Archive of SID

نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۱(۵۳)، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۸۴-۶۳

مقاله پژوهشی DOI:10.30495/jcep.2020.671641

تأثیر تنش خشکی و سلنیوم بر برخی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی پیاز (*Allium cepa* L.) توده‌ی زرد اصفهان

نوشین حقانی[۱]، معصومه عامریان[۲*] و محمود خرمی‌وفا[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۷

چکیده

سلنیوم به‌دلیل داشتن خواص آنتی اکسیدانی و فیزیولوژیکی به‌عنوان یک عنصر میکرو در نظر گرفته می‌شود. نقش مثبت سلنیوم در کاهش تأثیرات شدید تنش‌های محیطی مختلف در گیاهان، هنوز ناشناخته بوده و نیاز به بررسی دارد. در این تحقیق تأثیر سلنیوم بر افزایش تحمل به خشکی پیاز توده‌ی زرد اصفهان به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. در شرایط گلخانه‌ای، فاکتور اول شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی) و سطوح مختلف سلنیوم در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم) بود. محلول‌پاشی برگی سلنیوم طی دو مرحله، مرحله‌ی اول محلول‌پاشی در زمان شروع تنش (مرحله‌ی شروع تولید سوخ) و مرحله‌ی دوم دو هفته پس از شروع تنش (مرحله‌ی توسعه سوخ) انجام شد. در هر سه سطح تنش خشکی، با افزایش غلظت سلنیوم ارتفاع دانه‌رست (۶۲/۶۶ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۱۱/۶۶) و وزن تر (۳۶/۸۲ گرم) و خشک سوخ پیاز (۴/۶۶ گرم) افزایش یافت. برخلاف تنش خشکی، سلنیوم خصوصیات فیزیولوژیکی (فنل کل، فلاونوئید، قند محلول کل، محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای) پیاز را افزایش داد. افزایش رشد پیاز در شرایط تنش خشکی به خاصیت آنتی‌اکسیدانی سلنیوم نسبت داده می‌شود. با توجه به این‌که سلنیوم در غلظت‌های بالا به‌عنوان اکسیدان عمل کرده و رشد را کاهش می‌دهد، غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم مشکلی برای پیاز نداشت و باعث افزایش رشد دانه‌رست و سوخ پیاز شد. بر اساس نتایج این تحقیق، استفاده از سلنیوم می‌تواند سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: فنل کل، فلاونوئید، هدایت روزنه‌ای، قند محلول کل.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

(نگارنده‌ی مسئول) Masoomehamerian@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L.) به‌دلیل دارا بودن کربوهیدرات، پروتئین، کلسیم، فسفر، آهن، روی و ویتامین‌های گوناگون اهمیت به‌سزایی در تغذیه انسان دارد (Dini *et al*., 2008). طبق آمار سطح زیر کشت پیاز در ایران ۴۵۸۴۰ هکتار و تولید سالانه‌ی آن ۱۷۰۰۹۴۳ تن می‌باشد و بعد از گوجه‌فرنگی بیشترین سطح زیر کشت کشور را (در بین سبزیجات) به‌خود اختصاص داده است (Anonymous, 2018).

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و فاکتور محدود کننده‌ی رشد و نمو عملکرد محصولات گیاهی در سرتاسر جهان است (Yordanov and Tsoev, 2000). کاهش فشار تورژسانس می‌تواند اولین اثر ناشی از تنش خشکی باشد که سرعت رشد سلول و اندازه‌ی نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bhatt and Srinivasa-Rao, 2005). سازش گیاهان به تنش خشکی نتیجه‌ی تغییر بسیاری از مکانیزم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است که منجر به تغییراتی در سرعت رشد گیاه، هدایت روزنه‌ای، سرعت فرآیند فتوسنتز، فعالیت‌های آنزیمی و ... می‌شود. توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی بستگی به‌نوع، شدت و مدت تنش و هم‌چنین گونه‌ی گیاهی و مرحله‌ی وقوع تنش دارد (Yordanov and Tsoev, 2000). تنظیم اسمزی بخشی از سازوکارهای تحمل از خشکی به‌منظور مقابله با کاهش آماس و یکی از مهم‌ترین سازوکارهای سازگاری به تنش شناخته می‌شود. مزیت مسلم تنظیم اسمزی در گیاه آن است که پتانسیل آب در سلول‌ها و بافت‌ها ثابت می‌ماند و بنابراین از هر گونه کاهش آماس جلوگیری می‌شود.

سلنیوم (Se) یک عنصر شبه‌فلز است که در گروه ششم جدول تناوبی قرار دارد و به‌دلیل نزدیکی با گوگرد خواصی مشابه با این عنصر دارد (White *et al*., 2004). سلنیوم یک عنصر کم مصرف ضروری برای انسان و حیوانات است و نقش مهمی را در تعدادی از فرایندهای بیولوژیکی ایفاء می‌کند. سلنیوم از خاک جذب شده و از طریق گیاهان وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌شود. نقش سلنیوم در گیاهان به‌عنوان یک عنصر ضروری هنوز مورد بحث است و در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی می‌باشد (Whanger, 2002). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که سلنیوم نه تنها قادر به افزایش رشد و نمو گیاهان است بلکه تحمل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان را در مواجه با تنش‌های متنوع شامل تنش‌های حرارتی، سرما، کم‌آبی، اشعه UV و غیره افزایش می‌دهد (Hawrylak-Nowak *et al*., 2010; Lan *et al*., 2019).

استفاده از کودهای سلنیوم یک استراتژی مناسب برای افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است. سلنیوم اثر آنتی‌اکسیدانی دارد و با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه (از جمله، آنزیم‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی)، تحمل گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد (Lan *et al*., 2019). رابطه‌ی مستقیمی بین ماده خشک و کاربرد سلنیوم وجود دارد که تحمل به تنش خشکی را افزایش می‌دهد (Qiang-yun *et al*., 2008). سلنیوم می‌تواند وضعیت آب گیاه را در شرایط نامناسب کمبود آب تنظیم کند و به این وسیله نقش حفاظتی در گیاه ایفاء کند (Xue *et al*., 2001). در واقع سلنیوم با افزایش جذب آب از ریشه‌ها و کاهش هدر رفت آب از بافت‌ها به تنظیم

www.SID.ir

Archive of SID

وضعیت آب در گیاهان کمک می‌کند (Lan *et al*., 2019). نتایج آزمایش در شرایط گلخانه‌ای نشان داد که اثر سلنیوم در افزایش تحمل خشکی و بهبود روابط آبی در گیاه کلزا مربوط به افزایش جذب آب به‌دلیل توسعه‌ی ریشه، افزایش فتوسنتز و تشکیل قندهای محلول بوده است (Hajibol *et al*., 2014). بیشترین عملکرد دانه کدو پوست کاغذی با کاربرد هم‌زمان سلنیوم و زئولیت در شرایط تنش کم آبی به‌دست آمد. در نتیجه کاربرد سلنیوم و زئولیت در مناطقی که در معرض تنش کم‌آبی هستند از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیک گیاه می‌تواند موجب بهبود شرایط رشد گیاه و حصول عملکرد دانه‌ی بیشتر شود (Naeemi *et al*., 2015). افزایش معنی‌دار پایداری غشای سیتوپلاسمی، عملکرد دانه، وزن دانه و سلنیوم دانه در تیمارهای ۱۵ گرم سلنیوم در هکتار و به‌خصوص ۲۰ گرم سلنیوم در هکتار در مقایسه با مقادیر بیشتر و کمتر سلنیوم در تنش کم آبی نشان داد که سلنیوم در سرکوب رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القای سازوکار دفاع آنزیمی گیاه در مقابل صدمات اکسیداتیو اثرگذار بوده است. بنابراین، استفاده از ترکیبات حفاظتی برون‌زا مانند سلنیوم می‌تواند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه آفتابگردان را در برابر تنش افزایش دهد (Dadnia, 2018b). در مطالعه‌ی انجام شده توسط دادنیا (Dadnia, 2018a)، سلنیوم تحت شرایط تنش کمبود آب فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ارقام مختلف آفتابگردان روغنی (رکورد، آرماویرسکس، چرنیانکا، زاریا و پروگرس) را افزایش داده است. طبق گزارش بیوک و همکاران (Buick *et al*., 2013) در گیاه گشنیز با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و مالون دی آلدئید افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز در تیمار ۴۰ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم و کم‌ترین آن‌ها در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم استفاده از سلنیوم مشاهده شد.

