مقاله پژوهشی

بررسی اثر روش‌های کاربرد سلنات سدیم بر بنفشه زینتی (*Viola wittrickiana* cv. Queen Yellow Bee) در شرایط تنش شوری

فریما جوادی، سپیده کلاته‌جاری، مرجان دیانت* و فرزاد عسگری

دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰)

چکیده

یکی از فاکتورهای محیطی محدودکننده کشت و پرورش گل بنفشه، شوری است. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سلنات سدیم (صفر، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر)، روش کاربرد سلنات سدیم (محلول‌پاشی و کاربرد خاکی) و تنش شوری (صفر، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد گل، قطر ساقه، قطر گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل *a* و *b* شد. در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در صورت کاربرد سلنات سدیم در خاک نسبت به شاهد (عدم مصرف سلنات سدیم) وزن تر و خشک گل را به‌ترتیب ۱۱/۳۴ و ۱۰/۳۹ درصد افزایش یافت درحالی‌که مصرف سلنات پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش ۲۵/۱۰ و ۲۵/۴۱ درصدی وزن تر و خشک گل بنفشه زینتی شد. در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به عدم کاربرد آن کلروفیل *a* ۱۲/۹۳ درصد افزایش یافت. در تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در صورت کاربرد سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به عدم کاربرد آن میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ۲۶ درصد کاهش یافت. تنش شوری سبب افزایش میزان کلر و سدیم اندام هوایی و ریشه و کاهش پتاسیم شد. کاربرد سلنات سدیم به روش محلول‌پاشی به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر سبب بهبود رشد بنفشه زینتی شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم کاتالاز، تعداد گل، تنش، محتوای کلروفیل

مقدمه

گیاه بنفشه (*Viola wittrockiana*) از خانواده Violaceae است که دارای اهمیت اقتصادی بسیار زیادی بوده و دارای سالیسیلیک اسید، اسیدهای فنولی مانند کافئیک اسید و مشتقات حاصل از آن‌ها می‌باشد (Vukics *et al.*, 2008). این گیاه جهت تزیین فضای سبز شهری و ارتقاء آرامش روانی شهروندان مورد استفاده قرار می‌گیرد اما متأسفانه در مدت چرخه زندگیشان به‌علت ثابت‌بودن در زمین، انواع مختلفی از تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمای بالا و سرما را تجربه می‌کند. کیفیت بصری و میزان رشد گیاهان زینتی بسیار مهم است (Veatch-blohm *et al.*, 2012). گیاهان برای حفظ بقای خود، مکانیسم‌های مختلفی برای سازش با این تغییرات محیطی دارند که از آن جمله می‌توان به مکانیسم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و تغییرات مولکولی اشاره کرد.

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Ma_dyanat@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

در بین تنش‌های مختلف، شوری آب یکی از مهم‌ترین تنش‌ها است که به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت تولید محصولات را محدود می‌کند (Ashraf and Harris, 2004). طبق مطالعات انجام‌شده تا ۲۵ سال آینده ۳۰ درصد و تا اواسط قرن ۲۱، ۵۰ درصد اراضی کشاورزی در اثر شوری تخریب شده و این موضوع اثرات منفی در تولیدات کشاورزی ایجاد خواهد کرد (Shahid *et al.*, 2018). تنش شوری از تهدیدهای جدی محیطی بر علیه مزارع کشاورزی است و باعث تبدیل مزارع سرسبز به زمین‌های خشک و غیر قابل کشت گردیده و رشد گیاه و محصولات گیاهی را کاهش می‌دهد (Khan *et al.*, 2015). تنش شوری اغلب توسط غلظت‌های بالای یون‌های سدیم (Na^+) و کلر (Cl^-) در محلول خاک حاصل می‌شود (Hasegawa *et al.*, 2000). شوری بالا، سبب تنش یونی و تنش اسمزی می‌شود که درنهایت منجر به مرگ گیاه می‌گردد (Hu and Schmidhalter, 2005; Mahajan and Tuteja, 2005). تنش شوری منجر به زرد و قهوه‌ای‌شدن گل‌ها شده و بنابراین ارزش تزئینی گیاهان زینتی کاسته می‌شود (Cassaniti *et al.*, 2012; Matraszek *et al.*, 2015). تنش شوری باعث پیری زودرس برگ‌ها، شکسته‌شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود و گیاهانی که در زمان تنش میزان کلروفیل بیشتری را حفظ کنند، کارایی فتوسنتز بیشتری دارند و در برابر تنش مقاوم هستند (Sharma and Dubey, 2005). کاهش در کلروفیل *a* و *b* با افزایش شوری به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده کلروپلاست در گیاهانی مثل ذرت (*Zea mays*) گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) و پالونیا (*Paulo wniaimperiallis*) قبلاً گزارش شده است (Rahdari *et al.*, 2012). در تحمل به نمک ترکیبات متعددی از قبیل قندها، اسیدهای آلی و ترکیبات حاوی نیتروژن مانند آمینواسیدها، آمیدها، ایمیدها و پروتئین‌ها به‌عنوان تنظیم-کننده‌های اسمزی وارد عمل می‌شوند، این ترکیبات به حفظ تورژسانس و نگهداری حجم سلول کمک نموده و آثار تنش را کاهش می‌دهند (Ashraf and Harris, 2004). روش‌های متفاوتی برای کاهش اثرات شوری وجود دارد. محققان زیادی مواد آلی و غیرآلی برای کاهش اثرات سمیت نمک مورد بررسی قرار دادند (Liang *et al.*, 2006; Ashraf *et al.*, 2010; Hasanuzzaman *et al.*, 2013; Diao *et al.*, 2014). در پژوهش انجام گرفته توسط Satyendra و همکاران (۱۹۹۹) بین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و افزایش شوری خاک همبستگی مثبت وجود داشت. محققین بیان کردند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بسته به غلظت نمک (سطح شوری خاک)، ژنوتیپ گیاه و مرحله رشد تغییر می‌کند (Barabas *et al.*, 2000).

سلنیوم یک عنصر ریزمغذی ضروری برای انسان‌ها و حیوانات است (Matos *et al.*, 2017; Supriatin *et al.*, 2015). اگرچه توزیع سلنات سدیم در دنیا بسیار غیریکنواخت است، ولی گستره غلظت آن بین ۰/۱ تا ۱ میلی‌گرم در گرم خاک تغییر می‌کند (Bocchini *et al.*, 2018). این عنصر می‌تواند بسته به غلظت آن و نوع گونه گیاهی برای گیاه مفید یا مضر باشد (Drahonovsky *et al.*, 2016) مطالعات جدید نشان داده که سلنات سدیم نقش بسیار مهمی در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری دارد (Feng *et al.*, 2013; Bocchini *et al.*, 2018; Munshower, 2018; Shahid *et al.*, 2018; Tan *et al.*, 2018). سلنیوم یک عنصر ضروری در گیاهان نیست اما به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدانت عمل می‌کند، باعث حفاظت گیاهان در مقابل اشعه ماورابنفش شده، رشد گیاه را تنظیم کرده و گیاه را در مقابل پاتوزن‌ها حفظ می‌کند (Kaur *et al.*, 2014). سلنیوم باعث حفاظت از غشاء سلول تحت شرایط تنش شوری می‌شود (Hawrylak-Nowak, 2019). شواهد متعددی در مورد اثرات مثبت سلنیوم روی رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (Diao *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2016)، بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) (Habibi and Sarvary, 2015) و کلزا (Hashem *et al.*, 2013; Bybordi, 2016) در غلظت‌های پایین وجود دارد. سلنات سدیم اثرات مفیدی بر رشد و تحمل گیاهان در مقابل تنش‌ها به‌وسیله بالا بردن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها دارد (Hasanuzzaman *et al.*, 2010; Djanaguiraman *et al.*, 2005; Rios *et al.*, 2009).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

عامریان و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اثر سطوح مختلف سلنیوم و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی پیاز رقم قرمز آذرشهر در شرایط کشت بدون خاک نشان دادند که سلنیوم اثر مثبتی بر رشد دانهال پیاز داشت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی افزایش یافت. آنها کاربرد یک میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم همراه با ۲۲٤ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن در کشت بدون خاک را برای تولید دانهال‌های پیاز با حداکثر میزان آنتی‌اکسیدانی و عملکرد توصیه نمودند.

