Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Study of growth indices and yield of double haploid lines of Camelina plant (*Camelina sativa* L.)

Marjanossadat Hosseinifard[1], Majid Ghorbani Javid[2*], Elias Soltani[3], Iraj Alahdadi[4], Danial Kahrizi[5]

[1] Ph.D. candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: m.hoseinifard@ut.ac.ir
[2] Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: mjavid@ut.ac.ir
[3] Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: elias.soltani@ut.ac.ir
[4] Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: alahdadi@ut.ac.ir
[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, Email: dkahrizi@razi.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/09/14
Received: 2022/11/23
Accepted: 2022/12/31

Keywords:
Crop growth rate
Genotype
Leaf area
Oilseeds
Physiological parameters

ABSTRACT

Background and objectives: The camelina plant is a little-known plant Brassicaceae family. Camelina is an example of renewable vegetable oil that is considered a sustainable energy source. Seed yield and oil quality are the most obvious breeding objectives in the Brassicaceae family, while seed yield in agricultural plants, as their most complex trait, is influenced by a large number of physiological processes and the measurable expression is manifested in the physiological and morphological characteristics of the plant. Therefore, the analysis of physiological (growth) indicators is considered essential to understanding and interpreting changes in plant performance in response to environmental conditions. However, there is very limited information on the comparison of growth and functional traits of Camelina genotypes in the country. Therefore, the objective of this study was to compare the effects of physiological characteristics of 40 double haploid Camelina lines in the country.

Materials and methods: In this study, 40 Camelina genotypes in terms of physiological traits and yield including leaf area index, crop growth rate, relative growth rate, net assimilation rate, specific leaf area, grain yield and oil yield were compared in a randomized complete block design with three replications in the research farm of Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), the University of Tehran, Pakdasht in 2020. It is worth mentioning that for measurement of the traits studied, the Soheil cultivar, which has long been grown both in the test area and in other parts of the country and is considered one of the well-known and widespread cultivar in the country, is considered as a control and other lines were compared with Soheil cultivar.

Results: The results of the present study showed a significant difference between the Camelina lines in terms of physiological growth characteristics, the differences eventually led to significant differences in seed yield and thus had an impact on seed yield and oil content. This theme also shows and confirms the high and differential roles of

genotype on camelina yield. In general, the results of this research showed that there is a positive correlation between the seed yield of camelina with the crop growth rate and the net assimilation rate, and there is a negative correlation with the specific leaf area at the 5% probability level. So, line 134 with the maximum leaf area index (2.34), and line 110 with the maximum growth rate (14.49) and net assimilation rate (8.13 g/m2 per day), in terms of the final grain yield were identified as the superior lines with 3178 and 3120 kg/ha, respectively. Also, the specific leaf area, which is directly related to the amount of light loss, was higher in low-yield genotypes than in lines 134 and 110.

Conclusion: The results of the present study showed the direct effect of seed yield on camelina oil yield. So that the greater compatibility of lines 110 and 134 with the studied culture environment has increased the dry matter accumulation and seed yield in the mentioned lines by increasing the plant growth rate and as a result has brought about a significant increase in seed oil yield in these lines. Since the purpose of cultivating Camelina oilseeds is, in addition to the seed harvest, to obtain oil of adequate quantity and quality, we can consider lines 134 and 110 as a whole as superior and promising double haploid lines, compatible with the climate conditions of the region.

Cite this article: Hosseinifard, M., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Alahdadi, I., Kahrizi, D. 2023. Study of growth indices and yield of double haploid lines of Camelina plant (*Camelina sativa* L.). *Crop Production Journal*, 16 (2), 23-42.

© The Authors.
DOI: 10.22069/ejcp.2023.20446.2524
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۳-۲۰۰۸

مطالعه شاخص‌های رشد و عملکرد لاین‌های هاپلوئید مضاعف گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)

مرجان السادات حسینی‌فرد[۱]، مجید قربانی‌جاوید[۲]*، الیاس سلطانی[۳]، ایرج الهدادی[٤]، دانیال کهریزی[٥]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،
رایانامه: m.hoseinifard@ut.ac.ir

[۲] استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،
رایانامه: mjavid@ut.ac.ir

[۳] دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،
رایانامه: elias.soltani@ut.ac.ir

[٤] استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،
رایانامه: alahdadi/@ut.ac.ir

[٥] استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران،
رایانامه: dkahrizi@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٦/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۰/۱۰

واژه‌های کلیدی:
دانه‌های روغنی
ژنوتیپ
سرعت رشد گیاه
سطح برگ
شاخص‌های فیزیولوژیک

چکیده

سابقه و هدف: گیاه کاملینا گیاهی کم‌تر شناخته‌شده از خانواده شب‌بوئیان است. کاملینا یک نمونه از روغن‌های تجدیدپذیر گیاهی است که یک منبع پایدار انرژی محسوب می‌شود. 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 فرآیندهای فیزیولوژیکی است و نمود قابل اندازه‌گیری این فرآیندها در صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه تجلی می‌یابد. بنابراین، تجزیه و تحلیل شاخص‌های فیزیولوژیک (رشدی) به‌منظور درک و تفسیر تغییرات عملکرد گیاهان در پاسخ به شرایط محیطی امری ضروری محسوب می‌شود. اطلاعات بسیار محدودی درباره مقایسه ویژگی‌های رشدی و عملکردی ژنوتیپ‌های قابل‌کشت کاملینا در کشور وجود دارد. بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی مقایسه‌ای تأثیر ویژگی‌های فیزیولوژیک ٤۰ لاین هاپلوئید مضاعف قابل کاشت کاملینا در کشور بود.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر ٤۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا ازنظر صفات فیزیولوژیک و عملکرد شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، سرعت آسیمیلاسیون خالص، سطح ویژه برگ، عملکرد دانه و عملکرد روغن، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)-دانشگاه تهران، پاکدشت در سال ۹۹-۱۳۹۸ مورد مقایسه قرار گرفتند. شایان‌ذکر 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 شناخته شده و مرسوم در کشور محسوب می‌شود، به‌عنوان شاهد در نظر گرفته‌شده و سایر لاین‌ها با رقم سهیل مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار لاین‌های کاملینا ازنظر ویژگی‌های رشد

فیزیولوژیک بود، تفاوت‌ها درنهایت منجر به ایجاد اختلاف‌های معنی‌دار در عملکرد دانه شد و لذا بر عملکرد و محتوای روغن دانه تأثیر داشته‌اند. این موضوع نیز خود نشان‌دهنده و تأییدکننده اثر زیاد و متفاوت ژنوتیپ بر عملکرد کاملینا می‌باشد. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که میان عملکرد دانه‌ی کاملینا با سرعت رشد محصول و سرعت آسیمیلاسیون خالص همبستگی مثبت و با سطح ویژه برگ همبستگی منفی در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. به‌طوری‌که، لاین ۱۳٤ با دارا بودن حداکثر شاخص سطح برگ (۲/۳٤) و لاین ۱۱۰ با دارا بودن حداکثر سرعت رشد (۱٤/٤۹) و سرعت آسیمیلاسیون خالص (۸/۱۳ گرم بر متر مربع در روز)، ازنظر عملکرد نهایی دانه نیز به ترتیب با ۳۱۷۸ و ۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. همچنین، سطح ویژه برگ نیز که با میزان اتلاف نور رابطه مستقیم دارد در ژنوتیپ‌های کم محصول بیش‌تر از لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ بود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر در مجموع بیان‌گر تأثیر مستقیم عملکرد دانه بر عملکرد روغن کاملینا بود. به‌طوری‌که تطابق بیش‌تر لاین‌های ۱۱۰ و ۱۳٤ با محیط کشت مورد بررسی، از طریق افزایش سرعت رشد گیاه موجب افزایش تجمع ماده‌ی خشک و عملکرد دانه در لاین‌های مذکور شده است و در نتیجه افزایش معنی‌دار عملکرد روغن دانه را در این لاین‌ها به همراه داشت. بنابراین، ازآنجایی‌که هدف از کشت گیاه دانه روغنی کاملینا علاوه بر برداشت دانه، حصول روغن با کمیت و کیفیت مناسب است، درمجموع می‌توان لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ را به‌عنوان لاین‌های هاپلوئید مضاعف برتر و امیدبخش که با شرایط آب و هوایی منطقه سازگاری دارند معرفی و توصیه نمود.

