بررسی اثر محلول‌پاشی سلنیوم بر صفات کیفی و فعالیت‌های آنزیمی گلرنگ تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک در منطقه ورامین

Effect of foliar application of selenium on quality traits and enzyme activities of safflower (*Carthamustinctorius* L) under different soil moisture regimes in varamin region

بهنام خادمی[۱]، حسینعلی شیبانی[۱] و آرش برزو[۱]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: dr sheybani@iauvaramin.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد سلنیوم بر صفات کیفی و فعالیت‌های آنزیمی گلرنگ تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک، تحقیقی در مزرعه آموزشی – پژوهشی دانشکده کشاورزی واحد ورامین واقع در استان تهران- شهرستان ورامین در سال ۱۳۹۳به‌صورت کرت خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل عامل اصلی رژیم‌های آبیاری در سه سطح: [۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری معمول)، ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش متوسط)، ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید)] و عامل فرعی محلول‌پاشی سلنیوم در چهار سطح شامل: [محلول‌پاشی آب خالص، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر] بودند. نتایج نشان داد که رژیم‌های مختلف آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسیددیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز داشت اما با افزایش شدت تنش تغییری در فعالیت این آنزیم‌ها مشاهده نشد. همچنین اثر تیمارهای اعمال‌شده بر درصد و عملکرد روغن، درصد پروتئین و میزان سلنیوم دانه معنی‌دار بود. همچنین تأثیر کاربرد سلنیوم بر میزان سلنیوم دانه معنی‌دار بود اما تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر این صفت از نظر آماری تاثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم نیز بر میزان سلنیوم دانه و درصد روغن معنی‌دار بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌همراه آبیاری معمول بیش‌ترین تأثیر را در این صفات داشت.

واژگان کلیدی: پروتئین، روغن،گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز.

مقدمه

روغن یکی از موادغذایی اصلی مورد نیاز بشر است و حدود ۲۰ درصد کالری مورد نیاز انسان بسته به رژیم‌های غذایی متفاوت توسط روغن تأمین می‌شود، افزایش تقاضای روغن گیاهی در بازارهای جهان و به‌دنبال آن افزایش قیمت آن باعث فشار اقتصادی به کشورهای واردکننده روغن از جمله ایران گردید. بنابراین با توجه به افزایش جمعیت و مصرف سرانه روغن افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد آنها برای کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری است (فروزان، ۱۳۷۹). درگذشته کشت گلرنگ به‌منظور تهیه رنگ و استفاده ارزان در رنگرزی بود، ولی امروزه علاوه بر استفاده از گلچه‌های آن در رنگرزی از دانه‌ی آن برای تهیه روغن استفاده می‌شود (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹). ماده رنگی کارتامین موجود در گلچه‌های گلرنگ به‌عنوان رنگ غذا و رنگ‌آمیزی پارچه و ابریشم استفاده می‌شود (Esendal, 2001). روغن گلرنگ با دارا بودن ۸۵-۷۳ درصد اسید چرب لینولئیک در کاهش کلسترول خون نقش اساسی دارد (Anonymous, 1999) و از لحاظ کیفیت جزو برترین روغن‌های گیاهی است (Dajue and Mundel, 1996).

خشکی از جمله تنش‌های غیرزنده است که به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته گردید (علیزاده. ۱۳۸۱). در واقع خشکی یک تنش چندبعدی است که گیاهان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تاثیر قرار می‌دهد (Blum, 1996). در سطح گیاه پاسخ به تنش خشکی پیچیده است، زیرا بازتابی از تلفیق اثرات تنش و پاسخ‌های مربوطه در تمام سطوح پائین سازمانی، در فضا و زمان است. سیدیک و همکاران (Siddique and Hamid, 1999) گزارش کردند که خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریبا" بر کلیه فرآیندهای رشد گیاه تاثیرگذار است. عموماً تنش خشکی هنگامی رخ می‌دهد که آب قابل‌دسترسی در خاک کاهش یابد و اوضاع جوّی سبب از دست رفتن آب در اثر تعرق یا تبخیر انجام گیرد (Nakyama *et al*., 2007). تحمل تنش خشکی تقریباً در همه گیاهان مشاهده می‌شود، اما اندازه آن از گیاهی به گیاه دیگر تفاوت دارد و حتی در داخل گونه‌های گیاهی نیز متفاوت است (Jaleel *et al*., 2007). تحمل تنش‌های غیرزنده به‌دلیل ظرافت اثرات متقابل بین عوامل تنش‌زا و پدیده‌های مولکولی، زیست شیمیایی، فیزیولوژیکی تحت تأثیر رشد و نمو گیاه، بسیار بغرنج است (Razmjoo *et al*., 2008). تنش خشکی با کاهش موازنه آب، که در آن روزنه‌ها بسته‌شده و مبادله گاز محدودیت می‌یابد، مورد بررسی قرار می‌گیرد. تنش خشکی به‌وسیله کاهش محتویات آب، تضعیف پتانسیل آب برگ و نزول فشار تورگر، انسداد روزنه و کاهش بزرگ شدن سلول و رشد آن، بیان‌شده است. تنش شدید آب می‌تواند باعث توقف فتوسنتز، بی‌نظمی سوخت‌وسازی و سرانجام مرگ گیاه گردد (Blum, 1996).

