مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۴، زمستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۴۰-۱۲۷
Doi: 10.30495/iper.2022.688789 ***Dor: 20.1001.1.24237671.1400.16.64.5.9***

مطالعه اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش خشکی

سعیده رشیدی

گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگیهای فیزیولوژیکی و زراعی گلرنگ در شرایط تنش خشکی، آزمایشی 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 گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تشکیل طبق بود. عامل فرعی محلول پاشی بوته‌های گلرنگ شامل عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم در نظر گرفته شد. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی ، اجزای عملکرد و عملکرد دانه شد. ولی درصد پروتئین، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتازی و میزان پرولین را افزایش داد. همچنین بیشترین اثر منفی تنش خشکی در مرحله گلدهی مشاهده شد به طوری که تنش مرحله گلدهی سبب افت ٤٩ درصدی عملکرد دانه و ۳۳ درصدی زیست توده گلرنگ شد. محلول پاشی سبب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و فعالیت سوپر اکسید دیسموتازی نسبت به عدم محلول پاشی (شاهد) شد. بین تیمارهای محلول پاشی در عملکرد دانه و فعالیت سوپر اکسید دیسموتازی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما محلول پاشی اسید سالیسیلیک با ۷۱۹۸ کیلوگرم در هکتار، 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 گلدهی به ترتیب محلول پاشی اسید سالیسیلیک با ٢٤ 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 گلدهی، محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم با ۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه بیشترین میزان پرولین را نشان داد. مرحله گلدهی در گلرنگ از نظر نیاز گلرنگ به آب، مرحله بحرانی بوده وتنش در این مرحله اثر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دارد. تیمارهای محلول پاشی با افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانت (سوپر اکسید دیسموتاز) و افزایش میزان پرولین و تنظیم اسمزی سبب بهبود شرایط گیاه شدند.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پرولین، سلنیوم، فعالیت انزیم سوپر اکسید دیسموتاز، گلرنگ

*نویسنده مسئول: rashidi_saedeh@yahoo.com

مقدمه

بیش از ۹۰ درصد روغن گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از اسیدهای چرب غیر اشباع به ویژه اسید لینولئیک و اسید اولئیک تشکیل شده، بنابراین کیفیت بالایی داشته و می تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی داشته باشد (Weinberg et al., 2005). 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 تنش خشکی در مراحل زایشی کلزا 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، به طور ی که برخی گزارش‌ها افزایش درصد پروتئین دانه کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش خشکی را بیان نموده‌اند (Rahnema and Bakhshande, 2006). همچنین تحقیقات نشان داده که فعالیت آنزیم سوپراکسی دیسموتازی در ارقام مختلف گندم (*Triticum aestium* L.) با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافته است (Lascano et al., 2001).

سلنیوم (Se) عنصری مفیدی برای گیاهان است، ولی ضروری بودن آن برای رشد و نمو گیاهان ثابت نشده است (Broadley et al., 2012). عناصر مفید هر چند 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 محیط و یا زیستی نقش دارند (Hajiboland, 2012). در پژوهشی بیان شد کاربرد سلنیوم در شرایط تنش خشکی اثر مثبت و معنی داری بر تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن ارقام کلزا داشت (Zahedi et al., 2009). محلول پاشی سلنیوم در شرایط تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در گیاه کلزا شد (Pazoki et al., 2010). نتایج پژوهشی نشان داد محلول پاشی سلنیوم به میزان ۱۹ گرم در هکتار، اثر منفی تنش خشکی در ارقام آفتابگردان را تعدیل کرد و سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز) را افزایش داد و در نتیجه سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ٤٧ درصد شد (Dadnia, 2012). 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 زیستی و غیر زیستی بازی می‌کند (Hayat et al., 2010; Dawood et al., 2012). اسید سالیسیلیک یک آنتی اکسیدان محلول در آب است که صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاهان را کاهش می‌دهد (Noreen and Ashraf, 2008; Vaisnad and Talebi, 2015). نتایج پژوهشی نشان داد کاربرد ۱۰ میکرومول اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید 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 محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) توانست وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را بهبود بخشد. با این حال محلول پاشی ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک مناسب‌تر بود (Farjam, 2014). همین طور محلول پاشی یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش و دو میلی مولار در شرایط تنش خشکی

