بررسی امکان کاهش خسارت کمی و کیفی کلزا رقم نپتون در شرایط کم‌آبی با کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی

یونس میر[۱*]، ماشااله دانشور[۲] و احمد اسماعیلی[۳]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۳) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

* نویسنده مسئول: **Younesmir80@yahoo.com**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۶**

چکیده

به‌منظور بررسی امکان کاهش خسارت کمی و کیفی کلزا رقم نپتون در شرایط کم‌آبی با کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی در شرایط آب‌وهوایی خرم‌آباد، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان اجرا گردید. آبیاری در دو سطح ۲۰ و ۷۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی در کرت‌های اصلی و ترکیب عناصر ریزمغذی (B1 عدم مصرف و B2 محلول‌پاشی با نسبت ۲ در هزار) و عامل اسید سالیسیلیک (غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) در کرت‌های فرعی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثرات ساده تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی کود ریزمغذی و اسید سالیسیلیک بر کلیه صفات مورد آزمایش معنی‌دار بود. هم‌چنین برهم‌کنش سه‌گانه بر تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارتنویید معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد روغن به‌ترتیب با میانگین ۴۴۲۴/۷ و ۲۰۳۶/۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی کود ریزمغذی با غلظت ۲ در هزار و اسید سالیسیلیک با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد. تنش کم‌آبی کلروفیل کل، کارتنویید، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن را به ترتیب ۱۴، ۲۸، ۲۰، ۱۷، ۲۷، ۴۲، ۱۴ و ۴۹ درصد کاهش داد، اما محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی توانست ضمن افزایش مقاومت به شرایط تنش کم‌آبی، از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه از جمله افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شرایط مساعدی را برای رشد مطلوب‌تر گیاه، فراهم نموده و با افزایش اجزای عملکرد دانه نهایتاً عملکرد دانه را در شرایط عدم تنش ۲۹ درصد (۱۲۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط تنش ۳۶ درصد (۱۰۶۴/۹ کیلوگرم در هکتار) افزایش دهد. لذا کود ریزمغذی فرتی میکس سه‌گانه (آهن+روی+منگنز) با غلظت ۲ در هزار به‌همراه غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک جهت کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی و حصول عملکرد مناسب توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کارتنوییدها، کلروفیل، تغذیه برگی و اجزای عملکرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

مقدمه

تنش خشکی به‌طور میانگین سبب کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه گیاهان زراعی در جهان می‌شود (Heidari and Karami, 2014). کلزا[1] با دارا بودن ۴۴-۴۰ درصد روغن یکی‌از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد و پس از سویا و نخل روغنی، سومین گیاه روغنی یک‌ساله جهان محسوب می‌شود که به‌دلیل روغن خوراکی آن کشت می‌شود (FAO, 2013). تنش شدید رطوبتی بسته به شدت تنش، مدت تنش و مرحله رشدی به ساز و کارهای زایشی تعیین کننده عملکرد کلزا مثل تشکیل گل و خورجین، دانه در خورجین و پر شدن دانه‌ها اثرگذار هستند (Fanaei, 2009). نتایج تحقیق فتحی و قلی‌زاده (۱۳۸۹) به‌طور کلی نشان داد که استرس خشکی در طول رشد زایشی کلزا عمدتاً باعث کاهش عملکرد دانه به‌وسیله کاهش تعداد خورجین در بوته گردید و تعداد دانه در خورجین کم‌تر از تعداد خورجین در بوته تغییر کرد و آن‌ها پیشنهاد دادند انتخاب یا اصلاح ژنوتیپ‌های کلزا با تعداد دانه بیش‌تر در خورجین در شرایط کمبود رطوبت مطلوب‌تر است. هدایت‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۴۹۰۵ کیلوگرم به‌دست آمد. پاینده و همکاران (۱۳۹۷) گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش ۲۷ درصدی عملکرد دانه شد، اما محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی تا حدودی اثرات منفی تنش خشکی را کاهش داد. اسید سالیسیلیک یکی از مولکول‌های سیگنال دهنده مهم است که باعث عکس‌العمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. تنظیم‌کننده‌های رشدی نظیر اسید سالیسیلیک با ایجاد توازن در غلظت هورمون‌های گیاهی در کنترل پاسخ‌های گیاه به شرایط نامساعد نقش مهمی دارد (Pirasteh- Anosheh et al., 2015). مصرف سالیسیلیک اسید با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش وزن هزار دانه در گلرنگ گردید (فرجام و همکاران، ۱۳۹۳). حیدری و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود و تنش در مرحله گل‌دهی عملکرد دانه را به میزان ۴۰ درصد کاهش داد. گزارش شده که تیمار اسید سالیسیلک منجربه افزایش وزن صد دانه و عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف دو رقم کلزا شد (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳). مصرف ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در آبیاری مطلوب، سبب افزایش ۷۷ درصدی کلروفیل کل نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک و تنش خشکی شد (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶). با عنایت به تأثیر منفی تنش کم‌آبی در محدود کردن تولید محصولات حتی در کشت‌های فاریاب و هم‌چنین نظر به نقش مثبت و سازنده‌ای که عناصر ریزمغذی و هورمون اسید سالیسیلیک در افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی مثل خشکی و شوری در برخی گیاهان دارند. هدف از پژوهش حاضر

1- *Brassica napus* L.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

بررسی امکان کاهش خسارت کمی و کیفی کلزا رقم نپتون در شرایط تنش کم‌آبی با کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، واقع در شهرستان خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۱۲۵ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالیانه ۵۲۰/۶ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد (هر دو بر اساس آمار بلندمدت ۵۴ ساله از سال ۱۳۸۵-۱۳۳۱) و اقلیم نیمه‌خشک (بر اساس ضرایب دمارتن آمبرژه) انجام شد. مشخصات هواشناسی منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱: شرایط آب و هوایی محل آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

