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

Evaluation of seed priming by salicylic acid and gibberellin on early maturity, germination and yield components two canola genotypes

Fatemeh Rashidi[1], Nadali Bagheri[2*], Nadali Babaiean Jelodar[3], Ali Dehestani Kelagar[4]

[1] PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: f.rashidi67@yahoo.com

[2] Associate Professor,mDepartment of Biotechnology and Plant breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: n.bagheri@sanru.ac.ir

[3] Professor, Department of Biotechnology and Plant breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: n.babaiean@sanru.ac.ir

[4] Assistant Professor, Genetic and Agricultural Biotechnologhy Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: a.dehestani@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/07/04
Revised: 2022/12/05
Accepted: 2023/02/09

Keywords:
Canola
Early maturity
Morphology traits
Priming

ABSTRACT

Background and objectives: Canola is one of the most important oilseeds that plays a major role in providing human edible oil and in this regard, it is in the third place after soybean and palm oil. There are many strategies to improve growth, yield and precocity in plant species including rapeseed. Seed priming is a pre-planting strategy that is very effective in improving germination, grow rate, seedling establishment and early maturity. As a result, considering the importance of increasing the quantity and quality of rapeseed and the positive effects of that treatment on improving germination, increasing yield and early maturity in rapeseed, in this study, the effect of seed priming by gibberellin and salicylic acid on the characteristics of germination, growth and seed yield of canola evaluated.

Materials and methods: In this research, a factorial experiment was conducted in a randomized block design with three factors. The first factor of genotype (Lord and Hayola 308), the second factor of salicylic acid (zero, 750, 1500 and 2250 µM) and the third factor of gibberellin (zero, 750, 1500 and 2250 µM) with three replications in the research greenhouses of University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari was done in 2018. Canola seeds were immersed in the solution of the mentioned salicylic acid and gibberellin treatments for 24 hours at a temperature of 25 degrees Celsius. After passing the desired period, the seeds were washed with distilled water and completely dried on filter paper, which were immediately cultivated after drying. Distilled water was used for the zero level and was considered as a control. Germination percentage, first day of emergence, last day of emergence, time spread of emergence, day to maturity, 1000-seed weight, number of pods per plant, plant height, pod length, number of seeds per pod and yield were measured. At the end, all statistical analysis of the data obtained from this experiment, after ensuring their normality, were performed using SAS and SPSS software.

Results: The results of analysis of variance showed that seed priming by salicylic acid and gibberellin treatments had a significant effect on all traits except pod length at the level of one percent. The interaction effect of genotype with salicylic acid and the interaction effect of genotype with gibberellin were significant for all traits. The interaction of salicylic acid with gibberellin and the triple interaction of gibberellin with salicylic acid with genotype were significant for all traits except pod length. The results of mean comparison showed that the use of seed priming of salicylic acid and gibberellin, with increasing germination percentage, reducing the range of emergence and decreasing the day to maturity caused early ripening in rapeseed. In addition, by increasing the yield components such as number of seeds per pod, number of pods per plant, 1000-seed weight, height and length of pods, also increased grain yield. The results also showed that the combined application of 1500 µM levels from both treatments (salicylic 1500 × gibberellin 1500) has the greatest effect on increasing yield components and grain yield, so that grain yield in Lord genotype from 7.5 (gram per pot) to 12.1 (gram per pot) And in Hayola 308 genotype increased from 4.1 (gram per pot) to 6.89 (gram per pot). Interaction of salicylic acid 2250 × Gibberellin 2250 µM showed the greatest effect in reducing the day to maturity but caused a significant reduction in yield and it's components of cultivars.

Conclusion: In general, the results showed that among the different concentrations of treatment, lower concentrations of these treatments were more effective in inducing prematurity and increasing yield. And among the cultivars used, Lord Genotype has a higher but late yield, which can be solved by treating the problem of late maturity and as the best genotype in terms of early maturity and high yield under the influence of treatments, especially at the level of 1500 salicylic acid × Gibberellin introduced 1500 µM.

Cite this article: Rashidi, F., Bagheri, N., Babaiean Jelodar, N., Dehestani Kelagar, A. 2023. Evaluation of seed priming by salicylic acid and gibberellin on early maturity, germination and yield components two canola genotypes. *Crop Production Journal*, 16 (1), 99-114.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2023.20349.2518
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

بررسی پرایمینگ بذر به‌وسیله سالیسیلیک اسید و جیبرلین بر زودرسی، جوانه‌زنی و اجزای عملکرد دو رقم کلزا

فاطمه رشیدی[۱]، نادعلی باقری[۲*]، نادعلی بابائیان جلودار[۳]، علی دهستانی کلاگر[٤]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: f.rashidi67@yahoo.com
[۲] دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: n.bagheri@sanru.ac.ir
[۳] استاد، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: n.babaiean@sanru.ac.ir
[٤] استادیار، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: a.dehestani@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٤/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۹/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۲۰

واژه‌های کلیدی:
پرایمینگ
زودرسی
صفات موفولوژیکی
کلزا

چکیده

سابقه و هدف: کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که نقش عمده‌ای در تامین روغن خوراکی انسان داشته و از این نظر مقام سوم را بعد از سویا و نخل روغنی دارد. استراتژی‌های زیادی برای بهبود رشد، عملکرد و زودرسی در گونه‌های گیاهی از جمله کلزا وجود دارد که پرایمینگ بذر یک استراتژی قبل از کاشت است که بر بهبود جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن، استقرار گیاهچه‌ها و زودرسی بسیار مؤثر است. در نتیجه با توجه به اهمیت افزایش کمی و کیفی کلزا و تاثیرات مثبتی که پرایمینگ دارد، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر به‌وسیله جیبرلین و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات جوانه‌زنی، رشد و عملکرد کلزا انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل، عامل اول رقم (Lord و Hayola 308)، عامل دوم سالیسیلیک اسید (صفر، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۵۰ میکرومولار) و عامل سوم جیبرلین (صفر، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۵۰ میکرومولار) با سه تکرار در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۷ انجام شد. بذور کلزا در محلول تیمارهای ذکر شده سالیسیلیک اسید و جیبرلین به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. پس از طی شدن دوره‌ی مورد نظر، بذرها با آب مقطر شسته و روی کاغذ صافی کاملاً خشک شدند که بعد از خشک شدن بلافاصله کشت گردیدند. برای سطح صفر از آب مقطر استفاده گردید و به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. صفات درصد جوانه‌زنی، روز اول سبز شدن، روز آخر سبز شدن، گستره سبز شدن، روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد اندازه‌گیری شد و در پایان کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، پس از اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، با استفاده از نرم افزار SAS و SPSS صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای پرایمینگ به‌وسیله سالیسیلیک اسید