با توجه به این‌که در اکثر مناطق ایران کمبود آب همواره از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی تولید در بخش کشاورزی است، هر گونه پژوهش در زمینه‌ی رژیم‌های مختلف آبیاری، ارزیابی شیوه‌های افزایش تحمل به تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی در گیاهان با هدف بهره‌وری بیشتر از منابع آبی و خاکی ضروری به‌نظر می‌رسد. در زمانی که جذب مواد غذایی در خاک به‌درستی انجام نمی‌شود، محلول‌پاشی عناصر راهی برای رفع کمبود عناصر غذایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه رازی در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد. در طول دوره آزمایش درجه حرارت روز و شب گلخانه بین ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری کامل، ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی برگی سلنیوم در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم) (Amerian *et al*., 2018) بود. محلول‌پاشی سلنات سدیم در دو مرحله انجام گرفت، مرحله‌ی اول محلول‌پاشی در زمان شروع تنش یعنی مرحله‌ی شروع تشکیل سوخ در تاریخ ۱۳۹۷/۰۳/۳۱ و مرحله‌ی دوم محلول‌پاشی نیز در

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله‌ی توسعه سوخ در تاریخ ۱۳۹۷/۰۴/۲۰ انجام گرفت. تنش خشکی تا مرحله‌ی بلوغ کامل سوخ پیاز ادامه داشت.

بذر پیاز توده‌ی زرد اصفهان (روز بلند، رنگ پوست زرد، عمر انبارداری و عملکرد بالا) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بخش تحقیقات سیب‌زمینی و پیاز واقع در شهرستان کرج تهیه گردید. در تاریخ ۱۳۹۷/۰۲/۰۱ بذور پس از ضدعفونی به‌مدت ۱۰ دقیقه با هیپوکلرید سدیم ۱٪ در سینی‌های نشا حاوی ترکیب کوکوپیت و پرلیت (۱:۱)کشت شدند. گلدان‌ها با محلول غذایی هوگلند (یک روز در میان) آبیاری شدند. در مرحله‌ی ۴ برگی (۱۳۹۷/۰۳/۱۰)، گیاهان به گلدان‌های پلاستیکی ۳ لیتری حاوی ترکیب کود حیوانی، ماسه و خاک به نسبت ۱:۱:۳ با تراکم شش گیاه در هر گلدان منتقل شدند.

به‌منظور اعمال تیمارهای رطوبتی، گلدان‌ها به‌صورت هم وزن با ترکیب خاکی مورد نظر پر شدند و جهت خروج کامل هوای موجود در خلل و فرج خاک با آب تیمار گردیدند. به‌منظور ممانعت از تبخیر رطوبت گلدان‌ها سطح فوقانی آنها با فویل آلومینیومی پوشانده شد. گلدان‌ها به مدت ۴۸ ساعت روی سطوح مشبک جهت زهکشی و رسیدن به ظرفیت زراعی قرار داده شدند. سپس گلدان‌ها وزن شدند و خاک آنها جهت خشک‌شدن کامل در دمای ۱۰۴ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. در نهایت وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک طبق فرمول زیر محاسبه شد (Schonfeld *et al*., 1988).

$$FC = \frac{FCW - DW}{DW} \times 100$$

FCW وزن خاک در ظرفیت زراعی، DW وزن خاک خشک شده در آون است.

برای اعمال سطوح مختلف تنش از روش وزنی استفاده گردید. بدین صورت که بعد از محاسبه‌ی ظرفیت زراعی سایر سطوح تنش به‌صورت درصدی از رطوبت زراعی در نظر گرفته شد و مقدار کاهش رطوبت تا رسیدن به مقدار رطوبت مدنظر بر حسب گرم آب محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید. برای هر یک از سطوح تنش رطوبتی وزن نهایی گلدان در سطح تنش مذکور محاسبه شد و جهت رسیدن وزن گلدان به مقدار مدنظر به آن آب اضافه شد و پس از رسیدن به سطح تنش مربوطه در همان روز در سطح آن تنش حفظ گردید. توزین و محاسبه میزان رطوبت مورد نظر در طوت مدت تنش روزانه محاسبه گردید (Ardalani *et al*., 2015).

تقریباً مقارن با شروع سوخدهی در تاریخ ۱۳۹۷/۰۳/۳۱ (در مرحله‌ی پنج تا هفت برگی)، زمانی‌که نسبت سوخدهی بیشتر از دو (نسبت حداکثر قطر سوخ به حداقل قطر ساقه مجازی) تشخیص داده شد (Amerian *et al*., 2018) (مصرف گیاه به‌صورت پیازچه) دانه رست‌های پیاز برداشت شدند و برخی صفات مورفولوژیکی دانه رست پیاز (ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، طول ساقه‌ی مجازی، وزن تر و خشک ساقه‌ی مجازی) اندازه‌گیری شد.

گیاهان تا مرحله‌ی خمیدگی بیش از ۵۰٪ گردن در معرض تنش خشکی قرار گرفتند، سپس سوخ‌ها برداشت (۱۳۹۷/۰۶/۲۰) و جهت سنجش برخی از شاخص‌های رشدی (ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول و قطر سوخ و وزن تر و خشک سوخ) و فیزیولوژیکی (قندهای محلول و نامحلول کل (Irrigoyen *et al*., 1992)، فنل کل (Ordone *et al*., 2008) و فلاونوئید (Chang *et al*., 2002)، محتوای نسبی آب برگ (Schonfeld *et al*.,

www.SID.ir

Archive of SID

1988)، هدایت روزنه‌ای، فلورسانس کلروفیل و فسفر (Chapman and Pratt, 1961) به آزمایشگاه منتقل شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۱) انجام گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) استفاده گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و برهم کنش بین دو فاکتور خشکی و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیک پیاز در مرحله‌ی دانه رستی (جدول ۱)، خشکی و سلنات سدیم اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع دانه رست، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، طول، وزن تر و خشک ساقه مجازی داشتند. برهم کنش بین خشکی و سلنات سدیم بر وزن خشک برگ و وزن تر ساقه مجازی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

در رابطه با اثر سطوح مختلف خشکی و سلنات سدیم بر ارتفاع دانه رست پیاز، مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که با افزایش تنش خشکی ارتفاع دانه رست کاهش یافت و بیشترین ارتفاع دانه رست در تیمار شاهد مشاهده شد. کمترین ارتفاع دانه رست در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی بود. سلنیوم تأثیر مثبت بر ارتفاع دانه رست پیاز داشت. با افزایش سطح سلنیوم ارتفاع دانه‌رست پیاز نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، با افزایش سطح تنش خشکی تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ کاهش نشان داد که بیان‌گر تأثیر منفی خشکی بر تعداد، وزن تر و خشک برگ است. بیشترین تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰٪ تنش خشکی نداشتند. کمترین تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی مشاهده شد. تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ با افزایش سطح سلنیوم افزایش داد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ به‌ترتیب در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، تنش خشکی تأثیر منفی بر طول ساقه‌ی مجازی پیاز داشت و با افزایش سطح تنش خشکی طول ساقه مجازی کاهش نشان داد. بیشترین و کمترین میزان طول ساقه‌ی مجازی به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و ۷۵٪ تنش خشکی مشاهده شد. سلنیوم تأثیر مثبت بر طول ساقه‌ی مجازی پیاز داشت و کمترین طول ساقه مجازی پیاز در تیمار شاهد مشاهده شد و بیشترین طول ساقه‌ی مجازی در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بود (جدول ۲).

در رابطه با اثر سطوح مختلف خشکی و سلنات سدیم بر وزن خشک برگ پیاز، در هر سه سطح تیمار تنش خشکی با افزایش غلظت سلنیوم میزان وزن خشک برگ افزایش یافت. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک برگ به‌ترتیب در تیمارهای بدون تنش خشکی (شاهد) همراه با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم و ۷۵٪ تنش خشکی همراه با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم مشاهده گردید (شکل ۱).

