مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر محلول‌پاشی سلنیوم بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه سلوی زینتی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

فرهاد بیرانوند[۱]، بهمن زاهدی*[۲] و عبدالحسین رضایی‌نژاد[۳]

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۱/۲۱، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۰۷/۱۹)

چکیده

با توجه به تغییرات آب‌وهوایی، کمبود منابع آبی و همچنین اهمیتی که کشت گیاهان زینتی در فضای سبز دارد، برای مدیریت بهتر آب و افزایش تحمل به تنش خشکی، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی سلنیوم در کاهش اثرات منفی کم‌آبی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سلوی زینتی انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح رژیم آبیاری (تخلیه پس از ۱۰ (شاهد)، ۲۰ و ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی) و چهار سطح سلنات سدیم (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میکرومولار) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد سطوح رژیم آبیاری پس از تخلیه ۲۰ و ۳۰ درصد از حد ظرفیت زراعی باعث کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت الکترولیت و غلظت مالون دی‌آلدئید شد. کاربرد سلنیوم در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میکرومولار، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و محتوای نسبی آب برگ و غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش و در مقابل غلظت مالون دی‌آلدئید و نشت یونی را کاهش داد. با این وجود سلنیوم در غلظت ۱/۵ میکرومولار تأثیر منفی بر ویژگی‌های ذکر شده داشت. به‌طورکلی، نتایج داده‌ها نشان داد که کمبود آب تأثیر منفی روی رشدونمو گیاهان سلوی زینتی دارد. سلنیوم در رژیم‌های مختلف آبیاری در غلظت‌های پایین باعث بهبود رشد رویشی و زایشی گیاهان سلوی زینتی شد اما در غلظت‌های بالاتر تأثیر منفی بر پارامترهای مذکور داشت.

واژه‌های کلیدی: سلنیوم، دوره گلدهی، رژیم آبیاری، گیاهان باغچه‌ای، محتوای نسبی آب

مقدمه

گیاهان باغچه‌ای فصلی اغلب در معرض کمبود رطوبت خاک قرار می‌گیرند به‌خصوص زمانی‌که در فضای سبز شهری کاشته می‌شوند. با توجه به تغییرات آب‌وهوایی، افزایش شدت و دوره خشکی در آینده‌ای نزدیک، قابل پیش‌بینی است. با این وجود اهمیت گیاهان باغچه‌ای برای کیفیت بخشیدن به زندگی انسان در حال پیشرفت است و این گیاهان ممکن است در ابتدا با توجه به محدودیت استفاده از آب، دچار تنش کم‌آبی شوند. لذا امروزه از گیاهانی که مقاوم به کم‌آبی هستند بیش‌تر استفاده می‌شود (Jedrzejuk *et al.*, 2016). گیاه سلوی زینتی (مریم گلی زینتی) (*Salvia spelendes*)، گیاهی یکساله- چندساله زینتی- دارویی از خانواده نعناعیان Lamiaceae است. که به دلیل رنگ قرمز روشنی که دارد برای فضای سبز و باغچه‌ها استفاده می‌شود. دارای ارقامی با گل‌های لوله‌ای شکل و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Zahedi.b@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

براکته‌های رنگی (قرمز، بنفش، صورتی و سفید) است. گاهی رنگ کاسه گل با جام گل متفاوت است و در تمام طول ساقه علفی، برگ دارد. ارتفاع آن می‌تواند به ۱۰۰ سانتی‌متر برسد. در باغبانی، سلوی زینتی در گروه گل‌های یکساله فصلی در باغچه‌ها و فضای سبز عمومی داخل و بیرون شهر کاشته می‌شود که به‌دلیل تحمل شرایط نیم‌سایه می‌تواند در سایه درختان نیز کاشته شود (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۱).

در بین تمامی تنش‌های غیرزنده، خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه است که باعث تلفات زیادی در تولیدات کشاورزی و محدودیت‌های شدیدی در تأسیس و مدیریت فضای سبز شهری می‌شود. در بسیاری از نقاط جهان همراه با صنعتی‌شدن، رشد سریع جمعیت و تغییرات آب‌وهوایی، کمبود آب باعث مشکلات عمده‌ای به‌ویژه در محیط‌های شهری شده است. لذا نگهداری آب در فضای سبز، موضوع بسیار مهمی به‌شمار می‌رود. بنابراین به‌منظور کاهش نیاز آبی باید به‌دنبال استراتژی‌های بلند مدت و کوتاه مدت (آبیاری صحیح فضای سبز، شناسایی نیازهای متغیر آبی دخیل در مراحل نموی)، بود (Alvarez *et al*., 2019). بیشتر تأثیرات کم‌آبی روی نمو گیاهان به محدودیت جذب آب و درنتیجه مواد معدنی مربوط می‌شود. این محدودیت باعث کاهش میزان تعرق و تغییر نفوذپذیری غشاء و انتقال فعال می‌شود که فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Fernandez-Lizarazo *et al*., 2016). یکی از اثرات تنش کم‌آبی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن است که تحت شرایط خشکی به طور بالقوه خطرناک هستند و می‌توانند از طریق ایجاد خسارت اکسیداتیو به غشاها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، کارکرد معمول آنها را مختل سازند. همچنین منجر به پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب پروتئین و موتاسیون DNA شوند (Asada, 1999). مطالعات روی سلوی زینتی نشان می‌دهد تنش خشکی می‌تواند صفات آناتومیکی، مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Burnett *et al*., 2005; Joseph *et al*., 1991b). کاربرد برخی مواد از جمله پتاسیم (Joseph *et al*., 1991a)، نیز باعث بهبود رشدونمو و گلدهی سلوی زینتی می‌شوند.

خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سلنیوم در دهه گذشته توجه بیولوژیست‌ها را به خود جلب کرده است. نقش مفیدی که این عنصر در گیاهان بازی می‌کند با افزایش رشد گیاهان، کاهش خسارت وارده توسط تنش اکسیداتیو ناشی از تنش‌های غیرزنده و زنده، افزایش کلروفیل و کارتنوئید و در مجموع سیستم آنتی‌اکسیدان آنزیمی و همچنین بهبود تحمل گیاه به تنش کم‌آبی با تنظیم وضعیت آبی گیاه است (Nawaz *et al*., 2014). سلنیوم می‌تواند سطوح گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان تنش دیده را از طریق ۱) تحریک خودبخوبی تجزیه آنیون سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$) به پراکسید هیدروژن؛ ۲) واکنش مستقیم بین ترکیبات حاوی سلنیوم و ROS؛ و یا ۳) از طریق تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، گلوتاتیون اس ترانسفراز)، کاهش دهد (Feng *et al*., 2013). غلظت پایین این عنصر مکانیسم آنتی‌اکسیدان در گیاهان را تحریک می‌کند اما سطوح بالای آن به‌عنوان پراکسیدانت عمل می‌کند (Nawaz *et al*., 2014). سلنیوم می‌تواند تحمل گیاهان به تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کم‌آبی (Xue *et al*., 2001; Djanaguiraman *et al*., 2005; Hartikainen *et al*., 2000)، شوری (Kong *et al*., 2005)، و پیری گل در آنتوریم (Tognon *et al*., 2016)، ری‌گراس (Hartikainen *et al*., 2000)، کاهو (Xue *et al*., 2001)، و همچنین سویا (Djanaguiraman *et al*., 2005) را افزایش دهد. با توجه به اهمیت گیاهان زینتی در زندگی امروزی و پژوهش‌های نسبتاً کمی که در مورد نیاز آبی گیاهان زینتی وجود دارد (Alvarez and Sanchez-Blanco, 2019)، لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی سلنیوم در کاهش اثرات منفی کم‌آبی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سلوی زینتی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار در گلخانه‌های پژوهشی دانشکده کشاورزی لرستان با دمای روزانه ۲۸–۲۰، شبانه ۲۰–۱۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰–۶۰ درصد و شدت نور ۵۰۰–۴۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در بهار و تابستان ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اول شامل رژیم آبیاری (تخلیه پس از ۱۰ (شاهد)، ۲۰ و ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی) و فاکتور دوم محلول پاشی سلنیوم از منبع سلنات سدیم در چهار سطح (صفر (شاهد، بدون محلول‌پاشی سلنیوم)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میکرومولار) بود. زمان محلول‌پاشی یک ماه بعد از جوانه‌زنی بذور در مرحله چهار برگی دو بار قبل (سری اول) و بعد (سری دوم) از اعمال رژیم آبیاری، ساعت ۵ الی ۷ غروب برای جلوگیری از سوختگی سطحی برگ‌ها، روی سطح رویی و زیرین برگ‌ها انجام شد. بذور خالص F_1 (Pan American Seed) گیاهان سلوی زینتی (*Salvia Spelendes.* var. Vista Red) تهیه‌شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در گلدان‌های با قطر دهانه ۱۳ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و حجم ۱/۵ لیتری کشت شدند. اعمال رژیم آبیاری با روش وزنی و استفاده از داده‌های دستگاه صفحات فشاری انجام شد بدین صورت که در ابتدا درصد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری محاسبه شد. پس از آن به روش وزنی فاصله و دور آبیاری تعیین شد. بدین ترتیب که میانگین وزن خاک خشک سه نمونه خاک گلدان تعیین شد. سپس سه گلدان حاوی خاک به‌عنوان سه تکرار در نظر گرفته شد و پس از آبیاری کامل (اشباع‌سازی)، هر روز کاهش وزن خاک گلدان‌ها (به‌مدت ۱۰ روز) یادداشت شد و میانگین میزان آب خاک در حد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد تخلیه رطوبت از حد ظرفیت زراعی خاک با استفاده از فرمول زیر به‌ترتیب در روزهای ۳، ۴ و ۵ روز بدست آمد.

میزان رطوبت خاک = A-B/A ×۱۰۰

A) وزن گلدان همراه زهکش – وزن روزانه گلدان‌ها بعد از اشباع‌سازی = وزن خاک خالص همراه با رطوبت موجود

B) میزان رطوبت موجود در همان مقدار خاک (C) – وزن خاک خالص اولیه گلدان = وزن خاک خشک گلدان

C) وزن خاک بعد از آون – وزن خاک قبل از آون= میزان رطوبت خاک

برای تعیین میزان آب در فواصل رژیم آبیاری از روش وزنی استفاده شد. بدین صورت که بعد از مشخص‌شدن دور آبیاری، با استفاده از فرمول ذیر وزن گلدان‌ها محاسبه و مقدار کاهش رطوبت تا رسیدن به مقدار رطوبت مورد نظر برحسب گرم محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید (محمدنیا و همکاران، ۱۳۹۷؛ Niu *et al.*, 2006).

$$X = 0/9\ (0/8 \text{ or } 0/7) \times FC(A-C) + A$$

X: وزن گلدان در دور آبیاری دو روز، A: وزن خاک خشک اولیه و C: وزن ظرف (وزن گلدان خالی و وزن زهکش).

سلنات سدیم (Na_2SeO_4) از شرکت زیست‌آزمای افلاک تهیه شد. مخلوط خاکی به‌صورت نسبت مساوی ۱:۱:۱ خاک زراعی، کود دامی پوسیده و ماسه (با بافت خاک لومی رسی–شنی، ظرفیت زراعی ۲۳/۲۲ درصد، نقطه پژمردگی ۱۷/۶۶ درصد، حاوی ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم، نیتروژن ۰/۰۸۳ درصد، فسفر قابل جذب، پتاسیم، منیزیم و آهن به‌ترتیب ۱/۸۶، ۰/۲۲، ۰/۴۵۲ و ۰/۰۰۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. اعمال رژیم آبیاری تا مرحله اتمام دوره گلدهی (پژمردگی گل‌آذین اصلی، به‌مدت ۱۰۰ روز) ادامه داشت و سپس نمونه‌برداری انجام شد. در این آزمایش شاخص‌های مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول گل‌آذین، تعداد گلچه، دوره گلدهی)، فیزیولوژیک (نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ) و بیوشیمیایی (فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، پراکسیداز، رنگدانه‌های کلروفیل، کارتنوئید و مالون دی‌آلدئید) مورد بررسی قرار گرفت.

ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل ارتفاع گیاه، سطح برگ (با نرم‌افزار Image J برحسب سانتی‌متر مربع)، طول گل‌آذین، تعداد گلچه گل‌آذین، دوره گلدهی (دوره گلدهی از زمان باز شدن ۲۰ درصد از غنچه‌های گل آذین تا پژمرده‌شدن بیش از ۷۰ درصد از غنچه‌های بازشده گل آذین اصلی محاسبه شد)،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه و طول گل‌آذین بوسیله خط‌کش برحسب سانتی‌متر از ناحیه یقه محاسبه شد.

ویژگی‌های فیزیولوژیکی: نشت یونی براساس روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ گیاه به روش Ritchie و Nguyen (۱۹۹۰)، از برگ‌های توسعه یافته بالایی بدست آمد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ‌ها، به روش Lichtenthaler (۱۹۸۷)، رنگیزه‌های گیاهی توسط حلال استون ۱۰۰ درصد استخراج شدند. اندازه‌گیری میزان مالون دی‌آلدئید با استفاده از تیوباربیتوریک اسید به‌عنوان معرف و براساس روش Wang و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد.

سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، آنزیم کاتالاز: استخراج آنزیم کاتالاز طبق روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) انجام شد. برای استخراج آنزیم نمونه‌های برگی از بافر فسفات پتاسیم حاوی EDTA (Ethylenediamin tetra-acetic acid) و PVP (Polyvinylpolypyrrolidone) استفاده شد و سوسپانسیون حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ گردید. جذب روشناور نمونه در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-600A) خوانده شد. میزان فعالیت آنزیم برحسب میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر محاسبه شد.

سنجش آسکوربات پراکسیداز: فعالیت این آنزیم با استفاده از روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) اندازه‌گیری شد. نمونه برگی در بافر فسفات سدیم حاوی EDTA و PVP هموژن شد. سپس محلول حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت جذب روشناور در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه استفاده از اسپکتروفتومتر (UV-600A) خوانده شد. میزان فعالیت آنزیم برحسب میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر محاسبه شد.