و جیبرلین بر روی تمام صفات به‌جز طول غلاف تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند. اثر برهم‌کنش ژنوتیپ با سالیسیلیک اسید و اثر برهم‌کنش ژنوتیپ با جیبرلین برای همه صفات معنی‌دار بود. اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید با جیبرلین و اثر برهم‌کنش سه‌گانه جیبرلین با سالیسیلیک اسید با ژنوتیپ برای همه‌ی صفات به‌جز طول غلاف معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد استفاده از پرایمینگ بذری سالیسیلیک اسید و جیبرلین، با افزایش درصد جوانه‌زنی، کاهش گستره سبز شدن و کاهش روز تا رسیدگی موجب زودرسی در گیاه کلزا شدند و علاوه بر این با افزایش صفات اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه، ارتفاع و طول غلاف، افزایش عملکرد دانه را نیز در پی داشتند. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد ترکیبی سطوح ۱۵۰۰ میکرومولار از هر دو تیمار (سالیسیلیک ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰) بیش‌ترین تاثیر را در افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه نشان داد به طوری‌که عملکرد دانه در رقم Lord از ۷/۵ گرم در گلدان به ۱۲/۱ گرم در گلدان و در رقم Hayola 308 از ٤/١ گرم در گلدان به ٦/٨٩ گرم در گلدان افزایش پیدا کرد. اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ با جیبرلین ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) بیش‌ترین تاثیر را در کاهش روز تا رسیدگی نشان داد، ولی موجب کاهش زیادی در عملکرد و اجزای عملکرد ارقام شد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، نتایج نشان داد از بین غلظت‌های مختلف پرایمینگ، غلظت‌های کم‌تر این تیمارها در القای زودرسی و افزایش عملکرد موثرتر بودند و از بین ارقام مورد استفاده، رقم Lord دارای عملکرد بالاتر ولی دیررس است، که می‌توان با استفاده از پرایمینگ مشکل دیررسی آن را حل کرد و به‌عنوان بهترین رقم از نظر زودرسی و عملکرد بالا تحت تاثیر تیمارها به‌ویژه در سطح سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰ میکرومولار معرفی نمود.

استناد: رشیدی، ف.، باقری، ن.ع.، بابائیان جلودار، ن.ع.، دهستانی کلاگر ، علی. (١٤٠٢). بررسی پرایمینگ بذر به‌وسیله سالیسیلیک اسید و جیبرلین بر زودرسی، جوانه‌زنی و اجزای عملکرد دو رقم کلزا. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ١٦ (١)، ١١٤-٩٩.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20349.2518

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

خانواده خردل شامل چندین گونه با هیبریدهای زراعی است و انواع آن به‌ویژه کلزا محصولی مهم و اقتصادی در جهان محسوب می‌شوند (۱). در ایران نیز یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی، کلزای روغنی (*Brassica napus*) است که در سطح وسیعی از کشور کشت می‌شود (۲). روغن کلزای روغنی برای سالاد، سرخ کردن و همچنین برای تولید مارگارین‌ها، شورتنینگ‌ها و سایر محصولات غذایی استفاده می‌شود (۳).

زمان گلدهی و زودرسی تأثیر زیادی در تولید مثل موفقیت‌آمیز و سازگاری با چرخه زندگی در گونه‌های *Brassica* دارد (٤)، به همین دلیل پژوهش‌گران به دنبال ارقامی از کلزا هستند که علاوه بر دوره رشدی کوتاه، عملکرد بالایی هم داشته باشند (۵). جوانه‌زنی بذر به‌عنوان اولین و حساس‌ترین مرحله نموی در چرخه رشدی هر گیاه، اهمیت زیادی در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح، عملکرد و زودرسی دارد. به‌طوری‌که تراکم کافی بوته در واحد سطح، زمانی به دست می‌آید که بذرهای کاشته شده به طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (٦).

یک تکنیک اقتصادی، ساده و قابل توصیه به کشاورزان برای بهبود جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن، استقرار گیاهچه‌ها و زودرسی استفاده از پیش تیمار بذر (Seed Priming) است (۷). از رایج‌ترین روش‌های پرایمینگ، پیش تیمار با هورمون‌های گیاهی است. در روش پیش تیمار بذور با هورمون‌های گیاهی، خیساندن بذور با مطلوب‌ترین غلظت هورمون‌های گیاهی و مواد تنظیم‌کننده رشد شامل کیتین، اسید آبسیزیک، اکسین، جیبرلین، پلی آمین‌ها، اتیلن، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک صورت می‌گیرد (۸). بر اساس نتایج آزمایش‌های چند ساله پژوهش‌گران و بررسی‌های انجام شده میدانی، اثر مثبت هورمون‌های گیاهی و تنظیم‌کننده‌های رشد بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی اثبات شده است (۹، ۱۰ و ۱۱).

سالیسیلیک اسید از ترکیبات فنولی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۲). جیبرلین یکی دیگر از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در مراحل رشد اثرات متنوع و متفاوتی بر رشد و نمو بسیاری از گیاهان دارد (۹) که امروزه جیبرلین‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده‌اند که به طور طبیعی در گیاهان عالی وجود دارند (۱۳). حق‌جو و بحرانی (۲۰۱۸)، اثر پیش تیمار هورمون سالسیلیک و جیبرلیک اسید بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کلزا در غلظت‌های مختلف بر روی رقم هایولا ٤۰۱ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری با کاربرد سالسیلیک اسید و جیبرلیک اسید نسبت به عدم کاربرد این دو هورمون، افزایش یافت و در بذور تیمار شده با سالسیلیک اسید، وزن ساقه‌چه و وطول آن در مقایسه با عدم کاربرد این هورمون، افزایش نشان داد (١٤). در مطالعه دیگری توسط کایا و همکاران (۲۰۲۰) در ذرت، پرایمینگ کیتوزان، سالیسیلیک اسید (SA)، و اکسید نیتریک (NO) باعث بهبود زیست توده گیاهی، سرعت جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد بالای آن شد (۱۵).

سطح زیر کشت و تولید کلزا در جهان در سال ۲۰۱۷، به ترتیب ۷۰/۹۵ میلیون هکتار و ۳۸/٦ میلیون تن بود و رتبه ایران در بین کشورهای تولیدکننده به‌ترتیب ۲۳ و ۲۰ است (١٦). در ایران مهم‌ترین مناطق زیر کشت این محصول استان‌های مازندران و گلستان است که در مجموع ٦۷ درصد از سطح زیر کشت کلزای کشور را به خود اختصاص داده‌اند (۱۷).

مقدار تولید کلزای آبی در ایران از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۷ از ۷/۹۲ هزار تن به ۲۷۶/۵۹ هزار تن و مقدار کلزای دیم از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۷ از ۲۴/۷۵ هزار تن به ۵۳/۲۵ هزار تن رسید (۱۸).

