بررسی برخی واکنش‌های فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط گرمای آخر فصل

مارال دیناروندی[۱]، افراسیاب راهنما[*۲]، موسی مسکرباشی[۳] و پرژک ذوفن[۴]

۱، ۲ و ۳) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴) گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

نویسنده مسئول[*]: a.rahnama@scu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۶/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۶**

چکیده

تنش ناشی از دماهای بالای محیط تهدیدی جدی برای تولید و بهره‌وری محصولات زراعی محسوب می‌شود. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی هورمون اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و عملکردی ارقام کلزا در دو تاریخ کاشت، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲ در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دو تاریخ کشت ۲۰ آبان و ۲۰ آذر (به ترتیب کشت به‌هنگام و دیرهنگام) و کرت‌های فرعی شامل غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (صفر و ۲۰۰ میکرومولار) و ارقام کلزا (هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر) به‌صورت فاکتوریل در نظرگرفته شدند. با توجه به نتایج، برهم‌کنش تاریخ کاشت، محلول‌پاشی هورمون و ارقام بر صفات تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن، هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود، به گونه‌ای که تنش گرما در کاشت دیرهنگام سبب کاهش و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک سبب بهبود صفات مورد بررسی در هر دو تاریخ کشت شد. کشت دیرهنگام سبب کاهش ۲۸ درصدی عملکرد دانه شد، در حالی که کاربرد اسید سالیسیلیک بر ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا ۵۰ و تراپر به ترتیب سبب افزایش ۴، ۲۹، ۳۵ و ۲۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی شد. رقم آگامکس، تراپر و هایولا ۵۰ در هر دو تاریخ کاشت همراه با محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک بالاترین عملکرد دانه و روغن را به‌دست آوردند. به‌طورکلی محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک سبب تعدیل اثرهای نامطلوب تنش گرما، از طریق بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه و روغن شد.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، عملکرد روغن، عملکرد دانه، تاریخ کشت و هدایت روزنه‌ای.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

مقدمه

رویدادهای شدید اقلیمی مانند تنش‌های خشکی، غرقاب و گرما که بر امنیت غذایی اثر می‌گذارند بسته به مکان و زمان سال متفاوت هستند، اما غالب‌ترین آن در مناطق گرمسیری، تنش گرمایی است. افزایش درجه حرارت در طول زمان الگوهای اقلیمی جهان را تغییر داده و تعادل طبیعت را به هم می‌زند (Liu *et al,.* 2020; Harrison, 2021; Rahnama *et al.,* 2024). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان است که برای اهداف صنعتی و روغن خوراکی کشت می‌شود (Xiao *et al.,* 2022). مجموع تولید کلزا در سطح جهان در حدود ۹۱/۸۷ میلیون تن و سطح زیر کشت کل آن در حدود ۴۳/۴۵ میلیون هکتار است (FAOSTAT, 2023). در ایران، سطح زیر کشت کلزا در حدود ۹۹ هزار هکتار است که تولید آن در حدود ۱۹۷ هزار تن است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲). دمای هوا در قرن گذشته تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و پیش بینی می‌شود تا پایان این قرن دمای هوا دو تا چهار درجهٔ سانتی‌گراد دیگر افزایش یابد (IPCC, 2014). بنابراین گونه‌های مختلف گیاهی تحت اثر تنش گرمایی قرار خواهند گرفت. افزایش دمای هوا بر رشد، نمو و بهره‌وری گیاهان زراعی اثر می‌گذارد. تنش گرما بسته به مدت زمان تنش و مرحلهٔ رشدی گیاه که در آن تنش گرما رخ می‌دهد، واکنش‌های متفاوتی را در بین گونه‌های گیاهی نشان می‌دهد (Prasad, 2017). دما یکی از عوامل مهم اثر گذار بر رشد و نمو گیاه است و درجه حرارت‌های بالا نه تنها مراحل رشدی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه تغییرات کمی و کیفی زیادی در ویژگی‌های گیاهان زراعی ایجاد می‌کنند که در عملکرد زراعی، فیزیولوژی، رشد و نمو و درصد روغن اثرگذار است (Kaleem *et al.,* 2009). دماهای بالا در طی مراحل گلدهی و دانه‌بندی می‌تواند عملکرد دانه را به طور قابل توجهی کاهش دهد و این امر یکی از موانع اصلی تولید محصولات زراعی در سطح جهان است (Lesjak and Calderini, 2017). دمای بهینهٔ مورد نیاز برای جوانه زنی و رشد کلزا ۲۵ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد است. دماهای بالاتر از ۳۳ درجهٔ سانتی‌گراد بر رشد خورجین کلزا اثر می‌گذارد و باعث کاهش عملکرد دانهٔ این گیاه می‌شود (Young *et al.,* 2004). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه نقش مهمی در تحمل تنش گیاهان دارند (Chakrabarti and Mukherjee, 2003). اسید سالیسیلیک، به عنوان یک هورمون گیاهی شناخته شده نقش‌های فیزیولوژیک مختلفی در گیاهان مانند تسریع در گلدهی، افزایش جذب مواد مغذی، افزایش فتوسنتز و فعالیت آنزیمی ایفا می‌کند (Hayat and Ahmad, 2007). مطالعه بر روی آرابیدوپسیس نشان داده است که تیمار اسید سالیسیلیک تحمل گرما را القا کرده است (Clarke *et al.,* 2009). همچنین در ارزیابی ارقام گلرنگ مشخص شده است که تحمل به تنش گرمای آخر فصل در ارقام مورد مطالعه در واکنش به محلول‌پاشی اسیدسالسیلیک افزایش یافته است (گودرزیان قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۹). این مطالعه-ها نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک می‌تواند گیاهان را از آسیب ناشی از تنش گرما در مرحلهٔ رویشی و زایشی محافظت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

کند. با توجه به اهمیت کشت پاییزه کلزا به‌عنوان یکی از دانه‌های روغنی مهم در استان خوزستان، و احتمال وقوع گرمای آخر فصل برای این گیاه در شرایط اقلیمی گرم و خشک این استان و دستیابی به ارقام متحمل به دمای بالا و نیز اهمیت کاشت این گیاه در الگوی کشت به عنوان یک محصول جایگزین در شرایط کشت تأخیری، تحقیقات در زمینهٔ کاهش اثرهای نامطلوب تنش گرمای آخر فصل بر این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. در طی سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای در مورد کاربرد اسید سالیسیلیک بر گیاهان مختلف در شرایط تنش‌های مختلف محیطی انجام شده است، با این وجود در زمینهٔ اثر محلول‌پاشی این تنظیم‌کنندهٔ مهم رشد گیاهی بر روی کشت پاییزهٔ کلزا در شرایط تنش گرمای آخر فصل گزارش‌های اندکی در دسترس می‌باشد. بنابراین با توجه به نقش‌های مهم این هورمون، پژوهش حاضر با هدف بررسی کـاربرد هورمـون اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرهای نامطلوب تنش گرمـای آخر فصل در مرحلهٔ رشد زایشی بر برخی صفات فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ارقام کلزا و انتخاب رقم برتر در شرایط آب و هوایی خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲، به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ آموزشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. دو تاریخ کاشت۲۰ آبان و ۲۰ آذر (به ترتیب تاریخ کاشت به‌هنگام و دیرهنگام) درکرت‌های اصلی، محلول‌پاشی غلظت‌های هورمون اسید سالیسیلیک (صفر و ۲۰۰ میکرومولار در لیتر) و ارقام کلزا (هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر) به‌صورت فاکتوریـل در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت اول به عنوان تاریخ کاشت به هنگام و مناسب منطقه و تاریخ کاشت دوم به عنوان تاریخ کاشت دیرهنگام جهت اعمال تـنش گرمـای انتهـای فصـل در مرحلهٔ لقاح و پرشدن دانه در نظر گرفته شد. اطلاعات هواشناسی منطقهٔ مورد کشت در ادامه آورده شده است (جدول ۱).