سلنیوم یک عنصر کمیاب ضروری برای حیوانات و انسان است (Tapiero *et al*., 2003). این عنصر یک شبه‌فلز است که خصوصیات آنتی‌اکسیدانتی آن برای انسان، حیوانات و گیاهان به اثبات رسید. برخی از گیاهان به‌عنوان گیاهان انباشته‌کننده، این عنصر معرفی شده‌اند و در تعداد اندکی سلنیوم به‌عنوان عنصری سودمند در رشد آن‌ها شناخته شد، تأثیر سلنیوم بر رشد گیاهان دارای اهمیت است (صفاریزدی و همکاران، ۱۳۹۱). سلنیوم یکی از اجزای ضروری برای سیستم فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز است، در زمان تشکیل تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی و تشکیل رادیکال‌های آزاد که منجر به صدمات و نابودی سلول‌ها سلنیوم نقش فعالی دارد و موجب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌گردد، در حقیقت بدون سلنیوم گیاه نمی‌تواند به‌اندازه کافی سیستم آنتی‌اکسیدانتی را فعال نماید (Timothy, 2001).

نتایج نشان داد سلنیوم می‌تواند وضعیت آب در گیاهان را تنظیم و در نتیجه اثر محافظتی خود را انجام دهد (Kuznetsov *et al*., 2003). سلنیوم با افزایش تحمل به تنش اکسیداتیو ناشی از تابش اشعه ماورای‌بنفش، باعث به تأخیر انداختن پیری در گیاه

می‌گردد (Xue *et al*., 2001). حتی زمانی‌که در شرایط قرارگیری در خاک‌های با محتوای سلنیوم بالا قراردارند، اکثر غلات و گیاهان علوفه‌ای نسبت به جذب سلنیوم تمایل کمی دارند (Nowak, 2004). سلنیوم از نظر شیمیایی شبه‌گوگرد است (Nowak, 2004). سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند عملکرد گیاه را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد (Zahedi *et al*., 2009). همچنین بر میزان تحمل گیاهان زراعی به تنش‌ها را افزایش داده و عملکرد محصول را بهبود بخشد (Van Osterom *et al*., 2006). این عنصر به‌دلیل داشتن خصوصیات آنتی‌اکسیدانتی موجب افزایش کیفیت روغن گلرنگ و افزایش ارزش غذایی آن گردید (دادنیا، ۱۳۹۱). در آزمایشی اثرات اصلی سطوح مختلف آبیاری بر تمامی صفات، اختلاف معنی‌داری را نشان داد به‌طوری‌که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌داری در تمامی صفات گردید (Zahedi *et al*., 2009). نتایج تحقیقات مشخص نمود که کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند میزان عملکرد را در شرایط خشکی بهبود بخشد (Zahedi *et al*., 2009). مصرف مکمل مناسب سلنیوم توانست تنش اکسیداتیو ناشی از سرب را کاهش دهد و بر میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بیافزاید، سطح فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانت و بیومارکرهای تخریب به شدت تحت تأثیر سلنیوم و تیمارهای آبیاری قرارگرفت (Ju-hong *et al*., 2013). تحت شرایط تنش آب میزان عملکرد تحت تأثیر سلنیوم افزایش یافت و سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و بیومارکرهای تخریب بیوشیمیایی تحت تأثیر سلنیوم و تیمارهای آن قرار گرفت (دادنیا و همکاران، ۱۳۸۷). با قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و محلول‌پاشی با سلنیوم می‌توان به عملکرد مطلوب دست یافت (غلامی و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعه دیگری سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت (لطفی و همکاران.، ۱۳۹۱). در یک بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم گلدشت (IL-111) در تاریخ کاشت پانزده آبان دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۳۹۵ کیلوگرم در هکتار)، بیش‌ترین وزن هزار دانه (۶/۴۰ گرم)، بیش‌ترین تعداد شاخه (۶/۱۶ شاخه) بود (صمدی فیروزآبادی و یزدانی، ۱۳۹۱). محلول‌پاشی سلنیوم در برخی از گیاهان در شرایط تنش خشکی از طریق تأثیر بر میزان ساخت و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش تولید بیومارکرهای تخریب مولکولی توانست مانعی در کاهش اثرات تخریبی تنش خشکی در برگ‌ها و در نهایت عملکرد محسوب گردد (شافعی، ۱۳۸۴). کاربرد سلنیوم موجب افزایش میزان آنزیم‌های جاروب کننده (H_2O_2) (Krzysztof, 2008). به‌ویژه (آسکوربات، پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز) (Khattab, 2004) و ترکیبات آنتی‌اکسیدانت (آسکوربات، پرولین، گلوتاتیون) شد (Hasanuzzaman, 2010). به همین دلیل با مصرف سلنیوم میزان (H_2O_2) را در گیاهان کاهش می‌یابد (Rios *et al*., 2008). پژوهش‌ها نشان داد که در گیاهان روغنی تحت تنش‌های آبی مختلف سطح رادیکال‌های آزاد پراکسیداز در بافت‌ها افزایش می‌یابد (Gill and Meelu, 2008). سلنیوم فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را افزایش داد (Gonzalez, 2007)، که موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید گردید (Hasanuzzaman, 2010., Khattab, 2004). همچنین محلول‌پاشی سلنیوم بر برگ گیاهان زراعی میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را افزایش داد و تحمل به تنش خشکی را بالا برد (Van osterom *et al*., 2006).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین به‌صورت کرت خرد شده (اسپلیت پلات) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل اصلی رژیم‌های آبیاری در سه سطح (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری معمول)، ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش متوسط)، ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید) و عامل فرعی محلول‌پاشی سلنیوم در چهار سطح (محلول‌پاشی آب خالص، ۱۰۰ میلی‌گرم در

لیتر، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. اعمال رژیم‌های آبیاری بر اساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Soil physical and chemical properties

بافت	اسیدیته	شوری	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Texture	PH	EC dSm^{-1}	OC %	N %	P $mg\ kg^{-1}$	K $mg\ kg^{-1}$
لومی شنی	7.55	2.48	0.89	0.201	62	298