بنابراین، با توجه به اهمیت افزایش کمی و کیفی کلزا و تاثیرات مثبتی که هورمون جیبرلین و سالیسیلیک اسید دارد، استفاده از پرایمینگ جهت بهبود جوانه‌زنی، یکنواختی رشد گیاهچه‌ها، افزایش عملکرد و زودرسی در گیاه کلزا ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر پیش تیمارهای سالیسیلیک اسید و جیبرلین بر روی جوانه‌زنی، عملکرد، اجزای عملکرد و تعدادی از صفات مورفولوژیکی، تعیین بهترین تیمار و مناسب‌ترین غلظت از ترکیبات مورد استفاده برای حصول گیاهی با عملکرد بالا و زودرس در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات پرایمینگ بذر با استفاده از سالیسیلیک اسید و جیبرلین، دو رقم کلزا از گونه *B. napus*، رقم Lord (دیررس با عملکرد بالا) و رقم Hayola 308 (زودرس با عملکرد متوسط) انتخاب شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز سال ۱۳۹۷ انجام شد. با توجه به جهت گلخانه و عدم یکنواختی نور در بخش‌های مختلف گلخانه بلوک‌بندی بر اساس میزان نور در گلخانه و عمود بر شیب تغییرات انجام شد. سالیسیلیک اسید در چهار غلظت مختلف شامل صفر، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۵۰ میکرومولار به‌عنوان فاکتور اول و جیبرلین در چهار غلظت صفر، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۵۰ میکرومولار به‌عنوان فاکتور دوم و دو رقم کلزا به عنوان فاکتور سوم در نظر گرفته شدند. سطوح صفر تیمارها به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بذور کلزا برای ضدعفونی به مدت ۳ دقیقه در داخل محلول سدیم هیپوکلریت ۵ درصد قرار گرفتند و بلافاصله ۲-۳ مرتبه با آب مقطر شسته شدند. سپس بذور کلزا در تیمارهای ذکر شده سالیسیلیک اسید و جیبرلین به مدت ۲۴ ساعت در داخل محلول غوطه‌ور شدند و سپس از محلول خارج و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند تا رطوبت بذرها کاملاً خارج و به سطح رطوبتی اولیه و قبل از عمل تیمار برگردانده شوند (۱۹ و ۲۰). برای سطح صفر از هر دو هورمون از آب مقطر استفاده گردید. تعداد ۲۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی در هر پتری‌دیش قرار داده شد و ۲۰ میلی‌لیتر از محلول‌های هورمونی تهیه شده در پتری‌دیش‌ها ریخته شد، به‌طوری که کاغذ صافی موجود کاملا خیس گردید و ارتفاع محلول بیش‌تر از ارتفاع بذرها نشود (۱۴). پتری‌دیش‌ها به‌منظور ایجاد محیط مناسب برای جوانه‌زنی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. شاخص جوانه‌زنی برای همه بذور، خروج دو میلی‌متر ریشه‌چه از بذر در نظر گرفته شد و از روز دوم به صورت روزانه در ساعات معین انجام و اندازه‌گیری شد.

درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (۲۱ و ۲۲).

رابطه ۱: $GP= (n/N) \times 100$

GP= درصد جوانه‌زنی، n= تعداد بذرهای جوانه‌زده، N= کل بذرهای کاشته شده.

سپس خاک گلدان با نسبت ۶-۳-۱ شامل خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی تهیه شد. پس از آماده کردن خاک بانسبت‌های ذکر شده، جهت شناسایی خصوصیات کمی و کیفی خاک مورد استفاده، نمونه‌ای به آزمایشگاه خاک شناسی منتقل و تجزیه شیمیایی و فیزیکی انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه خاک

نشان داد، بافت خاک سیلتی شنی با pH ۷/۳ و هدایت الکتریکی ٤/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیه خاک همچنین نشان داد، پتاسیم قابل جذب ۲٤٥ قسمت در میلیون، فسفر قابل جذب ۲٤/۱ قسمت در میلیون و مقدار ازت ۰/۱ درصد بود. عناصر غذایی، بر اساس نتایج آزمون خاک، به‌طور یکنواخت به خاک کلیه گلدان‌ها افزوده شد. عناصر افزوده شده شامل نیتروژن (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، آهن (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، منگنز (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، روی (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و مس (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌صورت محلول به‌ترتیب از منابع اوره، کلات آهن (EDDHA-Fe) و سولفات‌های منگنز، روی و مس به تمام گلدان‌ها افزوده شد. کود نیتروژنه مورد نیاز گیاه در سه قسط به صورت یک سوم پیش از کاشت و مخلوط با خاک به همراه سایر عناصر غذایی، یک سوم در مرحله روزت و یک سوم در آغاز گل‌دهی به خاک گلدان‌ها افزوده شد.

ابتدا ٦ کیلوگرم از خاک مورد نظر در کیسه‌های پلاستیکی ۷ کیلوگرمی ریخته و پس از مخلوط نمودن با کود بر اساس تیمارهای کودی مورد نظر، داخل گلدان‌های ۷ کیلویی برگردانده شدند. در هر گلدان ۱۰ بذر پرایم شده با محلول‌های سالیسیلیک اسید و جیبرلین در عمق بین ۲ تا ۳ سانتی متر در قالب طرح فاکتوریل در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی با دمای شب ۱۸ و روز ۲۰ درجه سانتی‌گراد، شدت نور متوسط ۳۰۰ میکرومول فوتون بر مت مربع بر ثانیه و میانگین رطوبت نسبی ٦۰ درصد کشت شدند. ساعت روشنایی- تاریکی به‌ترتیب ١٦ –٨ ساعت بود.

عمل سبز شدن سه روز پس از کاشت (زمانی که برگ‌های لپه‌ای در بالای سطح خاک ظاهر شدند) اتفاق افتاد. بنابراین، اولین شمارش یا اولین روز سبز کردن (FDE: First Day of Emergence) سه روز بعد از کاشت در نظر گرفته شد. پس از اینکه تعداد گیاهچه‌های سبز شده در هر گلدان ثابت باقی ماند، عمل شمارش بذرهای سبز کرده پایان یافته تلقی شد و این روز به عنوان آخرین روز سبز کردن (LDE: Last Day of Emergence) یادداشت گردید. از تفاضل روز آخر و اول سبز شدن نیز، گستره سبز شدن (TSE: Time Spread Emergence) به‌دست آمد (رابطه ۲) (۱۹).

رابطه ۲: $TSE = LDE - FDE$

صفات دیگری هم‌چون روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته،ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد اندازه‌گیری شد. در پایان کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، پس از اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، با استفاده از نرم افزار SAS و SPSS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد و با استفاده از نرم افزار MSTATC استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تیمارهای سالیسیلیک اسید و جیبرلین بر روی صفات روز اول سبز شدن، روز آخر سبز شدن، گستره سبز شدن، درصد جوانه‌زنی، روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند، ولی این دو تیمار بر روی طول غلاف اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). همچنین، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات مورد مطالعه دیده شد (جدول ۱). قاسمی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که پرایمینگ بذر کلزا با سالیسیلیک اسید اثر معنی داری بر روی تعداد ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، ارتفاع، طول

غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در شاخه اصـلی و وزن دانه در شاخه فرعی نشان داد ولی این تیمار اثر معنی‌داری بر روی وزن هزاردانه نداشت (۲۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک دو ژنوتیپ براسیکا تحت تأثیر سطوح سالیسیلیک اسید و جیبرلین.

