دانشگاه صنعتی اصفهان
مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
تاریخ : ۱۴۰۰/۳/۲۶
شماره: ۱۰/۳۶۵۷/۱

**جناب آقای دکتر مرتضی گلدانی**

**دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد**

احتراماً با نهایت مسرت به استحضار می رساند مقاله جنابعالی و همکاران با عنوان:

**" تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک در کاهش اثر تنش سرمای ناشی از کاشت تأخیری در در ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.)"**

نویسندگان: کوروش اسکندری زنجانی، مرتضی گلدانی، احمد نظامی، امیرحسین شیرانی‌راد و فرید شکاری

پذیرفته شده و در مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی به چاپ خواهد رسید.

**با تشکر**

**پرویز احسان‌زاده**

**سردبیر مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی**

# تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک در کاهش اثر تنش سرمای ناشی از کاشت تأخیری در ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.)

کوروش اسکندری زنجانی[۱]، مرتضی گلدانی[۲*]، احمد نظامی[۳]، امیرحسین شیرانی‌راد[۴] و فرید شکاری[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۶)

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات تنش سرمای ناشی از کاشت تأخیری در ژنوتیپ‌های کلزا، این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل برهم‌کنش تاریخ کاشت (۲۰ شهریور و ۱۵ مهر) و اسید سالیسیلیک (شاهد (محلولپاشی با آب مقطر)، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار) به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ (کرج-۳، اکاپای، زرفام و L۱۴) به‌عنوان عامل فرعی، بودند. اثر تاریخ کاشت×محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر درصد بقای زمستانه، عملکرد دانه و اجزای آن، شاخص برداشت و زیست‌توده معنی‌دار بود. با تأخیر در کاشت درصد بقای زمستانه همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت اما شدت کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. همچنین مشخص شد که کاهش درصد بقا در اثر تأخیر در کاشت، تا حدودی با کاربرد اسید سالیسیلیک قابل جبران است که بسته به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ متفاوت بود. بیشترین عملکرد دانه (۵۷۶/۸ گرم بر مترمربع) را ژنوتیپ کرج-۳ در شرایط محلولپاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور داشت، درحالی که کمترین عملکرد دانه (۲۵۳ گرم بر مترمربع) در ژنوتیپ زرفام در شرایط عدم محلولپاشی اسید سالیسیلیک در کاشت ۱۵ مهر مشاهده شد. کاربرد اسید اسید سالیسیلیک سبب جبران بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تأخیر در کاشت شد، به نحوی که عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در کاشت ۱۵ مهر باعث شد عملکرد دانه در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۳۶، ۳۱ و ۱۸ درصد و در ژنوتیپ L۱۴ به ترتیب ۲۶، ۲۱ و ۸ درصد نسبت به کاشت ۲۰ شهریور کاهش نشان دهد. عملکرد ژنوتیپ زرفام در تاریخ کاشت تأخیری نسبت به تاریخ کاشت در شرایط عدم کاربرد و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک به‌ترتیب ۹ و ۵ درصد کاهش و ۱۳ درصد افزایش نشان داد. بین اجزای عملکرد دانه با درصد بقا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. اگرچه تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه، اجزای آن، شاخص برداشت و زیست‌توده در تمامی ژنوتیپ‌ها شد اما شدت کاهش تابع ژنوتیپ بود. مصرف اسید سالیسیلیک باعث تعدیل اثر تأخیر در کاشت شد و این اثر تعدیلی در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار نسبت به ۲۵۰ میکرومولار بیشتر بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد در هر دو تاریخ کاشت ژنوتیپ کرج-۳ در همه سطوح اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد از همین رو برای کاشت در مناطقی با شرایط مشابه قابل پیشنهاد است.**

**واژه‌های کلیدی: زمان کاشت، تنش سرما، درصد بقا، زیست‌توده، کاشت تأخیری**

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکترا، دانشیار و استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۴. استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۵. دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: goldani@um.ac.ir

## مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غنی از اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز هستند. کنجاله دانه‌های روغنی در تغذیه دام و طیور به‌عنوان یک مکمل پروتئین و به‌صورت غیرمستقیم در ترکیب غذایی انسان قابل مصرف بوده و در اغلب کشورها مورد استفاد قرار می‌گیرد (۳).

کلزا گیاهی است از خانواده شب‌بو و یکی ازمهم‌ترین گیاهان روغنی است. مهم‌ترین تولید کنندگان کلزا در جهان به‌ترتیب کشورهای کانادا، چین، هند، فرانسه، استرالیا و آلمان هستند و ایران از نظر تولید سالانه دانه کلزا در رتبه ۳۰ قرار دارد. از نظر عملکرد در واحد سطح نیز به‌ترتیب کشورهای بلژیک، نروژ، دانمارک، ایرلند و هلند بیشترین عملکرد دانه کلزا را دارند و از این نظر ایران در رتبه ۴۱ جهان قرار دارد. در حال حاضر طبق آمار فائو کلزا پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تولید روغن گیاهی جهان به‌شمار می‌آید (۱۵).

تعیین زمان کاشت مطلوب یک گیاه زراعی بسیار با اهمیت بوده و از عوامل مهم برای دستیابی به عملکرد بالقوه در گیاهان به‌شمار می‌آید. تأخیر در کاشت به‌علت کوتاه شدن دوره رشد گیاه و احتمال برخورد زمان گلدهی با دماهای بالا اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد (۲). تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فنولوژیک گیاه، باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در یک منطقه بسته به اختلاف ژنتیکی میان ارقام متفاوت باشد (۱۲). هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان کاشت رقم یا گروهی از ارقام مشابه یک گیاه است، به‌نحوی که مجموعه عوامل محیطی در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه مناسب باشد (۱ و ۲۹).

تحقیقات نشان داده است که بین ارقام مختلف کلزا و محیط برهم‌کنش معنی‌داری وجود دارد، بنابراین برای به‌دست آوردن عملکرد دانه و عملکرد روغن مطلوب، به ارقامی نیاز است که با شرایط محیطی اقلیم مورد نظر سازگاری داشته باشند (۳۶). به این ترتیب می‌توان با انتخاب رقم و زمان مناسب کاشت در هر منطقه از شدت خسارت ناشی از عوامل نامساعد محیطی کاست (۳۷).

در کاشت پاییزه اغلب عملکرد گیاهان بیشتر از کاشت بهاره بوده و از ثبات عملکرد بیشتری نیز برخوردار است (۱۱) اما پیش‌شرط موفقیت در کاشت پاییزه، وجود تحمل به سرما در گیاهان، امری ضروری است، زیرا در غیر این‌صورت گیاه دچار خسارت خواهد شد و حتی در مواردی ممکن است از بین برود. در تاریخ کاشت زود به‌دلیل برقراری توازن و تعادل رشدی بین دو فاز رویشی و زایشی گیاه و توانایی فرار از خشکی انتهای فصل تولید ماده خشک و عملکرد دانه در کلزا بیشتر است (۱۴). کاشت خیلی دیر به‌دلیل استقرار ضعیف و کاهش طول دوره گرده‌افشانی و تنش‌های دمایی بالا و رطوبت خاک که در پایان فصل اتفاق افتاد تولید ماده خشک، عملکرد دانه و درصد روغن کلزا را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (۱۴). طی بررسی تعیین بهترین تاریخ کاشت ارقام جدید کلزا در منطقه گنبد گزارش شد، تاریخ کاشت اول و دوم با تولید ۳۲۷۶ و ۳۴۰۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و تاریخ کاشت چهارم با ۲۵۶۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را تولید کردند (۱۶). پژوهش‌ها نشان داده است که مرحله مناسب بوته کلزا برای زمستان‌گذرانی شش تا هشت برگی و قطر طوقه ۸-۵ میلی‌متر است (۳۵).

در اثر تأخیر در تاریخ کاشت کلزا، گیاه قبل از بروز سرمای زمستانه فرصت رشد کافی نداشته و از این‌رو مقاومت لازم برای سرمای زمستانه را پیدا نخواهد کرد از این‌رو بیشتر تنش سرمازدگی رخ خواهد داد. طی سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای روی نقش اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک ملکول پیام‌رسان مهم در واکنش گیاه به عوامل مختلف انجام شده است (۳۴ و ۳۸). تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک باعث افزایش رشد، افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه ذرت و کلزا در اثر تنش سرما شد (۲۵ و ۴۵). تیمار بوته‌های گندم (*Triticum aestivum*) با اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را در مریستم رأس ریشه افزایش داده

