اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

مجتبی یوسفی‌راد[1*] و مهدی شریفی[2]

۱ و ۲) گروه زراعت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران.

* نویسنده مسئول: m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی، یک آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل آبیاری در سه سطح، آبیاری کامل در فصل رشد (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تشکیل طبق بود. عامل فرعی محلول‌پاشی بوته‌های گلرنگ شامل عدم‌محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلک، محلول‌پاشی با سلنیوم و محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلک همراه با سلنیوم در نظر گرفته شد. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه شد، ولی درصد پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پرولین را افزایش داد، همچنین بیش‌ترین اثر منفی تنش خشکی در مرحله گلدهی مشاهده شد، به‌طوری‌که تنش مرحله گلدهی سبب افت ۴۹ درصدی عملکرد دانه و ۳۳ درصدی زیست توده گلرنگ شد. محلول‌پاشی سبب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و فعالیت سوپراکسید دسموتاز نسبت به عدم‌محلول‌پاشی (شاهد) شد. البته بین تیمارهای محلول‌پاشی در عملکرد دانه و فعالیت سوپراکسید دسموتاز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک با ۷۱۹۸ Kg/ha، بیش‌ترین زیست توده را نشان داد. محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش و تنش خشکی سبب افزایش درصد روغن دانه شد، به‌طوی‌که در آبیاری کامل و تنش مرحله گلدهی به‌ترتیب محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک با ۲۴ درصد و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک با سلنیوم با ۲۸درصد، بیش‌ترین درصد روغن را دارا بودند. تیمارهای محلول‌پاشی موجب افزایش میزان پرولین در شرایط تنش نسبت به شاهد شد و در تنش مرحله گلدهی، محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم با ۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه بیش‌ترین میزان پرولین را نشان داد.

واژه های کلیدی: عملکرد دانه، درصد روغن، پرولین و گلرنگ.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

مقدمه

بیش از ۹۰ درصد روغن گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسید لینولئیک و اسید اولئیک تشکیل شده، بنابراین کیفیت بالایی داشته و می‌تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی داشته باشد (Weinberg *et al*., 2005). گلرنگ گیاهی با ریشه اصلی عمیق و اکثراً دارای برگ‌های خاردار است که این دو ویژگی باعث افزایش توانایی تحمل به خشکی و گرما در گیاه می‌شوند (پورداد و همکاران، ۱۳۷۸). کمبود آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید در گیاهان زراعی می‌باشد (Munns, 2002). کمبود آب اغلب اولین عامل محدود کننده برای تولید گیاهان زراعی در شرایط خشک و نیمه خشک شناخته می‌شود (Hussain *et al*., 2004). در تحقیقی بیان شد برخورد مراحل زایشی کلزا با تنش خشکی، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد نظیر تعداد خورجین در گیاه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و درصد روغن شد و نهایتاً عملکرد دانه و روغن کاهش یافت (Ma *et al*., 2006). اثر خشکی بر درصد پروتئین نیز متفاوت بوده، ولی برخی گزارش‌ها افزایش درصد پروتئین دانه کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش خشکی را بیان نموده‌اند (Rahnema and Bakhshande, 2006). همچنین بیان شده فعالیت آنزیم سوپراکسی دیسموتاز در ارقام مختلف گندم (*Triticum aestium* L.) با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافت (Lascano *et al*., 2001). سلنیوم (Se) عنصری مفیدی برای گیاهان است، ولی ضروری بودن آن برای رشد و نمو گیاهان ثبات نشده است (Broadley *et al*., 2012). عناصر مفید هرچند به طور مستقیم در متابولیسم گیاهان و تکمیل چرخه زندگی آن‌ها دخالت ندارند، ولی در بهبود رشد رویشی و زایشی به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی و یا زیستی نقش دارند (Hajiboland, 2012). در پژوهشی بیان شد کاربرد سلنیوم در شرایط تنش خشکی اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن ارقام کلزا داشت (Zahedi *et al*., 2009). محلول‌پاشی سلنیوم در شرایط تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه کلزا شد (Pazoki *et al*., 2010). نتایج پژوهشی نشان داد محلول‌پاشی سلنیوم به‌میزان ۱۹ گرم در هکتار، اثر منفی تنش خشکی در ارقام آفتابگردان را تعدیل کرد و سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز، گلوتاتیون‌پراکسیداز، سوپراکسیددسموتاز) را افزایش داد و در نتیجه سبب افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۴۷ درصد شد (دادنیا، ۱۳۹۱). اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی دارد و یک ترکیب فنلی شبه هورمون می‌باشد که به عنوان یک تنظیم کننده داخلی نقش مهمی در سازوکارهای دفاع در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده بازی می‌کند (Hayat *et al*., 2010; Dawood *et al*., 2012). اسید سالیسیلیک یک آنتی‌اکسیدان محلول در آب است که صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاهان را کاهش می‌دهد (Noreen and Ashraf, 2008; Vaisnad and

