشت در محیط جدید مناسب‌تر هستند (Zaluski *et al.*, 2020). در این راستا (Kurasiak-Popowska *et al.*, 2018) با ذکر وجود برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط، سازگاری را به‌عنوان مکملی برای انتخاب لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا از لحاظ عملکرد دانه معرفی کردند. عملکرد دانه کاملینا تابعی از تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در هر خورجین و وزن هزاردانه است اما به‌طورکلی تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در هر خورجین به‌عنوان مهم‌ترین عامل تفاوت عملکرد ارقام مختلف کاملینا معرفی شده‌اند (Leclere *et al.*, 2021). به‌طوری‌که در شرایط تنش‌های محیطی که گیاه پتانسیل تولید حداکثری خود را از دست می‌دهد، لاین‌هایی که تعداد خورجین در بوته آن‌ها بیش‌تر باشد، اثرات تنش اسمزی بر عملکرد دانه را تا حد بیش‌تری خنثی می‌کنند (Borzoo *et al.*, 2021). در این راستا (Amiri-Darban *et al.*, 2020) در آزمایشی با بررسی اثر سطوح مختلف خشکی بر عملکرد کاملینا گزارش کردند که در اثر تنش اسمزی، فاصله میان دوره میان تشکیل خورجین و رسیدگی و هم‌چنین زمان پرشدن دانه در کاملینا کاهش یافته و در پی آن عملکرد دانه در این گیاه کاهش می‌یابد. این پژوهش‌گران کاهش تعداد و وزن دانه کاملینا را مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد این گیاه در شرایط تنش اسمزی معرفی کردند. ارتفاع بوته نیز در افزایش عملکرد دانه کاملینا مؤثر گزارش شده است به‌نحوی که با افزایش ارتفاع بوته، انتقال مواد فتوسنتزی از

روغن و شاخص برداشت لاین‌های کاملینا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف (تیمار) و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکدگان ابوریحان- دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ واقع در شهرستان پاکدشت در جنوب شرق استان تهران اجرا شد. ارتفاع محل انجام طرح آزمایشی از سطح دریا ۱۰۹۰ متر، عرض و طول جغرافیایی آن به ترتیب $35^{\circ} 28'$ شمالی و $51^{\circ} 44'$ شرقی می‌باشد. همچنین این منطقه در طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای تابستان‌های گرم و خشک، زمستان‌های ملایم با میانگین بارندگی سالانه ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، قبل از کاشت و شروع آزمایش از ۱۰ قسمت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری به عمل آمد و پس از خردکردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده و در نهایت یک نمونه مرکب تهیه شد. نتایج آزمون خاک مزرعه در جدول (۱) ارائه شده است.

۲.۲. عملیات تهیه بستر، کاشت، داشت و برداشت

لاین‌های هاپلوئید مضاعف حاصل از کشت میکروسپور، ژنوتیپ‌های کاملاً هموزیگوس از والدین هتروزیگوس تولید می‌کنند. این روش تکنیک بسیار مفیدی است که در اصلاح نباتات و پژوهش‌های بنیادی استفاده می‌شود. لاین‌های مذکور طی مراحل رشد گیاه گرده‌دهنده، مرحله تکاملی دانه گرده، کشت و القای میکروسپورها، باززایی جنین‌ها و دو برابرکردن کروموزوم در دانشکده علوم و

مهندسی کشاورزی دانشگاه رازی تولید شده‌اند. لاین‌ها در اوایل بهمن‌ماه ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکدگان ابوریحان- دانشگاه تهران در سینی نشای داخل بستر کوکوپیت و پرلیت کشت شده و پس از عبور از مرحله چهار برگی به صورت نشا در ۲۷ اسفندماه ۱۳۹۸ به صورت دستی به زمین منتقل شدند. ابعاد کرت‌ها در پژوهش حاضر $2 \times 1/2$ متر، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها (تکرارها) دو متر در نظر گرفته شده و هر یک از کرت‌ها شامل چهار خط کاشت به طول دو متر بودند که دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط میانی برای اندازه‌گیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد مورد استفاده قرار گرفت. گیاهچه‌ها در هر خط کاشت با فاصله حدود ۲۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت شد به نحوی که تراکم بوته‌ای معادل ۱۶ بوته در مترمربع ایجاد شد. اولین مرحله آبیاری مزرعه بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی براساس شرایط محل، رطوبت خاک و دور مرسوم آبیاری گیاه کاملینا و در سه نوبت به صورت جوی و پشته انجام گرفت. عملیات برداشت بوته‌ها با زردشدن کامل خوشه‌ها به صورت دستی در پنج خردادماه ۱۳۹۹ صورت پذیرفت.

۲.۳. صفات مورد ارزیابی

صفات مورد ارزیابی عبارتند از شاخص برداشت، عملکرد روغن، اجزای عملکرد شامل عملکرد دانه در هکتار، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری

pH	بافت	نیتروژن قابل دسترس (mg/kg)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)	هدایت الکتریکی (ds/m)	ماده آلی (%)
۷/۵۷	لومی شنی	۰/۱۱۸	۲۹/۶	۱۶۵/۱۴	۳/۱۶	۰/۹۹

تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها به وسیله آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تعداد خورجین در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد خورجین در بوته کاملینا در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر ژنوتیپ این گیاه قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین لاین‌های کاملینا از نظر تعداد خورجین در بوته حاکی از آن بود که لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ به ترتیب با ۱۱۴۵ و ۱۰۲۳ عدد خورجین در بوته به عنوان لاین‌های برتر آزمایش از نظر این صفت شناخته شدند به طوری که تعداد خورجین در بوته برای لاین ۱۳۴ در مقایسه با رقم سهیل (لاین هاپلوئید مضاعف مرسوم و قابل کشت در اکثر مناطق ایران) حدود ۳۲ درصد بیش‌تر بود نتایج هم‌چنین نشان داد که لاین‌های ۱۱۶ و ۱۱۱ به ترتیب با ۲۳۸ و ۳۰۹ کم‌ترین تعداد خورجین در بوته را در میان لاین‌های کاملینا داشتند (جدول ۳). یکی از مهم‌ترین عوامل در توسعه گیاهان جدید و غیربومی در مناطقی که کشت آن گیاه غیرمرسوم است، شناسایی عواملی می‌باشد که در تقابل با محیط، اثر مستقیمی بر عملکرد گیاه مذکور دارد (Borzoo *et al.*, 2021). به گزارش Zaluski *et al.* (2020) عملکرد کاملینا به عواملی نظیر ژنوتیپ، خاک و شرایط محیطی بستگی دارد که از این میان اثر برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط بسیار معنی‌دار است. هم‌چنین گزارش شده است که ارقام مختلف کاملینا تفاوت‌های معنی‌داری از نظر تعداد خورجین در بوته دارند و این موضوع با تأثیر بر تعداد دانه در واحد سطح موجب ایجاد تفاوت‌های معنی‌دار در عملکرد نهایی دانه و هم‌چنین عملکرد روغن دانه این گیاه شده است (Konkova *et al.*, 2021).

بعد از نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تعداد پنج بوته برای اندازه‌گیری تعداد خورجین در بوته از هر واحد آزمایشی انتخاب و تعداد خورجین‌ها در هر بوته به صورت دستی شمارش شدند، سپس میانگین مجموع داده‌ها محاسبه و به عنوان تعداد خورجین در نظر گرفته شد. از بوته‌های برداشت‌شده از هر کرت آزمایشی ده خورجین جدا و تعداد دانه شمارش شد و پس از آن میانگین مجموع داده‌ها به عنوان تعداد دانه در خورجین تعیین شد. پس از برداشت گیاهان داخل کرت‌ها و جداکردن دانه‌ها از خورجین، ده نمونه صدانه‌ای شمارش و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و وزن هزاردانه با تناسب محاسبه شد (Wittenberg *et al.*, 2020). پس از حذف دو ردیف کناری و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود برداشت شده و پس از عمل خرمن‌کوبی و بوجاری، دانه‌ها از کاه و کلش جدا و سپس با توزین دانه، عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۱ درصد برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (Ahmad Waraich *et al.*, 2020). از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به صورت درصد محاسبه شد (Chen *et al.*, 2021). درصد روغن نیز از روش سوکسله و براساس رابطه زیر محاسبه شد (Rezaizad *et al.*, 2018):

(رابطه ۱) = درصد روغن

$$100 \times (\text{وزن نمونه} / \text{وزن روغن})$$

شایان ذکر است که جهت سنجش دقیق‌تر صفات موردبررسی، رقم سهیل که در منطقه مورد آزمایش و هم‌چنین در سایر نقاط کشور سابقه کاشت داشته و جزو لاین‌های شناخته‌شده و مرسوم در کشور محسوب می‌شود، به عنوان شاهد در نظر گرفته شده و سایر لاین‌ها با رقم سهیل مقایسه شدند. داده‌های حاصل از آزمایش نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن در ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		خورجین در بوته	دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	محتوای روغن
تکرار	۲	۷۸/۵۰۸ns	۰/۱۷۵ns	۰/۰۰۱ns	۹۶۲/۸۰ns	۰/۷۰۹ns	۳۹۹/۲۸۵**
لاین	۳۹	۱۲۲۲۳۴/۰۴۶**	۵/۲۴۳**	۰/۰۹۵**	۱۳۷۵۲۳۸/۳۶**	۱۴۶/۵۹۰**	۴/۹۳۶**
خطای آزمایش	۷۸	۸۴/۱۴۱	۱/۵۵۹	۰/۰۰۲	۹۲۰۱/۸۷	۰/۶۸۷	۰/۸۲۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۸۳	۸/۱۸	۴/۰۲	۶/۰۵	۴/۴۶	۲/۹۰

n.s. * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

لاین‌های مورد بررسی، بیشترین تعداد دانه در خورجین با میانگین ۱۸ عدد متعلق به لاین ۱۲۵ بود که البته این میزان اختلاف معنی داری با رقم سهیل و هشت لاین دیگر نداشت، اما نکته قابل توجه این بود که تفاوت بیشترین تعداد دانه در خورجین در لاین ۱۲۵ با کمترین تعداد دانه در خورجین در لاین ۱۱ حدود ۳۳ درصد بود (جدول ۳). این در حالی است که *Zafuski et al.* (2021) دلیل اصلی در وجود اختلاف معنی دار عملکرد دانه بین لاین‌های کاملینا را، تفاوت معنی دار آن‌ها از نظر تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه گزارش کرده‌اند. بنابراین و با توجه به نتایج پژوهش حاضر (اختلاف ۳۳ درصدی در تعداد دانه در خورجین لاین‌های کاملینا) به نظر می‌رسد شناسایی لاین‌های کاملینا که مستعد تولید تعداد دانه بالا هستند، جهت معرفی و توسعه لاین‌ها و ارقام با عملکرد دانه و روغن مناسب امری ضروری باشد. بنا به گزارش *Kurasiak et al.* (2018) تعداد دانه در خورجین کاملینا تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می‌گیرد و توانایی لاین‌های مختلف گیاه در تولید دانه متفاوت است و از اجزای اصلی عملکرد محسوب می‌شود. همچنین گزارش شده است که در سطوح مختلف تنش خشکی، لاین‌هایی از کاملینا که توانایی بیش‌تری در حفظ نسبی تعداد دانه در خورجین خود داشته‌اند، توانستند اثر منفی خشکی بر میزان عملکرد دانه این گیاه را تا حدی خنثی کنند (*Ghorbani et al.*, 2021).