سبب افزایش عملکرد کلزا شد و محلول پاشی دو میلی مولار اسید سالیسیلیک توانست تا ۱۳ درصد کاهش عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی را جبران کند (Heydari et al., 2015). نتایج تحقیقی نشان داد محلول پاشی ۱۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک از طریق افزایش معنی دار جذب عناصر غذایی ماکرو و رنگدانه‌های فتوسنتزی، سبب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) گردید (Nematollahi et al., 2013). 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 می یابد، بنابراین تحقیق حاضر بر افزایش تحمل گلرنگ به تنش خشکی با مدیریت زراعی تأکید دارد. در این بین، کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و عناصر مفید در بهبود و تعدیل آثار تنش خشکی، می تواند یک مدیریت زراعی مناسب محسوب شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر اسید سالیسیلیک 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 ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای شخصی واقع در شهرستان شاهرود صورت پذیرفت. کرت اصلی در این آزمایش تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری کامل (آبیاری هر هفت روز یک بار)، 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 ساقه دهی و ا بتدای گلدهی از ۱۵۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک و ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم استفاده شد. جهت محلول پاشی از سمپاش بادی پشتی استفاده شد. میزان پاشش به اندازه ای 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.

به منظور آماده سازی زمین، آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و پس از گاورو شدن به وسیله گاو آهن بر گردان دار 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 سانتی متر و برای حصول تراکم ٤٠ بوته در متر مربع فاصله روی ردیف پنج سانتی متر 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) ضد عفونی شدند. کاشت به صورت دستی و کپه‌ای صورت پذیرفت و بذور تهیه شده در عمق ۵-۳ سانتی متری کشت شد. آبیاری اولیه بلافاصله پس از کاشت انجام شد و در مرحله ٦-٤ 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 اندازه گیری شد. برداشت مزرعه به صورت کف بری و به روش دستی و حذف حاشیه‌ها صورت گرفت.

.

بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفرقابل دسترس(ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)
لوم سیلتی	۸/۳۷	۰/۷۱	۰/٦	۰/۰٦٦	٥/٥٤	٢٤٠

اندازه گیری روغن دانه: مقدار روغن توسط دستگاه سوکسله اندازه گیری شد .بدین منظور مقدار ۳ گرم نمونه آسیاب و خشک شده توسط دستگاه سوکسله به مدت ١٦ ساعت در مجاورت حلال پترولیوم اتر مورد استخراج روغن قرار گرفت و پس از توزین توسط ترازوی دیجیتا ل با دقت ۰/۰۰۱ گرم مقدار روغن بر اساس ماده خشک به صورت درصد یه گرم نمونه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Zhang et al., 2011).

درصد روغن دانه براساس ماده خشک =۱۰۰ × وزن بالن وروغن – وزن بالن خالی و خشک

وزن نمونه خشک

اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه: برای اندازه گیری درصد پروتین دانه هر کرت به روش کجلدال (Auto Analyzer 2300 شرکت Foss) عمل گردید .بدین منظور از نمونه آرد هر کرت ازمایشی دو نمونه نیم گرمی در کاغذ پیچیده شد و در لوله‌های هضم قرارگرفت . برای عمل هضم از اسید سولفوریک غلیظ ۹۷ درصد به اضافه یک قرص کاتالیزور مخصوص دستگاه کلدال اتوماتیک استفاده گردید. عمل تیتراسیون در دستگاه به کمک سود ٤٠ درصد،محلول معرف برموکروزول کربن به اضافه متیل رد و محلول اسید کلریدیریک ۰/۱ نرمال انجام شد. درصد پروتین نمونه برداشتی با ضریب ثابت ٦/٢٥ (ضریب تبدیل نیتروژن داته گلرنگ به پروتین) توسط دستگاه کجلدال خوانده شد .سپس مقدار نمونه هرکرت بر اساس ماده خشم به صورت درصد در یک گرم نمونه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Zhang et al., 2011).