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲)، با افزایش سطح سلنیوم میزان وزن تر ساقه‌ی مجازی افزایش نشان داد. اما تنش خشکی تأثیر منفی بر میزان وزن تر ساقه‌ی مجازی داشت. با توجه به نتایج اثر متقابل بین تنش خشکی و

www.SID.ir

Archive of SID

سلنیوم (شکل ۲)، بیشترین میزان وزن تر ساقه‌ی مجازی در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) در ترکیب با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰٪ تنش خشکی همراه با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم نداشت. کم‌ترین وزن تر ساقه‌ی مجازی در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی همراه با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بود (شکل ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، با افزایش تنش خشکی وزن خشک ساقه‌ی مجازی کاهش یافت و بیشترین وزن خشک ساقه‌ی مجازی در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰٪ تنش خشکی نداشت. کمترین میزان وزن خشک ساقه‌ی مجازی در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی بود. سلنیوم تأثیر مثبت وزن خشک ساقه‌ی مجازی پیاز داشت و با افزایش سطح سلنیوم وزن خشک ساقه‌ی مجازی پیاز نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۲).

خصوصیات مورفولوژیکی سوخ پیاز

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین دو فاکتور، تنش خشکی و سلنیوم اثر معنی‌داری بر ارتفاع دانه‌رست، تعداد برگ، طول و قطر سوخ، وزن تر و خشک سوخ (در سطح احتمال یک درصد) داشتند. اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنیوم اثر معنی‌داری بر ارتفاع دانه رست و تعداد برگ (در سطح احتمال پنج درصد)، وزن تر و خشک سوخ (در سطح احتمال یک درصد) داشت.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین ارتفاع دانه‌رست در تیمار بدون تنش (شاهد) همراه با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم مشاهده شد. کمترین میزان ارتفاع دانه‌رست در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی همراه با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۷۵٪ تنش خشکی همراه با ۵ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم نشان نداد. با توجه به نتایج اثر متقابل بین دو فاکتور (جدول ۴)، با افزایش سطح سلنیوم در تیمار بدون تنش خشکی ارتفاع دانه‌رست افزایش یافت. در سطح ۵۰٪ تنش خشکی با افزایش سطح سلنیوم ارتفاع دانه‌رست افزایش نشان داد اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح پایین سلنیوم مشاهده نشد. در سطح ۷۵٪ تنش خشکی تفاوت نامحسوسی بین سطوح مختلف سلنیوم وجود داشت.

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) کمترین تعداد برگ در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی همراه با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰٪ تنش خشکی همراه با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده نشد. طبق نتایج اثر متقابل بین سلنیوم و تنش خشکی (جدول ۴)، در هر سه تیمار تنش خشکی با افزایش سطح سلنیوم تعداد برگ افزایش نشان داد. در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) و ۵۰٪ تنش خشکی تفاوت نامحسوسی بین سطوح مختلف سلنیوم مشاهده نشد. در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی همراه با افزایش سطح سلنیوم تعداد برگ افزایش نشان داد و تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف سلنیوم مشاهده شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین میزان وزن تر سوخ در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) همراه با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم و کمترین آن در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی در ترکیب با صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بود. با توجه به نتایج اثر متقابل بین دو فاکتور (جدول ۴)، در تیمار بدون تنش خشکی

www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش غلظت سلنیوم وزن تر سوخ افزایش یافت. در تیمار ۵۰٪ تنش خشکی نیز با افزایش سطح سلنیوم وزن تر سوخ افزایش نشان داد و تفاوت معنی‌داری بین سطوح پایین سلنیوم مشاهده نشد. در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی تفاوت نامحسوسی بین سطوح مختلف سلنیوم وجود داشت.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین وزن خشک سوخ در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) همراه با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده گردید. کمترین وزن خشک سوخ در تیمارهای ۷۵٪ تنش خشکی همراه با صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم بود. طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنیوم (جدول ۴)، در تیمار بدون تنش خشکی با افزایش غلظت سلنیوم وزن خشک سوخ افزایش نشان داد. در تیمار ۵۰٪ تنش خشکی با افزایش سطح سلنیوم تفاوت معنی‌داری بین سطوح پایین سلنیوم از نظر میزان وزن خشک سوخ مشاهده نشد و بیشترین وزن خشک سوخ در سطح ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم بود. در تیمار ۷۵٪ با افزایش سطح سلنیوم تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف سلنیوم مشاهده نشد.

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳)، سلنیوم اثر مثبتی بر میزان طول و قطر سوخ پیاز داشت. بیشترین و کمترین میزان طول و قطر سوخ پیاز به‌ترتیب در سطح ۱۰ و صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده گردید.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳)، با افزایش سطح تنش خشکی طول و قطر سوخ پیاز کاهش نشان داد. بیشترین طول سوخ پیاز در تیمار بدون تنش خشکی بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰٪ تنش خشکی نداشت و کمترین میزان طول سوخ پیاز در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی مشاهده شد. با افزایش سطح تیمار تنش خشکی قطر سوخ پیاز کاهش یافت (شکل ۴). بیشترین میزان قطر سوخ پیاز در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) و کمترین میزان قطر سوخ پیاز در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی مشاهده شد. (شکل ۴).

با توجه به نتایج به‌دست آمده تنش خشکی تأثیر منفی بر خصوصیات مورفولوژیکی دانه رست (ارتفاع دانه رست، تعداد برگ، وزن تر برگ و طول ساقه مجازی) و سوخ (طول و قطر سوخ) پیاز داشت (جدول‌های ۲ و ۴). کاهش خصوصیات مورفولوژیکی تحت تنش خشکی در گیاهان سیب‌زمینی (Cuderman *et al*., 2008) و پیاز (Ghodke *et al*., 2018) نیز گزارش شده است. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش آماس و در نتیجه کاهش تقسیم و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است و به‌همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Bhatt and Srinivasa-Rao, 2005). در پژوهش حاضر نیز با افزایش سطح تنش خشکی ارتفاع دانه‌رست پیاز کاهش نشان داد. در نتیجه می‌توان گفت که خشکی (۷۵٪ تنش خشکی) با کاهش پتانسیل آب ارتفاع دانه رست و تعداد برگ پیاز را کاهش داده است (جدول ۲). هم‌چنین، خشکی روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آنها تأثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ می‌شود (Lobato *et al*., 2008). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش سطح برگ و تعداد برگ در اثر افزایش تنش خشکی سبب کاهش اتلاف آب، تعرق و متعاقب آن افزایش مقاومت گیاهان در برابر خشکی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

ریزش و کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی یک سازش مورفولوژیکی و عاملی برای انتشار مجدد مواد غذایی در گیاه است (Munne-Bosch and Alegre 2004). افزایش ارتفاع گیاه، به‌علت افزایش تعداد و اندازه سلول‌های گیاهی است. بنابراین، برای تحقق این موضوع باید عوامل رشد از جمله آب قابل‌دسترس به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار گیرد تا گیاه برای تقسیم و رشد سلولی دچار محدودیت نشود. در شرایط تنش آبی، با توجه به‌شدت تنش گیاهان، رشد و تقسیم سلولی کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش ارتفاع گیاه خواهد شد (Mirzakhani, 2014).

خصوصیات فیزیولوژیکی سوخ پیاز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سوخ پیاز (جدول ۵)، تنش خشکی اثر معنی‌داری بر قند محلول، قند نامحلول (در سطح احتمال یک درصد)، فنل کل، فلاونوئید و فسفر (در سطح احتمال پنج درصد) نشان داد. سلنیوم اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان فلاونوئید، قند محلول، قند نامحلول و فسفر و سطح احتمال پنج درصد میزان فنل کل سوخ پیار داشت. در حالی‌که اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنیوم اثر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیولوژیکی مورد مطالعه نشان نداد (جدول ۵).

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، با افزایش سطح تنش خشکی میزان فنل کل افزایش یافت. با افزایش سطح تنش خشکی تفاوت نامحسوسی بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر میزان فنل کل سوخ مشاهده گردید. بیشترین و کمترین میزان فنل کل به‌ترتیب در تیمارهای ۷۵٪ تنش خشکی و بدون تنش خشکی (شاهد) مشاهده شد. بیشترین میزان قند محلول و قند نامحلول در تیمار ۷۵٪ تنش خشکی بود و سطوح بدون تنش خشکی (شاهد) و ۵۰٪ تفاوت معنی‌داری از نظر میزان قند محلول و قند نامحلول نداشتند. تنش خشکی اثر منفی بر میزان فسفر سوخ پیاز داشت و بیشترین میزان فسفر سوخ در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) مشاهده گردید و سایر سطوح تفاوت معنی‌داری از نظر میزان فسفر سوخ با هم نشان ندادند (جدول ۶). با توجه نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، سلنیوم تأثیر مثبت بر میزان خصوصیات فیزیولوژیکی سوخ پیاز داشت. با افزایش سطح سلنیوم میزان فنل کل افزایش نشان داد البته تفاوت نامحسوسی بین سطوح مختلف سلنیوم مشاهده گردید (جدول ۶). بیشترین میزان فلاونوئید در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بود و سایر سطوح تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۶). کمترین و بیشترین میزان قند محلول و قند نامحلول در تیمارهای ۱۰ و صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم بود. با افزایش سطح سلنیوم میزان فسفر سوخ نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و کمترین میزان فسفر سوخ در تیمارهای صفر و ۵ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم بود و بیشترین میزان آن در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده شد (جدول ۶).

