"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0

اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.)

Effect of plant density and foliar application of salicylic acid on agronomic traits and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes

فرناز گنج آبادی[۱]، امیرحسین شیرانی راد[۲]، بهزاد ثانی[۳] و حمید مظفری[۴]

چکیده

گنج آبادی، ف.، ا. ح. شیرانی راد، ب. ثانی و ح. مظفری. ۱۴۰۰. اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۱): ۹۶-۸۱**

به منظور بررسی اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵) در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تراکم بوته در سه سطح؛ ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دو سطح؛ عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با غلظت یک در هزار در دو مرحله شش‌برگی و ساقه‌دهی، به‌صورت فاکتوریل به عنوان عوامل اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا شامل HW118، WPN6، HL3721، L14، تاسیلو و ناتالی به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش سه‌جانبه تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین‌های اصلی و فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، عملکرد زیستی و محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روغن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. کلیه ژنوتیپ‌های کلزا، پاسخ مثبتی به محلول‌پاشی اسید اسید سالیسیلیک در تراکم‌های مختلف بوته داشتند و ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، بالاترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۵۶۲۹ و ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن دانه (به‌ترتیب ۲۴۴۴ و ۲۳۵۲ کیلوگرم در هکتار) و وزن هزار دانه (به‌ترتیب ۵/۳ و ۵/۱ گرم) را داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش در زراعت کلزا، به‌ویژه در تراکم‌های پایین (۴۰ بوته در متر مربع)، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک جهت افزایش عملکرد دانه مناسب است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کلزا، محتوای کلروفیل، میزان روغن دانه و وزن هزار دانه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس ، تهران، ایران
۲- استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس ، تهران، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Bhz.sani@gmail.com)
۴- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس ، تهران، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است یک‌ساله که یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی جهان به شمار می‌رود (Fathi *et al*., 2011). این گیاه در میان دانه‌های روغنی بیشترین میزان تولید جهانی را در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا و نخل روغنی در فرآورده‌های روغن نباتی دارد (Daneshmand *et al*., 2013). باتوجه به روند روز افزون رشد جمعیت و مصرف بالای روغن و با در نظر گرفتن حداقل مقدار مصرف سرانه روغن، کمبود شدید روغن در ایران بدیهی است که جبران آن از طریق افزایش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد گیاهان روغنی در واحد سطح امکان‌پذیر است (Khajehpour, 2012).

عملکرد کلزا به ظرفیت عملکرد ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت زراعت بستگی داشته و عوامل ژنتیکی و زراعی تعیین کننده رشد و نمو گیاه و در نتیجه عملکرد دانه هستند (Koocheki and Khaje Hossini, 2008). انگادی و همکاران (Angadi *et al*., 2003) با ارزیابی اثر تراکم بوته در کلزا گزارش کردند که در نواحی نیمه خشک، شرایط محیطی اثر زیادی در اثر پذیری کلزا به تراکم بوته دارد. تراکم مطلوب گیاه زراعی در واحد سطح به عنوان یک عامل زراعی مهم برای بهره‌مندی حداکثر گیاهان از منابع رشد محیطی در طی فصل زراعی حائز اهمیت بوده و از عوامل ضروری برای دستیابی به حداکثر عملکرد گیاهان به‌شمار می‌رود که می‌تواند از منطقه‌ای به منطقه دیگر و بر حسب نوع ژنوتیپ متفاوت باشد (Zabarjadi and Ghobadi, 2009). لانسیت و همکاران (Laansite *et al*., 2008) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار می‌گیرد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که تراکم بهینه بوته اثر قابل‌توجهی بر عملکرد علوفه و دانه کلزا داشت (Zabarjadi and Ghobadi, 2009) و در تراکم‌های بسیار بالا، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین در بوته نیز به شدت کاهش یافت که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه هر بوته بود (Angadi *et al*., 2003). تراکم مطلوب بوته تراکمی است که پوشش گیاهی در شروع مرحله زایشی، حداکثر سطح برگ را برای دریافت نور داشته باشد (Larry *et al*., 2002). به دلیل اهمیت شاخه‌های فرعی در عملکرد کلزا و وجود همبستگی منفی بین تعداد شاخه و تعداد خورجین در شاخه، لزوم رعایت تراکم مطلوب بوته ضروری است (Gusta *et al*., 2004).

اسید سالیسیلیک یکی از ترکیباتی است که باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود (Alivand *et al*., 2012). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنولی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مانند القای گلدهی، رشد و نمو، جذب یونی، فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن و افزایش وزن هزار دانه و کیفیت جوانه‌زنی موثر است (Jing *et al*., 2007). اسید سالیسیلیک در فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های مربوط به فتوسنتز نقش مثبت داشته و باعث انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن می‌شود، در نتیجه موجب رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاهان می‌شود (Modarres Sanavy and Keshavarz 2014). جابری و همکاران (Jaberi *et al*., 2015) با بررسی اثر مصرف اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گزارش کردند که اسید سالیسیلیک باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های کلزا گردید.