استناد: حسینی‌فرد، م.، قربانی‌جاوید، م.، سلطانی، ا.، اله‌دادی، ا.، کهریزی، د. (۱٤۰۲). مطالعه شاخص‌های رشد و عملکرد لاین‌های هاپلوئید مضاعف گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.). مجله *تولید گیاهان زراعی*، ۱٦ (۲)، ٤۲-۲۲.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20446.2524

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

© نویسندگان.

مقدمه

ارزش و اهمیت غـذایی دانـه‌های روغنـی ازنظـر تـأمین کـالری و انـرژی مـورد نیـاز انسـان در بـین محصولات کشـاورزی از جایگـاه ویـژه‌ای برخـوردار می‌باشد. روغن‌های استحصال‌شده از گیاهان با تولیـد کالری بیش از دو برابر در واحد وزن، نقش مهمـی را در تغذیه انسان ایفا می‌کنند. این روغن‌هـا، اسـیدهای چربی را به همراه دارند که سیستم متابولیسمی انسـان قـادر بـه بیوسـنتز آن‌هـا نبـوده و از ایـن نظـر جـزو اسیدهای چرب ضروری می‌باشند از طـرف دیگـر بـا داشتن گروهی از ویتـامین‌هـا (E, B, A و K) جـذب سایر عناصر حیاتی را امکان‌پذیر می‌نمایند (۱). این در حالی است که بر اساس آمارهای موجود بـیش از ۹۵ درصد روغن موردنیاز کشور از طریـق واردات تـأمین می‌شود (۲). بنابراین، با توجه به نیاز فزاینده کشور به روغن‌های خوراکی، شناسایی گیاهان دارای ترکیبـات اسید چرب مناسب که حائز توانایی رشـد در شـرایط آب و هوایی کشور باشد از اهمیت بالـایی برخـوردار است.

گیاه کاملینـا بـا نـام علمـی *Camelina Sativa* L. گیاهی کم‌تر شناخته‌شده از خـانواده (Brassicaceae) است. کاملینا یک نمونـه از روغن‌هـای تجدیـد پـذیر گیاهی است که مـی‌توانـد در صـنایع مختلـف بـرای تولیدات مفیدی مورداسـتفاده قـرار بگیـرد. ایـن گیـاه همچنین یک منبع پایدار انرژی محسوب می‌شود (۳). کاملینا قادر است در اقلیم‌ها و خاک‌های مختلف رشد کند و در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی نیاز کمی به آب، کود و آفت‌کش دارد این گیاه دارویی-روغنـی یک منبع غنی از روغن (۲۸ تا ٤۱) درصد و اسیدهای چرب امگا-۳ است کـه در رژیم‌هـای غـذایی انسـان قابلیت استفاده دارد (٤). از طرفی حدود ۸۱ درصد از اسـیدهای چـرب روغـن کاملینـا از نـوع اشباع‌نشـده هستند که باعث می‌شود روغن آن منحصربه‌فرد باشـد کاملینا همچنین نسبت به سایر گیاهان روغنی ازجمله کلزا و گلرنگ به آب و نیتروژن کم‌تـری بـرای رشـد نیاز دارد. به‌طورکلی، کاملینا دانه روغنی جدیدی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرارگرفته است (۳).

عملکرد دانـه و کیفیـت روغـن بـارزترین هـدف به‌نژادی در خانواده شب‌بوئیان است (۱). این در حالی است کـه عملکـرد دانـه در گیاهـان زراعـی بـه‌عنوان پیچیده‌ترین ویژگی آن‌ها تحت تأثیر تعـداد زیـادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی است و نمود قابل‌اندازه‌گیری این فرآیندها در صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه تجلی می‌یابد، بنابراین تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های فیزیولوژیک (رشدی) به‌منظور درک و تفسیر تغییرات عملکرد گیاهان در پاسـخ بـه شـرایط محیطـی امـری ضروری محسوب می‌شود (۵). در فیزیولوژی گیاهـان زراعی منظور از رشد افزایش میزان ماده خشک گیـاه است. تولید ماده خشک گیاهی به‌عنوان تـابعی از نـور جذب‌شده در طول دوره رشـد و رانـدمان اسـتفاده از نور تحـت تـأثیر سـاختار کـانوپی اسـت (٦). وجـود همبستگی مثبت بین عملکرد دانـه و شـاخص سـطح برگ موجود در اواسط گلدهی در کاملینا گزارش‌شده است. نقش برگ‌هـا در عملکـرد مـی‌توانـد در تعیـین اندازه مقصدهایی نظیر تعداد دانه در گیاه مهم باشد. از طرفی، سرعت رشد محصول به بهترین شکل، مفهـوم رشد را می‌رساند و با بیـان سـرعت در واحـد سـطح زمـین، اثـر بـرهم‌کنش تـنفس و فتوسـنتز نشـان داده می‌شود (۷). بنـابراین، ازآنجایی‌کـه در طـول زمـان‌بر میزان بافت‌های ساختاری گیاه که جز بافت‌های فعـال متابولیکی نیسـتند و سـهمی در رشـد ندارنـد افـزوده می‌شود، سرعت رشد نسبی بـا گذشت زمـان کـاهش می‌یابد درنتیجه تولید و تجمع ماده خشـک مـی‌توانـد توسط سه شاخص مهم میزان جذب خالص (NAR)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشـد نسـبی (RGR) که از جمله شاخص‌های مهـم فیزیولـوژیکی قابل تجزیه‌وتحلیل مـی‌باشـند، مطالعـه شـود (۸). در

پژوهشی با بررسی مراحل رشدی در کاملینا در گزارش شد که افزایش تجمع ماده خشک در ابتدای فصل رشد این گیاه کند بوده و سپس روند افزایش تجمع ماده خشک به‌صورت خطی درآمد و سرانجام در اواخر فصل رشد از سرعت تجمع ماده خشک کاسته شد و تا آخر فصل رشد به‌صورت ثابت بود (۷). نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داد که در ژنوتیپ‌های کاملینا با عملکرد بالاتر، شاخص سطح برگ و میزان جذب خالص به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بوده است (۹ و ۱۰). در کاملینا رشد خطی نسبت به زمان در دوره رویشی قرار دارد و با رسیدن به مرحله زایشی رشد کند شده و به‌تدریج افزایش رشد متوقف می‌شود. به‌نحوی‌که سرعت تجمع ماده خشک در اوایل فصل رشد به‌طور آرام و تدریجی است ولی با گذشت زمان و گسترش کانوپی گیاهی، افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش می‌یابد و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفته و به نقطه اوج می‌رسد، سپس به دلیل افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها مقدار ماده خشک کاهش می‌یابد و درنهایت متوقف می‌شود. 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 (۱۱). در پژوهشی عملکرد دانه، درصد روغن و ترکیبات اسید چرب گیاه کاملینا کشت شده در ۱۱ منطقه اروپا و اسکاندیناوی تفاوت معنی‌داری نشان داده است (۱۲). همچنین، تفاوت عملکرد دانه و ترکیب اسید چرب روغن ژنوتیپ‌های کاملینا ازنظر آماری معنی‌دار بوده است (۱۳). درنتیجه 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 ژنوتیپ‌های قابل‌کشت کاملینا در کشور وجود دارد. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی مقایسه‌ای تأثیر ویژگی‌های فیزیولوژیک ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف قابل کاشت کاملینا در کشور بود.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای آزمایش: به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رشد، عملکرد دانه و روغن لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴۰ لاین (تیمار) و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)- دانشگاه تهران، واقع در پاکدشت در سال ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا از شرکت دانش‌بنیان کشت و توسعه گیاهان دارویی بیستون شفا، کرمانشاه تهیه گردید. تولید لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا از تلاقی بساک‌های هیبریدهای مختلف نسل F_1 انجام شده است و مراحل رشد گیاه گرده‌دهنده، مرحله تکاملی دانه گرده، کشت و القا میکروسپورها، باززایی جنین‌ها و دو برابر کردن کروموزوم در دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی دانشگاه رازی انجام شده است. نام و خواستگاه والدین هر یک از لاین‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

شهرستان پاکدشت در جنوب شرق استان تهران در ارتفاع ۱۰۹۰ متر از سطح دریا با عرض و طول جغرافیایی ″۲۸ °۳۵ شمالی و ″۴۴ °۵۱ شرقی واقع‌شده است. همچنین، این منطقه در طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای تابستان‌های گرم و خشک، زمستان‌های ملایم با میانگین بارندگی سالیانه ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، قبل از کاشت و شروع آزمایش از ۱۰ قسمت از خاک مزرعه در عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به عمل آمد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده و درنهایت یک نمونه مرکب تهیه شد. نتایج آزمون خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه‌شده است.