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

Talebi, 2015). نتایج پژوهشی نشان داد کاربرد ۱۰ میکرومول اسیدسالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در پاسخ به تنش در *Brassica juncea* شد (Yusuf *et al*., 2008). در پژوهشی دیگر دیده شد تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن گلرنگ شد، از سوی دیگر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) توانست وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را بهبود بخشد و محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک مناسب‌تر بود (فرجام و همکاران، ۱۳۹۳). همینطور محلول‌پاشی یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در شرایط بدون تنش و دو میلی‌مولار در شرایط تنش خشکی سبب افزایش عملکرد کلزا شد و محلول‌پاشی دو میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک توانست تا ۱۳ درصد کاهش عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی را جبران کند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴). محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی ماکرو و رنگدانه‌های فتوسنتزی، سبب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) گردید (نعمت اللهی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه خشکی و کم آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده و مصرف منابع، انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی در جامعه افزایش می‌یابد، بنابراین تحقیق حاضر بر افزایش تحمل گلرنگ به تنش خشکی با مدیریت زراعی تاکید دارد. در این بین، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عناصر مفید در بهبود و تعدیل آثار تنش خشکی، می‌تواند یک مدیریت زراعی مناسب محسوب شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر اسیدسالیسیلک به عنوان یک شبه هورمون و سلنیوم به عنوان یک عنصر مفید، جهت کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه‌ای شخصی واقع در شهرستان ساوه صورت پذیرفت. شهرستان ساوه در عرض جغرافیایی۳۵ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی حدود۵۰ درجه و ۲۱ درجه شرقی با ارتفاع ۱۰۴۵ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بلند مدت بارش منطقه حدود ۲۰۶ میلی‌متر در سال است که عمدتا از ماه‌های مهر تا اردیبهشت می‌بارد. در دوره‌های اعمال تنش، بارندگی رخ نداد که قابل ذکر باشد. کرت اصلی در این آزمایش تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری کامل (آبیاری هر هفت روز یک‌بار)، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تشکیل طبق‌ها بود و محلول‌پاشی به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح شامل عدم‌محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلک، محلول‌پاشی با سلنیوم و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلک همراه با سلنیوم بود. به منظور محلول‌پاشی در مراحل ساقه‌دهی و ابتدای گلدهی از ۱۵۰ میکرومولار اسیدسالیسیلک و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

استفاده شد. جهت محلول‌پاشی از سمپاش بادی پشتی استفاده شد. میزان پاشش به اندازه‌ای انجام گرفت که تمام برگ‌ها کاملاً خیس شده و قطرات محلول از برگ‌ها به طرف زمین ریزش پیدا می‌کرد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های خاک مزرعه محل آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	درصد مواد خنثی شونده	کربن الی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفرقابل جذب (قسمت در میلیون)	پتاسیم قابل حذب (قسمت در میلیون)	آهن قابل جذب (قسمت در میلیون)	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
۳/۴۶	۸/۰۴	۱۲/۲۲	۲/۳۴	۱/۴	۱۷/۹	۱۸۴	۱/۲۸	رسی ـ لومی	۳۰-۰

به منظور آماده‌سازی زمین، آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و پس از گاورو شدن به وسیله گاو آهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس به منظور خرد شدن کلوخه‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین دیسک و ماله زده شد. کوددهی بر اساس آزمون خاک صورت گرفت. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و برای حصول تراکم ۴۰ بوته در متر مربع فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به ابعاد ۳×۲ بود. برای جلوگیری از نفوذ جانبی آب بین کرت‌ها دو متر و بین تکرارها چهار متر فاصله در نظر گرفته شد. در این تحقیق از بذور گلرنگ رقم گلدشت بدون خار استفاده شد که از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش دانه‌های روغنی تهیه شده بود. برای کشت، ابتدا بذور با قارچ کش کاپتان (۰/۰۰۲) ضدعفونی شدند. کاشت به صورت دستی و کپه‌ای صورت پذیرفت و بذور تهیه شده در عمق ۵-۳ سانتی‌متری کشت شد. آبیاری اولیه بلافاصله پس از کاشت انجام شد و در مرحله ۶-۴ برگی به منظور تراکم مورد نیاز، مزرعه تنک شد. در هر کرت، دو خط کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای پشته‌ها، جهت حذف اثر حاشیه‌ای برداشت نشدند. در زمان رسیدگی، برای تعیین صفات مورد نظر از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. برداشت مزرعه به صورت کف‌بری و به روش دستی و حذف حاشیه‌ها صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری روغن دانه ابتدا سه گرم از دانه‌های گلرنگ توزین شده و توسط دستگاه سوکسله روغن آنها استخراج شد و درصد روغن دانه‌ها محاسبه شد (Zhang *et al.*, 2011). به منظور محاسبه درصد پروتئین دانه، ۳۰ گرم از نمونه توزین شد و نیتروژن کل دانه نیز توسط دستگاه کجلدال (Auto Analyzer 2300 شرکت Foss) به دست آمد و در نهایت میزان نیتروژن در ضریب ۵/۴۵ ضرب شده و از این طریق درصد پروتئین دانه مشخص شد (Zhang *et al.*, 2011). برای اندازه‌گیری میزان پرولین، ۰/۵ گرم از بافت برگی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسیدسولفوسالیسیلیک سه درصد به وسیله هاون خرد و یکنواخت شد.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