به‌طور کلی در گیاهان روغنی تعداد خورجین در بوته از جمله صفات مهمی معرفی شده است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن دارد (*Arshadi et al.*, 2018). در پژوهشی با بررسی اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد کاملینا گزارش شد که عملکرد دانه این گیاه در زمان‌های مختلف کاشت به شدت تحت تأثیر تعداد خورجین در بوته قرار می‌گیرد. همچنین پس از مرحله گلدهی، با کاهش سطح برگ بوته‌ها خورجین‌های موجود در بوته‌ها نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارد. نتایج پژوهش مذکور هم‌چنین عدم دستیابی مناسب کاملینا به نور در تراکم‌های بالا را یکی از عوامل کاهش رشد و تعداد خورجین‌های این گیاه عنوان کرده است، به‌طوری‌که کاهش تعداد خورجین موجب کاهش تعداد دانه و عملکرد دانه در گیاه شده است (*Ahmad et al.*, 2020). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد تعداد بالای خورجین‌ها در لاین‌های برتر، ممکن است درصد سقط گل‌ها را کاهش داده و از طریق افزایش دانه در افزایش عملکرد کاملینا اثر داشته است.

۲.۳. تعداد دانه در خورجین

اثر ژنوتیپ بر تعداد دانه در خورجین کاملینا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که در بین

بررسی عملکرد دانه و محتوای روغن ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا (*Camelina sativa L.*)

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن در ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا

لاین	خورجین در بوته	دانه در خورجین	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (Kg/ha)	شاخص برداشت (%)	محتوای روغن (%)	عملکرد روغن (Kg/ha)
سهیل	۵۸۱/۶۶	۱۶/۶۶	۱/۲۲	۱۹۰۰/۰۳	۲۰/۸۱	۳۲/۷۸	۶۲۲/۹۶
۱۱	۱۵۵	۱۲/۳۳	۱/۰۴	۳۲۰/۸۷	۴/۰۱	۲۷/۳۲	۸۷/۶۷
۱۷	۴۹۵/۶۶	۱۴	۱/۰۲	۱۱۴۱/۲۴	۱۵/۲۱	۳۰/۴۸	۳۴۷/۹۳
۱۸	۵۰۶	۱۴	۱/۴۸	۱۶۸۴/۴۲	۱۹/۱۱	۳۲/۲۵	۵۳۹/۰۱
۱۹	۴۸۹/۶۶	۱۶/۳۳	۱/۲۷	۱۶۳۲/۶۶	۱۹/۹۰	۳۱/۸۶	۵۲۰/۲۸
۲۰	۴۵۷	۱۵	۱/۳۴	۱۴۶۹/۵۹	۱۷/۶۴	۳۱/۳۲	۴۶۰/۳۹
۲۹	۱۹۵	۱۵/۶۶	۱/۳۳	۶۵۱/۳۵	۹/۲۹	۲۸/۱۶	۱۸۷/۸۱
۳۰	۵۷۱/۶۶	۱۶	۱/۴۱۷	۲۰۶۵/۳۵	۱۹/۵۸	۳۱/۵۴	۶۵۱/۵۳
۳۱	۴۵۱/۶۶	۱۵/۳۳	۱/۱۵	۱۲۸۴/۵۱	۱۷/۶۴	۳۰/۹۵	۳۹۷/۶۸
۳۸	۴۹۵	۱۵/۳۳	۱/۵۹	۱۹۲۷/۵۶	۳۱/۱۱	۳۱/۸۷	۶۱۴/۴۶
۳۹	۵۹۵	۱۴/۳۳	۱/۳۵	۱۸۴۲/۵۸	۳۲/۳۵	۳۱/۴۹	۵۸۲/۱۷
۴۷	۹۳۱/۶۶	۱۳/۳۳	۱/۴۶	۲۹۱۴/۲۲	۳۳/۹۹	۳۱/۴۴	۹۱۶/۴۲
۴۹	۶۹۱/۶۶	۱۷/۶۶	۱/۳۹	۲۷۲۰/۰۴	۲۴/۱۷	۳۲/۵۸	۸۸۶/۲۹
۵۳	۳۹۸/۳۳	۱۶	۱/۰۳	۱۰۵۳/۴۶	۱۰/۳۱	۳۰/۹۵	۳۲۶/۱۵
۵۸	۴۹۴/۳۳	۱۶/۳۳	۱/۴۱	۱۸۲۴/۸۴	۲۰/۹۶	۳۱/۹۴	۵۸۳/۰۱
۶۶	۴۸۳/۳۳	۱۴	۱/۵۱	۱۶۳۸/۲۶	۱۹/۸۸	۳۳/۲۲	۵۴۴/۲۷
۹۰	۴۹۰	۱۶	۱/۵۰	۱۸۸۱/۸۳	۲۰/۳۹	۳۳/۰۷	۶۲۲/۵۰
۱۱۰	۱۰۲۴/۳۳	۱۵/۶۶	۱/۲۱	۳۱۲۰/۵۵	۲۸/۶۸	۳۱/۱۵	۹۷۲/۱۳
۱۱۱	۳۰۹/۳۳	۱۵	۱/۰۲	۷۵۸/۸۹	۸/۹۰	۳۰/۱۲	۲۲۸/۶۵
۱۱۲	۴۰۲/۳۳	۱۴/۶۶	۱/۲۱	۱۱۴۹/۴۹	۱۹/۰۲	۳۱/۰۷	۳۵۷/۲۰
۱۱۴	۶۷۴/۶۶	۱۵/۶۶	۱/۱۷	۱۹۸۱/۷۲	۱۹/۷۲	۳۰/۷۶	۶۰۹/۷۶
۱۱۶	۲۳۸	۱۷/۳۳	۱/۱۸	۷۷۷/۹۶	۱۱/۲۴	۲۹/۴۸	۲۲۹/۳۵
۱۱۷	۳۰۹/۶۶	۱۶	۱/۳۸	۱۰۹۵/۴۲	۱۸/۱۳	۳۱/۰۲	۳۳۹/۸۷
۱۱۸	۳۳۱/۳۳	۱۴/۶۶	۱/۲۳	۹۵۸/۳۶	۱۰/۶۷	۳۰/۳۹	۲۹۱/۲۹