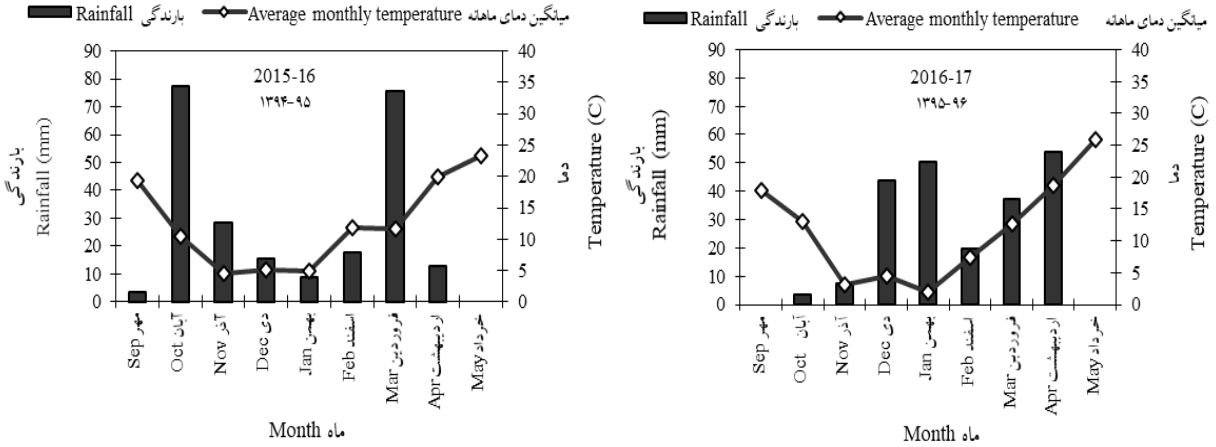
مدیریت مناسب و رعایت تراکم مناسب بوته برای بهره‌مندی مطلوب گیاه از عوامل محیطی و نهاده‌های زراعی در راستای افزایش عملکرد ضروری است. تحقیق حاضر به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب کلزا در تیمارهای تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک برای تولید عملکرد دانه بالاتر اجرا شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵) در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا اجرا شد. براساس میانگین داده‌های سی ساله هواشناسی کرج، میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. آمار هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال آزمایش در شکل ۱ و مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی محل اجرای آزمایش در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ (ایستگاه هواشناسی کرج)

Fig. 1. Mean of of temperature and rainfall in experiment site during 2015-2017 (Karaj meteorology station)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physicochemical properties of the soil of experiment site

سال year	عمق خاک Depth (cm)	بافت خاک Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	کربن آلی OC (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})
2015-16	0-30	لومی رسی Loam-Clay	26	45	29	0.96	14.1	189	7.2	1.49
	30-60	لومی رسی Loam-Clay	27	47	26	0.99	14.8	169	7.1	1.25
2016-17	0-30	لومی رسی Loam-Clay	28	44	28	0.85	13.6	214	7.5	1.52
	30-60	لومی رسی Loam-Clay	27	46	27	0.91	13.9	196	7.7	1.21

در این تحقیق، اسید سالیسیلیک در دو سطح؛ عدم مصرف (محلول‌پاشی با آب خالص) و محلول‌پاشی با غلظت یک در هزار در دو مرحله شش‌برگی (کد ۱۶) و ساقه‌دهی (کد ۳۶) میر (Meier, 2001)، تراکم بوته در سه سطح؛ ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

شامل HW118 (لاین امیدبخش آزاد گرده افشان- ایران)، WPN6 (لاین امیدبخش آزاد گرده افشان- ایران)، HL3721 (لاین امیدبخش آزاد گرده افشان- ایران)، L14 (لاین امیدبخش آزاد گرده افشان-ایران)، تاسیلو (Tassilo- آلمان) و ناتالی (Natali- فرانسه) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱۸۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های فرعی ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها شش متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت برای تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب ۸/۳، ۶/۷ و ۵/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای رسیدن به این تراکم در مرحله ۴ برگی (کد ۱۴) میر (Meier, 2001)، اقدام به تنک و تنظیم فاصله بوته‌ها شد. زمان کاشت دهم مهر و زمان برداشت سی و یکم تا هشتم تیر بود. قبل از اجرای آزمایش در مهرماه سال اول و دوم زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دیسک و ماله زده شد. کودهای مصرفی براساس نتایج آزمون خاک عبارت بودند از ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع فسفات آمونیوم) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) به صورت پایه همزمان با آماده‌سازی بستر بذر، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره؛ ۵۰ کیلوگرم در مرحله چهار برگی، ۶۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی) به صورت سرک به خاک داده شدند. محلول‌پاشی با دستگاه سم‌پاش پشتی ۲۰ لیتری برای هر کرت آزمایشی انجام گرفت. آبیاری در هشت نوبت (سه نوبت در پاییز و یک نوبت در اواخر زمستان و چهار نوبت در بهار) انجام شد. در هر نوبت آبیاری ۶۴۰ متر مکعب آب در هکتار و در مجموع ۵۱۲۰ متر مکعب آب مصرف شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین عملکرد زیستی و عملکرد دانه ، بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ متر مربع از هر کرت به طور جداگانه کف‌بر شده و جهت به مدت یک هفته در هوای آزاد خشکانده و توزین شدند و عملکرد زیستی هر کرت آزمایشی بر اساس رطوبت ۱۲ درصد محاسبه گردید. سپس با استفاده از کمباین مخصوص آزمایشات، دانه‌های مربوط به هر کرت آزمایشی از خورجین‌ها جدا و توزین شده و عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۲ درصد محاسبه گردید. برای تعیین وزن هزار دانه، هشت نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر کرت با استفاده از دستگاه بذر شمار به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین شد و میانگین وزن آن‌ها به عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. رطوبت دانه‌ها با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج تعیین شد. برای اندازه‌گیری محتوای روغن دانه، از هر کرت یک نمونه پنج گرمی دانه انتخاب و محتوای روغن با استفاده از دستگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance) تعیین شد (International Standard ISO 5511., 1992). عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب میزان روغن دانه در عملکرد دانه، بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1967) اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل برای هر تیمار بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ نمونه تعیین شد (رابطه‌های ۱ و ۲ و ۳).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)V/100W \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)\,V/100 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$\text{Total chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