اندازه‌گیری خصوصیات کمی گلرنگ در زمان رسیدن فیزیولوژیکی دانه از حاشیه نمونه برداری جهت شمارش اجزای عملکرد و از مساحت برداشت جهت اندازه‌گیری عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت صورت‌گرفت. برای سنجش پروتئین از روش کجدال (Kjeldahl, 1883) استفاده شدکه طی آن پودر نمونه گیاهی در اسید سولفوریک غلیظ در حضورکاتالیست حاوی یون مس جوشانده شد تا نیتروژن به‌صورت آمونیاک درآمد. بعد از تغییر رنگ نمونه از بنفش کم رنگ به سبز کم رنگ، تتراسیون با اسید سولفوریک یک نرمال انجام شد. با عمل تتراسیون مصرفی و درصد نیتروژن نمونه محاسبه گردید

$$\text{درصد ازت} = \frac{\text{۰/۰۰۱٤} \times \text{عدد حاصل از تیتراسیون (cc)}}{\text{وزن نمونه(گرم)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصدپروتئین} = \text{میزان ازت} \times 6.25$$

به ازای هر یک مول اسیدکلریدریک مصرفی ۱۴ گرم نیتروژن در بافت اولیه وجود دارد. با استفاده از ضریب ۶/۲۵ میزان پروتئین سنجیده شد.

جهت اندازه‌گیری آنزیم سوپراکسیددیسموتاز SOD از روش میسرا (Misra, 1972) استفاده شد. محلول زمینه بافرتریس (Tris Base) حاوی فسفات دی سدیک (pH=7.2) به‌همراه ۳/ ۱میلیمول اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (EDTA) به‌همراه ۰/۱ میلی‌مول کربنات مونوسدیک تهیه و از اپی نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مول به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. سپس مجموعه عصاره به آن‌ها اضافه و تغییرات جذب نوری حاصل از اکسیداسیون اپی نفرین اندازه‌گیری و به‌عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی شد. از آنزیم استاندارد و خالص برای استاندارد شدن نتایج استفاده شد که هر واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی‌مول اپی نفرین در یک دقیقه است.

اندازه‌گیری کاتالاز بر اساس روش پاگلیا و والنتین (Paglia and Valentin, 1997) انجام شد. در این روش شدت واکنش حذف آب اکسیژنه به‌عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای کار حاوی (۰/۱۷میلی‌مول) فسفات دی سدیک (PH۷/۵) همراه ۰/۱۵ مول اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (EDTA) و ۰/۱۱ مول کلرید منیزیم بود. یک واحد فعالیت آنزیم کاتالاز معادل نسبت تبدیل آب اکسیژنه در مدت یک دقیقه هنگامی‌که واکنش درجه اول پیش برود در نظر گرفته شد. سنجش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بر اساس روش پاگلیا و والنتین (Paglia and Valentin, 1997) انجام گرفت. در این روش عصاره استخراجی به محلول بافر حاوی فسفات منو پتاسیک (۶۵۶ مول) و (pH=7) همراه (۱/۲) میلی‌مول اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (EDTA) و یک میلی‌مول $NaNO_3$ و دو میلی‌مول از NADPH وارد شد سپس به آن دو میلی‌لیتر گلوتاتیون احیا همراه ۰/۱ میلی‌مول از آب‌اکسیژنه اضافه شد و بلافاصله میزان اکسیداسیون NADPH از طریق تعیین مقدار جذب در ۳۴۰ نانومتر و در ۳۰ درجه توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. هم‌زمان یک محلول بلانک حاوی تمام مواد فوق بدون حضور عصاره استخراجی برای تصحیح و حذف خطاهای احتمالی مورداستفاده قرار گرفت، یک واحد

از فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معادل آنزیمی که بتواند یک میکرومول) از سوبسترا NADPH را در یک دقیقه کاتالیز کند در نظرگرفته شد، برای استاندارد شدن از نمونه آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز استاندارد استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش، از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از روش دانکن صورت‌گرفت، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

بر طبق نتایج تأثیر تنش خشکی و همچنین محلول‌پاشی سلنیوم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل سلنیوم و تنش خشکی معنی‌دار نبود (جدول دو). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که در بین سطوح مختلف سلنیوم بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت این آنزیم به تیمارهای ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد به ترتیب با میانگین‌های ۴۷۳ و ۳۷۸ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه مربوط بود (جدول چهار). همچنین تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در گیاه گلرنگ شد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار تنش شدید خشکی (۵۲۰ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد (۳۳۵ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) به‌دست آمد (جدول سه). سوپر اکسید دیسموتاز، برای تحمل گیاهان به کمبود آب در طی تنش اکسیداتیو، بسیار مهم است که این موضوع توسط سایر محققان نیز گزارش شد (Mckersie *et al*., 2000). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در گیاهان نقش حفاظتی دارد و یک آنزیم ضد اکساینده است که آنیون‌های سوپر اکسید بسیار فعال را کاتالیز نموده و تبدیل آن به اکسیژن و انواع کم فعالیت پراکسید هیدروژن را به عهده دارد (Jose and metes, 1999).

جدول ۲- تجزیه واریانس فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای رژیم‌های مختلف آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم

Table 2. Analysis of variance for Enzymes activity of CAT, GPX and SOD in different soil moisture regimes and selenium treatments

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	کاتالاز CAT	گلوتاتیون پراکسیداز GPX
تکرار Rep	2	5931^{ns}	5.508^{ns}	0.186^{ns}
رژیم‌های مختلف آبیاری different soil moisture regimes (A)	2	104284^{**}	75.69^{**}	0.599^{**}
خطای اصلی (Ea)	4	6365	8.171	2.192
سلنیوم selenium (B)	3	17690^{**}	27.92^{**}	5.094^{**}
اثر متقابل A*B	6	3251^{ns}	2.198^{ns}	0.653^{ns}
خطای فرعی (Eb)	18	3586	1.831	0.758
کل Total	36			

