

## اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی گلنگ در

### شرایط تنش خشکی

مجتبی یوسفی‌راد<sup>۱\*</sup> و مهدی شریفی<sup>۲</sup>

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

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

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد گلنگ در شرایط تنش خشکی، یک آزمایش به صورت 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 گله‌ی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تشکیل طبق بود. عامل فرعی محلول پاشی بوته‌های گلنگ شامل عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، محلول پاشی با سلنیوم و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک 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 گله‌ی مشاهده شد، به طوری که تنش مرحله گله‌ی سبب افت ۴۹ درصدی عملکرد دانه و ۳۳ درصدی زیست توده گلنگ شد. محلول پاشی سبب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز نسبت به عدم محلول پاشی (شاهد) شد. البته بین تیمارهای محلول پاشی در عملکرد دانه و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما محلول پاشی اسید سالیسیلیک با ۷۱۹۸ Kg/ha، بیشترین زیست توده را نشان داد. محلول پاشی در شرایط عدم تنش و تنش خشکی سبب افزایش درصد روغن دانه شد، به طوری که در آبیاری کامل و تنش مرحله گله‌ی به ترتیب محلول پاشی اسید سالیسیلیک با ۲۴ درصد و محلول پاشی اسید سالیسیلیک با سلنیوم با ۲۸ درصد، بیشترین درصد روغن را دارا بودند. تیمارهای محلول پاشی موجب افزایش میزان پرولین در شرایط تنش نسبت به شاهد شد و در تنش مرحله گله‌ی، محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم با ۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه بیشترین میزان پرولین را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** عملکرد دانه، درصد روغن، پرولین و گلنگ.

## مقدمه

بیش از ۹۰ درصد روغن گیاه گلنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از اسیدهای چرب غیراشباع بهویژه اسید لینولئیک و اسید اولئیک تشکیل شده، بنابراین کیفیت بالای داشته و می‌تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی داشته باشد (Weinberg *et al.*, 2005). گلنگ 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 نظری 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 aestivum* 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 به میزان ۱۹ گرم در هکتار، اثر منفی تنش خشکی در ارقام آفتابگردان را تعدیل کرد و سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز، گلوتاتیون‌پراکسیداز، سوپراکسیدسموتاز) را افزایش داد و در نتیجه سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۴۷ درصد شد (دادنی، 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; Vaisnade and

(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 گلنگ شد، از سوی دیگر محلول پاشی 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 محلول پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک مناسب‌تر بود (فرجام و همکاران، ۱۳۹۳). همینطور محلول پاشی یک میلی‌مolar اسیدسالیسیلیک در شرایط بدون تنش و دو میلی‌molar در شرایط تنش خشکی سبب افزایش عملکرد کلزا شد و محلول پاشی دو میلی‌molar اسیدسالیسیلیک توانست تا ۱۳ درصد کاهش عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی را جبران کند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴). محلول پاشی ۱۰۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی ماکرو و رنگدانه‌های فتوسنترزی، سبب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) گردید (نعمت‌اللهی 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 گلنگ 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 اسیدسالیسیلیک 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 گلنگ 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 جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی حدود ۵۰ 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 عمدتاً 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 محلول پاشی به عنوان عامل فرعی در چهار سطح شامل عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، محلول پاشی با سلنیوم و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم بود. به منظور محلول پاشی در مراحل ساقه‌دهی و ابتدای گلدهی از ۱۵۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم

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	اسیدیته	درصد مواد	کربن الی	نیتروژن کل	فسفرقابل	پتاسیم قابل	آهن قابل	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
الکتریکی	خنثی	(درصد)	(درصد)	جذب	جذب	جذب	جذب	جذب	جذب
(دسی زیمنس بر متر)	شونده	(قسمت در میلیون)	(قسمت در میلیون)	(قسمت در میلیون)	۱/۴	۱/۷/۹	۱۸۴	۱/۲۸	۳۰-۰
۳/۴۶	۸/۰۴	۱۲/۲۲	۲/۳۴	۱/۴	۱۷/۹	۱۸۴	جذب	جذب	جذب