سپس دو میلی‌لیتر اسید استیک و دو میلی‌لیتر ناین هیدرین به دو میلی‌متر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از آن برای پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزماش در داخل یک بستر یخی قرار گرفته و چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. نهایتاً از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد و با کمک منحنی استاندارد به‌دست آمده از غلظت‌های مختلف پرولین، میزان آن برحسب میکرومولار بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (Bates *et al*., 1973). برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، یک گرم نمونه برگ منجمد در هاون چینی خرد و هموژن شد و سه میلی لیتر محلول واکنش به آن اضافه شد و در لوله آزمایش جهت قرائت میزان فعالیت آنزیم ریخته شد. مخلوط واکنش برای سنجش فعالیت آنزیم شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، متیونین ۰/۰۱۳ مولار، EDTA ۰/۱ میکرومولار و ریبوفلاوین دو میکرومولار می‌باشد که در تاریکی کامل نگهداری می‌شود. در انتها از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر استفاده شد (Giannopolitis and Ries, 1977). برداشت جهت بررسی صفات بیوشیمیایی، با توجه به زمان اعمال تنش خشکی، در مرحله تشکیل دانه‌ها صورت گرفت. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد اثر تنش خشکی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار شد و اثر محلول‌پاشی بجز صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و درصد روغن بر سایر صفات معنی‌دار شد اما برهمکنش فاکتورهای تحقیق تنها بر میزان پرولین و درصد روغن معنی‌دار شد.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد روغن	درصد پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین
بلوک	۲	۴/۱^{ns}	۱۶/۹۱**	۱۲/۳۱^{ns}	۲۵۶۳۶۷/۳^{ns}	۱۳۶۸۹۴۱۹/۶**	۴۴**	۲۶/۶۲**	۱۲۵۵۸/۰۲*	۱۷/۶۵*
تنش‌خشکی (a)	۲	۳۵/۹۸**	۱۳۲/۶۴**	۶۱/۱۹*	۶۲۰۱۴۹۴/۴**	۲۳۱۱۲۶۹۲/۸**	۱۷/۴۹*	۱۱/۵۸*	۴۶۹۵۳/۴**	۴۳/۷**
اشتباه اصلی	۴	۱/۹	۰/۲	۱۴/۰۶	۱۰۷۰۸۳/۷	۴۹۴۸۴۱/۷	۱/۲۲	۱/۲۲	۲۶۶۴/۵	۱/۵۳
محلول‌پاشی (b)	۳	۵/۶*	۱۲/۲۶^{ns}	۴۲/۲۷*	۵۷۶۰۵۴/۸^{ns}	۲۸۹۹۵۵۰/۸*	۸/۱۶^{ns}	۸/۳۱*	۲۲۸۴۶/۹۸*	۵/۵۴*
a*b	۶	۲/۱۴^{ns}	۴/۲۹^{ns}	۱۰/۷۸^{ns}	۱۴۲۶۷۰/۴^{ns}	۲۷۲۳۸۸/۸^{ns}	۹/۴۷*	۱/۰۳^{ns}	۲۹۲۶/۴۷^{ns}	۷/۴۷*
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۷۹	۳/۸۲	۴/۰۵	۱۰۶۷۴۶/۹۶	۱۹۱۲۰۹/۶۲	۱/۳۶	۱/۰۳	۳۲۰۸/۴	۰/۶۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۲۴	۱۴/۲۹	۶/۳۶	۱۵/۷۴	۶/۴۶	۸/۴۲	۸/۱	۱۴/۰۱	۱۰/۵۹

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد ns : عدم اثر معنی‌دار.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

تعداد طبق در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). قطع آبیاری در مراحل گلدهی و تشکیل طبق سبب کاهش تعداد طبق به میزان ۴۳/۳ و ۳۰/۸ درصد شد (جدول ۳). با محلول‌پاشی تعداد طبق در بوته نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایش یافت، البته بین اسید سالیسیلیک، سلنیوم و کاربرد توام اسید سالیسیلیک با سلنیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). از دلایل کاهش تعداد طبق در اثر تنش خشکی می‌توان به اثر تنش خشکی بر تقسیم سلول‌های تخمک اشاره کرد (شاه‌مرادی و همکاران، ۱۳۸۸). احتمالاً کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در جریان تنش، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای طبق‌ها و در نتیجه ریزش طبق‌ها می‌شود (Rao and Mendham, 1991). اعمال تنش خشکی بعد از تشکیل طبق‌های اولیه اثر کمی بر تعداد طبق خواهد داشت و بیش‌تر طبق‌های دومینه و فرعی که نقش کم‌تری در عملکرد دارند خسارت می‌بینند (Dajue and Hundel, 1996). در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد تنش در مرحله گلدهی بیش از تنش مرحله تشکیل طبق سبب کاهش تعداد طبق در بوته شد. تنش خشکی با کاهش ذخائر مواد هیدروکربنی، نمو دانه در درون طبق‌ها را تحت اثر قرار داده و باعث سقط دانه‌ها و کاهش تعداد دانه شد (Mohammad *et al*., 2007). در تحقیقی بر لوبیا قرمز، افزایش تعداد غلاف در بوته تحت محلول‌پاشی ۰/۷ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم محلول‌پاشی گزارش شد (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶). همچنین در تحقیقی دیگر بیان شد محلول‌پاشی کلزا با ۱۵ و ۳۰ گرم سلنیوم، افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن را سبب شد (Zahedi *et al*., 2009).

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. اما اثر محلول‌پاشی و برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر تعداد دانه در طبق معنی‌داری نشد (جدول ۲). قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل طبق به ترتیب موجب کاهش ۳۵/۳۷ و ۲۹/۸۲ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به شاهد شد که نشان از خسارت بیش‌تر در تنش مرحله گلدهی بود (جدول ۳). محلول‌پاشی سبب افزایش تعداد دانه در طبق نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد، به‌طوری‌که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی سلنیوم با میانگین ۱۴/۶۱ و ۱۴/۷۱ دانه در طبق، افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۴). در تحقیقی بیان شد اعمال تنش خشکی سبب کاهش تعداد دانه در طبق گلرنگ (*Cartamus tinctorious* L.) شد و هر چه زمان تنش به گلدهی نزدیک‌تر شد این خسارت بیش‌تر است. اعمال تنش بعد از گلدهی (مرحله تشکیل طبق) خسارت کمتری بر این صفت داشت (کافی و رستمی،