V: حجم محلول، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳و ۶۴۵ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم هستند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

پس از اجرای آزمون بارتلت و احراز همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال، تجزیه واریانس مرکب با در نظر گرفتن اثر سال به صورت تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و مقایسه میانگین برهمکنش با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تراکم بوته بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد زیستی و میزان کلروفیل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روغن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد زیستی و میزان کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش سه‌جانبه تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد زیستی و میزان کلروفیل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روغن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر اسید سالیسیلیک بر تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین فرعی و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد روغن دانه و میزان کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تراکم بوته در ژنوتیپ بر تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد زیستی و میزان کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۹/۱۴۸، ۷/۱۵۲ و ۷/۱۵۰ سانتی‌متر، در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 به‌ترتیب با میانگین‌های ۳/۱۳۹ و ۷/۱۳۷ سانتی‌متر و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۴/۱۲۸ و ۴/۱۲۶ سانتی‌متر، بالاترین ارتفاع بوته را دارا بودند (جدول ۲). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۳/۱۴۸، ۳/۱۵۱ و ۸/۱۴۹ سانتی‌متر، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۴/۱۳۸ و ۱۳۷ سانتی‌متر و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۲۸ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۲). با توجه به اینکه تراکم بوته مطلوب کلزا یک دامنه است که باتوجه به ژنوتیپ‌های جدید با قدرت رشد سریع و شاخه‌دهی زیاد و یکنواخت بین ۴۰ تا ۶۰ بوته در متر مربع می‌باشد، در سطوح پایین‌تر تراکم بوته مطلوب کلزا، به دلیل رقابت کمتر بین بوته‌ها و نفوذ و توزیع بهتر نور در داخل پوشش گیاهی، ارتفاع بوته، میزان شاخه دهی و قطر ساقه افزایش نشان می‌دهد. اسید سالیسیلیک با جلوگیری از اکسیداسیون اکسین (Fariduddin *et al*., 2003) بر مریستم‌های رویشی اثر گذاشته و موجب افزایش تعداد میان گره‌ها در ساقه اصلی و تعداد برگ در بوته می‌شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

ژنوتیپ‌های کلزا در تیمارهای تراکم بوته از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی پاسخ مثبت و معنی‌داری به مصرف اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم مصرف آن داشتند، به‌طوری که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ L14 با میانگین ۹۲/۵ عدد و در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 به‌ترتیب با میانگین ۶۵/۳ و ۳۹/۴ عدد، بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی را داشتند (جدول ۲). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۵، ۹۰/۵ و ۸۷/۸ عدد و در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 به‌ترتیب با میانگین ۶۳/۶ و ۳۸/۳ عدد، بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی را داشتند (جدول ۲). افزایش تراکم بوته باعث ایجاد رقابت درون‌گونه‌ای و رقابت بین خورجین‌ها و محدودیت در جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌گردد و در نتیجه تولید و تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های گیاه از جمله اجزای زایشی آن کاهش می‌یابد، ضمن اینکه تراکم زیاد بوته ممکن است باعث ریزش اندام‌های زایشی و کاهش تعداد خورجین در گیاه نیز شود. ایلیکایی و امام (Eilikaee and Emam, 2003) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، تعداد خورجین در هر بوته کلزا کاهش می‌یابد. با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تا حدودی حفظ تعادل آب در گیاه برقرار شده و شرایط برای تلقیح گل‌های بیشتر فراهم و در نتیجه واحدهای زایشی در گیاه افزایش می‌یابد (Cheraghi *et al*., 2015).

نتایج حاصل نشان داد که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ L14 با میانگین ۱۱۷/۳ عدد و در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 به‌ترتیب با میانگین ۸۳/۹ و ۵۸/۵ عدد، بالاترین تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی را داشتند (جدول ۲). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰۷/۴، ۱۱۴/۹ و ۱۱۰/۵ عدد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۸۱/۸ و ۷۹/۳ عدد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 با میانگین ۵۷/۲ عدد بالاترین تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی را داشتند (جدول ۲). کاهش تعداد خورجین در بوته در کشت‌های متراکم می‌تواند به دلیل انبوهی شاخ و برگ‌های پوشش گیاهی، عدم دستیابی گیاهان به نور کافی و کمبود مواد غذایی باشد. به این ترتیب جهت ایجاد موازنه بین مواد فتوسنتزی حاصل و تسهیم آن بین بخش‌های مختلف متقاضی گیاه، تعدادی از گل‌های تشکیل شده به‌طور فیزیولوژیکی حذف می‌شوند. همچنین پس از مرحله گلدهی با کاهش سطح برگ بوته‌ها، خورجین‌های موجود در هر بوته نقش مهمی در فتوسنتز دارند (Omidi, 2007). گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر اجزای کمی و کیفی آفتابگردان داشت (Hussain *et al*., 2008). گزارش شده است که مصرف اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر تعداد بوته در متر مربع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا داشت (Akbari and Maleki, 2018). بر اساس نتایج این آزمایش در تراکم‌های مختلف بوته، مصرف اسید سالیسیلیک باعث جلوگیری از کاهش تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی شده و از تأثیر سوء حاصل از افزایش تراکم بوته بر تعداد خورجین کاسته شد.

تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌های کلزا به تیمار اسید اسید سالیسیلیک در تراکم‌های مختلف بوته نشان داد که در شرایط مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ L14 با میانگین ۲۸/۷ عدد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۲۳/۳ و ۲۲/۷ عدد و در تراکم ۶۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌های کلزا در برهمکنش تیمارهای تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ

Table 2. Mean comparisons of agronomic traits of rapeseed genotypes in interaction effects of plant density×Salicylic acid×genotype treatments

تراکم بوته Plant density.m^{-2}	اسید سالیسیلیک Salicylic acid	ژنوتیپ‌های کلزا Rapeseed genotypes	ارتفاع بوته Plant hight (cm)	خورجین در ساقه اصلی No. Silique.main stem^{-1}	خورجین در شاخه فرعی No. Silique.branches^{-1}	دانه در خورجین اصلی No. Seed.main silique^{-1}
40	عدم مصرف Zero	HW118	148.3a	85.0a	107.4a	27.1a
		WPN6	142.4b	71.2b	90.8b	24.4b
		HL3721	141.0b	67.8b	87.2b	23.9b
		L14	151.3a	90.5a	114.9a	28.4a
		Tassilo	139.9b	66.8b	85.6b	23.6b
		Natali	149.8a	87.8a	110.5a	27.7a
	یک در هزار 1‰	HW118	148.9a	86.4abc	107.8abc	27.4abc
		WPN6	146.0ab	79.9bcd	98.9bc	26.1bc
		HL3721	144.5b	76.6cd	96.5c	25.5c
		L14	152.7a	92.5a	117.3a	28.7a
		Tassilo	143.9b	74.8d	94.6c	25.1c
		Natali	150.7a	89.3ab	113.1ab	28.0ab
50	عدم مصرف Zero	HW118	138.4a	63.6a	81.8 a	22.9a
		WPN6	129.4b	41.9d	60.8b	17.0c
		HL3721	130.1b	43.4cd	61.9b	17.4c
		L14	137.0a	60.5ab	79.3a	22.3a
		Tassilo	128.9b	40.6d	59.2b	16.5c
		Natali	133.5ab	52.9bc	70.6ab	19.9b
	یک در هزار 1‰	HW118	139.3a	65.3a	83.9a	23.3a
		WPN6	131.8b	47.9c	66.5c	18.8bc
		HL3721	132.2b	49.2c	67.7bc	19.2bc
		L14	137.7a	61.7ab	80.4ab	22.7a
		Tassilo	131.3b	46.3c	65.1c	18.2c
		Natali	134.2ab	54.7bc	72.3abc	20.3b
60	عدم مصرف Zero	HW118	128.0a	38.3a	57.2a	15.8a
		WPN6	124.9ab	32.1bc	48.6b	13.6bc
		HL3721	123.1b	28.4d	44.0bc	12.1d
		L14	121.2b	24.7e	38.2c	10.7e
		Tassilo	123.9b	30.2cd	46.2bc	13.0cd
		Natali	125.9ab	33.9b	51.7ab	14.4b
	یک در هزار 1‰	HW118	128.4a	39.4a	58.5a	16.0a
		WPN6	125.3ab	32.9b	50.3ab	14.0b
		HL3721	123.5b	29.2c	44.8bc	12.5c
		L14	121.8b	25.4d	39.8c	11.0d
		Tassilo	124.4ab	31.6bc	47.2bc	13.2bc
		Natali	126.4a	35.1b	53.0ab	14.6b

در هر ستون میانگین‌هایی که داری حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۶ عدد بیشترین تعداد دانه در خورجین اصلی را داشتند (جدول ۲)، به علاوه در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۲۷/۱، ۲۸/۴ و ۲۷/۷ عدد،در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۲۲/۹ و ۲۲/۳ عدد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۵/۸ عدد بالاترین تعداد دانه در خورجین را داشتند (جدول ۲). مهم‌ترین دلیل کاهش تعداد دانه در خورجین اصلی در تراکم‌های بالای بوته به‌دلیل کاهش جذب نور می‌باشد. این موضوع باعث کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده شده که این وضعیت موجب عدم باروری گل‌ها و حتی ریزش آنها و باعث افزایش آسیب پذیری تشکیل دانه در خورجین‌ها در تراکم‌های بالای بوته می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که کاهش ذخایر هیدرات کربن گیاه پس از گلدهی در نمو بذر در تعداد دانه در خورجین‌ها موثر بوده و باعث سقط دانه‌ها در خورجین می‌شود (Sana *et al*.,2003). تعداد دانه در خورجین با افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک، نقش مستقیمی در عملکرد دانه دارد، به‌طوری که اثر جبران کنندگی مصرف اسید سالیسیلیک بر کاهش تعداد دانه در خورجین در تراکم‌های بالای بوته می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان فتوسنتز و تسهیم مواد فتوسنتزی در گیاه شده و با افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در دانه، از کاهش تعداد و وزن دانه‌ها جلوگیری می‌شود (Eraslan *et al*., 2007). ثابت شده است که مصرف خارجی اسید سالیسیلیک می‌تواند تأثیر عوامل تنش‌زا را تعدیل کرده و این اثر حفاظتی می‌تواند ظرفیت فتوسنتزی را در گیاه بهبود بخشد (Radwan and Soltan, 2012). تیمار اسید سالیسیلیک در کلیه سطوح تراکم بوته، باعث افزایش جزئی تعداد دانه در خورجین فرعی ژنوتیپ‌های کلزا شد، به‌طوری‌که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۲۲/۶ و ۲۲/۳ عدد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۱۸/۱ و ۱۷/۴ عدد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۱/۸ عدد بیشترین تعداد دانه در خورجین فرعی را داشتند (جدول ۳)، به‌علاوه در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۲۱/۵، ۲۲/۴ و ۲۲/۰ عدد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۱۷/۷ و ۱۷/۱ عدد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۱/۵ عدد بالاترین تعداد دانه در خورجین‌های فرعی شد (جدول ۳). علت کاهش تعداد دانه در خورجین فرعی در تراکم‌های بالای بوته این است که با افزایش تراکم بوته تخصیص و انتقال مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه تشکیل دانه کاهش می‌یابد (Javanmard *et al*., 2009).