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن در ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا

لاین	خورجین در بوته	دانه در خورجین	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (Kg/ha)	شاخص برداشت (%)	محتوای روغن (%)	عملکرد روغن (Kg/ha)
۱۱۹	۳۹۸/۳۳	۱۵/۳۳	۱/۲۷	۱۲۴۸/۱۶	۱۷/۴۹	۳۰/۶۶	۳۸۲/۷۵
	p	c-i	k-o	n-r	mn	f-k	p-t
۱۲۲	۴۲۸	۱۷/۶۶	۱/۳۰	۱۵۷۵/۱۷	۱۷/۳۴	۳۱/۶۰	۴۹۷/۸۴
	n	ab	j-n	j-l	mn	b-i	j-l
۱۲۳	۱۵۷/۶۶	۱۷	۱/۰۳	۴۴۱/۹۶	۵/۷۳	۲۷/۹۸	۱۲۳/۶۹
	v	a-d	t	v	v	m	xy
۱۲۴	۳۹۱/۶۶	۱۴	۱/۵۱	۱۳۲۳/۳۵	۱۳/۴۴	۳۱/۲۸	۴۱۴/۰۶
	p	g-k	bc	m-o	qr	c-j	m-q
۱۲۵	۵۴۰	۱۸	۱/۴۳	۲۲۲/۵۳	۲۳/۵۳	۳۲/۶۶	۷۲۶/۰۸
	j	a	d-g	d	f	a-c	d
۱۲۶	۶۶۱/۶۶	۱۶	۱/۲۸	۲۱۷۶/۸۶	۲۰/۱۳	۳۱/۹۹	۶۹۶/۴۶
	e	a-g	l-o	de	g-j	a-f	de
۱۲۷	۳۷۴/۶۶	۱۳/۳۳	۱/۳۵	۱۰۸۰/۸۱	۱۴/۵۳	۳۱/۰۵	۳۳۵/۶۵
	q	i-k	g-k	st	pq	e-j	s-u
۱۲۸	۴۵۶/۳۳	۱۴/۳۳	۱/۱۲	۱۱۷۰/۱۶	۱۵/۲۳	۳۱/۳۴	۳۶۶/۸۲
	m	f-k	rs	o-s	op	b-j	p-t
۱۲۹	۵۸۰	۱۵	۰/۹۶	۱۳۴۲/۰۴	۱۴/۱۳	۳۱/۱۷	۴۱۹/۹
	gh	d-j	t	mn	pq	d-j	m-p
۱۳۰	۴۸۵	۱۵	۱/۳۱	۱۵۲۱/۶۸	۱۷/۴۸	۳۱/۳۲	۴۷۶/۷۱
	l	d-j	i-m	kl	mn	b-j	k-m
۱۳۱	۴۸۸/۳۳	۱۶	۱/۰۴	۱۳۰۳/۹۶	۱۸/۲۸	۳۱/۰۲	۴۰۴/۵۸
	l	a-g	st	n-p	k-m	e-j	n-r
۱۳۲	۴۱۳/۶۶	۱۳	۱/۱۸	۱۰۱۹/۰۸	۱۲/۷۷	۳۱/۰۴	۳۱۶/۳۸
	no	jk	p-r	st	r	e-j	tu
۱۳۳	۵۹۴/۳۳	۱۵	۱/۵۴	۲۲۰۵/۱۰	۲۳/۶۲	۳۲/۴۱	۷۱۴/۷۸
	fg	d-j	bc	de	f	a-e	de
۱۳۴	۱۱۴۵/۳۳	۱۴/۳۳	۱/۲۱۰	۳۱۷۸	۳۰/۱۳	۳۲/۳۶	۱۰۲۷/۴۷
	a	f-k	o-q	a	cd	a-e	a
۱۳۵	۵۶۳	۱۳/۳۳	۱/۲۶	۱۵۵۷/۳۴	۱۶/۵	۳۰/۲۱	۴۷۰/۴۹
	i	h-k	l-p	j-l	no	i-k	l-n
۱۳۶	۵۳۲/۳۳	۱۵	۱/۷۱	۲۱۹۳/۶۳	۳۰/۱۱	۳۲/۵۷	۷۱۴/۵۳
	j	d-j	a	de	cd	a-d	de

میانگین‌های با حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD محافظت شده دارند ($P \leq 0.05$).