سنجش پراکسیداز: برای استخراج آنزیم پراکسیداز از روش Mac Adam و همکاران (۱۹۹۲) استفاده شد. برای استخراج آنزیم نمونه‌های برگی از بافر فسفات پتاسیم استفاده شد. محلول حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ گردید. درنهایت جذب روشناور در طول‌موج ۴۷۵ نانومتر به‌مدت ۱۳۰ ثانیه با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-600A) خوانده گردید. میزان فعالیت بر حسب میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab18 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج

ویژگی‌های ریخت‌شناسی، ارتفاع گیاه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم روی ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نشده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها، نشان داد تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث کاهش ارتفاع گیاه (۲۹/۷ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی) شد، هر چند اختلاف معنی‌داری با تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی ندارد. محلول‌پاشی سلنیوم ارتفاع گیاه را افزایش داد اما در غلظت‌های بالا تأثیر منفی داشت، به‌طوری‌که تیمار ۰/۵ و ۱/۵ میکرومولار به‌ترتیب باعث افزایش (۹/۳ درصد) و کاهش (۲ درصد) ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد شدند، با این حال، تیمار ۱/۵ میکرومولار اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۲).

سطح برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم روی سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با کاهش رطوبت خاک، سطح برگ گیاه به‌شدت کاهش یافت و استفاده از سلنیوم باعث بهبود سطح برگ گیاه شد. به‌طوری‌که تخلیه ۱۰ و ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی همراه با غلظت ۱ میکرومولار سلنیوم به‌ترتیب باعث افزایش ۳/۲ درصدی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری‌شده سلوی زینتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح برگ	طول خوشه گل‌آذین	دوره گلدهی	تعداد گلچه بازشده	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
رژیم آبیاری	۲	۴۴۷/۵۰**	۳۹۰۶۲۱**	۹۰/۰۷**	۱۳/۷۷**	۵۵۹/۷۷**	۸۴/۷۰**	۸/۳۲**	۲۷/۹۶**	۹۲/۵۴**
سلنیوم	۳	۲۳/۷۳**	۲۱۳۷۰**	۱۱/۱۲**	۲۷/۹۱**	۳۴۰/۱۳**	۵/۷۴*	۱/۶۴*	۹۱/۸۰**	۵۷/۱۹**
رژیم آبیاری×سلنیوم	۶	۴/۷۰^{ns}	۷۵۸۰**	۵/۰۲**	۱/۲۷^{ns}	۳۸/۵۷**	۲۰/۷۱**	۲/۸۰**	۱۷۶/۱۲**	۴۷/۷۰**
خطای آزمایشی	۳۳	۳/۰۴	۳۳۹	۱/۳۱	۱/۱۹	۵/۳۶	۱/۳۱	۰/۵۳	۲/۹۷	۰/۸۱
ضریب تغییرات	-	۶/۸	۵/۱	۸/۴	۴/۳	۸/۱	۶/۱	۹	۸/۱	۸

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده سلوی زینتی

تیمار آزمایشی		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	دوره گلدهی (روز)
رژیم آبیاری (تخلیه از حد رطوبت ظرفیت زراعی)	۱۰ درصد	۳۱/۶^{a}	۲۴/۵^{b}
	۲۰ درصد	۲۲/۸^{b}	۲۶/۳^{a}
	۳۰ درصد	۲۲/۲^{b}	۲۵/۱^{b}
سلنیوم (میکرومولار)	صفر	۲۴/۶^{b}	۲۴/۸^{bc}
	۰/۵	۲۶/۹^{a}	۲۷/۵^{a}
	۱	۲۶/۶^{a}	۲۴/۹^{b}
	۱/۵	۲۴/۱^{b}	۲۴/۰^{c}

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنی‌داری با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

کاهش ۶۹/۷۴ درصدی سطح برگ گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. با این حال سلنیوم به تنهایی تأثیر کم‌تری روی افزایش سطح برگ داشت و اختلاف معنی‌داری آن به کاهش سطح برگ در غلظت ۱/۵ میکرومولار بر می‌گردد که تأثیر منفی به‌همراه داشته است (جدول ۳).

طول گل‌آذین: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم بر طول گل‌آذین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). بررسی اثرات متقابل کم‌آبی و سلنیوم بر طول گل‌آذین نشان داد که کمبود رطوبت خاک طول گل‌آذین را کاهش داده است اما کاربرد سلنیوم در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش طول این شاخص شد، به‌طوری‌که غلظت ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی و ۱/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی به‌ترتیب بیش‌ترین افزایش (۲۰/۸ درصد) و کاهش (۲۵/۱۹ درصد) طول گل‌آذین را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۳).

تعداد گلچه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم بر تعداد گلچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رژیم آبیاری تأثیر منفی بر تعداد گلچه سلوی زینتی دارد و با کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری شده سلوی زینتی

رژیم آبیاری (درصد تخلیه از حد رطوبت ظرفیت زراعی)	سلنیوم (میکرومولار)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	طول خوشه گل‌آذین (سانتی‌متر)	تعداد گلچه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
					(میکرومول بر گرم وزن تر)			
۱۰ درصد (آبیاری-شاهد)	صفر	۵۵۵/۵۸^{a}	۱۴/۳۷^{b}	۳۸/۲۵^{a}	۸/۵۹^{d}	۴/۴۱^{ef}	۱۳/۷۰^{f}	۳/۱۶^{de}
	۰/۵	۵۶۹/۱۸^{a}	۱۷/۳۷^{a}	۳۵/۰۰^{ab}	۱۰/۲۲^{cd}	۵/۳۱$^{b-e}$	۱۶/۳۷^{cd}	۳/۲۴^{cde}
	۱	۵۷۳/۴۷^{a}	۱۷/۱۲^{a}	۳۵/۵۰^{ab}	۹/۲۵^{cd}	۵/۰۸$^{c-f}$	۱۵/۰۹$^{c-f}$	۲/۹۸^{e}
	۱/۵	۴۳۵/۵۹^{b}	۱۶/۴۲^{a}	۳۰/۵۰^{c}	۹/۳۲^{cd}	۴/۰۶^{f}	۱۳/۹۳^{ef}	۳/۰۷^{de}
۲۰ درصد	صفر	۲۹۷/۱۰^{d}	۱۱/۹۲^{cd}	۲۸/۰۰^{cd}	۱۳/۵۲^{b}	۶/۱۳^{b}	۲۰/۴۶^{b}	۳/۷۵^{bcd}
	۰/۵	۳۵۲/۶۹^{c}	۱۴/۶۲^{b}	۳۴/۰۰^{b}	۹/۲۷^{cd}	۴/۴۱^{ef}	۱۴/۴۳^{def}	۲/۹۰^{e}
	۱	۳۳۶/۵۰^{c}	۱۲/۱۲^{cd}	۲۹/۷۵^{c}	۹/۲۴^{cd}	۴/۴۸^{def}	۱۴/۴۶^{def}	۳/۰۳^{e}
	۱/۵	۲۴۴/۷۴^{ef}	۱۰/۷۵^{d}	۱۹/۲۵^{e}	۱۰/۲۹^{c}	۴/۸۶$^{c-f}$	۱۵/۹۷^{cde}	۳/۱۸^{cde}
۳۰ درصد	صفر	۲۵۶/۵۳^{e}	۱۲/۳۰^{cd}	۲۵/۷۵^{d}	۱۰/۶۶^{c}	۵/۴۹^{bcd}	۱۶/۵۵^{c}	۲/۸۳^{e}
	۰/۵	۲۸۵/۳۳^{d}	۱۳/۰۰^{bc}	۲۶/۲۵^{d}	۱۷/۲۲^{a}	۷/۴۴^{a}	۲۶/۰۰^{a}	۴/۹۳^{a}
	۱	۱۶۸/۷۱^{g}	۱۰/۸۷^{d}	۲۸/۲۵^{cd}	۱۳/۵۰^{b}	۵/۷۰^{bc}	۲۰/۲۵^{b}	۳/۹۹^{b}
	۱/۵	۲۲۳/۱۴^{f}	۱۲/۱۷^{cd}	۱۲/۰۰^{f}	۱۳/۸۳^{c}	۵/۶۶^{bc}	۲۰/۵۴^{b}	۳/۸۴^{bc}