نتایج مربوط به واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به تیمارهای مصرف و عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم‌های مختلف بوته نشان داد که در تیمار اسید سالیسیلیک و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ L14 با میانگین ۵/۳ گرم و در تراکم‌های ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 به ترتیب با میانگین ۴/۱ و ۳/۱ گرم بالاترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳)، درحالی‌که در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۴/۹، ۵/۲ و ۵ گرم، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۴ و ۳/۹ گرم و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۳/۱ گرم بالاترین مقدار وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم بوته به علت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌های کلزا در برهمکنش تیمارهای تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ

Table 3. Mean comparisons of agronomic traits of rapeseed genotypes in interaction effects of plant density×Salicylic acid×genotype treatments

تراکم بوته Plant density.m^{-2}	اسید سالیسیلیک Salicylic acid	ژنوتیپ‌های کلزا Rapeseed genotypes	دانه در خورجین فرعی No. Seed.silique^{-1} in branch	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	روغن دانه Oil content (%)
40	عدم مصرف Zero	HW118	21.5a	4.9a	5204a	43.0a
		WPN6	19.3b	4.3b	4475b	42.4b
		HL3721	18.6b	4.2b	4238b	42.2b
		L14	22.4a	5.2a	5526a	43.3a
		Tassilo	18.4b	4.1b	4098b	42.2b
		Natali	22.0a	5.0a	5370a	43.2a
	یک در هزار 1‰	HW118	21.8ab	5.0abc	5242ab	43.0a
		WPN6	20.6ab	4.7bcd	4912bc	42.7ab
		HL3721	20.1b	4.5cd	4753bc	42.5b
		L14	22.6a	5.3a	5629a	43.5a
		Tassilo	19.9b	4.4d	4649c	42.5b
		Natali	22.3a	5.1ab	5448a	43.2a
50	عدم مصرف Zero	HW118	17.7a	4.0a	3931a	42.0a
		WPN6	12.5c	3.2b	2804c	41.2b
		HL3721	12.8c	3.2b	2837c	41.3b
		L14	17.1a	3.9a	3785a	41.9a
		Tassilo	12.2c	3.1b	2723c	41.1b
		Natali	15.4b	3.5ab	3191b	41.6ab
	یک در هزار 1‰	HW118	18.1a	4.1a	3986a	42.1a
		WPN6	14.0c	3.3c	3025c	41.4b
		HL3721	14.5bc	3.4bc	3055c	41.5b
		L14	17.4a	3.9ab	3860a	42.0a
		Tassilo	13.6c	3.3c	2984c	41.4b
		Natali	15.8b	3.6abc	3346b	41.6ab
60	عدم مصرف Zero	HW118	11.5a	3.1a	2594a	41.0a
		WPN6	9.8bc	2.8ab	2211b	40.7a
		HL3721	8.6d	2.7ab	1822c	40.5ab
		L14	7.4e	2.5b	1515d	40.2b
		Tassilo	9.2cd	2.8ab	2006c	40.6a
		Natali	10.4b	2.9a	2338b	40.8a
	یک در هزار 1‰	HW118	11.8a	3.1a	2690a	41.1a
		WPN6	10.1bc	2.9ab	2297bc	40.8a
		HL3721	8.9d	2.7ab	1925d	40.5ab
		L14	7.7e	2.5b	1630e	40.3b
		Tassilo	9.5cd	2.8ab	2135cd	40.6ab
		Natali	10.7b	2.9ab	2435b	40.9a

در هر ستون میانگین‌هایی که داری حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

کاهش فتوسنتز در اثر رقابت شدید بین بوته‌ها می‌باشد و این موضوع باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی شده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. زبرجدی و قبادی (Zabarjadi and Ghobadi, 2009) گزارش کردند که در تراکم‌های بالای کلزا، توزیع منابع در بین مخازن (دانه‌ها) باعث کاهش بیشتر وزن هر دانه شده و در نتیجه باعث کاهش شدید وزن هزار دانه خواهد شد. تیمار اسید سالیسیلیک با اثر بر فتوسنتز، بر اجزای عملکرد دانه اثر مثبتی دارد که این حالت به‌ویژه در شرایط تراکم بالای بوته و افزایش رقابت بین بوته‌ها برای گیاه بسیار سودمند است. گزارش شده است که مصرف اسید سالیسیلیک باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی گردید (Jaberi *et al*., 2015).