به منظور آماده‌سازی زمین، آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و پس از گاورو شدن به وسیله گاو آهن برگ‌داندار 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  $2 \times 3$  بود. برای جلوگیری از نفوذ جانی آب بین کرت‌ها دو متر و بین تکرارها چهار متر فاصله در نظر گرفته شد. در این تحقیق از بذور گلنگ رقم گلددشت بدون خار استفاده شد که از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش دانه‌های روغنی تهیه شده بود. برای کاشت، ابتدا بذور با قارچ کش کاپتان (۰۰۰۰۲) ضدغونی شدند. کاشت به صورت دستی و کپهای صورت پذیرفت و بذور تهیه شده در عمق ۳-۵ سانتی‌متری کشت شد. آبیاری اولیه بلافاصله پس از کاشت انجام شد و در مرحله ۴-۶ برگی به منظور تراکم مورد نیاز، مزرعه تنک شد. در هر کرت، دو خط کناری و  $5/0$  متر از دو انتهای پشت‌های، 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 گلنگ 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 کجلدا (Auto Analyzer 2300 Foss شرکت) به دست آمد و در نهایت میزان نیتروژن در ضریب  $5/45$  ضرب شده و از این طریق درصد پروتئین دانه مشخص شد (Zhang et al., 2011). برای اندازه‌گیری میزان پرولین،  $5/0$  گرم از بافت برگی در  $10$  میلی‌لیتر محلول اسیدسولفوسالیسیلیک سه درصد به وسیله هاون خرد و یکنواخت شد.

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 آزمایش در داخل یک بستر یخی قرار گرفته و چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. نهایتاً از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد و با کمک منحنی استاندارد به دست آمده از غلظت‌های مختلف پرولین، میزان آن بر حسب میکرومولا ر 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 میلی‌لیتر 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 میلی‌مولا، متیونین ۰/۰ مولا، EDTA، میکرومولا و ریوفلاوین دو میکرومولا می‌باشد که در تاریکی کامل نگهداری می‌شود. در انتهای از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر استفاده شد (Giannopolitis and Ries, 1977). برداشت جهت بررسی صفات بیوشیمیایی، با توجه به زمان اعمال تنیش 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 تنیش 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 تنیش خشکی**

منابع تغییرات	درجه	تعداد طبق	در بوته	در طبق	دانه	وزن هزار	عملکرد دانه	عملکرد گلرنگ	پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز	روغن	بیولوژیک	عملکرد دانه	درصد	درصد	سوپراکسید	دیسموتاز	پرولین	آزادی					
بلوک	۲	۴/۱ ns	۱۶/۹۱ **	۱۲/۳۱ ns	۲۵۶۳۶۷/۳ ns	۱۳۶۸۹۴۱۹/۶ **	۴۴ **	۲۶/۶۲ **	۱۲۵۵۸/۰۲ *	۱۷/۶۵ *														
تنش خشکی (a)	۲	۳۵/۹۸ **	۱۳۲/۶۴ **	۶۱/۱۹ *	۶۲۰-۱۴۹۴/۴ **	۲۳۱۱۲۶۹۲/۸ **	۱۷/۴۹ *	۱۱/۵۸ *	۴۶۹۵۳/۴ **	۴۳/۷ **														
اشتباه اصلی	۴	۰/۲	۱۴/۰۶	۱۰۷۰-۸۳/۷	۴۹۴۸۴۱/۷	۴۹۹۸۴۱/۷	۱/۲۲	۱/۲۲	۲۶۶۴/۵	۱/۵۳														
محلول‌پاشی (b)	۳	۵/۶ *	۱۲/۲۶ ns	۴۲/۲۷ *	۵۷۶-۵۴/۸ 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 *	۱/۰۴ ns	۲۹۲۶/۴۷ ns	۷/۴۷ *														
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۷۹	۳/۸۲	۴/۰۵	۱۰۶۷۴۶/۹۶	۱۹۱۲۰۹/۶۲	۱/۳۶	۱/۰۳	۳۲۰-۸/۴	۰/۶۷														
ضریب تغییرات (%)	۱۵/۲۴	۱۴/۲۹	۶/۳۶	۱۵/۷۴	۶/۴۶	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.