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

ماه / دما	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	۲۹/۱	۲۲/۳	۲۱/۴	۲۱/۰	۲۳/۲	۲۸/۸	۳۳/۶
میانگین دمای حداقل(درجه سانتی‌گراد)	۱۵/۱	۸/۸	۸/۵	۹/۶	۱۰/۵	۱۵/۶	۲۰/۲
بارندگی (میلی‌متر)	۸۰/۶	۰/۷	۷/۳	۳۸/۴	۶۱/۳	۵۹/۶	۴۶/۴

ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، تراپر و هایولا۵۰ از نظر تیپ رشدی به ترتیب زودرس، میان‌رس، میان‌رس و دیررس بودند. پس از آماده‌سازی زمین، کـرت‌های فرعی به ابعاد دو در سه متر شامل سه پشته با فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر و طول سه متر در نظر گرفته شد. بذرها پس از ضدعفونی به‌صورت دستی در دو ردیف کاشت روی هر پشته، با فاصله ۳۰ سانتی‌متر در عمق دو تا سه سانتی‌متری کشت شدند. بر اساس نتایج آزمون خاک مزرعه، بافت خاک لومی رسی، اسیدیته ۷/۷، مادهٔ

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

آلی ۰/۵۵ درصد، هدایت الکتریکی ۲/۴۶ دسی زیمنس بر متر، فسفر و پتاس قابل تبادل به ترتیب ۱۲/۶ و ۱۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نیتروژن کل ۰/۰۴۴ درصد بود. بر همین اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم در هنگام کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در زمان کاشت و به‌صورت سرک در مرحلهٔ ۷-۸ برگی به خاک اضافه شد. تیمار اسیدسالیسیلیک با مشاهدهٔ مراحل ساقه‌دهی و غنچه‌دهی ۵۰ درصد گیاهان در هر واحد آزمایشی (به ترتیب مراحل ۳۲ و ۵۳ بر مبنای مقیاس BBCH) همزمان با غروب آفتاب و براساس محاسبهٔ هزار لیتر برای یک هکتار و نیاز محلول‌پاشی هر کرت آزمایشی اعمال شد (خواجوی و همکاران، ۱۴۰۱). برای محاسبهٔ مجموع واحدهای دریافت شده توسط گیاه از درجه روزهای رشد استفاده شد. درجه حرارت پایه برای رشد کلزا پنج درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. درجه روز رشد با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (McMaster and Wilhelm, 1997).

رابطه ۱:

$$GDD = \Sigma \left[\frac{Tmax+Tmin}{2} - Tb \right]$$

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (Delta-T AP4 Devices, UK) بین ساعت ۹/۳۰ صبح تا ۱۳ و شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Monilota SPAD-502 Chlorophyll meter, Japan) بر روی سطح آخرین برگ‌های توسعه‌یافته از پنج بوته در هر واحد آزمایشی در مرحلهٔ پر شدن دانه (مرحلهٔ ۷۵ بر اساس مقیاس BBCH) انجام شد.

جدول ۲: درجه روز رشد مراحل نموی ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت

مراحل نموی	سبزشدن			رزت			ساقه دهی			غنچه دهی			گل دهی			غلاف دهی			پر شدن دانه			رسیدگی فیزیولوژیک		
ارقام/ تاریخ کشت	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر
به هنگام	۱۴۴	۱۶۰	۱۹۰	۱۶۰	۶۱۰	۶۲۴	۶۴۷	۶۲۴	۷۵۶	۷۵۶	۷۷۸	۷۵۶	۸۰۶	۸۱۹	۸۳۲	۸۱۹	۸۸۳	۹۱۴	۸۸۳	۸۸۳	۶۳۴	۶۴۶	۶۶۰	۶۴۶	۶۳۶
دیر هنگام	۲۳۵	۲۴۹	۲۶۲	۲۴۹	۶۱۲	۶۲۴	۶۵۱	۶۲۴	۷۳۹	۷۳۹	۷۸۳	۷۳۹	۸۱۹	۸۳۴	۸۴۶	۸۳۴	۸۸۹	۹۱۶	۸۸۹	۸۶۴	۸۳۴	۸۵۶	۹۷۱	۹۵۱	۹۴۰

رسیدگی فیزیولوژیک			پر شدن دانه			غلاف دهی			گل دهی			غنچه دهی			ساقه دهی			رزت			سبزشدن			مراحل نموی
تراپر	هایولا ۵۰	آگامکس	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	هایولا ۴۸۱۵	آگامکس	هایولا ۵۰	تراپر	ارقام/ تاریخ کشت
۲۲۲۰	۲۲۶۷	۲۲۲۰	۲۱۵۶	۱۴۰۱	۱۴۱۹	۱۴۰۱	۱۳۹۰	۶۳۶	۶۶۰	۶۴۶	۶۳۴	۸۸۳	۹۱۴	۸۸۳	۸۸۳	۸۱۹	۸۳۲	۸۱۹	۸۰۶	۷۵۶	۷۷۸	۷۵۶	۷۵۶	۶۳۴	۶۴۷	۶۳۴	۶۱۰	۱۶۰	۱۹۰	۱۶۰	۱۴۴	به هنگام
۲۲۵۲	۲۳۱۹	۲۲۵۲	۲۱۸۱	۱۴۰۵	۱۴۳۸	۱۴۸۹	۱۳۵۶	۹۵۱	۹۷۱	۹۵۱	۹۴۰	۸۸۹	۹۱۶	۸۸۹	۸۶۴	۸۳۴	۸۴۶	۸۳۴	۸۱۹	۷۳۹	۷۸۳	۷۳۹	۷۳۹	۶۲۴	۶۵۱	۶۲۴	۶۱۲	۲۴۹	۲۶۲	۲۴۹	۲۳۵	دیر هنگام

در طی دورهٔ رشد صفات فنولوژیک شامل، تعداد روز تا شروع گلـدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تیمارهای آزمایشی ثبت گردید. برداشت در تاریخ کاشت به‌هنگام در چهارم اردیبهشت‌ماه و در تاریخ کاشت دیرهنگام در ۲۲ اردیبهشت‌ماه انجام شد. در زمـان رسیدگی کامل دانه‌ها، اندازه‌گیری ارتفاع ساقه برای سه بوته به صورت تصادفی از وسط هر واحد آزمایشی در سه تکرار انجام شد. پس از حذف اثـر حاشـیه، برداشت بوته‌ها از دو خط میانی هر کرت به مساحت یـک متر مربع انجام شد و صفات عملکرد دانه و اجزای آن، و محتوا و عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

روغن با کمک حلال اتر و با روش سوکسله تعیین شد. عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن حاصل شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد از تجزیهٔ هیت مپ (Heat Map) برای گروه‌بندی و بررسی همزمان متغیرها و جایگاه ارقام در ارتباط با آن‌ها استفاده شد. در این تجزیه گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی در محور عمودی و گروه‌بندی صفات در محور افقی قرار گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها بین تاریخ کاشت و هورمون از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). تأخیر در کشت سبب کاهش ۱۶/۷ درصدی ارتفاع ساقه نسبت به تاریخ کشت به‌هنگام شد (جدول ۴). همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش هشت درصدی ارتفاع ساقه در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد (جدول ۴). تأخیر در کاشت کلزا از یک سو سبب کاهش طول دورهٔ رشد و از سوی دیگر به دلیل افزایش درجه حرارت و همچنین کاهش رطوبت خاک در انتهای فصل رشد، سبب کاهش رشد گیاه شده و در چنین شرایطی فاصلهٔ میانگره‌ها و در نتیجه ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. احتمال می‌رود کاهش ارتفاع بوته در کشت تأخیری ناشی از کاهش تولیدات فتوسنتزی به دلیل کاهش دسترسی به رطوبت خاک باشد، که سبب عدم دستیابی گیاه به توان ژنتیکی خود می‌گردد (Singh *et al.,* 2014). همچنین اثر مثبت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته می‌تواند به دلیل نقش شناخته شدهٔ این هورمون در افزایش سرعت رشد، انتقال و تبادل یون‌ها، افزایش سرعت فعالیت‌های متابولیکی درون سلول، انتقال کربوهیدرات‌ها و فتوسنتز باشد (Khan *et al.,* 2003). ارتفاع بوته در این پژوهش با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۵۱*) نشان داد (جدول ۶). همبستگی مثبت ارتفاع ساقه با عملکرد دانه در مطالعه‌های قبلی نیز گزارش شده است (Ivanovska *et al.,* 2007). بالا بودن ارتفاع ساقه می‌تواند از طریق ذخیره و انتقال مجدد بیشتر مواد فتوسنتزی سبب افزایش و روغن گردد.