می‌شوند (Arshadi Bidgoli et al., 2018). به‌طور کلی گزارش شده است که در صورت کاهش یکی از اجزای عملکرد، اجزای دیگر در صدد جبران آن برمی‌آیند و از آنجاکه وزن دانه، کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Angelini et al., 2021). لذا تغییرات در تعداد دانه در خورجین تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی گیاهان روغنی خواهد داشت.

از طرفی هرچند مطالعات اندکی بر روابط اجزای عملکرد در ارقام و لاین‌های کاملینا در کشور صورت گرفته است، اما مطالعات در زمینه ارتباط و همبستگی صفات مهم زراعی بر سایر گیاهان دانه روغنی از جمله کلزا نشان داده است که صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته از جمله مهم‌ترین صفات با همبستگی بالا در عملکرد این گیاهان محسوب

۳.۳. وزن هزاردانه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بین لاین‌ها از نظر وزن هزاردانه اختلاف معنی‌داری دیده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که وزن هزاردانه در لاین ۱۳۶ (۱/۷۹ گرم) حدود ۳۹ درصد از رقم سهیل بیش‌تر بود (۱/۲۲ گرم). کم‌ترین میزان وزن هزاردانه (۰/۹۶ گرم) نیز در لاین ۱۲۹ مشاهده شد که این مقدار در مقایسه با رقم سهیل حدود ۲۶ درصد کم‌تر بود (جدول ۳). بنابراین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که صفت وزن هزاردانه که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در گیاهان زراعی است (Ahmad et al., 2021)، در لاین‌های مختلف کاملینا به‌شدت متفاوت است، لذا از آنجایی‌که بنا به گزارش‌های وزن هزاردانه کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تغییرات آن بیش‌تر براساس ویژگی‌های ژنوتیپی است (Walia et al., 2021) و با توجه به این‌که این صفت یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد برای تولید نهایی دانه در گیاهان زراعی است، شناسایی و انتخاب لاین‌های مستعد کاملینا از نظر تولید دانه با وزن بالاتر جهت حصول عملکرد دانه و روغن مناسب و پایدار امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

در این راستا گزارش شده است که اندازه نهایی دانه تا حدود زیادی بین لاین‌های کاملینا متفاوت بوده و تغییرات اندازه دانه این گیاه در مقایسه با سایر اجزای عملکرد که زودتر تشکیل می‌شوند، کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گرفته است (Zaluski et al., 2021). از این‌رو، یک راه رسیدن به بالاترین عملکرد کاملینا این است که تا جایی که اندازه گیاه اجازه می‌دهد تعداد زیادی دانه در هر خورجین حفظ شود و سپس اجازه داده شود تا شرایط محیطی مناسب سرعت و دوام پر شدن دانه را تعیین کند. Angelini et al. (2021) وزن هزاردانه را به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار (پس از تعداد خورجین در واحد

سطح) بر عملکرد دانه کاملینا معرفی کردند و گزارش کردند که عملکرد دانه توسط مواد فتوسنتزی قابل دسترس طی مرحله پرشدن دانه و تعداد دانه‌های رقابت‌کننده تعیین می‌شود.

۳.۴. عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در بین لاین‌های هاپلوئید مضاعف مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نیز گویای آن بود که بیش‌ترین عملکرد دانه کاملینا در لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ به‌ترتیب به میزان ۳۱۷۸ و ۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که این مقدار حدود ۴۰ درصد بیش‌تر از عملکرد دانه در رقم سهیل (۱۹۰۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار) بوده است کم‌ترین میزان عملکرد دانه نیز در لاین ۱۲۳ و به میزان ۴۴۱/۹۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۳).

برتری عملکرد کاملینا به مسائل ژنتیکی که در شکل‌گیری و تکامل لاین‌ها مؤثر هستند، نسبت داده شده است. سازگاری ژنوتیپ‌ها با محیط (شرایط آب‌وهوایی) نیز در تولید حداکثری لاین‌ها مؤثر گزارش شده است. با این‌حال از نظر اجزای عملکرد، تعداد خورجین در واحد سطح به‌عنوان مهم‌ترین رکن شکل‌گیری عملکرد دانه در کاملینا معرفی شده است به‌طوری‌که هر چقدر تعداد خورجین‌ها در این گیاه بیش‌تر باشد احتمال تولید دانه‌های سالم (بارور) در شرایط تنش اسمزی افزایش می‌یابد (Kuzmanovic et al., 2021). از طرفی گزارش شده است که با افزایش تعداد خورجین‌ها آب و مواد غذایی با سهولت بیش‌تری در اختیار دانه‌ها قرار می‌گیرد و ضمن افزایش تعداد دانه‌های بارور، وزن دانه‌ها نیز تا حدی افزایش می‌یابد (Ahmad Waraich et al., 2020). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ ضمن سازگاری با محیط توانسته‌اند از طریق تعداد بالاتر

قابل ملاحظه‌ای از طول دوره رشد زایشی کم‌تر است و این موضوع (کوتاه‌بودن طول دوره رویشی در لاین‌های کم محصول) موجب تشکیل تعداد خورجین و دانه کم‌تر در بوته شده و در نتیجه عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش می‌دهد (Matteo et al., 2020). در پژوهش حاضر نیز مشاهده می‌شود که لاین‌های ۱۱ و ۱۲۳ که کم‌ترین شاخص برداشت را داشتند از لحاظ تعداد خورجین و دانه نیز در پایین‌ترین گروه‌های آماری قرار گرفته‌اند (جدول ۳). از طرفی تفاوت معنی‌داری در قطر ساقه و برگ‌های ارقام کاملینا گزارش شده که این موضوع تفاوت معنی‌دار در عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ارقام این گیاه را در برداشته است (Zanetti et al., 2020). بنابراین به نظر می‌رسد مقدار سهم دانه از کل ماده خشک تولیدی نیز از عوامل مهم در حصول شاخص برداشت بالا در لاین‌های مختلف کاملینا باشد.