از جمله ریزمغذی‌های مؤثر در کاهش تنش‌های غیرزیستی مانند شوری سلنات سدیم است بنابراین این پژوهش به بررسی تأثیر غلظت‌های سلنات سدیم و روش کاربرد آن روی گیاه بنفشه زینتی تحت شرایط تنش شوری می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

کشت و تیمار گیاهان: تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر سلنات سدیم به دو صورت محلول‌پاشی و کاربرد خاکی بر گل بنفشه زینتی در شرایط تنش شوری به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه گروه باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران در سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. نشاءهای چهار برگی بنفشه زینتی از مرکز گل و گیاه محلات تهیه شدند. سپس نشاءها به گلدان‌های به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر حاوی محیط‌کشت (مخلوطی از پرلیت و کوکوپیت به نسبت‌های ۷۰:۳۰) منتقل و به‌مدت دو هفته جهت سازگاری در گلخانه نگهداری شدند. در این مدت هفته‌ای یک‌بار با محلول هوگلند به میزان نصف غلظت توصیه‌شده با آب آبیاری تغذیه شدند. پس از سازگاری نشاها، تیمارها اعمال گردید. غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰٤ و ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر سلنات سدیم (Na_2SeO_4) به دو روش محلول‌پاشی برگی و کاربرد خاکی اعمال شدند و سپس گیاهان تحت تیمار کلرید سدیم (NaCl) در سه سطح صفر (شاهد)، ۳ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفتند. برای اعمال محلول‌های آبیاری تنش شوری از نمک کلرید سدیم استفاده شد و تنش شوری تا زمان گلدهی کامل گیاه اعمال گردید. دو هفته بعد از اعمال آخرین کاربرد تیمارها، نمونه‌های برگی و ریشه به‌منظور انجام آزمایشات جمع‌آوری شد. میانگین دمای روز و شب به‌ترتیب ۱۵-۲۵ و ۱۲-۱۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٤۰ درصد و طول دوره روشنایی به تاریکی ١٤ به ١٠ ساعت بود.

اندازه‌گیری صفات مرفولوژیکی: ارتفاع ساقه به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد. بدین صورت که از یقه گیاه تا نوک ساقه به‌عنوان ارتفاع گیاه در نظر گرفته شد. وزن تر اندام‌های مختلف گیاه پس از برداشت با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. گیاهان کشت‌شده در هر گلدان از قسمت یقه توسط قیچی قطع و تمام قسمت‌های هوایی گیاه (ساقه، گل و برگ) وزن شد. ریشه‌ها نیز به آرامی از خاک جدا و با ترازوی دیجیتال وزن شدند. پس از خشک‌شدن اندام‌های مختلف گیاه در دستگاه آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت، وزن خشک آنها با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل: اندازه‌گیری میزان کلروفیل مطابق با روش Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا ۰/۱ گرم نمونه برگی گیاهان را در هاون چینی با ۳ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد و حجم نهایی عصاره به ۱۵ میلی‌لیتر رسید. سپس عصاره با استفاده از سانتریفیوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت g × ۵۰۰۰ صاف شد. از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-160) برای اندازه‌گیری میزان جذب نمونه‌ها استفاده شد. ابتدا دستگاه با استون ۸۰ درصد صفر شده و سپس میزان جذب عصاره استخراج‌شده در طول‌موج‌های ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b با دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده گردید.

سنجش فعالیت آنزیم‌ها: فعالیت آنزیم کاتالاز با روش اسپکتروفتومتری و براساس کاهش جذب پراکسید هیدروژن در مدت ۳۰ ثانیه در طول‌موج ٢٤۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، آب اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. واکنش با اضافه‌کردن آب اکسیژنه آغاز و کاهش جذب در مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری گردید. مقدار پراکسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

هیدروژن تجزیه‌شده با استفاده از ضریب خاموش معادل ۱٤۰ $mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه شد (Velikova *et al*., 2000). اندازه‌گیری سوپراکسید دیسموتاز طبق روش (Giannopolitis and Ries, 1977) انجام شد. مخلوط واکنش در حجم نهایی یک میلی‌لیتر برای اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸)، متیونین ۰/۰۱۳ مولار EDTA ۰/۰۱ میکرومولار و ۲ میکرومولار ریبوفلاوین آماده گردید و در تاریکی کامل نگهداری شد. بلافاصله بعد از اضافه کردن ریبوفلاوین ۳ میلی‌لیتر از آن درون لوله ازمایش ریخته شد و به هر لوله ۱۰۰ میکرولیتر نمونه پروتئینی اضافه شد. لوله‌های آزمایش در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از منبع نور قرار داده شدند و پس از ۱٦ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول‌موج مذکر خوانده شد. دستگاه روی طول‌موج ٥٦۰ نانومتر کالیبره شد. فعالیت آنزیم براساس واحد آنزیمی به‌ازای میلی‌گرم پروتئین در هر نمونه بیان گردید.

اندازه‌گیری میزان عناصر: برای اندازه‌گیری کلر ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت گیاهی پودرشده درون لوله فالکن ریخته و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۰/۵ مولار و قراردهی آن به‌مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن، عصاره‌گیری انجام شد. مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره برای خواندن کلر طبق روش رنگ‌سنجی در طول‌موج ٤۸۰ نانومتر توسط دستگاه اپوچ (Epoch) استفاده شد (Munns and Tester, 2008). برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم برگ‌های گل بنفشه بعد از برداشت در هوای آزاد کاملاً خشک شدند. سپس با استفاده از هاون نمونه‌ها پودر شدند. ۰/۳ از نمونه‌های پودرشده را توزین کرده و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٦ ساعت خاکستر شدند و سپس در ۵ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک ۲ مولار حل شدند. حجم محول با آب دو بار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. سپس با دستگاه فلیم‌فتومتری (مدل PFP7 ساخت کمپانی JENWAY انگلستان) اندازه‌گیری انجام شد (Chapman and Pratt, 1962).

$$N\% = A \times N \times 1.4/W$$

N: نرمالیته اسید، A: حجم اسید مصرفی، W: وزن نمونه

برای اندازه‌گیری مقدار فسفر ریشه و اندام هوایی از دستگاه اسپکتروفتومتر Unico ساخت کشور امریکا استفاده شد. برای این کار ابتدا نمونه‌های گیاهی در کوره (دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) خاکستر شد. سپس به نمونه‌های خاکستر شده یک میلی‌لیتر معرف بارتن و نیم میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۰ درصد افزوده شد. سپس حجم آنها با آب دوبار تقطیر به ۱۰ میلی‌لیتر رسید. جذب هر محلول با اسپکتروفتومتر در طول‌موج ٤۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Ryan *et al*., 2007).