ماه	بارندگی (میلی‌متر)	حداقل دمای مطلق (سانتی‌گراد)	حداکثر دمای مطلق (سانتی‌گراد)	متوسط دما (سانتی‌گراد)
مهر	۰	۹/۷	۳۳/۴	۱۹/۸
آبان	۸/۶	۷/۲	۲۷/۸	۱۵/۵
آذر	۶۶/۲	۱/۱	۱۸/۶	۷/۳
دی	۸۲/۶	۱	۱۷/۵	۶/۹
بهمن	۱۰۱	-۱/۹	۱۵/۴	۴/۲
اسفند	۴۴/۳	۱/۹	۲۲/۸	۹/۴
فروردین	۸۰/۸	۷/۴	۳۰/۲	۱۴/۰
اردیبهشت	۳۲/۸	۱۱/۱	۳۴/۲	۲۰/۱
خرداد	۰	۱۳/۴	۳۹/۲	۲۴/۵

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آبیاری در دو سطح ۲۰ و ۷۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی در کرت‌های اصلی و ترکیب عناصر ریزمغذی (B1: عدم مصرف و B2: محلول‌پاشی با نسبت ۲ در هزار) و عامل اسید سالیسیلیک (غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) در کرت‌های فرعی مورد مقایسه قرار گرفت. قبل از کاشت به‌طور تصادفی در چندین نقطه مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه، نمونه مرکب تهیه و جهت آنالیز ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه اقدام گردید. از اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌گیری دیگری به‌عمل آمد و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم خاک تعیین گردید. کل آزمایش ۴۸ کرت داشت، ابعاد هر کرت ۱۰ متر مربع به‌صورت ۵ در ۲ متر و شامل ۴ خط کاشت بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف کشت ۵ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط کاشت و هم‌چنین فاصله بین کرت‌های مجاور ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

کرت‌های اصلی و هم‌چنین فاصله بین بلوک‌ها ۵ متر بود و عملیات کاشت با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع، پس از آماده‌سازی بستر بذر و اضافه کردن کودهای پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، در پاییز و در تاریخ ۹۵/۰۷/۱۲ به‌صورت دستی انجام گرفت. برای تراکم مناسب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگی اقدام به تنک گیاهان با تراکم ۴۰ بوته گردید. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم نپتون بود. در طی فصل رشد کلیه مراقبت‌های لازم انجام گرفت. محلول‌پاشی کود ریزمغذی آهن، روی و منگنز از منبع کود مایع فرتی‌میکس سه‌گانه در مرحله روزت و قبل از ساقه‌دهی و محلول‌پاشی هورمون اسید سالیسیلیک در دو مرحله (آغاز گل‌دهی و پرشدن خورجین) انجام گرفت (جدول-های ۳ و ۴).

جدول ۲: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

عمق نمونه (سانتی‌متر)	بافت خاک	رطوبت وزنی در حد Fc	وزن مخصوص ظاهری	درصد کربن آلی	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	اسیدیته	هدایت الکتریکی میکروموس بر سانتی‌متر)
					میلی‌گرم بر کیلوگرم							
۳۰- ۰	لوم رس	۲۳/۷۰	۱/۴۷	۰/۶۷	۷/۵	۲۵۸	۵	۳/۸	۰/۴۴	۰/۸۵	۷/۷	۰/۶۴

جدول ۳: میزان عناصر موجود در کود ریزمغذی فرتی میکس سه‌گانه (Ferti mix Trio)

عناصر	آهن (درصد وزنی)	روی (درصد وزنی)	منگنز (درصد وزنی)
غلظت عنصر	۵	۲	۲

جدول ۴: حد بحرانی عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت کلزا (خادمی و همکاران، ۱۳۷۹)

عناصر	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
	میلی‌گرم بر کیلوگرم					
غلظت عنصر	۱۵	۲۰۰	۵	۵	۱	۰/۸

اعمال تنش هم‌زمان با مرحله خارج شدن گیاه از روزت و آغاز رشد مجدد، با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری به روشی که در ذیل آمده است، انجام گرفت. جهت تعیین زمان آبیاری در فاصله بین دو آبیاری و با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، روزانه از هرکرت اصلی، یک کرت فرعی به‌طور تصادفی انتخاب و توسط مته نمونه‌هایی از خاک مزرعه در منطقه مؤثر ریشه (با زدن پروفیل خاک) که تابعی از مرحله رشد گیاه است تهیه و به‌منظور تعیین رطوبت خاک به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین‌شده جهت انجام آبیاری کامل حجم آبیاری (V_W) برحسب متر مکعب محاسبه گردید (رابطه ۱) (علیزاده، ۱۳۸۱):

رابطه ۱:

$$VW = \{(FC - Q)\times BD\times D\times A\}/ Ea$$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

در رابطه ۱، FC درصد وزنی رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، Q درصد وزنی رطوبت خاک هنگام نمونه‌برداری برای آبیاری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، D عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه برحسب متر، A مساحت کرت بر حسب متر مربع، E_a راندمان آب آبیاری در مزرعه برحسب درصد است.

پس از محاسبه مقدار آب لازم بر اساس میزان تخلیه رطوبت کرت‌ها با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن و به‌صورت سطحی آبیاری گردید و میزان آب عبوری توسط کنتور اندازه‌گیری شد. در مرحله گل‌دهی کامل از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کاروتنویید استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنویید، ۰/۲ گرم از نمونه‌های تر برگ در استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. پس از صاف کردن به‌وسیله کاغذ صافی، جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-1601PC مدل Shimadzu در طول ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲۰ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. غلظت رنگ‌دانه‌ها با استفاده از رابطه‌های موجود برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد خورجین در بوته در پایان فصل رشد، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت و تعداد خورجین‌ها شمارش و میانگین آن تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری تعداد دانه در خورجین تعداد ۲۰ خورجین از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد دانه‌های آن‌ها شمارش شد و میانگین آن‌ها منظور گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها با حذف دو خط کناری هر کرت و یک متر از طرفین هر خط کاشت، برداشت از مساحت ۳/۶۰ مترمربع انجام گرفت و جهت تعیین عملکرد دانه نمونه‌ها خرمن‌کوبی و مورد عمل بوجاری قرار گرفته و سپس توزین شدند. هم‌چنین به‌وسیله دستگاه بذر شمار تعداد ۱۰۰۰ بذر از نمونه‌های بذر هر کرت شمارش شده و به‌وسیله ترازوی حساس، وزن هزار دانه توزین گردید. میزان درصد روغن دانه به‌وسیله دستگاه NIR (مدل GA7250 ساخت شرکت پرکنز سوئد) موجود در آزمایشگاه مرکزی شماره ۲ واقع در دانشکده کشاورزی اندازه‌گیری گردید. از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه، عملکرد روغن به دست آمد. در پایان برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