درصد پروتین دانه بر اساس ماده خشک =۱۰۰× عدد درصد پروتین قرائت شده توسط دستگاه

وزن خشک نمونه

اندازه‌گیری محتوای پرولین: برای اندازه‌گیری میزان پرولین، ۰/۵ گرم از بافت برگی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد به وسیله‌هاون خرد و یکنواخت شد. سپس دو میلی لیتر اسید استیک و دو میلی لیتر 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 میلی لیتر تولوئن به هر لوله 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 میلی لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. در نهایت از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد و با کمک منحنی استاندارد به دست آمده از غلظت‌های مختلف پرولین، میزان آن بر حسب میکرومولار بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (Bates et al., 1973).

سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتازی: برای سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، یک گرم نمونه برگ منجمد درهاون 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 میلی مولار، متیونین ۰/۰۱۳ مولار، EDTA ۰/۱ میکرومولار و ریبوفلاوین دو میکرومولار می باشد که در تاریکی کامل نگهداری می‌شود در انتها از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر استفاده شد (Giannopolitis and Ries,1997). برداشت جهت بررسی صفات بیوشیمیایی، با توجه به زمان اعمال تنش خشکی، در مرحله تشکیل دانه‌ها صورت گرفت. داده‌های به دست امده با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ نشان داد اثر تنش خشکی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی دار بوده و اثر محلول پاشی بجز صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و درصد روغن بر سایر صفات معنی دار شد اما بر همکنش فاکتورهای تحقیق تنها بر میزان پرولین و درصد روغن معنی دار شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس اثر محلول پاشی 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 (گرم)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	درصد پروتئین	یک گرم وزن تر) (جذب در دقیقه به ازای سوپراکسید دیسموتاز	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)
بلوک	۲	٤/۱^{ns}	۱٦/۹۱**	۱۲/۳۱^{ns}	۲٥٦۳٦۷/۳^{ns}	۱۳٦۸۹٤۱۹/٦**	٤٤**	۲٦/٦۲**	۱۲٥٥۸/۰۲*	۱۷/٦٥*
تنش خشکی (a)	۲	۳٥/۹۸**	۱۳۲/٦٤**	٦۱/۱۹*	٦۲۰۱٤۹٤/٤**	۲۳۱۱۲٦۹۲/۸**	۱۷/٤۹*	۱۱/٥۸*	٤٦۹٥۳/٤**	٤۳/۷**
اشتباه اصلی	٤	۱/۹	۰/۲	۱٤/۰٦	۱۰۷۰۸۳/۷	٤۹٤۸٤۱/۷	۱/۲۲	۱/۲۲	۲٦٦٤/٥	۱/٥۳
محلول پاشی (b)	۳	٥/٦*	۱۲/۲٦^{ns}	٤۲/۲۷*	٥۷٦۰٥٤/۸^{ns}	۲۸۹۹٥٥۰/۸*	۸/۱٦^{ns}	۸/۳۱*	۲۲۸٤٦/۹۸*	٥/٥٤*
a*b	٦	۲/۱٤^{ns}	٤/۲۹^{ns}	۱۰/۷۸^{ns}	۱٤۲٦۷۰/٤^{ns}	۲۷۲۳۸۸/۸^{ns}	۹/٤۷*	۱/۰۳^{ns}	۲۹۲٦/٤۷^{ns}	۷/٤۷*
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۷۹	۳/۸۲	٤/۰٥	۱۰٦۷٤٦/۹٦	۱۹۱۲۰۹/٦۲	۱/۳٦	۱/۰۳	۳۲۰۸/٤	۰/٦۷
ضریب‌تغییرات(٪)		۱٥/٦٤	۱٤/۲۹	٦/۳٦	۱٥/۷٤	٦/٤٦	۸/٤۲	۸/۱	۱٤/۰۱	۱۰/٥۹

ns: معنی‌دار نمی باشد **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد *: معنی داردر سطح احتمال ۵ درصد