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

۱۳۸۶). در این تحقیق دیده شد بین تنش مرحله گلدهی و تشکیل طبق در تعداد دانه در طبق تفاوت معنی‌داری دیده نشد. در تحقیقی بیان شد اسید سالیسیلیک می‌تواند مانند یک تنظیم کننده رشد نخود در شرایط تنش خشکی عمل کند. سپس بیان شد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار، با بهبود فتوسنتز گیاه و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش پرولین و کربوهیدرات محلول در ارقام مختلف نخود باعث تحریک رشد ارقام مختلف نخود شد (Vaisnad and Talebi, 2015). در تحقیقی دیگر مشاهده شد محلول‌پاشی گندم با ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم سبب بهبود اجزاء عملکرد گندم مانند تعداد دانه به میزان ۳۷ درصد شد و در شرایط تنش فلز سنگین کادمیوم(۳۵۰ و ۷۰۰میکرومولار)، افزایش ۳۸ و ۷۷ درصدی در تعداد دانه ایجاد کرد (دریایی و همکاران، ۱۳۹۳).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مشخص کرد اثر اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). تنش خشکی در مرحله گلدهی و تشکیل غوزه، وزن هزار دانه را به میزان ۱۳/۳۱ و ۵/۵۹ درصد نسبت به شاهد تقلیل داد (جدول ۳). محلول‌پاشی سبب افزایش وزن هزار دانه نسبت به عدم محلول‌پاشی شد، به‌طوری که بیش‌ترین افزایش به میزان ۱۸/۱۴ درصد نسبت به شاهد در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم به‌دست آمد. البته محلول‌پاشی با سلنیوم و محلول پاشی با اسید سالیسیلک نیز نسبت به عدم محلول‌پاشی سبب افزایش وزن هزار دانه شدند و به‌ترتیب افزایش ۱۰ و ۱۲ درصدی را ایجاد کردند (جدول ۴). وزن دانه تابع سرعت و طول دوره پر شدن دانه است که از دو منبع فتوسسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰) و در شرایط تنش خشکی، به دلیل کاهش جذب آب و املاح علاوه بر کاهش فتوسنتز، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی دچار نقصان می‌شود و از طرف دیگر، مدت زمان پر شدن دانه به دلیل پیری زودرس برگ‌ها کاهش می‌یابد که تمامی این عوامل به کاهش وزن هزار دانه می‌انجامد (Zahedi *et al*., 2009). در تحقیقی کاهش ۳۰ درصدی وزن هزار دانه سویا در اثر تنش خشکی (بودن آبیاری در طول فصل) گزارش شد (امینی و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی دیده شد مصرف ۰/۵ مبلی مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش طول، وزن ریشه و ساقه از طریق جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها در ریشه و افزایش فتوسنتز برگ‌های جو شد و در نتیجه اثر تنش بر گیاهچه جو را کاهش داد (Metwally *et al*., 2003). همچنین محلول‌پاشی سلنیوم (۱۰ میلی‌گرم) سبب افزایش فعالیت زنجیره انتقال الکترون در برگ‌های گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*) شده و در نتیجه رشد رویشی و رشد دانه را بهبود می‌بخشد (Ozbolt *et al*., 2008).

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر محلول‌پاشی و برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌داری نشد (جدول ۲). با قطع آبیاری، از عملکرد دانه کاسته شد، به‌نحوی‌که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل طبق به‌ترتیب کاهش ۴۹ و ۳۵ درصدی عملکرد نسبت به شاهد را سبب شد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۸۷۲/۵۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد و کم‌ترین عملکرد دانه (۱۴۷۶/۷۷ کیلوگرم در هکتار) در قطع آبیاری در مرحله گلدهی رخ داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت اثر فاکتور محلول‌پاشی نشان داد (جدول۴) محلول‌پاشی، عملکرد دانه را نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایش داد. البته بین محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، سلنیوم و اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. تنش خشکی به دلیل خسارت به اجزای عملکرد از جمله تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد دانه شد. در تحقیقات دیگر نیز کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی، گزارش شده است (کافی و رستمی، ۱۳۸۶؛ ظفری و همکاران، ۱۳۹۶). اسید سالیسیلیک در غلظت کم ($۱۰^{-۵}$ میلی‌مولار) با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز)، سبب بهبود پارامترهای رشد گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی شد (Hayat *et al*., 2008). اسید سالیسیلیک از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای، سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی شده و با افزایش رنگدانه‌های برگ سبب افزایش فتوستنز گیاه شد (Hayat *et al*., 2010). این افزایش فتوسنتز می‌تواند در نهایت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را سبب شود، اما احتمالاً سلنیوم با اثر تنظیمی بر آنزیم‌های موثر در سنتز و هیدرولیز ساکارز (اینورتاز، ساکارز سنتاز و ساکارز فسفات سنتاز) و آنزیم‌های هیدرولیزکننده نشاسته (آمیلازها)، میزان تولید نشاسته و ساکارز را افزایش داده و از این طریق پیش‌ماده لازم برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را فراهم می‌کند (Malik *et al*., 2011). همانند نتایج پژوهش حاضر، در تحقیقی بیان شد مصرف ۳۰ گرم در هکتار سلنیوم در شرایط تنش خشکی، از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش جذب آب ریشه‌ها، کاهش تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد کدوی پوست کاغذی در شرایط تنش خشکی شد (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۱). دادنیا (۱۳۹۱) افزایش ۴۷ درصدی عملکرد ارقام مختلف آفتابگردان را در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی با محلول‌پاشی ۱۹ گرم در هکتار سلنیوم گزارش کرد.