کلرفیل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار تنش کم‌آبی، کود ریزمغذی، اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش دوگانه تنش کم‌آبی در اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر تیمارهای عناصر ریزمغذی و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال پنج درصد بر صفت کلروفیل معنی‌دار گردید، اما برهم‌کنش سه‌گانه معنی‌دار نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه تنش در کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

کلروفیل مجموع شده است. تیمار A1B2C3 (عدم تنش+ محلول‌پاشی کود ریزمغذی+ غلظت‌های یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) با میانگین ۲/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بالاترین کلاس آماری را داشت و پایین‌ترین کلاس آماری با میانگین ۱/۳۳ میلی‌گرم متعلق به تیمار A2B1C1 (تنش کم‌آبی+ عدم محلول‌پاشی کود ریزمغذی+ عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۶). مطالعات نشان داده که تنش رطوبتی در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و خورجین دهی سبب کاهش میزان کلروفیل a، b و کارتنوییدها می‌شود (Din *et al*., 2011). گزارش‌های دیگری نشان داده که تنش خشکی به‌دلیل تولید اکسیژن فعال در تیلاکوییدها سبب کاهش کلروفیل‌ها و کارتنویید در گیاهان می‌شود (Farooq *et al*., 2009) که این گزارش‌ها با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌خوانی دارد. محمدی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش دادند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۱۱/۷۷ درصدی میزان کلروفیل کل در گیاه کلزا گردید. در تحقیق حاضر با کاربرد کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید غلظت کلروفیل کل در هر دو شرایط تنش و عدم تنش افزایش یافت که نشان دهنده مشکل کمبود آهن یا جذب آن در خاک‌های آهکی ایران از جمله لرستان است. آهن در ساختمان سیتوکروم به‌عنوان ناقل الکترون در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و عملیات اکسیداسیون و احیا و ساخت کلروفیل دخالت دارد و عنصر آهن باعث افزایش کلروفیل کل گردیده و سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، گیاه را از صدمات به‌دست‌آمده از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ کرده و موجب کاهش خسارت تنش اکسیداتیو گردیده است.

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کلروفیل کل	کارتنویید	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۱۶/۵۴^{ns}	۰/۵۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۷۸۶۱/۶۱^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۱۴۹/۲۰^{ns}
فاکتور **A** (تنش)	۱	۰/۷۴۰**	۰/۰۹۰۱**	۴۷۲۲/۳۲**	۲۷۳/۱۳**	۶/۰۹۹**	۲۱۲۱۹۷۵۱/۵۹**	۲۹۴/۵۳**	۵۸۰۴۵۳۸/۶۸**
خطا **A**	۲	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۱۱/۲۷^{ns}	۱/۴۷^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۳۶۳۷۳/۲۱^{ns}	۱/۸۰^{ns}	۱۴۶۶۰/۴۵^{ns}
فاکتور **B** (کود)	۱	۰/۶۵۸**	۰/۰۱۹۲**	۳۶۹/۰۸**	۲۲/۲۸**	۰/۴۱۳**	۲۸۱۹۲۵۷/۵۵**	۳۷/۹۱**	۷۶۱۹۱۴/۴۵**
فاکتور **c** (اسید سالیسیلیک)	۳	۰/۳۲۲**	۰/۰۱۰۷**	۱۱۵/۸۹**	۱۰/۸۵**	۰/۰۸۴**	۹۰۵۷۷۵/۸۷**	۷/۲۷**	۲۲۲۷۹۴/۵۲**
فاکتور **A*B**	۱	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۲۰/۴۱^{ns}	۰/۹۴^{ns}	۰/۱۵۱**	۲۳۵۶/۲۰^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۱۵۳۶/۴۶^{ns}
فاکتور **A*C**	۳	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۰۷^{ns}	۳۲/۴۲*	۲/۸۶*	۰/۳۴۸**	۱۷۲۳۷/۰۹^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۵۵۵۰/۲۵^{ns}
فاکتور **B*C**	۳	۰/۰۱۱*	۰/۰۰۱۰*	۳۰/۸۷*	۲/۴۰*	۰/۰۱۸^{ns}	۸۵۴۶۱/۰۸*	۶/۴۵**	۴۱۶۵۸/۵۴**
فاکتور**A*B*C**	۳	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۰۹*	۳۱/۲۰*	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۶۶۸۲۳/۱۰*	۰/۵۹^{ns}	۱۸۴۳۴/۲۶*
خطا کل	۲۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۹/۴۵	۰/۷۷	۰/۰۰۷	۲۱۵۵۵/۳۵	۰/۷۷	۵۲۷۷/۴۴
ضریب تغییرات		۳/۴۴	۴/۲۳	۳/۹۴	۴/۲۱	۲/۳۷	۴/۹۳	۲/۱۴	۵/۷۹

(ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشند).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم‌آبی، اسید سالیسیلیک اسید و عناصر ریزمغذی بر صفات مورد بررسی در کلزا