۶.۳. محتوای روغن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در بین لاین‌های موردبررسی از نظر محتوای روغن (درصد روغن) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که لاین‌های ۶۶ و ۹۰ به ترتیب با ۳۳/۲۲ و ۳۳/۰۷ درصد روغن بیش‌ترین محتوای روغن را داشتند. اما نکته قابل توجه این بود که این مقادیر با درصد روغن شش لاین دیگر از جمله رقم سهیل به عنوان شاهد و لاین‌های ۱۱۰ و ۱۳۴ که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را نیز داشتند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

گزارش شده که درصد روغن در کاملینا بیش‌تر تحت تأثیر ژنتیک است تا عوامل محیطی، به طوری که اگر در اواخر فصل رشد تنش‌های محیطی شدید رخ ندهد، درصد روغن در هر لاین کاملینا ثابت می‌ماند (Amiri-

خورجین در واحد سطح در مجموع دانه‌های بیش‌تر و بزرگتری تولید کنند و این موضوع منجر به حصول بیش‌ترین عملکرد در بین ۴۰ لاین کاملینا شده است.

۵.۳. شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا نشان داد که از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که لاین‌های ۴۷، ۳۹ و ۱۳۴ به ترتیب با مقادیر ۳۳/۹۹، ۳۲/۳۵ و ۳۰/۱۳ درصد، از نظر شاخص برداشت در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. رقم سهیل نیز که به عنوان شاهد در نظر گرفته شده بود با مقدار شاخص برداشت ۲۰/۱۸ درصد در رتبه ششم قرار گرفت (جدول ۳). نتایج هم‌چنین نشان داد که لاین ۱۱ با شاخص برداشت ۴/۰۱ درصد و لاین ۱۲۳ با شاخص برداشت ۵/۷۳ درصد کم‌ترین مقادیر شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. بنابراین مشاهده می‌شود که لاین‌های کم محصول (لاین‌های ۱۱ و ۱۲۳) نسبت به لاین‌های پر محصول شاخص برداشت کم‌تری دارند (جدول ۳). که این موضوع نشانگر سازگاری کم‌تر این لاین‌ها به محیط، در مقایسه با لاین‌های دارای شاخص برداشت بالا می‌باشد.

هدف از گشت گیاهان روغنی دستیابی به حداکثر عملکرد دانه با هدف حصول عملکرد روغن بالا است. در نتیجه شاخص برداشت که نشان‌دهنده نسبت دانه به کل ماده خشک تولیدشده در گیاه است، یک ویژگی مهم در گیاهان دانه روغنی محسوب می‌شود (Zanetti et al., 2020). این در حالی است که شرایط آب‌وهوایی و پتانسیل ژنتیکی شاخص برداشت را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این راستا گزارش شده که در لاین‌های کم محصول کاملینا طول دوره رشد رویشی به طور

معنی‌دار در عملکرد روغن بیانگر پتانسیل ژنتیکی لاین‌های موردبررسی در تولید عملکرد روغن می‌باشد. عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه به‌دست می‌آید، بنابراین تابعی از این دو مؤلفه می‌باشد، در نتیجه تلاش برای افزایش هر یک از این دو جز می‌تواند منجر به افزایش عملکرد روغن کاملینا شود، با این‌حال درصد روغن بیش‌تر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام و لاین‌ها قرار می‌گیرد (Blume et al., 2020). در پژوهشی با بررسی همبستگی عملکرد دانه و روغن کاملینا گزارش شد که بیش از ۹۰ درصد تغییرات عملکرد روغن این گیاه در نتیجه تغییرات عملکرد دانه بوده است هم‌چنین گزارش شده که تمامی اجزای عملکرد دانه در کاملینا (شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه) همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه در این گیاه داشته است و افزایش مقادیر اجزای عملکرد از طریق بهبود عملکرد دانه موجب افزایش عملکرد روغن کاملینا در واحد سطح شده است (Vollmann et al., 2007).

در پژوهش حاضر نیز لاین‌های هاپلوئید مضاعف ۱۳۴ و ۱۱۰ که بیش‌ترین عملکرد دانه در واحد سطح را داشتند توانستند روغن بیش‌تری نیز در مقایسه با سایر لاین‌های موردبررسی تولید کنند (جدول ۳). بنابراین به‌نظر می‌رسد تلاش برای افزایش عملکرد دانه کاملینا از طریق مهیاکردن شرایط مناسب در توسعه اجزای عملکرد دانه روش کاربردی‌تری به‌منظور افزایش عملکرد روغن این گیاه باشد.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در مجموع نشان‌دهنده تفاوت بسیار معنی‌دار لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا از نظر اجزای عملکرد بوده که این تفاوت‌ها در نهایت منجر به ایجاد