جدول ۱- فهرست ارقام کاملینا که به عنوان والدین در تلاقی به منظور تولید لاین‌های هاپلوئید مضاعف استفاده شدند.

Table 2- List of camelina cultivars used as parents in crosses to produce double haploid lines.

شماره تلاقی Crossing number	شماره لاین Line number	والد پدری(♂) Paternal parent (♂)		والد مادری(♀) Maternal parent (♀)	
		کشور مبدأ Country of origin	رقم Cultivar	کشور مبدأ	رقم Cultivar
1	66	قزاقستان Kazakhstan	Kirgizskij 1	روسیه Russia	Voronezskij 349
2	38, 118, 129	روسیه Russia	Irkutskij Mestnyj	روسیه Russia	Omskij Mestnyj
3	17, 20	دانمارک Denmark	Hoga	لهستان Poland	Przybrodzka
4	11, 29, 58, 116, 125, 131	روسیه Russia	Omskij Mestnyj	روسیه Russia	Chulymskij
5	110	لهستان Poland	Brzybrodzka II	روسیه Russia	Krupnosemjannyj
6	31, 90, 119, 123	روسیه Russia	Volynskaja	آلمان Germany	Came
7	18, 19	لهستان Poland	Volynskaja	دانمارک Denmark	Boha
8	111, 112, 124, 132	روسیه Russia	Omskij	آلمان Germany	Came
9	117, 130	روسیه Russia	Ukrajinskij	سوئد Sweden	Svalöf
10	30, 47, 114, 134, 135, 136	یونان Greece	Blaine Greek	آلمان Germany	Calena
11	39, 126	روسیه Russia	Sortandinskij	روسیه Russia	Zavolzskij
12	127	لهستان Poland	Borowska	روسیه Russia	VNIIMK 17
13	49, 133	لهستان Poland	Czestochowska	روسیه Russia	Voronezh 349
14	53, 122, 128	روسیه Russia	Ukrajinskaja	آلمان	Lindo

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰ سانتی‌متری).

Table 2- Physiohemical properties of the experimental site soil (Depth 0-30 cm).

کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	پتاسیم قابل‌دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل‌دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total nitrogen ($mg.kg^{-1}$)	بافت خاک Soil texture	pH
0.99	3.16	165.14	29.6	0.118	لومی شنی Loamy sand	7.57

تهیه بستر، کاشت، داشت و برداشت: لاین‌ها در اوایل بهمن ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران در بستر کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا در ۶۰ عدد سینی نشا ۷۰ حفره ای با عمق ۶ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری به فاصله ۵ روز

یکبار، حدود ۸۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر سینی نشا انجام شد. تنها در مرحله تولید نشا از کود ۲۰،۲۰،۲۰ کامل اسپانیایی مکس گرو[1] طی دو مرحله با غلظت‌های متفاوت استفاده شد که عبارتست از: ۲ گرم در لیتر در مرحله چهاربرگی و ۳ گرم در لیتر در مرحله شش برگی. لاین‌های تولیدشده در گلخانه در مرحله هشت‌برگی به‌صورت نشا در ۲۷ اسفند ۱۳۹۸ به‌صورت دستی به زمین انتقال داده شد. ابعاد کرت‌ها در پژوهش حاضر ۱/۲×۲ متر، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها (تکرارها) دو متر در نظر گرفته‌شده و هر یک از کرت‌ها شامل چهار خط کاشت به طول دو متر بودند که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و دو خط میانی برای اندازه‌گیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد مورداستفاده قرار گرفت. گیاهچه‌ها در هر خط کاشت با فاصله حدود ۱۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت شد به‌نحوی‌که تراکم بوته‌ای معادل ۲۲ بوته در متر مربع ایجاد شد. آبیاری گیاه کاملینا در مزرعه پژوهشی طی سه نوبت شامل بلافاصله پس از انتقال نشا به زمین، مرحله آغاز گلدهی و پرشدن دانه به‌صورت جوی و پشته انجام گرفت. پس از استقرار بوته‌ها در زمین، عملیات تنک کردن و واکاری در تاریخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ انجام شد. در طی دوره رشد کاملینا علف‌های هرز به صورت دستی وجین شد و آفتی نیز مشاهده نشد. در نهایت در طول مراحل رشد گیاه در مزرعه پژوهشی هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و کودی استفاده نگردید. با توجه به وجود تقدم وتأخر در رسیدگی کامل ژنوتیپ‌ها، عملیات برداشت بوته‌های هر ژنوتیپ با زرد شدن کامل خوشه‌های آن و به‌صورت دستی درتاریخ ۲۹ اردیبهشت الی ۵ خردادماه ۱۳۹۹ صورت پذیرفت.

صفات مورد ارزیابی: در پژوهش حاضر شاخص‌های رشدی از قبیل تجمع ماده خشک (TDM)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) و سطح ویژه برگ (SLA) محاسبه شدند. به‌منظور محاسبه شاخص‌های رشد، سه پارامتر سطح برگ، وزن خشک کل گیاه و وزن خشک برگ در طول دوره رشد گیاه اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور ابتدا ۵ بوته از سطح هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای به صورت تخریبی طی دو مرحله‌ی آغاز گلدهی و پر شدن دانه، نمونه‌برداری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Leaf Area Meter WINDIAS 3 ساخت شرکت Delta-T انگلستان اندازه‌گیری شد و شاخص سطح برگ نیز از نسبت سطح برگ هر بوته (LA) به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده است (GA) محاسبه گردید. به منظور تعیین وزن خشک، برگ‌ها به طور جداگانه و سایر بخش‌های اندام هوایی گیاه در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت قرارداده شدند و وزن ماده خشک اندام هوایی و برگ‌های بوته‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به واحد سطح تبدیل گردید. داده‌های سطح برگ و وزن خشک به دست آمده برای محاسبه شاخص‌های رشد از طریق روابط ۱ تا ۵ استفاده گردید (١٤).

رابطه ۱ (شاخص سطح برگ):

$$LAI= [(LA_2+ LA_1)/ 2] \times 1/ GA$$

رابطه ۲ (سرعت رشد محصول):

$$CGR= 1/ GA \times [(W_2- W_1)/ (T_2- T_1)]$$

رابطه ۳ (سرعت رشد نسبی):

$$RGR= (\ln W_2- \ln W_1)/ (T_2- T_1)$$

رابطه ٤ (سرعت آسیمیلاسیون خالص):

$$NAR = CGR / LAI$$

رابطه ۵ (سطح ویژه برگ):

$$SLA= [(LA_2/ LW_2) + (LA_1/ LW_1)]/ 2$$

[1] MaxGrow

در این روابط LA سطح برگ، GA سطح زمین، W وزن اندام‌هوایی، T زمان، ln لگاریتم بر پایه طبیعی و LW وزن برگ می‌باشد. با حذف اثر حاشیه‌ای، جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه از هر کرت به مساحت یک مترمربع نمونه‌برداری انجام شد. پس از عمل خرمن‌کوبی و بوجاری، دانه‌ها از کاه و کلش جدا و سپس با توزین دانه، عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۱-۸ درصد برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. درصد روغن نیز از روش سوکسله محاسبه شد (۱۵). شایان ذکر است که جهت سنجش دقیق‌تر صفات مورد بررسی، 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، به‌عنوان شاهد در نظر گرفته‌شده و سایر لاین‌ها با رقم سهیل مقایسه شدند. داده‌های حاصل از آزمایش نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه واریانس قرارگرفته و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSD[۲] در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم جدول‌ها از برنامه Word استفاده گردید.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI[۳]): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ کاملینا در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر ژنوتیپ این گیاه قرار گرفت (جدول۳). نتایج مقایسه میانگین لاین‌های کاملینا از شاخص سطح برگ حاکی از آن بود که شاهد (سهیل) با شاخص سطح برگ ۲/۲٤ به‌عنوان لاین برتر آزمایش از نظر این صفت شناخته شد. لاین ۱۳٤ نیز با شاخص سطح برگ ۲/۰۱ در رتبه دوم آماری قرار گرفت. نتایج همچنین نشان داد که لاین‌های ۱۲۳ و ۱۱۲ به‌ترتیب با مقدار ۱/۳٤ و ۱/۵۲ کم‌ترین میزان شاخص سطح برگ را در میان لاین‌های کاملینا به خود اختصاص دادند (جدول ٤).