تیمار	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
A1B1C1	۱/۵۴ j	۰/۳۹ de	۸۳/۷۹ cd	۲۰/۷۷ d	۴/۰۱ bc	۳۱۴۳/۲ f	۴۱/۶۵ de	۱۳۱۱/۶۰ f
A1B1C2	۱/۹۸ cd	۰/۳۹ de	۸۵/ ۲۳ bc	۲۲/۵۷ b	۴/۱۲ b	۳۴۱۴/۵ e	۴۳/۲۲ bcd	۱۴۷۶/۰۸ e
A1B1C3	۱/۸۷ def	۰/۴۶ b	۸۸/۰۳ b	۲۳/۰۳ b	۳/۹۹ bc	۳۶۷۹/۵ cd	۴۳/۷۴ bc	۱۶۰۹/۴۷ cd
A1B1C4	۱/۷۵ gh	۰/۴۲ cd	۹۰/۰۳ ab	۲۳/۲۳ b	۳/۹۰ cd	۳۴۹۷/۵ de	۴۲/۵۲ cde	۱۴۸۷/۷۳ de
A1B2C1	۱/۷۹ fg	۰/۴۱ d	۸۴/۷۰ bc	۲۱/۹۷ b	۴/۱۴ b	۳۴۲۹/۹ de	۴۴/۰۲ bc	۱۵۰۹/۶۶ cde
A1B2C2	۲/۰۹ b	۰/۴۴ bc	۸۶/۲۳ b	۲۳/۲۰b	۴/۳۰ a	۳۷۶۰/۳ c	۴۳/۱۶ bcd	۱۶۲۳/۲۷ c
A1B2C3	۲/۲۲ a	۰/۴۶ b	۹۵/۳۰ a	۲۵/۶۳ a	۴/۰۴ b	۴۰۰۲/۶ b	۴۴/۲۰ b	۱۷۶۸/۳۸ b
A1B2C4	۲/۰۳ bc	۰/۴۹ a	۹۳/۸۷ a	۲۵/۳۷a	۳/۷۹ de	۴۴۲۴/۷ a	۴۶/۰۲ a	۲۰۳۶/۷۵ a
A2B1C1	۱/۳۳ k	۰/۲۸ i	۶۶/۷۷ fg	۱۷/۳۳ f	۲/۹۲ i	۱۸۲۹/۸ l	۳۶/۴۸ j	۶۶۷/۵۴ j
A2B1C2	۱/۶۱ ij	۰/۳۱ h	۶۴/۱۷ g	۱۸/۳۷ ef	۳/۰۵ hi	۱۹۹۰/۴ kl	۳۷/۶۵ hij	۷۴۹/۲۲ ij
A2B1C3	۱/۶۶ hi	۰/۳۴ gh	۶۴/۵۷ g	۱۷/۶۳ f	۳/۳۵ g	۲۱۶۳/۴ kl	۳۹/۱۰ gh	۸۴۶/۴۸ hi
A2B1C4	۱/۵۹ ij	۰/۳۶ fg	۶۳/۰۷ g	۱۸/۳۰ ef	۳/۳۶ g	۲۳۷۶/۰ ij	۳۷/۲۴ ij	۸۸۴/۹۳ h
A2B2C1	۱/۵۲ j	۰/۳۴ gh	۶۵/۱۷ g	۱۸/۴۰ ef	۳/۰۵ hi	۲۲۱۷/۱ jk	۳۸/۳۱ ghi	۸۴۹/۶۲ hi
A2B2C2	۱/۸۱ efg	۰/۳۶ g	۷۱/۶۷ ef	۱۸/۱۳ ef	۳/۴۵ g	۲۵۹۷/۶ hi	۳۹/۱۸ gh	۱۰۱۸/۱۵ g
A2B2C3	۱/۸۴ efg	۰/۳۷ efg	۷۴/۴۰ e	۱۹/۴۰ d	۳/۶۰ f	۲۶۴۵/۰ h	۳۹/۷۴ fg	۱۰۵۱/۲۰ g
A2B2C4	۱/۹۱ de	۰/۴۱ d	۷۴/۷۳ de	۲۰/۰۳ d	۳/۶۶ ef	۲۸۹۴/۷ g	۴۱/۱۸ ef	۱۱۹۱/۸۵ f

داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

کاروتنوییدها

کاروتنوییدها گروهی از رنگدانه‌های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی هستند و در غشای کلروپلاست یافت می‌شوند و وظیفه آن‌ها جمع‌آوری انرژی و حفاظت نوری است. کاروتنوییدها از راه برگشت‌پذیر با رادیکال‌های اکسیژن و تشکیل زانتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (Amal and Aly, 2008). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار تنش کم‌آبی، کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش دوگانه تیمارهای عناصر ریزمغذی و اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال پنج درصد بر صفت میزان کارتنویید معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه تنش در کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید نشان داد که تنش کم‌آبی هم‌چون صفت کلروفیل باعث کاهش میزان کارتنویید گردیده است. تیمار A1B2C4 (عدم تنش+ محلول‌پاشی کود ریزمغذی+ غلظت‌های یک‌ونیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) با میانگین ۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

بالاترین کلاس آماری قرار گرفت و تیمار A2B1C1 (تنش کم‌آبی+ عدم محلول‌پاشی کود ریزمغذی+ عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک) با میانگین ۰/۲۸ در پایین‌ترین کلاس آماری قرار گرفت (جدول ۶). گزارش‌ها نشان داده که تنش خشکی به دلیل تولید انواع اکسیژن‌های فعال در تیلاکوییید سبب کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کارتنوییید در گیاهان می‌گردد (Farooq *et al.*, 2009; Jaleel *et al.*, 2009). گزارش شده است که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی باعث افزایش میزان کاروتنوئیدها در شرایط تنش کم‌آبی می‌شود (Idrees *et al.*, 2011). آهن نیز عنصری ضروری برای رشد و نمو گیاهان است و در سنتز کلروفیل، تیلاکوییدها و نمو کلروپلاست‌ها دخالت دارد (Curie and Briat, 2003). کمبود مقدار آهن در گیاه می‌تواند علاوه بر کاهش سنتز کلروپلاست، با کاهش محسوس کاروتنوییید همراه شود، زیرا این رنگ‌دانه‌ها در غشای کلروپلاست جای دارند، بنابراین وجود آهن کافی برای سنتز کلروپلاست‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. در آزمایش حاضر نیز کاربرد هم‌زمان کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید، میزان کارتنوییید را در شرایط عدم تنش ۲۱ و در شرایط تنش ۶۸ درصد افزایش داد، به‌طور کلی از این نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود در این مناطق مشکل کمبود یا مشکل جذب عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن وجود داشته و محلول‌پاشی کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید توانسته این مشکل را تا حدودی برطرف کندو باعث افزایش سنتز کلروپلاست و نهایتاً افزایش میزان کارتنوییید شود.