تعداد روز تا گلدهی

تعداد روز تا شروع گلدهی تنها تحت اثر تاریخ کاشت، هورمون و رقم قرار گرفت (جدول ۳). تأخیر در کاشت سبب افزایش تعداد روز تا گلدهی از ۶۲/۴ روز در کشت به هنگام به ۶۹/۹ روز در کشت دیرهنگام شد (جدول ۴). بیشترین تعداد روز تا گلدهی مربوط به رقم دیررس هایولا ۵۰ (۷۰/۳ روز)، و کمترین مربوط به رقم زودرس هایولا ۴۸۱۵ (۶۳/۹ روز) بود، در حالی که بین ارقام میان‌رس آگامکس و تراپر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (۶۵ روز) (جدول ۴). کاربرد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

اسید سالیسیلیک سبب کاهش شش درصدی تعداد روز تا گلدهی شد (جدول ۴). بین زمان شروع گلدهی و عملکرد دانه تطابق مناسبی وجود داشت به گونه‌ای که آگامکس، هایولا ۵۰ و تراپر با شروع گلدهی دیرتر دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به هایولا ۴۸۱۵ بودند. در این پژوهش، تأخیر در کاشت سبب افزایش تعداد روز تا شروع گلدهی و به دنبال آن افزایش تعداد روز تا شروع خورجین‌دهی شد و در نهایت به دلیل افزایش طول دورهٔ رویشی گیاه و برخورد دوران رشد زایشی با دماهای بالا منجر به کاهش عملکرد دانه شد. افزایش تعداد روز تا گلدهی در کشت دیرهنگام را می‌توان به کاهش دمای هوا در زمان کاشت و در نتیجه افزایش تعداد روز تا گلدهی و خورجین‌دهی نسبت داد. کاربرد اسید سالیسیلیک سبب تسریع در گلدهی ارقام آگامکس، هایولا ۵۰ و تراپر در مقایسه با رقم هایولا ۴۸۱۵ گردید و از طریق افزایش طول دورهٔ پر شدن دانه سبب کاهش کمتر عملکرد دانه شد. اسید سالیسیلیک یکی از سیگنال‌های قابل انتقال است که برای القای گلدهی در شرایط تنش تولید می‌شود. این هورمون انتقال به دوره گلدهی را با تنظیم ژن‌های کلیدی گلدهی تنظیم می‌کند (Zhao *et al.,* 2021; Shi *et al.,* 2022). همچنین مشخص شده است اسید سالیسیلیک برای فعال شدن مقاومت اکتسابی سیستمیک مورد نیاز بوده و یک سازوکار تنظیمی مشترک با فعال شدن گلدهی دارد (Banday and Nandi, 2015).

تعداد روز تا رسیدگی

تعداد روز تا رسیدگی تحت اثرهای اصلی تاریخ کاشت، هورمون و رقم و برهم‌کنش تاریخ کاشت و هورمون قرار گرفت (جدول ۳). با تأخیر در کاشت، تعداد روز تا رسیدگی به طور معنی‌داری کاهش یافت (نه روز). بیشترین تعداد روز مربوط به رقم دیررس هایولا ۵۰ (۱۵۴ روز) و کمترین آن مربوط به رقم زودرس هایولا ۴۸۱۵ (۱۴۶ روز) بود (جدول ۴). کاربرد اسید سالیسیلیک سبب کاهش تعداد روز تا رسیدگی (سه روز) شد (جدول ۴). برهم‌کنش تاریخ کاشت و هورمون نیز نشان داد بیشترین تعداد روز تا رسیدگی مربوط به تاریخ کاشت دیرهنگام و عدم کاربرد هورمون (۷۵ روز) و کمترین تعداد مربوط به تاریخ کشت به هنگام و کاربرد هورمون (۶۰ روز) بود (داده‌ها نشان داده نشده است). بر اساس نتایج این پژوهش، تأخیر در کاشت و کاربرد هورمون به طور متفاوتی منجر به تغییر تعداد روز تا رسیدگی ارقام و در نهایت کاهش متفاوت عملکرد دانه شد. بنابراین، هرچه تعداد روز تا رسیدگی افزایش یابد، به دلیل برخورد دوران رشد زایشی و پر شدن غلاف‌ها با گرمای آخر فصل، عملکرد دانه نیز کاهش خواهد یافت. دمای مناسب برای رشد کلزا حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، از طرفی در کشت دیرهنگام برخورد مرحله پرشدن غلاف گیاهان با دماهای بالاتر از ۳۰ درجه در فروردین‌ماه، سبب کاهش تعداد روز تا رسیدگی ارقام نسبت به تاریخ کشت به‌هنگام شد، در حالی که تعداد روز تا شروع گلدهی افزایش یافت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

جدول ۳: میانگین مربعات صفات مورفولوژیک و عملکردی ارقام کلزا در در تاریخ‌های مختلف کاشت و محلول‌پاشی هورمون اسید سالیسیلیک

		میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	هدایت روزنه‌ای	شاخص کلروفیل	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	*۲۲۵/۹۸	^{ns}۴/۰۳	^{ns}۴/۴۲	^{ns}۵۲۴/۸	^{ns}۰/۴۰	^{ns}۸۳۶/۲۱	^{ns}۱۱/۴۰	**۰/۳۷	^{ns}۳۵۵۳۵	*۱۵/۸۶	^{ns}۲۲۳۴۰
تاریخ کاشت	۱	**۴۵۲۸/۰۴	**۷۵۲	**۸۶۰	*۱۴۹۴۷۷/۷	*۱۸۴/۳۵	**۳۴۴۴۱/۵۴	*۲۲۲/۶۰	**۱/۶۲	**۷۲۳۴۸۰۴	**۱۰۹/۳۷	**۱۴۵۶۱۹۹
خطای اصلی	۲	۱۲/۰۱	۲/۲۸	۳/۱۱	۲۹۵۵/۷	۹/۱۲	۱۲۷/۴۵	۴/۷۱	۰/۰۰۰۳	۴۱۵۴۳	۰/۹۳	۳۶۹۱
هورمون	۱	**۸۴۷/۳۴	**۲۴۴	**۸۶/۳	**۳۴۰۵۱/۹	*۹/۷۱	**۶۲۴۱/۸۲	** ۴۶/۹۷	^{ns}۰/۵۰	**۳۱۲۵۲۵۱	**۹۷/۷۵	**۷۸۲۸۴۲
تاریخ کاشت × هورمون	۱	^{ns}۹۶/۹۳	^{ns}۴/۷۱	**۲۴/۵	*۴۹۱۱/۹	^{ns}۰/۰۸	^{ns}۶۶/۷۶	^{ns}۳/۱۶	^{ns}۰/۰۱	^{ns}۵۴۷۴۱	^{ns}۲/۵۶	*۳۴۲۶۳
رقم	۳	^{ns}۱۳۴/۷۱	**۹۷/۶	**۱۲۳	^{ns}۱۲۹۸/۶	**۴۰/۲۲	^{ns}۸۲۰/۲۱	**۲۱/۵۰	^{ns}۰/۳۱	**۳۰۹۴۸۹	^{ns}۱۰/۱۷	**۴۸۸۳۰
تاریخ کاشت×رقم	۳	^{ns}۷۳/۶۲	^{ns}۰/۴۷۶	^{ns}۴/۴۱	**۶۵۷۹/۵	**۱۴/۱۴	**۲۷۴۱/۵۹	^{ns}۴/۸۹	^{ns}۰/۱۶	**۱۶۲۴۴۹	^{ns}۳/۷۰	*۲۹۴۵۳
هورمون× رقم	۳	^{ns}۷۵/۰۷	^{ns}۵/۴۱	^{ns}۱/۶۷	**۶۱۴۸/۲	*۶/۴۸	*۱۳۴۰/۷۷	^{ns}۵/۰۶	^{ns}۰/۱۹	**۲۳۷۶۴۷	^{ns}۱۰/۴۵	**۴۳۹۶۹
تاریخ‌کاشت×هورمون× رقم	۳	^{ns}۱۶۲/۳۷	^{ns}۲/۰۱	^{ns}۲/۹۰	*۳۰۱۰/۱۴	*۷/۶۵	* ۱۲۵۹/۹۴	^{ns}۲/۹۹	^{ns}۰/۰۲	**۲۰۷۶۱۹	^{ns} ۲/۹۷	*۲۳۵۵۴
خطای فرعی	۲۷	۹۰/۶۴	۴/۱۰	۱/۹۲	۸۷۲/۷	۲/۰۵	۳۴۳/۸۲	۲/۶۹	۰/۲۲	۳۰۴۷۹	۴/۸۴	۸۰۵۵
ضریب تغییرات (٪)		۸/۶۶	۳/۰۵	۱/۳۸	۱۱/۲۷	۴/۱۲	۸/۲۰	۷/۵۰	۱۱/۰۳	۷/۳۲	۶/۱۹	۱۰/۴۷

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

به عبارتی، طول دورهٔ گلدهی و پرشدن دانه در کشت دیرهنگام (۷۵ روز) در مقایسه با کشت به هنگام (۹۲ روز) کاهش ۱۸ درصدی نشان داد (جدول ۴). کاربرد هورمون در کشت دیرهنگام سبب افزایش بیشتر طول دورهٔ گلدهی و پرشدن دانه در مقایسه با کشت به هنگام شد. رابطهٔ معکوس طول دورهٔ گلدهی با عملکرد دانه در شرایط تنش در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش شده است (Alamsarkar *et al.*, 2007).