گزارش شده است که سطح برگ و ماده خشک بیش‌تر باعث ایجاد منابع فیزیولوژیک بزرگ‌تر و ذخیره بیش‌تر مواد فتوسنتزی در ساقه و برگ‌ها می‌شود که این امر موجب انتقال بیش‌تر آسمیلات‌ها به دانه و رشد بیش‌تر آن‌ها خواهد شد (۵). در این رابطه در مورد گیاه کاملینا با بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر خصوصیات فیزیولوژی و عملکرد لاین‌های این گیاه گزارش‌شده که عملکرد بیش‌تر در کاملینا با برتری معنی‌دار شاخص سطح برگ در این گیاه در ارتباط بوده است. به‌طوری‌که شاخص سطح برگ بالاتر، کارایی لاین‌های کاملینا را در مصرف نور افزایش داده و از طریق جذب بیش‌تر نور و بهبود شرایط فتوسنتز، موجب افزایش عملکرد دانه در کاملینا شده است (١٦). در پژوهش دیگری با ارزیابی رابطه‌ی صفات رشد فیزیولوژیک با عملکرد دانه و روغن در گیاه کاملینا گزارش شد که شاخص سطح برگ بالاتر لزوماً موجب ایجاد عملکرد حداکثری در این گیاه نشده است، اما ژنوتیپی که توانسته حداکثر سطح برگ خود را تا زمان تشکیل خورجین‌ها حفظ کند، عملکرد دانه و روغن بیش‌تری داشته است (۹). در شرایط تنش اسمزی نیز گزارش‌شده که لاین‌هایی از کاملینا که در سطوح مختلف خشکی توانایی نسبی بیش‌تری در حفظ حداکثر سطح برگ خود داشته‌اند، توانسته‌اند از طریق تولید بهتر مواد فتوسنتزی و انتقال بیش‌تر آن‌ها به مقاصد فیزیولوژیک (دانه‌ها)، اثرات تنش خشکی بر کاملینا را تا حدی کاهش دهند (۷). اثر ژنوتیپ بر حداکثر شاخص سطح برگ سایر گیاهان دانه روغنی ازجمله کلزا (۱۷) و گلرنگ (۱۸) نیز بسیار معنی‌دار گزارش‌شده است. ازآنجایی‌که

[۲] Least Significant Difference

[۳] Leaf Area Index

شرایط محیطی برای تمامی ژنوتیپ‌های آزمایش یکسان بود، به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز ویژگی‌های ژنوتیپی در لاین ۱۳٤، در ایجاد شاخص سطح برگ حداکثری بسیار تأثیرگذار بود.

تجمع ماده خشک (TDM[٤]): نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در بین لاین‌های موردبررسی ازنظر تجمع ماده خشک، در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگینِ تجمع ماده‌ی خشک در لاین‌های کاملینا نشان داد که بیش‌ترین ماده‌ی خشک در این گیاه در لاین ۱۳٤ با (۲۲۳/۳۰۵ گرم) و لاین ۱۱۰ با (۲۱۷/۳۵۱ گرم) تجمع یافته است (جدول ٤). به‌طوری‌که تجمع ماده‌ی خشک در هر دو لاین ذکر شده همبستگی بسیار بالا و مثبتی با عملکرد دانه در کاملینا داشته است (جدول ۵). از طرفی، کم‌ترین میزان تجمع ماده‌ی خشک کاملینا نیز در ژنوتیپ ۱۲۳ مشاهده شد که این ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه نیز ضعیف‌ترین ژنوتیپ مورد بررسی بود (جدول ٤).

تفاوت‌های ژنتیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی کاملینا به عنوان عوامل موثر در ایجاد تفاوت در وزن ساقه‌ی ژنوتیپ‌های این گیاه معرفی شده‌اند، افزایش وزن ساقه نیز به نوبه‌ی خود باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی ودر نتیجه افزایش تجمع ماده‌ی خشک در کاملینا شده است (۹). از طرفی، علت کاهش سرعت رشد محصول کاملینا در مناطق آب و هوایی گرم، افزایش درجه حرارت و در نتیجه کاهش طول دوره رشد این گیاه گزارش شده است به‌طوری که آب و هوای نامناسب موجب کاهش سطح برگ و میزان جذب نور در کاملینا شده و در نتیجه میزان فتوسنتز و تولید ماده‌ی خشک در این گیاه را کاهش داده است (٤). بر این اساس تطابق و سازگاری ژنوتیپ‌های کاملینا با محیط کشت به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل حصول ماده‌ی خشک و عملکرد بهینه شناسایی شده است (۱۹). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد تطابق بیش‌تر لاین‌های ۱۱۰ و ۱۳٤ با محیط کشت مورد بررسی، از طریق افزایش سرعت رشد گیاه موجب افزایش تجمع ماده‌ی خشک و عملکرد دانه در لاین‌های مذکور شد.

سرعت رشد گیاه (CGR[٥]): اثر ژنوتیپ بر سرعت رشد گیاه کاملینا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که در بین لاین‌های مورد بررسی، بیش‌ترین سرعت رشد گیاه با میانگین ۱٤/۹۳ گرم بر متر مربع در روز متعلق به لاین ۱۳٤ بود که البته این میزان اختلاف معنی‌داری با لاین ۱۱۰ و ۳ لاین دیگر نداشت و رقم سهیل نیز با سرعت رشد ۱۱/۹۰ گرم بر مترمربع در روز در رتبه سوم آماری قرار گرفت. کم‌ترین میزان سرعت رشد گیاه نیز در لاین ۱۲۳ با میانگین سرعت ٤/۲٦ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد (جدول۳). به‌عبارت‌دیگر، اختلاف بین بیش‌ترین سرعت رشد محصول با کم‌ترین سرعت رشد گیاه در لاین‌های کاملینا حدود ۲۵۰ درصد بوده است (جدول ٤). که این اختلاف فاحش نشان‌دهنده‌ی تأثیر بسیار زیاد ژنوتیپ بر سرعت محصول کاملینا در طول فصل رشد می‌باشد.

از آن‌جا که سرعت رشد محصول به‌صورت تجمع ماده خشک در واحد زمان و در واحد سطح مزرعه بیان می‌شود، نشان‌دهنده‌ی کارایی فتوسنتزی گیاه می‌باشد، حصول سرعت رشد محصول حداکثری در گیاهان زراعی با بالا بودن تعداد و اندازه‌ی برگ‌ها و نیز افزایش وزن‌ساقه‌ها مرتبط گزارش‌شده است (۸). بر این اساس در مورد کاملینا نیز گزارش شده است که تراکم کاشت و همچنین افزایش سطح و ضخامت

[٤] Total Dry Mass

[٥] Crop Growth Rate

برگ که جذب نور و فتوسنتز را بهبود بخشد، اما موجب سایه‌اندازی برگ‌ها بر هم نشود، توانسته‌اند از طریق افزایش کارایی فتوسنتز، ماده خشک بیش‌تری تولید کنند و این موضوع سرعت رشد را در واحد سطح افزایش داده است و عملکرد نهایی بیش‌تری نیز تولید شده است (۱۰). در پژوهش حاضر نیز می‌توان گفت که حداکثر سرعت رشد محصول احتمالاً با شرایط ژنتیکی موجود در لاین‌ها که در تقابل با محیط ظرفیت بهینه‌ی برگ‌ها را به‌عنوان منابع فتوسنتزی، ازنظر اندازه، سطح، نحوه‌ی قرارگیری و سایه‌اندازی تعیین می‌کنند، مرتبط بوده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد و عملکرد ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا.