عملکرد بیولوژیک

اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد، ولی برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی اثر معنی‌دار بر عملکرد بیولوژیک نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

میانگین عملکرد بیولوژیک تحت اثر فاکتور تنش خشکی در جدول ۳ نشان می‌دهد با قطع آبیاری عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تنش خشکی در مراحل گلدهی و تشکیل طبق به‌ترتیب سبب کاهش ۳۳/۱ و ۲۱/۳ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلک موجب افزایش ۲۰/۳ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد که البته با محلول‌پاشی توام سلنیوم و اسید سالیسیلک در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۴). در تحقیقات محققان دیگر نیز کاهش عملکرد بیولوژیک و زیست توده گلرنگ تحت تنش خشکی گزارش شده است (ظفری و همکاران، ۱۳۹۶). اسید سالیسیلیک، طویل شدن و تقسیم سلولی را همراه با هورمون‌هایی مانند اکسین تنظیم می‌کند که منجر به افزایش ماده خشک و ارتفاع بوته در شرایط تنش می‌شود (Hayat and Ahmad, 2007). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (به‌میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با افزایش فتوسنتز در ارقام آفتابگردان، سبب بهبود رشد آفتابگردان در شرایط تنش شوری شد و در نتیجه زیست توده گیاهی را افزایش داد (Noreen and Ashraf, 2008). در تحقیقی دیگر نیز افزایش رشد گیاه جو در شرایط تنش در حضور یک و ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک گزارش شد (مهدویان، ۱۳۹۶). مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم با بهبود میزان کلررفیل برگ ارقام گندم (به‌طور متوسط ۲۵ درصد) و کاهش نشت یونی، سبب بهبود ۸۲ و ۳۶درصدی وزن تر گیاه در شرایط عدم تنش و تنش شد (دریایی و همکاران، ۱۳۹۳).

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر تنش خشکی و برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر درصد روغن دانه معنی‌دار شد، اما اثر محلول‌پاشی معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد روغن دانه در واکنش به تنش خشکی با محلول‌پاشی حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری کامل فقط محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (۲۴/۸ درصد روغن)، درصد روغن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). در تنش خشکی مرحله گلدهی، محلول‌پاشی با سلنیوم و محلول‌پاشی سلنیوم همراه با اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری را نسبت به عدم محلول‌پاشی بر درصد روغن دانه ایجاد کردند و به‌ترتیب ۲۲/۸ و ۲۴/۱ درصد روغن داشتند. ولی در تنش خشکی مرحله تشکیل طبق، تنها محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک با ۲۳/۱ درصد روغن، نسبت به عدم محلول‌پاشی در این مرحله دارای درصد روغن دانه بیش‌تری بود. دانه محل تجمع روغن است و هر تیماری که سبب کاهش تجمع مواد فتوسنتزی در دانه شود، درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد (Lopez Pereira *et al*., 2000). احتمالاً تنش خشکی با کاهش ظرفیت دانه در جذب اسیمیلات‌ها و تبدیل آن‌ها به روغن، باعث اثر منفی بر درصد روغن دانه شده است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۱). البته بین دو تنش در مراحل گلدهی و تشکیل طبق تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و تنش مرحله تشکیل طبق نیز با

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در منابع نیز دلیل اثرپذیری اندک درصد روغن به تنش خشکی را به‌این دلیل دانسته‌اند که درصد روغن یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و احتمال آسیب همه آنها از تنش خشکی بعید می‌باشد (توکلی، ۱۳۸۱). در تحقیقی مشاهده شد محلول‌پاشی ۳۰ گرم در لیتر سلنیوم سبب افزایش درصد روغن ارقام کلزا از ۴۱/۹ به ۴۲/۳شد و ۹ درصد عملکرد روغن را افزایش داد (داودی و همکاران، ۱۳۹۵).

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده تنش خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت (جدول ۲). با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی، درصد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد، ولی تنش خشکی در مرحله تشکیل طبق اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین نسبت به شاهد نداشت (جدول ۳)، در واقع درصد پروتئین واکنشی متفاوت و برعکس درصد روغن که کاهشی بود، نشان داد. تیمار اسیدسالیسیلیک اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت، ولی کاربرد سلنیوم و همینطور مصرف تؤام اسیدسالیسیلیک و سلنیوم موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد شد. همچنین بیش‌ترین مقدار درصد پروتئین در محلول‌پاشی سلنیوم با ۲۰/۰۵ درصد پروتئین رخ داد (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پرولین شد. در شرایط تنش خشکی، به‌دلیل کوچک شدن اندازه دانه (حداکثر ۳۰ درصد نسبت به شاهد)، پروتئین‌ها حجم بیش‌تری از فضای دانه سویا را نسبت به شرایط غیر تنش اشغال می‌کنند و بنابراین در شرایط تنش خشکی، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که افزایش حدکثر ۴۴ درصدی در پروتیئن دانه نسبت به شاهد دیده شد (امینی‌فر و همکاران، ۱۳۹۲). ساز و کار اثر سلنیوم روی سنتز پروتئین‌ها مشخص نیست و ممکن است حداقل یکی از دلایل آن، افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز باشد (Nowak *et al*., 2004).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر داشت، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی معنی‌داری نشد (جدول ۲). قطع آبیاری در مراحل گلدهی و تشکیل طبق به ترتیب موجب افزایش ۳۶/۷۶ و ۲۱/۹۱ درصدی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد (جدول ۳). محلول‌پاشی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد، البته تیمار اسید سالیسیلیک، سلنیوم و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با سلنیوم در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). سوپراکسید دیسموتاز، برای تحمل گیاهان به کمبود آب در طی تنش اکسیداتیو، بسیار مهم است که این موضوع توسط محققان

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

زیادی گزارش شده است (McKersie *et al*., 2000). سوپر اکسید دیسموتاز نوعی آنتی‌اکسیدان قوی است که اولین ماده تولید شده از احیای یک ظرفیتی اکسیژن، یعنی رادیکال سوپر اکسید را از بین می‌برد، بنابراین به سوپر اکسید دیسموتاز، دفاع اولیه در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن اطلاق می‌شود (Alscher *et al*., 2002). اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها مانند سوپراکسیداز دیسموتاز می‌شود و سبب افزایش تحمل ذرت به تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط گونه‌های فعال می‌شود (Fahad and Bano, 2012). صیامی و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش کردند در حضور ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به‌ترتیب ۳۲ و ۴۲ درصد در ذرت افزایش یافت. کاربرد سلنیوم نیز می‌تواند موجب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شود که دلیل آن افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بود (دادنیا، ۱۳۹۱؛ Xue *et al*., 2001). دادنیا (۱۳۹۱) افزایش ۲۳ درصدی سوپر اکسید دیسموتاز در رقم آرماویرسکی، ۲۰ درصدی در رقم زاریا و ۲۷ درصدی در رقم پروگرس را در اثر محلول‌پاشی ۱۹ گرم در هکتار سلنیوم گزارش کرد.