^{ns} و ** به ترتیب غیر معنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

فعالیت آنزیم کاتالاز

بر طبق نتایج، تأثیر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین محلول‌پاشی سلنیوم تأثیر معنی‌داری (P< ۰/۰۱) بر فعالیت آنزیم کاتالاز داشت. اما اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم ازنظر آماری معنی‌دار نبود (جدول دو). در بین تیمارهای محلول‌پاشی سلنیوم نیز بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد و بین سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم ازنظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول چهار). بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح تنش خشکی مربوط به تیمار تنش شدید (با میانگین ۱۷/۷۱ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و کم‌ترین آن از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول سه). آنزیم کاتالاز از سلول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کند. برای برخی سلول‌ها تحت شرایط طبیعی الزامی بوده و نقش مهمی در کسب تحمل در برابر تنش اکسایشی در واکنش‌های تطبیقی سلول‌ها دارد. یافته‌های بیوشیمیایی نشان می‌دهد که کاتالاز در سلول‌های گیاهی تنها در پراکسی زوم وگلی اکسی زوم مستقر است. احتمالا کاتالاز در این دو اندامک، تخریب H_2O_2 تولید شده از فعالیت اکسیدازهای فلاوین را کاتالیز می‌کند. کاتالاز آنزیمی است که از یون‌های فلزی به‌عنوان کوفاکتور استفاده می‌نماید (ساعی، ۱۳۸۳). گزارش شد که ساخت در برابر تنش اکسیداتیو است (Mittler, 2002). شافعی (۱۳۸۴) با تحقیق بر روی گیاه سویا نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش فعالیت کاتالاز می‌گردد و مصرف ۲۱ گرم در هکتار سلنیوم سطح فعالیت این آنزیم را افزایش می‌دهد.

جدول ۳- مقایسات میانگین فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز تحت در تیمارهای رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 3. Comparison of means of enzymes activity of CAT, GPX and SOD in different soil moisture regimes

رژیمهای مختلف آبیاری different soil moisture regimes	سوپر اکسیداز دیسموتاز SOD ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)	کاتالاز CAT ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)	گلوتاتیون پراکسیداز GPX ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)
50میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) 50 mm evaporation from evaporation pan (Control)	335^{b}	12.75^{b}	4.80^{b}
80میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش متوسط) 80 mm evaporation from evaporation pan	488^{a}	14.54^{ab}	5.23^{ab}
110میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) 110 mm evaporation from evaporation pan	520^{a}	17.71^{a}	6.52^{a}

میانگین‌هایی که با حروف مشابه در هر ستون نشان داده شده‌اند از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means with the same letter in each column are not significantly different.

جدول ۴- مقایسات میانگین فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز تحت تیمار سلنیوم

Table 4. Comparison of means of enzymes activity of CAT, GPX and SOD in selenium

سلنیوم selenium	سوپر اکسیداز دیسموتاز SOD ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)	کاتالاز CAT ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)	گلوتاتیون پراکسیداز GPX ($\Delta A.\ mg^{-1}protein.\ min^{-1}$)
شاهد Control	378^{c}	12.99^{b}	4.56^{c}
100میلی‌گرم در لیتر 100 mg.lit	420^{bc}	16.88^{a}	5.39^{bc}
200میلی‌گرم در لیتر 200 mg.lit	467^{ab}	16.88^{a}	6.36^{ab}
300میلی‌گرم در لیتر 300 mg.lit	473^{a}	16.01^{a}	5.76^{a}

میانگین‌های که با حروف مشابه در هر ستون نشان داده‌شده‌اند از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means with the same letter in each column are not significantly different.

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نشان داد که اثر تیمارمحلول‌پاشی سلنیوم بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار بود ($P<$ ۰/۰۱). همچنین اثر تیمار تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل محلول‌پاشی سلنیوم و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار نبود (جدول دو).

مقایسه میانگین اثرات ساده این صفت نشان داد که محلول‌پاشی سلنیوم سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در گلرنگ شد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۶/۳۶ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) (۴/۵۶ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) حاصل شد (جدول چهار). سلنیوم یکی از اجزای ضروری برای سیستم فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز است، همچنین سطح فعالیت این آنزیم در حضور مقادیر معینی از سلنیوم یک شاخص برای قدرت سیستم دفاعی گلوتاتیون پراکسیداز است. تأثیر سلنیوم این است که در زمان تشکیل تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی و تشکیل رادیکال‌های آزاد که منجر به صدمات و نابودی سلول‌ها می‌شوند. فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز را انجام می‌دهد، در حقیقت بدون سلنیوم گیاه نمی‌تواند به اندازه کافی سیستم آنتی‌اکسیدانی را فعال نماید (Timothy, 2001). گلوتاتیون پراکسیداز کاهش پراکسید هیدروژن را با استفاده از گلوتاتیون احیا شده کاتالیز می‌کند. بنابراین سلول‌ها را در برابر آسیب ناشی از اکسایش حفاظت می‌کند (شافعی، ۱۳۸۴ و فلاحت‌زاده، ۱۳۸۶).

همچنین تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در گیاه گلرنگ شد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار تنش شدید خشکی (۶/۵۲ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد (۴/۸۰ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) بود (جدول سه). فتحی امیرخیز و همکاران (۱۳۹۰) در شرایط تنش خشکی، افزایش سه برابری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را گزارش کردند.

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد روغن، عملکرد روغن و درصد پروتئین گلرنگ در تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم

Table 5. Analysis of variance for Oil yield, Protein percentage and Oil percentage in drought stress and selenium treatmentsregimes and selenium treatments.