تعداد خورجین در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرهای ساده تنش کم‌آبی، سالیسیلیک اسید، کود ریزمغذی در سطح احتمال یک درصد و اثرهای دوگانه تنش کم‌آبی در سالیسیلیک اسید و کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید و برهم‌کنش سه‌گانه تنش کم‌آبی در کود در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که محلول‌پاشی کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش تأثیر معنی‌دار داشت و کاربرد آن‌ها موجب افزایش ۱۲ درصدی تعداد خورجین در بوته گردید، تیمارهای A1B2C3 و A1B2C4 به‌ترتیب با میانگین‌های ۹۵/۳۰ و ۹۳/۸۷ تعداد خورجین در بوته در بالاترین کلاس آماری قرار گرفتند و پایین‌ترین کلاس آماری متعلق به کلیه‌ی تیمارهای تنش بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد تنش کم‌آبی موجب کاهش چشم‌گیر تعداد خورجین در بوته شد که دلیل آن احتمالاً نقصان در تولید و عرضه مواد فتوسنتزی در زمان وقوع تنش و کمبود عرضه مواد فتوسنتزی برای تخصیص مناسب به خورجین‌های تولیدشده و در حال رشد و درنتیجه ریزش آن‌ها و کاهش این صفت در گیاه کلزا می‌شود (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۸۹). افشانی و همکاران (۱۳۹۴) در گیاه کلزا گزارش نمودند که عدم آبیاری در مرحله گلدهی و عدم محلول‌پاشی منجر به کاهش تعداد خورجین در بوته شد، اما محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، اثر مثبتی بر تعداد خورجین در بوته داشت. در تحقیق حاضر هم تنش خشکی باعث کاهش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

معنی‌دار تعداد خورجین در بوته گردید که مصرف هم‌زمان کود ریزمغذی به‌همراه غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید.

تعداد دانه در خورجین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده تنش کم‌آبی، سالیسیلیک اسید، کود ریزمغذی در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش دوگانه تنش کم‌آبی در سالیسیلیک اسید و کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر صفت تعداد دانه در خورجین معنی‌دار گردید، اما برهم‌کنش سه‌گانه معنی‌دار نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که کاربرد کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید. تیمارهای A1B2C3 و A1B2C4 به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۵/۶۳ و ۲۵/۳۷ تعداد دانه در خورجین در بالاترین کلاس آماری قرار گرفتند و پایین‌ترین کلاس آماری هم متعلق به کلیه‌ی تیمارهای شرایط تنش به‌استثنای دو تیمار A2B2C3 و A2B2C4 بود که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت (جدول ۶). تنش کمبود آب در مرحله خورجین دهی موجب کاهش جذب مواد پرورده و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده شد که این وضعیت موجب از بین رفتن گل‌ها و درنتیجه افزایش آسیب‌پذیری تشکیل دانه در خورجین در شرایط تنش خشکی می‌شود (هنر و همکاران، ۱۳۹۱). غفاری ملایری و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که مصرف عناصر ریزمغذی موجب افزایش تعداد دانه در ذرت شد. Heidarian و همکاران (۲۰۱۱) در سویا نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. زارعی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد دانه در سویا گردید، اما کاربرد هم‌زمان اسید سالیسیلیک و عنصر روی باعث بیشترین افزایش تعداد دانه (۳۴/۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد) گردید که این افزایش را می‌توان به تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در اثر کاهش عوارض تنش نسبت داد که این نتایج با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌خوانی دارد. به‌طور کلی از نتایج تحقیق حاضر و مقایسه آن با نتایج سایر محققان چنین به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی در مرحله رشد زایشی موجب کاهش تعداد دانه در خورجین شده است، اما کاربرد سالیسیلیک اسید و کود ریزمغذی توانسته اثرات منفی ناشی از تنش را کاهش دهد. می‌توان بیان داشت آهن با اثر بر فعالیت فتوسنتزی سبب افزایش تولید دانه در گیاه شد و عنصر روی نیز با سنتز اسیدهای نوکلئیک باعث اثر در رشد اندام‌های زایشی و سلول‌های مریستمی می‌شود در نتیجه سبب افزایش رشد رویشی و زایشی شد. سالیسیلیک اسید هم تأثیر مثبتی بر تثبیت بیشتر دی‌اکسیدکربن داشته که احتمالاً به علت تأثیر سالیسیلیک اسید در فرایندهای مختلف فتوسنتز شامل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، کارتنوییدها، افزایش کارآیی فتوسیستم II، غلظت و فعالیت بیشتر آنزیم روبیسکو و در نهایت تأمین ATP و NADPH برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسیمیلات می‌باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.47.1.5]

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده تنش کم‌آبی، سالیسیلیک اسید، کود ریزمغذی، برهم‌کنش دوگانه تنش کم‌آبی در کود ریزمغذی و تنش کم‌آبی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید، اما برهم‌کنش سه‌گانه معنی‌دار نشد (جدول ۵). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار A1B2C2 (عدم تنش به‌همراه مصرف کود ریزمغذی و غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) با میانگین ۴/۳ گرم بالاترین وزن هزار دانه را داشت و در غلظت‌های بالاتر از ۰/۵ میلی‌مولار وزن هزار دانه کاهش یافت. تنش کم‌آبی باعث کاهش ۲۷ درصدی وزن دانه‌ها گردید و تیمار A2B1C1 با میانگین ۲/۹۲ کم‌ترین وزن هزار دانه را داشت هرچند که از این لحاظ با تیمارهای A2B1C2 و A2B2C1 اختلاف معنی‌داری نداشت و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۶). در تحقیق حاضر کاربرد هم‌زمان کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت و باعث افزایش ۲۱ درصدی وزن دانه‌ها گردید. به‌نظر می‌رسد تنش کم‌آبی در مراحل گل‌دهی و خورجین دهی از طریق اختلال در فتوسنتز و کاهش سنتز مواد اسیمیلاتی، چروکیدگی و کاهش وزن هزار دانه را موجب شده است. نتایج تحقیقی که در گیاه کلزا انجام شد نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه با ۵/۹ گرم در تیمار محلول‌پاشی با روی و آهن به‌دست آمد، اما کم‌ترین وزن هزار دانه از تیمار عدم محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی به‌دست آمد (Sienkiewicz and Kieloch, 2015). مصرف اسید سالیسیلیک سبب افزایش فتوسنتز برگ و جریان مواد پرورده گیاه و تأمین مواد مورد نیاز برای پر کردن دانه‌ها می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007). مصرف سالیسیلیک اسید در مقایسه با عدم مصرف آن سبب افزایش ۱۷/۵ درصدی وزن صد دانه در گیاه کلزا گردید (کشاورز و مدرس ثانوی، ۱۳۹۳). به‌طور کلی از نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تنش کم‌آبی باعث کاهش چشم‌گیر وزن دانه‌ها شد، اما کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق نقش تنظیم‌کنندگی آن به‌ویژه در شرایط تنش و فراهم بودن عناصر ریزمغذی از طریق تأثیر بر تقسیم و رشد سلولی و انتقال مواد فتوسنتزی باعث افزایش وزن هزار دانه گردیده است.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش کم‌آبی، کود ریزمغذی و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش دوگانه کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید و برهم‌کنش سه‌گانه تنش کم‌آبی در کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که تنش کم‌آبی عملکرد دانه را ۴۱/۷۹ درصد کاهش داد. کاربرد کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید توانست عملکرد دانه را در شرایط عدم تنش ۱۲۸۱/۴ و در شرایط تنش ۱۰۶۴/۹ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۴۴۲۴/۷ کیلوگرم متعلق به تیمار A1B2C4 (عدم تنش + محلول‌پاشی کود ریزمغذی + غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۸۲۹/۸ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار A2B1C1 (تنش کم‌آبی + عدم محلول‌پاشی کود ریزمغذی + عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک) بود، هرچند که با A2B1C2 اختلاف معنی‌دار نداشت و هر دو در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۶). گزارش شده با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت، اما استفاده از اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی در برگ عملکرد دانه را افزایش داد (Gholinejad *et al.*, 2009). هم‌چنین کشاورز و مدرس ثانوی (۱۳۹۳) گزارش دادند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیک کلزا باعث افزایش ۱۳ درصدی عملکرد دانه شد. پاینده و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که با افزایش در سطوح محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن افزایش یافت که همگی این نتایج با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. با توجه به نتایج همبستگی مثبت و معنی‌داری که بین عملکرد دانه با صفات کلروفیل کل، کارتنویید، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۷). به‌طورکلی محلول‌پاشی کود ریزمغذی و سالیسیلیک اسید توانست ضمن افزایش مقاومت به شرایط تنش کم‌آبی، از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه ازجمله افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شرایط مساعدی را برای رشد مطلوب‌تر گیاه، فراهم نموده و با افزایش اجزای عملکرد دانه نهایتاً عملکرد دانه را شرایط عدم تنش ۲۹ و در شرایط تنش ۳۶ درصد افزایش دهد.