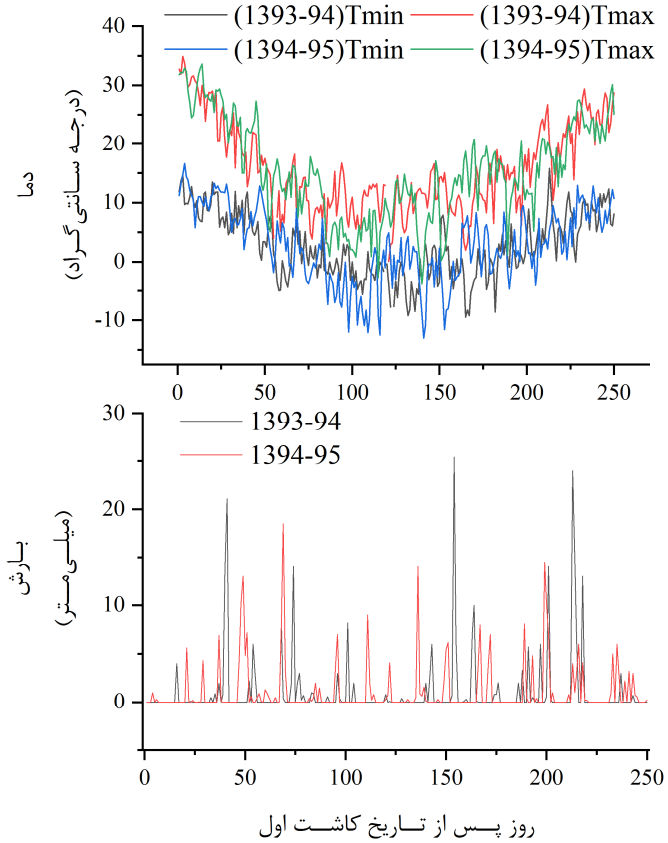
و باعث افزایش سرعت رشد گیاه شد (۳۹ و ۴۲). کشاوز و همکاران (۲۷) مشاهده کردند کاربرد اسید سالیسیلیک تحمل به سرما در ژنوتیپ‌های کلزا را بهبود بخشید. آنها بیان کردند کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه کلزا شد. ژو و همکاران (۴۵) در بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر دو رقم کلزا دریافتند که کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تحمل کلزا به سرما را افزایش داد.

با توجه به اهمیت گیاه کلزا، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک بر بهبود تحمل به سرما و رشد و نمو تعدادی از ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ کاشت‌های پاییزه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

اگر کاشت گیاهان زمستانه در تاریخ مناسب انجام نشود، بروز دمای پایین در زمستان همزمان با مرحله رشدی که گیاه به سرمای زمستانه مقاومت ندارد اتفاق خواهد افتاد و از این‌رو گیاه دچار تنش سرما خواهد شد (۱۱). از این‌رو به‌منظور بررسی اثر سرمای ناشی از کاشت تأخیری و اسید سالیسیلیک بر عملکرد چهار ژنوتیپ کلزا، این پژوهش در دو سال زراعی، ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت پاییزه در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در شش کیلومتری غرب زنجان (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی و ۱۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا شد. متوسط بارندگی و میانگین دمای سالانه منطقه به‌ترتیب ۳۰۰ میلی‌متر و ۱۱ درجه سانتی‌گراد بود که از ایستگاه هواشناسی فرودگاه زنجان استعلام شد. کمینه و بیشینه درجه درجه حرارت روزانه و بارش روزانه محل اجرای آزمایش طی دو سال اجرای تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برهم‌کنش تاریخ‌های کاشت (تاریخ کاشت معمول منطقه (۲۰ شهریور) و کاشت دیرهنگام (۱۵ مهر) و سطوح محلولپاشی اسید سالیسیلیک (شاهد (محلولپاشی با آب مقطر)، محلولپاشی با اسید سالیسیلیک غلظت ۲۵۰ میکرومولار) محلولپاشی با اسید سالیسیلیک غلظت ۵۰۰ میکرومولار) و به‌عنوان عامل اصلی و چهار ژنوتیپ کلزا (زرفام، اکاپای، کرج-۳ و L۱۴) به‌عنوان فاکتور فرعی درنظر گرفته شدند. همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای تیپ رشد زمستانه و دیررس هستند. البته زرفام اندکی زودرس‌تر از سایر ژنوتیپ‌هاست ولی در کل در گروه دیررس قرار دارد.

برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه‌گیری انجام شد (جدول ۱). با توجه به آزمایش خاک، کودهای نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار) ، فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار) و سایر عناصر غذایی لازم برای گیاه تأمین شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک قبل از کاشت صورت گرفت. برای آماده‌سازی زمین ابتدا یک شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۵ سانتی‌متر زده شده و سپس برای خرد کردن کلوخه‌ها و مسطح شدن زمین یک نوبت دیسک زده شد. سپس کود فسفات آمونیوم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پخش شده و سپس دیسک دوم عمود بر دیسک اول زده شد. در هر کرت فرعی سه پشته با فواصل ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد و روی هر پشته دو ردیف گیاه با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شد. طول خطوط کاشت در هر کرت فرعی نیز شش متر بود و فاصله بین کرت‌های فرعی و اصلی نیز به‌ترتیب نیم و یک متر درنظر گرفته شد. بین دو تکرار نیز یک متر فاصله درنظر گرفته شد. عملیات کاشت به‌صورت دستی انجام شد. کاشت بذرها روی خطوط کاشت در عمق سه سانتی‌متری و به‌صورت خطی با فاصله یک سانتی‌متر از هم صورت گرفت. در مرحله دو برگی بوته‌ها تنک شده و به فاصله چهار سانتی‌متر از هم روی خط رسیدند تا درنهایت تعداد بوته در واحد سطح به تراکم ۸۳ بوته در مترمربع برسد. کنترل علف‌های هرز نیز طی فصل رشد




**شکل ۱. بیشینه و کمینه درجه حرارت و بارش روزانه محل اجرای آزمایش (زنجان) طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴**

**جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| عمق | pH | هدایت الکتریکی | بافت خاک | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | گوگرد | کلسیم | روی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (سانتی‌متر) | | (دسی‌زیمنس بر متر) | | (درصد) | (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | | (درصد) | (قسمت بر میلیون) | |
| ۰-۳۰ | ۷/۸۵ | ۳/۱ | لومی رسی | ۰/۰۹۲ | ۹ | ۲۸۰ | ۰/۲۸ | ۶۸۰ | ۲۴ |

به‌صورت دستی صورت گرفت.

محلولپاشی اسید سالیسیلیک با توجه به وجود دو مرحله سرما در رشد گیاه (سرمای پاییزه و سرمای بهاره) بعد از مرحله چهار برگی (درجه حرارت متوسط منطقه در زمان محلولپاشی ۱۲-۱۰ درجه سانتی‌گراد بود) و قبل از غنچه‌دهی (نیمه دوم فروردین ماه) صورت گرفت. برای این کار ابتدا محلول‌ها در غلظت‌های مورد نیاز تهیه شد و با استفاده از دستگاه محلولپاش در هر مرحله تیمارهای محلولپاشی انجام شد. در هر مرحله برای حصول اطمینان محلولپاشی به‌صورت مناسب و کامل، طی سه روز متوالی و در غروب آفتاب انجام گرفت تا از تبخیر توسط نور خورشید پیشگیری شود. محلولپاشی به‌نحوی انجام گرفت که شاخ و برگ گیاه کاملاً خیس شدند. برای تیمار شاهد نیز بوته‌ها طی همان سه روز با استفاده از آب مقطر محلولپاشی شدند.

برای اندازه‌گیری بقای زمستانه تعداد بوته‌ها در واحد سطح، پس از استقرار کامل شمارش شد، پس از شروع مجدد رشد بهاره نیز تعداد بوته‌های زنده در واحد سطح شمارش شد. از تقسیم تعداد بوته نهایی بر تعداد بوته اولیه و ضرب آن در صد، درصد بقای زمستانه که شاخصی از مقاوت ژنوتیپ‌ها به سرما است محاسبه و گزارش شد.

بعد از رسیدگی بوته‌ها ابتدا هشت بوته به‌طور تصادفی از نقاط مختلف هر کرت فرعی برداشت شد و سپس تعداد خورجین در شاخه‌های اصلی و فرعی، طول خورجین در شاخه‌های اصلی و فرعی به‌کمک خط‌کش، تعداد بذر در هر خورجین و وزن هزار دانه توسط دستگاه بذرشمار شوپن مدل Numigral1، تعیین شد. برای اندازه‌گیری زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت ابتدا در هر کرت فرعی تعداد بوته‌ها در واحد سطح شمارش شده و پس از حذف حاشیه‌ها از سطح معادل دو مترمربع، بوته ها از خاک به‌وسیله داس برداشت شدند. بعد از خشک شدن کامل بوته‌ها در محیط ابتدا زیست‌توده اندازه‌گیری و ثبت شد، در مرحله بعد خورجین‌ها از بوته‌ها جدا شده و پس از جدا کردن دانه‌ها، عملکرد گیاهان تعیین شد. شاخص برداشت (HI) نیز از تقسیم عملکرد دانه به زیست‌توده ضرب در ۱۰۰ به‌دست آمد.

داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار آماری SAS(9.4) تجزیه شدند. برای انجام آزمون تجزیه واریانس، آزمون یکنواختی واریانس (آزمون بارتلت) روی داده‌ها صورت گرفت و سپس با توجه به نتایج آزمون بارتلت، داده‌ای دو سال تجزیه شدند. بدین منظور عامل سال به‌صورت اثر تصادفی و عامل ژنوتیپ، تارخ کاشت و محلولپاشی به‌صورت اثر ثابت درنظر گرفته شد. برای انجام مقایسات میانگین آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. در بیان نتایج هر صفت مهم‌ترین (بزرگ‌ترین) برهم‌کنش مورد بحث قرار گرفته به‌نحوی که سایر اثرات ساده و برهم‌کنش‌های کوچک‌تر را نیز بپوشاند.