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین دو فاکتور بر محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پیاز (جدول ۷)، تنش خشکی اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بر میزان محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای برگ داشت. سلنیوم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ

www.SID.ir

Archive of SID

پیاز داشت. اثر متقابل بین دو فاکتور بر میزان محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار نبود (جدول ۷).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸)، تنش خشکی تأثیر منفی بر میزان محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای برگ پیاز داشت. بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در تیمار بدون تنش خشکی (شاهد) مشاهده شد و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در تیمارهای ۵۰٪ و ۷۵٪ بود (جدول ۸).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸)، سلنیوم اثر معنی‌داری بر میزان محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای داشت. بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰ و صفر میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده شد (جدول ۸).

طی بروز تنش خشکی حفظ و نگهداری پتانسیل فشار جهت فعال نگه‌داشتن فتوسنتز و ادامه رشد از طریق افزایش املاح محلول سلول به‌وجود می‌آید و کربوهیدرات یکی از مهم‌ترین این ترکیبات است (Fedine and Popova, 1996). در گیاهان پتانسیل اسمزی بستگی به تعداد مولکول‌های ماده محلول دارد و تنظیم اسمزی از مسیر تبدیل پلی ساکاریدهای نامحلول مانند نشاسته و فروکتان به قندهای محلول مانند اولیگوساکاریدها، ساکارز و گلوکز تنظیم می‌شود (Hendry, 1993). فتوسنتز و رشد گیاه هر دو تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرد اما رشد گیاه بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و با توقف رشد میزان محصولات فتوسنتزی افزایش می‌یابد (Maali-Amiri *et al*., 2007). به‌نظر می‌رسد گیاه در هنگام مواجه شدن با تنش کم‌آبی، در فرآیندهای فیزیولوژیک خود تغییراتی ایجاد و از خود محافظت می‌کند (Duan *et al*., 2007). در پیاز افزایش میزان قندهای محلول می‌تواند به‌دلیل باز نگهداشتن روزنه‌ها و ادامه‌ی فتوسنتز تحت شرایط تنش خشکی باشد (جدول ۶). دلایل افزایش غلظت قندهای محلول تحت شرایط تنش خشکی عبارتند از؛ تجزیه نشاسته، افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز، کاهش انتقال ساکارز به خارج برگ‌ها. قندهای محلول به‌عنوان محافظت کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و منبع اصلی ذخیرهٔ کربن آلی می‌باشند (Plaue *et al*., 2004). از جمله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی افزایش سطح ترکیبات فنلی است. چرا که این‌گونه ترکیبات به‌عنوان پالاینده‌های گونه‌های فعال واکنش‌گر اکسیژن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Chang *et al*., 2002). دلیل بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل‌ها (فنیل‌آلانین آمونیالیاز) است (Chang *et al*., 2002). در گیاه پیاز با افزایش سطح تنش خشکی میزان فنل کل و فلاونوئید افزایش یافت (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی کاهش سرعت انتشار فسفر از خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، چراکه یون فسفر به ذرات رس چسبیده و کمتر در دسترس ریشه گیاه قرار می‌گیرد. هم‌چنین، کاهش قابلیت تحرک فسفر در خاک‌هایی با محتوای پایین آب دلیل دیگری برای کاهش جذب و انتقال فسفر درگیاه است، چرا که محتوای آب خاک بر واکنش‌های تجزیه‌ای و

www.SID.ir

Archive of SID

فعالیت های بیولوژیکی آن تأثیرگذار است (Marschner, 1995). تنش خشکی منجر به کاهش میزان فسفر در سوخ پیاز گردید (جدول ۶). فلورسانس کلروفیل، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای از جمله صفات فیزیولوژیکی هستند که در ارتباط با فتوسنتز گیاه می‌باشند. در این پژوهش، تحت شرایط تنش خشکی هدایت روزنه‌ای، فلورسانس کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ کاهش نشان دادند (جدول ۸).

تحقیقات سیلوا و همکاران (Silva *et al.*, 2010) و حبیبی (Habibi, 2013) روی آلوئه‌ورا نشان دادند که اگرچه مقاومت روزنه‌ای با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد اما سلول‌های نگهدارنده روزنه بر اثر تنش خشکی کوچک‌تر شده که با کاهش میزان فتوسنتز و رشد برگ همراه است. در پژوهش حاضر تحت شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (جدول ۶) که به‌طور مستقیم با فشار تورگر و پتانسیل آبی گیاه در ارتباط است و بدین ترتیب ارتباط نزدیکی بین کاهش آب درون سلول و محتوای نسبی آب برگ وجود دارد. کاهش هدایت روزنه‌ای حاکی از بسته‌شدن روزنه‌ها و جلوگیری از خروج آب به‌صورت بخارآب می‌باشد. شاخص حساس تحمل سیستم فتوسنتزی به تنش‌های محیطی، فلورسانس کلروفیل می‌باشد (Maxwell and Johnson, 2000). بیکر و روزنکوئیست (Baker and Rosenquist, 2004) گزارش کردند که فلورسانس کلروفیل تحت شرایط تنش کمبود آب، کاهش نشان می‌دهد. کاهش پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ مکانیسم‌هایی برای بقای گیاه به‌هنگام مواجه‌شدن با تنش کمبود آب محسوب می‌شوند (Chimenti *et al.*, 2002). کاهش پتانسیل اسمزی که منجر به حفظ فشار تورمی برگ می‌گردد معمولاً از طریق افزایش و تجمع نمک‌های محلول در سلول‌های گیاهی صورت می‌گیرد (Hasegawa *et al.*, 2000). با مطالعه روی چند گونه‌ی جنس براسیکا نشان داده شد که پتانسیل آب گیاه به‌طور مستقیم با تورژسانس سلول و پتانسیل اسمزی ارتباط دارد و تورژسانس نیز در ارتباط با توسعه و تقسیم سلولی دارای اهمیت است (Kumar and Singh, 1998).

براساس پژوهش‌های انجام شده محلول‌پاشی برگی سلنیوم در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به‌میزان ۳۰ گرم بر لیتر عملکرد کلزا را در شرایط تنش خشکی افزایش داده است (Zahedi *et al.*, 2010). نتایج سایر پژوهش‌گران بیان می‌کند که سلنیوم در سطوح پایین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند و مانع پراکسیداسیون لیپید می‌شود، در حالی‌که در سطوح بالا پراکسیداسیون لیپید را افزایش می‌دهد (Jó´zwiak and Politycka, 2019; Lan *et al.*, 2019). هارتیکینن و همکاران (Hartikainen *et al.*, 2000) در گیاه چاودار (*Secale montanum* L.) نشان دادند که سلنیوم در غلظت‌های بالا (۳۰-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای اثرات بسیار سمی است که به‌عنوان یک اکسیدکننده عمل می‌کند و باعث افزایش ده برابری پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود. اما در سطوح پایین (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را تحریک می‌کند. سلنیوم موجب حفظ و بهبود سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و تجمع قند و نشاسته می‌شود. نتایج به‌دست آمده از تأثیر سلنیوم بر رشد گیاه پیاز با پژوهش‌های انجام شده بر گیاهان کاهو (Pennanen *et al.*, 2002) و سویا (Bamberg *et al.*, 2019) مطابقت دارد. نقش آنتی‌اکسیدانی سلنیوم که سبب محافظت غشا