جدول ۴: مقایسه میانگین برخی از صفات مورفولوژیک و عملکردی ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت و هورمون اسید سالیسیلیک

صفات/ تیمارها	ارتفاع ساقه	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	درصد روغن
	(سانتی‌متر)	-	-		(گرم)	(درصد)
تاریخ کاشت						
به‌هنگام	۱۱۹ a	۶۲/۴ b	۱۵۴/۵۲ a	۲۴ a	۴/۵ a	۳۷ a
دیر هنگام	۱۰۱ b	۶۹/۹ a	۱۴۵/۶ b	۲۰ b	۴/۱ b	۳۴ b
هورمون						
۰	۱۰۶ b	۶۸/۵ a	۱۵۱/۲ a	۲۰ b	۴/۳ a	۳۴ b
۲۰۰ میکرومولار	۱۱۴ a	۶۴/۲ b	۱۴۸/۲ b	۲۳ a	۴/۱ a	۳۷ a
ارقام						
هایولا ۴۸۱۵	۱۰۷ a	۶۳/۹ c	۱۴۶/۰ c	۲۰ b	۴ a	۳۴ b
آگامکس	۱۱۰ a	۶۵/۶ b	۱۴۹/۶ b	۲۱ ab	۴/۲ a	۳۵ ab
هایولا۵۰	۱۰۷ a	۷۰/۳ a	۱۵۳/۸ a	۲۲ ab	۴/۴ a	۳۶ a
تراپر	۱۱۴ a	۶۵/۴ bc	۱۴۹/۳ b	۲۳ a	۴/۳ a	۳۴ b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

هدایت روزنه‌ای

جدول۵: مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیک و عملکردی ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک

تاریخ کاشت	رقم	هورمون	هدایت روزنه‌ای	شاخص کلروفیل	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه	عملکرد روغن
		میکرومولار	میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه	-	-	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار
به هنگام	هایولا ۴۸۱۵	۰	d۲۷۵/۳	de۳۳/۱	۲۳۰ cd	e-g۲۲۵۸	ef۷۹۰
		۲۰۰	bc۳۲۷	cd۳۴/۵	۲۴۷ bc	cd۲۶۹۳	bc۱۰۲۳
	آگامکس	۰	bc۳۲۹/۳	ab۳۷/۱	۲۷۴ ab	bc۲۸۷۶	cd۹۹۸
		۲۰۰	b۳۳۹/۳	a۳۸/۷	۲۸۵ a	ab۳۱۴۸	a۱۲۸۲
	هایولا۵۰	۰	d۲۵۹/۳	bc۳۶/۲	۲۳۳ cd	ef۲۳۳۶	de۸۵۴
		۲۰۰	a۳۹۷/۶	ab ۳۸/۳	۲۹۵ a	a۳۳۰۳	a۱۲۸۸
	تراپر	۰	d۲۶۵/۳	a۳۹/۱	۲۲۶ cd	de۲۵۱۶	c-e ۸۹۰
		۲۰۰	ab۳۶۲/۴	ab ۳۷/۹	۲۳۶ cd	ab۳۱۷۸	ab۱۱۸۷
دیر هنگام	هایولا ۴۸۱۵	۰	de۲۵۱/۷	d-f۲۳/۳	۲۰۸ de	h-g۱۹۸۹	fg۶۶۹
		۲۰۰	ef۲۰۹	g۲۹/۷	۱۸۱ ef	i-k۱۷۸۲	gh۵۹۰
	آگامکس	۰	g۱۵۱/۷	fg۳۰/۷	۱۷۵ f	k۱۵۷۰	h۴۸۰
		۲۰۰	fg۱۹۲/۳	e-g۳۲/۱	۲۱۰ de	ef۲۳۳۶	e۸۳۴
	هایولا۵۰	۰	fg۱۶۲/۶	c-e۳۴/۱	۱۸۱ ef	jk۱۶۸۱	gh۵۷۵
		۲۰۰	ef۲۰۶/۳	ab۳۷/۳	۲۰۷ de	f-h۲۱۵۵	ef۸۱۱
	تراپر	۰	fg۱۹۴	d-f۳۳/۱	۱۹۱ ef	h-j۱۸۸۱	gh۶۱۵
		۲۰۰	cd۲۸۵/۸	cd۳۴/۲	۲۳۹ c	cd۲۶۳۷	c-e۹۲۱

*میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت در هر ستون، تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

بجز اثر رقم سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش بین آن‌ها از نظر هدایت روزنه‌ای تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). کاشت به هنگام بیش‌ترین و تنش گرمایی ناشی از کاشت دیر هنگام کم‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص دادند، به طوری‌که میزان هدایت روزنه‌ای در ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر در کشت دیرهنگام، به ترتیب به میزان ۲۳، ۴۸، ۴۳ و ۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). واکنش ارقام مورد مطالعه به دمای بالا بر روی هدایت روزنه‌ای متفاوت بود. تنوع ژنتیکی در واکنش هدایت روزنه‌ای ارقام به تنش خشکی در مطالعه‌های پیشین گزارش شده است و هدایت روزنه‌ای یکی از شاخص‌هایی است که در شرایط تنش برای ارزیابی تفاوت‌های ژنوتیپی استفاده می‌شود (Rahnama *et al.,* 2010). دماهای بالا سبب انسداد روزنه‌ها به منظور حفظ و نگهداری آب و کاهش تعرق و به حداقل رساندن تلفات آب می‌گردد (Hao *et al.,* 2019). تنظیم هدررفت آب از طریق انسداد روزنه‌ها، به‌عنوان یک سازوکار تحمل به تنش محسوب می‌شود (Rahnama *et al.,* 2010). به طور کلی، افزایش دمای محیط منجر به کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای می‌شود (Haba *et al.,* 2014). محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش هدایت روزنه‌ای هر دو تاریخ کاشت به هنگام و دیرهنگام شد. در کشت به هنگام این افزایش در ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر به ترتیب به میزان ۱۹، ۳، ۵۳ و ۳۷ بود، در حالی که در کشت دیرهنگام در ارقام آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر به ترتیب برابر با ۲۷، ۲۷ و ۴۶ درصد بود، ولی در رقم هایولا ۴۸۱۵ به میزان ۱۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵). به تازگی نیز گزارش شده است اسید سالیسیلیک با کنترل فتوسنتز از طریق تعدیل فعالیت آنزیم رابیسکو و افزایش هدایت روزنه‌ای به کاهش اثرهای تنش کمک می‌کند (Ilyas *et al.,* 2024). در تاریخ کاشت دیرهنگام، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه ($r = ۰/۵۸^{**}$) بر اهمیت تبادلات گازی در بهبود عملکرد در شرایط تنش دلالت دارد (جدول ۶).