## تعداد طبق در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنفس خشکی در سطح احتمال پنج درصد و محلولپاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنفس 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  $43/3$  و  $30/8$  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 تنفس خشکی می‌توان به اثر تنفس خشکی بر تقسیم سلول‌های تخمک اشاره کرد (شاهمرادی و همکاران، ۱۳۸۸). احتمالاً کمبود عرضه مواد فتوسنتری در جریان تنفس، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتری به میزان کافی برای طبق‌ها و در نتیجه ریزش طبق‌ها می‌شود (Rao and Mendham, 1991). اعمال تنفس 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 تنفس در مرحله گلدهی بیش از تنفس مرحله تشکیل طبق سبب کاهش تعداد طبق در بوته شد. تنفس خشکی با کاهش ذخایر 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  $0/7$  و  $1/5$  میلی‌مolar اسید سالیسیلیک در شرایط تنفس خشکی نسبت به عدم محلولپاشی گزارش شد (شوقيان و روزبهانی، ۱۳۹۶). همچنین در تحقیقی دیگر بیان شد محلولپاشی کلزا با  $15$  و  $30$  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 تنفس خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. اما اثر محلولپاشی و برهمکنش تنفس خشکی با محلولپاشی بر تعداد دانه در طبق معنی‌داری نشد (جدول ۲). قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل طبق به ترتیب موجب کاهش  $35/37$  و  $29/82$  درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به شاهد شد که نشان از خسارت بیشتر در تنفس 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  $14/61$  و  $14/71$  دانه در طبق، افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۴). در تحقیقی بیان شد اعمال تنفس خشکی سبب کاهش تعداد دانه در طبق گلنگ (*Cartamus tinctorious L.*) شد و هر چه زمان تنفس به گلدهی نزدیک‌تر شد این خسارت بیشتر است. اعمال تنفس بعد از گلدهی (مرحله تشکیل طبق) خسارت کمتری بر این صفت داشت (کافی و رستمی،

۱۳۸۶). در این تحقیق دیده شد بین تنفس 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 تنفس خشکی عمل کند. سپس بیان شد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۱ و ۱ میلی‌مolar، با بهبود فتوسنتر گیاه و افزایش رنگیزهای فتوسنتری، افزایش پرولین و کربوهیدرات محلول در ارقام مختلف نخود باعث تحریک رشد ارقام مختلف نخود شد (Vaisnade 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 تنفس فلز سنگین کادمیوم (۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولا)، افزایش ۳۸ و ۷۷ درصدی در تعداد دانه ایجاد کرد (دریابی و همکاران، ۱۳۹۳).

### وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مشخص کرد اثر اصلی تنفس خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنفس خشکی با محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). تنفس 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 محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نیز نسبت به عدم محلول‌پاشی سبب افزایش وزن هزار دانه شدند و به ترتیب 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 فتوسنتر جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰) و در شرایط تنفس خشکی، به دلیل کاهش جذب آب و املاح علاوه بر کاهش فتوسنتر، انتقال مجدد مواد فتوسنتری 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 تنفس خشکی (بودن آبیاری در طول فصل) گزارش شد (امینی و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی دیده شد مصرف ۵/۰ مبلی مolar اسید سالیسیلیک سبب افزایش طول، وزن ریشه و ساقه از طریق جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها در ریشه و افزایش فتوسنتر برگ‌های جو شد و در نتیجه اثر تنفس 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).

### عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر محلولپاشی و برهمنکنش تنش خشکی با محلولپاشی بر این صفت معنی‌داری نشد (جدول ۲). با قطع آبیاری، از عملکرد دانه کاسته شد، بهنحوی که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل طبق بهترتب 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 (جدول ۴) 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 گلنگ تحت تنش خشکی، گزارش شده است (کافی و رستمی، ۱۳۸۶؛ ظفری و همکاران، ۱۳۹۶). اسید سالیسیلیک در غلظت کم ( $^{+/-} ۱۰$  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 فتوسترنز گیاه شد (Hayat *et al.*, 2010). این افزایش فتوسترنز 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 فتوسترنزی موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد کدوی پوست کاغذی در شرایط تنش خشکی شد (نعمی 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 برهمنکنش تنش خشکی با محلولپاشی اثر معنی‌دار بر عملکرد بیولوژیک نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه

میانگین عملکرد بیولوژیک تحت اثر فاکتور تنفس خشکی در جدول ۳ نشان می‌دهد با قطع آبیاری عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تنفس خشکی در مراحل گلدهی و تشکیل طبقه به ترتیب سبب کاهش ۳۳/۱ و ۲۱/۳ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۲۰/۳ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد که البته با محلول‌پاشی توام سلنیوم و اسید سالیسیلیک در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۴). در تحقیقات محققان دیگر نیز کاهش عملکرد بیولوژیک و زیست‌توده گلرنگ تحت تنفس 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 تنفس می‌شود (Hayat and Ahmad, 2007).