www.SID.ir

Archive of SID

سلولی گیاه در برابر پراکسیداسیون می‌شود و نیز افزایش فعالیت آنزیم و ترکیبات آنتی‌اکسیدان می‌تواند در افزایش رشد گیاه مؤثر باشد (جدول‌های ۲ و ۴). هم‌چنین، گزارش شده است که افزایش رشد گیاهان توسط سلنیوم به نقش آن در فعالیت آنزیم‌های کلروپلاست و متابولیسم کربوهیدرات نیز بستگی دارد (Poldma *et al*., 2011). طبق نظر کوزنستو و همکاران (Kuznetsov *et al*., 2003) عنصر سلنیوم دارای قابلیت تنظیم وضعیت آبی گیاه از طریق تحریک رشد ریشه و افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای است. هان-ونز (Han-Wens *et al*., 2010) نیز در طی یک بررسی بیان داشتند که سلنیوم در غلظت‌های پایین، تقسیم سلولی را در سلول‌های نوک ریشه بهبود بخشیده و متعاقب آن باعث افزایش رشد و توسعه سیستم ریشه گیاه می‌گردند؛ بنابراین همین امر می‌تواند موجب جذب بیشتر آب توسط گیاهان تحت تیمار با این عنصر شده و در نهایت با افزایش در میزان آب بافت‌های گیاهی، شاخص محتوای آب برگ را افزایش دهد (جدول ۶). صفریزدی و همکاران (Safaryazdi *et al*., 2012) نیز افزایش تعداد برگ را در سطوح پایین سلنیوم گزارش کرده و اعلام نمودند که با افزایش غلظت سلنیوم به میزان ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تعداد برگ کاهش معنی‌داری یافت و افزایش رشد و تعداد برگ در گیاه اسفناج را تأثیر مثبت سلنیوم بر سنتز کلروفیل، تثبیت کربن، سنتز و هیدرولیز نشاسته و تحریک تقسیم سلولی در سلول های مریستمی دانستند. در پژوهش حاضر سلنیوم بر میزان فنل کل تأثیرگذار بود (جدول ۶).

سلنیوم ممکن است با تأثیر بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز (Phenylalanine Ammonia Lyase=PAL) میزان فنل کل را افزایش دهد (D'Abrosca *et al*., 2007).

بر اساس شواهد زیادی تغذیه گیاهان با سلنیوم نه تنها ارزش بیولوژیکی آن‌ها را افزایش می‌دهد بلکه اثرات تنش‌های مختلف را کاهش می‌دهد. بررسی نقش سلنیوم در کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی ادامه دارد. نشان داده شده است که سلنیوم در برخی از گونه‌های گیاهی تحمل به تنش‌های محیطی از جمله عناصر سنگین، خشکی، دما بالا و اشعه ماوراءبنفش را افزایش داده است (Sajedi, 2017). اثرمتقابل بین خشکی و سلنیوم تأثیر مثبتی بر ارتفاع دانه‌رست، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه مجازی، وزن تر و خشک سوخ نشان داد که بیان‌گر نقش مثبت سلنیوم بر کاهش اثرات تنش خشکی در پیاز است (جدول‌های ۲ و ۴). تحریک رشد ناشی از سلنیوم تحت تنش‌های مختلف محیطی به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نسبت داده شده است (Hartikainen *et al*., 2000). سلنیوم دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و تحت شرایط تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی می‌تواند جاروب‌کننده اکسیژن فعال باشد (Seppanen *et al*., 2003). در برنج (*Oryza sativa* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) سلنیوم سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقاومت به کمبود آب در آن‌ها شده است (Zoyer *et al*., 2005). افزایش محتوی نسبی آب برگ تحت تیمار سلنیوم توسط هاتوری و همکاران (Hattori *et al*., 2001)، حبیبی (Habibi, 2013) و نجفی‌نژاد و همکاران (Najafinezhad *et al*., 2020) نیز گزارش شده است. سلنیوم دارای قابلیت تنظیم وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد و اثر محافظتی سلنیوم در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه حادث می‌شود (Kuznetsov *et al*., 2003). در گیاه پیاز کاربرد سلنیوم در شرایط تنش خشکی از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش جذب آب ریشه‌ها و فراهمی بالاتر رطوبت خاک موجب بالاتر ماندن RWC در شرایط تنش کم آبی شده است. در گندم غلظت ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیوم رشد را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشید (Yao *et al*., 2009). تنش خشکی موجب کاهش آماس سلول‌ها شده و از بزرگ‌شدن سلول و رشد گیاه جلوگیری می‌کند. به‌همین دلیل نخستین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از طریق کاهش اندازه برگ و ارتفاع گیاه تشخیص داد. هم‌چنین کاهش تقسیم سلولی و بزرگ سلول منجر به کاهش سطح برگ شده که در نهایت کاهش میزان فتوسنتز و رشد رویشی را در پی دارد. اما سلنیوم در شرایط تنش خشکی به رشد دانه‌رست و سوخ پیاز کمک کرد (جدول‌های ۲ و ۴). محلول‌پاشی برگی سلنیوم تحت شرایط تنش خشکی با افزایش میزان RWC در گیاه زیتون (*Olea europaea* L.) (Proietti *et al*., 2013) و قند محلول در گیاه گندم (Nawaz *et al*., 2015) همراه بوده است. افزایش میزان فنل کل و فلاونوئید تحت شرایط تنش خشکی با تیمار سلنیوم در گیاه برنج نیز مشاهده شد (Emam *et al*., 2014). براساس نتایج طاها و همکاران (Taha *et al*., 2019) محلول‌پاشی برگی سلنیوم در سیر (*Allium sativum* L.) افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد را شرایط تنش خشکی را به‌همراه داشته است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده سلنیوم می‌تواند در شرایط تنش خشکی از کاهش رشد پیاز جلوگیری کند. افزایش رشد پیاز در شرایط تنش خشکی به خاصیت آنتی‌اکسیدانی سلنیوم نسبت داده می‌شود. با توجه به این‌که سلنیوم در غلظت‌های بالا به‌عنوان اکسیدان عمل کرده و رشد را کاهش می‌دهد، غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم مشکلی برای پیاز نداشت و باعث افزایش رشد دانه رست و سوخ پیاز شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین دو تنش خشکی و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی دانه رست پیاز

Table 1- Analysis of variance effect different levels of drought stress, selenium and interaction between drought stress and selenium on some morphological characteristics onion plant

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع دانه رست Plant height	تعداد برگ Number of leaf	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	طول ساقه مجازی Pseudostem height	وزن تر ساقه مجازی Pseudostem fresh weight	وزن خشک ساقه مجازی Pseudostem dry weight
تنش خشکی Drought stress (D)	2	55.260**	14.92**	28.31**	0.180**	2.074**	15.46**	1.415**
سلنات سدیم Sodium selenate (Se)	2	137.30**	11.25**	57.61**	0.374**	3.341**	22.161**	4.714**
خشکی×سلنات سدیم D×Se	4	5.372^{ns}	0.3148^{ns}	3.26^{ns}	0.027*	0.1605^{ns}	1.293*	0.514*
خطا Error	18	3.3040	0.3333	1.543	0.00809	0.0762	0.520	0.1653
ضریب تغییرات C.V.%		8.469	10.12	26.80	22.28	5.28	22.453	50.97

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ هستند.

ns ،**, * and ns indicate significant at the1% level, significant at the 5% level, and non-significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی و سلنات سدیم بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی دانه رست پیاز

Table 2- Mean comparison of effect different levels of drought stress and sodium selenate on some morphological characteristics onion plant

تیمارها Treatments	ارتفاع دانه رست Plant height (cm)	تعداد برگ Number of leaf	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	طول ساقه مجازی Pseudostem height (cm)	وزن خشک ساقه مجازی Pseudostem dry weight (g)
تنش خشکی Drought stress					
Control	23.85^{a}	6.55^{a}	6.02^{a}	5.74^{a}	1.1722^{a}
50%	21.42^{b}	6.33^{a}	5.24^{a}	5.12^{b}	0.8389^{a}
75%	18.90^{c}	4.22^{b}	2.63^{b}	4.80^{c}	0.3822^{b}
سلنات‌سدیم (میلی‌گرم بر لیتر) Sodium selenate					
Control	17.45^{c}	4.66^{c}	2.36^{c}	4.57^{c}	0.1911^{c}
5	21.45^{b}	5.55^{b}	4.17^{b}	5.30^{b}	0.6033^{b}
10	25.26^{a}	6.88^{a}	7.36^{a}	5.78^{a}	1.598^{a}

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

In each column means that common letters are significantly different at the 5% level are Duncan's multiple range test.

D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب: شاهد، ۵۰٪ و ۷۵٪ تنش خشکی و Se_1، Se_2 و Se_3 به‌ترتیب: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم.