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنی‌داری با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

رطوبت خاک، تعداد گلچه نیز در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش (۳۲/۶۷ درصد) پیدا کرد. کاربرد سلنیوم به تنهایی باعث کاهش تعداد گلچه شد، اما تحت تأثیر رژیم آبیاری، غلظت ۰/۵ و ۱ میکرومولار آن به‌ترتیب در تخلیه ۲۰ و ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش (به‌ترتیب ۲۱/۴۲ درصد و ۹/۷ درصد) تعداد گلچه در مقایسه با تیمارهای بدون سلنیوم شد. نتایج نشان می‌دهد سلنیوم تحت شرایط غیرتنشی، تأثیری روی افزایش تعداد گلچه ندارد (جدول ۳).

دوره گلدهی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری و سلنیوم بر دوره گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد اما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نشده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تغییرات دوره گلدهی به‌صورت جداگانه تحت تأثیر رژیم آبیاری و کاربرد سلنیوم قرار گرفتند. تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش دوره گلدهی (۷/۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد (بدون سلنیوم) شد. کاربرد سلنیوم نیز به‌تنهایی در غلظت ۰/۵ میکرومولار باعث افزایش دوره گلدهی (۱۰/۸ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد اما با افزایش غلظت از دوره گلدهی کاسته شد (جدول ۳).

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی،

کلروفیل a: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که رژیم آبیاری و سلنیوم اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار کلروفیل a دارند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل a در تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی افزایش یافت اما در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی روند کاهشی پیدا کرد. محلول‌پاشی سلنیوم به تنهایی باعث افزایش مقدار کلروفیل a شد هر چند اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشت. سلنیوم در تمامی سطوح رژیم آبیاری (تخلیه ۱۰ و ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی) باعث افزایش مقدار کلروفیل a در مقایسه با تیمار شاهد شد اما در تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

زراعی در مقایسه با تیمار شاهد سطح تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی بدون سلنیوم منجر به کاهش مقدار کلروفیل شد. در مجموع، غلظت ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی بیش‌ترین غلظت کلروفیل a با ۶۱ درصد افزایش را نشان داد و تیمار شاهد نیز کم‌ترین میزان کلروفیل a (۸/۵۹ میکرومول بر گرم وزن تر) را ثبت کرد (جدول ۳).

کلروفیل b: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که رژیم آبیاری و سلنیوم اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل b دارند (جدول ۱). مشابه کلروفیل a، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل b نیز در تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی افزایش یافت اما در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی روند کاهشی پیدا کرد. محلول‌پاشی سلنیوم باعث افزایش مقدار کلروفیل b شد اما اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشت. با این‌حال، غلظت ۰/۵ میکرومولار آن در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش چشم‌گیر مقدار کلروفیل b شد که با افزایش غلظت سلنیوم روند کاهشی نشان داد. در مجموع، غلظت ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در سطح تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی بیش‌ترین افزایش (۶۸ درصد) کلروفیل b در مقایسه با تیمار شاهد را نشان داد و غلظت ۱/۵ میکرومولار آن در تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی نیز باعث کاهش مقدار کلروفیل b (۷/۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳).

کلروفیل کل: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که رژیم آبیاری و سلنیوم اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل دارند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل کل مشابه کلروفیل a و b در تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی افزایش یافت، اما در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد. کاربرد سلنیوم به تنهایی مقدار کلروفیل کل را افزایش داد هر چند اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشت. با این‌حال، سلنیوم در تمامی سطوح رژیم آبیاری در مقایسه با شاهد (بدون سلنیوم) باعث افزایش مقدار کلروفیل کل شد. به‌طورکلی، غلظت ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش چشم‌گیر مقدار کلروفیل کل (۸۹/۷ درصد) شد و تیمار شاهد نیز کم‌ترین (۱۳/۷ میکرومول بر گرم وزن تر) مقدار کلروفیل کل را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

کارتنوئیدها: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر میزان کارتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کارتنوئید نیز الگویی مشابه کلروفیل a، b و کلروفیل کل دارد. اثر ساده رژیم آبیاری بر مقدار کارتنوئید نشان داد که تیمار تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش نسبی در مقدار کارتنوئید شد و با افزایش کمبود رطوبت خاک از مقدار آن کاسته شد. همچنین کاربرد سلنیوم در تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی تنها در غلظت ۰/۵ میکرومولار باعث افزایش جزئی در مقدار کارتنوئید شد و با افزایش غلظت، کاهش مقدار آن را در پی داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در مجموع تیمار ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش ۵۶ درصدی مقدار کارتنوئید در مقایسه با تیمار شاهد شد. تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی بدون سلنیوم نیز در مقایسه با تیمار شاهد کم‌ترین میزان کارتنوئید (۱۰/۴ درصد) را نشان داد (جدول ۳).