Table 3 -Variance analysis of the growth indices and yield of double haploid lines of camelina.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	مقایسه میانگین Mean Square							
		شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک TDM	سرعت رشد محصول CGR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR	سطح ویژه برگ SLA	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Replication	2	0.0050^{ns}	3955.612**	19.5422**	0.0017**	5.1324**	0.00006**	962.80^{ns}	9319.808**
ژنوتیپ Genotype	39	0.0962**	4323.299**	19.4712**	0.0009**	4.4363**	0.00016**	1375238.36**	148375.043**
اشتباه آزمایشی Error	78	0.0024	291.5820	1.3780	0.0001	0.3880	0.00001	9201.87	1727.116
ضریب‌تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.80	11.07	11.39	7.99	10.71	7.39	6.05	8.30

ns ,*و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: not significant, significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$ respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا.

Table 4- Mean comparison of the growth indices and yield of double haploid lines of camelina.

ژنوتیپ Genotype	شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع) TDM($g.m^{-1}$)	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز) CGR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی (گرم در گرم در روز) RGR($g.g^{-1}.day^{-1}$)	سرعت آسیمیلاسیون خالص (گرم بر مترمربع در روز) NAR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سطح ویژه برگ (مترمربع بر گرم) SLA($m^2.g^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield($Kg.ha^{-1}$)
Soheil	2.24 a	178.506 c-g	11.9005 c-h	0.1354 c-g	5.312 h-k	0.0405 o-q	1900.031 gh	622.961 fg
11	1.9366 cd	120.461 n-q	8.0307 n-q	0.1014 n-p	4.1294 m-q	0.0451 l-p	320.877 v	87.67 y
17	1.8032 f-i	178.527 c-g	11.9018 c-h	0.1227 g-l	6.6030 b-f	0.0436 m-q	1441.24 q-s	347.938 q-u
18	1.6918 k-p	157.066 g-l	10.4711 f-l	0.1264 f-j	6.1685 d-h	0.0494 f-m	1684.428 ij	539.016 i-k
19	1.5325 r	91.613 rs	6.1057 qr	0.0942 p	3.9847 n-q	0.0513 d-k	1632.663 jk	520.278 i-l
20	1.9356 cd	211.769 ab	14.1179 ab	0.1400 b-f	7.3042 a-c	0.0459 j-p	1469.591 lm	460.398 l-o

ژنوتیپ Genotype	شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع) TDM($g.m^{-1}$)	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز) CGR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی (گرم در گرم در روز) RGR($g.g^{-1}.day^{-1}$)	سرعت آسیمیلاسیون خالص (گرم بر مترمربع در روز) NAR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سطح ویژه برگ (مترمربع بر گرم) SLA($m^2.g^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield($Kg.ha^{-1}$)
29	1.6519 n-q	161.308 e-g	10.7538 e-j	0.1324 d-h	6.5321 b-g	0.0469 h-n	651.355 u	187.813 wx
30	1.5927 qr	132.016 k-n	8.8011 k-o	0.1370 b-g	5.5276 g-j	0.0576 bc	2065.351 ef	651.53 ef
31	1.7748 g-j	101.35 p-r	6.7566 p-r	0.1146 i-n	3.8066 o-q	0.0553 b-f	1284.517 n-q	397.683 o-s
38	1.7692 h-k	136.036 j-n	9.0690 j-o	0.1033 m-p	5.1347 i-m	0.0407 o-q	1927.567 f-h	614.461 fg
39	1.5444 r	172.086 e-i	11.4724 d-i	0.1416 b-e	5.2624 h-k	0.0530 c-g	1842.587 gh	582.175 g-i
47	1.9055 c-e	188.408 b-e	12.5605 b-e	0.1439 b-d	6.5979 b-f	0.0518 c-j	2914.223 b	916.422 bc
49	1.8226 e-g	188.533 b-e	12.5688 b-e	0.1265 e-j	6.7586 b-e	0.0443 l-q	2720.041 c	886.295 c
53	1.8757 de	96.583 qr	6.4388 qr	0.0922 p	3.4321 pq	0.0447 l-p	1053.466 st	326.15 tu
58	1.7076 j-p	122.647 n-q	8.1764 n-q	0.1138 i-n	4.7894 j-o	0.0538 b-g	1824.840 hi	583.015 g-i
66	1.6456 o-q	107.744 o-r	7.1829 o-r	0.1001 n-p	4.3627 k-p	0.0488 g-m	1638.262 jk	544.273 h-j
90	1.6610 n-q	178.369 c-g	11.8912 c-h	0.1348 c-h	7.1502 a-d	0.0527 c-h	1881.831 gh	622.504 fg
110	1.82 e-g	217.351 a	14.49 a	0.16 a	7.96 a	0.0409 n-q	3120.555 a	972.135 ab
111	1.7212 j-o	126.955 m-o	8.4637 m-p	0.1238 f-k	4.9179 i-m	0.0521 c-i	758.8964 u	228.652 vw
112	1.5209 r	130.686 l-o	8.7124 l-o	0.1108 j-o	5.7239 f-j	0.0489 g-m	1149.496 p-s	357.208 p-u
114	1.5452 r	98.311 qr	6.5540 qr	0.0971 op	4.2401 l-p	0.0482 g-m	1981.72 fg	609.76 f-h
116	1.8448 e-h	155.086 g-l	10.3390 g-m	0.1275 e-i	5.5952 f-j	0.0460 j-p	777.9696 u	229.354 vw
117	1.6739 l-p	177.336 c-g	11.8224 c-h	0.1299 d-i	7.0501 b-d	0.0480 g-m	1095.423 r-t	339.876 ru
118	1.7815 g-j	152.733 g-m	10.18 h-m	0.10 l-p	5.33 h-k	0.0597 b	958.3676 t	291.297 uv
119	1.7293 i-n	144.302	9.6201 j-n	0.1347 c-h	5.5643 g-j	0.0555 b-e	1248.165 n-r	382.755 p-t
122	1.7499 i-l	153.986 g-m	10.2657 g-m	0.1042 m-p	5.8840 e-i	0.0401 pq	1575.179 j-l	497.844 j-l
123	1.3416 r	63.9 s	4.26 qr	0.1030 m-p	3.1718 q	0.0823 a	441.9684 v	123.696 xy
124	1.7225 j-o	159.452 g-k	10.6301 f-l	0.1301 d-i	6.1708 d-h	0.0496 f-m	1323.352 m-o	414.064 m-q
125	1.6389 pq	130.402 l-o	8.6935 l-o	0.1079 k-p	5.3058 h-k	0.0451 l-p	2222.533 d	726.08 d
126	1.8953 c-e	147.377 h-n	9.8251 i-n	0.1350 c-h	5.1748 h-l	0.0535 c-g	2176.867 de	696.463 de
127	1.9681 c	214.650 ab	14.31 a	0.1519 ab	7.3724 a-c	0.0465 i-o	1080.818 st	335.657 s-u
128	1.7135 j-p	181.577 c-f	12.1051 c-g	0.1280 d-i	7.0666 b-d	0.0469 h-n	1170.162 o-s	366.822 p-t