تعداد طبق در بوته: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بوده ، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول پاشی بر تعداد طبق در بوته معنی دار نبود (جدول ۱). قطع آبیاری در مراحل گلدهی و تشکیل طبق سبب کاهش تعداد طبقه به میزان ۴۳/۳ و ۳۰/۸ درصد شد (جدول ۲). با محلول پاشی تعداد طبق در بوته نسبت به عدم محلول پاشی افزایش یافت و بین محلول پاشی (اسید سالیسیلیک، وسلنیوم) با شاهد اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد دانه در طبق: نتایج و تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. اما اثر محلول‌پاشی و بر همکنش تنش خشکی با محلول‌پاشی بر تعداد دانه در طبق معنی‌داری نشد (جدول۱). 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 (جدول۲). محلول پاشی سبب افزایش تعداد دانه در طبق نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) شد به طوری که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی سلنیوم با میانگین ۱۴/۶۱ و ۱۴/۷۱ دانه در طبق، افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول۳).

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 محلول پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول۱). 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 (جدول۲). محلول‌پاشی سبب افزایش وزن هزار دانه نسبت به عدم محلول‌پاشی شد، به طوری که بیشترین افزایش به میزان ۱۸/۱۴ درصد نسبت به شاهد در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم به دست آمد. البته محلول‌پاشی با سلنیوم و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نیز نسبت به عدم محلول‌پاشی سبب افزایش وزن هزار دانه شدند و به‌ترتیب افزایش ۱۰ و ۱۲ درصدی را ایجاد کردند (جدول ۳).

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 (جدول۱). با قطع آبیاری، از عملکرد دانه کاسته شد، به نحوی که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل طبق به ترتیب 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 (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت اثر فاکتور محلول‌پاشی نشان داد (جدول۳) محلول‌پاشی، عملکرد دانه را نسبت به عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، سلنیوم و اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده شد.

عملکرد بیولوژیک: اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول پاشی 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 میانگین عملکرد بیولوژیک تحت اثر فاکتور تنش خشکی در جدول ۲ نشان می‌دهد با قطع آبیاری عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تنش خشکی در مراحل گلدهی و تشکیل طبق 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 و بیولوژیک نسبت به شاهد شد که البته با محلول‌پاشی توأم سلنیوم و اسید سالیسیلیک در یک گروه آماری قرار داشت (جدول۳).

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 (جدول۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد روغن دانه در واکنش به تنش خشکی با محلول‌پاشی حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری کامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و محلول پاشی توام اسید سالیسیک و سلنیوم درصد روغن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول٤). 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 به ترتیب ۲۲/۸ و ۲٤/۱ درصد روغن داشتند. ولی در تنش خشکی مرحله تشکیل طبق، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک با ۲۳/۱ درصد روغن، نسبت به عدم محلول‌پاشی شده است .

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 (جدول۱). 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 (جدول۲)، در واقع درصد پروتئین واکنشی متفاوت و برعکس درصد روغن که کاهشی بود، نشان داد. تیمار اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت، ولی کاربرد سلنیوم و همین طور مصرف توأم اسید سالیسیلیک و سلنیوم موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد شد. همچنین بیشترین مقدار مصرف پروتئین در محلول‌پاشی سلنیوم با ۲۰/۰۵ درصد پروتئین رخ داد (جدول ٤). نتایج تحقیق حاضر نشان داد تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتازی و پرولین شد. سازوکار 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 دیسموتازی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر داشت، اما برهمکنش تنش خشکی با محلول پاشی معنی‌داری نشد (جدول۱). قطع آبیاری در مراحل گلدهی و تشکیل طبق به ترتیب موجب افزایش ۳٦/۷٦ و ۲۱/۹۱ درصدی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد (جدول۲). محلول‌پاشی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتازی شد، البته تیمار اسید سالیسیلیک، سلنیوم و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با سلنیوم در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۳).