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

اندازه‌گیری صفات مرفولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی بنفشه زینتی در جدول ۱ آورده شده است. اثر شوری بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار بود. اثرات متقابل روش کاربرد × شوری بر قطر ساقه، اثرات متقابل روش کاربرد × سلنات سدیم بر وزن تر و خشک اندام هوایی، قطر گل، تعداد گل و وزن تر و خشک گل و اثر متقابل شوری × سلنات سدیم بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن تر اندام هوایی، قطر گل، وزن تر و خشک گل معنی‌دار بود. اثرات متقابل سه عامل مورد بررسی تنها بر وزن خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک گل معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین ارتفاع بنفشه زینتی نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد. بالاترین ارتفاع گیاه در تیمار شوری صفر و سلنات سدیم ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با کلیه سطوح سلنات سدیم در این سطح شوری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار شوری صفر (شاهد) مشاهده شد (جدول ۳). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار قطر ساقه شد اما این کاهش در تیمارهای حاوی سلنات سدیم کمتر بود و سلنات سدیم سبب تعدیل اثر تنش شوری بر قطر ساقه شد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر سلنات سدیم و روش کاربرد بر صفات مورفولوژیکی بنفشه زینتی در شرایط تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	قطر ساقه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	تعداد گل
روش کاربرد	۱	۱/٦۲**	۰/٤۳**	۲٦۰/٦**	٦۲/٤۷**	٦٤/۲۲**
شوری	۲	۱۳/٦٤**	۸/۷٥**	۲۸۷۷/۱**	۲۸۷/۳**	٥۲۷/۳**
سلنات سدیم	۳	۰/٦۳**	۰/٥۸**	۱۹۸/۳**	۳۳/٦۹**	۱۲/۹**
روش کاربرد × شوری	۲	۰/۱۸^{ns}	۰/۱۳*	۷٥/۰٥^{ns}	۱٤/۱٥**	۳/۳٤*
روش کاربرد × سلنات	۳	۰/۱۲^{ns}	۰/۰٦٦^{ns}	٤۳/٤٥**	۹/٦٥**	۱۳/۳۷**
شوری × سلنات	٦	۰/۲٦**	۰/۲٤**	۰/٦۸**	۰/۱۳^{ns}	۰/٤۹^{ns}
روش × شوری × سلنات	٦	۰/٥۳^{ns}	۰/۰٥۲^{ns}	۱۰/۹٤^{ns}	۲/۱۱*	۱/۳۸^{ns}
خطا	٤۸	۰/۰٦٥	۰/۰۳	٤/۱۲	۰/۷٤	۱/۰۱
ضریب تغییرات	-	٥/۰۹۹	٤/٤	۲/۸۷	۲/۸٤	۱۰/۳۲

****، *، ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.**

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		قطر گل	وزن تر گل	وزن خشک گل	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
روش کاربرد	۱	۱/۸٦**	۲/۱۳**	۰/٤۳**	۱۲/٥^{ns}	۲/۱۷^{ns}
شوری	۲	۱۳/۹٥**	٦۷/۸۳**	۹/۹٥**	۱۱۰/٦۸**	۱۹/۲**
سلنات سدیم	۳	۱/۷٥**	۲/٤۲**	۰/۳٦**	٤/۸۱^{ns}	۰/۸۳۸^{ns}
روش کاربرد × شوری	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۸/۳۷^{ns}	۱/٤٥^{ns}
روش کاربرد × سلنات	۳	۰/۲۱**	۰/٤**	۰/۰۷٥**	۳/٦^{ns}	۰/٦۲^{ns}
شوری × سلنات	٦	۰/۳۲**	۰/٦٤**	۰/۰۹٥**	۳/۱٦^{ns}	۰/٥٥^{ns}
روش × شوری × سلنات	٦	۰/۰٥٦^{ns}	۰/۱۳*	۰/۰۲۱*	۳/۹۳^{ns}	۰/٦۸^{ns}
خطا	٤۸	۰/۰٤۹	۰/۰٥	۰/۰۰۸	۳/٤٦	۰/٦
ضریب تغییرات	-	٤/٦۲	۲/۷۸	۲/۸۷	۱٤/۹٥	۱٤/۹۲

****، *، ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.**

(جدول ۲).

سلنات سدیم سبب افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی شد. بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمار محلول‌پاشی سلنات سدیم ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ٤). در تیمار تنش شوری صفر (شاهد) با کاربرد سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی حاصل شد (جدول ۲).

در تیمار محلول‌پاشی سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر و شوری صفر بیشترین میزان وزن خشک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۲- اثر متقابل شوری × سلنات سدیم بر (ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن تر اندام هوایی و قطر گل) زینتی تحت تأثیر شوری و سلنات سدیم

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	سلنات سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	میانگین			
		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	قطر گل (سانتی‌متر)
۰	۰	٥/٧٥	٥/٣٨	٧٨/۰۰	٥/٣٨
	۰/۰۰۲	۲/٥۲	٥/٤۲	٧٨/٦٧	٥/٤۱
	۰/۰۰٤	٥/٥٧	٥/٧۲	٨۲/٨٣	٥/٧۱
	۰/۰۰٨	٥/٧٥	٥/٨٧	٨٥/٦٧	٥/٨٦
۳	۰	٥/۲٨	٤/٦٥	٧۰/٥۰	٤/٦٥
	۰/۰۰۲	٤/٨٧	٤/٣۲	٧۱/۰۰	٤/٣۱
	۰/۰۰٤	٥/٤٣	٤/٩۰	٧٤/٥۰	٤/٩۰
	۰/۰۰٨	٥/۲٨	٤/٩٣	٧٦/٨٣	٤/٩٣
٦	۰	۳/۲٨	۳/۳٨	٥٦/۳۳	۳/۳٨
	۰/۰۰۲	۳/٩٥	٤/۰۲	٥٧/٥۰	٤/۰۱
	۰/۰۰٤	٤/٤٥	٤/۳٧	٦۱/۰۰	٤/۳٦
	۰/۰۰٨	٤/٥۰	٤/٥٥	٦۳/٦٧	٤/٥٥
LSD		۰/۳	۱/٨٤	۲/۳٥	۰/۲٦

جدول ۳- اثر متقابل شوری × روش کاربرد بر قطر ساقه و وزن خشک اندام هوایی بنفشه زینتی

صفت	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	روش کاربرد	
		خاک	محلول‌پاشی
قطر ساقه (سانتی‌متر)	۰	٥/٤٦	٥/٧۳
	۳	٤/٥۳	٤/٨٧
	٦	۳/٩۰	٤/۲٦
LSD =۱/۳۰			
تعداد گل	۰	۱۳/٧٥	۱٥/۱٧
	۳	٨/٤۲	۱۱/۱٧
	٦	٤/۳۳	٥/٨۳
LSD =۰/٨۲			

اندام هوایی (۳۹/۰۱ گرم) مشاهده شد و در کلیه سطوح شوری وزن خشک اندام هوایی با کاربرد سلنات سدیم در خاک افزایش یافت (جدول ٥).

با کاربرد ۰/۰۰٨ میلی‌گرم در لیتر سلنات سدیم تعداد گل نسبت به عدم مصرف آن ٥/٨٩ درصد کاهش یافت درحالی‌که همین مقدار کاربرد به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ٤- اثر متقابل روش کاربرد × سلنات سدیم بر وزن تر اندام هوایی، تعداد گل و قطر ساقه بنفشه زینتی

روش کاربرد	سلنات سدیم	میانگین		
		وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد گل	قطر گل (سانتی‌متر)
خاک	۰	٦٨/١١	۹/۳۳	٤/٤٧
	۰/۰۰۲	٦٧/٢٢	۸/۰۰	٤/٤١
	۰/۰۰٤	٧١/١١	۹/۲۲	٤/٧٩
	۰/۰۰۸	٧١/٤٤	۸/٧٨	٤/٨٦
محلول‌پاشی	۰	٦٨/٤٤	۹/۱۱	٤/٤٨
	۰/۰۰۲	٧٠/٨٩	۹/۸۹	٤/٧٦
	۰/۰۰٤	٧٤/٤٤	۱۱/۱۱	۵/۲۰
	۰/۰۰۸	٧٩/٣٣	۱۲/٧٨	۵/۳۸
LSD		۱/۹۱	۰/۹۵	۰/۲۱

جدول ۵- اثر متقابل روش کاربرد × شوری × سلنات سدیم بر وزن خشک اندام هوایی، وزن تر گل و وزن خشک گل بنفشه زینتی