پرولین

در جدول تجزیه واریانس دیده می‌شود اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد، اثر محلول‌پاشی و برهمکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر میزان پرولین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین نشان داد در آبیاری کامل فقط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۷/۸۷ میکرومول بر گرم وزن تر) و در تنش خشکی مرحله گلدهی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم (۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر) موجب افزایش پرولین شد. در تنش خشکی مرحله تشکیل طبق، بیش‌ترین میزان پرولین در محلول‌پاشی سلنیوم و همچنین اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم مشاهده شد (جدول ۵). در مطالعه حاضر و همچنین سایر مطالعات، افزایش غلظت پرولین اندام‌های گیاه با تشدید کمبود آب مشهود است که در اغلب مطالعات چنین افزایشی را به تنظیم اسمزی گیاه مربوط دانسته‌اند. بدون شک، تجمع پرولین در شرایط تنش‌زای محیطی در افزایش توانایی بقای گیاه نقش دارد (Sankar *et al*., 2007). افزایش پرولین در اثر محلول‌پاشی ۰/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش پرولین لوبیا قرمز به‌میزان ۴۴ درصد شده و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داد (شوقیان و روزبهانی، ۱۳۹۶). در تحقیقی دیگر نیز افزایش پرولین تحت محلول‌پاشی سلنیوم (تیمارهای ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در گندم گزارش شد (Yao *et aL*., 2009). این تجمع پرولین به تنظیم پتانسیل اسمزی گیاه کمک می‌کند.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

تنش خشکی (قطع آبیاری)	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
آبیاری کامل	۱۷/۴۷a	۷/۷۶a	۳۳/۸a	۲۸۷۲/۵۷a	۸۲۷۴/۰۱a	۱۸/۱۵b	۳۳۸/۲۸c
تنش در مرحله گلدهی	۱۱/۲۹b	۴/۴c	۲۹/۳c	۱۴۷۶/۷۷c	۵۵۳۶/۰۱c	۱۹/۹۴a	۴۶۲/۶۲a
تنش در مرحله تشکیل طبق	۱۲/۲۶b	۵/۳۷b	۳۱/۹۱b	۱۸۷۶/۰۲b	۶۵۱۰/۴۲b	۱۸/۳۶b	۴۱۲/۴b

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ

محلول‌پاشی	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
شاهد	۱۲/۴b	۴/۷۸b	۲۸/۷۸c	۱۷۰۰/۴۳b	۵۹۸۲/۱c	۱۸/۰۶b	۳۴۹/۰۷b
اسیدسالیسیلیک	۱۴/۶۱a	۶/۷۶a	۳۲/۲۳ab	۲۱۴۴/۷۹a	۷۱۹۸/۲۱a	۱۸/۰۵b	۴۳۳/۳۶a
سلنیوم	۱۴/۷۱a	۵/۹۹a	۳۱/۶۸b	۲۲۱۶/۲۴a	۶۷۴۱/۶۱b	۲۰/۰۵a	۴۲۱/۵۷a
اسیدسالیسیلیک و سلنیوم	۱۲/۹۶ab	۵/۸۴a	۳۴a	۲۲۳۹/۰۱a	۷۱۷۲/۰۱ab	۱۹/۱۲ab	۴۱۳/۷۴a

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

تنش خشکی (قطع آبیاری)	محلول‌پاشی	درصد روغن	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)
آبیاری کامل	شاهد	۲۲/۴۱b	۴/۹۷c
آبیاری کامل	اسیدسالیسیلیک	۲۴/۷۹a	۷/۸۷b
آبیاری کامل	سلنیوم	۲۱/۶bc	۴/۹۵c
آبیاری کامل	اسیدسالیسیلیک و سلنیوم	۲۲/۹۸ab	۵/۰۹c
تنش در مرحله گلدهی	شاهد	۲۰/۳۲cd	۸/۷۶b
تنش در مرحله گلدهی	اسیدسالیسیلیک	۱۹/۹۹cd	۹/۶۵ab
تنش در مرحله گلدهی	سلنیوم	۲۲/۸۵b	۸/۵۵b
تنش در مرحله گلدهی	اسیدسالیسیلیک و سلنیوم	۲۴/۰۹ab	۱۱a
تنش در مرحله تشکیل طبق	شاهد	۱۸/۷۸d	۶/۵۷bc
تنش در مرحله تشکیل طبق	اسیدسالیسیلیک	۲۳/۱۳ab	۷/۷bc
تنش در مرحله تشکیل طبق	سلنیوم	۲۰cd	۹/۱۵ab
تنش در مرحله تشکیل طبق:	اسیدسالیسیلیک و سلنیوم	۲۰/۲۱cd	۹/۱ab

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مرحله گلدهی در گلرنگ از نظر نیاز گلرنگ به آب، مرحله بحرانی‌تر نسبت به طبق‌دهی بوده و اعمال تنش در این مرحله اثر منفی بیش‌تری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت و باید در تامین آب گیاه در این مرحله دقت کافی شود. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد محلول‌پاشی ۱۸ گرم سلنیوم یا ۱۵۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک بهبود عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط تنش و حتی عدم تنش سبب شد، به‌طوری‌که افزایش عملکرد ناشی از تیمارهای تحقیق شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، سلنیوم و ترکیب آن‌ها به‌ترتیب ۲۶، ۳۰ و ۳۱ درصد بود. احتمالاً تیمارهای محلول‌پاشی با افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانت (سوپر اکسید دیسموتاز) و افزایش میزان پرولین و تنظیم اسمزی سبب بهبود شرایط گیاه شدند. محلول‌پاشی توام آن‌ها در کلیه صفات موثر بوده و تفاوت محسوسی نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها ایجاد نکرد.