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 (جدول۱). 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، محلول پاشی اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم (۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر) موجب بیشترین افزایش پرولین شد. در تنش خشکی مرحله تشکیل طبق، بیشترین میزان پرولین در محلول پاشی توام اسید سالیسیلیک همراه با سلنیوم مشاهده شد (جدول٤).

جدول ۲: 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 (جذب در دقیقه به ازای یک گرم وزن تر)
آبیاری کامل	۱۷/٤۷a	۷/۷٦a	۳۳/۸a	۲۸۷۲/٥۷a	۸۲۷٤/۰۱a	۱۸/۱٥b	۳۳۸/۲۸c
تنش در مرحله گلدهی	۱۱/۲۹b	٤/٤c	۲۹/۳c	۱٤۷٦/۷۷c	٥٥۳٦/۰۱c	۱۹/۹٤a	٤٦۲/٦a
تنش در مرحله تشکیل طبق	۱۲/۲٦b	٥/۳۷b	۳۱/۹۱b	۱۸۷٦/۰۲b	٦٥۱۰/٤۲b	۱۸/۳٦b	٤۱۲/٤b

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

جدول۳: مقایسه میانگین‌های اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و ا جزای 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 (جذب در دقیقه به ازای یک گرم وزن تر)
شاهد	۱۲/٤b	٤/۷۸b	۲۸/۷۸c	۱۷۰۰/٤۳b	٥۹۸۲/۱c	۱۸/۰٦b	۳٤۹/۰۷b
اسید سالیسیلیک	۱٤/٦۱a	۷/٦٦a	۳۲/۲۳ab	۲۱٤٤/۷۹a	۷۱۹۸/۲۱a	۱۸/۰٥b	٤۳۳/۳٦a
سلنیوم	۱٤/۷۱a	٥/۹۹a	۳۱/٦۸b	۲۲۱٦/۲٤a	٦۷٤۱/٦۱b	۲۰/۰٥a	٤۲۱/٥۷a
اسید سالیسیلیک و سلنیوم	۱۲/۹٦ab	٥/۸٤a	۳٤a	۲۲۳۹/۰۱a	۷۱۷۲/۰۱a	۱۹/۱۲ab	٤۱۳/۷٤a

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

جدول ٤: مقایسه میانگین‌های اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

تنش خشکی (قطع ابیاری)	محلول پاشی	درصد روغن	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)
آبیاری کامل	شاهد	۲۲/٤۱b	٤/۹۷c
آبیاری کامل	اسید سالیسیلیک	۲٤/۷۹a	۷/۸۷b
آبیاری کامل	سلنیوم	۲۱/٦bc	٤/۹٥c
آبیاری کامل	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	۲۲/۹۸ab	٥/۰۹c
تنش در مرحله گلدهی	شاهد	۲۰/۳۲cd	۸/۷٦b
تنش در مرحله گلدهی	اسید سالیسیلیک	۱۹/۹۹cd	۹/٦٥ab
تنش در مرحله گلدهی	سلنیوم	۲۲/۸٥b	۸/٥٥b
تنش در مرحله گلدهی	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	۲٤/۰۹ab	۱۱a
تنش در مرحله تشکیل طبق	شاهد	۱۸/۷۸d	٦/٥۷bc
تنش در مرحله تشکیل طبق	اسید سالیسیلیک	۲۳/۱۳ab	۷/۷bc
تنش در مرحله تشکیل طبق	سلنیوم	۲۰cd	۹/۱٥ab
تنش در مرحله تشکیل طبق	اسید سالیسیلیک و سلنیوم	۲۰/۲۱cd	۹/۱ab

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

بحث

از دلایل کاهش تعداد طبق در اثر تنش خشکی می‌توان به اثر تنش خشکی بر تقسیم سلول‌های تخمک اشاره کرد. 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 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 محلول پاشی ۰/۷ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم محلول پاشی گزارش شد (Shoghian and roozbahani, 2017). همچنین در تحقیقی دیگر بیان شد محلول پاشی 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). 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. در این پژوهش 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 میلی مولار، 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 تعداددانه به میزان ۳ درصد شد و در شرایط تنش فلز سنگین کادمیوم (۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار)، افزایش ۳۸ و ۷۷ درصدی در تعداد دانه ایجاد کرد (Daryayi et al., 2014).