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	سلنات سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	میانگین					
		وزن خشک اندام هوایی (گرم)		وزن تر گل (گرم)		وزن خشک گل (گرم)	
		خاک	محلول‌پاشی	خاک	محلول‌پاشی	خاک	محلول‌پاشی
۰	۰	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳	۸/۹۷	۹/۳۰	۳/۵۲	۳/٦۵
	۰/۰۰۲	۳۲/۲۱	۳٤/۳۲	۹/٦۰	۹/۷۰	۳/۷٤	۳/۸۰
	۰/۰۰٤	۳۳/۳۳	۳٦/۸۸	۹/۷۷	۹/۹۰	۳/۸۰	۳/۸۷
	۰/۰۰۸	۳۳/٦۱	۳۹/۰۱	۹/۸۰	۱۰/۱۰	۳/۸۱	۳/۹٦
۳	۰	۳۰/۰۷	۲۹/۹۳	۸/٦۳	۸/۵۳	۳/۳۷	۳/۳۳
	۰/۰۰۲	۲۹/٦۸	۳۰/۵۰	۸/۰۰	۸/۵۳	۳/۱۱	۳/۳٤
	۰/۰۰٤	۳۲/۰۷	۳۱/۰٦	۸/٤۳	۸/۷۰	۳/۲۸	۳/٤۱
	۰/۰۰۸	۳۲/۲۱	۳۲/۹۱	۸/۳۰	۹/۱۰	۳/۲۳	۳/۵۷
٦	۰	۲٤/۱٤	۲٤/٤۳	۵/۷۳	۵/۷۷	۲/۲۷	۲/۲۸
	۰/۰۰۲	۲۳/۳۱	۲۵/۸٦	۵/٦۷	۵/۹۰	۲/۲۲	۲/۳٤
	۰/۰۰٤	۲٤/۷۲	۲۷/٤۵	٦/٦۰	٦/۸۷	۲/۵۹	۲/۷۲
	۰/۰۰۸	۲٤/٦٦	۲۹/۷٤	٦/٤۷	۷/۷۰	۲/۵۳	۳/۰٦
LSD		۱/٤۰		۰/۳۷		۰/۱۲	

٤۰/۲۷ درصدی تعداد گل شد (جدول ٤). درشت‌ترین گل در تیمار محلول‌پاشی سلنات سدیم ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با ۰/۰۰٤ میلی‌گرم در لیتر نداشت (جدول ٤). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار قطر گل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ٦- تجزیه واریانس تأثیر سلنات سدیم و روش کاربرد بر محتوای کلروفیل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بنفشه زینتی در شرایط تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاتالاز	سوپر اکسید دیسموتاز
روش کاربرد	۱	۰/۰٦۱**	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۹٥**	۰/۰۰٦۸^{ns}
شوری	۲	۰/۲٤**	۰/۰٦۷**	۰/۷۲**	٥۳۷/۱**
سلنات سدیم	۳	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۲٤**	۰/۰۰٤**	٦۰/۲۳**
روش کاربرد × شوری	۲	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰٥٥^{ns}	۱/۰٦^{ns}
روش کاربرد × سلنات	۳	۰/۰۱**	۰/۰۰۱٤**	۰/۰۰۱۳**	۲/٥٤^{ns}
شوری × سلنات	٦	۰/۰۰۱٥**	۰/۰۰۰۱٦^{ns}	۰/۰۰۰۸**	۱۸/۸٥**
روش × شوری × سلنات	٦	۰/۰۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱٥^{ns}	۱/۱۹^{ns}
خطا	٤۸	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲٤	۱/۰۹
ضریب تغییرات	-	۲/۹۳	٥/۹۹	۲/۱۳	٥/۷۹

****، *، ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ٥ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.**

شد اما این کاهش در تیمارهای حاوی سلنات سدیم نسبت به شاهد کمتر بود (جدول ۲).

در شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر در صورت کاربرد سلنات سدیم در خاک نسبت به شاهد (عدم مصرف سلنات سدیم) وزن تر و خشک گل را به‌ترتیب ۱۱/۳٤ و ۱۰/۳۹ درصد افزایش یافت درحالی‌که مصرف سلنات پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی در همین شرایط باعث افزایش ۲٥/۱۰ و ۲٥/٤۱ درصدی وزن تر و خشک گل بنفشه زینتی شد (جدول ٥).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و فعالیت آنزیم‌ها: جدول ٦ نتایج تجزیه واریانس کلروفیل a، b و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز را نشان می‌دهد. اثر متقابل روش کاربرد × شوری بر کلروفیل a و b، اثر متقابل روش کاربرد × سلنات بر کلروفیل a، b و آنزیم کاتالاز و اثر متقابل شوری × سلنات بر کلروفیل a آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در سطح یک درصد احتمال آماری معنی‌دار بود (جدول ٦).

شوری باعث کاهش کلروفیل a و b شد (جدول ۷). کاربرد سلنات سدیم به هر دو روش خاک مصرف و محلول‌پاشی اثر منفی شوری را بر کلروفیل a و b کاهش داد (جدول ۸) اما در شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به عدم کاربرد آن کلروفیل a ۱۲/۹۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۹).

کمترین میزان آنزیم کاتالاز در تیمار محلول‌پاشی سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۸) و تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار این آنزیم شد (جدول ۹).

بیشترین میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد سلنات سدیم حاصل شد. که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم نداشت. در تنش شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر در صورت کاربرد سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به عدم کاربرد آن میزان آنزیم ۲٦/۱۳ درصد کاهش یافت (جدول ۹).

اندازه‌گیری میزان عناصر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاربرد × شوری بر پتاسیم در سطح ۱ درصد، اثر متقابل روش کاربرد × سلنات سدیم بر سلنیم و پتاسیم در سطح ۱ درصد و اثر متقابل شوری × سلنات سدیم بر کلر و سدیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۷- اثر متقابل شوری × روش کاربرد بر کلروفیل a و b گل بنفشه زینتی

صفت	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	روش کاربرد	
		خاک	محلول‌پاشی
کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم)	۰	۰/۷۵	۰/۸۰
	۳	۰/۶۲	۰/۶۹
	۶	۰/۵۵	۰/۶۰
LSD =۰/۰۵			
کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم)	۰	۰/۲۶	۰/۲۷
	۳	۰/۲۱	۰/۲۴
	۶	۰/۱۶	۰/۱۷
LSD =۰/۰۱			

جدول ۸- اثر متقابل روش کاربرد × سلنات سدیم بر کلروفیل a و b و آنزیم کاتالاز گل بنفشه زینتی

روش کاربرد	سلنات سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	میانگین		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاتالاز (میکروگرم آب اکسیژنه تجزیه‌شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین)
		(میلی‌گرم در گرم)		
خاک	۰	۰/۶۴	۰/۲۱	۰/۷۵
	۰/۰۰۲	۰/۶۳	۰/۲۰	۰/۷۶
	۰/۰۰۴	۰/۶۶	۰/۲۱	۰/۷۴
	۰/۰۰۸	۰/۶۵	۰/۲۱	۰/۷۴
محلول‌پاشی	۰	۰/۶۴	۰/۲۰	۰/۷۵
	۰/۰۰۲	۰/۶۷	۰/۲۱	۰/۷۲
	۰/۰۰۴	۰/۷۳	۰/۲۴	۰/۷۱
	۰/۰۰۸	۰/۷۷	۰/۲۵	۰/۷۰
LSD		۰/۰۵۹	۰/۰۱	۰/۰۱

روش کاربرد × شوری × سلنات سدیم بر صفات ذکرشده معنی‌داری نبود. اثرات ساده شوری و سلنات سدیم بر میزان فسفر اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱۰).