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف تراکم بوته قرار گرفت. در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۵۶۲۹ و ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۳۹۸۶ و ۳۸۶۰ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۲۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۵۲۰۴، ۵۵۲۶ و ۵۳۷۰ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۳۹۳۱ و ۳۷۸۵ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۲۵۹۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). بر این اساس، به‌نظر میرسد که اسید سالیسیلیک از طریق افزایش اجزای عملکرد باعث افزایش عملکرد دانه کلزا در تیمارهای تراکم‌های بوته در مقایسه با عدم مصرف آن شد، به‌طوری که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک و تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع، رقم تاسیلو به‌ترتیب با ۱۳/۴ و ۹/۵ درصد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ L14 با ۷/۵ درصد، بیشترین درصد افزایش عملکرد دانه را نسبت به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک داشتند (جدول ۲). اسید سالیسیلیک نقش مثبتی در بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های مربوط به فتوسنتز گیاه داشته و باعث انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن می‌شود، در نتیجه باعث رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاهان می‌شود (Modarres Sanavy *et al*., 2014). در تراکم مناسب بوته، بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد دانه حاصل خواهد شد (Malakouti and Tehrani, 2001).

نتایج نشان داد که در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۴۳، ۴۳/۵ و ۴۳/۲ درصد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۴۲/۱ و ۴۲ درصد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118، WPN6و ناتالی به ترتیب با میانگین ۴۱/۱، ۴۰/۸ و ۴۰/۹ درصد بالاترین میزان روغن دانه را داشتند (جدول ۳). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118،L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۴۳، ۴۳/۳ و ۴۳/۲ درصد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۴۲ و ۴۱/۹ درصد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ژنوتیپ‌های HW11، WPN6، تاسیلو و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۴۱، ۴۰/۷، ۴۰/۶ و ۴۰/۸ درصد بالاترین میزان روغن دانه را داشتند (جدول ۳). اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی داشته و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را فعال کرده و با

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

افزایش فعالیت آن‌ها باعث پاک‌سازی اکسیژن‌های رادیکال آزاد (ROS) ایجاد شده در اثر تنش می‌شود (Akbari and Maleki, 2018).

نتایج نشان داد که عملکرد روغن دانه ژنوتیپ‌های کلزا تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای اسید سالیسیلیک و تراکم بوته قرار گرفت. در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۴۴۴ و ۲۳۵۲ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۱۶۸۱ و ۱۶۲۶ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۱۰۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد روغن دانه را داشتند (جدول ۴). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118، L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۲۲۳۴ و ۲۳۹۲ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۱۶۵۶ و ۱۵۸۸ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۰۶۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار عملکرد روغن دانه را داشتند (جدول ۴). با توجه به اینکه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه حاصل می‌شود (Khajehpour, 2006) و همبستگی و رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد روغن وجود دارد، بالاترین عملکرد روغن نیز در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع حاصل شد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های کلزا در تیمارهای تراکم بوته شد. در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی به‌ترتیب با میانگین ۲۲۰۶۴ و ۲۱۴۲۰ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۷۲۸۰ و ۱۶۷۳۰ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۱۸۳۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار عملکرد زیستی را داشتند (جدول ۴). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ L14 با میانگین ۲۱۷۰۵ کیلوگرم در هکتار، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۷۰۱۴ و ۱۶۳۰۸ کیلوگرم در هکتار و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱۱۵۰۹ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار عملکرد زیستی را داشتند (جدول ۴). عملکرد زیستی، حاصل تجمع مواد فتوسنتزی در قسمت‌های مختلف گیاه است. با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته‌ها در جذب نور و عناصر غذایی زیادتر شده و در نتیجه عملکرد زیستی کاهش یافت. در حالی که مصرف سالیسیلیک اسید باعث افت کمتر عملکرد زیستی در سطوح بالای تراکم بوته در مقایسه با عدم مصرف آن گردید. در تحقیق رهی و همکاران (Rehi *et al*., 2013) بین ارتفاع بوته علف باغ و وزن خشک بخش هوایی رابطه همسو و معنی‌داری مشاهده گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

میزان کلروفیل ژنوتیپ‌های کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف تراکم بوته قرار گرفت. در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های L14و ناتالی به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۰۷ و ۲/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین‌های ۱/۷۱ و ۱/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بالاترین میزان کلروفیل برگ را داشتند (جدول ۴). در تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 ، L14 و ناتالی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

به‌ترتیب با میانگین ۱/۹۸، ۲/۰۴ و ۲/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ‌های HW118 و L14 به‌ترتیب با میانگین ۱/۶۸ و ۱/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ HW118 با میانگین ۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بالاترین میزان کلروفیل برگ را داشتند (جدول ۴). نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه و میزان کلروفیل برگ ژنوتیپ‌های کلزا

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌های کلزا در برهمکنش تیمارهای تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ

Table 4. Mean comparisons of agronomic traits of rapeseed genotypes in interaction effects of plant density×Salicylic acid×genotype treatments