Table 1- Analysis of variance of morphological traits of two *Brasica* genotypes under the influence of salicylic acid and gibberellin.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		روز اول سبز شدن	روز آخر سبز شدن	گستره سبز شدن	درصد جوانه‌زنی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	طول غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
S.O.V	DF	FDE	LDE	TSE	GP	DR	H	PN	GNP	PL	TGW	Y
تکرار Repeat	2	0.86 ns	0.39 ns	0.13 ns	2. 27*	4.69*	31.5 *	11.17**	5.52 *	0.002 *	0.34 *	0.88*
ژنوتیپ Genotype	1	1917.8*	2981**	208.3**	1.79**	5575**	659**	606.7**	1850**	43.92**	2.23**	66.4**
جیبرلین Gibberellin	3	62.5**	204.1**	46.15**	0.202**	288.8**	96.2*	133.5**	136**	1.44 ns	0.102**	8.15**
سالیسیلیک اسید Salicylic acid	3	79.3**	241.2**	44.85**	0.057**	90.87**	153**	290.4**	77.19**	0.95 ns	0.10**	12**
ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید × Genotype Salicylic acid	3	8.5*	20.2*	8.83*	0.043*	32.47**	341*	9.68 *	4.86 *	0.18 *	0.24*	1.17**
ژنوتیپ×جیبرلین × Genotype Gibberellin	3	16.8*	19.6*	8.37**	0.132*	62.09**	283*	20.96*	6.56 *	0.47 *	0.69*	0.96**
سالیسیلیک اسید ×جیبرلین × Salicylic acid Gibberellin	9	4.1**	14.4**	5.64**	0.038**	41.52**	533*	44.43**	32.01**	0.18 ns	0.71**	2.52**
جیبرلین×سالیسیلیک اسید×ژنوتیپ ×Gibberellin ×Salicylic acid Genotype	9	1.8**	5.3**	4.11**	0.033**	27.08**	364**	12.04 **	6.30 **	0.31 ns	0.93**	0.47**
خطای آزمایش Error	64	0.55	0.62	1.011	0.012	2.26	194.8	5.80	4.67	0.18	0.09	0.37
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		9.6	5.8	16.79	10.39	0.99	7.6	12.62	10.66	9.3	7.2	11.51

DF: Degrees of freedom, FDE: First day of emergence, LDE: Last day of emergence, TSE: Time spread of emergence, GP: Germination percentage, DR: Days to ripening, H: Height, PN: Pod number, GNP: Grian number in pod, TGW: 1000-grain weight, PL: Pod length, Y: Seed yield

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1%, respectively.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر برهم‌کنش دوگانه ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید و ژنوتیپ × جیبرلین برای صفات روز تا رسیدگی و عملکرد در سطح یک درصد و برای باقی صفات در سطح پنج درصد معنی‌دار مشاهده شد، لذا نتایج مقایسه میانگین اثرات برهم‌کنش دوگانه برای صفات روز تا رسیدگی و عملکرد در جدول ۲ و ۳ تهیه گردید. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) همچنین نشان داد که اثر برهم‌کنش سه گانه ژنوتیپ × جیبرلین × سالیسیلیک اسید برای تمام صفات به جز طول غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار مشاهده شده است، لذا نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش سه‌گانه نیز در جدول ٤ تهیه گردید.

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین اثرات برهم‌کنش ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید و ژنوتیپ × جیبرلین برای صفت روز تا رسیدگی را نشان می‌دهد. براساس این جدول، در همه ارقام پرایمینگ باعث کاهش صفت روز تا رسیدگی شده است به طوری‌که در رقم Lord، جیبرلین در سطح ۲۲۵۰ میکرومولار و در رقم Hayola 308 سالیسیلیک اسید در سطح ۱۵۰۰ میکرومولار بیش‌ترین کاهش روز تا رسیدگی را موجب شدند (جدول ۲). بیش‌ترین روز تا رسیدگی در هر دو رقم مربوط به شاهد (سطح صفر) است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید و ژنوتیپ × جیبرلین برای صفت روز تا رسیدگی در دو رقم کلزا.

Table 2- Mean comparison of interaction of genotype ×salicylic acid and genotype × gibberellin for trait Days to Ripening in two brassica cultivars.

ارقام Cultivars	شاهد (میکرومولار) Control (µM)	سطوح سالیسیلیک اسید (میکرومولار) Salicylic acid levels (µM)			سطوح جیبرلین (میکرومولار) Gibberellin levels (µM)		
	0	750	1500	2250	750	1500	2250
Lord	178^{a}	175^{b}	173^{c}	171^{cd}	176^{ab}	174^{bc}	170^{d}
Hayola 308	157^{a}	154^{bc}	151^{d}	153^{c}	155^{bc}	153^{c}	154^{bc}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means with at least one common letter in each column have no statistical difference at the 5% level

نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید و ژنوتیپ × جیبرلین برای صفت عملکرد نیز نشان داد که در هر دو رقم، پرایمینگ با سالیسیلیک اسید در سطح ۱۵۰۰ میکرومولار بیش‌ترین تاثیر را در افزایش عملکرد داشت (جدول ۳). همچنین، نتایج نشان داد پرایمینگ با جیبرلین در سطح ۲۲۵۰ میکرومولار کم‌ترین عملکرد را نسبت به شاهد موجب شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ × سالیسیلیک اسید و ژنوتیپ × جیبرلین برای صفت عملکرد دانه در دو رقم کلزا.

Table 3- Mean comparison of interaction of genotype ×salicylic acid and genotype × gibberellin for trait Seed yield in two brassica cultivars.

ارقام Cultivars	شاهد (میکرومولار) Control (µM)	سطوح سالیسیلیک اسید (میکرومولار) Salicylic acid levels (µM)			سطوح جیبرلین (میکرومولار) Gibberellin levels (µM)		
	0	750	1500	2250	750	1500	2250
Lord	$7/5^{c}$	8.56^{ab}	9.03^{a}	7^{cd}	8.23^{b}	8.7^{ab}	6.58^{d}
Hayola 308	$4/2^{cd}$	5.32^{ab}	5.7^{a}	4.23^{cd}	4.87^{c}	5.2^{bc}	4.1^{d}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means with at least one common letter in each column have no statistical difference at the 5% level

طی پژوهشی جهت بررسی جیبرلین و سالیسیلیک اسید بر روی ارقام کلزا توسط عزتی و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده شد که جیبرلین و سالیسیلیک اسید بر روی تمام صفات مورفولوژی اثر معنی‌داری نشان دادند، ولی اثر برهم‌کنش جیبرلین و سالیسیلیک اسید بر روی صفات ارتفاع، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (۹). همچنین مشکین فام و رحیمی‌زاده (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که جیبرلین، سالیسیلیک اسید و اثرات برهم‌کنش آن‌ها بر روی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان جوانه‌زنی اثر معنی-داری در سطح یک درصد نشان دادند (۲٤).