وزن دانه تابع سرعت و طول دوره پر شدن دانه است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود (Tabatabaei et al., 2012) 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 منجر می‌شود (Zahedi et al., 2009). نتایج یک مطالعه نشان داد که مصرف ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک 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 میلی گرم) 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).

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 (Zafary et al., 2017). اسید سالیسیلیک در غلظت کم (10^{-5} میلی‌مولار) با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز). سبب بهبود پارامترهای رشد گیاه گوجه فرنگی 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 فتوسنتز 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 مؤثر در سنتز و هیدرولیز ساکارز (اینورتاز، ساکارز و سنتاز و ساکارز فسفات سنتاز) و آنزیم‌های هیدرولیز کننده نشاسته (آمیلازها)، میزان تولید نشاسته و ساکارز را افزایش داده و از این طریق پیش ماده 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 در مرحله گلدهی با محلول پاشی ۱۹ گرم در هکتار سلنیوم گزارش کرد.

در تحقیقات محققان دیگر نیز کاهش عملکرد بیولوژیک و زیست توده گلرنگ تحت تنش خشکی گزارش شده است (Zafary et al., 2017). محلول پاشی اسید سالیسیلیک (به میزان 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 میلی مولار اسید سالیسیلیک گزارش شد (Mahdavian, 2017). 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 تنش و تنش شد (Daryayi et al., 2014).

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 (Rostayi et al., 2012). البته بین دو تنش در مراحل گلدهی و تشکیل طبق تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و تنش مرحله تشکیل طبق نیز با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.. در تحقیقی مشاهده شد محلول‌پاشی ۳۰ گرم در لیتر سلنیوم سبب افزایش درصد روغن ارقام کلزا از ٤١/٩ به ٤٢/٣ شد و ۹ درصد عملکرد روغن را افزایش داد (Davody et al., 2016).

سوپراکسید دیسموتاز، برای تحمل گیاهان به کمبود آب در طی تنش اکسیداتیو، بسیار مهم است که این موضوع توسط محققان زیادی گزارش شده است (McKersie et al., 2000). سوپر اکسید دیسموتاز نوعی آنتی اکسیدان 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 آنتی اکسیدان‌ها مانند سوپراکسیداز دیسموتاز می‌شود و سبب افزایش تحمل ذرت به تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط گونه‌های فعال می‌شود (Fahad and Bano, 2012). Siamy و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند

در حضور ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به ترتیب ۳۲ و ٤۲ درصد در ذرت افزایش یافت. کاربرد سلنیوم نیز می‌تواند موجب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شود که دلیل آن افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی اکسیدان بود (Dadnia , 2012; Xue et al.,2001). 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.

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 میلی مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش پرولین لوبیا قرمز به میزان ٤٤ درصد شده و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داد (Shoghian and Roozbahani, 2017) 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.

نتیجه‌گیری نهایی

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 تأمین آب گیاه در این مرحله دقت کافی شود. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد محلول پاشی ۱۸ گرم سلنیوم با ۱۵۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک بهبود عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط تنش و حتی عدم تنش سبب شد، به طوری که افزایش عملکرد ناشی از تیمارهای تحقیق شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، سلنیوم و ترکیب آنها به ترتیب ۲٦، ۳۰ و ۳۱ درصد بود. احتمالاً تیمارهای محلول پاشی با افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانت (سوپر اکسید دیسموتازی) و افزایش میزان پرولین و تنظیم اسمزی سبب بهبود شرایط گیاه شدند. محلول‌پاشی توأم آنها در کلیه صفات مؤثر بوده و تفاوت محسوسی نسبت به مصرف جداگانه آنها ایجاد نکرد.

References

Alscher, R.G., Erturk, N. and Heath, I.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.