ژنوتیپ Genotype	شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع) TDM($g.m^{-1}$)	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز) CGR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی (گرم در گرم در روز) RGR($g.g^{-1}.day^{-1}$)	سرعت آسیمیلاسیون خالص (گرم بر مترمربع در روز) NAR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سطح ویژه برگ (مترمربع بر گرم) SLA($m^2.g^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield($Kg.ha^{-1}$)
129	1.8928 c-e	199.902 a-d	13.3268 a-e	0.1528 ab	7.0434 b-d	0.0533 c-g	1342.042 mn	419.9 m-p
130	1.8869 de	204.002 a-c	13.6001 a-c	0.1498 bc	7.2075 a-c	0.0499 e-l	1521.687 kl	476.718 k-m
131	1.6918 k-p	161.841 e-j	10.7894 e-j	0.1351 c-h	6.3780 c-g	0.0516 d-j	1303.964 n-p	404.58 n-r
132	1.7482 i-l	172.877 d-h	11.5251 d-i	0.1414 b-e	6.5903 b-f	0.0534 c-g	1019.080 st	316.386 tu
133	1.7408 i-m	144.802 i-n	9.6535 i-n	0.1340 c-h	5.5437 g-j	0.0525 c-i	2205.102 de	714.781 de
134	2.01 b	223.508 a	14.93 a	0.1386 b-g	7.43 ab	0.0390 q	3178 a	1027.478 a
135	1.8618 d-f	163.769 e-j	10.9179 e-j	0.1231 g-l	5.8606 e-i	0.0454 k-p	1557.347 j-l	470.497 l-n
136	1.5412 r	121.808 n-q	8.1205 n-q	0.1191 h-m	5.2619 h-k	0.0570 b-d	2193.637 de	714.539 de
LSD	0.0803	27.757	1.9082	0.0163	1.0126	0.006	155.93	67.554

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD محافظت شده هستند ($P\leq0.05$).

*The means within each column by the different letter are significantly different based on LSD test ($P\leq0.05$).

سرعت رشد نسبی (RGR[۶]): با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بین لاین‌ها ازنظر سرعت رشد نسبی اختلاف معنی‌داری دیده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیش‌ترین سرعت رشد نسبی در لاین ۱۱۰ (۰/۱۶ گرم در گرم در روز) با ۳ لاین دیگر ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و حدود ۲۳ درصد از رقم سهیل بیش‌تر بود (۰/۱۳ گرم در گرم در روز). کم‌ترین سرعت رشد نسبی (۰۹/. گرم در گرم در روز) نیز در لاین ۵۳ مشاهده شد که این مقدار در مقایسه با رقم سهیل حدود ٤١ درصد کم‌تر بود (جدول ٤).

سرعت رشد نسبی بیان‌کننده‌ی وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک‌فاصله‌ی زمانی است، با گذشت زمان وزن خشک کل گیاه زیاد می‌شود، ولی قسمت عمده این افزایش وزن مربوط به بافت‌های بالغ و مسن بوده که فعالیت متابولیکی خود را از دست داده‌اند. لذا با گذشت زمان از بافت‌های فعال و جوان کاسته شده و به بافت‌های بالغ و مسن افزوده می‌شود. در نتیجه سرعت رشد نسبی به وزن مربوط نبوده بلکه کارایی هر واحد وزن گیاه را نشان می‌دهد (۱۷). در پژوهشی با ارزیابی خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با توان رشد اولیه لاین‌های کاملینا گزارش شد که سرعت رشد نسبی، همبستگی مثبت بالایی با تولید بیوماس در این گیاه داشته است و در لاین‌هایی که فعالیت متابولیکی گیاهچه در آن‌ها بیش‌تر بوده، سرعت رشد نسبی نیز به‌طور قابل‌توجهی بالاتر بوده است. همچنین، بیش‌تر بودن سطح برگ به وزن خشک گیاه عامل مهمی است که باعث افزایش توان تولید ماده خشک در لاین‌های کاملینا شده و از این طریق فتوسنتز خالص را افزایش

[۶] Relative Growth Rate

داده و درنهایت موجب بالا رفتن سرعت رشد اولیه (نسبی) گیاه خواهد شد (۱۹). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً لاین‌هایی که میزان فتوسنتز خالص در آن‌ها بالاتر بوده است، از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بوده‌اند.

سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR[۷]): نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین لاین‌های کاملینا ازنظر سرعت آسیمیلاسیون خالص تفاوت معنی‌داری وجود داشت. نتایج حاصل از محاسبات میانگین داده‌ها نشان داد لاین‌های ۱۱۰ و ۱۳٤ به‌ترتیب با مقادیر ۷/۹٦ و ۷/٤۳ گرم بر متر مربع سطح برگ در روز، ازنظر سرعت آسیمیلاسیون خالص به‌صورت مشترک در رتبه اول آماری قرار گرفتند. رقم سهیل نیز که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته‌شده بود با سرعت آسیمیلاسیون خالص ۵/۵۹ گرم بر متر مربع سطح برگ در روز در رتبه ششم آماری قرار گرفت (جدول ٤). نتایج همچنین نشان داد که لاین ۱۲۳ با سرعت آسیمیلاسیون خالص ۳/۱۷ گرم بر متر مربع سطح برگ در روز کم‌ترین مقادیر سرعت آسیمیلاسیون خالص را به خود اختصاص داد.

سرعت آسیمیلاسیون خالص بیان‌گر مقدار ماده خشک تولید شده در واحد سطح برگ می‌باشد. به عبارت دیگر، کارایی فتوسنتز برگ‌ها در یک جامعه گیاهی را نشان می‌دهد. بنابراین، با استفاده از این مؤلفه می‌توان توان فتوسنتزی لاین‌ها را باهم مقایسه کرد، زیرا در مقایسه سرعت آسیمیلاسیون خالص اختلاف سطح در اندازه‌گیری فتوسنتز خالص از بین می‌رود (۸). به‌طور کلی، گزارش‌شده است که با گذشت زمان شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌ها زیاد می‌شود و این امر اگرچه باعث افزایش فتوسنتز کل گیاه می‌شود، ولی به دلیل اینکه این برگ‌ها بر روی یکدیگر سایه‌اندازی می‌کنند، برخی از برگ‌ها در سایه برگ‌های دیگر قرارگرفته و نور کافی حتی برای تأمین مواد فتوسنتزی موردنیاز خود را تأمین نمی‌کند و به‌صورت انگل در می‌آیند. لذا سطح برگ زیاد شده ولی عملاً یک سری برگ‌ها به دلیل مسن شدن، در سایه قرار گرفتن و به حالت انگل در می‌آیند درحالی‌که سطح آن‌ها به‌عنوان سطح فتوسنتز کننده در نظر گرفته می‌شود که این امر موجب کاهش سرعت فتوسنتز خالص در آن‌ها می‌شود. بنابراین، بیش‌تر بودن سرعت جذب خالص با سطح سایه‌انداز و شاخص سطح برگ و نحوه‌ی قرار گرفتن برگ‌ها در کانوپی مرتبط است و الزاماً به ایجاد حداکثر تولید دانه منجر نخواهد شد (٦).

در مورد کاملینا گزارش شد هر چه میزان فتوسنتز خالص با شیب کم‌تری در طول فصل رشد کاهش‌یافته است (دارای حداکثر سرعت آسیمیلاسیون خالص)، در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها موفق‌تر بوده و درنتیجه عملکرد دانه و روغن در بیش‌تر بوده است (۱۰). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد لاین‌هایی که کم‌ترین سایه‌اندازی را بر برگ‌های جوان داشته و جذب نور بهتری انجام داده‌اند، توانسته‌اند ماده خشک بیش‌تری در واحد سطح برگ تولید کنند و درنتیجه میزان آسیمیلاسیون خالص در آن‌ها بالاتر بوده است.

سطح ویژه برگ (SLA[۸]): نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در بین لاین‌های موردبررسی ازنظر سطح ویژه برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کم‌ترین سطح ویژه برگ با مقدار ۰/۰۳۹ متر مربع بر گرم، متعلق به لاین ۱۳٤ بود که البته این میزان اختلاف معنی‌داری با ۵ لاین دیگر ازجمله لاین‌های ۱۱۰ و

[۷] Net Assimilation Rate

[۸] Specific leaf area

سهیل نداشت. بیش‌ترین سطح ویژه برگ نیز با مقدار ۰/۰۸۲ متر مربع بر گرم، در لاین ۱۲۳ مشاهده شد (جدول ٤).