جدول ۷: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی آزمایش

	صفات	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X1	کلروفیل کل	۱							
X2	کارتنوئید	۰/۸۱**	۱						
X3	تعداد خورجین در بوته	۰/۷۹**	۰/۹۲**	۱					
X4	تعداد دانه در خورجین	۰/۷۸**	۰/۹۱**	۰/۹۷**	۱				
X5	وزن هزار دانه	۰/۷۳**	۰/۸۱**	۰/۸۱**	۰/۸۰**	۱			
X6	عملکرد دانه	۰/۸۰**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۸۶**	۱		
X7	درصد روغن	۰/۷۸**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۹۷**	۱	
X8	عملکرد روغن	۰/۸۰**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۸۵**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱

(ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشند).

درصد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی تنش کم‌آبی، کود ریزمغذی، اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش دوگانه کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر صفت درصد روغن معنی‌دار گردید، اما

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

برهم‌کنش سه‌گانه معنی‌دار نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد روغن در شرایط تنش نسبت به عدم تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. تیمار A1B2C4 (شرایط عدم تنش + محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) با ۴۶/۰۲ درصد روغن در بالاترین کلاس آماری قرار گرفت و تیمار A2B1C1 با ۳۶/۴۸ درصد کم‌ترین درصد روغن را ایجاد کرد، هرچند که بین این تیمار با تیمارهای A2B1C2 و A2B1C4 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد کم‌تر بودن درصد روغن در شرایط کمبود آب به علت کاهش غلظت روغن دانه از یک سو به‌دلیل کاهش اندازه بذرها و از سوی دیگر به کاهش مقدار کربوهیدرات‌های قابل دسترس برای ارسال به اعضای ذخیره کننده، هم‌چنین کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های سنتز کننده چربی نظیر لیپاز که منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می‌شود مرتبط دانست. نصری و خلعتبری (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، روی، بور و مولیبدن) درصد روغن در کلزا را افزایش دادند. نتایج تحقیقات متعدد حاکی از تأثیر عناصر ریزمغذی بر افزایش درصد روغن می‌باشد (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱؛ Ravi *et al.*, 2008). خیاوی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که کمبود عناصر ریزمغذی روی و آهن می‌تواند باعث کاهش میزان روغن دانه شود. می‌توان بیان داشت در این تحقیق کمبود عناصر ریزمغذی نظیر روی و آهن باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده که منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می‌شود، اما کاربرد عناصر ریزمغذی در کلزا این مشکل تا حدودی برطرف و درصد روغن را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بالجانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند در گیاهانی که بذورشان با سالیسیلیک اسید پیش‌نیاز شده بودند، سالیسیلیک اسید از طریق استفاده بهینه LAI و افزایش میزان استفاده از تشعشعات خورشیدی و افزایش سرعت فتوسنتز خالص باعث افزایش عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن می‌گردد که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد

عملکرد روغن

عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار تنش کم‌آبی، کود ریزمغذی، اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش دوگانه کود ریزمغذی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال پنج درصد بر صفت عملکرد روغن معنی‌دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد روغن در شرایط تنش نسبت به عدم تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. تیمار A1B2C4 (شرایط عدم تنش+ محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) با میانگین ۲۰۳۶/۷۵ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد روغن را داشت و تیمار A2B1C1 با میانگین ۶۶۷/۵۴ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را ایجاد کرد، هرچند که با تیمار A2B1C2 با میانگین ۷۴۹/۲۲ کیلوگرم در هکتار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