روز اول سبز شدن، روز آخر سبز شدن و گستره سبز شدن: پرایمینگ موجب افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زدن و کاهش زمان سبز شدن بذر می-شود (۲۵). اثر برهم‌کنش سطوح ۱۵۰۰ میکرومولار از تیمارها (سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰× جیبرلین ۱۵۰۰) بیش‌ترین تاثیر را در کاهش صفت روز آخر سبز شدن و گستره سبز شدن نشان داد و اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت این درحالی است که بذور تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ میکرومولار بیش‌ترین تاثیر را در کاهش صفت میانگین زمان لازم برای سبز شدن نشان داد (جدول ٤) به طوری‌که صفات میانگین زمان لازم برای سبز شدن، روز آخر سبز شدن و گستره سبز شدن به ترتیب از ۱۰/۳ روز به ۷ روز، از ۱٦/٦ روز به ۱۰/٦ روز و از ٦/۳ روز به ۲/۳ روز کاهش یافتند (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین رقم Hayola 308 در جدول ٤ نشان داد، در این رقم کم‌ترین میانگین زمان لازم برای سبز شدن، روز آخر سبز شدن و گستره سبز شدن مربوط به اثر برهم‌کنش تیمار جیبرلین و سالیسیلیک اسید در سطح ۱۵۰۰ میکرومولار (سالیسیلیک ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰) بود و میانگین این صفات را به‌ترتیب از ۵/٦ روز به ۲/۳، از ۱۲/۳ روز به ۷/۳ روز و از ٦/٦ روز به ٤/٦ روز کاهش داد (جدول ٤). همچنین، نتایج مقایسه میانگین در هر دو رقم نشان داد بیش‌ترین روز اول سبز شدن، روز آخر سبز شدن و گستره سبز شدن مربوط به اثر برهم‌کنش هورمون جیبرلین و سالیسیلیک اسید با غلظت ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند (جدول ٤) که می‌تواند نشان دهنده این باشد سطوح بالای تیمارها اثر منفی بر روی زمان سبز شدن دارد و موجب افزایش میانگین زمان سبز شدن می‌شود. به عبارتی افزایش دوز تیمارها تا حدی موجب کاهش میانگین زمان سبز شدن می‌شود ولی بعد از آن اثر معکوس گذاشته و موجب افزایش این صفات می‌شود. پیراسته انوشه و امام (۲۰۱۷) عنوان کردند، نکته مهمی که باید در استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد توجه قرار گیرد، غلظت و زمان مصرف آن‌ها است که با توجه به نوع ماده تنظیم‌کننده و گونه گیاهی باید مشخص شود، به‌طوری که مصرف فراتر از غلظت بهینه، در مورد برخی از تنظیم‌کننده‌ها به‌طور قطع و در مورد برخی دیگر به احتمال زیاد، اثر منفی بر گیاه خواهند داشت (۱۰). شکاری و همکاران (۲۰۱۰) طی تحقیقی بر روی گیاه گل گاوزبان در چهار سطح تیمار سالیسیلیک اسید (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میکرومولار) مشاهده کردندکه بذور تیمار شاهد بیش‌ترین روز سبز شدن را نشان دادند و کم‌ترین تعداد روز تا سبز شدن مربوط به بذور تیمار شده با سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰۰ میکرومول بود و در غلظت ۲۰۰۰ میکرومول اختلاف معنی‌داری بین شاهد و بدور تیمار شده مشاهده نشد (۲٦).

درصد جوانه‌زنی: بذرهای پرایم شده به‌طور سریعتری آب را جذب و متابولیسم خود را از سر می‌گیرند که نتیجه چنین رخدادی افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه است (۲۷). جدول مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ Lord و Hayola 308 نشان داد بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی

مربوط به اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و جیبرلین با دوز ۱۵۰۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰) است که به ترتیب در رقم Lord با ۹۵ درصد و در رقم Hayola 308 با ۹٤ درصد بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را از آن خود کرد (جدول ٤). نتایج همچنین، نشان داد که اثر برهم‌کنش تیمار سالیسیلیک و جیبرلین هر کدام با دوز ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) در رقم Lord و در رقم Hayola 308 کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد که به ترتیب ۷۹ درصد و ۵۳ درصد کاهش داشتند (جدول٤). نتیجه به‌دست آمده، نشان‌گر این مطلب است که هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله سالیسیلیک اسید در غلظت‌های مشخصی محرک و در غلظت بیش از حد مورد نیاز می‌توانند بازدارنده باشند (۲٤). تاثیر پرایمینگ بر روی افزایش درصد جوانه‌زنی توسط محققین زیادی گزارش شده است (۲٤، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰)

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ× جیبرلین× سالیسیلیک اسید در دو رقم کلزا تحت تاثیر پرایمینگ.

Table 4- Mean comparison of the interaction genotype × gibberellin × salicylic acid in two brassica cultivars under treatment.

ژنوتیپ	جیبرلین	سالیسیلیک اسید	روز اول سبز شدن	روز آخر سبز شدن	گستره سبز شدن	درصد جوانه‌زنی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	طول غلاف (سانتی متر)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
			مقایسه میانگین Mean comparison										
G	GI	SA	FDE	LDE	TSE	GP	DR	H(cm)	PN	GNP	PL(cm)	TGW(g)	Y(g/pot)
Lord	0	0	10.3bcd	16.6bcd	6.3b	86d	178a	76.3ef	13h	16fg	4.9d	5.0ef	7.5f
	0	750	8.6efgh	14ghi	5.3bc	91bcd	175bc	83.3 de	19de	19de	5.1cd	6.1de	8.56cde
	0	1500	7i	12h	5c	93b	173d	95.6 c	15fgh	26b	5.7ab	6.8cd	9.03cde
	0	2250	11bc	16.3cd	5.3bc	84de	171ef	108 b	23c	12hi	5cd	5.0ef	7ef
	750	0	9defg	14.6fg	5.3bc	89cd	176b	77.6f	14gh	20cd	5.1cd	5.5e	8.23de
	750	750	9.6 cdef	15.6def	6bc	91bc	174/4d	78.3ef	18ef	24b	5.4bc	6.9cd	9.9bc
	750	1500	8.6 efgh	14.3gh	5.6bc	90bcd	170e	82cdef	17efg	20cd	5.4bcd	7.2cde	9.2cd
	750	2250	10cde	16.6bcd	6.6bc	89d	169.3ef	83.6def	16h	15gh	5.2bcd	6.0de	8.9cde
	1500	0	8gh	13.3h	5.3bc	92bc	174cd	79.6ef	16efg	22c	5.4bc	6.5de	8.7de
	1500	750	9.3defg	15efg	5.6bc	92bc	172.6de	78.3ef	23c	25b	5.9a	7.4ab	10.4b
	1500	1500	8.3fgh	10.6i	2.3d	95a	168gh	83.6cdef	22cd	29a	6.0a	8.1a	12.1a
	1500	2250	9.5cdef	16cde	6.5bc	89d	167h	89.6 bcd	24c	19de	5.3bcd	6.2de	8.4e
	2250	0	11.3b	17.6b	6.3bc	82e	170fg	87 bcde	19e	10i	5.1cd	4.8f	6.58ef
	2250	750	9.3 cdef	16.3cd	7ab	88d	171.6ef	91.3 bc	25bc	16efg	5.1cd	5.8de	8.6de
	2250	1500	10.3bcd	16.6bcd	6.3bc	88d	169g	95.6b	28b	17def	5cd	6.1de	8.8de
	2250	2250	13.3a	20.6a	7.3a	79f	165i	115.6a	33a	10i	4.9d	2.8g	5.2g
Hayola 308	0	0	5.6c	12.3c	6.6bcde	80cd	157abc	74e	9g	12fg	4.6bc	4.2gh	4.1g
	0	750	3.6fg	8.6fg	5ef	85ab	151fg	81d	12def	16cde	5.0ab	5.1cde	5.32de
	0	1500	3.3fg	8.3fg	5ef	90b	154ed	87.3bc	14 def	19bc	5.5a	5.8b	5.7cd
	0	2250	7b	13c	6 cde	78d	158ab	91.6bc	16bcd	8hi	4.5bc	4.0h	4.23efg
	750	0	4.3ef	10ef	5.3 de	82cd	155de	86.6cd	10fg	15def	5.3ab	4.7efg	4.87ef
	750	750	4.3ef	9.6de	5.3de	87abc	151.3fg	83.1d	14 def	17bcd	5.3ab	5.1cde	5.9bc
	750	1500	3.6fg	9.3df	5.6de	85ab	150.6hi	89.5bc	17bcd	18bc	5.0ab	5.5bc	6.4ab
	750	2250	6.6b	12.6cd	6cde	82abcd	152.6ef	95.7b	11efg	10gh	5.4ab	4.3gh	5.3de
	1500	0	4d	9fg	5ef	86bcd	157abc	96b	13 def	17bcd	5.4ab	5.3bcd	5.2de
	1500	750	3.6fg	10ef	6.3bcde	85abcd	156.3cd	86.8cd	18bc	19bc	4.9ab	5.4bcd	6bc
	1500	1500	2.6g	7.3 g	4.6f	94a	149i	86.2cd	19b	22a	5.3ab	6.4a	6.89a
	1500	2250	6.6b	13c	6.3bcde	74abcd	155.6cd	88bc	14 def	13fg	4.9ab	5.0cdef	5.1ef
	2250	0	6.6b	12.6c	6 cde	64cd	159a	97.1b	15bcde	6i	4.4c	3.9h	4.2fg
	2250	750	7b	14.6b	6.3bcde	65bcd	158.3ab	87.1bc	16bcd	13fg	5.2ab	4.4fgh	4.6ef
	2250	1500	6.3bc	14.3b	8.3ab	72bcd	158ab	94.1b	17bcd	14ef	4.7bc	4.0h	5.3de
	2250	2250	8.3a	17.6a	8.6a	53abcd	158.3ab	112.2a	23a	4j	3.7d	3.0i	4g