سطح ویژه برگ نسبت سطح بافت‌های فتوسنتز کننده را به وزن بافت‌های فتوسنتز کننده نشان می‌دهد. بنابراین، هرچه سطح ویژه برگ بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که سطح برگ بیش‌تر و وزن خشک آن کم‌تر است یا به‌عبارتی‌دیگر برگ سطح زیاد و ضخامت کم دارد (۲۰). به‌طور کلی، گزارش‌شده است که با کاهش سطح ویژه برگ، کارایی برگ ازلحاظ فتوسنتزی افزایش می‌یابد. زیرا هرچه سطح ویژه برگ کم‌تر شود، ضخامت برگ بیش‌تر می‌شود و درنتیجه غلظت کلروپلاست و میزان کلروفیل در برگ افزایش می‌یابد که این موضوع تراکم بیش‌تر سلول‌های فتوسنتز کننده را به همراه دارد درنتیجه تلفات نور کاهش‌یافته و استفاده از نور به نحو مطلوب‌تری جهت انجام فتوسنتز صورت می‌گیرد (۲۱). در مورد کاملینا نیز گزارش‌شده است که بیش‌ترین مقدار سطح برگ این گیاه در مرحله گلدهی ملاحظه می‌شود و ژنوتیپ‌هایی که در مرحله گلدهی نسبت سطوح فتوسنتز کننده به وزن برگ کم‌تری دارند از عملکرد دانه بیش‌تری برخوردار بوده‌اند (۲۲). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد با افزایش ضخامت برگ‌ها (کاهش سطح ویژه برگ‌ها) در مرحله گلدهی، توان فتوسنتزی لاین‌ها افزایش‌یافته و این موضوع در افزایش عملکرد دانه و روغن لاین‌های ذکرشده مؤثر بوده است.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس در بین لاین‌های موردمطالعه ازنظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه کاملینا در لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ به ترتیب به میزان ۳۱۷۸ و ۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که این مقدار حدود ٤۰ 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 ٤٤۱/۹٦ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ٤).

برتری عملکرد کاملینا به مسائل ژنتیکی که در شکل‌گیری و تکامل لاین‌ها مؤثر هستند نسبت داده شده است. سازگاری لاین‌ها با محیط (شرایط آب و هوایی) نیز در تولید حداکثری لاین‌ها مؤثر گزارش‌شده است. با این حال، از نظر اجزای عملکرد، تعداد خورجین در بوته به‌عنوان مهم‌ترین رکن شکل‌گیری عملکرد دانه در کاملینا معرفی‌شده است. به‌طوری‌که هر چقدر تعداد خورجین‌ها در این گیاه بیش‌تر باشد احتمال تولید دانه‌های سالم (بارور) در شرایط تنش اسمزی افزایش می‌یابد (۹). از طرفی، گزارش‌شده 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 (۱٦). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ ضمن سازگاری با محیط توانسته‌اند از طریق تعداد بالاتر خورجین در واحد سطح در مجموع دانه‌های بیش‌تر و بزرگ‌تری تولید کنند و این موضوع منجر به حصول بیش‌ترین عملکرد در بین ٤۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا شده است.

عملکرد روغن: نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر عملکرد روغن عملکرد روغن ٤۰ لاین کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۳). لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۲۷/٤۷ و ۹۷۳/۱۳ کیلوگرم بر هکتار بیش‌ترین عملکرد روغن را در بین لاین‌های کاملینا داشتند، به‌طوری‌که عملکرد روغن در لاین‌های ذکرشده حدود ۳٦ درصد بیش‌تر از رقم سهیل به‌عنوان شاهد بود. کم‌ترین میزان عملکرد روغن نیز به مقدار ۱۲۳/٦۹ کیلوگرم در هکتار و در لاین ۱۲۳

یعنی همان ژنوتیپی که کم‌ترین عملکرد دانه را داشت، حاصل شد (جدول ٤). بنابراین، به نظر می‌رسد روند تغییرات عملکرد روغن در لاین‌های موردبررسی در این پژوهش مشابه روند تغییرات عملکرد دانه بوده است و اختلاف معنی‌دار در عملکرد روغن بیان‌گر پتانسیل ژنتیکی لاین‌های موردبررسی در تولید عملکرد روغن می‌باشد. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه به دست می‌آید. بنابراین، تابعی از این دو مؤلفه می‌باشد درنتیجه تلاش برای افزایش هر یک از این دو جز می‌تواند منجر به افزایش عملکرد روغن کاملینا شود با این حال درصد روغن بیش‌تر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام و لاین‌ها قرار می‌گیرد (۲۳). در پژوهشی با بررسی همبستگی عملکرد دانه و روغن کاملینا گزارش شد که بیش از ۹۰ درصد تغییرات عملکرد روغن این گیاه درنتیجه تغییرات عملکرد دانه بوده است. همچنین، گزارش‌شده که تمامی اجزای عملکرد دانه در کاملینا (شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه) 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 (٢٤).

در پژوهش حاضر نیز لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ که بیش‌ترین عملکرد دانه را در واحد سطح داشتند توانستند روغن بیش‌تری نیز در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های موردبررسی تولید کنند (جدول۳). بنابراین، به نظر می‌رسد تلاش برای افزایش عملکرد دانه کاملینا از طریق مهیا کردن شرایط مناسب در توسعه اجزای عملکرد دانه روش کاربردی‌تری به‌منظور افزایش عملکرد روغن این گیاه باشد.

همبستگی صفات: همبستگی بین صفات برای شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد و همچنین تعیین روابط بین آن‌ها به‌منظور انتخاب لاین‌های با عملکرد بالا در گیاه طی هر برنامه اصلاحی بسیار مهم است (١٦). بدین منظور همبستگی صفات میان عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص‌های رشد و همچنین خلاصه آماری پژوهش حاضر به ترتیب در جدول ۵ و جدول ٦ ارائه‌شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق میان عملکرد دانه با تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت آسیمیلاسیون خالص همبستگی مثبت و با سطح ویژه برگ همبستگی منفی در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. عملکرد روغن نیز علاوه بر دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی مثبت با عملکرد دانه (r=۰/۹۹)، با تجمع ماده خشک (r=۰/۳۲) و سرعت رشد محصول (r=۰/۳۲) نیز همبستگی مثبت و سطح ویژه برگ همبستگی منفی (r= −۰/۳۰) دارد. وزن خشک بوته در واحد سطح یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به زراعی است، زیرا بیان‌گر توان تولید گیاه در طول فصل رشد می‌باشد. از طرفی با همبستگی بسیار بالای تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه (r=۰/۹۹)، می‌توان دریافت که افزایش تجمع ماده خشک در واحد زمان و در واحد سطح مزرعه که بیانگر کارایی فتوسنتزی گیاه است با افزایش تولید ماده خشک بر عملکرد دانه و روغن تأثیر مثبت دارد. سرعت آسیمیلاسیون خالص با همبستگی مثبت با شاخص‌های رشدی دیگر ازجمله شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۳۵، ۰/۹۳ و ۰/۷۸، کارایی فتوسنتز برگ‌ها را نشان می‌دهد که درنهایت بر عملکرد دانه نیز یا ضریب همبستگی ۰/۳۰ تأثیر معنی‌دار داشته است. از سوی دیگر با توجه به همبستگی معنی‌دار سطح ویژه برگ با عملکرد دانه و روغن و سایر شاخص‌های رشد به غیر از سرعت رشد نسبی می‌توان گفت با کاهش سطح ویژه برگ که رابطه عکس با ضخامت برگ و تراکم سلول‌های فتوسنتز کننده دارد، کارایی فتوسنتزی برگ‌ها بیش‌تر و عملکرد دانه نیز افزایش‌یافته است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی میان صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص‌های رشد.

Table 5- Correlation coefficients between traits of the grain yield, oil yield and growth indices.

	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک TDM	سرعت رشد گیاه CGR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR	سطح‌ویژه برگ SLA
عملکرد دانه Grain yield	1							
عملکرد روغن Oil yield	0.998**	1						
شاخص سطح برگ LAI	0.172	0.171	1					
تجمع ماده خشک TDM	0.336*	0.328*	0.591**	1				
سرعت رشد گیاه CGR	0.337*	0.329*	0.591**	0.999**	1			
سرعت رشد نسبی RGR	0.297	0.285	0.386*	0.811**	0.812**	1		
سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR	0.306*	0.299	0.358*	0.935**	0.936**	0.783**	1	
سطح ویژه برگ SLA	-0.305*	-0.304	-0.566**	-0.471**	-0.472**	-0.098	-0.398*	1

ns ,*و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: not significant, significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$ respectively.