اختلاف معنی‌دار نداشت و هر دو در یک کلاس آماری قرار گرفتند. Ahmadi و Bahrani (۲۰۰۹) نشان دادند رژیم‌های مختلف آبیاری روی عملکرد روغن و پروتئین تأثیر معنی‌داری داشته و عملکرد روغن را از ۱۲۶۴ به ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. در این رابطه بالجانی و شکاری (۱۳۹۱) اظهار داشتند که کاهش درصد روغن به موازات اعمال تنش آبیاری بعد از گل‌دهی را می‌توان به کاهش سطح برگ، اختلال در فتوسنتز به‌واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به مقصد یا دانه‌ها، یا افزایش میزان تنفس جهت جلوگیری از صدمات تنش نسبت داد. گزارش شده است که محلول‌پاشی ترکیبی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن کتان گردید (Bakry *et al.*, 2012). نصری و خلعتبری (۱۳۸۷) درکلزا نیز به نتایج مشابهی دست یافتند، که گزارش‌های با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد. مطابق نتایج جدول همبستگی صفات بین صفت مهم عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، به‌نظر می‌رسد که جهت دستیابی به عملکرد دانه مطلوب در کلزا باید از تنش کم‌آبی به‌ویژه در مراحل زایشی گیاه اجتناب شود. به‌طورکلی می‌توان گفت در مطالعه حاضر تنش کم‌آبی در طول رشد زایشی کلزا عمدتاً باعث کاهش کلروفیل کل، کارتنوئیدها، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن گردید؛ اما محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی توانست ضمن افزایش مقاومت به شرایط تنش کم‌آبی، از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه ازجمله افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شرایط مساعدی را برای رشد مطلوب‌تر گیاه، فراهم نموده و با افزایش اجزای عملکرد دانه نهایتاً عملکرد دانه را در شرایط عدم تنش ۱۲۸۱/۵ کیلوگرم (۲۹ درصد) و در شرایط تنش ۱۰۶۴/۹ کیلوگرم(۳۶ درصد) افزایش دهد. برای یک هکتار ۴۰۰ لیتر از محلول ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید نیاز است که معادل ۸۲ گرم سالیسیلیک اسید خالص می‌باشد. در حال حاضر قیمت یک کیلوگرم سالیسیلیک اسید درجه یک با برند مرک آلمان ۲۸۵ هزار تومان می‌باشد، هزینه تهیه محلول ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید برای هر بار استفاده حدود ۲۳ هزار تومان می‌باشد. همچنین برای تهیه ۴۰۰ لیتر از محلول کود ریزمغذی با نسبت ۲ در هزار به مقدار ۸۰۰ گرم کود ریزمغذی نیاز است که قیمت آن حدود ۶۰ هزار تومان می‌باشد. با در نظر گرفتن هزینه محلول‌پاشی با تراکتور که به ازای هر باک ۵۰ هزار تومان است، جمع تمامی هزینه‌ها معادل ۲۵۶ هزار تومان می‌باشد. در سال ۹۶ نرخ خرید تضمینی یک کیلوگرم دانه کلزا ۲۷۸۳ هزار تومان تعیین شد. افزایش عملکرد دانه که به دنبال کاربرد این ترکیبات حاصل شد، در شرایط تنش ۲۹۶۴۰۰۰ هزار تومان و در شرایط عدم تنش ۳۵۶۶۰۰۰ هزار تومان سود عاید کشاورز می‌کند که استفاده از این ترکیبات را از لحاظ اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر می‌کند. لذا استفاده از کود ریزمغذی فرتی‌میکس سه‌گانه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

(آهن+روی+منگنز) با غلظت ۲ در هزار به‌همراه غلظت یک‌ونیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید جهت کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی و حصول عملکرد مناسب توصیه می‌گردد.

منابع

افشانی، س.، امیر نیا.ر. و هادی. ه. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پائیزه در شرایط کم آبیاری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۱): ۵۲-۴۳.

بالجانی، ر.، و شکاری، ف. ۱۳۹۱. اثر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط و شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. مجله کشاورزی و تولید پایدار. ۱: ۵۶-۶۳.

پاینده، خ.، مجدم، م. و درودگر، ن. ۱۳۹۷. کاربرد عناصر ریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی کلزا در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۱۰. ۳۸(۳):۲۳-۳۷.

حیدری. ا.، بیژن زاده، ا.، نادری، و. و امام، ی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی پایان فصل و سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و سایه‌انداز گیاهی در دو رقم کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۷. ۲۷(۳): ۳۷-۵۳.

خادمی، ز.، رضایی. ح.، ملکوتی. م. ج. و پ. مهاجرمیلانی. ۱۳۷۹. تغذیه بهینه کلزا گامی مؤثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت روغن (توصیه کودی برای تولید کنندگان کلزا در خاک‌های کشور). نشریه شماره ۱۴۲. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ص ۳۱.

خیاوی، م.، خورشیدی بنام، م.ب.، اسماعیلی آفتابدری، م.، آذرآبادی، س.، فرامرزی، ع.، عمارت پرداز، ج. ۱۳۸۹. تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و بور بر عملکرد و برخی صفات کیفی دانه دو رقم کلزا. مجله دانش آب‌وخاک. ۲۰(۳):۴۵-۳۱.

زارعی. ز.، دانشیان، ج. و خورگامی، ع. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی روی و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم‌آبی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۴).۷۳۴-۷۲۳.

شوقیان، م. و روزبهانی، آ. ۱۳۹۶. اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۹-۳۴(۱): ۱۳۱-۱۴۷.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

شیرانی راد، ا.، نعیمی، م. و نصر اصفهانی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به تنش خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا. مجله علوم زراعی ایران. ۱۲(۲):۱۱۲-۱۲۶.

علیزاده، ا. ۱۳۸۱. خشکسالی و ضرورت مدیریت در مصرف آب. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی. شماره ۳: ۳- ۷.

غفاری ملایری، م.، اکبری، غ.ع.، و محمد زاده، آ. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت به کاربرد خاک مصرف و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۲۰. ۱۰: ۳۷۳-۳۶۸.

فرجام. ف.، رخزادی، ا.، محمدی، ه. و قلعه شاخانی، س. ۱۳۹۳. اثر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.۶. (۲۲): ۱۴-۱.

فتحی، ق.، و قلی زاده، م. ع. ۱۳۸۹. تأثیر استرس خشکی در مراحل رشد بر عملکردهای دانه و روغن ارقام کلزا. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۲(۸): ۹۷-۱۱۴..

کشاورز، ح. و مدرس ثانوی، س.ع. م. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا. نشریه تولید گیاهان زراعی جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۳۹: ۱۶۱-۱۷۱.

کمرکی، ح. و گلوی. ۱۳۹۱. م. ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی.۳(۳): ۲۰۶-۲۰۱.

محمدی. ح.، جواد زاده، ر.، پاسبان اسلام، ب. و پرویز، ل. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک چهار رقم کلزای بهاره. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران.۱۴. ۴.(۴): ۸۰۷-۸۱۹.