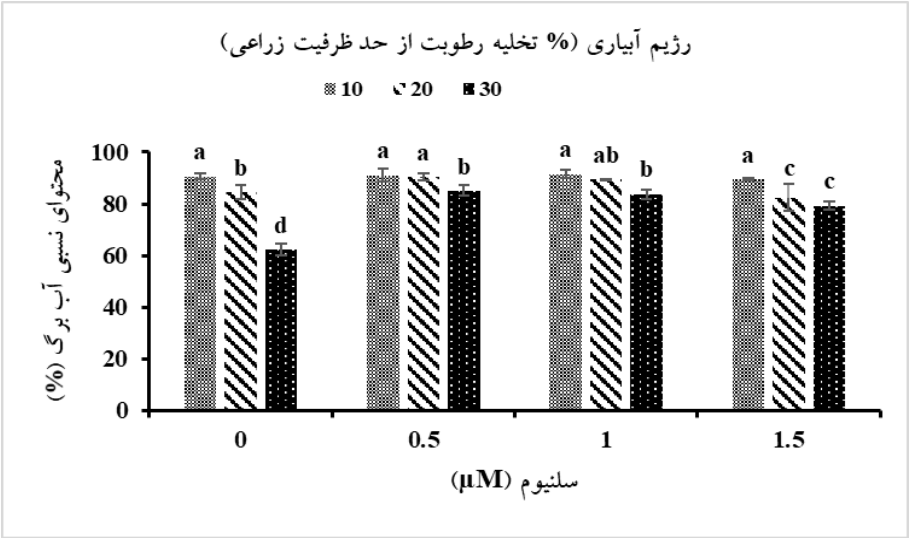
محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر شاخص محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد محتوای نسبی آب برگ با افزایش سطوح رژیم آبیاری کاهش پیدا می‌کند به‌طوری‌که تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ با ۳۱/۲ درصد کمتر از شاهد را به خود اختصاص داد و تیمار تخلیه ۱۰ درصدی رطوبت از حد ظرفیت زراعی با ۱ میکرومولار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری‌شده سلوی زینتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب	نشت الکترولیت	مالون دی‌آلدئید	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	پراکسیداز
رژیم آبیاری	۲	۷۱۴/۸۱**	۸۱۸۵/۸۷**	۰/۱۵۸۶**	۰/۰۰۵۴۲۴**	۱۸۱/۵۰**	۰/۰۰۰۳۵۶**
سلنیوم	۳	۲۴۳/۰۳**	۱۳۵۲/۷۸**	۰/۰۶۴۹**	۰/۰۰۰۵۱۳**	۲۳/۱۷**	۰/۰۰۰۴۵۳**
رژیم آبیاری×سلنیوم	۶	۱۲۹/۵۸**	۱۵۷/۹۷**	۰/۰۳۰۷**	۰/۰۰۰۰۶۷**	۱۰/۷۴**	۰/۰۰۰۰۹۲**
خطای آزمایشی	۳۳	۴/۹۷	۶/۵۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱۴	۲/۴۳	۰/۰۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۲/۶	۴/۴	۷/۲	۵/۳	۵/۸	۷/۸

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد



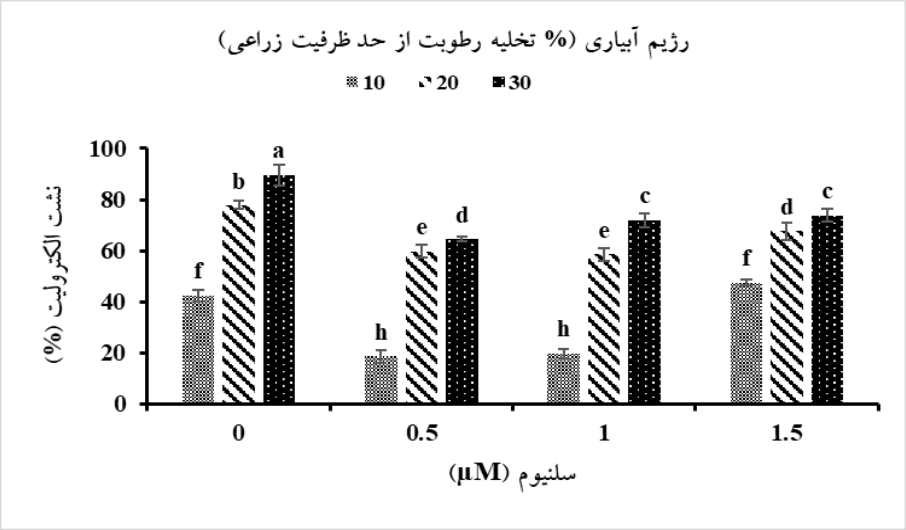
شکل ۱- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر محتوای نسبی آب برگ گل سلوی زینتی

سلنیوم نیز بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۰/۸ درصد بیش‌تر از شاهد) را نشان داد. با افزایش غلظت سلنیوم، محتوای نسبی آب برگ اندکی کاهش پیدا کرد هر چند اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل ۱).

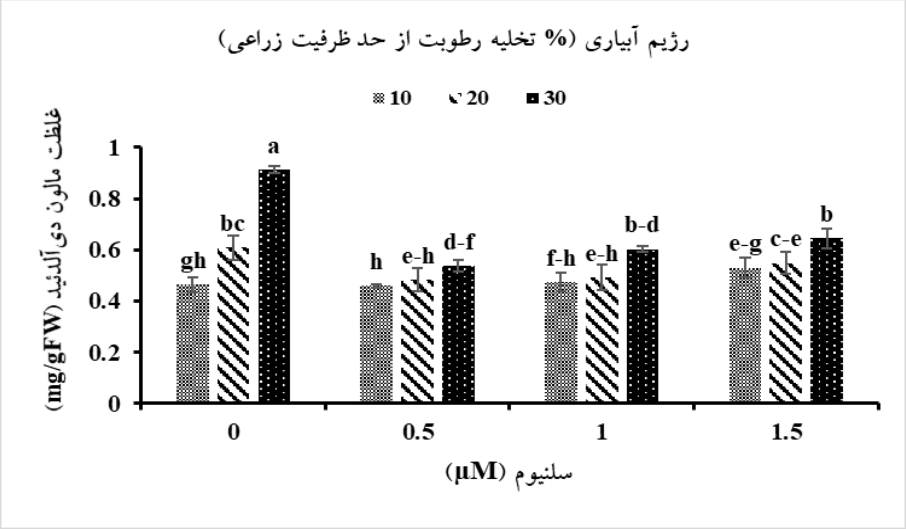
نشت الکترولیت (نشت یونی): نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر نشت یونی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها داده‌ها نشان داد با کاهش رطوبت خاک، نشت یونی افزایش پیدا کرد و استفاده از سلنیوم باعث کاهش نشت یونی شد، هر چند در غلظت بالا افزایش نشت یونی را به‌دنبال داشت. اثر متقابل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی سلنیوم نشان داد که تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش نشت یونی (۱۱۰/۸ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد همچنین تیمار ۰/۵ میکرومولار سلنیوم در تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی نیز کاهش ۵۶/۴ درصدی نشت یونی در مقایسه با تیمار شاهد را نشان داد (شکل ۲).

غلظت مالون دی‌آلدئید: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر غلظت مالون دی‌آلدئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]



شکل ۲- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر نشت الکترولیت گل سلوی زینتی

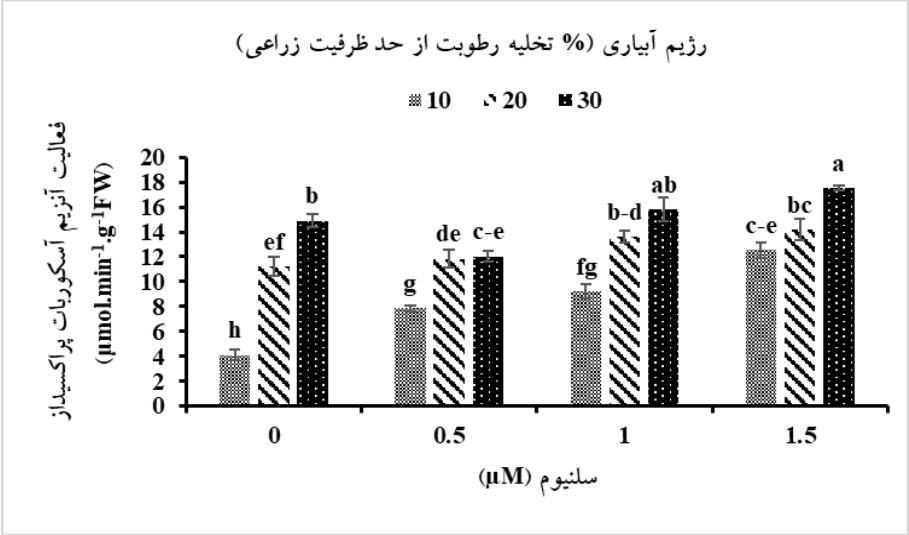


شکل ۳- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر غلظت مالون دی‌آلدئید گل سلوی زینتی