Dadnia, M.R. (2012). The effect of water deficit stress and selenium foliar application on the activity of some antioxidant enzymes in oil sunflower cultivars .Iranian journal of Crop Physiology. 4: 71-81

Daryayi, F., Keramat, B. and Arvin, M.J. (2014). Study the effects of se and cd on some parameters morphological and physiological in cultivars of wheat plant. Iranian Journal of Plant Process and Function. 3:101-114.

Davody, A., Mirshekary, B., Shirany Rad. A. and Rashidi, V. (2016). Investigate the effect of selenium application on quantity and quality of oil yield in canola cultivars under delayed planting conditions. Iranian Journal of Crop Physiology. 8(31):129-143.

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. 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.

Farjam, S., Rokhzady, A., Mohamady, H. and Ghale shakhany, S. (2014). Effect of cut irrigation tension and foliar application of salicylic on growth , yield and yild components of three safflower cultivars . Iranian Journal of Crop Physiology. 6(23): 99-112.

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 response 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. and Ahmad, A. (2008). Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in response to salicylic acid under water stress, Journal of palnt Internations. 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.

Heydari, A., Bizhanzadeh, E., Naderi, R. and Emam,.Y. (2015). Effect of late season drought tension and salicylic acid on grain yield and canopy temperature of two rapeseed cultivars. Iranian journal of crop physiology. 7(27): 37-53.

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., Trapani, 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). Respones of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and B.juncea to soil water deficit at different growth stage Australia Journal of Agricultural Research.57(2):221-226.

Mahdavian, K. (2017). Effect of different concentrations of salicylic acid on salinity tolerance of barley seedling (*hordeum vulgare* L.). Iranian Journal of Crop Physiology. 9(36):121-136

Malik, J.A., Kumar, S., Thakur, P., Shrma, 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 seedling. Plant Physiology. 132(1): 272-281.

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

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.

Naeimy, M., Akbary, GH., Shiranyrad, A., H. Hasanlo, T. and Akbary, Gh.A. (2012). Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin under water deficit stress conditions. Iranian journal of crops improvement.14:67-81

Nematollahi, E., Jafary, A. and Bagheri, A. (2013). Effect of drought stress and salicylic acid on photosyn thesis pigments and macronutrient absorption in two sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars.Iranian Journal of Plant Ecophysiology. 5(12): 37-51.

Nowak, J., Kaklewski, K. and Ligocki, M. (2004). Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil an 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. World Academy of Science Engineering and Technology.44:688-691

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): 197-205.

Rostayi,. KH. Movahedy dehnavy, M., khadem, S.A., and Oliayi , H.R. (2012). Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the qualitative characteridtics of soyben under drought stress.Iranian Journal of Crops Improvement. 14(1):33-42

Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2007). Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Acta Botanica Croatica, 66(1), 43-56.

Shoghian, M. and Roozbahani, A. (2017). The effect of salicylic acid foliar application on morphological traits, yield and yield components of red bean under drought tension conditions. Crop Physiology Journal, 34(9):131-147.

Siamy,. R., Mirshekary, B., Farahbakhsh, F., Rashidi, R., and Tarynejad, A.R. (2017). The effect of seed priming with salicylic acid and water deficit tension on enzyme activity and yield of grain corn . Iranian Journal of Crop Physiology. 9(34):23-35.

Tabatabaei, S.A., Ghasemy, A. and Shakeri, A. (2012). Effect of water

stress on yield , yield components and oil quantity of canola cultivars . Iranian Journal of Crop Physiology. 3(12):41-53.

Vaisnad, S., and Talebi, R. (2015). Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arientium* L.) under water deficit stress. Environmental and Experimental Biology. 13(3): 109-115.

Weinberg, Z.G., Landau, S., Bar – Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S. and Dvash, L. (2005). English 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: 55-61.

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

Yusuf, M., Hasan, S. A., Ali, 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(9): 1096-1102.

Zahedi, H., Noor Mohamadi, G. H., Shirani Rad, A. Hl, 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.

Zafary, M., Ebady, A., Jahanbahksh, S. and Sedghy, M. (2017). Effect of Brassinosteroide on yield potential and yield components of safflower (*Cartahamus tinctorius* L.) under different irrigation regimes. Iranian journal of Crop Production.10(2):115-126.

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.