جدول ٦- خلاصه آماری صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص‌های رشد.

Table 6- Statistical summary of grain yield, oil yield and growth indices.

متغیر Variable	تعداد Number	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	مقدار حداقل Minimum amount	مقدار حداکثر Maximum amount
عملکرد دانه Grain yield	40	1584	677.108	320.870	3178
عملکرد روغن Oil yield	40	500.178	222.392	87.670	1027
شاخص سطح برگ LAI	40	1.753	0.163	1.342	2.240
تجمع ماده خشک TDM	40	154.24128	37.96182	63.90000	223.50800
سرعت رشد گیاه CGR	40	10.283	2.532	4.260	14.930
سرعت رشد نسبی RGR	40	0.124	0.017	0.092	0.160
سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR	40	5.768	1.195	3.172	7.960
سطح ویژه برگ SLA	40	0.049	0.007	0.039	0.082

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش درمجموع نشان‌دهنده تفاوت بسیار معنی‌دار لاین‌های کاملینا ازنظر ویژگی‌های رشد فیزیولوژیک بوده که این تفاوت‌ها درنهایت منجر به ایجاد اختلاف‌های معنی‌دار در عملکرد دانه شده و از این طریق بر عملکرد و محتوای روغن دانه

تأثیر داشتند. لاین‌های برتر این آزمایش ازنظر عملکرد دانه و روغن به ترتیب شامل لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ بودند و رقم سهیل نیز به‌عنوان شاهد، از میان ٤۰ لاین موردبررسی در گروه هفتم آماری قرار گرفت. نتایج درمجموع نشان داد که برتری صفات رشد فیزیولوژیک در لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ از طریق افزایش میزان فتوسنتز خالص و تسهیل انتقال آسمیلاسیون‌ها به دانه، موجب ایجاد عملکرد دانه بهینه در لاین‌های مذکور شد. علت برتری عملکرد لاین‌های ذکرشده را می‌توان در برتری معنی‌دار سرعت آسمیلاسیون خالص آن‌ها در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های موردبررسی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در میزان تولید مواد فتوسنتزی و درنتیجه ایجاد عملکرد حداکثری جستجو کرد. همچنین، ازآنجایی‌که محیط آزمایش برای تمامی لاین‌ها مشابه بود می‌توان نتیجه گرفت لاین‌های ۱۳٤ و ۱۱۰ سازگاری قابل‌توجهی با شرایط آب و هوایی منطقه داشته و این موضوع در انتخاب لاین های امیدبخش و پر پتانسیل کاملینا جهت کشت وسیع در منطقه و کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی، نتایج نشان‌دهنده‌ی تأثیر مستقیم عملکرد دانه بر عملکرد و محتوای 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 ۱۳٤ و ۱۱۰ را به‌عنوان لاین‌های برتر و امیدبخش که با شرایط آب و هوایی منطقه سازگاری دارند معرفی و توصیه نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران کشور (INSF) برگرفته از طرح شماره ۹۹۰۲۵٦۲۳ انجام شده است که تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Zanetti, F., Alberghini, B. & Marjanović Jeromela, A. (2021). Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. Agron. Sustain. Dev. 41: 107-131.
2. Fallah, F., Kahrizi, D., Rezaeizad, A., Zebarjadi, A.R. and Zarei, L. (2019). Evaluation of genetic variation and parameters of fatty acid profile in doubled haploid lines of *Camelina sativa* L. Plant Genet. Res. 6: 2. 79-96. (In Persian)
3. Oni, B.A. & Oluwatosin, D. (2020). Emission characteristics and performance of neem seed (*Azadirachta indica*) and Camelina (*Camelina sativa*) based biodiesel in diesel engine. Renew. Energ. 149: 725-734.
4. 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. Ind. Crops Prod. 169. 113639.
5. Agarwal, A., Prakash, O. & Bala, M. (2021). Effect of irrigation schedule on growth and seed yield of camelina (*Camelina sativa* L.) in Tarai region of central Himalaya. Oil Crop Sci. 6: 1. 8-11.
6. Monzon, J. P., Cafaro La Menza, N., Cerrudo, A., Canepa, M., Rattalino Edreira, J. I., Specht, J. & Grassini, P. (2021). Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. Field Crops Res. 261: 108016.
7. Neupane, D., Solomon, J. K. Q., Mclennon, E., Davison, J. & Lawry, T. (2020). Camelina production parameters response to different irrigation regimes. Ind. Crops Prod. 148: 112286.
8. Kelly, S. J., Cano, M. G., Fanello, D. D., Tambussi, E. A., & Guiamet, J. J. (2021). Extended photoperiods after flowering increase the rate of dry matter

production and nitrogen assimilation in mid maturing soybean cultivars. Field Crops Res. 265: 108104.

9. Kuzmanovic, B., Petrovic, S., Nag, N., Mladenov, V., Grahovac, N., Zanetti, F., Eynck, C., Vollmann, J. & Marjanovic Jeromela, A. (2021). Yield-related taits of 20 spring Camelina genotypes grown in a multi-environment study in Serbia. Agron. 11: 5. 858-869.
10. Waraich, E.A., Ahmed, Z., Ahmad, R., Saifullah, Shahbaz, M. & Ehsanullah, (2017). Modulation in growth, development, and yield of Camelina sativa by nitrogen application under water stress conditions. J. Plant Nutr. 40: 5. 726-735.
11. 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. Ind. Crops Prod. 112: 4. 148-156.
12. Zubr, J. (2003). Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seed. J. Food Qual. 26: 6. 451-462.
13. 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.
14. Pasandi Pour, A. & Farahbakhsh, H. (2017). Investigation of the NPK nutrition of Henna ecotypes (*Lowsonia inermis* L.) based on photosynthetic and growth indices in Shahdad area. J. Crop Ecophysiol. 11: 4. 821-836. (In Persian)
15. 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. J. Crop Breed. 10: 25. 137-148. (In Persian).
16. Waraich, E.A., Ahmad, E., Waraich; A., Zeeshan; Z., Rashid, A. & Murat, E. (2020). Alterations in growth and yield of Camelina induced by dfferent planting densities under water deficit stress. Phyton. 89: 3. 587-597.
17. Biabani, A., Foroughi, A., Karizaki, A. R., Rassam, G. A., Hashemi, M. & Afshar, R. K. (2021). Physiological traits, yield, and yield components relationship in winter and spring canola. J. Sci. Food Agric. 101: 8. 3518-3528.
18. Moatshe, O.G., Emongor, V.E., Balole T.V. & Tshwenyane, S.O. (2020). Safflower genotype by plant density on yield and phenological characteristics. Afr. Crop Sci. J. 28: 1. 14-26.
19. Ghorbani, M., Kahrizi, D. & Chaghakaboodi, Z. (2020). Evaluation of Camelina sativa doubled haploid lines for the response to water-deficit stress. J. Medicinal Plants By-products. 2: 193-199.
20. Zhou, H., Zhou, G., He, Q., Zhou, L., Ji, Y. & Zhou, M. (2020). Environmental explanation of maize specific leaf area under varying water stress regimes. Environ. Exp. Bot. 171: 103932.
21. Yu, X., Shi, P., Schrader, J. & Niklas, K. J. (2020). Nondestructive estimation of leaf area for 15 species of vines with different leaf shapes. Am. J. Bot. 107: 11. 1481-1490.
22. Mirmoeini, T., Pishkar, L., Kahrizi, D., Barzin, G. & Karimi, N. (2021). Phytotoxicity of green synthesized silver nanoparticles on *Camelina sativa* L. Physiol. Mol. Biol. Plants. 27: 2. 417-427.
23. 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. Cytol. Genet. 54: 420-436.
24. Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S. & Wagentristl, H. (2007). Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Ind. Crops Prod. 26: 3. 270-277.