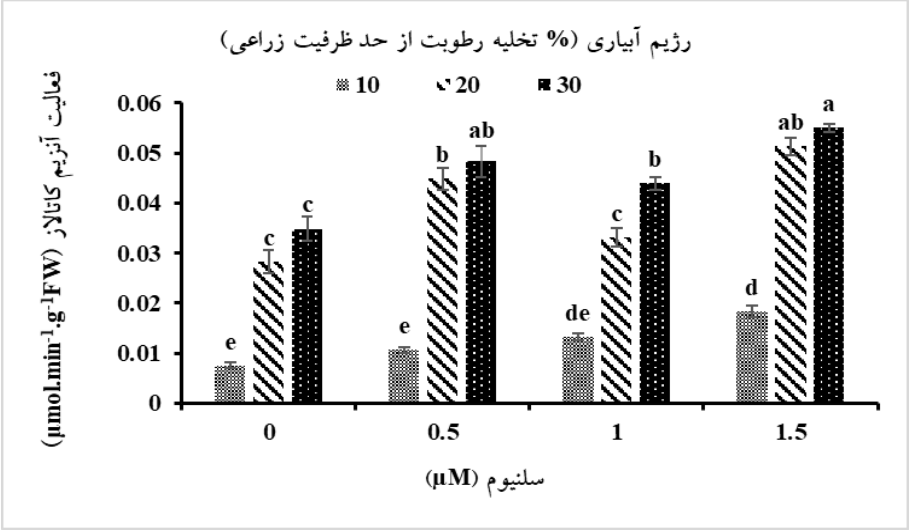
(جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد غلظت مالون دی‌آلدئید الگویی مشابه نشت یونی داشته و با کاهش رطوبت خاک مقدار آن افزایش پیدا کرد و کاربرد سلنیوم باعث کاهش غلظت این شاخص شد. تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی بدون سلنیوم و تخلیه ۱۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی با ۰/۵ میکرومولار سلنیوم به‌ترتیب باعث افزایش (۹۷/۸ درصد) و کاهش (۲/۱ درصد) غلظت مالون دی‌آلدئید در مقایسه با تیمار شاهد شدند. همچنین با افزایش غلظت سلنیوم مقدار مالون دی‌آلدئید نیز بیش‌تر شد (شکل ۳).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آسکوربات پراکسیداز: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کمبود رطوبت خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد، همچنین کاربرد سلنیوم نیز باعث افزایش فعالیت این آنزیم شد به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی در غلظت ۱/۵ میکرومولار سلنیوم با ۶۲/۴ درصد افزایش در مقایسه با تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]



شکل ۴- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز گل سلوی زینتی



شکل ۵- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر فعالیت آنزیم کاتالاز گل سلوی زینتی

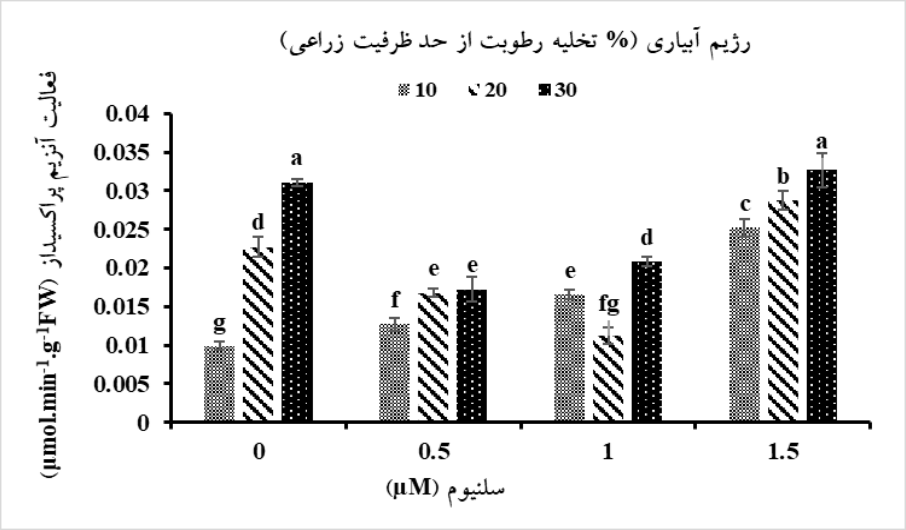
شاهد به‌دست آمد و کم‌ترین میزان فعالیت آن نیز در تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۴).

فعالیت کاتالاز: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز برگ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴). فعالیت آنزیم کاتالاز نیز مشابه آسکوربات پراکسیداز عمل کرد و در تیمارهای رژیم آبیاری و سلنیوم به‌صورت جداگانه و با هم افزایش نشان داد به‌طوری‌که کم‌ترین میزان فعالیت در تیمار شاهد (۰/۰۰۷۵ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و بیش‌ترین میزان فعالیت آن نیز در تیمار تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی با غلظت ۱/۵ میکرومولار سلنیوم (۶۱/۴ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۵).

فعالیت پراکسیداز: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های بدست آمده نشان داد کمبود رطوبت خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد و بیش‌ترین میزان فعالیت آن نسبت به تیمار شاهد در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]