تراکم بوته Plant density.m^{-2}	اسید سالیسیلیک Salicylic acid	ژنوتیپ‌های کلزا Rapeseed genotypes	عملکرد روغن دانه Oil yield (kg.ha^{-1})	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g-1 FW)
40	عدم مصرف Zero	HW118	2234a	20670b	1.98a
		WPN6	1895b	18511c	1.80b
		HL3721	1788b	17839cd	1.76b
		L14	2392a	21705a	2.04a
		Tassilo	1727b	17600d	1.74b
		Natali	2329a	21116ab	2.01a
	یک در هزار 1‰	HW118	2268ab	20876ab	2.00ab
		WPN6	2107bc	19682bc	1.92bc
		HL3721	2020c	19245bc	1.87c
		L14	2444a	22064a	2.07a
		Tassilo	1971c	18983c	1.85c
		Natali	2352a	21420a	2.03a
50	عدم مصرف Zero	HW118	1656a	17014a	1.68a
		WPN6	1159c	12313c	1.25c
		HL3721	1171bc	12573c	1.27bc
		L14	1588a	16308a	1.63a
		Tassilo	1118c	12041c	1.22c
		Natali	1329b	14264b	1.40b
	یک در هزار 1‰	HW118	1681a	17280a	1.71a
		WPN6	1255b	13497c	1.34bc
		HL3721	1265b	13753bc	1.36bc
		L14	1626a	16730a	1.66a
		Tassilo	1238b	13117c	1.32c
		Natali	1390b	14850b	1.45b
60	عدم مصرف Zero	HW118	1064a	11509a	1.18a
		WPN6	901bc	9709 c	1.06abc
		HL3721	739d	8475 e	0.97cd
		L14	609e	7316	0.88d
		Tassilo	814cd	9039 d	1.02bc
		Natali	956ab	10338 b	1.10ab
	یک در هزار 1‰	HW118	1103a	11831	1.20a
		WPN6	935bc	9974	1.08ab
		HL3721	779d	8771cd	0.99bc
		L14	656e	7610d	0.91c
		Tassilo	868cd	9392bc	1.04b
		Natali	994b	10531b	1.12ab

در هر ستون میانگین‌هایی که داری حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

در هر دو تیمار مصرف و عدم مصرف اسید سالیسیلیک در کلیه سطوح تراکم بوته، رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت و ژنوتیپ‌هایی که بالاترین میزان کلروفیل را داشتند، از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند. به‌علاوه در تیمار مصرف اسید سالیسیلیک و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ WPN6 با ۶/۶ درصد، در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ Tassilo با ۸/۱ درصد و در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع، ژنوتیپ L14 با ۳/۴ درصد، بیشترین میزان افزایش کلروفیل را نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک داشتند (جدول ۴). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است و کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به دلیل کاهش سنتز کلروفیل و ناشی از تخریب آن با افزایش تراکم بوته باشد. اسید سالیسیلیک از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای، باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی شده و با افزایش رنگدانه‌های برگ باعث افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود (Hayat *et al.*, 2010). گای و همکاران (Ghai *et al.*, 2002) نیز افزایش در محتوای رنگیزه‌ها را در کلزا در تیمار اسید سالیسیلیک گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که کلیه ژنوتیپ‌های کلزا، پاسخ مثبتی به مصرف اسید سالیسیلیک در تراکم‌های مختلف تراکم بوته، به‌ویژه در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع داشتند. ژنوتیپ‌های L14 و ناتالی در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و مصرف اسید سالیسیلیک، بالاترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۵۶۲۹ و ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار) و میزان کلروفیل (به‌ترتیب ۲/۰۷ و ۲/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را داشتند. بنابراین استفاده از ژنوتیپ L14 در مناطق معتدل سرد نظیر کرج در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع همراه با مصرف اسید سالیسیلیک جهت دستیابی به عملکرد دانه بالای ۵۶۰۰ و عملکرد روغن دانه بالای ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار مناسب است.

منابع مورد استفاده

References

Akbari, J. and A. Maleki. 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. Appl. Res. Plant Ecophysiol. 4 (2):159-180.

Alivand, R., R. Tavakolafshari and F. Sharifzade. 2012. Effect of gibberellic acid, salicylic and ascorbic acid on seed germination characteristics of rapeseed crumbling. Iran. J. Field Crop Sci. 43(4): 561-571. (In Persian with English abstract).

Angadi, S. V., H. W. Cutforth, B. G. McConkey and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant population under semiarid conditions. J. Crop Sci. 43: 1358-1366.

Arnon A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23:112-121.

Cheraghi, A. M., N. Sajedi and M. Gomarian. 2015. Response of agronomic, physiological and quality characteristics of rainfed chickpea to salicylic Acid and selenium. Iran. J. Pulses Res. 5(2): 31-42. (In Persian with English abstract).

Daneshmand, A., H. Nikkhah Kouchaksaraei, H. Goldoust Khorshidi and S. Moradpour. 2013. The study on quality and quantity of yield of canola cultivar Hyola 401 in different levels of nitrogen and plant density. J.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

Crop Sci. 4(16): 103-116. (In Persian with English abstract).

Eilikaee, M. N. and Y. Emam. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape *(Brassica napus* L.) cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 34(3): 509-515. (In Persian with English abstract).

Eraslan, F. A., A. Gunes and M. Alpaslan, 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Hort. 113: 120–128.

Fathi, G., M. Moradi and A. Naderi. 2011. Physiology of Rapeseed. Shahid Chamran University Press. (In Persian).

Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41:281-284.

Ghai, N., R. C. Setia and N. Setia. 2002. Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL 1). Phytomorphology, 52: 83-87.

Gusta, L., E. Johnson, N. T. Nesbitt and K. Kikland. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. Can. J. Plant Sci. 84: 463-471.

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ and Exp Bot. 68(1): 14-25.

Hussain, M., M. Farooq and M. A. Malik. 2008. Glycine betaine and salicylic acid application improves the plant water relations, water use efficiency and yield of sunflower under different planting methods. In Proceedings of 14th Aust. Agron. Conf. Adelaide, SA, Aust

ISO 5511:1992. Oilseeds-Determination of oil content-Method using continuous-wave low-resolution nuclear magnetic resonance spectrometry (Rapid method).