منابع

امینی‌فر، ج.، محسن آبادی، غ. ر.، بیگلویی، م. ح. و سمیع زاده، ح.ا. ۱۳۹۲. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره وری آب رقم T.215 سویا. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب ایران. ۳ (۱۱): ۳۴-۲۴.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

پورداد، س.س.، علیزاده، خ.، عزیزی‌نژاد، ر.، شریعتی، ع.، اسکندری،م.، خیاوی، م. و نباتی، ع. ا. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ‌های بهاره در مناطق مختلف. نشریه علوم آب و خاک(علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۲(۴۵): ۴۱۵-۴۰۳.

توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

حیدری، ا.، بیژن‌زاده، ا.، نادری، ر. و امام، ی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی پایان فصل و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد دانه و دمای سایه‌انداز گیاهی در دو رقم کلزا. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۲۷): ۵۳-۳۷.

دادنیا، م. ر. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کمبود آب و محلول‌پاشی سلنیوم بر فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ارقام آفتابگردان روغنی. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۱۴): ۸۱-۷۱.

داودی، ع. ر.، میرشکاری، ب.، شیرانی راد ، ا. ح.، فرحوش، ف. و رشیدی، و. ۱۳۹۵. بررسی اثر کاربرد سلنیوم برکمیت وکیفیت روغن دانه ارقام کلزا در شرایط کشت تأخیری. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۱): ۱۴۳-۱۲۹.

دریایی، ف.، کرامت، ب. و آروین، م. ج. ۱۳۹۳. اثر محلولپاشی سلنیوم بر برخی صفات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی دو رقم گندم (کویر - روشن) تحت تنش کادمیوم. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳(۱۰): ۱۱۳-۱۰۱.

روستایی، خ.، موحدی دهنوی، م.، خادم، س. ع. و اولیایی، ح. ر. ۱۳۹۱. اثر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۴(۱): ۴۲-۳۳.

شاه‌مرادی، ش.، هادی، ح. و جنوبی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم‌آبی. علوم زراعی ایران. ۱۱(۴): ۴۰۹-۳۹۳.

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

صیامی، ر.، میرشکاری، ب.، فرح‌بخش، ف.، رشیدی، ر. و تاری‌نژاد، ع. ر. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و تنش کم آبی بر فعالیت آنزیمی و عملکرد ذرت دانه‌ای. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۴): ۳۵-۲۳.

طباطبایی، س. ع.، قاسمی، ع. و شاکری، ا. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی بر عملکرد و میزان روغن ارقام کلزا. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۱۲): ۵۳-۴۱.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

ظفری، م.، عبادی، ع.، جهانبخش، س. و صدقی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثر کاربرد بر اسینواستروئید بر پتانسیل عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بهاره تحت رژیم های مختلف آبیاری. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۰(۲): ۱۲۶-۱۱۵.

فرجام، س.، رخزادی، ا.، محمدی، ه. و قلعه‌شاخانی، س. ۱۳۹۳. اثر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۲۳): ۱۱۲-۹۹.

کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۵(۱): ۱۳۱-۱۲۱.

مهدویان، ک. ۱۳۹۶. اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.). فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۶): ۱۳۶-۱۲۱.

نعمت اللهی، ا.، جعفری، ع. و باقری، ع. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵(۱۲): ۵۱-۳۷.

نعیمی، م.، اکبری، غ.، شیرانی‌راد، ا. ح.، حسنلو، ط. و اکبری، غ. ع. ۱۳۹۱. اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیوم در شرایط کم آبی بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه کدو پوست کاغذی. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۴(۱):۸۱-۶۷.

Alscher, R.G., Erturk, N. and Heath, L.S. 2002. Role of superoxide dismutase (SOD) in controlling oxidative stress in plant. Journal of Experimental Botany, 53(372): 1331-1341.

Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, L.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-208.

Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Ma, J. F., Rengel, Z. and Zhao, F. 2012. Beneficial elements. *In:* P. Marschner (Ed.) Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3nd Edition. Academic Press Inc. San Diego, 672 p.

Dajue, L. and Mundel, H.H. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. Rome. Italy, 83 p.

Dawood, M.G., Sadak. M.S. and Hosayen. M. 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant growth under newly reclaimed sandy soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(4): 82-89.

Fahad, S.H. and Bano, A.S. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize growth in saline area. Pakistan Journal of Botany, 44(4): 1433-1438.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plant. Plant Physiology, 59(2): 309-314.

Hajiboland, R. 2012. Effects of micronutrient deficiencies on plants stress responses. *In:* A Parvaiz, M.N.V. Prasad, (Eds.) Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. Springer Verlag. India, PP 282–326.

Hayat S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid - A Plant Hormone. Springer. Netherlands, 410 p.

Hayat, S., Hasan, S. A., Fariduddin, Q., Ahmad, A. 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress, Journal of Plant Interactions. 3 (4): 297–304

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

Hussain, A., Ghaudhry. M. R., Wajad, A., Ahmed, A., Rafiq, M., Ibrahim, M. and Goheer, A. R. 2004. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. International Journal of Agriculture Biology, 6(6): 1074-1079.