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein percentage	محتوای سلنیوم دانه Selenium content of grain
REP	تکرار	2	81790**	1.777ns	10178**	1.083ns	283ns
Irrigation(A)	آبیاری	2	948264**	12.86**	112420**	41.33**	1896**
(Ea)	خطای a	4	6270	0.444	1033	2.916	118
Selenium(B)	سلنیوم	3	555389**	35.80**	106029**	14.74**	1470**
A*B	اثر متقابل	6	135162**	11.75**	29320**	0.741ns	291*
(Eb)	خطای b	18	7540	2.185	1098	1.268	109
Total	کل	36					

ns عدم تفاوت معنی‌دار و * در سطح پنج درصد و ** در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول چهار). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه در تیمارهای شاهد و تنش شدید به ترتیب با میانگین‌های ۲۶۰۱ و ۲۰۳۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول پنج). مقایسات میانگین اثرات ساده بین سطوح محلول‌پاشی سلنیوم نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد (جدول شش). اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۸۵۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری معمول به همراه محلول‌پاشی سلنیوم به غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (جدول چهار). نتایج نشان داد که سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند عملکرد گیاه را تحت تنش خشکی بهبود دهد (Zahedi *et al*., 2009) همچنین سلنیوم تحمل گیاهان زراعی را نسبت به تنش‌ها افزایش داد و عملکرد محصول را بهبود بخشید (Vanosterom *et al*., 2006).

درصد و عملکرد روغن

بر طبق نتایج اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم بر درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول پنج). مقایسه میانگین اثرات ساده بین تیمارهای تنش خشکی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد روغن در تیمارهای شاهد و تنش شدید به ترتیب با میانگین ۲۷/۸۳ و ۲۶/۰۰ درصد حاصل شد. با افزایش شدت تنش کاهش معنی‌داری در درصد روغن مشاهده نشد (جدول شش).

در آزمایشی نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۶) اظهار داشتند با اعمال تنش خشکی در گلرنگ عملکردروغن به‌شدت کاهش می‌یابد ولی ازطرفی با افزایش شدت تنش در سطوح بعدی افت عملکردبا شدت کم‌تری انجام می‌گیرد.

در بین سطوح محلول‌پاشی سلنیوم بیش‌ترین درصد روغن با میانگین ۲۸/۱۱ درصد مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول هفت). این عنصر به دلیل داشتن خصوصیات آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش روغن گلرنگ و افزایش ارزش غذایی آن شد (دادنیا، ۱۳۹۱). اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم نیز معنی‌دار بود و بیش‌ترین درصد روغن زمانی حاصل شد که آبیاری معمول (بدون تنش خشکی) به‌همراه کاربرد محلول‌پاشی سلنیوم با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌کاربرده شد (شکل یک). تیمارهای اعمال‌شده بر عملکرد

روغن که تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن است، تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول پنج). میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani *et al*., 2009) این نتایج را تایید کردند.

جدول ۶- مقایسات میانگین عملکرد و درصد روغن، عملکرد روغن و درصد پروتئین گلرنگ تحت تیمار تنش خشکی

Table 6. Comparison of means of yield and oil yield, Protein percentage and oil percentage in different soil moisture regimes.

different soil moisture regimes	رژیم‌های مختلف آبیاری	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha)	درصد روغن Oil percentage (%)	عملکرد روغن Oil Yield ($g.m^2$)	درصد پروتئین Protein percentage (%)	محتوای سلنیوم دانه Selenium content of grain (mg.kg)
50 mm evaporation from evaporation pan (Control)	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد)	2601^{a}	27.83^{a}	727^{a}	16.00^{b}	0.318^{a}
80 mm evaporation from evaporation pan	۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش متوسط)	2330^{b}	26.08^{b}	613^{b}	18.33^{a}	0.259^{ab}
110 mm evaporation from evaporation pan	۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید)	2039^{b}	26.00^{b}	535^{b}	19.66^{a}	0.245^{b}

میانگین‌های که با حروف مشابه در هر ستون نشان داده‌شده‌اند از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean that similar letters in each column are shown in terms of 5% level of statistical significant difference.

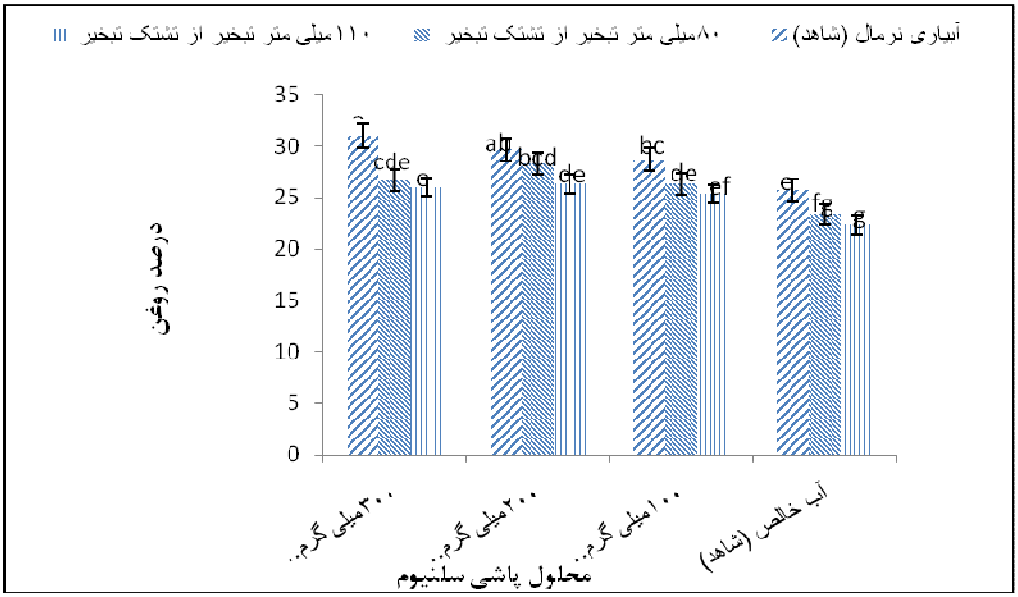
جدول ۷- مقایسات میانگین عملکرد و درصد روغن، عملکرد روغن و درصد پروتئین گلرنگ تحت تیمار سلنیوم