Jaberi, H., B. Lotfi, T. Jamshidnia, A. Fathi, R. Olad and A. Abdollahi. 2015. Survey of yield of winter canola cultivars under drought stress on the yield at four different phonological stages. Scientia, 12(3):144-148.

Javanmard, H., A. H., Shirani Rad., A. Bani Taba and M. Naderi Darbaghshahi. 2009. Effect of planting pattern on yield and yield components of spring rapeseed in Esfahan. Proceedings of 10th Crop Science Congress of Iran. Seed and Plant Improvement Inst, Karaj, Iran.

Jing, C., Z. Cheng and S. Zhong. 2007. Effect of exogenous salicylic acid on growth and H_2O_2- metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. J. Environ. Sci. 19(1): 44-49. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60007-2

Khajehpour, M. 2012. Industrial Plants Edit 5th 564 pp. Jahad-e-Daneshgahi ind unit of Isfahan. Isfahan, Iran. (In Persian).

Khajehpour, M. R. 2006. Principles and Fundamentals of Crop Production. Jahade-e- Daneshgahi. Isfahan. (In Persian).

Koocheki, A. R. and M. Khajeh Hosseini. 2008. Modern Agronomy. Jehad-e university of Mashhad Press. (In Persian).

Laansite, P., J. Joudu, V. Eremeev and E. Maeorg. 2008. Effect of sowing date and increasing sowing rates on

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

plant density and yield of winter oil seed rape (*Brassica napus* L.) under Nordic climate conditions. Acta Agric. Scandinavica Section B-Soil Plant Sci. 58(4): 330-335.

Larry, C. P., A. B. Rosalind, J. D. Reaper and D. V. Earl. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. Crop Sci. 42: 172-177.

Malakouti, M. J. and M. M. Tehrani. 2001. Effects of Micronutrients on Yield and Quality of Agricultural Products Micro Nutrients with Macro Effects. Second edn. Tarbiat Modares Univ. Press.58; 299-308.

Meier, U. 2001. Growth stages of mono-end dicotyledonous plants (BBCH-scale). BBCH publication, Federal Biological Res Center for Agriculture and Forestry. Berlin. Germany.

Modarres Sanavy, S. A. M. and H. Keshavarz. 2014. Effect of salicylic acid on chlorophyll, some growth characteristics and yield of two canola cultivars. J. Crop Prod. 7: 161-171. (In Persian with English abstract).

Omidi, H. 2007. The effects of planting date and long time during harvest on grain loss on canola cultivars. The 9th Iranian Crop Sci Congress. 5-7. Aug. 2007. Tehran. Iran. (In Persian with English abstract).

Radwan, D. E. M. and D. M. Soltan. 2012. The negative effects of Clethodim in photosynthesis and gas-exchange status of maize plants are ameliorated by salicylic acid pretreatment. Photosynthetica, 50:171–179.

Rehi, A., M. Davoodifar, F. Azizi and D. Habibi. 2013. Effects of different amounts of humic acid and response curves in the *Dactylis glomerata*. J. Agron. Plant Breed. 8 (3): 15-28. (In Persian with English abstract).

Sana, M., A. M. Maleki, M. Saleem and M. Rafigh. 2003. Comparative yield potential and oil content of different canola cultivars. Pak. J. Agron. 2: 1-10.

Zabarjadi, A. R. and M. Ghobadi. 2009. Response of yield and yield components of canola cultivars to different seeding rates in dryland conditions of Kermanshah province. J. Plant Prod. Technol. 9(1): 45-53. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]

Effect of plant density and foliar application of salicylic acid on agronomic traits and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes

Ganj Abadi, F.[1], A. H. Shirani Rad[2], B. Sani[3] and H. Mozafari[4]

ABSTRACT

Ganj Abadi, F., A. H. Shirani Rad, B. Sani and H. Mozafari. 2021. Effect of plant density and foliar application of salicylic acid on agronomic traits and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 23(1): 81-96. (In Persian).**

To investigate the effect of plant density on agronomic traits of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under foliar application of salicylic acid a factorial split-plot arrangement in randomozide complet block design with three replications was carried out in Karaj, Iran, in two cropping seasons (2015-2017). Plant density at three levels of 40, 50 and 60 plants.m^{-2} and salicylic acid at two levels of 0 (non-application) and application with a concentration of 1‰ in two stages of 6 leaf and stem elongation were assigned in main plots and rapeseed genotypes; HW118, WPN6, HL3721, L14, Tassilo and Natali were randomized in sub-plots. The Plant density × salicylic acid × genotype interaction effect was significant (P≤0.01) on plant hight, number of silique on the main stem and branches, seed number of silique on the main and branches, 1000-seed weight, seed yield, oil yield, biological yield and total chlorophyll content. This interaction effect was also significant (P≤0.05) on seed oil content. All rapeseed genotypes showed positive responses to foliar application of salicylic acid at different plant densities, and L14 and Natali genotypes in 40 plants.m^{-2} and application of salicylic acid had the highest seed yield (5629 and 5448 kg.ha^{-1}), oil yield (2444 and 2352 kg.ha^{-1}) and 1000 seed weight (5.3 and 5.1 g), respectively. Therefore, for rapeseed production, especially in low densities (40 plants.m^{-2}), foliar application of salicylic acid is suitable for increasing seed yield.

Key words: Chlorophyll content, Rapeseed, Seed yield, Seed oil Content and 1000 seed weight

Received: July, 2020 Accepted: January, 2021

1. MSc Sstudent, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Assistant Prof., Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding author)
(Email: Bhz.sani@gmail.com)
4. Assistant Prof., Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.6.0]