G: Genotype, GI: Gibberellin, SA: Salicylic acid, First day of emergence, LDE: Last day of emergence, TSE: Time spread of emergence, GP: Germination percentage, DR: Days to ripening, H: Height, PN: Pod number, GNP: grian number in pod, TGW: 1000-grain weight, PL: Pod length, Y: seed yield.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means with at least one common letter in each column have no statistical difference at the 5% level

روز تا رسیدگی: جدول مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ Lord و Hayola 308 نشان داد پرایمینگ به‌صورت کلی موجب کاهش روز تا رسیدگی در هر دو رقم شد و کم‌ترین روز تا رسیدگی در هر دو رقم مربوط به اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و جیبرلین با دوز ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) است به طوری‌که روز تا رسیدگی در رقم Lord از ۱۷۸ روز به ۱۶۵ روز و در رقم Hayola 308 از ۱۵۷ روز به ۱۴۸ روز کاهش یافت که تفاوت معنی‌داری با شاهد و دیگر سطوح پرایمینگ داشتند (جدول ٤). در هر دو رقم بیش‌ترین روز تا رسیدگی مربوط به بذرهای تیمار نشد(جدول ٤). طی تحقیقی توسط حیدری و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثر چهار تنظیم‌کننده رشد بر عملکرد و صفات کیفی زعفران مشاهده کردند که جیبرلین و سالیسیلیک اسید موجب کاهش تعداد روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی کلاله‌ها شدند و این کاهش در استفاده از جیبرلین ۷۵۰ میکرومولار مشهودتر بود (۳۱).

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد در هر دو رقم، پیش تیمار کردن بذور موجب افزایش ارتفاع بوته گردید (جدول ٤). تحقیقات نشان داده است سالیسیلیک اسید و جیبرلین از طریق آماس مناسب سلول‌ها، افزایش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی، تخصیص بیش‌تر مواد سنتزشده جهت رشد و طولانی‌تر شدن دوره‌ی رشد گیاه، می‌توانند باعث توسعه‌ی عادی سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شوند (۹). بیش‌ترین میزان ارتفاع در هر دو رقم، در بذرهای پیش تیمار شده با جیبرلین و سالیسیلیک اسید هر کدام با غلظت ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند (جدول ٤). به طوری‌که صفت ارتفاع را در رقم Lord از ۷٦/۳ سانتی‌متر به ۱۱۵/٦ سانتی‌متر و در رقم Hayola 308 از ۷٤ سانتی‌متر به ۱۱۲/۲ سانتی‌متر افزایش داد. کم‌ترین ارتفاع ساقه نیز مربوط به بذرهای تیمار نشده مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایرسطوح پرایمینگ نشان دادند (جدول ٤). افزایش ارتفاع گیاه تحت تاثیر پرایمینگ توسط محققین زیادی گزارش شده است (۹، ۳۲ و ۳۳).

تعداد غلاف در بوته: محلول‌پاشی سالیسلیک اسید شرایط برای تلقیح گل‌های بیش‌تر را فراهم می‌کند و در نتیجه تعداد واحدهای زایشی در گیاه افزایش می‌یابد (۳٤). مقایسه میانگین صفات تحت پرایمینگ با جیبرلین و سالیسیلیک اسید نشان داد پرایمینگ به‌صورت کلی باعث افزایش صفت تعداد غلاف در بوته شده است که اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و جیبرلین با دوز ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) بیش‌ترین تاثیر را نشان داد (جدول ٤). محققانی هم‌چون اکبری و مالکی بر روی گیاه لوبیا (۲۰۱۸) و پوریوسف میاندوآب و اسماعیل‌زاده بر روی گیاه کتان (۲۰۱۷) افزایش تعداد غلاف در بوته را تحت تاثیر تیمارهای سالیسلیک اسید و جیبرلین مشاهده کردند (۱۲ و ۳۵).

تعداد دانه در غلاف: پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و جیبرلین باعث افزایش این صفت شده است و بیش‌ترین تاثیر را اثر برهم‌کنش دو تیمار هرکدام با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار (سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰) در هر دو رقم نشان داد و اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تیمارها نشان دادند (جدول ٤). این صفت در رقم Lord از ۱٦ عدد به ۲۹ عدد، در رقم Hayola 308 از ۱۲ عدد به ۲۲ عدد افزایش یافت (جدول ٤). کم‌ترین تعداد دانه در غلاف مربوط به سطوح ۲۲۵۰ از تیمارهای جیبرلین و سالیسیلیک اسید (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) بود و اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح نشان داد (جدول ٤). گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد سالیسیلیک اسید

باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، از جمله افزایش دانه در لوبیا (۱۲)، در سویا (۳۲)، در ذرت (۳٦) و در لوبیا چشم بلبلی (۳۷) شده است.

طول غلاف: در هر دو رقم طول غلاف با اعمال تیمارهای سالیسیلیک اسید و جیبرلین نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ٤) ولی این افزایش معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). کم‌ترین طول غلاف مربوط به اثر برهم‌کنش تیمارهای سالیسیلیک ۲۲۵۰ و جیبرلین ۲۲۵۰ (سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) با میانگین ۳/۷ سانتی‌متر مشاهده شد که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار بود (جدول ٤). در تحقیق آلام و همکاران (۲۰۲۰) بر روی کلزا مشاهده شد که سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول غلاف، تعدا دانه در غلاف، وزن هزاردانه و تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد شد و این اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (۳۸).