تنش شوری سبب افزایش میزان کلر و سدیم اندام هوایی و ریشه شد (جدول ۱۱) اما سلنات سدیم اثر تعدیل‌کننده‌ای بر کلر داشت و میزان کلر اندام هوایی و ریشه در تیمارهای حاوی سلنات سدیم کمتر بود (جدول ۱۲). میزان کلر و سدیم اندام هوایی در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با عدم کاربرد آن به‌ترتیب ۱۸/۶۵ و ۲۳/۹۲ درصد کاهش یافت (جدول ۱۳). تنش شوری و کاربرد سلنات سدیم میزان عنصر فسفر را در اندام هوایی به‌ترتیب کاهش و افزایش دادند (جدول ۱۴).

میزان عنصر پتاسیم در اندام هوایی با تشدید تنش شوری کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۱۱) اما کاربرد سلنات سدیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۹- اثر متقابل شوری × سلنات سدیم بر کلروفیل a و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دسموتاز گل بنفشه زینتی

شوری (دسی زیمنس بر متر)	سلنات سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	میانگین		
		کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم)	کاتالاز (میکروگرم آب اکسیژنه تجزیه‌شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین)	سوپراکسید دسموتاز (واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین)
۰	۰	۰/۷٤	۰/۵۵	۱۲/۷۰
	۰/۰۰۲	۰/۷۸	۰/۵۵	۱۲/۰۰
	۰/۰۰٤	۰/۷۹	۰/۵۳	۱۳/۰۳
	۰/۰۰۸	۰/۸۲	۰/۵٤	۱۳/۱۰
۳	۰	۰/٦۵	۰/۸۰	۲۱/٦۰
	۰/۰۰۲	۰/٦۳	.۰/۷۹	۲۰/۲۷
	۰/۰۰٤	۰/٦۸	۰/۷۷	۱۷/٦۵
	۰/۰۰۸	۰/٦۹	۰/۷٦	۱٦/۲۸
٦	۰	۰/۵٤	۰/۹۲	۲۵/۲۲
	۰/۰۰۲	۰/۵۵	۰/۸۹	۲٤/۸۰
	۰/۰۰٤	۰/٦۲	۰/۸۷	۲۰/۵۳
	۰/۰۰۸	۰/٦۲	۰/۸٦	۱۸/٦۳
LSD		۰/۰۵	۰/۰۱	۱/۲٦

جدول ۱۰- تجزیه واریانس تأثیر سلنات سدیم و روش کاربرد بر عناصر اندام هوایی بنفشه زینتی در شرایط تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		اندام هوایی					ریشه		
		کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر	سلنیم	کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر
روش کاربرد	۱	۵٦/۸۸**	۰/۲۹**	۸۵/۸**	۰/۳۷۵^{ns}	۵۰/۰**	۱٦/۰۵*	۰/۰۰۲^{ns}	۱۰۰/۳**	۰/۲۱^{ns}
شوری	۲	۱۷۰٦/۲**	۳/٤۳**	٦۵٤/۱۸**	۵۲/٤۳**	۳۹/۸**	۱۳۱۸۵/۱۲**	۱۹/۸۷**	۲۵٦/۷**	۵/۱۵**
سلنات سدیم	۳	۲۳/۳۷**	۰/۵۹**	٤۷/۵۹**	۲/۱۵**	۱۵۱٤/۵**	٦۲/٦۲**	۰/۰۸^{ns}	۱۰۰/۷۹**	۰/۰٦۷^{ns}
روش کاربرد×شوری	۲	۱۸/۵۹**	۰/۰٦۷^{ns}	۱۰/۸**	۰/۰۱^{ns}	۲/۵٤^{ns}	۱٦/٤۳**	۰/۱۱۵^{ns}	۵/۵۹^{ns}	۰/۵۹**
روش کاربرد×سلنات	۳	۵/۲۹^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۷/۸۲**	۰/۰۵٤^{ns}	۱۵/۲۵**	۹/۳۵*	۰/۰۱٤^{ns}	۱۲/۸۲**	۰/۱۱۹^{ns}
شوری×سلنات	٦	۱۱/۹۳**	۰/۲۲**	۱/٤^{ns}	۰/۲۷^{ns}	٤/۲۵^{ns}	٤/٤۲^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۱۰^{ns}
روش×شوری×سلنات	٦	٤/۰٦^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۱/۹۲^{ns}	۰/۰۸۱^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۳/۲۸^{ns}	۰/۰۵۲^{ns}	٤/٦۵^{ns}	۰/۰٦۲^{ns}
خطاء	٤۸	۳/۳۷	۰/۰۲۹	۱/۲۹	۰/۲۹	۱/۸۸	۲/۹	۰/۰٦۹	۲/۱۲	۰/۰۷۹
ضریب تغییرات	-	۸/٦۷	۹/۰٤	۵/۵	۱۵/٤٤	۷/۳٦	۳/۲۹	۹/۳۷	۸/۵۸	۱۱/٤۵

****، *، ns به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.**

باعث افزایش غلظت این عنصر در اندام هوایی شد (جدول ۱۲). محلول‌پاشی با سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد آن در خاک به‌ترتیب باعث افزایش ۲۲/٦ و ٤/۹ درصدی عنصر پتاسیم در اندام هوایی شد (جدول ۱۲). با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۱۱- متقابل روش کاربرد × شوری بر غلظت عناصر کلر و پتاسیم اندام هوایی و کلر و فسفر ریشه بنفشه زینتی

روش کاربرد	شوری	میانگین			
		اندام هوایی		ریشه	
		کلر	پتاسیم	کلر	فسفر
		(میلی‌گرم در گرم)		(میلی‌گرم در گرم)	
خاک	۰	۱۳/۰۰	۲٤/۵۵	۳۳/۲۵	۲/٦۳
	۳	۲۱/۵۸	۱۸/۹٦	٤۳/۸۳	۲/۵۸
	٦	۳۱/۵۸	۱۵/۳۸	۷۹/۳۳	۲/۰۲
محلول‌پاشی	۰	۱۳/۰۸	۲۷/٦۹	۳۲/٦۷	۳/۱۰
	۳	۱۹/۵۸	۲۱/۷۲	٤٤/۳۳	۲/۵٦
	٦	۲۸/۱۷	۱٦/۰۲	۷٦/۵۸	۱/۹۰
LSD		۱/۵۲	۱/۰۱	۱/۳۸	۰/۲۳

جدول ۱۲- اثر متقابل روش کاربرد × سلنات سدیم بر عناصر پتاسیم و سلنیوم اندام هوایی و کلر و پتاسیم ریشه بنفشه زینتی

روش کاربرد	سلنات سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	میانگین			
		اندام هوایی		ریشه	
		پتاسیم	سلنیوم	کلر	پتاسیم
		(میلی‌گرم در گرم)		(میلی‌گرم در گرم)	
خاک	۰	۱۹/۳۹	۱۰/٤٤	۵۳/۵٦	۱٤/٤٤
	۰/۰۰۲	۱۸/۷۳	۱۲/٤٤	۵٤/۲۲	۱۷/۵٦
	۰/۰۰٤	۱۹/۹۹	۱۹/۵٦	۵۱/۳۳۳	۱۸/۷۸
	۰/۰۰۸	۲۰/٤۰	۲۸/۷۸	٤۹/٤٤	۲۱/۸۹
محلول‌پاشی	۰	۱۹/٤۲	۱۰/۵٦	۵۳/٦۷	۱٤/۳۳
	۰/۰۰۲	۲۰/۰۸	۱۳/٤٤	۵۱/۲۲	۱٤/۳۳
	۰/۰۰٤	۲۲/٦٤	۲۰/۷۸	۵۰/٤٤	۱٦/٦۷
	۰/۰۰۸	۲۵/۱۰	۳۳/۱۱	٤۹/٤٤	۱۷/۸۹
LSD		۱/۱۷	۱/۳۰	۱/٦۰	۱/۳۸

کاربرد سلنیوم در خاک و محلول‌پاشی آن به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد مقدار این عنصر در اندام هوایی به‌ترتیب ٦۳/۷ و ٦۸/۱ درصد افزایش یافت (جدول ۱۲).