D_1, D_2 and D_3 respectively: 0, 50% and 75% drought stress and Se_1, Se_2 and Se_3 respectively: 0, 5 and 10 mg L^{-1} sodium selenate.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی سوخ پیاز

Table 3- Analysis of variance effect different levels of drought stress, selenium and interaction between drought stress and selenium on some morphological characteristics onion bulb

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع دانه رست Plant height	تعداد برگ Number of leaves	طول سوخ Bulb length	قطر سوخ Bulb diameter	وزن خشک سوخ Bulb dry weight	وزن تر سوخ Bulb fresh weigh
تنش خشکی Drought stress (D)	2	1068.73**	4.70**	1.50**	0.87**	9.005**	598.80**
سلنات سدیم Sodium selenate (Se)	2	330.28**	21.92**	3.13**	0.96**	3.73**	178.90**
خشکی×سلنات سدیم D×Se	4	27.93*	2.87*	0.026^{ns}	0.012^{ns}	0.41**	28.45**
خطا Error	18	8.84	0.814	0.098	0.022	0.111	3.51
ضریب تغییرات C.V.%		6.93	9.86	5.03	8.46	12.66	8.74

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنات‌سدیم بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی سوخ پیاز

Table 4- Comparison of the interaction between drought stress and sodium selenate on some morphological characteristics of onion bulb

تیمارها Treatments	ارتفاع دانه رست Plant height (cm)	تعداد برگ Number of leaf	وزن تر سوخ Bulb fresh weight (g)	وزن خشک سوخ Bulb dry weight (g)
D_1Se_1	43.83^{c}	9.33^{bc}	21.60^{d}	2.61^{c}
D_1Se_2	51.63^{b}	10.00^{abc}	31.49^{b}	3.66^{b}
$D_{1S}e_3$	62.66^{a}	11.66^{a}	36.82^{a}	4.66^{a}
D_2Se_1	40.10^{c}	7.00^{de}	17.37^{ef}	2.07^{cde}
D_2Se_2	44.16^{c}	8.66^{bc}	19.60^{de}	2.44^{cd}
D_2Se_3	50.10^{b}	10.33^{ab}	24.89^{c}	3.29^{b}
D_3Se_1	27.30^{e}	6.66^{e}	11.75^{h}	1.37^{f}
D_3Se_2	31.46^{de}	8.33^{cd}	13.66^{gh}	1.60^{ef}
D_3Se_3	34.73^{d}	10.33^{ab}	15.74^{fg}	1.96^{def}

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

In each column means that common letters are significantly different at the 5% level are Duncan's multiple range tests.

D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب: شاهد، ۵۰٪ و ۷۵٪ تنش خشکی و Se_1، Se_2 و Se_3 به‌ترتیب: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم.

D_1, D_2 and D_3 respectively: 0, 50% and 75% drought stress and Se_1, Se_2 and Se_3 respectively: 0, 5 and 10 mg L^{-1} sodium selenate.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین دو فاکتور بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سوخ پیاز

Table 5- Analysis of variance effect different levels of drought stress, selenium and interaction between two factors on some physiological characteristics onion bulb

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	فنل کل Total phenolic	فلاونوئید کل Total flavonoid	قند محلول Total soluble sugar	قند نامحلول Non-soluble sugar	فسفر P
تنش خشکی Drought stress (D)	2	0.0088*	0.0389*	0.0788**	0.0260**	0.00093*
سلنات سدیم Sodium selenate (Se)	2	0.4861*	0.132**	0.1668**	0.0449**	0.0021**
خشکی×سلنات سدیم D×Se	4	0.01166^{ns}	0.0280^{ns}	0.01164^{ns}	0.00104^{ns}	0.000117^{ns}
خطا Error	18	0.013	0.0135	0.011665	0.0020	0.000182
ضریب تغییرات C.V.%		12.29	14.76	23.23	5.32	14.31

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول ۶- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سوخ پیاز

Table 6- Effect of different levels of drought stress and selenium on some physiological characteristics of onion bulb

تیمارها Treatments	فنل کل Total phenolic (mg/gDW)	فلاونوئید Flavonoid (mg/gDW)	قند محلول Soluble sugar (mg/gDW)	قند نامحلول Non-soluble sugar (mg/gDW)	فسفر P (mg/gDW)
خشکی (٪) Drought					
Control	0.71^{b}	0.066^{c}	0.383^{b}	0.815^{b}	0.043^{a}
50%	0.81^{ab}	0.081^{b}	0.444^{b}	0.815^{b}	0.029^{b}
75%	0.83^{a}	0.126^{a}	0.566^{a}	0.908^{a}	0.023^{b}
سلنات‌سدیم (میلی‌گرم بر لیتر) Sodium selenate					
Control	0.674^{b}	0.033^{b}	0.338^{c}	0.780^{c}	0.019^{b}
5	0.778^{b}	0.066^{ab}	0.447^{b}	0.836^{b}	0.026^{b}
10	0.916^{a}	0.174^{a}	0.608^{a}	0.921^{a}	0.049^{a}

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

In each column means that common letters are significantly different at the 5% level are Duncan's multiple range test.

D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب: شاهد، ۵۰٪ و ۷۵٪ تنش خشکی و Se_1، Se_2 و Se_3 به‌ترتیب: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم.

D_1, D_2 and D_3 respectively: 0, 50% and 75% drought stress and Se_1, Se_2 and Se_3 respectively: 0, 5 and 10 mg L^{-1} sodium selenate.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش خشکی، سلنیوم و اثر متقابل بین دو فاکتور بر محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه ای برگ پیاز

Table 7- Analysis of variance effect different levels of drought stress, selenium and interaction between two factors on some physiological characteristics onion leaf

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ RWC	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance
تنش خشکی Drought stress (D)	2	0.095^{**}	0.000048^{ns}	22.85^{**}
سلنات سدیم Sodium selenate (Se)	2	0.150^{**}	0.00047^{**}	168.00^{**}
خشکی×سلنات سدیم D×Se	4	0.0090^{ns}	0.000014^{ns}	0.399^{ns}
خطا Error	18	0.0096	0.000018	3.42
ضریب تغییرات C.V.%		18.58	0.51	11.67

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول ۸- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و سلنیوم بر محتوای نسبی آب برگ، فلورسانس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پیاز

Table 8- Effect of different levels of drought stress and selenium on RWC, and of onion leaf

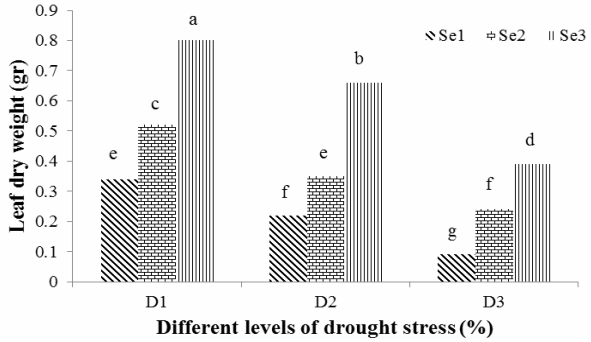
تیمارها Treatments	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence (Fw/Fm)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($mmol/m^2s$)
خشکی Drought (٪)			
Control	0.647^{a}	0.838^{a}	17.67^{a}
50%	0.470^{b}	0.835^{a}	15.16^{b}
75%	0.467^{b}	0.834^{a}	14.72^{b}
سلنات سدیم Sodium selenate ($mg.L^{-1}$)			
Control	0.409^{c}	0.828^{c}	11.43^{c}
5	0.509^{b}	0.836^{b}	16.06^{b}
10	0.666^{a}	0.843^{a}	20.06^{a}

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

In each column means that common letters are significantly different at the 5% level are Duncan's multiple range test.

D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب: شاهد، ۵۰٪ و ۷۵٪ تنش خشکی و Se_1، Se_2 و Se_3 به‌ترتیب: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم.

D_1, D_2 and D_3 respectively: 0, 50% and 75% drought stress and Se_1, Se_2 and Se_3 respectively: 0, 5 and 10 mg L^{-1} sodium selenate.