Table 7. Comparison of means of yield and Oil yield, Protein percentage and Oil percentage in selenium

selenium	سلنیوم	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha)	درصد روغن Oil percentage (%)	عملکرد روغن Oil yield ($g.m^2$)	درصد پروتئین Protein percentage (%)	محتوای سلنیوم دانه Selenium content of grain (mg.kg)
Control	شاهد	1955^{c}	23.77^{b}	466^{c}	16.11^{b}	0.084^{c}
100 mg.lit	۱۰۰میلی‌گرم در لیتر	2411^{b}	26.77^{a}	650^{b}	18.22^{a}	0.194^{b}
200 mg.lit	۲۰۰میلی‌گرم در لیتر	2501^{a}	28.11^{a}	703^{a}	18.18^{a}	0.412^{a}
300 mg.lit	۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	2426^{ab}	27.88^{a}	683^{a}	18.66^{a}	0.405^{a}

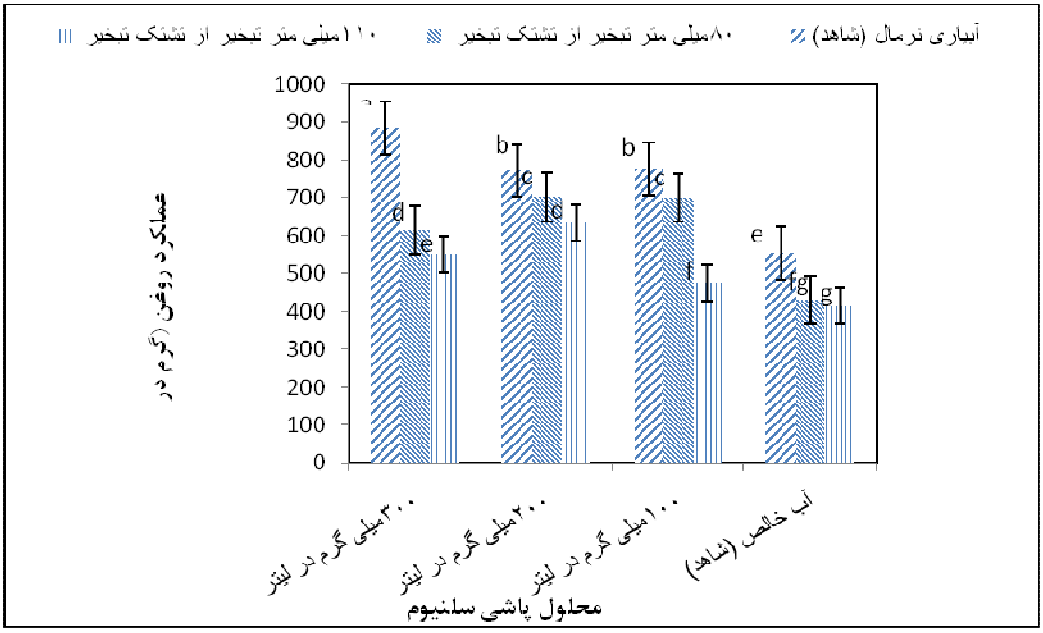
میانگین‌های که با حروف مشابه در هر ستون نشان داده‌شده‌اند از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean that similar letters in each column are shown in terms of 5% level of statistical significant difference.



شکل ۱- میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم بر درصد روغن

Fig 1. Means of interactions between drought stress and selenium on Oil percentage



شکل ۲- میانگین عملکرد روغن در تیمارهای اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم

Fig 2. Means of Oil yield on grain under drought stress and selenium foliar application

درصد پروتئین

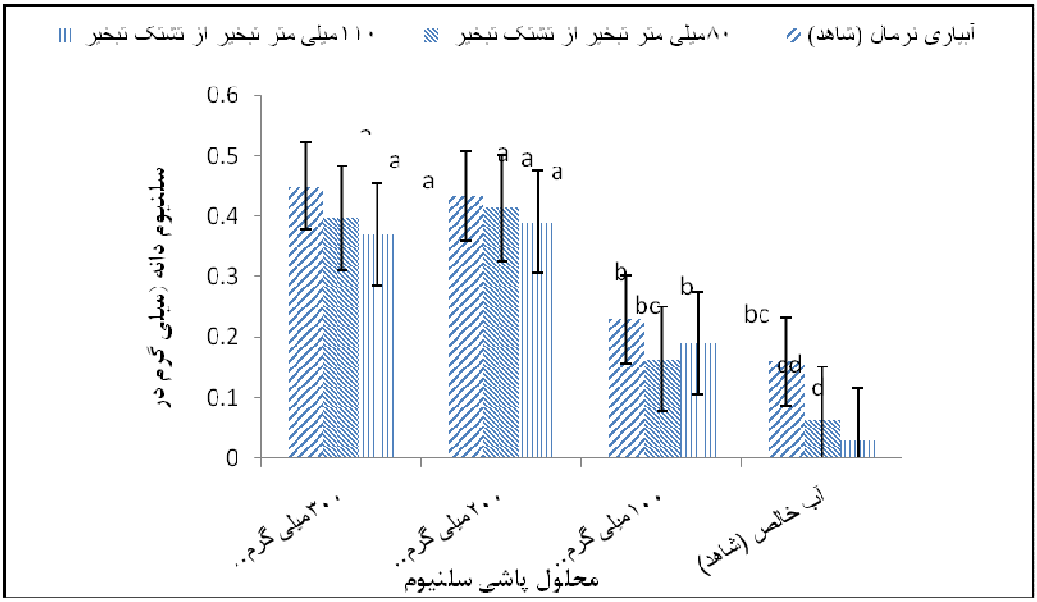
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌داری ($P< ۰/۰۱$) بر درصد پروتئین گلرنگ داشت اما اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول پنج). در بین سطوح تنش خشکی بیش‌ترین و کم‌ترین درصد پروتئین در تیمارهای تنش شدید و شاهد به ترتیب با میانگین ۱۹/۶۶ و ۱۶/۰۰ درصد به‌دست آمد (جدول شش). بیش‌تر بودن درصد پروتئین در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند با کاهش