## نتایج و بحث

### درصد بقا

نتایج نشان داد اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر درصد بقا معنی‌دار بود (جدول ۲). در واقع درصد بقای ژنوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت بستگی به کاربرد اسید سالیسیلیک داشت. با تأخیر در کاشت درصد بقای همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت اما شدت کاهش بسته به ژنوتیپ یکسان نبود. همچنین مشخص شد که کاهش درصد بقا در اثر تأخیر در کاشت، تا حدودی با کاربرد اسید سالیسیلیک قابل جبران است که بسته به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ متفاوت بود. بیشترین درصد بقا را در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور ژنوتیپ کرج-۳ در شرایط محلولپاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار داشت (جدول ۳)، این در حالی است که کمترین درصد بقا را ژنوتیپ زرفام در شرایط عدم محلولپاشی اسید سالیسیلیک در تاریخ کاشت ۱۵ مهر به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). با تأخیر در کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر، عدم کاربرد و کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش درصد بقا در ژنوتیپ های کرج-۳ (به‌ترتیب چهار، چهار و دو درصد) و ژنوتیپ L۱۴ (به‌ترتیب سه، چهار و سه درصد) شد. در ژنوتیپ اکاپی عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد که درصد بقا تحت تأثیر تأخیر در کاشت به‌ترتیب دو و سه و دو درصد کاهش یابد. درصورتی که در ژنوتیپ زرفام، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر درصد بقا نداشت، درحالی که کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک منجر به کاهش پنج و چهار درصدی بقا در نتیجه تأخیر در کاشت شد. با وجود این کاربرد ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در کاشت مناسب، باعث افزایش پنج درصدی بقای ژنوتیپ اخیر نسبت به عدم کاربرد آن شد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد درصد بقای ژنوتیپ کرج-۳ نسبت به تیمار عدم کاربرد ترکیب مذکور، به‌ترتیب بدون تغییر باشد و یا حدود یک درصد افزایش نشان دهد، درصورتی که این افزایش در شرایط مشابه برای ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب یک و دو درصد، ژنوتیپ اکاپی به‌ترتیب یک و سه درصد و برای ژنوتیپ زرفام در هر دو شرایط تقریباً پنج درصد نسبت به شاهد بود. در کاشت تأخیری نیز کاربرد ۵۰۰ میکرومول اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تقریباً دو تا سه درصدی بقا هر چهار ژنوتیپ نسبت به عدم

**جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس تأثیر تاریخ کاشت و محلولپاشی با سالیسیلیک اسید بر درصد بقا، عملکرد دانه و اجزای آن در چهار ژنوتیپ کلزا در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه زنجان**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد بقا | تعداد خورجین در بونه | تعداد دانه در خورجین | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | زیست‌توده | شاخص برداشت |
| سال (Y) | ۱ | ۹/۴۶$^{ns}$ | ۱۷۳/۶$^{ns}$ | ۱۵/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۴$^{ns}$ | ۲۰۷۴۶$^{ns}$ | ۳۳۱۸۳۳$^{ns}$ | ۱۸/۱$^{ns}$ |
| تکرار (سال) | ۴ | ۶/۶۶ | ۲۰۴/۲ | ۶/۵ | ۰/۰۶۸ | ۱۰۵۱۳ | ۱۱۰۶۵۵ | ۴/۸ |
| تاریخ کاشت (D) | ۱ | ۳۷۹/۹۳$^{**}$ | ۴۰۱۴/۲$^{*}$ | ۱۸۸/۶$^{*}$ | ۲/۲۵۳$^{*}$ | ۶۲۷۱۶۴$^{*}$ | ۹۰۸۷۳۷$^{**}$ | ۱۵۴۴/۶$^{*}$ |
| محلول‌پاشی (S) | ۲ | ۷۲/۵۹$^{**}$ | ۷۸۵/۲$^{*}$ | ۳۷/۵$^{**}$ | ۰/۴۸۰$^{*}$ | ۱۱۸۸۷۲$^{*}$ | ۲۰۵۱۲۹$^{**}$ | ۲۷۸/۰$^{**}$ |
| Y*D | ۱ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۳/۱$^{ns}$ | ۱/۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۷۵۸$^{ns}$ | ۳$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ |
| Y*S | ۲ | ۰/۰۷$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | ۲۹$^{ns}$ | ۴۴۷$^{ns}$ | ۰/۲$^{ns}$ |
| D*S | ۲ | ۶/۲۸$^{ns}$ | ۵۲/۰$^{**}$ | ۳/۱$^{*}$ | ۰/۰۳۷$^{ns}$ | ۱۰۰۰۹$^{*}$ | ۱۲۸۷۰$^{ns}$ | ۲۳/۴$^{*}$ |
| Y*D*S | ۲ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۴$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۳$^{ns}$ | ۲۳۶$^{ns}$ | ۲۲۴۲$^{ns}$ | ۰/۲$^{ns}$ |
| خطای a | ۲۰ | ۰/۱۳ | ۷/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۰۲ | ۱۴۲ | ۴۷۶۲ | ۱/۲ |
| ژنوتیپ (G) | ۳ | ۵۶/۵۸$^{**}$ | ۷۶۰/۳$^{**}$ | ۳۱/۱$^{**}$ | ۰/۴۵۰$^{**}$ | ۱۰۹۰۶۴$^{**}$ | ۱۷۹۹۴۸$^{**}$ | ۲۵۹/۰$^{**}$ |
| Y*G | ۳ | ۰/۰۷$^{ns}$ | ۰/۴$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۲۵۹$^{ns}$ | ۱۳۳۰$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ |
| D*G | ۳ | ۱/۷۹$^{**}$ | ۶۷/۷$^{**}$ | ۱/۴$^{**}$ | ۰/۰۱۴$^{*}$ | ۱۰۷۸۵$^{**}$ | ۲۰۸۱۹$^{**}$ | ۸/۹$^{*}$ |
| S*G | ۶ | ۳/۳۷$^{**}$ | ۲۲/۹$^{**}$ | ۱/۴$^{**}$ | ۰/۰۲۳$^{**}$ | ۳۳۲۷$^{**}$ | ۵۲۷۲$^{*}$ | ۱۱/۷$^{**}$ |
| Y*D*G | ۳ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۱/۰$^{ns}$ | ۰/۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۱۰۱$^{ns}$ | ۴۵۴$^{ns}$ | ۰/۴$^{ns}$ |
| Y*S*G | ۶ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۲/۱$^{ns}$ | ۰/۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۴۷$^{ns}$ | ۹۰۵$^{ns}$ | ۰/۲$^{ns}$ |
| D*S*G | ۶ | ۴/۹۷$^{**}$ | ۳۰/۲$^{**}$ | ۲/۰$^{**}$ | ۰/۰۲۴$^{**}$ | ۴۷۵۹$^{**}$ | ۶۹۱۶$^{*}$ | ۱۶/۶$^{**}$ |
| Y*D*S*G | ۶ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۱/۷$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۵۷$^{ns}$ | ۱۲۰۴$^{ns}$ | ۰/۳$^{ns}$ |
| خطای b | ۷۲ | ۰/۱۰ | ۴/۴ | ۰/۱ | ۰/۰۰۱ | ۱۸۵ | ۲۳۴۹ | ۰/۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۳/۲ | ۱۵/۲ | ۱۵/۵ | ۷/۱ | ۱۳/۴ | ۱۴/۲ | ۱۲/۲ |

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار

**جدول ۳. مقایسه میانگین درصد بقا، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت و محلولپاشی با اسید سالیسیلیک در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه زنجان**

| اسید سالیسیلیک (میکرومولار) | ژنوتیپ | بقا (درصد) | | تعداد خورجین در بوته | | تعداد دانه در خورجین | | وزن هزار دانه (گرم) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر |
| ۰ | کرج-۳ | ۹۹/۰ c | ۹۴/۵ o | ۱۰۶/۳ c | ۹۲/۱ mn | ۱۹ b | ۱۵/۸ lm | ۳/۰۹ b | ۲/۷۶ kl |
| | L۱۴ | ۹۷/۵ g | ۹۴/۲ p | ۱۰۰/۳ fg | ۹۱/۲ mno | ۱۷/۹ fg | ۱۵/۶ mn | ۲/۹۳ fg | ۲/۷۲ lm |
| | اکاپی | ۹۵/۵ l | ۹۳/۲ r | ۹۵/۴ jk | ۸۸ pq | ۱۶/۴ j | ۱۴/۹ pq | ۲/۸۲ ij | ۲/۶۱ o |
| | زرفام | ۹۳/۰ r | ۹۲/۴ s | ۸۷/۲ qr | ۸۴/۴ s | ۱۴/۸ qr | ۱۴/۲ s | ۲/۵۸ op | ۲/۵۳ q |
| ۲۵۰ | کرج-۳ | ۹۹/۳ b | ۹۵/۱ m | ۱۰۹ b | ۹۴/۳ kl | ۱۹/۳ a | ۱۶/۳ jk | ۳/۱۱ b | ۲/۷۸ jk |
| | L۱۴ | ۹۸/۶ d | ۹۴/۸ n | ۱۰۴/۶ cd | ۹۳ lm | ۱۸/۷ bc | ۱۶/۱ kl | ۳/۰۵ c | ۲/۷۷ k |
| | اکاپی | ۹۶/۷ i | ۹۳/۵ q | ۹۷/۷ hi | ۸۹/۶ op | ۱۷/۳ h | ۱۵/۲ op | ۲/۹ gh | ۲/۶۶ n |
| | زرفام | ۹۷/۸ f | ۹۲/۷ s | ۱۰۰/۹ f | ۸۵/۴ rs | ۱۸/۱ cf | ۱۴/۵ rs | ۲/۹۶ ef | ۲/۵۶ pq |
| ۵۰۰ | کرج-۳ | ۹۹/۷ a | ۹۷/۱ h | ۱۱۱/۶ a | ۹۸/۹ gh | ۱۹/۶ a | ۱۷/۷ g | ۳/۱۷ a | ۲/۹۲ fg |
| | L۱۴ | ۹۹/۴ ab | ۹۶/۴ j | ۱۱۰/۱ ab | ۹۷/۲ hij | ۱۹/۴ a | ۱۷/۲ h | ۳/۱۴ ab | ۲/۸۷ hi |
| | اکاپی | ۹۸/۴ d | ۹۶/۰ k | ۱۰۳/۱ de | ۹۶/۶ ij | ۱۸/۴ cd | ۱۶/۸ i | ۳/۰۲ cd | ۲/۸۴ i |
| | زرفام | ۹۸/۱ e | ۹۴/۰ p | ۱۰۱/۷ ef | ۹۰/۴ no | ۱۸/۲ de | ۱۵/۴ no | ۲/۹۸ de | ۲/۷۱ m |

در هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (دانکن)

کاربرد اسید سالیسیلیک شد. برای تطابق به سرما، گیاه باید قبل از فرا رسیدن سرمای زمستان، از رشد و ذخیره غذایی کافی برخوردار باشد تا بتواند کاهش تدریجی دمای هوا را تحمل کند (۹). کاشت دیرهنگام نه تنها فرصت رشد و مقاومت را به گیاه نمی‌دهد بلکه باعث می‌شود دوره گلدهی و دانه‌بندی گیاه با گرما یا خشکی مواجه شود (۲۸). از طرفی اگر گیاه در زمان بروز سرمای شدید زمستان در مرحله مناسب رشدی نباشد، درصد بقا در آن کاهش یافته و همین امر به‌شدت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. موریسن و استوارت (۳۲) مشاهده کردند گل‌دهی در کلزا در درجه حرارت‌های بالای ۲۷ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود و لذا تنش‌های دمایی در مورد گیاهان دیرکاشت ممکن است در انتهای فصل از طریق نقصان در گل‌دهی درنهایت کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال داشته باشد (۹). از دیگر نتایج کاشت دیرهنگام پاییزه، کاهش طول دوره رشد و محدودیت رشد رویشی گیاه است که سبب افت پتانسیل عملکرد محصول می‌شود (۲). همچنین کاشت دیرهنگام کلزا سبب می‌شود وارد شدن گیاه به زمستان با آمادگی ضعیف انجام گیرد، درنتیجه در اثر سرمای زمستان بوته‌ها آسیب می‌بینند. بنابراین بوته‌های کلزا بعد از زمستان با گرم شدن هوا نمی‌توانند از شرایط محیطی (نور، درجه حرارت و رطوبت) برای انجام فتوسنتز و تولید شیره پرورده کافی، استفاده کنند (۱۶).

**تعداد خورجین در بوته**

اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). با تأخیر در کاشت تعداد خورجین در بوته همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، اما شدت کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. در واقع تعداد خورجین هر ژنوتیپ به تاریخ کاشت و اسید سالیسیلیک بستگی داشت. هرچند با تأخیر در کاشت تعداد خورجین در بوته کاهش یافت اما درصد کاهش به ژنوتیپ و کاربرد اسید سالیسیلیک بستگی داشت به نحوی که کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدودی کاهش تعداد خورجین در بوته در اثر تأخیر در کاشت را جبران کرد. بیشترین تعداد خورجین در بوته در ژنوتیپ کرج-۳، محلولپاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار و تاریخ کاشت ۲۰ شهریور، به‌دست آمد (جدول ۳) و این درحالی است که کمترین تعداد خورجین در ژنوتیپ زرفام، عدم محلولپاشی اسید سالیسیلیک و تاریخ کاشت ۱۵ مهر، مشاهده شد (جدول ۳). تأخیر تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر باعث شد در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک تعداد خورجین در بوته در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۱۳، ۱۱ و هفت درصد و در ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب نه، هفت و سه درصد کاهش نشان دهد. در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد خورجین در بوته به‌ترتیب هشت و شش درصد کاهش و یک درصد افزایش نشان دهد. همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ زرفام نیز باعث شد تعداد خورجین در بوته به‌ترتیب سه و دو درصد کاهش و چهار درصد افزایش نشان دهد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد خورجین در بوته ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب سه و پنج درصد، ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب چهار و ۱۰ درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب دو و هشت درصد و ژنوتیپ زرفام به‌ترتیب ۱۶ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد. همچنین نتایج نشان داد بین تعداد خورجین در بوته با درصد بقا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴) به‌نحوی که با افزایش درصد بقا، تعداد خورجین در بوته نیز افزایش یافت. تعداد خورجین در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در کلزا بوده که افزایش آن تأثیر زیادی در افزایش عملکرد دانه دارد. تأخیر تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر باعث شد در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک تعداد خورجین در بوته در

**جدول ۴. همبستگی (پیرسون) بین درصد بقا، تعداد خورجین در بوته، دانه در خورجین، وزن هزار دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت با عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های کلزا در دو تاریخ کاشت پاییزه و محلولپاشی با اسید سالیسیلیک در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه زنجان**

| | | (۱) | (۲) | (۳) | (۴) | (۵) | (۶) | (۷) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بقا | ۱ | | | | | | |
| ۲ | خورجین در بوته | ۰/۹۶** | ۱ | | | | | |
| ۳ | دانه در خورجین | ۰/۹۸** | ۰/۸۸** | ۱ | | | | |
| ۴ | وزن هزار دانه | ۰/۹۵** | ۰/۶۲* | ۰/۷۰* | ۱ | | | |
| ۵ | عملکرد دانه | ۰/۹۶** | ۰/۹۷** | ۰/۹۶** | ۰/۹۶** | ۱ | | |
| ۶ | زیست‌توده | ۰/۸۹** | ۰/۹۳** | ۰/۸۷** | ۰/۸۵** | ۰/۹۲** | ۱ | |
| ۷ | شاخص برداشت | ۰/۹۴** | ۰/۸۷** | ۰/۹۲** | ۰/۹۴** | ۰/۹۳** | ۰/۷۲* | ۱ |

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۱۳، ۱۱ و هفت درصد و در ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب نه، هفت و سه درصد کاهش نشان دهد. در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد خورجین در بوته به‌ترتیب هشت و شش درصد کاهش و یک درصد افزایش نشان دهد. همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ زرفام نیز باعث شد تعداد خورجین در بوته به‌ترتیب سه و دو درصد کاهش و چهار درصد افزایش نشان دهد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد خورجین در بوته ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب سه و پنج درصد، ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب چهار و ۱۰ درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب دو و هشت درصد و ژنوتیپ زرفام به‌ترتیب ۱۶ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد. همچنین نتایج نشان داد بین تعداد خورجین در بوته با درصد بقا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴) به نحوی که با افزایش درصد بقا، تعداد خورجین در بوته نیز افزایش یافت. تحقیقات نشان داد تولید خورجین کافی در تشکیل عملکرد دانه کلزا نقش اساسی دارد. تاریخ کاشت مناسب در تشکیل خورجین در بوته کلزا نقش اساسی دارند (۲). کاشت دیرهنگام باعث کاهش طول دوره رشد شده و از همین طریق باعث کاهش پتانسیل استفاده گیاه از منابعی مانند نور و آب می‌شود (۲). در این شرایط مراحل حساس چرخه زندگی گیاه از جمله گل‌دهی با شرایط محیطی نامناسب همزمان شده و در این شرایط در اثر گرما، تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش می‌کنند. در این شرایط طول دوره گل‌دهی کوتاه شده و پتانسیل تولید خورجین کاهش می‌یابد (۴۴). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که محلولپاشی گیاه خردل با اسید سالیسیلیک با غلظت‌های (۵- ۱۰، ۴- ۱۰ و ۳- ۱۰ مولار) باعث افزایش تعداد خورجین شد (۱۹). کلانتر احمدی و همکاران (۲۶) در بررسی محلولپاشی ترکیبات مختلف از جمله اسید سالیسیلیک و آسکوربیک اسید بر کلزا، مشاهده کردند که بیشترین تعداد خورجین در بوته را گیاهانی داشتند که با اسید سالیسیلیک با غلظت ۳۰۰ میکرومول محلولپاشی شدند.