جدول۶: ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی ارقام کلزا

صفات	ارتفاع ساقه	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	هدایت روزنه‌ای	شاخص کلروفیل	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی
ارتفاع ساقه	۱										
تعداد خورجین در بوته	*۰/۵۱	۱									
تعداد دانه در خورجین	^{ns}۰/۲۶	^{ns}۰/۱۸	۱								
وزن هزار دانه	*۰/۳۹	^{ns}-۰/۰۰۱	^{ns}۰/۳۲	۱							
عملکرد دانه	*۰/۵۱	**۰/۶۹	^{ns}۰/۱۸	^{ns}۰/۲۷	۱						
درصد روغن	^{ns}-۰/۱۲	^{ns}۰/۰۶	^{ns}۰/۲۱	**۰/۵۴	^{ns}۰/۳۴	۱					
عملکرد روغن	*۰/۴۵	**۰/۵۶	^{ns}۰/۲۳	*۰/۴۱	**۰/۹۳	**۰/۶۵	۱				
هدایت روزنه ای	^{ns}-۰/۰۱	**۰/۵۵	^{ns}-۰/۰۸	^{ns}-۰/۱۹	**۰/۵۸	^{ns}۰/۰۴	*۰/۴۶	۱			
شاخص کلروفیل	^{ns}۰/۰۶	^{ns}۰/۱۹	*۰/۴۵	**۰/۵۶	^{ns}۰/۳۳	*۰/۴۵	*۰/۴۳	^{ns}۰/۰۵	۱		
تعداد روز تا گلدهی	*-۰/۴۰	^{ns}۰/۰۱	^{ns}-۰/۳۲	^{ns}-۰/۰۳	^{ns}-۰/۲۹	^{ns}-۰/۲۹	^{ns}-۰/۳۳	^{ns}-۰/۳۷	^{ns}۰/۱۱	۱	
تعداد روز تا رسیدگی	^{ns}-۰/۳۵	^{ns}-۰/۰۵	^{ns}-۰/۲۹	^{ns}-۰/۱۴	^{ns}-۰/۲۲	^{ns}-۰/۳۵	^{ns}-۰/۳۰	^{ns}-۰/۳۸	^{ns}۰/۲۱	**۰/۹۳	۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

شاخص کلروفیل

بجز برهم‌کنش تاریخ کاشت و هورمون، کلیه اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها از نظر شاخص کلروفیل تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). میزان شاخص کلروفیل به طور متفاوتی در ارقام مختلف در تاریخ کشت دیرهنگام کاهش یافت به گونه‌ای که، مقادیر این کاهش در ارقام هایولا۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر به ترتیب برابر ۸، ۱۷، ۴ و ۱۴ درصد، نسبت به تاریخ کشت به‌هنگام بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در شرایط تنش شدید گرما، مقادیر کلروفیل به دلیل پراکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست و غشاهای تیلاکوئیدی دچار تجزیه شود و کاهش یابد، همچنان که نتایج مشابهی در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است (Mohammed and Tarpley, 2010). در هر دو تاریخ کاشت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به طور متفاوتی سبب افزایش شاخص کلروفیل ارقام گردید(جدول ۵). افزایش شاخص کلروفیل در نتیجه محلول‌پاشی با هورمون اسید سالیسیلیک در کلزا تحت تنش شوری (Ilyas *et al.,* 2024) نیز گزارش شده است.

تعداد خورجین در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس بجز اثر اصلی رقم، و برهم‌کنش تاریخ کشت و هورمون، سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش از نظر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم هایولا۵۰ و آگامکس در تاریخ کشت به هنگام همراه با محلول-پاشی هورمون بیشترین تعداد خورجین در بوته (به ترتیب ۲۹۵ و ۲۸۵ عدد) و رقم آگامکس در تاریخ کشت دیرهنگام و بدون محلول‌پاشی کمترین مقدار (۱۷۵ عدد) را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). به طور کلی کشت دیرهنگام سبب کاهش تعداد خورجین در بوته همه ارقام نسبت به تاریخ کشت اول شد. کشت دیرهنگام از طریق کوتاه شدن طول دوره رشد به‌ویژه طول دوران گلدهی و پر شدن دانه سبب کاهش تعداد گل و خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و طول خورجین شده و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد (Khayat *et al.,* 2016). در مطالعات گذشته کاهش تعداد خورجین در کشت دیرهنگام ژنوتیپ‌های کلزا به عنوان یکی از اجزای مؤثر بر کاهش عملکرد دانه نیز گزارش شده است (ثمرزاده وژده‌فر و همکاران، ۱۴۰۰). در کشت دیرهنگام وجود همبستگی بالا بین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه (r=۰/۶۹**) بر اهمیت این جزء عملکرد در تعیین عملکرد دانه تأکید دارد (جدول ۶). در تاریخ کشت به هنگام و دیرهنگام محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۱۱ و ۱۰ درصدی تعداد خورجین در بوته در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد. منطبق با نتایج این پژوهش، در پژوهشی مشخص شد که اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش تعداد خورجین و دانه در گیاه کلزا شد (Keshavarz and Modarres-Sanavy, 2016). مشخص شده است که یک سوم وزن دانه از طریق فتوسنتز خورجین‌های کلزا تأمین می‌گردد به گونه‌ای که بین تعداد دانه در خورجین و مساحت دیواره‌های خورجین نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (Srinivasan and Morgan, 1996). بنابراین به نظر می-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

رسد تعداد بیشتر خورجین در بوته از طریق افزایش سطح فتوسنتزی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه و در نهایت عملکرد روغن به دنبال داشته باشد.