بحث

تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد اما این کاهش در تیمارهای حاوی سلنات سدیم کمتر بود و سطوح بالاتر سلنات سدیم سبب بهبود ارتفاع گیاه شد و میزان تأثیر تنش شوری را کاهش داد. اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به‌علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه این عوامل ایجاد می‌شود، لذا هنگامی که گیاه در شرایط شوری رشد می‌کند فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

جدول ۱۳- اثر متقابل شوری × سلنات سدیم بر غلظت کلر و سدیم اندام هوایی بنفشه زینتی

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	سلنات سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	میانگین	
		اندام هوایی	
		کلر	سدیم
		(میلی‌گرم در گرم)	
۰	۰	۱۳/۱۷	۱/۵۸
	۰/۰۰۲	۱۲/۶۷	۱/۶۷
	۰/۰۰۴	۱۳/۱۷	۱/۶۳
	۰/۰۰۸	۱۳/۱۷	۱/۷۰
۳	۰	۲۰/۸۳	۱/۹۸
	۰/۰۰۲	۲۱/۱۷	۱/۹۰
	۰/۰۰۴	۲۱/۱۷	۱/۴۷
	۰/۰۰۸	۳۲/۱۷	۱/۴۳
۶	۰	۳۲/۱۷	۲/۷۲
	۰/۰۰۲	۳۱/۱۷	۲/۴۰
	۰/۰۰۴	۳۰/۰۰	۲/۱۲
	۰/۰۰۸	۲۶/۱۷	۲/۰۷
LSD		۲/۱۵	۰/۲۰

جدول ۱۴- اثر متقابل شوری و سلنات سدیم بر فسفر اندام هوایی

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۰	۳	۶	سلنات سدیم (میکروگرم در لیتر)	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸
میانگین (میلی‌گرم بر گرم)	۴/۶۲	۰/۰۴	۱/۸۲	میانگین	۳/۰۱	۳/۵۰	۳/۷۷	۳/۷۰
LSD		۰/۳۱		LSD		۰/۳۶		

منجر به کاهش طول ساقه می‌گردد. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می‌شود، درنتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش می‌یابد که این عمل باعث کاهش جذب آب، افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود (Hawrylak *et al*., 2019; Malash *et al*., 2008). کاهش ارتفاع سایر گیاهان زینتی نیز تحت تأثیر تنش شوری گزارش شده است (Mirlotfi *et al*., 2015; Nofal *et al*., 2015). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی شد اما در تیمارهای حاوی سلنات سدیم میزان کاهش وزن تر اندام هوایی کمتر بود. در تنش شوری با افزایش غلظت نمک، پتانسیل اسمزی محلول افزایش یافته، جذب آب کم شده و به‌دنبال آن فشار تورژسانس سلول‌ها نیز کاهش می‌یابد. خروج آب از سلول‌ها مانع از رشد آنها می‌گردد. از طرف دیگر با کوچک‌شدن و ریزش برگ‌ها منبع تولید آسیمیلات‌ها در گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین مقدار موادی که به سلول‌ها می‌رسد به‌مراتب کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند، که درنهایت هم تعداد و هم اندازه سلول‌ها کاهش می‌یابد و متعاقباً کاهش در وزن تر و خشک اندام‌ها پدید می‌آید (Rawson *et al*., 1998). با افزایش تنش شوری وزن تر و خشک ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تغییرات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

مورفوفیزیولوژیک در ریشه گیاهان، در پاسخ به کاهش رطوبت در خاک در اثر تنش شوری به‌شدت و زمان تنش متغیر است. در تنش خفیف با بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2 به کلروپلاست سلول‌های مزوفیل برگی فتوسنتز کاهش یافته و در نهایت منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه شده که این رخداد کاهش ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه را به‌دنبال دارد (Hosseinzadeh *et al*., 2016). با افزایش تنش اسمزی به‌دلیل محدودیت در توسعه سلول پارامترهای رشدی گیاهان کاهش می‌یابد (Munns and Tester, 2008) به‌طورکلی افزایش شوری در خاک باعث کاهش شدید رشد و میزان محصول می‌گردد. شوری بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و انرژی مؤثر بوده و تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی تا تولید بیوماس و دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parida *et al*., 2004). کاربرد سلنات سدیم باعث بهبود اکثر ویژگی‌های رشدی گیاه بنفش زینتی شد. با کاربرد سلنیوم هورمون‌ها و اسیدهای ضدتنش مثل سالسیلیک اسید و جاسمونیک اسید و اتیلن افزایش می‌یابد (Hasanuzzaman *et al*., 2013). تولید زیست‌توده و رشد گیاه با کاربرد سلنیوم افزایش می‌یابد (Filek *et al*., 2008).

تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل بنفشه زینتی شد. کاهش معنی‌دار حجم کلروفیل با افزایش غلظت NaCl در گیاهان زینتی دیگر نیز گزارش شده است (Bayat *et al*., 2012; Al Hassan *et al*., 2015, 2016a, b; Kumar *et al*., 2017). کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌نظر می‌رسد که یک پاسخ عمومی به تنش شوری باشد (Parihar *et al*., 2015). تنش شوری باعث پیری زودرس برگ‌ها، شکسته‌شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود و گیاهانی که در زمان تنش میزان کلروفیل بیشتری را حفظ کنند، کارایی فتوسنتز بیشتری دارند و در برابر تنش مقاوم هستند (Sharma and Dubey, 2005). کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش محتوی کلروفیل a و b در بنفش زینتی شد. کاربرد سطح مناسبی از سلنیوم باعث کاهش خسارت به کلروپلاست شده و بنابراین حجم کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد (Chu *et al*., 2010; Yao *et al*., 2011; Malik *et al*., 2012; Wang, 2011).

در این تحقیق افزایش میزان آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دسموتاز با محلول‌پاشی سلنات سدیم در گیاهان تحت تنش شوری در بنفشه زینتی با نتایج سایر محققان مطابقت داشت. برای مثال Germ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که سلنات سدیم برای گیاهان در غلظت‌های بالا خطرناک است اما می‌تواند آثار مفیدی در غلظت‌های پائین نشان دهند. نجفی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر سلنات سدیم بر برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L. CV. Record) رقم رکورد تحت تنش شوری نشان دادند که در گیاهانی که در معرض کلرید سدیم قرار داشتند در مقایسه با گیاهان شاهد، با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان پروتئین کاهش یافت اما در گیاهانی که در معرض همزمان کلرید سدیم و سلنات سدیم قرار داشتند میزان پروتئین بیشتر بود. افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه جو با کاربرد سلنیوم در آب آبیاری به‌دلیل افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است (Habibi, 2013). سلنیوم فعالیت آنزیم کاتالاز را در گندم و لوبیا افزایش می‌دهد (Yao *et al*., 2011; Malik *et al*., 2012). کاهش در گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهانی که در معرض تنش خشکی و شوری قرار داشتند با کاربرد سلنیوم در گیاهچه‌های کلزا (Hasanuzzaman *et al*., 2011; Hasanuzzaman and Fujita, 2011) و در شبدر (*Trifolium repens* L.) گزارش شده است (Wang, 2011).