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با افزایش فتوسنتر در ارقام آفتابگردان، سبب بهبود رشد آفتابگردان در شرایط تنفس شوری شد و در نتیجه زیست‌توده گیاهی را افزایش داد (Noreen and Ashraf, 2008). در تحقیقی دیگر نیز افزایش رشد گیاه جو در شرایط تنفس در حضور یک و ۱/۵ میلی‌مولاً اسید سالیسیلیک گزارش شد (مهدویان، ۱۳۹۶). مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم با بهبود میزان کلروفیل برگ ارقام گندم (به طور متوسط ۲۵ درصد) و کاهش نشت یونی، سبب بهبود ۸۲ و ۳۶ درصدی وزن تر گیاه در شرایط عدم تنفس و تنفس شد (دریابی و همکاران، ۱۳۹۳).

### درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر تنفس خشکی و برهمکنش تنفس 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 تنفس خشکی با محلول‌پاشی حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری کامل فقط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۲۴/۸ درصد روغن)، درصد روغن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). در تنفس 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 به ترتیب ۲۲/۸ و ۲۴/۱ درصد روغن داشتند. ولی در تنفس خشکی مرحله تشکیل طبقه، تنها محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک 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 فتوسنتری در دانه شود، درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد (Lopez Pereira *et al.*, 2000). احتمالاً تنفس 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 تنفس در مراحل گلدهی و تشکیل طبقه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و تنفس مرحله تشکیل طبقه نیز با

شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در منابع نیز دلیل اثربذیری اندک درصد روغن به تنفس 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 تنفس خشکی بعید می‌باشد (توكلی، ۱۳۸۱). در تحقیقی مشاهده شد محلول‌پاشی ۳۰ گرم در لیتر سلنیوم سبب افزایش درصد روغن ارقام کلزا از ۴۱/۹ به ۴۲/۳ شد و ۹ درصد عملکرد روغن را افزایش داد (داودی و همکاران، ۱۳۹۵).

#### درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده تنفس خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش تنفس خشکی با محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت (جدول ۲). با اعمال تنفس خشکی در مرحله گلدھی، درصد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد، ولی تنفس خشکی در مرحله تشکیل طبق اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین نسبت به شاهد نداشت (جدول ۳)، در واقع درصد پروتئین واکنشی متفاوت و بر عکس درصد روغن که کاهشی بود، نشان داد. تیمار اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت، ولی کاربرد سلنیوم و همینطور مصرف تؤام اسید سالیسیلیک و سلنیوم موجب افزایش درصد پروتئین رخ داد (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد تنفس خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پرولین شد. در شرایط تنفس خشکی، به‌دلیل کوچک شدن اندازه دانه (حداکثر ۳۰ درصد نسبت به شاهد)، پروتئین‌ها حجم بیشتری از فضای دانه سویا را نسبت به شرایط غیر تنفس اشغال می‌کنند و بنابراین در شرایط تنفس خشکی، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که افزایش حدکثر ۴۴ درصدی در پروتئین 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 تنفس خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر داشت، اما برهمکنش تنفس خشکی با محلول‌پاشی معنی‌داری نشد (جدول ۲). قطع آبیاری در مراحل گلدھی 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 کمیود آب در طی تنفس اکسیداتیو، بسیار مهم است که این موضوع توسط محققان

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 پی‌بی‌ام اسید سالیسیلیک، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به ترتیب 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) افزایش ۲۳ درصدی سوپر اکسید دیسموتاز در رقم آرمایرسکی، 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 گله‌های، 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 ۷/۰ میلی‌مolar اسید سالیسیلیک سبب افزایش پرولین لوبیا قرمز به میزان ۴۴ درصد شده و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داد (شوقيان 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.

**جدول ۳: مقایسه میانگین های اثر تنش خشکی بر ویژگی های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گلنگ تحت شرایط تنش خشکی**

تنش خشکی (قطع آبیاری)	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین	عملکرد بیولوژیک	درصد سوپراکسید دیسموتاز
آبیاری کامل	۱۷/۴۷a	۷/۷۶a	۲۸۷۲/۵۷a	۸۲۷۴/۰۱a	۱۸/۱۵b	۴۳۸/۲۸c
تنش در مرحله گلدhei	۱۱/۲۹b	۴/۴c	۱۴۷۶/۷۷c	۵۵۳۶/۰۱c	۱۹/۹۴a	۴۶۲/۶۲a
تنش در مرحله تشکیل طبق	۱۲/۲۶b	۵/۳۷b	۱۸۷۶/۰۲b	۶۵۱۰/۴۲b	۱۸/۳۶b	۴۱۲/۴b

میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

**جدول ۴: مقایسه میانگین های اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای****عملکرد گلنگ**

محلول پاشی	تعداد دانه در طبق	وزن هزار (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز
شاهد	۱۲/۴b	۴/۷۸b	۲۸/۷۸c	۵۹۸۲/۱c	۱۸/۰۶b	۳۴۹/۰۷b
اسید سالیسیلیک	۱۴/۶۱a	۶/۷۶a	۳۲/۲۳ab	۷۱۹۸/۲۱a	۱۸/۰۵b	۴۳۲/۳۶a
سلنیوم	۱۴/۷۱a	۵/۹۹a	۳۱/۶۸b	۶۷۴۱/۶۱b	۲۰/۰۵a	۴۲۱/۵۷a
اسید سالیسیلیک و سلنیوم	۱۲/۹۶ab	۵/۸۴a	۳۴a	۲۲۳۹/۰۱a	۱۹/۱۲ab	۴۱۲/۷۴a

میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

### جدول ۵: مقایسه میانگین‌های اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلنگ تحت

#### شرایط تنش خشکی

برولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	درصد روغن	محلول‌پاشی	تنش خشکی (قطع آبیاری)
۴/۹۷c	۲۲/۴۱b	شاهد	آبیاری کامل
۷/۸۷b	۲۴/۷۹a	اسید سالیسیلیک	آبیاری کامل
۴/۹۵c	۲۱/۶bc	سلنیوم	آبیاری کامل
۵/۰۹c	۲۲/۹۸ab	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	آبیاری کامل
۸/۷۶b	۲۰/۳۲cd	شاهد	تنش در مرحله گلدھی
۹/۶۵ab	۱۹/۹۹cd	اسید سالیسیلیک	تنش در مرحله گلدھی
۸/۵۵b	۲۲/۸۵b	سلنیوم	تنش در مرحله گلدھی
۱۱a	۲۴/۰۹ab	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	تنش در مرحله گلدھی
۶/۵۷bc	۱۸/۷۸d	شاهد	تنش در مرحله تشکیل طبق
۷/۷bc	۲۳/۱۲ab	اسید سالیسیلیک	تنش در مرحله تشکیل طبق
۹/۱۵ab	۲۰cd	سلنیوم	تنش در مرحله تشکیل طبق
۹/۱ab	۲۰/۲۱cd	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	تنش در مرحله تشکیل طبق:

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

#### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مرحله گلدھی در گلنگ از نظر نیاز گلنگ 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 میکرومول اسید سالیسیلیک بهبود عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلنگ در شرایط تنش و حتی عدم تنش سبب شد، بهطوری‌که افزایش عملکرد ناشی از تیمارهای تحقیق شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، سلنیوم و ترکیب آن‌ها به ترتیب ۳۰، ۲۶ و ۳۱ درصد بود. احتمالاً تیمارهای محلول‌پاشی با افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانت (سوپر اکسید دیسموتاز) و افزایش میزان بروولین 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.

- پورداد، س.س.، علیزاده، خ.، عزیزی‌نژاد، ر.، شریعتی، ع.، اسکندری، م.، خیاوی، م. و نباتی، ع. ۱. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به خشکی گلنگ‌های 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 گلنگ. 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 بر کمیت و کیفیت روغن دانه ارقام کلزا در شرایط کشت تأخیری. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۱): ۱۴۳-۱۲۹.
- دریابی، 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 ژنتیک‌های سویا در شرایط تنش کم‌آبی. علوم زراعی ایران. ۱۱(۴): ۴۰۹-۳۹۳.
- شوقيان، 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.، فرج‌بخش، 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.

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

فرجام، س.، رخزادی، ا.، محمدی، م. و قلعه‌شاخانی، س. ۱۳۹۳. اثر تنفس قطع آبیاری و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلنگ بهاره. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱۲(۲۳): ۹۹-۱۱۲.

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

Mehdaviyan, K. ۱۳۹۶. اثر غلطت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.). فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۶): ۱۳۶-۱۲۱.

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

نعمیمی، م.، اکبری، غ.، شیرانی‌راد، ا. ح.، حسنلو، ط. و اکبری، غ. ع. ۱۳۹۱. اثر کاربرد زئولیت و محلول پاشی 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, 3rd 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.

- 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 in barley seedlings. *Plant Physiology*, 132(1): 272- 281.

- 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 dismutase 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., Wageningen, 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.

**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.

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

M. Yousefi Rad<sup>1\*</sup> and M. Sharifi<sup>2</sup>

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<sup>-1</sup> 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.