نصری، م. و خلعتبری، م. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر غلظت محلول‌پاشی ریزمغذی بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام کلزا در منطقه ورامین .فصلنامه دانش کشاورزی ایران.۲,۵: ۲۱۳-۱۰۷.

هدایت پور، ر.، موحدی دهنوی، م.، خادم حمزه، ح. ر. و مرشدی، س. م. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا رقم طلایه در منطقه زرقان فارس. نشریه تولید گیاهان روغنی. ۱(۱):۴۳-۳۳.

هنر، ت.، ثابت سروستانی، ع.، شمس، ش.، سپاس خواه، ع. ر. و کامگار حقیقی، ع. ا. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (رقم طلایه). مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۴):۳۳۲-۳۲۰.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

Ahmadi, M. and. Bahrani, M.J. 2009. Yield and Yield Components of Rapeseed as Influenced by Water Stress at Different Growth Stages and Nitrogen Levels. Am Eurasian Journal of Agriculture Environmental Sciences. 5 (6): 755-761.

Amal, A. M. and Aly, A. A. 2008. Alteration of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants growth under seawater salt stress. American eurasian Journal of Science Research, 3, 139-146.

Bakry, B.A., Tawfik, M. M., Mekki, B. B, and Zeidan, M. S. 2012. Yield and yield components of three flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.)in response to foliar application with Zn, Mn and Fe under newly reclaimed sandy soil conditions Am Eurasian Journal of Agriculture Environmental Sciences. 12: 1075-1080.

Curie, C. and Briat J. F. 2003. Iron transport and signaling in plants. Annual Review of Plant Biology, 54, 183-206.

Din, J., Khan, S. U., Ali, I, and Gurmani, A. R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences 21 (1): 78-82.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D, and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Fanaei, H.R., Ghanbari, A., Akbarimoghadam, H., Galaviand, M. and Narouei Rad, M.R. 2009. Assessment of the yield components and some agronomic traits ofrapeseed spring genotypes in Sistan region. Pajouhesh and Sazandegi. 79: 36-44. (in Persian).

FAO. 2013. Food outlook. Global Market Analysis. Availablein: http: //www. fao. Food outlook. Com. (accessed march 2014).

Gholinejad, E., Aeenehband, A. Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I. and Rezae, H. 2009. Evaluation of Effective Drought Stress on Yield, Yield components and harvest index of Sun flower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population in Urmieh Climate Conditions. Journal of Plant Production, 16(3), 1-27. [In Persian].

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: a plant hormone. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18:137-145.

Heidarian, A.R., H. Kord., K.H. Mostafavi., A.P. Lak, and F. Amini Mashhadi. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L.) at different growth stages. Journal of Agricuitural Biotechnology. and Sustainable Devlopment. 3: 189 -197.

Heidari, M. and Karami, V. 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield,nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. Journal Saudi Society of Agric. Scienes. 13: 9-13.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

Idrees, M., Khan, M. A., Naeem, M., Aftab, T., Hashmi, N. and Alam, M. 2011. Modulation of defence responses by improving photosynthetic activity, antioxidative metabolism and vincristine and vinblastine accumulation in (Catharanthus roseus L.) Don through salicylic acid under water stress. Russian Agriculture Sciences. 37: 474-482.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R, and Panneerselvam, R. 2009. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in Catharanthus roseus exposed to water deficit. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 59: 150-157.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.

Pirasteh-Anosheh, h., Ranjbar, G., Emam, Y. and Sepaskhah, A.R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salisylic acid under saline conditions. International Journal of Plant Production.4(3):467-486.

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N. S., Patil, B. N. and Dharmatti, P. R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal Agriculture Sciences.32: 382-385.

Sienkiewicz-Cholewa, U. and Kieloch, R. 2015. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). Plant Soil Environ. 4 (61): 164-170.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]

Investigating the possibility of reducing the quantitative and qualitative damage of rapeseed in Neptune cultivars in water deficit stress conditions by applying foliar application of salicylic acid and micronutrients

Y. Mir[*1], M. Daneshvar[2], A. Esmaili[3]

1) Ph.D. Student, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
2) Assistant professor Faculty of Agriculture Lorestan University, Khorramabad, Iran.
3) Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

[*]**Correspondence author: Younesmir80@Yahoo.com**

This article is extracted from Ph.D. thesis.

Received date: 2020.02.22 **Accepted date: 2020.06.15**

Abstract

To evaluate investigating the possibility of reducing the quantitative and qualitative damage of rapeseed in Neptune cultivar due to water deficit stress by applying foliar application of salicylic acid and micronutrients in Khorramabad (Iran) climate, an experiment was conducted as split plot factorial in a randomized complete blocks design with three replications at Lorestan University college of agriculture (crop season, 2016-2017). Irrigation at two levels of 20 and 70% of field capacity was applied in the main plots and combinations of micronutrients (B1: non-spraying, B2: spraying at a concentration of 2 per thousand proportion) and salicylic acid (concentrations of 0, 0.5, 1 and 1.5 mM) were applied in sub-plots. The results showed that the simple effects of water deficit, micronutrients fertilizer and salicylic acid on all test traits were significant. The effect of triple interaction on number of pods per plant, seed yield, oil yield and Carotenoids were significant. The highest seed yield and oil yield were obtained with an average of 4424.7 and 2036.7 kg/ha in the optimal irrigation treatment and foliar application of foliar fertilizer (with a concentration of 2 per thousand) and salicylic acid with a concentration of 1.5 mM, respectively. Water deficit stress reduced total chlorophyll, carotenoids, number of stalks per plant, number of seeds per stalk, weight of thousand seeds, grain yield, oil percentage and oil yield by 14, 28, 20, 17, 27, 42, 42, 14 and 49 percent, respectively. However, salicylic acid solution and micronutrients were able to increase resistance to water deficit stress conditions by improving the growth and physiological characteristics of the plant, including increasing photosynthetic pigments and providing favorable conditions for better plant growth under non-stress condition increase by 29% (1281.5 kg/ha) and under stress conditions increase by 36% (1064.94 kg/ha). Therefore, a triple micronutrient fertilizer (iron + zinc + manganese) with a concentration of 2 per thousand is recommended along with a concentration of 1.5 mM of salicylic acid to reduce the negative effects of water deficit stress and achieving acceptable yield.

Keywords: Carotenoids, Chlorophyll, Foliar feeding and Yield components.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.1.5]