شوری باعث کاهش محتوی عناصر غذایی اندام‌های هوایی بنفشه زینتی شد. با بسته‌شدن روزنه‌ها، فرآیند انتقال آب از ریشه به اندام هوایی در آوند چوبی از طریق تعرق مختل شده و منجر به کاهش عناصر مغذی در اندام‌های فتوسنتزکننده می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). با افزایش شوری بازده گیاه کم شده و پروسه‌هایی مثل فتوسنتز، تنفس و کارایی آب تحت تأثیر قرار می‌گیرند. شوری سبب تغییر فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاهان می‌گردد و موجب سمیت یونی، تنش اسمزی و کمبود مواد غذایی در سلول‌های گیاهی می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

(Munns and Teter, 2008). تجمع سدیم در گیاهان معمولاً با بازداری از فعالیت‌های آنزیمی و فرایندهای فیزیولوژیکی و با کاهش در غلظت پتاسیم همراه است چون این دو عنصر برای عبور از عرض غشا توسط ناقلان با یکدیگر رقابت می‌کنند (Rodriguez-Navarro, 2000). به علاوه کاهش پتاسیم اثرات منفی بر فتوسنتز تنظیم اسمزی بیوسنتز پروتئین و فشار ترگر دارد (Gierth and Maser, 2007). اما با کاربرد سلنیوم اثر تنش شوری تعدیل شد. تنظیم جذب و توزیع بعضی از عناصر ضروری توسط سلنیوم، نقش مهمی در کارکرد آنتی‌اکسیدانت‌های دخیل در کاهش سطح گونه‌های فعال اکسیژن دارد (Feng *et al.*, 2013). غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی در شرایط تنش شوری به سرعت کاهش می‌یابد، زیرا یون‌های فسفات با یون کلسیم موجود در خاک به سرعت رسوب کرده و از دسترس گیاهان خارج می‌گردند. نتایج این تحقیق با نتایج جبالبارزی و همکاران (۱۳۹٤) روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد گل، قطر گل، وزن تر خشک اندام هوایی، ریشه، گل، حجم کلروفیل و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم شد اما در این شرایط میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. کاربرد سلنات سدیم سبب کاهش اثرات تنش شوری بر صفات مورد بررسی شد. محلول‌پاشی سلنات سدیم به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در لیتر بهترین تیمار جهت افزایش رشد اندام‌های هوایی و گل بنفشه زینتی بود.

منابع

جبالبارزی، ب.، زارعی، م.، کریمیان، ن. ع. و سحرخیز، م. ح. (۱۳۹٤) اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر میزان جذب عناصر غذایی، برخی شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه مرزه در شرایط تنش شوری. دانش آب و خاک ۲۵: ۲۹۹-۲۸۵.

نجفی، ف.، خاوری نژاد، ر. ع. و شیدی، م. (۱۳۹۵) اثر سلنات سدیم بر برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه آفتابگردان تحت تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی ۱۹: ۳٦۳-۳۵۱.

عامریان، م.، دشتی، ف. و دشاد، م. (۱۳۹۷) تأثیر سطوح مختلف سلنیوم و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی دانهال پیاز (*Allium cepa* L.). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۵: ۱۳۵-۱۱۹.

Albert, A., Martinez-Ripoll, M., Espinosa-Ruiz, A., Yenush, L., Culianez-Macia, F. A. and Serrano, R. (2000) The X-ray structure of the FMN-binding protein AtHal3 provides the structural basis for the activity of a regulatory subunit involved in signal transduction. Structure 8: 961-969.

Al Hassan, M., Martinez Fuertes, M., Ramos Sanchez, F. J., Vicente, O. and Boscaiu, M. (2015) Effects of salt and water stress on plant growth and on accumulation of osmolytes and antioxidant compounds in cherry tomato. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici 43: 1-11.

Al Hassan, M., Morosan, M., Lopez-Gresa, M. P., Prohens, J., Vicente, O. and Boscaiu, M. (2016a) Salinity-induced variation in biochemical markers provides insight into the mechanisms of salt tolerance in common (*Phaseolus vulgaris*) and runner (*P. coccineus*) beans. International Journal of Molecular Science 17: 1582.

Al Hassan, M., Lopez-Gresa, M. P., Boscaiu, M. and Vicente, O. (2016b) Stress tolerance mechanisms in Juncus: responses to salinity and drought in three Juncus species adapted to different natural environments. Functional Plant Biollogy 43: 949-960.

Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science 166: 3-16.

Ashraf, M., Ahmad, R., Bhatti, A. S., Afzal, M., Sarwar, A., Maqsood, M. A. and Kanwal, S. (2010) Amelioration of salt stress in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) by supplying potassium and silicon in hydroponics. Pedosphere 20: 153-162.

Barabas, N. K., Omarov, R. T., Erdei, L. and Lips, S. H. (2000) Distribution of the Mo-enzymes aldehyde oxidase, xanthine. Dehydrogenase and nitrate reductase in maize (*Zea mays* L.) nodul roots as effected by nitrogen and salinity. Plant Science 155: 49-58.

Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. (2012) Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal of Stress Physiology Biochemistry 8: 258-267.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

Bocchini, M., D'Amato, R., Ciancaleoni, S., Fontanella, M. C., Palmerini, C. A., Beone, G. M. and Businelli, D. (2018) Soil selenium (Se) biofortification changes the physiological, biochemical and epigenetic responses to water stress in (*Zea mays* L.) by inducing a higher drought tolerance. Frontiers in Plant Science 9: 389.

Bybordi, A. (2016) Effect of zeolite, selenium and silicon on yield, yield components and some physiological traits of canola under salt Stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 14: 154-170.

Cassaniti, C., Romano, D. and Flowers, T. J. (2012) The response of ornamental plants to saline irrigation water. In: Irrigation–Water Management, Pollution and Alternative Strategies. (Ed. Garcia, G.) Pp. 131-158. Intech Open, London, UK.

Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1962) Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science 93: 68.

Chu, J. Z., Yao, X. Q. and Zhang, Z. N. (2010) Responses of wheat seedlings to exogenous selenium supply under cold stress. Biological Trace Elemntry Research 136: 355-363.

Diao, M., Ma, L., Wangm, J., Cui, J., Fu, A. and Liu, H. Y. (2014) Selenium promotes the growth and photosynthesis of tomato seedlings under salt stress by enhancing chloroplast antioxidant defense system. Journal of Plant Growth Regulation 33: 671-682.

Filek, M., Keskinen, R., Hartikainen, H., Szarejko, I., Janiak, A., Miszalski, Z. and Golda, A. (2008) The protective role of selenium in rape seedlings subjected to cadmium stress. Journal of Plant Physiology 165: 833-844.

Djanaguiraman, M., Durga Devi, D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A. and Bangarusamy, U. (2005) Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil 272: 77-86.

Drahonovsky, J., Szakova, J., Mestek, O., Tremlova, J., Kana, A., Najmanova, J. and Tlustos, P. (2016) Selenium uptake, transformation and inter-element interactions by selected wildlife plant species after foliar selenate application. Environmental Experimental Botany 125: 12-19.

Feng, R., Wei, C. and Tu, S. (2013) The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. Environmental Experimental Botany 87: 58-68.

Germ, M., Stibilj, V. and Kreft, I. (2007) Metabolic importance of selenium for plants. The European Journal of Plant Science and Biotechnology 1: 91-97

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutases. Occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309-314.

Gierth, M. and Maser, P. (2007) Potassium transporters in plants − Involvement in K^+ acquisition, redistribution and homeostasis. FEBS Letters 581: 2348-2356.

Habibi, G. (2013) Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. Acta Agricultural Solvent 101: 31-39.

Habibi, Gh. and Sarvary, S. (2015) The roles of selenium in protecting Lemon Balm against salt stress. Iranian Journal of Plant Physiology 5: 1425-1433.

Hasanuzzaman, M., Anwar Hossain, M. and Fujita, M. (2010) Selenium in higher plants: physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. Journal of Plant Sciences 5: 354-375.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate saltinduced damages. In Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress 25-87.

Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. (2011) Selenium pretreatment up regulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings. Biological Trace Elem Research 143: 1758-1776.

Hasanuzzaman, M, Hossain, M. A. and Fujita, M. (2011) Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. Biological Trace Elem Research 143: 1704-1721.

Hasegawa, P. M. and Bressan, R. A. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463-99.