(Darban et al., 2020). هم‌چنین بنا به گزارش‌ها درصد روغن دانه یک صفت کمی است که توسط چندین ژن کنترل می‌شود. در نتیجه احتمال آسیب‌دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل‌کننده درصد روغن دانه در شرایط محیطی کم‌تنش پایین است و بنابراین شرایط محیطی نسبتاً مناسب و ثابت نقش تأثیرگذاری در تغییرات درصد روغن دانه گیاه نخواهد داشت (Borzoo et al., 2021). در پژوهش حاضر نیز با توجه به یکسان‌بودن شرایط محیطی به‌نظر می‌رسد پتانسیل‌های ژنتیکی در تولید محتوای روغن نقش تأثیرگذاری در میزان روغن لاین‌های مختلف داشته است. هم‌چنین گزارش شده که افزایش عملکرد دانه تأثیر مستقیمی بر افزایش عملکرد روغن دانه کاملینا داشته و از این طریق محتوای روغن دانه این گیاه را افزایش می‌دهد (Zubr, 2003). بنابراین براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، توجه به پتانسیل ژنتیکی تولید محتوای روغن در لاین‌های پرمحصول در انتخاب و توسعه ارقام و لاین‌های مختلف کاملینا امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

۳.۷. عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر عملکرد روغن ۴۰ لاین کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۲۷/۴۷ و ۹۷۳/۱۳ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد روغن را در بین لاین‌های کاملینا داشتند به‌طوری‌که عملکرد روغن در لاین‌های ذکرشده حدود ۳۶ درصد بیش‌تر از رقم سهیل به‌عنوان شاهد بود. کم‌ترین میزان عملکرد روغن نیز به مقدار ۱۲۳/۶۹ کیلوگرم در هکتار و در لاین ۱۲۳ یعنی همان ژنوتیپی که کم‌ترین عملکرد دانه را داشت، حاصل شد (جدول ۳). بنابراین به‌نظر می‌رسد روند تغییرات عملکرد روغن در لاین‌های موردبررسی در این پژوهش مشابه روند تغییرات عملکرد دانه بوده است و اختلاف

طرح شماره ۹۹۰۲۵۶۲۳ انجام شده است، که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Ahmad Waraich, E., Zeeshan, A., Zahoor, A., & Erman, R. (2020). Alterations in growth and yield of *Camelina* induced by different planting densities under water deficit stress. *International Journal of Experimental Botany*, 89(3), 587-597, DOI:10.32604/phyton.2020.08734
- Ahmad, M., Waraich, E. A., & Tanveer, A. (2021). Foliar applied thiourea improved physiological traits and yield of *Camelina* and *Canola* under normal and heat stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 1666-1678. DOI 10.1007/s42729-021-00470-8
- Amiri-Darban, N., Nourmohammadi, G., Shirani Rad, A. H., Mirhadi, S. M. J., & Majidi Heravan, I. (2020). Potassium sulfate and ammonium sulfate affect quality and quantity of camelina oil grown with different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 112(4), 148-156. DOI:10.1016/j.indcrop.2020.112308.
- Angelini, L. G., Abou Chehade, L., Foschi, L., & Tavarini, S. (2020). Performance and potentiality of *Camelina sativa* L. Crantz genotypes in response to sowing date under mediterranean environment. *Agronomy*, 10(12), 1929-1937. DOI: 10.3390/agronomy10121929.
- Arshadi Bidgoli., M., Amiri Oghan, H., Fotokian, M H., & Alizadeh, B. (2018). Evaluation of diversity and relationship among yield and yield components of rapeseed genotypes (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 10(27), 115-124. (In Persian).
- Bertacchi, S., & Bettiga, M. (2020). Porro, D. *Camelina sativa* meal hydrolysate as sustainable biomass for the production of carotenoids by *Rhodospiridium toruloides*. *Biotechnol Biofuels*, 13(47), 1-10. DOI: 10.1186/s13068-020-01682-3.
- Blume, R. Y., Rabokon, A. M., Postovoitova, A. S., Ye. Demkovich, A., Pirko, Y. V., Yemets, A. I., Rakhmetov, A., & Blume, Y. B. (2020). Evaluating the diversity and breeding prospects of Ukrainian spring *Camelina* genotypes. *Cytology and Genetics*, 54, 420-436.

اختلاف‌های معنی‌دار در عملکرد دانه شده و از این طریق بر عملکرد و محتوای روغن دانه تأثیر داشته‌اند. لاین‌های برتر این آزمایش از نظر عملکرد دانه و روغن به ترتیب شامل لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ بودند و رقم سهیل نیز به‌عنوان شاهد، از بین ۴۰ لاین مورد بررسی در گروه هفتم آماری قرار گرفت. با این حال، هیچ‌کدام از لاین‌ها در تمامی اجزای عملکرد دانه شامل تعداد خورجین در واحد سطح، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه برتری مطلق نداشتند که این موضوع نیز خود نشان‌دهنده و تأییدکننده اثر شدید و متفاوت ژنوتیپ بر اجزای عملکرد کاملینا می‌باشد. بنابراین علت برتری عملکرد دانه لاین‌های ذکر شده را می‌توان در برتری بسیار معنی‌دار تعداد خورجین در بوته آن‌ها در مقایسه با سایر لاین‌های مورد بررسی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد دانه کاملینا جستجو کرد. هم‌چنین از آنجایی که محیط آزمایش برای تمامی لاین‌ها مشابه بود می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ سازگاری قابل توجهی با شرایط آب‌وهوایی منطقه داشته و این موضوع در انتخاب لاین‌های امیدبخش و پربانسیل کاملینا جهت کشت وسیع در منطقه و کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی نتایج نشان‌دهنده تأثیر مستقیم عملکرد دانه بر عملکرد روغن کاملینا بود. بنابراین با توجه به این‌که هدف از کشت گیاه دانه روغنی کاملینا علاوه بر برداشت دانه حصول روغن به مقدار مناسب است در مجموع می‌توان لاین‌های ۱۳۴ و ۱۱۰ را به‌عنوان لاین‌های برتر و امیدبخش که با شرایط آب‌وهوایی منطقه سازگاری دارند پیشنهاد نمود.