تعداد دانه در خورجین

تنها اثرهای اصلی تاریخ کاشت، هورمون و رقم از نظر تعداد دانه در خورجین تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). تأخیر در کشت سبب کاهش ۱۸/۶ درصدی تعداد دانه در خورجین نسبت به تاریخ کشت به‌هنگام شد، به طوری که بیشترین تعداد دانه در خورجین (۲۴ عدد) متعلق به تاریخ کشت به‌هنگام و کمترین آن (۲۰ عدد) به تاریخ کشت دیرهنگام اختصاص یافت (جدول ۴). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک سبب افزایش تعداد دانه در خورجین شد، به گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه در خورجین در تیمار محلول‌پاشی (۲۳ عدد) و کمترین مقدار در تیمار عدم محلول‌پاشی (۲۰ عدد) حاصل شد (جدول ۴). به عبارتی کاربرد این تنظیم کننده رشد گیاهی سبب افزایش ۱۱ درصدی تعداد دانه در خورجین نسبت به عدم کاربرد آن شد. رقم تراپر بیشترین (۲۳ عدد) و رقم هایولا ۴۸۱۵ و آگامکس کمترین (به ترتیب ۲۰ و ۲۱ عدد) تعداد دانه در خورجین را داشتند (جدول ۴). نتایج سایر مطالعه‌ها بر افزایش تعداد دانه در خورجین کلزا در هر دو شرایط تنش و شرایط غیر تنش از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک و کود ریزمغذی تأیید شده است (میر و همکاران، ۱۳۹۹).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها بین تاریخ کاشت از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که، کشت به هنگام بیشترین (۴/۵ گرم) و کشت دیرهنگام کمترین (با میانگین ۴/۱ گرم) وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). به عبارتی وزن هزار دانه در کشت تأخیری به میزان نه درصد در مقایسه با کشت به هنگام کاهش یافت. در این پژوهش نیز طول دورهٔ رشد در کاشت دیرهنگام حدود هشت روز در مقایسه با تاریخ کاشت به هنگام کوتاه‌تر بود و دلیل کاهش وزن هزار دانه در کاشت دیرهنگام را می‌توان به هم‌زمانی دورهٔ پر شدن دانه با دماهای بالا در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت‌ماه و کاهش دورهٔ پر شدن دانه‌ها و در نتیجه چروکیده شدن و کاهش وزن دانه‌ها نسبت داد. مشخص شده است که در کشت دیر هنگام کلزا، به دلیل از دست رفتن زمان مناسب برای رشد، گیاه قادر نخواهد بود که به توان تولیدی خود دست یابد، بنابراین طول دورهٔ رشد، و وزن و عملکرد دانه کلزا کاهش می‌یابد (Pokharel *et al.*, 2021).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بجز برهم‌کنش تاریخ کاشت و هورمون، کلیه اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها از نظر آماری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم هایولا۵۰ در کشت به هنگام و محلول-پاشی هورمون (۳۳۰۳ کیلوگرم در هکتار) بود، در مقابل کمترین میزان عملکرد دانه در رقم آگامکس در تاریخ کشت دیر هنگام و بدون محلول‌پاشی (۱۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۵). مقادیر کاهش عملکرد در بین ارقام و هر دو تاریخ کاشت متفاوت بود به گونه‌ای که در کاشت به‌هنگام با توجه به مواجه شدن دوره پر شدن دانه با میانگین دمای ۲۶-۳۲ درجه سانتی‌گراد در اسفند و فروردین‌ماه و در کشت دیرهنگام با میانگین دمای ۳۸-۳۲ درجه سانتی‌گراد در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه، تنش گرمای ناشی از کاشت دیرهنگام منجر به کاهش ۱۲، ۴۵، ۲۹ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه به ترتیب در ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر شد (جدول ۵). بنابراین به ازای هر روز تأخیر در تاریخ کاشت مقادیر کاهش برای ارقام به ترتیب برابر با ۰/۴، ۱/۵، ۰/۹۷ و ۰/۸۰ درصد بود. از سوی دیگر مجموع واحدهای حرارتی دریافت شده برای هر چهار رقم در تاریخ کاشت دیر هنگام (۲۲۵۱ واحد) به مراتب بیشتر از کاشت به هنگام (۲۲۱۵ واحد) بود، به عبارتی در کاشت دیرهنگام علیرغم تأخیر در کاشت و کوتاه شدن طول دورهٔ رشد (هشت روز)، عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت اثر گرمای آخر فصل قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد دانه در کاشت دیرهنگام به دلیل تأخیر در کاشت و افزایش دمای هوا و کاهش طول دورهٔ رشد گیاه باعث مواجه شدن دوران گرده‌افشانی و پر شدن دانه با دماهای بالای هوا در اوایل فروردین تا اوایل اردیبهشت ماه شد و در نتیجه منجر به کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه شد، که با نتایج سایر محققان بر روی گیاه آفتابگردان (شیخ ممو و همکاران، ۱۴۰۲) و گلرنگ (Rahnama *et al.,* 2024) هم خوانی داشت. مشخص شده است که تنش گرمایی سبب تسریع رشد (Rahnama *et al.,* 2024)، پیری برگ و فتوسنتز (Prasad *et al.*, 2011) می‌گردد و در نهایت بر عملکرد کمی و کیفی اثر می‌گذارد. نتایج این پژوهش نیز تأیید می‌کند که دمای بالا به طور قابل‌توجهی بر نمو بذر و مدت زمان پر شدن دانه اثر گذاشته و در نهایت عملکرد دانه را کاهش داده است. در مطالعه‌های قبلی نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Rashid *et al.,* 2017). همچنین عملکرد بالاتر هر چهار رقم کلزا در تاریخ کاشت به هنگام را می‌توان به میزان بیشتر دسترسی به آب در کل دورهٔ رشد محصول از طریق بارندگی (۲۲۲ میلی‌متر) و زمان گلدهی زودتر (هشت روز) و همچنین طولانی‌تر شدن دورهٔ پر شدن دانه (سه روز) در مقایسه با تاریخ کاشت دیرهنگام نسبت داد (جدول‌های ۱ و ۴)، که باعث افزایش تنش گرما در مراحل گلدهی و پر شدن دانه شده بود. در واقع، تاریخ کاشت دیرهنگام باعث افزایش مواجه گیاه با میانگین دمای روزانه بالاتر در هر دو مرحله رویشی و زایشی شد (جدول ۱). محلول‌پاشی هورمون در هر دو تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر بهبود عملکرد دانه ارقام داشت، به طوری‌که عملکرد دانه در ارقام آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر در شرایط کشت دیرهنگام با کاربرد هورمون به ترتیب ۵۲، ۳۳ و ۳۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد هورمون افزایش یافت، در حالی که در رقم هایولا ۴۸۱۵ با کاهش۱۰

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

درصدی مواجه شد (جدول ۵). افزایش عملکرد دانه ممکن است به افزایش اجزای عملکرد و افزایش جابجایی مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به بخش‌های زایشی در نتیجهٔ کاربرد اسیدسالیسیلیک مربوط باشد؛ همچنین اسیدسالیسیلیک از طریق انتقال بیشتر مواد پرورده از منبع به مخزن سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد می‌شود (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳). عملکرد دانه با تعداد خورجین در بوته (r=۰/۶۹**)، همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). گفته می‌شود مصرف اسید سالیسیلیک در کشت دیرهنگام تاحدودی کاهش عملکرد دانه را جبران می‌کند که این امر بسته به ژنوتیپ و غلظت هورمون بستگی دارد.

درصد روغن

بین اثرهای اصلی تاریخ کاشت و هورمون از نظر درصد روغن تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). تنش گرمای ناشی از کاشت دیرهنگام باعث کاهش سه درصدی روغن شد(جدول ۴). غلظت ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، نیز باعث افزایش سه درصدی روغن در مقایسه با شرایط عدم کاربرد هورمون شد (جدول ۴). درصد روغن دانه درکاشت دیرهنگام، به دلیل کاهش طول دورهٔ رشد و افزایش دما در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. محققان به کاهش کربوهیدرات‌های قابل دسترس در شرایط تنش جهت ساختن روغن اشاره کرده‌اند (Awasthi *et al.,* 2014). همچنین مشخص شده که تأخیر درکاشت گیاه گلرنگ از طریق کاهش توان تولید گیاه و اختلال در سنتز تولید روغن، سبب کاهش درصد روغن گردیده است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). انباشت روغن درون دانه‌ها با سنتز اسیدهای چرب در پلاستیدها همراه است، در این فرآیند آنزیم‌های کلیدی زیادی نقش دارند، که آنزیم استیل کوآکربوکسیلاز یکی از این آنزیم‌ها می‌باشد، گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک برای فعالیت این آنزیم ضروری می‌باشد (Li *et al.,* 2017).

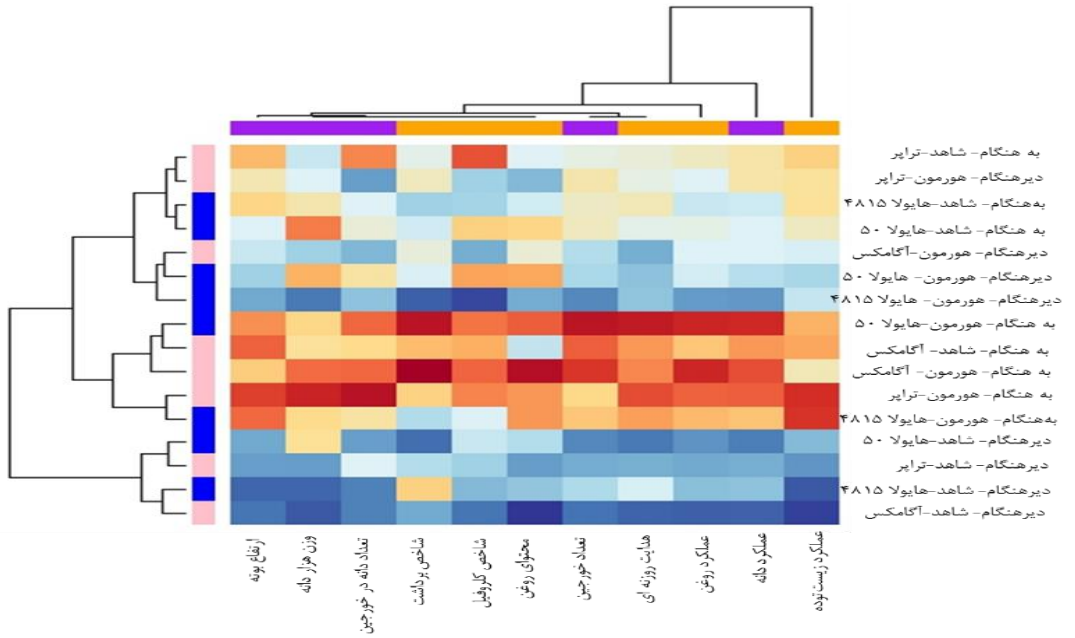
عملکرد روغن

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بین اثر تاریخ کاشت، رقم، هورمون، و کلیه برهم‌کنش‌ها از نظر عملکرد روغن تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). منطبق با نتایج عملکرد دانه بیشترین عملکرد روغن ارقام در کاشت به هنگام مشاهده شد و با تأخیر در کشت از یک سو به دلیل کوتاه شدن طول دورهٔ رشد و پر شدن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه، و از سوی دیگر عدم فراهمی فرصت لازم برای سنتز و تجمع روغن در دانه، عملکرد روغن به میزان ۳۴ درصد در مقایسه با کاشت به هنگام کاهش یافت، بیشترین عملکرد روغن مربوط به رقم آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر و کمترین مقدار آن مربوط به رقم هایولا ۴۸۱۵ بود (جدول ۵). تفاوت ژنتیکی بین ارقام از نظر عملکرد روغن در واکنش به تنش گرمای انتهای فصل ناشی از کشت دیرهنگام در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش شده است (شیخ ممو و همکاران، ۱۴۰۲؛ Rahnama *et al.,* 2024). کاشت دیرهنگام به ترتیب منجر به کاهش ۳۰، ۴۲، ۳۵ و ۲۹ درصدی عملکرد روغن