وزن هزاردانه: به‌طور کلی پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و جیبرلین موجب افزایش در وزن هزاردانه شد ولی با افزایش دوز تیمارها در سطح ۲۲۵۰ میکرومولار، وزن هزاردانه کاهش یافت به طوری‌که کم‌ترین وزن هزاردانه در هر دو رقم مربوط به اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰ میکرومولار بود (جدول ٤). در این سطح از تیمارها، در رقم Lord، وزن هزاردانه از ۵ به ۲/۸ گرم، در رقم Hayola 308 از ٤/۲ گرم به۳ گرم کاهش یافت که همگی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند (جدول ٤). بیش‌ترین وزن هزاردانه در هر دو رقم مربوط به اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰ میکرومولار بود و اختلاف همگی با شاهد معنی‌دار یافت شد (جدول ٤). وزن هزاردانه یکی از ارکان اصلی در بالا بردن عملکرد گیاهان است و می‌توان افزایش وزن هزاردانه را به‌دلیل اثرات مفید سالیسیلیک اسید و جیبرلین روی عملکرد دانه در رابطه با بهبود و افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال بیش‌تر مواد آسیمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پرشدن دانه‌ها دانست که در نتیجه، باعث افزایش وزن دانه می‌شود (۹). نتایج آیجاز و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد در گیاهان دانه روغنی وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته اصلی‌ترین صفات مؤثر در عملکرد هستند. بنابراین، بهبود این پارامترهای عملکرد به دلیل کاربرد سالیسیلیک اسید و جیبرلین منجر به بالاترین عملکرد دانه شد (۳۹).

عملکرد دانه: هورمون‌ها مانند سالیسیلیک اسید، سیتوکینین، جیبرلین و اسید آبسیزیک به گیاهان کمک می کنند تا در شرایط بهینه و غیربهینه نسبت به گیاهانی که با این هورمون‌ها تیمار نمی‌شوند عملکرد بهتری داشته باشند (٤۰ و ٤۱). ارزیابی عملکرد دانه مشخص نمود که تیمارهای سالیسیلیک اسید و جیبرلین موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد شدند و عملکرد دانه در رقم Lord از ۷/۵ گرم در گلدان به ۱۲/۱ گرم در گلدان و در رقم Hayola 308 از ٤/۱ گرم در گلدان به ٦/۸۹ گرم در گلدان ، تحت تاثیر اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰ میکرومولار افزایش پیدا کرد (جدول ٤). کم‌ترین عملکرد دانه در هر دو رقم مربوط به اثر برهم‌کنش جیبرلین و سالیسیلیک اسید در سطح ۲۲۵۰ میکرومولار (سالیسیلیک ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰) بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد (جدول ٤). امین و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که غلظت کم تا متوسط سالیسیلیک اسید به‌طور قابل توجهی ارتفاع بوته، وزن برگ و تعداد برگ در بوته و در نتیجه محصول را در گیاه پیاز افزایش دادند ولی این در حالی است که غلظت بالاتر سالیسیلیک اسید نتایج منفی در محصول پیاز نشان داد (٤۲). همچنین، مالکی و فتحی (۲۰۱۹) گزارش کردند که عملکرد کلزا تحت

تاثیر اسپری کردن جیبرلین و سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد (۴۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، استفاده از پرایمینگ بذری با افزایش درصد جوانه‌زنی وکاهش گستره سبز شدن و کاهش روز تا رسیدگی موجب زودرسی در گیاه کلزا شد و علاوه بر این با افزایش صفات اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه و طول غلاف افزایش عملکرد را نیز در پی داشتند. افزایش کمی صفات مورد اشاره، بیش‌تر در درجه اول مربوط به تنظیم‌کننده‌های رشد سالیسیلیک اسید و سپس جیبرلین بود. غلظت‌های کم‌تر سالیسیلیک اسید و جیبرلین در القای زودرسی و افزایش عملکرد مؤثرتر بودند. اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۲۲۵۰ × جیبرلین ۲۲۵۰ میکرومولار بیشترین تاثیر را در کاهش روز تا رسیدگی نشان داد، ولی موجب کاهش زیادی در عملکرد و اجزای عملکرد ارقام شد. از طرفی دیگر، اثر برهم‌کنش سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰ میکرومولار بیش‌ترین تاثیر را در افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه نشان داد و زودرسی قابل قبولی نیز در ارقام مورد نظر موجب شد به طوری‌که این تفاوت زودرسی با شاهد معنی‌دار مشاهده شد. در نتیجه می‌توان این سطح از اثر برهم‌کنش را (سالیسیلیک اسید ۱۵۰۰ × جیبرلین ۱۵۰۰) بهترین سطح پرایمینگ معرفی نمود. در بین دو رقم مورد استفاده، رقم Lord عملکرد بالاتری نسبت به رقم هایولا ۳۰۸ دارد ولی از آنجایی که دیررس است، می‌توان با استفاده از پرایمینگ مشکل دیررسی آن را حل نمود و به‌عنوان بهترین رقم از نظر زودرسی و عملکرد بالا تحت تاثیر تیمارها معرفی کرد.

References

1. He Zhu, Z., Sami, A., Qing Xu, Q., Ling, L., Yin Zheng, W., PengChen, Z., Zhi Jin, X., Zhang, H., Li, Y., Yu, Y. and Jin Zhou, K. 2021. Effects of seed priming treatments on the germination and development of two rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties under the co-influence of low temperature and drought. Plos One. 16: 9. 1-24.
2. Arabi Safari, M., Lak, Sh. and Modhej, A. 2018. Interaction of pseudomonas fluorescence bacteria and phosphorus on the quantitative and the qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Appl. Ecol. Environ. Res. 16: 63-80.
3. Oliveira, G.M., Stahl, M.A., Ribeiro, A. P.B., Grimaldi, R., Cardoso, L.P. and Kieckbusch, T.G. 2015. Development of zero trans/low sat fat systems structured with sorbitan monostearate and fully hydrogenated canola oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 117: 1762-1771.
4. Schiessl, S. V., Huettel, B., Kuehn, D., Reinhardt, R. and Snowdon, R. J. 2017. Flowering Time Gene Variation in Brassica Species Shows Evolutionary Principles. Front. Plant Sci. 8: 1-13.
5. Iqbal, Sh., Hamim, I., Haque, Sh. and Kumar Nath, U. 2015. Genetic diversity analysis of mustard (*Brassica* spp.) germplasm using molecular marker for selection of short duration genotypes. Afr. J. Biotechnol. 14: 1439-1448.
6. Daneshmand, F., Arvin, M. J., Keramat, B. and Momeni, N. 2012. The effect of salinity and salicylic acid stress on seed germination parameters and growth of maize plants (*Zea mays* L.) in field conditions. J. Plant Proc. func. 1: 1. 56-70. (In Persian)
7. Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: Using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Syst. 69: 151-164.
8. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N. and Esmaielpour, B. 2019. The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (*Borago Officinalis* L.). J. Plant Proc. Func. 7: 27. 165-180. (In Persian)
9. Ezati, N., Maleki, A. and Fathi, A. 2020. Effect of drought stress and spraying of