شکل ۶- اثر متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گل سلوی زینتی

گلدهی می‌شود. کاهش در ارتفاع، سطح برگ و طول گل‌آذین قبلاً توسط پژوهش‌گران برای سلوی زینتی تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش شده است (Burnett *et al*., 2005; Joseph *et al*., 1991b). نتایج پژوهش نشان داد رژیم آبیاری سطح برگ را در گیاه سلوی زینتی کاهش داده است. کاهش سطح برگ را می‌توان درنتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به‌علت کم‌شدن آماس سلولی بیان نمود که در پاسخ به تنش کم‌آبی می‌تواند منجر به کاهش تعرق و افزایش تحمل گیاهان به تنش کم‌آبی شود (Volkmar *et al*., 1998). تحقیقات نشان می‌دهد سلنیوم می‌تواند در غلظت‌های مناسب تحمل گیاهان مختلف به تنش کم‌آبی را افزایش دهد (Xue *et al*., 2001; Djanaguiraman *et al*., 2005; Hartikainen *et al*., 2000). در پژوهش حاضر، احتمالاً افزایش سطح برگ به‌دلیل تأخیر در ریزش برگ‌های مسن (که از برگ‌های جدید بزرگ‌تر هستند)، و جلوگیری از رشدونمو برگ‌های جدید به‌وسیله سلنیوم باشد. همچنین تحقیقات نشان داده است سلنیوم با افزایش جذب پتاسیم از طریق اکسین می‌تواند باعث طویل‌شدن سلول و ایجاد پتانسیل اسمزی لازم برای جذب آب و درنتیجه ایجاد فشار تورگر داخل سلولی شود که گسترش سلول را به‌دنبال دارد (Elumalai *et al*., 2002). افزایش غلظت سلنیوم تا مقدار مشخصی باعث افزایش قابل‌توجه محتوای سلنیوم در محصولات مختلف می‌شود که نتیجه آن افزایش در عملکرد گیاهان از طریق حفاظت از کلروفیل خواهد بود (Ramos *et al*., 2010). نتایج این پژوهش نشان داد که گونه‌های سلوی زینتی در مقابله با کمبود رطوبت خاک و غلظت بالای سلنیوم دارای چندین روش سازگاری مورفولوژیکی هستند از جمله کاهش در ارتفاع و سطح برگ (پژمردگی، ریزش برگ‌های بزرگ مسن و جایگزین‌شدن آن‌ها با برگ‌های کوچک‌تر با مقاومت روزنه‌ای بیش‌تر و هم‌پوشانی بیشتر برگ‌ها جهت کاهش جذب نور)، طول گل‌آذین، تعداد گلچه و دوره گلدهی. تنش کم‌آبی روی سلوی زینتی باعث کاهش پتانسیل آب برگ، پتانسیل تورگر، تعداد عناصر آوندی، فتوسنتز، تنفس و هدایت روزنه‌ای می‌شود که درنتیجه باعث کاهش رشدونمو گیاه می‌شود (Burnett *et al*., 2005; Joseph *et al*., 1991b). نتایج Van Iersel و Nemali (۲۰۰۴) نیز نشان داد که تنش کم‌آبی در گل جعفری می‌تواند باعث کاهش پارامترهای رشدی از جمله وزن خشک شاخساره، سطح برگ، تعداد برگ و ارتفاع گیاه شود هر چند در بین این پارامترها، ارتفاع گیاه کم‌ترین حساسیت را به کاهش رطوبت خاک در محیط ریشه نشان داد. در پژوهش حاضر نتایج نشان داد که تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش دوره گلدهی شد. کاربرد سلنیوم در غلظت پایین باعث افزایش دوره گلدهی شد اما در غلظت‌های بالا تأثیر منفی را به‌همراه داشت. هر چند اثرات متقابل رژیم آبیاری و سلنیوم معنی‌دار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

نشده بود. سلنیوم با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از پیری گل جلوگیری می‌کند (Tognon *et al*., 2016; Djanaguiraman *et al*., 2010). نتایج مولکولی بررسی تجمع سلنیوم در گیاه *Stanleya pinnata* نشان می‌دهد سلنیوم باعث بیان ژن‌های درگیر در مسیر اسیمیلاسیون گوگرد، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ژن‌های دفاعی مسیر جاسمونیک اسید و اسید سالیسیلیک می‌شود (Diao *et al*., 2014). تحقیقات روی گوجه‌فرنگی نشان داد سلنیوم با مهار ژن‌های بیوسنتزی اتیلن (۱-آمینوسیکلوپروپان ۱ کربوکسیلیک اسید (ACC) سنتاز و ACC اکسیداز) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تولید اتیلن و سرعت تنفس را کاهش داد و باعث تأخیر در رسیدن میوه و افزایش طول عمر آن شد (Zhu *et al*., 2017). با این‌حال مکانیسم عمل تحمل و یا مقاومت به تنش مربوط به سلنیوم هنوز هم به‌طور کامل شناسایی نشده است اما مکانیسم‌های مختلفی در آن دخالت دارند (Diao *et al*., 2014).

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی: محتوای نسبی آب معیار مناسبی برای بررسی وضعیت آبی گیاه است (Fu *et al*., 2004). نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش تخلیه رطوبت از حد ظرفیت زراعی، محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا می‌کند. کاربرد سلنیوم در شرایط کمبود رطوبت خاک باعث افزایش محتوای نسبی آب نسبت به تیمار شاهد شد هر چند با افزایش غلظت تأثیر به نسبت کم‌تری را به‌همراه داشت. با این وجود، کاربرد سلنیوم در این آزمایش نسبت به دیگر شاخص‌ها تأثیر کم‌تری روی محتوای نسبی آب برگ ایجاد کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد سلنیوم می‌تواند باعث بهبود روابط آبی گیاهان از طریق جذب فعال آب (نه کاهش تبخیر و تعرق) شده و عملکرد را افزایش دهد (Nawaz *et al*., 2014).

نشت الکترولیت پارامتری مناسب جهت نمایش ثبات غشاء و بیان مقدار نسبی یون‌ها در فضای آپوپلاست است (Kaya *et al*., 2001). در پژوهش حاضر تخلیه رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش نشت یونی در گیاهان شد و کاربرد سلنیوم نشت الکترولیت برگ‌ها را کاهش داد اما با افزایش غلظت سلنیوم، نشت یونی نیز افزایش پیدا کرد. سلنیوم در غلظت‌های پایین به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش نشت یونی می‌شود اما در غلظت‌های بالا به‌عنوان اکسیدانت عمل کرده و افزایش نشت یونی را به‌دنبال دارد (Hartikainen *et al*., 2000). اسیدهای چرب و لیپیدها حساسیت زیادی به اکسیژن دارند و به سرعت اکسید می‌شوند از آنجایی که غشاء سلولی یک غشاء فسفولیپیدی است واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشاء سلولی و ترشح الکترولیت‌ها به بیرون سلول می‌شود. سلنیوم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب پاک‌سازی گونه‌های اکسیژن فعال و درنتیجه کاهش اکسیداسیون چربی‌های غشاء سلولی می‌شود (Hartikainen *et al*., 2000). نتایج خادمی آستانه و همکاران بر روی کلم تکمه‌ای (۱۳۹۳) نشان داد با افزایش سطوح سلنیوم (صفر تا ۸ میلی‌گرم در لیتر) در محلول غذایی، غلظت سلنیوم در بافت‌های مختلف (برگ‌های پیر> برگ‌های جوان> جوانه‌ها) افزایش می‌یابد که در غلظت‌های کم بر رشد و عملکرد تأثیر مثبتی دارد اما با افزایش غلظت عملکرد کاهش و نشت الکترولیت افزایش پیدا می‌کند.