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر در مقایسه با کاشت به هنگام شد (جدول ۵). در مطالعه‌های قبلی نیز کاهش عملکرد روغن در واکنش به تاریخ کاشت گزارش شده است (شیخ ممو و همکاران، ۱۴۰۲ ,*Rahnama et al.*, 2024;). در این پژوهش، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد روغن شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد روغن (۱۲۸۸ و ۱۲۸۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم هایولا۵۰ و آگامکس تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و درکشت به هنگام و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم آگامکس و هایولا ۵۰ بدون محلول‌پاشی و در کشت دیرهنگام (۴۸۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). عملکرد روغن به دو عامل عملکرد دانه و درصد روغن بستگی دارد. بنابراین علاوه بر مهم بودن عوامل ژنتیکی، هرچه طول دورهٔ پرشدن دانه تا رسیدگی زیادتر باشد زمان بیشتری برای سنتز روغن فراهم می‌شود، درنتیجه این امر منجر به افزایش عملکرد روغن می‌شود (خواجوی و همکاران، ۱۴۰۱). کاربرد اسیدسالیسیلیک بر روی ارقام هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر نیز به ترتیب سبب افزایش ۹، ۵۱، ۴۶ و ۳۴ درصدی عملکرد روغن نسبت به عدم کاربرد آن شد. افزایش عملکرد روغن را می‌توان به توان افزایش عملکرد دانه با کاربرد اسید سالیسیلیک ارتباط داد. بر همین اساس، بالا بودن عملکرد روغن در رقم هایولا ۵۰ را می‌توان به پتانسیل بالای این رقم در عملکرد دانه نسبت داد. اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش محتوای آب، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، محتوای کلروفیل و یکپارچگی غشاها منجر به افزایش عملکرد دانه و در نهایت عملکرد روغن شد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2019). اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر عملکرد روغن آفتابگردان در مطالعه‌های گذشته نیز نشان داده شده است (سیبی و همکاران، ۱۳۹۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد روغن با عملکرد دانه (r = ۰/۹۲**) و درصد روغن (r = ۰/۶۵**) بر اهمیت عملکرد دانه و درصد روغن در افزایش عملکرد روغن دلالت دارد (جدول ۶). نتایج تجزیهٔ هیت مپ نشان داد که مقادیر صفات همهٔ ارقام در تاریخ کاشت دیرهنگام و بدون کاربرد هورمون دارای پایین‌ترین مقدار بود، در حالی که مقادیر برای همهٔ ارقام در کاشت به هنگام و کاربرد هورمون و همچنین برای رقم آگامس بدون کاربرد هورمون دارای بالاترین مقادیر بود (شکل ۱). نقشهٔ هیت مپ سه گروه اصلی ارقام را نشان داد. گروه اول (هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر در کاشت دیرهنگام و بدون هورمون) که در غالب صفات نسبت به کاشت به هنگام و محلول‌پاشی هورمون دارای پایین‌ترین مقادیر بودند. گروه دوم (هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا ۵۰ و تراپر در کاشت به هنگام و کاربرد هورمون و آگامکس در کاشت به هنگام و بدون هورمون) که در غالب صفات با بالاترین مقادیر مشخص شدند. گروه سوم (هایولا ۴۸۱۵، آگامکس، هایولا۵۰ و تراپر در کاشت دیرهنگام و کاربرد هورمون و هایولا ۴۸۱۵، هایولا۵۰ و تراپردر کشت به هنگام و بدون هورمون) با مقادیر متوسط عملکرد دانه و روغن، ارتفاع بوته، و تغییرات متفاوت در سایر صفات مشخص شدند (شکل ۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]



شکل ۱: تجزیهٔ هیت مپ و دندروگرام صفات فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و عملکردی ارقام کلزا

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نتایج نشان داد تنش گرمای آخر فصل در کشت دیرهنگام اثر نامطلوبی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکردی کلزا داشت و تأخیر در کاشت به دلیل برخورد دوران زایشی و پرشدن دانه با دماهای بالا، عملکرد دانه و روغن، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای را کاهش داد. همچنین تنش گرمای آخر فصل اثر متفاوتی بر ارقام کلزای مورد مطالعه داشت، به طوری‌که دو رقم آگامکس و تراپر، با توجه به انطباق با شرایط محیطی منطقه مورد آزمایش، از توان تولید بالاتری نسبت به ارقام دیگر برخوردار بودند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت۲۰۰ میکرومولار در کشت دیرهنگام سبب بهبود عمده صفات گردید. با توجه به نتایج به دست آمده رقم آگامکس و تراپر در زمان وقوع تنش گرمای آخر فصل، توانستند عملکرد بالای خود را تا حدود زیادی حفظ نمایند. لذا به نظر می‌رسد که این دو رقم برای کشت در هر دو تاریخ کاشت در شرایط اهواز قابل توصیه باشند. در مجموع محلول‌پاشی اسیدسالیسلیک تا حدودی توانست اثرهای نامطلوب تنش گرمای آخر فصل بر صفات عملکردی ارقام کلزا را برطرف نماید و منجر به بهبود عملکرد دانه و روغن گردد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله نویسندگان از حمایت‌های معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به شماره پژوهانه SCU.AA1402.96 سپاسگزاری می‌نمایند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

منابع

ثمرزاده وژده‌فر، ت.، پاک‌نژاد، ف.، شیرانی‌راد، ا. ح.، اویسی، م. و وزان، س. ۱۴۰۰. ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) در پاسخ به تاریخ و فصل کشت در منطقه کرج. علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۲ (۲): ۱۸۴-۱۷۳.

خواجوی، م.، راهنماقهفرخی، ا.، مسکرباشی، م.، موسوی، س. ا. و هریسون، متیو. ۱۴۰۱. اثر هورمون سیتوکینین بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) در شرایط تنش گرمای آخر فصل. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴(۵۶): ۶۳-۷۸.

سیبی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م. و یعقوبی، س. ح. ا. ۱۳۹۳. اثر تنش کمبود آب و مصرف اسید سالیسیلیک بر عملکرد روغن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuss L.*). گیاهان زراعی ایران. ۴۵ (۱): ۱۴-۱.

شیخ ممو، ب.، راهنما، ا.، و حسیبی، پ. ۱۴۰۲. تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکردی ارقام امیدبخش آفتابگردان در شرایط آب و هوایی اهواز. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۶(۳): ۸۵۱-۸۳۵.

صالحی، ف.، راهنما قهفرخی، ا.، مسکرباشی، م. و مهدی‌خانلو، خ. ۱۳۹۸. اثر تنش گرمای آخر فصل بر برخی صفات زراعی, فیزیولوژیک و عملکرد روغن ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) در شرایط آب و هوایی اهواز. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۷(۳): ۵۰۲-۴۹۱.

کشاورز، ح.، مدرس ثانوی، س. ع. م. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا. تولید گیاهان زراعی. ۷ (۴): ۱۷۸-۱۶۱.

میر، ی.، دانشور، م. و اسماعیلی،ا. ۱۳۹۹. بررسی امکان کاهش خسارت کمی و کیفی کلزا رقم نپتون در شرایط کم‌آبی با کاربرد محلولپاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲(۳): ۸۱-۶۵.

Alamsarkar, M.N., Salim, M., Islam, N., and Rahman, M. 2007. Effect of sowing date and time of harvesting on the yield and yield contributing characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed. International Journal of Sustainable Crop Production, 2(26): 31-35.

Awasthi, R., Kaushal, N., Vadez, V., Turner, N.C., Berger, J., Siddique, K.H., and Nayyar, H., 2014. Individual and combined effects of transient drought and heat stress on carbon assimilation and seed filling in chickpea. Functional Plant Biology, 41(11): 1148-1167.