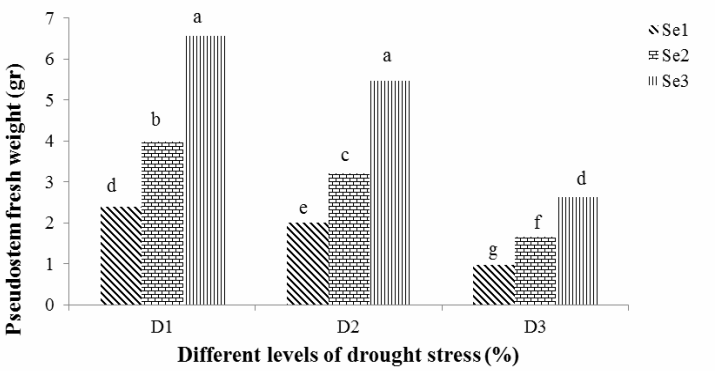


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنات‌سدیم بر وزن خشک برگ پیاز

Figure 1- Comparison of the mean interactions between drought stress and sodium selenate on dry weight of onion leaf

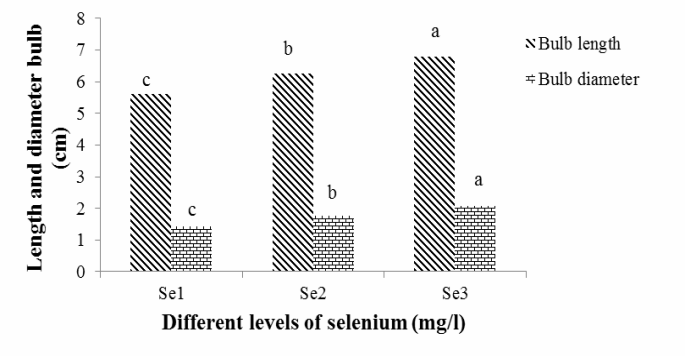
www.SID.ir

Archive of SID



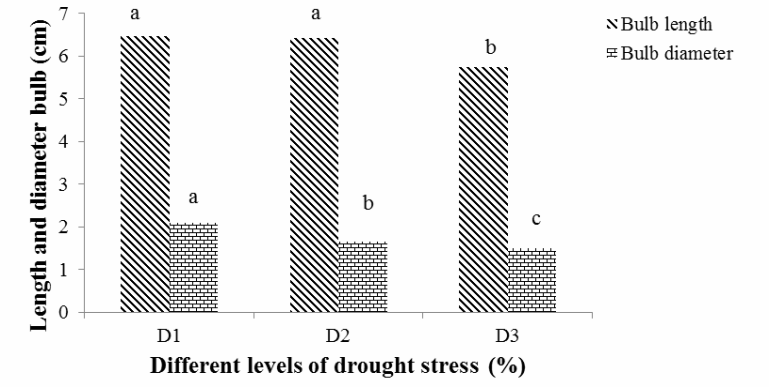
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تنش خشکی و سلنات‌سدیم بر وزن تر ساقه‌ی مجازی پیاز

Figure 2- Comparison of the mean interactions between drought stress and sodium selenate on pseudo-stem fresh weight onion



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف سلنیوم بر طول و قطر سوخ پیاز

Figure 3- Effect of different levels of selenium on the length and diameter of bulb onion



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول و قطر سوخ پیاز

Figure 4- Effect of different levels of drought on the length and diameter of bulb onion

D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب: شاهد، ۵۰٪ و ۷۵٪ تنش خشکی و Se_1، Se_2 و Se_3 به‌ترتیب: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم.

D_1, D_2 and D_3 respectively: 0, 50% and 75% drought stress and Se_1, Se_2 and Se_3 respectively: 0, 5 and 10 mg L^{-1} sodium selenate.

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Amerian, M., F. Dashti, and M. Delshad. 2018. Effects of different levels selenium and nitrogen on some growth and biochemical characteristics of onion (*Allium cepa* L.) plant. *Journal of Plant Production Research.* 25(1): 119-135. (In Persian).
- Anonymous. 2018. Statistical center of Iran. 33pp
- Ardalani, Sh., M. Saeidi, S. Jalali Honarmand, M.E. Ghobadi, and M, Abdoli. 2015. Effect of post anthesis drought stress on some agronomic and physiological traits related to source strength in four bread wheat genotypes. *Cereal Research.* 5(1): 45-65.
- Baker, N.R, and E. Rosenquist. 2004. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany.* 55: 1607-1627.
- Bamberg, S.M., S.J. Ramos, M.A. Carbone Carneiro, and J.O. Siqueira. 2019. Effects of selenium (Se) application and arbuscular mycorrhizal (AMF) inoculation on soybean (*Glycine max*) and forage grass (*Urochloa decumbens*) development in oxisol. *Australian Journal of Crop Science*. 13(03): 380-385.
- Bhatt, R.M., and N.K. Srinivasa-Rao. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian Journal Plant Physiology.* 10: 54-59.
- Buick, Z., H. Hassanpoure Darvishi1, H. Mozafari1, and D. Habibi. 2013. Effect of selenium foliar application on antioxidant enzymes activity and MDA in coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant under drought stress conditions. *Journal of Crop Research*. 5(1): 35-49.
- Chang, Y.L., D.O. Kim, K.W. Lee, H.J. Lee, and C.Y. Lee. 2002. Vitamin C equivalent anti-oxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 50(13): 3713-3717.
- Chapman, H.I., and P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. The University of California's Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
- Chimenti, C.A., J. Pearson, and A.J. Hall. 2002. Osmotic adjustment in maize: Genetic variation and association with water uptake. In: Edmeades, G.O. (ed.). Developing Drought and Low N-Tolerant Maize. 200-203 pp., Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), Mexico DF (Mexico). CIMMYT
- Cuderman, P., I. Kreft, M. Germ, M. Kovacevic, and V. Stibilj. 2008. Selenium species in selenium-enriched and drought-exposed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 25(619): 9114-9120.
- D'Abrosca, B., S. Pacifico, G. Cefarelli, C. Mastellone, and A. Fiorentino. 2007. Limoncella apple, an Italian apple cultivar: phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Food Chemistry.* 104: 1333-1337.
- Dadnia, M.R. 2018 a. Effect of water deficit stress and foliar application of selenium on the activity of some antioxidant enzymes in oilseed sunflower cultivars. *Crop Physiology Journal.* 4(14): 71-81. (In Persian).
- Dadnia, M.R. 2018 b. Wheat response *(Triticum aestivum* L.*)* to selenium under normal irrigation and water deficit conditions. *Journal of Crop Ecophysiology.* 45(1): 21-36. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Dini, I., G.C. Tenore, and Dini, A. 2008. Chemical composition, nutritional value and antioxidant properties of *Allium cepa* L. var. tropeana (red onion) seeds. *Food Chemistry.* 107(2): 613-621.
- Duan, B., Y. Yang, Y. Lu, H. Korpelainen, F. Berninger, and C. Li. 2007. Interactions between water deficit, ABA, and provenances in *Picea asperata*. *Journal of Expermintal Botany.* 58(11): 3025-3036.
- Emam, M.M., H.E. Khattab, N.M. Helal, and A.E. Deraz. 2014. Effect of selenium and silicon on yield quality of rice plant grown under drought stress. *Australian Journal of Crop Science*. 8(4): 596-605.
- Fedine, L.S., and A.V. Popova. 1996. Photosynthesis, photorespiration and proline accumulation in water-stressed pea leaves. *Crop Science.* 32: 213-220.
- Ghodke, P.H., P.S. Andhale, U.M. Gijare, A. Thangasamy, Y.P. Khade, V. Mahajan, and M. Singh. 2018. Physiological and Biochemical Responses in Onion Crop to Drought Stress. *Internationl Journal Current Microbiology Applied Science*. 7(1): 2054-2062.
- Habibi. 2013. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. *Acta Agriculturae Slovenica.* 10(1): 31–39.
- Hajiboland, R., N. Keyvanfar, A. Joudmand, H. Rezaee, and M. Yousefnejad. 2014. Effect of selenium treatment on drought tolerance of canola plants. *Journal of Plant Research.* 27(4): 557-568.
- Han-Wens, S., H. Jing, L. Shu-Xuan, and K. Wei-Jun. 2010. Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 41: 1195-1204.
- Hartikainen, H., T. Xue, and V. Piironen. 2000. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant Soil.* 225: 193–200.
- Hasegawa, P.M, R.A. Bressan, J.K. Zhu, and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 51: 463-499.
- Hattori, T., A. Lux Tanimoto, E. Luxova, M. Sugimoto, and Y. Inanaga. 2001. The effect of silicon on the growth of sorghum under drought. - In: Morita, S. (ed.): The 6th Symposium of the International Society of Root Research. pp. 348-349. Japanese Society for Root Research (JSRR), Nagoya.
- Hawrylak-Nowak, B., R. Matraszek, and M. Szymariska. 2010. Selenium modifies the effect of short-term chilling stress on cucumber plants. *Biological Trace Element Research.* 138: 307-315.
- Hendry, G. 1993. Evolutionary origins and natural functions of fructanc. *New Phytologist.* 123: 3-14.
- Irigoyen, J.J., D.W. Emerrich, and M. Sanchez–Diaz. 1992. Water stress induction changes in concentrations of proline and total sugars in nodulated alfalfa. *Plant Physiology.* 84: 55–60.
- Jó´zwiak, W., and B. Politycka. 2019. Efect of selenium on alleviating oxidative stress caused by a water deficit in cucumber roots. *Plants.* 8(7): 217-235.
- Kumar, A., and D.P. Singh. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. *Annals of Botany.* 81: 413-420.