طول دوره رشد و نمو مرتبط باشد که سبب کاهش نسبت روغن به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین می‌شود (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). افزایش درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی با نتایج برخی از پژوهشگران ازجمله جلیلیان و همکاران (Jaleel *et al*., 2007) مطابقت دارد. همچنین بیش‌ترین درصد پروتئین در میان سطوح محلول‌پاشی سلنیوم در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (با ۱۸/۸۸ درصد) حاصل شد و هیچ یک از سطوح سلنیوم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول هفت).

سلنیوم دانه

نتایج تجزیه واریانس میزان سلنیوم دانه نشان داد که اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول پنج). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در بین سطوح تنش خشکی بیش‌ترین میزان سلنیوم دانه در تیمار شاهد (۰/۳۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد (جدول شش). محلول‌پاشی سلنیوم سبب افزایش میزان سلنیوم دانه شد، بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (با میانگین ۰/۴۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد (۰/۰۸۴میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. با افزایش غلظت محلول‌پاشی سلنیوم در میزان سلنیوم دانه نیز افزایش خطی مشاهده شد (جدول هفت).

همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی سلنیوم و تنش خشکی بر میزان سلنیوم دانه معنی‌دار ($P<$ ۰/۰۵) بود (جدول پنج) و بیش‌ترین وزن خشک طبق زمانی حاصل شد که آبیاری معمول (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌همراه محلول‌پاشی سلنیوم با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به کار برده شد (شکل سه). در تحقیقی مشاهده شد که در اثر کاربرد سلنیوم به مقدار شش و ۱۲ گرم در هکتار، میزان سلنیوم در دانه گندم به ترتیب از ۰/۰۴۲ به ۰/۰۶۷ و از ۰/۰۶۵ به ۰/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک افزایش یافت (Milovac *et al*., 1998) که با نتایج بدست آمده از این تحقیق همسو است.



شکل ۳- میانگین میزان سلنیوم دانه در تیمارهای اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم

Fig 3. Means of selenium content of grain under drought stress and selenium interactions

نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی و کمبود آب سبب افزایش در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز گردید و تأثیری بر بیومارکرهای اندازه‌گیری شده، نداشت. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت کاربرد سلنیوم در شرایط تنش خشکی سبب کاهش اثرات تنش خشکی گردید. در بین تیمارهای تنش خشکی، بیش‌ترین خسارت وارد شده بر صفات اندازه‌گیری شده، در تیمار تنش شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) مشاهده شد، که نشان‌دهنده حساسیت گلرنگ به این شدت تنش است. همچنین در بین سطوح محلول‌پاشی سلنیوم در شرایط تنش خشکی (متوسط و شدید)، این پژوهش نیز از تیمار محلول‌پاشی سلنیوم با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین نتیجه به دست آمد. با توجه به سمی بودن عنصر سلنیوم برای گیاه در غلظت‌های بالا، با افزایش غلظت محلول سلنیوم از (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) شاخص‌های مورد اندازه‌گیری کاهش پیدا کردند.

منابع References

آلیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی.

دادنیا، م.ر.، حبیبی، د.، اردکانی، م.ر. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سلنیوم بر عملکرد و فعالیت برخی از بیومارکرهای بیوشیمیایی در ارقام مختلف آفتاب‌گردان روغنی. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد ۴, شماره:۸۱-۷۱.

دادنیا، م.ر. ۱۳۹۱. بررسی اثر کمبود آب و محلول‌پاشی سلنیوم بر فعالیت‌های برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ارقام آفتاب‌گردان روغنی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال چهارم، شماره چهاردهم:۸۱-۷۱.

شافعی، س. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر کم‌آبی بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام مختلف سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

صفاریزدی. آ.، لاهوتی، م. و گنجعلی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر غلظت‌های مختلف سلنیوم بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea L.*). کنگره بین‌المللی بیولوژی کاربردی.دوره ۲۶، شماره ۳،صفحات ۲۹۲- ۳۰۰.

صمدی فیروزآبادی، ب. و یزدانی، ف. ۱۳۹۱. اثر تاریخ کاشت بر روی عملکرد دانه و روغن چهار رقم گلرنگ در منطقه ورامین. مجله به زراعی نهال و بذر.۲۸-۲(۴): ۴۵۹-۴۷۰.

علیزاده ، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب وخاک وگیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

غلامی، ح.، سجادی، ن.ع.، گماریان، م. و سبحانی، م.ر. ۱۳۹۰. واکنش صفات زراعی به عناصر کم مصرف و سلنیوم تحت تنش کمبود آب در کلزا. ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی.

فتحی امیرخیز، ک.، امینی دهقی، م.، مدرس ثانوی، س.م. و رضازاده حشمتی، س.ع. ۱۳۹۰. اثر مصرف آهن بر فعالیت آنزیمی، عملکرد دانه و میزان روغن دانه گلرنگ در شرایط کمبود آب. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۳. شماره ۲. صفحه ۴۶۵-۴۵۲.

فروزان، ک. ۱۳۷۹. گلرنگ. انتشارات شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی. ۱۵۴ صفحه.

فلاحت‌زاده، ا. ۱۳۸۶. بررسی اثر سلنیوم در ارتقای مقاومت به خشکی دو رقم مختلف گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

لطفی، پ.، محمدی‌نژاد، ق. و گلکار، پ. ۱۳۹۱. بررسی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius L.*). مجله دانش زراعت، سال پنجم، شماره۷.