Banday, Z.Z., and Nandi, A.K. 2015. Interconnection between flowering time control and activation of systemic acquired resistance. Frontiers in Plant Science, 6: 174.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Chakrabarti, N., and Mukherjee, S. 2003. Effects of phytohormones pretreatment of nitrogen metabolism in *Vigna radiataunder* salt stress. Biologia Plantarum, 36: 63-66.

Clarke, S.M., Cristescu, S.M., Miersch, O., Harren, F. J., Wasternack, C., and Mur, L.A. 2009. Jasmonates act with salicylic acid to confer basal thermotolerance in *Arabidopsis thaliana*. New Phytologist, 182: 175- 87.

FAOSTAT. 2023. Crops and livestock products. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Ghassemi-Golezani, K., Bilasvar, H.M., and Mohammadinasab, A.D. 2019. Improving rapeseed (*Brassica napus* L.) plant performance by exogenous salicylic acid and putrescine under gradual water deficit. Acta Physiologia Plantarum, 41: 1-8.

Haba, P. D., Mata, D.L., Molina, E. and Agüera, E. 2014. High temperature promotes early senescence in primary leaves of sunflower (*Helianthus annus* L.) plants. Canadian Journal of Plant Science, 94(4): 659-669.

Hao, L., Guo, L., Li, R., Cheng, Y., Huang, L., Zhou, H. and Zheng, Y. 2019. Responses of photosynthesis to high temperature stress associated with changes in leaf structure and biochemistry of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Scientia Horticulturae, 246(2): 251-264.

Harrison, M.T. 2021. Climate change benefits negated by extreme heat. Nature Food, 2(11): 855-856.

Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 1-14.

Ilyas, M., Maqsood, M.F., Shahbaz, M., Zulfiqar, U., Ahmad, K., Naz, N., Fraz Ali, M., Ahmad, M., Ali, Q., Hong Yong, J. W., and Ali, H.M. 2024. Alleviating salinity stress in canola (*Brassica napus L.*) through exogenous application of salicylic acid. BMC Plant Biology, 24(1): 611.

IPCC. 2014. Climate Change 2014-Impacts, adaptation, and vulnerability: Regional Aspects. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 688.

Ivanovska, S., Stojkovski, C., Dimov, Z., Marjanovic-Jeromela, A., Jankulovska, M., and Jankuloski, L. 2007. Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Genetika, 39(3): 325-332.

Kaleem, S., Hassan, F. U., and Saleem, A. 2009. Influence of environmental variations on physiological attributes of sunflower. African Journal of Biotechnolog, 8: 3531-3539.

Keshavarz, H., and ModarresSanavy, S.A.M. 2016. How salicylic acid modulate photosynthetic pigments, yield, and yield components of canola plant. Journal of Genetic Resources, 2(1): 1-9.

Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiology, 160: 485-492.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Khayat, M., Rahnama, A., Lorzadeh, S., and Lack, S. 2016. Physiological indices, phenological characteristics, and trait evaluation of canola genotypes response to different planting dates. In Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 88:153-163.

Lesjak, J., and Calderini, D.F. 2017. Increased night temperature negatively affects grain yield, biomass, and grain number in Chilean quinoa. Frontiers in Plant Science, 8: 352.

Li, Q. T., Lu, X., Song, Q.X., Chen, H.W., Wei, W., Tao, J.J., and Bi, Y.D. 2017. Selection for a zinc-finger protein contributes to seed oil increase during soybean domestication. Plant Physiology, 173: 2208-2224.

Liu, K., Harrison, M.T., Ibrahim, A., Manik, S.N., Johnson, P., Tian, X., and Zhou, M. 2020. Genetic factors increasing barley grain yields under soil waterlogging. Food and Energy Security, 9(4): e238.

McMaster, G.S., and Wilhelm, W.W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology, 87(4): 291-300.

Mohammed, A. R., and Tarpley, L. 2010. Effects of high night temperature and spikelet position on yield-related parameters of rice (*Oryza sativa* L.) plants. European Journal of Agronomy, 33: 117-123.

Pokharel, M., Stamm, M., Hein, N.T., and Jagadish, K.S. 2021. Heat stress affects floral morphology, silique set and seed quality in chamber and field grown winter canola. Journal of Agronomy and Crop Science, 207(3): 465-480.

Prasad, P.V. V., Pisipati, S. R., Momčilović, I., and Ristic, Z. 2011. Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(6): 430-441.

Prasad, P.V., Bheemanahalli, R., and Jagadish, S.V. 2017. Field crops and the fear of heat stress-opportunities, challenges and future directions. Field Crops Research, 200: 114-121.

Rahnama, A., James, R. A., Poustini, K., and Munns, R. 2010. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. Functional Plant Biology, 37(3): 255-263.

Rahnama, A., Salehi, F., Meskarbashee, M., Mehdi Khanlou, K., Ghorbanpour, M., and Harrison, M.T. 2024. High temperature perturbs physicochemical parameters and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). BMC Plant Biology, 24: 1080.

Shi, M., Wang, C., Wang, P., Zhang, M., and Liao, W. 2022. Methylation in DNA, histone, and RNA during flowering under stress condition: A review. Plant Science, 324: 111431.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Singh, M., Rathore, S. S., and Raja, P. 2014. Physiological and stress studies of different rapeseed-mustard genotypes under terminal heat stress. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 5: 133-42.

Srinivasan, A., and Morgan, D. G. 1996. Growth and development of pod wall in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) as related to the presence of seeds and exogenous phytohormones. Journal of Agricultural Science, 127: 487-500.

Xiao, Z., Pan, Y., Wang, C., Li, X., Lu, Y., Tian, Z., Kuang, L., Wang, X., Dun, X., and Wang, H. 2022. Multi-Functional Development and Utilization of Rapeseed: Comprehensive Analysis of the Nutritional Value of Rapeseed Sprouts. Foods, 11: 778.

Young, L.W., Wilen, R.W., and Bonham-Smith, P.C. 2004. High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro and megagametophyte, fertility, induces fruit abortion and disrupts seed production. Journal of Experimental Botany, 55: 485-95.

Zhao, Y., Zhang, Q., Li, J., Yan, X., He, H., Gao, X., and Jia, G. 2021. High temperature in the root zone repressed flowering in *Lilium formolongi* by disturbing the photoperiodic pathway and reconfiguring hormones and primary metabolism. Environmental and Experimental Botany, 192: 104644.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

Phenological, morpho-physiological, and yield responses of canola (*Brassica napus* L.) cultivars to salicylic acid foliar application under terminal heat stress

M. Dinarvandi[1], A. Rahnama[2]*, M. Meskarbashee[3] and P. Zoufan[4]

1, 2 & 3) Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4) Department of Biology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

***Corresponding author: a.rahnama@scu.ac.ir**

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2024.09.10 **Accepted date: 2024.12.16**

Abstract

Heat stress due to high ambient temperatures is a serious threat to crop production and productivity. To investigate the effect of salicylic acid foliar application on some phenological, morpho-physiological, and yield attributes of canola cultivars in two sowing dates, a field experiment carried out in a split plot factorial in randomized complete block design with three replications at Shahid Chamran University of Ahvaz in 2023-2024 growing season. Main plots consisted of two sowing dates; November 11, and December 11 (Normal and late sowing dates, respectively), and sub plot consisted of factorial arrangement of different concentrations of salicylic acid foliar application (0, and 200 µM), and canola cultivars (Hyola 4815, Agamax, Hyola50, and Trapper). The interaction between sowing date, hormone foliar application, and cultivars significantly affected the number of pods per plant, seed yield, oil yield, stomatal conductance, and chlorophyll index. Heat stress in late sowing date caused a significant decrease in all traits, but salicylic acid enhanced traits in both sowing dates. Late sowing caused a 28% reduction in seed yield. In late sowing date, foliar application of salicylic acid enhanced seed yield by 4, 29, 35, and 28%, in Hyola 4815, Agamax, Hyola50, and Trapper cultivars respectively, when compared to salicylic acid-deficient plants. Agamax, Trapper, and Hayola 50 along with 200 µM salicylic acid foliar application showed the highest seed and oil yield in both sowing dates. Overall, salicylic acid foliar application mitigated the negative effects of heat stress by improving morpho-physiological traits and seed and oil yields.

Key words: Chlorophyll, Oil yield, Seed yield, Sowing date and Stomatal conductance.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]