gibberellic acid and salicylic acid on the quantitative and qualitative yield of canola (*Brassica napus*). J. Ir. Plant Eco physiol. Res. 14: 56. 94-109. (In Persian)
10. Pirateh Anousheh, H. and Imam, Y. 2017. A review article on the role of growth regulators in increasing crop yield under saline conditions: from theory to practice. Ir. J. Crop Sci. 21: 3. 188-209. (In Persian)
11. Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. J. Plant Growth Regul. 34: 4. 845-872.
12. Akbari, J. and Maleki, A. 2018. The effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar on vegetative properties and yield and yield components of *Vigna unguiculata* L. under drought stress. App. Res. Plant Ecol. physiol. 4: 2. 159-180. (In Persian)
13. Abbasi, A., Maleki, A., Babaei, F., Safari, H. and Rangin, A. 2019. The role of gibberellic acid and zinc sulfate on biochemical performance relate to drought tolerance of white bean under water stress. Cell. Mol. Biol. (Noisy-le-Grand, France). 65: 3. 1-10.
14. Haghjoo, M. and Bahrani, A. 2018. The effect of salicylic acid and gibberic acid pretreatments on the accumulation of some ions and germination indices in rapeseed under salinity stress. J. Plant Prod. Sci. 8: 1. 23-31. (In Persian)
15. Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M.N., Corpas, F.J. and Ahmad, P. 2020. Salicylic acid-induced nitric oxide enhances arsenic toxicity tolerance in maize plants by upregulating the ascorbate-glutathione cycle and glyoxalase system. J. Hazard. Mater. 399: 123020.
16. FAO. 2017. FAOSTAT. FAOSTAT Data. www.faostat.fao.org
17. Tabatabaee pozveh, Z., Razavizadeh, R. and Rostami, F. 2012. The effect of nano silver on chlorophyll, carotenoid and flavonoid pigments in rapeseed (*Brassica napus*) under in vitro condition. 2nd national conference on nanotechnology from theory to application. 1-10. (In Persian)
18. Statistical Center of Iran. 2020. Salnameh Amari of the Country 1397. 52-87. www.amar.org.ir. (In Persian)
19. Miar Sadeghi, S., Shekari, F., Fotovet, R. and Zangani, E. 2011. The effect of priming by salicylic acid on vigor and seedling growth of canola (*Brassica Napus*) under water deficit condition. Ir. J. Plant Biol. 2: 6. 55-69. (In Persian)
20. tabatabai, S. A. 2014. Effect of barley seed pretreatment with salicylic acid on seedling growth, proline content and Activity of antioxidant enzymes under drought stress conditions. J. Crop Improv. 16: 2. 475-486. (In Persian)
21. Ikic, I., Maric evic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z. S. and Arcevic, H. S. 2012. The Effect of germination temperature on seed dormancy in croatian-grown winter wheat .Euphytica. 188: 1. 25-34.
22. Karta, K.K. and Bekele, A. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* sp. dasycarpa (Ten.). Afr. J. Agric. Res. 7: 21. 3202- 3208.
23. Ghasemi, D., Dolatti, L. and Shekari, F. 2021. Evaluation of effect seed priming with salicylic acid on yield and yield components oilseed rape (*Brassica napus* L.). Crop Prod. 13: 3. 61-70. (In Persian)
24. Meshking Fam, M. and Rahimi Zadeh, M. 2020. Effect of seed priming with gibberellic acid and salicylic acid on seed germination characteristics of turnip in different temperature conditions. New Find. Agric. 15: 1. 47-55. (In Persian)
25. Atashi Shirazi, N., Bazrafshan, F., Alizadeh, O., Ordookhani, K. and Safahani Langroodi, A. 2019. Evaluation of canola germination characteristics under priming condition. EurAsian J. Biosci. 13: 681-686.
26. Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings. Agro Ecol. J. 6: 18. 48-53. (In Persian)
27. Akbarzadeh Sharafi, A., Eisvand, H. R., Akbari, N. and Goodarzi, D. 2019. Effect of gibberellin, ascorbic acid and salicylic acid on seed quality, photosynthesis pigments and malondialdehyde content of seedling from sunflower deteriorated seeds. Ir. J. Seed Sci. Technol. 8: 1. 161-174. (In Persian)

28. Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Does Gibberelic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds germination and seedlings growth under cold stress?. Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 3: 8. 1651 -1657.
29. Mokhtari, M. and Fallah, S. 2019. Effect of gibberellin and salicylic acid on tolerance of pumpkin (*Cucurbita Pepo*) seedling. Ir. J. Seed Res. 6: 1. 159-172. (In Persian)
30. Patade, V. Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Res. J. Seed Sci. 4: 3. 125 -136.
31. Heidari, F., Shekari, F., Andalibi, B. and Saba, J. 2019. Investigation of the effect of four growth regulators on yield, photosynthetic pigments and quality traits of saffron (*Crocus Sativus* L.) in greenhouse conditions. Ir. Medic. Arom. Plants Res. 35: 4. 703-715. (In Persian)
32. Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S. J. and Bahamin, S. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Sci. Agric. 14: 2. 234- 238.
33. Sahraei, E., Maleki, A., Pazoki, A. and Fathi, A. 2018. The effect of salicylic and ascorbic acid on eco physiological characteristics and german chamomile essences in deficit of water. App. Res. Plant Eco physiol. 5: 1. 117-142.
34. Cheraghi, A. M., Sajedi, N. and Gomarian, M. 2015. Response of agronomic, physiological and quality characteristics of rainfed chickpea to salicylic acid and selenium. Ir. J. Pulses Res. 5: 2. 31-42. (In Persian)
35. Pouryousef Miandoab, M. and Esmaeilzadeh, F. 2017. The Effect of Foliar Application of Growth Stimulants and Priming on Yield and Grain Oil Content of Flax (*Linum usitatissimum* L.). J. Crop Ecol Physiol. 40: 4. 857-874. (In Persian)
36. Farjzadeh Memari Tabrizi, E., Yarnian, M., Ahmadzadeh, V. and Farjzadeh Memari Tabrizi, N. 2017. Effect of hormone treatments on the growth and grain yield of maize at different limited irrigation levels. Ir. J. Seed Res. 4: 2. 17-30. (In Persian).
37. Darkatanian, F. and Saeedipour, S. 2020. Effect of seed pre-treatment with auxin and gibberellin on germination and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Ir. J. Pulses Res. 11: 2. 50-61. (In Persian)
38. Alam, M., Hayat, Kh., Ullah, I., Sajid, M., Ahmad, M., Basit, A., Ahmad, I., Muhammad, A., Akbar, S. and Hussain, Z. 2020. Improving okra (*Abelmoshus Esculentus* L.) growth and yield by mitigating drought through exogeneous application of salicylic acid. Fresenius Environ. Bull. 29: 1. 529-535.
39. Ijaz, M., Sher, A., Sattar, A., Shahid, M., Nawaz, A., Ul-Allah, S., Tahir, M., Ahmad, S. and Saqib, M. 2019. Response of canola *(Brassica napus* L.) to exogenous application of nitrogen, salicylic acid and gibberellic acid under an arid climate. J. Soil Sci. Environ. 38: 1. 90-96.
40. Khan, M.I.R., Fatima, M., Per, T.S., Anjum, N.A. and Khan, N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Front. Plant Sci. 6: 1-17.
41. Siddiqui, M. A., Shah, Z. H., Tunio, S. and Chacchar, Q. 2016. Effect of different nitrogen (N) phosphorus (P) fertilizer and plant growth regulators gibberellic acid (GA3) and indole-3-acetic acid (IAA) on qualitative traits of Canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Int. J. Pure Appl. Biosci. 4: 238-244.
42. Amin, A.A., Rashad, M. and Abagy, H.M.H. 2007. Physiological effect of indole-3 butyric acid and salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of onion plants. Res. J. Appl. Sci. 3: 1554-1563.
43. Maleki, A. and Fathi, A. 2019 . Multivariate statistical analysis to yield of canola under drought stress and spraying of gibberellin and salicylic acid. J. Crop Nut. Sci. 5: 3. 1-11.