۵. تشکر و قدردانی

این اثر تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از

- Borzoo, S., Mohsenzadeh, S., & Kahrizi, D. (2021). Water-deficit stress and genotype variation induced alteration in seed characteristics of *Camelina sativa*. *Rhizosphere*, 20(4), 18-27. DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100427.
- Chen, J., Engbersen, N., Stefan, L., Schmid, B., Sun, H., & Schöb, C. (2021). Diversity increases yield but reduces harvest index in crop mixtures. *Nature Plants*, 7(7), 893-898. DOI: 10.1038/s41477-021-00948-4
- Fallah, F., Kahrizi, D., Rezaeizad, A., Zebajadi, A. R., & 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.
- Ghorbani, M., Kahrizi, D., & Chaghakaboodi, Z. (2020). Evaluation of *Camelina sativa* doubled haploid lines for the response to water-deficit stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, 193-199.
- Holz, G., & Dormann, P. (2021). Alterations of flower fertility, plant size, seed weight, and seed oil content in transgenic *Camelina sativa* plants overexpressing CYP78A. *Industrial Crops and Products*, 170, 113794. DOI:10.1016/j.indcrop.2021.113794
- Kakabouki, A., Folina, S., Karydogianni, C. H., & Efthimiadou, A. (2020). The effect of nitrogen fertilization on root characteristics of *Camelina sativa* L. in greenhouse pots. *Agronomy Research*, 18(3), 2060-2068, DOI: 10.15159/AR.20.178
- Konkova, N. G., Shelenga, T. V., Gridnev, G. A., Dubovskaya, A. G., & Malyshev, L. L. (2021). Stability and variability of *Camelina sativa* (L.) crantz economically valuable traits in various eco-geographical conditions of the Russian federation. *Agronomy*, 11(2), 332-340. DOI: 10.3390/agronomy11020332
- Kurasiak-Popowska, D., Tomkowiak, A., Człopińska, M., Bocianowski, J., Weigt, D., & Nawracała, J. (2018). Analysis of yield and genetic similarity of Polish and Ukrainian *Camelina sativa* genotypes. *Industrial Crops and Products*, 123, 667-675. DOI:10.1016/j.indcrop.2018.07.001
- Kuzmanovic, B., Petrovic, S., Nag, N., Mladenov, V., Grahovac, N., Zanetti, F., Eynck, C., Vollmann, J., & Marjanovic Jeromela, A. (2021). Yield-related traits of 20 spring *Camelina* genotypes grown in a multi-environment study in Serbia. *Agronomy*, 11(5), 858-869. DOI: 10.3390/agronomy11050858.
- Leclere, M., Lorent, A.-R., Jeuffroy, M.-H., Butier, A., Chatain, C., & Loyce, C. (2021). Diagnosis of camelina seed yield and quality across an on-farm experimental network. *European Journal of Agronomy*, 122, 126190. DOI:10.1016/j.eja.2020.126190
- Matteo, R., D'Avino, L., Ramirez-Cando, L. J., Pagnotta, E., Angelini, L. G., Spugnoli, P., & Lazzeri, L. (2020). *Camelina* (*Camelina sativa* L. Crantz) under low-input management systems in northern Italy: yields, chemical characterization and environmental sustainability. *Italian Journal of Agronomy*, 15(1519), 132-143. DOI:10.4081/ija.2020.1519
- Rezaizad, A., Zaree Siahbidi, A., & Moradgholi, F. (2018). Stability analysis of oil yield in different oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes in two normal and delayed sowing date in Kermanshah province. *Journal of Crop Breeding*, 10(25), 137-148. (In Persian).
- Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., & Wagenristl, H. (2007). Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 26(3), 270-277. DOI:10.1016/j.indcrop.2007.03.017
- Walia, M. K., Zanetti, F., Gesch, R. W., Krzyżaniak, M., Eynck, C., Puttick, D., & Monti, A. (2021). Winter camelina seed quality in different growing environments across Northern America and Europe. *Industrial Crops and Products*, 169, 113639. DOI:10.1016/j.indcrop.2021.113639.
- Wittenberg, A., Anderson, J. V., & Berti, M. T. (2020). Crop growth and productivity of winter camelina in response to sowing date in the northwestern Corn Belt of the USA. *Industrial Crops and Products*, 158, 113036. DOI:10.1016/j.indcrop.2020.113036.
- Zaluski, D., Tworowski, J., Krzyżaniak, M., Stolarski, M. J., & Kwiatkowski, J. (2020). The characterization of 10 spring *Camelina* genotypes grown in environmental conditions in North-Eastern Poland. *Agronomy*, 10(1), 64-73. DOI: 10.3390/agronomy10010064
- Zanetti, F., Alberghini, B., & Marjanovic Jeromela, A. (2021). *Camelina*, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 107-131. DOI: 10.1007/s13593-020-00663-y.
- Zanetti, F., Gesch, R. W., Walia, M. K., Johnson, J. M. F., & Monti, A. (2020). Winter camelina root characteristics and yield performance under contrasting environmental conditions. *Field Crops Research*, 252, 107794. DOI:10.1016/j.fcr.2020.107794
- Zubr, J. (2003). Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seed. *Journal of Food Quality*, 26(6), 451-462.