www.SID.ir

Archive of SID

- Kuznetsov, V.V., V.P. Kholodova, and B.A. Yagodin. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed todrought. *Doklady Biolological Science.* 390: 266-268.
- Lan, C.Y., C.Y.K.H. Lin, W.D. Huang, and C.C. Chen. 2019. Protective effects of selenium on wheat seedlings under salt stress. *Agronomy Journal.* 9(6): 272-286.
- Lobato, A.K.S., C.F. Oliveira Neto, B.G. Santos Filho, R.C.L. Costa, F.J.R. Cruz, H.K.B. Neves, and M.J.S. Lopes. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Crop Science.* 2: 25-32.
- Maali-Amiri, R., I.V. Goldenkova-Pavlova, V. Pchelkin, V.D. Tsydendambaev, A.G. Vereshchagin, A.N. Deryabin, T.I. Trunova, D.A. Los, and A.M. Nosov. 2007. Lipid fatty acid composition of potato plants transformed with the 12-desaturase gene from cyanobacterium. *Russian Journal of Plant Physiology.* 54: 678-685.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London, 549-561.
- Maxwell, K., and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany.* 51: 659-668.
- Mirzakhani, M. 2014. Evaluation the effect of water stress and selenium application on stress susceptibility indices of maize (*Zea mays* L.) cultivars in Markazi. *Applied Research of Plant Ecophysiology.* 1(3): 65-80.
- Munne-Bosch, S., and L. Alegre. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funetional Plant Biology.* 31: 203-216.
- Naeemi, M., G.A. Akbari, A.H, Shirani Rad, T. Hasanloo, G.A. Akbari, and M. Amirinejad. 2015. The effect of zeolite application and selenium foliar spraying under different moisture regimes on some physiological traits and grain yield in medicinal pumpkin. *Journal of Crops Improvement.* 17(3):635.647. (In Persian).
- Najafinezhad, H., Ravari, S.Z, and Javaheri, M.A. 2020. Variation of Forage Yields and some Agronomic and Physiological Characteristics of Kochia, Millet, Sorghum and Maize under Drought Stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 4(52): 535-554. (In Persian).
- Nawaz, F., R. Ahmad, M.Y. Ashraf, E.A. Waraich, and S.Z. Khan. 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 113: 191–200
- Ordone, A.A.L., J.D. Gomez, and M.A. Vattuone. 2008. Antioxidant activities of Sechium edule swartz extracts. *Food Chemistry.* 97: 452-458.
- Pennanen, A., T. Xue, and H. Hartikainen. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany.* 76: 66−76.
- Plaue, Z., A. Grava, Ch.Yehezkel, and E. Matan. 2004. How do salinity and water stress affect transport of water, assimilates and ions to tomato fruits? *Physiologia Plantarum.* 122: 429-442
- Poldma, P., T. Tonutaret, A. Viitak, A. Luikt, and U. Moort. 2011. Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size and antioxidant properties of garlic (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 59(10): 5498-5503.

www.SID.ir

Archive of SID

- Proietti, P., L. Nasini, D.D. Buono, R. D'Amato, E. Tedeschini, and D. Businelli. 2013. Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae.* 164: (17): 165-171.
- Qiang-yun, Sh., M. Turakainen, M. Seppänen, and P. Mäkelä. 2008. Effects of selenium on *Maize ovary* development at pollination stage under water deficits. *Agricultural Sciences in China.* 7(11): 1298-1307.
- Safaryazdi, A., M. Lahoti, and A. ganjali. 2012. Effect of different concentrations of selenium on plant physiological characteristics of spinach *Spinacia oleraceae*. *Journal of Horticultural Science.* 26(3): 292-300. (In Persian).
- Sajedi, N.A. 2017. Evaluation of selenium and salicylic acid effect on physiological and qualitative characteristics of dry-land wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Research.* 36(2): 91-100. (In Persian)
- Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carwer, and D.W. Mornhinweg. 1988. Water relations winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science.* 28: 526-531.
- Seppanen, M., M. Turakainen, and H. Hartikainen. 2003. Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science.* 165: 311-319.
- Silva, H., S. Sagardia, O. Seguel, C. Torres, N. Franck, C. Tapia, and L. Cardemil. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and jel production in aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Industrial Crops Production*. 31: 20-27.
- Taha, N.M., Sh.H. Abd-Elrahman, and F.A. Hashem. 2019. Improving yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) under water stress Conditions. *Middle East Journal of Agriculture.* 08(1): 330-346.
- Whanger, P.D. 2002. Review. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *Journal of the American College of Nutrition.* 21: 223-232.
- White, P.J., H.C. Bowen, P. Parmaguru, M. Fritz, W.P. Spracklen, R.E. Spiby, M.C. Mecham, A. Mead, M. Harriman, L.J. Trueman, B.M. Smith, B. Thomas, and M.R. Broadley. 2004. Interaction between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology.* 55: 1927-1937.
- Xue, T.L., H. Hartikainen, and V. Piironen. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. *Plant Soil.* 237: 55-61.
- Yao, X., J. Chu, and G. Wang. 2009. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research.* 130(3):283-90.
- Yordanov, V., and T. Tsoev. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. *Photosynthica.* 38: 171-186.
- Zahedi, P., I. Rezaeian, S.O. Ranaei-Siadat, S.H. Jafari, and P. Supaphol. 2010. A review on wound dressings with an emphasis on electrospun nanofibrous polymeric bandages. *Polymers for Advanced Technologies.* 21: 77–95.
- Zoyer, C., J.E. Dat, and I.M. Scott. 2005. Hydrogen peroxide in oilseed sunflower. *Physiologia Plantarum.* 5: 241-254.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Drought Stress and Selenium on some Growth and Physiological Characteristics of Isfahan Yellow Landrace Onions (*Allium cepa* L.)

Nooshin Haghani[1], Masoomeh Amerian[2*], and Mahmoud Khorami Vafa[2]

Received: October 2019 , Revised: 5 December 2020, Accepted: 27 January 2020

Abstract

Selenium due to its physiological and anti-oxidative properties is considered to be essential micronutrient for humans, animals and plants. The positive effects of selenium on reduction of various environmental stresses in plants is, however, still unclear and need to be explored. In this study, the effect of selenium on increasing drought tolerance of yellow landrace onions in Isfahan was investigated by factorial experiment in a completely randomized design under greenhouse conditions. Treatments were drought stress at three levels (0, 50 and 75% of field capacity) and levels of selenium at three levels (0, 5 and 10 $mg.L^{-1}$ sodium selenate). Foliar application of selenium was performed in two plant growth stages. The first foliar application at the onset of stress (onion production stage) and the second application was carried out two weeks after the onset of stress (onion development stage). Increasing selenium concentrations, under all levels of drought, traits like plant height (62.66 cm), leaf number (11.66), fresh weight (36.82 g) and dry weight of bulb (4.66 g) were increased. In contrast to drought stress, selenium concentrations increased onion physiological properties (total phenol, flavonoid, total soluble sugar, relative leaf water content and stomatal conductance). Increased onion growth under drought stress is attributed to the antioxidant property of selenium. Because, selenium acts as an oxidant at high concentrations it decreased growth. Selenium at 10 $mg.L^{-1}$ did not have any detrimental effect on onions. It increased the growth of bulb and seedling onion. These results suggest that selenium application may improve antioxidantal defense system of onions under drought stress conditions. Thus, its use may be recommended under arid and semiarid regions.

Key words: Flavonoid, Stomatal conductance, Total phenol, Total soluble sugar.

1- Former Graduated Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Science and Agriculture Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Science and Agriculture Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
**Corresponding Author: Masoomehamerian@yahoo.com*

www.SID.ir