Lascano, H. R., Antonicelli, G. E., Luna, C. M., Melchiorre, M. N., Gomez, L. D., Racca, R. W., Trippi, V. S. and Casano, L. M. 2001. Antioxidant system response of different wheat cultivars under drought: field and *in vitro* studies. Australian Journal of Plant Physiology, 28(11): 1095-1102.

Lopez Pereira, M., Trápani, N. and Sadras, V. O. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995 III. Dry matter partitioning and grain composition. Field Crops Research, 67(3):215-221.

Ma, Q., Niknam, S. R. and Turner, D. W. 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B.juncea* to soil water deficit at different growth stages. Australia Journal of Agricultural Research, 57(2): 221-226.

Malik, J. A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A. and Nayyar, H. 2011. Promotion of growth in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. Biological Trace Elem Research, 143(1): 530-539.

McKersie, B. D., Murnaghan, J., Jones, K. S. and Bowley. S. R. 2000. Iron superoxidase dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance. Plant Physiology, 122(4): 1427-1437.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M, and Dietz, K. J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity inbarley seedlings. Plant Physiology, 132(1): 272- 281.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

Mohammad, T., Ali, A., Nadeem, M. A., Tanveer, A. and sabir, Q. M. 2007. Performance of canola under different irrigation levels. Pakistan Journal of Botany, 39 (3) 793-746.

Munns, R. 2002. Comparative Physiology of Salt and Drought stress. Plant Cell and Environment. 25, 239-250.

Noreen, S. and Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. Pakistan Journal of Botany, 40(4): 1657-1663.

Nowak, J., Kaklewski, K. and Ligocki, M. 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. Soil Biology and Biochemistry, 36(10): 1553–1558.

Ozbolt, L., Kreft, S., Kreft, I., Germ, M. and Stibilj, V. 2008. Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation. Food Chemistry, 110: 691-696.

Pazoki, A. R., Shirani Rad, A. H., Habibi, D., Paknejad, F., Kobraee, S. and Hadayat, N. 2010. Effect of drought stress and selenium spraying on superoxide dismotase activity of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 4(8): 655-658.

Rahnema, A. A. and Bakhshande, A. M. 2006. Determination of optimum irrigation level and compatible canola varieties in the Mediterranean environment. Asian Journal of Plant Science, 5(3):543-546.

Rao, M. S. S. and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relations of oilseeds rape (*Brassica napus* and *B.compestris*). The Journal of Agricultural Science, 117(2):197-225.

Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivanan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, L. 2007. Drought induced biochemical modifications and praline

Vaisnad, S., Talebi, R. 2015. Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficit stress. Environmental and Experimental Biology, 13:109-115.

Weinberg, Z. G., Landau, S., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S. and Dvash, L. 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as an alternative winter forage crop. Proceedings of the 15th International Conference, Belfast, Northern Ireland, (ICBNI'05), Wageningen Academic Publ., Wagening, the Netherlands, pp 169-169.

Xue. T. L., Hartikainen, H. and Piironen, V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil, 237(1): 55-61.

Yao, X., Chu, J. and Wang, G. 2009. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. Biological Trace Element Research, 130(3): 283-290.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

Yusuf, M., Hasan, S. A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. 2008. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. Journal of Integrative Plant Biology, 50 (8): 1–4.

Zahedi, H., Noor Mohamadi, G. H., Shirani Rad, A. H., Habibi, D. and Mashhadi Akbar Boojar, M. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Applied Sciences, 7(2): 255-262.

Zhang, S. B., Lu, Q. U., Yang, H., Li, Y. and Wang, S. 2011. Aqueous enzymatic extraction of oil and protein hydrolysates from roasted peanut seeds. Journal of the American Oil Chemists Society, 88(5): 727-732.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]

Effect of salicylic acid and selenium foliar application on physiological and agronomic characteristics of safflower in drought tension conditions

M. Yousefi Rad[1*] and M. Sharifi[2]

1&2) Department of Agronomy, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran.

***Corresponding Author: m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir**

Received date: 2018.11.06 **Accepted date: 2019.03.13**

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid and selenium foliar application on physiological characteristics and yield and yield components of safflower under drought tension conditions, an experiment was conducted as split plots based on randomized complete blocks design with three replications. The main factor included irrigation in three levels, complete irrigation during growing season (control), cutting irrigation at 50 percent flowering stage and cutting irrigation at 50 percent head forming stage. Sub factor was considered foliar application of safflower plants including non-spraying (control), foliar application by salicylic acid, selenium and salicylic acid with selenium. Drought tension reduced biologic yield, yield components and grain yield, but it increased protein percentage, the superoxide dismutase activity and proline concentration. Also, the highest negative effect of drought tension was observed in flowering stage, so that tension at flowering stage reduced 49 percent grain yield and 33 percent biomass of safflower. Foliar application improved yield, yield components and superoxide dismutase activity compared to non-spraying(control). However, between foliar application treatments in grain yield and superoxide dismutase activity, no significant difference was observed, but foliar application of salicylic acid with 7198 kg ha^{-1} showed the highest biomass. The foliar application in tension and non-tension conditions increased grain oil percentage, so that in complete irrigation and flowering stage tension, the highest grain oil percentage was belonged to salicylic acid foliar application with 24 percent and salicylic acid foliar application with selenium 28 percent. The foliar application treatments increased proline concentration in tension conditions compared to control and at flowering tension stage, salicylic acid and selenium foliar application with 11 micro Mol per gram fresh plant weigh showed the highest proline concentration.

Keywords: Grain yield, Oil percentage, Proline and Safflower.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.8.3]