نادری درباغشاهی، م.ر.، بنی طباء، ع.ر.، شهسواری، م.ر. و جوانمرد، ح.ر. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی بر زودرسی گلرنگ پاییزه در منطقه اصفهان. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم، شماره دوم، صفحات ۱۳۸-۱۵۰.

Anonymous. 1999. The reviw of natural products, fact and comparisons. Awolters Kluwer co. 1.3.

Blum, A. 1996. Cropresponsesofdroughtandtheinterpretationofadaptation.PlantGrowth Regul.20,135–148.

Dajue, L., and Mundel, H.H. 1996. Safflower (Carthamus tinctorius L.)

Esendal, E., Istanbulluoglub, A., Arslana B. and Paşaa, C. 2008. Effect of water stresson growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th Internationalsafflower conference. Australia.

Esendal, E. 2001. Safflower production and research in Turkey. In: proceedings of the 5th International Safflower Conference.Pp. 203-206.

Gill, H.S., and Meelu, O.P. 2008. Studies on the substitution of inorganic fertilizers with Azospirillum rates on wheat yield. Fert. Res. 25: 255-62.

González, N. 2007. Fijación de nitrógeno en soja. Inoculantes: Situación actualy perspectivas en la Argentina. p. 161–169. In: De la Biología del Suelo a la Agricultura, A. Thuar, F. Cassán and C. Olmedo (eds). Univ. Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.

Hasanuzzaman, M., Anwar Hossain, M., and Masayuki, F. 2010. Selenium in higher plants: physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. Journal of Plant Science, 5: 354-375.

Jaleelca, G., Sankarba, M., Kishorekumara, S., and Panneersel, V. 2007a. Studieson germination, seedling vigor, lipid per oxidation and pro- line metabolism in (*Catharanthus roseus* L.)Seedlings under salt stress. South African Journal of Botany.73:190-195

Jaleelca, G., Sankarba, M., Kishorekumara, S., and Panneersel, V. 2007b. Calcium chloride effects on saline- tyin du cedoxid ative stress, proline metabolism and in do leal kaloid accumulation in (*Catharanthusroseus* L.), Comptes Rendus Biologies330:674–683.

Jose, M., Gomez, M.C. 1999. Antioxidant Enzyme and Human Disease. Chemical Biochemistry.Vol 32. No 8.596-603.

Ju-hong, Y., Mian-hao, H., Zao-hong, Z. 2013. Selenium Alleviates Coleus from Oxidative Damage under Pb Stress by Resource Allocation and Antioxidant Defense System. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology.6 (9):1606-1613.

Khattab, H. 2004. Metabolic and oxidative responses associated with exposure of Eruca sativa(rocket) plants to different levels of selenium. International Journal Agriculture Biology, 6: 1101-1106

Krzysztof, K., Nowak, J., and Ligocki, M. 2008. Effects of selenium content in green parts of plants on the amount of ATP and ascorbate–glutathione cycle enzyme activity at various growth stages of wheat and oilseed rape. Journal of Plant Physiology, 165: 1011-1022.

Kuznetsov, V.V., Kholodova,V.P., Kuznetsov, V.V., and Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Dokl. Biol. Sci., 390:266-268.

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

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Aeene band, A., Shirani rad, A.H., and Rejali, F. 2009. Dual inoculation of Azotobacter and Mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some of characteristics of spring safflower. Proceeding of internation conference on energy and environment. March 19-21, 2009. pp: 729-733.

Misra, H.P., and Fridovich, I. 1972. The role of superoxide eanion in the autoxidation of epinephrine and asimple assay for superoxide dismutase. J. Biol Chem. 247: 3170-3175.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405–409.

Nakayama, N., Saneokal, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., and Fujita, K. 2007. Response of growth, photosynthetic gasexchange, translocation of 13C-labelledphotosyn that e and Na accumulation in two soybean (*Glycinemax* L.Merrill) cultivars to droughtstress. International Journal of Agricultural Biology,Vol.9,No.5, pp.669–674,ISSN1813-2235.

Nowak, J., Kaklewski, K., Ligocki, M. 2004. Influence of seleniumon oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. Soil Biol. Biochem. 36:1553-1558.

Paglia, D. 1997. Studies on the quantitive trait Dase. J.Lab. med. 70:158-165.

Paglia, D.E., and Valentine, W.N. 1987. Studies on the quantitative and qualitative characterization of glutathione peroxidase. J.Lab. Med. 70: 158-165.

Razmjoo, K., Heydarizadeh, P., and Sabzalian, M. 2008. Effect of Salinity and Drought Stresses on Growth Parameters and Essential Oil Content of Matricaria chamomile. International Journal of Agriculture & Biology. ISSNPrint:1560–8530; ISSN Online: 1814–9596

Rios, J.J., Blasco, B., Cervilla, L.M., Rosales, M.A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L., and Ruiz, J.M. 2008. Production and detoxification of H2O2in lettuce plants exposed to selenium. Annals of Applied Biology, 154: 107–116.

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Bot. Bull. Acad. Sin., 40:141-145.

Tapiero, H., Townsend, D.M., Tew, K.D. 2003. Dossier: Oxidative stress pathologies and antioxidants: The antioxidant role of: selenium and seleno-compounds. Biomed. Pharmacoth., 57:134-144.

Timothy, P. 2001. Glutathion –Related enzymes and Selenium status: Implication for oxidative stress. Bio chem Pharm. 62: 273-281.

Van Oosterom, E.J., Weltzien, E., Yadav, O.P., and Bidinger, F.R. 2006. Grain yield components of pearl millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. Field Crops Res.96:407–421.

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

Zahedi, H., Noormohamadi, G., Habibi, D., and Boojar, M. 2009. The effects of zeolite soil applications and selenium foliar applications on growth yield and yield components of three canola cultivars underdrought stress. World Applied Sci.J.7(2):255-262.