Hashem, H. A., Hassanein, R. A., Bekheta, M. A. and El-Kady, F. A. (2013) Protective role of selenium in canola (*Brassica napus* L.) plant subjected to salt stress. Egypt Journal of Experimental Biology 9: 199-211.

Hawrylak-Nowak, B., Rubinowska, K., Molas, J., Woch, W., Matraszek-Gawron, R. and Szczurowska, A. (2019) Selenium-induced improvements in the ornamental value and salt stress resistance of *Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br. Folia Horticultureae 31: 213-221.

Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2016) Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica 54: 87-92.

Hu, Y. and Schmidhalter, U. (2005) Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 541-549.

Kaur, N., Sharma, S., Kaur, S. and Nayyar, H. (2014) Selenium in agriculture: A nutrient or contaminant for crops? Archives of Agronomy and Soil Science 60: 1593-1624.

Khan, M. S., Ahmad, D. and Khan, M. A. (2015) Trends in genetic engineering of plants with (Na^+/H^+) antiporters for salt stress tolerance. Biotechnology and Biotechnological Equipment 29: 815-825.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

Kumar, D., Al Hassan, M., Naranjo, M. A., Agraval, V., Boscaiu, M. and Vicente, O. (2017) Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). Plos One 12: 1-22.

Liang, Y., Zhang, W., Chen, Q., Liu, Y. and Ding, R. (2006) Effect of exogenous silicon (Si) on H^+-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Environmental and Experimental Botany 57: 212-219.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983) Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transavtion 603: 591-592.

Mahajan, S. and Tuteja, N. (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.

Malash, N. M., Flowers, T. J. and Ragab, R. (2008) Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. Irrigation Science 26: 313-323.

Malik, J. A., Goel, S., Kaur, N., Sharma, S., Singh, I. and Nayyar, H. (2012) Selenium antag-onises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. Environmental Experimental Botany 77: 242-248.

Matraszek, R., Hawrylak-Nowak, B. and Chwil, M. (2015) Protein hydrolysate as a component of salinized soil in the cultivation of *Ageratum houstonianum* Mill. (Asteraceae). Acta Agrobotanica 68: 247-253.

Matos, R. P., Lima, V. M., Windmcoller, C. C. and Nascentes, C. C. (2017) Correlation between the natural levels of selenium and soil physicochemical characteristics from the Jequitinhonha Valley (MG). Brazil Journal of Geochemical Exploration 172: 195-202.

Mirlotfi, A., Bakhtiari, S. and Bazrgar, A. B. (2015) Effect of seed priming on germination and seedling traits of Marigold (*Calendula officinalis*) at saline condition. International Journal of Biological Forum 7: 1626-1630.

Munshower, F. F. (2018) Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation. CRC Press.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annals Review of Plant Biology 59: 651-681.

Nofal, F. H., El-Segai, M. U. and Seleem, E. A. (2015) Response of *Calendula officinalis* L. plants to growth stimulants under salinity stress. American Eurasian Journal of Agriculture Environment Science 15: 1767-1778.

Parida, A. K., Das, A. B., Mittra, B. and Mohanty, P. (2004) Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove, *Bruguiera parviflora* L. Naturforsch 59: 408-414.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. J. and Prasad, S. M. (2015) Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. Environmental Science Pollution Research 22: 4056-4075.

Rawson, H. M., Iong, M. J. and Munns, R. (1988) Growth and development in NaCl treated plants. Journal of Plant Physiology15: 519-527.

Rahdari, P., Tavakoli, S. and Hosseini, S. M. (2012) Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) leaves. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 182-193.

Rios, J. J., Blasco, B., Cervilla, L. M., Rosales, M. A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L. and Ruiz, J. M. (2009) Production and detoxification of H_2O_2 in lettuce plants exposed to selenium. Annals of Applied Biology 154: 107-116.

Rodriguez-Navarro, A. (2000) Potassium transport in fungi and plants. Biochimia et Biophysica Acta 1469: 1-30.

Ryan, R. J., Packman, A. I. and Kilham, S. S. (2007) Relating phosphorus uptake to changes in transient storage and streambed sediment characteristics in headwater tributaries of Valley Creek, an urbanizing watershed. Journal of Hydrology 336: 444-457.

Satyendra, N. R., Stephan, W. B., Gossett, D. R. and Lucas, M. C. (1999) Antioxidant response to salt stress during fiber development in cotton ovules. Journal of Cotton Science 30: 11-15.

Shahid, M., Niazi, N. K., Khalid, S., Murtaza, B., Bibi, I. and Rashid, M. I. (2018) A critical review of selenium biogeochemical behavior in soil-plant system with an inference to human health. Environmental Pollution 234: 915-934.

Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005) Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation 46: 209-221.

Supriatin, S., Weng, L. and Comans, R. N. (2015) Selenium speciation and extractability in Dutch agricultural soils. Scientific Total Environment 532: 368-382.

Tan, L. C., Nancharaiah, Y. V., van Hullebusch, E. D. and Lens, P. N. (2018) Selenium: Environmental Significance, Pollution, and Biological Treatment Technologies. CRC Press.

Veatch-blohm, M. E., Malinowski, M. and Keefer, D. (2012) Leaf water status, osmotic adjustment and carbon assimilation in colored calla lilies in response to saline irrigation. Scientia Horticulturae, Amsterdam 144: 65-73.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous poly-amines. Plant Science 151: 59-66.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

Vukics, V., Kery, A. and Guttman, A. (2008) Analysis of polar antioxidants in heartsease (*Viola tricolor* L.) and garden pansy (*Viola* x *wittrockiana* Gams.). Journal of Chromatographic Science 46: 823-827.

Wang, C. Q. (2011) Water-stress mitigation by selenium in *Trifolium repens* L. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 174: 276-282.

Yao, X., Chu, J., He, X. and Ba, C. (2011) Protective role of selenium in wheat seedlings subjected toenhanced UV-B radiation. Russian Journal of Plant Physiology 58: 283-289.

Zhu, Z., Chen, Y., Zhang, X. and Li, M. (2016) Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay andquality of tomato fruits. Scientia Horticulturae 198: 304-310.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]

The effect of sodium selenate application method on ornamental violet (*Viola wittrickiana* cv. Queen Yellow Bee) under salinity stress

Farima Javadi, Sepideh Kalatejari, Marjan Diyanat*, Farzad Asgari

Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch Islamic, Azad University, Tehran, Iran

(Received: 17/09/2019, Accepted: 09/01/2021)

Abstract

Salinity is one of the environmental factors which limits cultivation of ornamental violet (*Viola wittrickiana* cv. Queen Yellow Bee). This study was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications at Islamic Azad University, Science and Research Branch in 2019. The studied factors included sodium selenate (0, 0.002, 0.004 and 0.008 mg/L), sodium selenate application (foliar application and soil application) and salinity stress (0 (control), 3 and 6 dS/m). The results showed that salinity significantly reduced flower height, flower number, stem diameter, flower diameter, fresh and dry flower weight, as well as fresh and dry root weight, chlorophyll a and b. At salinity of 6 dS / m, the application of sodium selenate in soil increased the fresh and dry weight of flower by 11.34% and 10.39%, respectively, while the foliar application of sodium selenate increased fresh and dry weight of viola flowers by 25.10% and 25.41%, respectively. Chlorophyll a increased by 12.93%. in salinity of 6 dS / m with application of sodium selenate at 0.008 mg / l compared to the control. In salinity stress of 6 dS / m superoxide dismutase enzyme reduced by 26.13%. When sodium selenate was used at 0.008 mg / l in comparison with the control. Salinity stress increased the amount of chlorine and sodium in shoots and roots whereas it decreased potassium. Foliar application of sodium selenate at 0.008 mg / L improved the growth of ornamental violet.

Keywords: Catalase enzyme, Chlorophyll content, Flower number, Stress

Corresponding author, Email: Ma_dyanat@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.1.3]