**تعداد دانه در خورجین**

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). به بیان دیگر تعداد دانه در خورجین در ژنوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت تحت تأثیر کاربرد

اسید سالیسیلیک قرار گرفت. با تأخیر در کاشت تعداد دانه در خورجین همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت اما شدت کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود و به کاربرد اسید سالیسیلیک بستگی داشت. در واقع نتایج نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک کاهش تعداد دانه در خورجین در اثر تأخیر در کاشت را تا حدودی جبران کرد، البته این امر به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ بستگی داشت. تأخیر در تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر باعث شد که در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک تعداد دانه در خورجین در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۱۷، ۱۴ و هفت درصد و در ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب ۱۲، ۱۰ و چهار درصد کاهش نشان دهد (جدول ۳). در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد دانه در خورجین به‌ترتیب ۹ و ۸ درصد کاهش و دو درصد افزایش نشان دهد. همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ زرفام نیز باعث شد تعداد دانه در خورجین به‌ترتیب چهار و دو درصد کاهش و چهار درصد افزایش نشان دهد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد تعداد دانه در خورجین ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب دو و سه درصد، ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب پنج و نه درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب شش و ۱۲ درصد و ژنوتیپ زرفام به‌ترتیب ۲۲ و ۲۳ درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که بین تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و درصد بقا همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۴). در واقع با افزایش درصد بقا، تعداد دانه در خورجین نیز افزایش یافته است. کاشت دیرهنگام نه تنها فرصت رشد و مقاومت را به گیاه نمی‌دهد بلکه باعث می‌شود دوره گلدهی و دانه‌بندی گیاه با گرما و خشکی مواجه شود (۲۸). موریسن و استوارت (۳۲) مشاهده کردند گل‌دهی در کلزا در درجه حرارت‌های بالای ۲۷ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. تنش‌های حرارتی در انتهای فصل موجب نقصان در گل‌دهی و درنهایت کاهش عملکرد دانه به‌واسطه کاهش تعداد دانه در خورجین می‌شود (۹). سو و همکاران (۸) گزارش کردند تیمار اسید سالیسیلیک باعث افزیش عملکرد کلزا از طریق افزایش در تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن صد دانه شد. افزایش تعداد گل (۷)، افزایش عملکرد دانه جو (۳۰) و افزایش تعداد غوزه در گیاه پنبه (۴) مثال‌هایی از تأثیر کاربرد سالیسیلیک بر رشد و عملکرد است.

**وزن هزار دانه**

نتایج نشان داد اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). به بیان دیگر در هر تاریخ کاشت، وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های کلزا به کاربرد و غلظت اسید سالیسیلیک وابسته بود به نحوی که تأخیر در کاشت باعث افت وزن هزار دانه شد و کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدی کاهش وزن هزار دانه در این شرایط را جبران کرد. البته شدت کاهش وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نبود. عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ۱۵ مهر باعث شد که وزن هزار دانه در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۱۱، ۱۰ و شش درصد و در ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب هفت، پنج و دو درصد نسبت به تیمارهای متناظر در کاشت ۲۰ شهریور کاهش یابد. شرایط مذکور در ژنوتیپ اکاپای باعث شد وزن هزار دانه به‌ترتیب هشت و شش درصد کاهش و یک درصد افزایش یابد، درصورتی که در ژنوتیپ زرفام باعث شد وزن هزار دانه به‌ترتیب دو و یک درصد کاهش و پنج درصد افزایش یابد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد وزن هزار دانه ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب یک و سه درصد، ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب چهار و هفت درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب سه و هفت درصد و ژنوتیپ زرفام ۱۵ (در هر دو غلظت اسید سالیسیلیک) درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد. همچنین

نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و درصد بقا وجود داشت (جدول ۴). به‌عبارت دیگر افزایش درصد بقا بوته‌ها، افزایش وزن دانه را نیز به‌دنبال داشت. پژوهشگران بیان کردند که وزن هزار دانه ارقام کلزا در تاریخ کاشت بهینه نسبت به کاشت دیرهنگام، ۴۷ درصد بیشتر بود (۲۱). کاشت دیرهنگام کلزا سبب می‌شود وارد شدن گیاه به زمستان با اندام فتوسنتز کننده کمتر باشد، درنتیجه در اثر سرمای زمستان بوته‌ها آسیب می‌بینند. بنابراین بوته‌های کلزا بعد از زمستان با گرم شدن هوا نمی‌توانند از شرایط محیطی (نور، درجه حرارت و مواد غذایی) برای انجام فتوسنتز استفاده کنند (۱۳). همچنین در این شرایط رشد دانه‌ها در زمانی اتفاق می‌افتد که دمای محیط بالا بوده و گرمای زیاد مانع از پر شدن دانه‌ها می‌شود درنتیجه مقدار مواد متابولیکی ذخیره‌ای با تشدید تنفس کاهش می‌یابد (۱۸) و درنهایت به‌همین دلیل وزن هزار دانه افت می‌کند (۵). بالا بودن دما در زمان پر شدن دانه، میزان تنفس خورجین‌ها را افزایش داده و این موضوع باعث اتلاف بیش از حد شیره‌پرورده می‌شود (۱۰). بنابراین مواد غذایی کافی به دانه نرسیده و درصد دانه‌های پوک و سبک زیاد خواهد شد (۴۴). از طرفی کاربرد اسید سالیسیلیک در این شرایط قادر است با کاهش اثرات نامساعد تأخیر در کاشت و تقلیل اثر تنش بر گیاه تا حدودی اثرات مضر دماهای نامساعد را بهبود بخشد. اسید سالیسیلیک جزء تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که گیاه را در برابر تنش‌های محیطی گوناگون محافظت می‌کند (۴۳). ذکر شده است که اسید سالیسیلیک نقشی محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز و همچنین واکنش‌های دفاعی ایجاد می‌کند (۳۱). اثر مفید اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه در شرایط تنش می‌تواند به‌دلیل انتقال مواد پرورده بیشتر به دانه‌ها در طول دوره پر شدن دانه باشد. گزارش شده است که نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثر سوء تنش خشکی مربوط به تأثیر آن بر کاهش میزان تعرق است که این موضوع می‌تواند باعث افزایش وزن دانه‌ها شود (۲۶).

**عملکرد دانه**

نتایج نشان داد اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌عبارت دیگر عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت به ژنوتیپ و کاربرد اسید سالیسیلیک بستگی داشت. در واقع تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌ها شد هر چند شدت کاهش در آنها مشابه نبود. همچنین نتایج مشخص کرد که کاهش عملکرد دانه در اثر تأخیر در کاشت، تا حدودی با کاربرد اسید سالیسیلیک قابل جبران است، البته این امر به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ بستگی داشت (جدول ۵). در شرایط تأخیر تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد عملکرد دانه در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۳۶، ۳۱ و ۱۸ درصد، در ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب ۲۶، ۲۱ و هشت درصد کاهش نشان دهد. در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۳ و ۱۸ درصد کاهش و چهار درصد افزایش نشان دهد. همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ زرفام نیز باعث شد عملکرد دانه به‌ترتیب نه و پنج درصد کاهش و ۱۳ درصد افزایش نشان دهد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد عملکرد دانه ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب پنج و ۱۱ درصد، ژنوتیپ L۱۴ به‌ترتیب ۱۴ و ۲۸ درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب ۱۱ و ۳۰ درصد و ژنوتیپ زرفام به‌ترتیب ۶۲ و ۶۵ درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد.

عملکرد دانه نتیجه فعالیت یک جامعه گیاهی در طول فصل رشد و نحوه استفاده از تشعشع خورشدی و سایر منابع محیطی است. در این خصوص توان فتوسنتزی برگ‌ها، تحت تأثیر مقدار تشعشع، چگونگی تقسیم یکنواخت آن و مقدار تنفس است (۲۲). بدیهی است شرایطی که در آن گیاه قادر به جذب

**جدول ۵. میانگین عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ کاشت‌های مختلف و محلولپاشی با اسید سالیسیلیک در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه زنجان**

| اسید سالیسیلیک (میکرومولار) | ژنوتیپ | عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) | | زیست‌توده (گرم بر متر مربع) | | شاخص برداشت (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر | ۲۰ شهریور | ۱۵ مهر |
| ۰ | کرج-۳ | ۵۱۷/۹$^{d}$ | ۳۳۳/۶$^{no}$ | ۱۳۱۱/۲$^{bc}$ | ۱۰۸۹/۹$^{ijk}$ | ۳۹/۵$^{bc}$ | ۳۰/۷$^{lm}$ |
| | L14 | ۴۳۴/۸$^{h}$ | ۳۲۳/۲$^{op}$ | ۱۲۰۲/۶$^{ef}$ | ۱۰۷۵$^{ik}$ | ۳۶/۲$^{fg}$ | ۳۰/۲$^{m}$ |
| | اکاپی | ۳۶۷/۶$^{l}$ | ۲۸۴/۳$^{r}$ | ۱۱۲۴/۱$^{ghi}$ | ۱۰۱۴/۷$^{lm}$ | ۳۲/۸$^{jk}$ | ۲۸/۱$^{op}$ |
| | زرفام | ۲۷۶/۹$^{r}$ | ۲۵۳$^{s}$ | ۱۰۱۱/۹$^{lm}$ | ۹۶۶/۵$^{m}$ | ۲۷/۴$^{pq}$ | ۲۶/۲$^{r}$ |
| ۲۵۰ | کرج-۳ | ۵۴۳/۵$^{c}$ | ۳۵۴/۸$^{m}$ | ۱۳۵۱/۹$^{ab}$ | ۱۱۰۸/۳$^{hij}$ | ۴۰/۲$^{b}$ | ۳۲/۱$^{k}$ |
| | L14 | ۴۹۵/۸$^{e}$ | ۳۴۴/۱$^{n}$ | ۱۲۷۰/۷$^{cd}$ | ۱۱۰۴/۴$^{ijk}$ | ۳۹$^{c}$ | ۳۱/۲$^{l}$ |
| | اکاپی | ۴۰۷/۵$^{j}$ | ۳۰۰/۷$^{q}$ | ۱۱۶۸/۳$^{fg}$ | ۱۰۵۶/۴$^{kl}$ | ۳۴/۹$^{h}$ | ۲۸/۵$^{no}$ |
| | زرفام | ۴۴۷/۶$^{g}$ | ۲۶۳/۶$^{s}$ | ۱۲۲۴/۸$^{de}$ | ۹۸۱/۱$^{m}$ | ۳۶/۶$^{ef}$ | ۲۶/۹$^{qr}$ |
| ۵۰۰ | کرج-۳ | ۵۷۶/۸$^{a}$ | ۴۲۳/۴$^{i}$ | ۱۳۹۴/۸$^{a}$ | ۱۱۹۲$^{ef}$ | ۴۱/۴$^{a}$ | ۳۵/۵$^{gh}$ |
| | L14 | ۵۵۷/۳$^{b}$ | ۳۹۸$^{j}$ | ۱۳۵۹/۵$^{ab}$ | ۱۱۷۲/۹$^{fg}$ | ۴۱$^{a}$ | ۳۳/۹$^{i}$ |
| | اکاپی | ۴۷۶/۱$^{f}$ | ۳۸۲/۹$^{k}$ | ۱۲۵۵/۲$^{d}$ | ۱۱۵۶/۴$^{fgh}$ | ۳۸$^{d}$ | ۳۳/۲$^{j}$ |
| | زرفام | ۴۵۸$^{g}$ | ۳۱۴/۲$^{p}$ | ۱۲۲۹/۲$^{de}$ | ۱۰۸۰/۱$^{ijk}$ | ۳۷/۳$^{de}$ | ۲۹/۲$^{n}$ |

در هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در اسطح احتمال پنج درصد ندارند (دانکن).

بهتر تشعشع (مقادیر بالای شاخص سطح برگ و کلروفیل) و تبدیل آن به ماده پرورده (فتوسنتز و کارایی کونتومی بالاتر) باشد درنهایت منجر به تولید عملکرد دانه بیشتر خواهد شد. در آزمایش حاضر تاریخ کاشت بهینه و همچنین مصرف اسید سالیسیلیک باعث شد ساختار دریافت کننده نور (سطح برگ و رنگیزه فتوسنتزی، (داده‌ها نشان داده نشده است) و ساختار تبدیل کننده نور به ماده پرورده (فتوسنتز) همچنین نسبت سهم دانه از کل مواد پرورده تولیدی گیاه (شاخص برداشت) افزایش یافته و از این طریق درنهایت عملکرد دانه در این شرایط افزایش یابد. موسوی و همکاران (۳۳) ۱۶ رقم کلزا را در تاریخ کاشت بهینه و تأخیری مورد ارزیابی قرار دادند. آنها مشاهده کردند، تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه همه ارقام مورد مقایسه شد اما شدت کاهش یکسان نبود و در کاشت تأخیری کمترین عملکرد دانه به رقم زرفام اختصاص داشت که با نتایج آزمایش حاضر یکسان است. بررسی ارقام مختلف کلزا در تاریخ کاشت بهینه و تأخیری نشان داد تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه ارقام مختلف شد اما شدت کاهش در بین ارقام متغیر بود به‌نحوی که در برخی ارقام تأخیر در کاشت باعث شد عملکرد دانه نسبت به تاریخ کاشت بهینه، به نصف تقلیل یابد (۲۳). تحقیقات نشان داده است دمای نامساعد در طی زمان گل‌دهی از طریق عقیم کردن دانه‌های گرده، عامل اصلی کاهش عملکرد دانه در کاشت تأخیری است (۴۱). از طرفی کاربرد اسید سالیسیلیک باعث بهبود تحمل گیاه به شرایط نامساعد محیطی می‌شود (۲۴). در این پژوهش نیز مصرف اسید سالیسیلیک باعث شد تمامی اجزای عملکرد دانه کلزا افزایش یابند و نتیجه افزایش این اجزا، افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف اسید سالیسیلیک بود. همچنین اسید سالیسیلیک به‌عنوان مولکول پیام‌رسان در گیاه عمل کرده و گیاه را برای مواجهه با شرایط نامساعد محیطی آماده می‌کند (۲۰) به‌همین دلیل است که عملکرد دانه در شرایط مصرف اسید سالیسیلیک نسبت به

شرایط عدم مصرف آن، در تاریخ کاشت تأخیری کمتر کاهش یافته است. همبستگی مثبت بین اجزای عملکرد دانه (وزن هزار دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد داه در خورجین) با عملکرد دانه و درصد بقا مشاهده شد (جدول ۴). در واقع عملکرد دانه حاصل‌ضرب اجزای عملکرد دانه است و افزایش هر کدام از اجزای عملکرد دانه درنهایت افزایش عملکرد دانه را به‌دنبال دارد. اما پیش از همه اینها عملکرد دانه تحت تأثیر درصد بقای بوته‌ها است در واقع اگر بوته‌ای وجود نداشته باشد عملکرد دانه‌ای نیز وجود نخواهد داشت. نتایج همبستگی نیز نشان داد عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد بقا دارد و به بیان دیگر با افزایش درصد بقا عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد.

**زیست‌توده**

نتایج نشان داد اثر تاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسیلیک × ژنوتیپ بر زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). در واقع زیست‌توده تولیدی ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت تحت تأثیر کاربرد و غلظت اسید سالیسیلیک بود. زیست‌توده ژنوتیپ‌های کبزا با تأخیر در کاشت کاهش یافت ولی شدت کاهش در آنها یکسان نبود از طرفی کاربرد و غلظت اسید سالیسیلیک بر شدت افت بیوماس مؤثر بود. در واقع کاهش زیست‌توده در اثر تأخیر در کاشت، تا حدودی با کاربرد اسید سالیسیلیک قابل جبران است، البته این امر به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ بستگی داشت (جدول ۵). در شرایط تأخیر در تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۵ مهر، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد زیست‌توده در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۱۷، ۱۵ و نه درصد، در ژنوتیپ L14 به‌ترتیب ۱۱، هشت و دو درصد کاهش نشان دهد. در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد زیست‌توده به‌ترتیب ۱۰ و شش درصد کاهش و سه درصد افزایش نشان دهد. همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ زرفام نیز باعث شد زیست‌توده به‌ترتیب چهار و سه درصد کاهش و هفت درصد افزایش نشان دهد. در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد زیست‌توده ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب سه و شش درصد، ژنوتیپ L14 به‌ترتیب شش و ۱۳ درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب چهار و ۱۲ درصد و ژنوتیپ زرفام به‌ترتیب شش و ۲۱ درصد نسبت به شاهد، افزایش یابد. نتایج نشان داد بین زیست‌توده با عملکرد دانه و همچنین شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بدین معنی که تاریخ کاشت بهینه و کاربرد اسید سالیسیلیک، باعث بهبود تولید مواد پرورده و همچنین تخصیص بیشتر مواد پرورده تولیدی به دانه‌ها شده است و همین امر باعث افزایش عملکرد دانه کلزا شد.

همانند نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که تأخیر در کاشت کلزا باعث کوتاه شدن دوره رشد گیاه شده و متعاقب این امر ماده خشک تولیدی نیز کاهش می‌یابد (۱۷ و ۱۸). در تاریخ کاشت زودهنگام به‌دلیل برقراری توازن و تعادل رشدی بین دو فاز رویشی و زایشی گیاه و توانایی تحمل خشکی انتهای فصل تولید ماده خشک و عملکرد دانه در کلزا بیشتر است (۶). تاریخ کاشت بهینه باعث می‌شود روزت کلزا قوی و پر برگ شده و طول دوره رشد افزایش یابد و از این طریق گیاه با استفاده بهینه‌تر از منابع در نهایت ماده خشک بیشتری تولید خواهد کرد. از طرفی تأخیر در کاشت کلزا باعث می‌شود دوره رشد و نمو گیاه کاهش یافته و از این همین رو مراحل حساس رشد گیاه با دمای نامساعد همزمان شود و درنهایت عملکرد دانه کاهش یابد (۳۲). اما کاربرد اسید سالیسیلیک به‌خاطر اثرات پیام‌رسانی که در گیاه دارد باعث آمادگی گیاه برای تحمل شرایط نامساعد می‌شود (۲۰). در این آزمایش مصرف اسید سالیسیلیک با بهبود اجزای عملکرد دانه شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته باعث افزایش

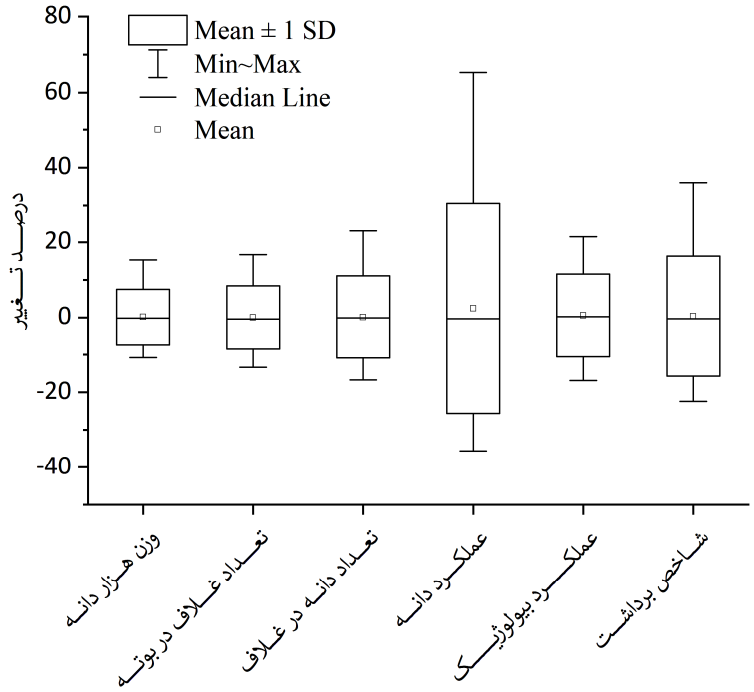
عملکرد دانه شد. افزایش عملکرد دانـه و اجـزای آن در درجـه اول ناشی از افزایش زیست‌توده است. به بیان دیگر کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش تولید ماده خشک شده و عملکرد دانه و اجزای آن نیز بخشی از ماده خشـک تولیـدی هسـتند کـه بـا افزایش ماده خشک تولیدی، افزایش می‌یابند.

نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین زیست‌توده و درصـد بقـا وجـود داشـت همچنـین بـین عملکـرد دانـه و زیست‌توده نیـز همبسـتگی مثبـت و معنـی‌داری وجـود داشـت (جدول ۴). عملکرد دانه تحت تـأثیر زیسـت‌تـوده و سـهمی از زیست‌توده است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابـد. بـدیهی اسـت هر عاملی که هر یک از اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را افزایش دهد باعث افزایش عملکـرد دانـه خواهد شد.

**شاخص برداشت**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه اثـر تـاریخ کاشت × محلولپاشی اسید سالیسـیلیک × ژنوتیـپ بـر شـاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بـود (جـدول ۲). در واقع شاخص برداشت ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت مورد بررسی به کاربرد سالیسیلیک بستگی داشت به نحـوی کـه تأخیر در کاشت باعث افت شاخص برداشت شـد ولـی شـدت کاهش برای همه ژنوتیپ‌ها رونـد یکسـانی نداشـت. همچنـین نتایج نشان داد که کـاهش شـاخص برداشـت در اثـر تـأخیر در کاشت، تا حدودی با کاربرد اسید سالیسیلیک قابل جبران است، البته این امر به غلظت اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ بستگی داشت (جدول ۵). در شرایط تأخیر در تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور بـه ۱۵ مهر، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کـاربرد مقـادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث شد شاخص برداشـت در ژنوتیپ کرج-۳ به‌ترتیب ۲۲، ۱۹ و ۱۰ درصـد، در ژنوتیـپ L14 به‌ترتیب ۱۷، ۱۴ و شـش درصـد کـاهش نشـان دهـد. در ژنوتیپ اکاپای عدم کاربرد اسـید سالیسـیلیک و کـاربرد مقـادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعـث شـد شـاخص برداشت به‌ترتیب ۱۴ و ۱۳ درصد کاهش و یک درصد افـزایش نشان دهد. همچنین عـدم کـاربرد اسـید سالیسـیلیک و کـاربرد مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومـولار اسـید سالیسـیلیک در ژنوتیـپ زرفام نیز باعث شـد شـاخص برداشـت بـه‌ترتیـب چهـار و دو درصد کاهش و شـش درصـد افـزایش نشـان دهـد. در تـاریخ کاشـت ۲۰ شـهریور کـاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومـولار اسـید سالیسـیلیک باعـث شـد شـاخص برداشـت ژنوتیـپ کـرج-۳ به‌ترتیب دو و پنج درصد، ژنوتیپ L14 بـه‌ترتیـب هشـت و ۱۳ درصد، ژنوتیپ اکاپای به‌ترتیب شـش و ۱۶ درصـد و ژنوتیـپ زرفام به‌ترتیب ۳۳ و ۳۶ درصد نسبت به شـاهد، افـزایش یابـد. شاخص برداشت در واقع بخشی از مواد پرورده گیاهی است که در گیاهان دانه‌ای به دانه‌ها اختصاص می‌یابد و بدیهی اسـت بـا افزایش آن عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در پژوهش حاضـر نیـز همبستگس مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت با عملکـرد دانه مشاهده شد (جدول ۴).

کلزا به تنش سرما حسـاس اسـت و تـا ۷۰ درصـد کـاهش عملکرد در اثـر دماهـای نامسـاعد (۳۳) کـه ناشـی از برخـورد مراحل حساس گیاه با سرمای زمستان یا برخورد دوره گل‌دهـی با درجه حرارت بالا است، در ارقام مختلف کلزا به ثبت رسـیده اسـت. بخشـی از ایـن افـت عملکـرد در اثـر کـاهش شـاخص برداشـت اسـت چـرا کـه در شـرایط نامسـاعد، تسـهیم مـواد فتوسنتزی در گیاه تغییر کـرده و دانـه‌هـا سـهم کمتـری از مـاده خشک تولیدی دریافت می‌کنند و بخش زیادی از مـواد پـرورده در این شرایط صرف تولید مواد و ترکیبات محافظ می‌شود. گیاه باید قبل از فرا رسیدن سرمای زمستان، از رشد و ذخیره غـذایی کافی برخوردار باشد تا بتواند در معرض کاهش تدریجی دمـای هوا قرار گیرد و به سرما تطابق پیدا کند (۴۰). اسید سالیسـیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان تحت تـنش‌هـای غیر زیستی را تنظیم می‌کنـد (۲۴). از طرفـی اسـید سالیسـیلیک به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۲۰). در آزمایش حاضر نیز کاربرد اسید سالیسیلیک با افزایش تعداد خـورجین در بوتـه،




**شکل ۲. دامنه تغییرات عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ کاشت‌های مختلف و محلولپاشی با اسید سالیسیلیک در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه زنجان**

تعداد دانه در خورجین و وزن دانه شد. همزمان با افزایش تولید ماده خشک در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک، سهم مواد پرورده از ماده خشک تولیدی (شاخص برداشت) نیز افزایش یافت و تمامی موارد ذکر شده باعث شد کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد دانه شد. در بین صفات مورد بررسی در این آزمایش، همه صفات نسبت به تغییر تیمارهای آزمایشی واکنش یکسانی نداشتند. در این بین برخی صفات بیشترین دامنه تغییرات را به‌خود اختصاص دادند و از سوی دیگر برخی صفات نیز از ثبات نسبی برخوردار بودند. بیشترین درصد تغییرات در بین صفات عملکرد دانه و اجزای آن، به عملکرد دانه اختصاص داشت (شکل ۲). پس از آن نیز شاخص برداشت در رتبه دوم بیشترین درصد تغییرات قرار داشت. در این بین، وزن هزار دانه از ثبات بیشتری برخوردار بود و در بین اجزای عملکرد دانه کمترین دامنه تغییرات طی شرایط آزمایش را به‌خود اختصاص داد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تأخیر در کاشت ژنوتیپ‌های مختلف کلزا به‌دلیل برخورد مراحل حساس زندگی گیاه با سرمای زمستان و یا گرمای رخ داده هنگام فاز زایشی، باعث افت عملکرد دانه می‌شود. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های مختلف از نظر واکنش به تیمارهای آزمایشی (تاریخ کاشت و اسید سالیسیلیک ) واکنش یکسانی نداشتند. ژنوتیپ کرج-۳ در همه سطوح مصرف اسید سالیسیلیک و تاریخ کاشت، بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد، پس می‌توان چنین استنباط کرد، در هر دو تاریخ کاشت، ژنوتیپ کرج-۳ برای منطقه مورد نظر اولویت دارد. همان‌طور که در نتایج اشاره شد حتی در تاریخ کاشت بهینه نیز کاربرد سالیسیلک اسید باعث افزایش عملکرد دانه و اجزای آن شد و این اثر در غلظت ۵۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بیشتر بود. همین‌طور نتایج نشان داد در تاریخ کاشت تأخیری کمترین درصد کاهش عملکرد در ژنوتیپ زرفام رخ داد و کاربرد اسید سالیسیلیک باعث شد

عملکرد دانه این ژنوتیپ کمتر کاهش یابد و این بدان معنی است که این ژنوتیپ مقاومت بیشتری به دماهای نامساعد که در اثر تأخیر در کاشت ایجاد می‌شوند، دارد. از این‌رو از این ژنوتیپ می‌توان در برنامه‌های اصلاحی بهره جست. علاوه بر این نتایج نشان داد چنانچه در منطقه مورد بررسی تأخیر در کاشت رخ دهد، احتمالاً می‌توان با مصرف اسید سالیسیلیک تا حدودی (نه کاملاً) این تأخیر را جبران کرد و در این بین مصرف اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار اثر جبران کننده بیشتری نشان داد.

## منابع مورد استفاده


1. Abdala, L. J., B. L. Gambin and L. Borrás. 2018. Sowing date and maize grain quality for dry milling. *European Journal of Agronomy* 92: 1-8.
2. Adamsem, F. J. and T. Coffelt. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products* 21(3): 293-307.
3. Aliari, H., F. Shekari and F. Shekari. 2000. Oil Seed (Cultivation and Physiology), Amidi Press, Tabriz.
4. Bi, J. L., J. B. Murphy and G. W. Felton. 1997. Does salicylic acid act as a signal in cotton for induced resistance to Helicoverpa zea? *Journal of Chemical Ecology* 23(7): 1805-1818.
5. Bilsborrow, P. E. and G. Norton. 1993. A Consideration of factors affecting the yield of oilseed rape. *Aspects of Applied Biology* 6: 91-99.
6. Chen, C., G. Jackson, K. Neill, D. Wichman, G. Johnson and D. Johnson. 2005. Determining the feasibility of early seeding canola in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 97(4): 1252-1262
7. Cleland, C. F. and A. Ajami. 1974. Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiology* 54(6): 904-906.
8. Cui, J., R. Zhang, G. L. Wu, H. M. Zhu and H. Yang. 2010. Salicylic acid reduces napropamide toxicity by preventing its accumulation in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 59(1): 100-108.
9. Dehdashti, S. M. and A. Soleymani. 2008. Heat stress affected on flowering and seed yield in delay cropping canola (*Brassica napus, B.rapa and B. juncea*).*Crop Research*, *Hisar* 35(3): 210-217.
10. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A Review. *Field Crop Research* 67: 35-49.
11. Duzdemir, O. and A. Ece. 2011. Determining relationships among plant characteristics related to plant seed yield of broad bean (*Vicia faba* L.) sown in winter and summer seasons in transitional climate areas of Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 17: 73-82.
12. Ebrahimi, M., G. A. Akbari, G. A. Akbari and B. Samadi Firouzabad. 2012. Effect of sowing date on seed yield and its components of canola cultivars in Varamin region. *Iranian Seed and Plant Journal* 2(1): 69-80. (In Persian).
13. El Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
14. Faire, I. M., M. J. Robertson, G. H. Walton and S. Asseng. 2002. Simulating phonology and yield response of canola to sowing date in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 1155-1164.
15. FAOSTAT, 2019. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC
16. Faraji, A. 2003. Evaluation of yield, yield components and vegetative characters of new genotypes of canola in Gonbad. *Seed and Plant* 19: 435-446.
17. Faraji, A. 2010. Determination of phonological response of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes to sowing date, temperature and photoperiod. *Seed and Plant Journal* 2(26): 25-41. (In Farsi).
18. Faraji, A. and F. Syedi. 2011. Response of canola (*Brassica napus* L.) cultivars to sowing date and row spacing. *Journal of Applied Basic Science* 2(4): 163-169.
19. 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.
20. Ghai, N., R. C. Setia and N. Setia. 2002. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brescia napus* L. (cv. GSL-1). *Phytomorphology* 52: 83-87.
21. Ghasemian Ardestani, H. and A. H. Shirani Rad. 2019. Evaluation of morphological traits, yield and yield components of selected varieties of canola in autumn and winter cultivation under different irrigation regimes. *Environmental Stress in Crop Science* 12(1): 153-163.

22. Hamrouni, I., B. S. Hammadi and B. Marzouk. 2001. Effect of water deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry* 58: 277-280.
23. Hasanzadeh, M., A. H. Shirani Rad. M. R. Naderi, N. Majd and H. Madani. 2005. Evaluation of drought stress on yield and yield components of high yield winter rapeseed. *Agriculture* 7(2): 17-24.
24. Hashempour, A., M. Ghasemzhad, G. Fotouhi and M. M. Sohani. 2014. The physiological and biochemical response to freezing stress olive plants treated with salicylic acid. *Russian Journal of Plant Physiology* 61(4): 443-450.
25. Janda, T., G. Szalai, I. Tari and E. Paldi. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effect of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. *Planta* 208: 175-180.
26. Kalantar Ahmadi, A., A. Ebadi, J. Daneshian, S. A. Siadat and S. Jahanbakhsh. 2003. Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iranian Journal of Crop Sciences* 18(3): 196-217. (In Farsi).
27. Keshavarz, H., S. A. M. Modares Sanavi, F. Zarinkamar, A. Dolatabadian, M. Panahi and K. Sadatasilan. 2011. Evaluation of salicylic acid effect on some biochemical traits of two rapessed varieties in chilling stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science* 42(4): 723-734. (In Farsi).
28. Khajepoor, M. R. 2006. Cultivation of Industrial Crops. Isfahan Jihad Presss.
29. Khan, A., U. Najeeb, L. Wang, D. K. Y. Tan, G. Yang, F. Munsif, S. Ali and A. Hafeez. 2017. Planting density and sowing date strongly influence growth and lint yield of cotton crops. *Field Crops Research* 209: 129-135.
30. Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K. J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology* 132: 272-281.
31. Miura, K. and Y. Tada. 2014. Regulation of water, salinity and cold stress responses by salicylic acid. *Plant Science* 5: 410.
32. Morrison, M. J. and D. W. Stewart. 2002. Heat stress during flowering in summer brassica. *Crop Science* 42: 767-803.
33. Mousavi, A., B. Alizadeh, M. Khodarahmi and K. Mostafavi. 2012. Investigation of cold resistance in winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars in field condition. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(3): 29-37.
34. Najafian, S., M. Khoshkhui, V. Tavallali and M. J. Saharkhiz. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(3): 2620-2626.
35. Pasban Eslam, B. 2009. Evaluation of Yield and its Components of Superior Winter Oilseed Rape Genotypes under Normal and Late Planting Dates. *Agricultural Science* 18(2): 37-47. (In Farsi).
36. Patel, S., S. K. Yadav and C. P. Singh. 2017. The incidence of painted bug, *Bagrada hilaris* (Burmeister) on Brassica spp. and Eruca sativa with respect to the date of sowing. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(1): 774-776.
37. Pavlista, A. D., T. A. Isbell, D. D. Baltensperger and G. W. Hergert. 2011. Planting date and development of apring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. *Industrial Crops and Products* 33: 451-456.
38. Rivas-San Vicente, M. and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany* 62(10): 3321-3338.
39. Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fatkhutdinova and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164(3): 317-322.
40. Tasgin, E., O. Atici and B. Nalbantoglu. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regulation* 41: 231-236.
41. Toriyama, K. and K. Hinata 1984. Anther respiratory activity and chilling resistance in rice. *Plant and Cell Physiology* 25: 1215.
42. Vicente, M. R., and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany* 62: 1-18.
43. Wang, L. J. and S. H. Li. 2006. Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to $Ca^{2+}$ homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. *Plant Science* 170(4): 685-694.
44. Whitfield, D. M. 1992. Effect of temperature and ageing on $CO_2$ exchange of pools of oilseed rape. *Field Crop Research* 28: 801-805.
45. Zhu, Z. H., A. Sami, Q. Q. Xu, L. L. Wu, W. Y. Zheng, Z. P. Chen, X. Z. Jin, H. Zhang, Y. Li, Y. Yu and K. J. Zhou. 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): e0257236.

**Journal of Crop Production and Processing**
**Vol. 11, No. 3, Fall 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.**

# The Effect of Salicylic Acid Application on Reducing the Effect of Cold Stress Due to Delayed Planting in Rapeseed Genotypes (*Brassica napus* L.)

**K. Eskandari Zanjani[1], M. Goldani[2*], A. Nezami[3], A. H. Shirani Rad[4] and F. Shekari[5]**

(Received: April 13-2021; Accepted: June 16-2021)

## Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid application on reducing the effects of cold stress due to delayed planting in rapeseed genotypes, this experiment was conducted as a factorial-split plot during the 2014 and 2015 growing seasons in the Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran. Interaction of the sowing date (11th September and 7th October) and salicylic acid (control (spray with distilled water), 250 µM and 500 µM) were as the main-plot and rapeseed genotypes (Karaj-3, L14, Okapi, Zarfam) were assigned to subplots. The effect of planting date* salicylic acid* genotype on winter survival percentage, grain yield and its components, harvest index, and biomass was significant. Delayed planting reduced survival percentage of all rapeseed genotypes; but the severity of reduction varied depending on the genotype. It was also found that the decrease in survival percentage due to delay in planting can be partially compensated for by the use of salicylic acid, which varied depending on the salicylic acid concentration and genotype. Delayed planting date reduced grain yield in all genotypes and salicylic acid application had the opposite effect and increased grain yield. Karaj-3 had the highest grain yield on 7th October planting date and 500 µM salicylic acid, while Zarfam had the lowest grain yield on 11 September and 0 µM salicylic acid. Application of salicylic acid compensated for part of the reduction in yield due to delay in planting, so that the lack of application of salicylic acid and the use of 250 and 500 µM salicylic acid in planting on 7 October caused grain yield reduction in Karaj-3 genotype by 36, 31 and 18% respectively, compared to 11 September, while grain yield in L14 genotype showed 26, 21 and 8% reduction respectively, compared to 11 September planting date. The grain yield of Zarfam genotype at delayed planting date decreased by 9% and 5% and increased by 13%, respectively, in conditions of non-application and application of 250 and 500 µM salicylic acid compared to the 11 September planting date. There was a positive significant correlation between grain yield components and winter survival percentage. Although delayed planting reduced grain yield, yeld components, harvest index, and biomass in all genotypes, the severity of the decrease varied among the genotypes. Consumption of salicylic acid moderated the effect of delay in planting and this modulatory effect was higher in the application of salicylic acid with a concentration of 500 µM than 250 µM. In general, the results showed that in both planting dates, the Karaj-3 genotype had the highest grain yield in all salicylic acid levels, so it is recommended for planting in areas with similar conditions.

**Keywords**: Biological yield, Cold stress, Delayed planting date, Optimum planting date, Survival percentage

1, 2 and 3. PhD Student, Associate Professor and Professor of Crop Physiology, Respectively, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashahd, Iran
4. Professor of Crop physiology, Seed and Plant Research Improvement Institute, Karaj, Iran
5. Associate Professor of Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Zanjan, Zanjan, Iran
*: Corresponding Author, Email: goldani@um.ac.ir