تنش خشکی سرعت فتوسنتز، محتوای نسبی آب، پتانسیل آب و هدایت روزنه‌ای برگ را تغییر می‌دهد. درنهایت نفوذپذیری غشاء و ساختار و عملکرد پروتئین را بی‌ثبات کرده و منجر به مرگ سلول‌ها می‌شود (Asada, 1999). تحمل خشکی و شوری در گیاهان ممکن است بوسیله سازش‌های کاربردی و ساختاری مختلفی از جمله تنظیمات رشدی، تنظیم اسمزی، هدایت روزنه‌ای، تغییرات در کشش دیواره سلولی، تعادل هورمونی و مواد معدنی صورت گیرد که به کاهش اثرات زیانبار این تنش‌ها کمک می‌کند (Alvarez and Sanchez-Blanco, 2015). اثر تحریک‌کنندگی سلنیوم بر رشد گیاهان بیش‌تر به کاهش پراکسیداسیون لیپید، پراکسید هیدروژن، رادیکال سوپراکسید و افزایش کلروفیل a، b و کلروفیل کل بر می‌گردد (Djanaguiraman *et al*., 2005). سلنیوم در سطوح زیاد می‌تواند باعث اختلالات متابولیکی شود. در حقیقت سلنیوم می‌تواند جایگزین گوگرد شده و آمینواسیدهای سلنیومی را وارد پروتئین‌ها کند. تشکیل آمینواسیدهای پروتئینی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

باعث افزایش تولید اتیلن شده که می‌تواند اجزاء غشاء لیپیدی را تغییر و نفوذپذیری غشاء را افزایش دهد و درنتیجه باعث افزایش نشت یون پتاسیم شود. بنابراین می‌توان فرض کرد که غلظت بالای سلنیوم نشت پتاسیم را افزایش داده و برای حفظ تعادل فشار اسمزی بالا، آب زیادی را در فضای بین سلولی نگه می‌دارد (Xue *et al*., 2001).

نتایج پژوهش نشان داد که تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی باعث افزایش میزان کلروفیل شد اما در تخلیه ۳۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی کاهش یافت. کاربرد سلنیوم در غلظت‌های کم باعث افزایش محتوای کلروفیل شد اما با افزایش غلظت از مقدار آن کاسته شد. سلنیوم در غلظت کم با محافظت از آنزیم‌های کلروپلاستی (Pennanen *et al*., 2002) و افزایش جذب آهن و منیزیم (Kopsell *et al*., 2007) باعث افزایش بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود. اما با افزایش غلظت، آنزیم‌های بیوسنتزکننده کلروفیل (مانند پورفوبیلینوژن سنتاز) را مهار کرده و با گروه سولفیدریل موجود در آنزیم‌های ۵-آمینولوولینیک اسید دهیدراتاز و پورفوبیلینوژن دآمیناز واکنش می‌دهد و از این طریق تأثیر منفی بر سنتز کلروفیل می‌گذارد (Hawrylak *et al*., 2007). تحقیقات نشان می‌دهد سطوح بالای سلنیوم تأثیری بر فتوسیستم II نداشته و از مسیر دیگری باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود اما غلظت‌های پایین سلنیوم راندمان فتوشیمیایی فتوسیستم II را افزایش می‌دهد (Germ *et al*., 2007). به احتمال زیاد جایگزینی سلنیوم به‌جای منیزیم موجود در ساختار کلروفیل نیز از دیگر مکانیزم‌های آسیب به ساختار کلروفیل باشد (Hawrylak *et al*., 2007). کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند یک جنبه سازگاری و مفید داشته باشد. زیرا با کاهش مقدار کلروفیل انرژی خورشیدی جذب‌شده کاهش یافته و به‌دنبال آن، خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد (Yao *et al*., 2009). در گیاهانی که تحت تنش‌های مختلف از جمله کم‌آبی قرار گرفته‌اند کارتنوئیدها علاوه بر خواص آنتی‌اکسیدانی در خاموش‌کردن الکترون‌های مازاد در طی فتوسنتز مؤثر بوده و موجب کاهش آسیب‌های ناشی از الکترون‌های پر انرژی می‌شوند (Muller and Niyogi, 2001). در برخی از گیاهان، تیمار سلنیوم از طریق افزایش فعالیت زنجیره انتقال الکترون رشد گیاه را افزایش می‌دهد. فعالیت بیش‌تر زنجیره انتقال الکترون منجر به افزایش پتانسیل تنفسی گیاه و نیز فعالیت بیش‌تر آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز وابسته به سلنیوم میتوکندریایی می‌شود که رشد گیاه را به‌دنبال دارد (Ozbolt *et al*., 2008).

گیاهان برای حفاظت از خودشان در برابر گونه‌های فعال اکسیژن دارای سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی هستند. به‌طوری‌که واکنش هم‌زمان برخی آنزیم‌ها از جمله سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز/ پراکسیداز برای غربال گونه‌های فعال اکسیژن ضرروی است. سوپراکسید دیسموتاز رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده سپس کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز، پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کنند (Djanaguiraman *et al*., 2010). فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و نقش هماهنگ آن‌ها، به‌عنوان بخشی از مکانیسم کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و تأخیر در پیری، بسیاری از محصولات باغبانی است. مطابق نتایج Djanaguiraman و همکاران (۲۰۱۰) بر روی سورگوم و Hartikainen و همکاران (۲۰۰۰) روی ری‌گراس، نتایج این تحقیق نیز نشان داد سلنیوم باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌شود هر چند فعالیت آنزیم پراکسیداز در غلظت‌های کم کاهش یافت اما با افزایش غلظت روند صعودی نشان داد. افزایش فعالیت کاتالاز نسبت به دیگر آنزیم‌ها از جمله پراکسیداز به احتمال زیاد به‌دلیل توانایی بالای آن در حذف مولکول‌های پراکسید هیدروژن باشد پس درنتیجه باعث کاهش غلظت پراکسید هیدروژن سیتوزولی و خسارت وارده به سلول می‌شود (Djanaguiraman *et al*., 2010; 2005). با این وجود در برخی موارد ممکن است به‌واسطه فعالیت کم فتوسنتزی برای کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن از طریق کلروپلاست‌ها، سیستم آنزیمی (آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

پراکسیداز و پراکسیداز) نسبت به تنش‌های محیطی فعالیت یا حساسیت کمتری داشته باشد (Apel and Hirt, 2004). همچنین نتایج نشان داده است که سلنیوم در غلظت بالا به‌دلیل خاصیت اکسیدکنندگی (با مصرف گروه‌های تیول)، باعث افزایش فعالیت دیگر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Djanaguiraman *et al*., 2005; Hartikainen *et al*., 2000).

نتیجه‌گیری

اطلاعات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بدست آمده از این مطالعه، نشان می‌دهد که گیاه سلوی زینتی به کم‌آبی بسیار حساس است. هر چند گیاهان سلوی زینتی به‌دلیل طبیعت چندساله بودن در تنش شدید نیز رشد رویشی خود را حفظ می‌کنند اما به‌دلیل اهمیت جنبه زینتی آن در فضای سبز، ارزش زیادی نخواهند داشت. همچنین نتایج نشان داد که سلنیوم تنها در غلظت‌های پایین (۰/۵ و ۱ میکرومولار) در رژیم آبیاری تخلیه ۲۰ درصد رطوبت از حد ظرفیت زراعی می‌تواند اثرات منفی کم‌آبی را کاهش دهد، هر چند در شرایط غیر تنش نیز باعث بهبود رشد رویشی و زایشی شد. در‌نتیجه، استفاده از سلنیوم در شرایط تنش کم‌آبی و غیرتنشی تنها در غلظت‌های پایین‌تر از ۱ میکرومولار توصیه می‌شود. در مطالعات آتی نیز می‌توان تأثیر پرایمینگ سلنیوم روی بذور گیاهان سلوی زینتی را بررسی کرد.

منابع

خادمی آستانه، ر.، طباطبایی، س. ج. و بلندنظر، ص. ع. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت‌های مختلف سلنیوم بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی کلم تکمه‌ای (*Brassica oleracea* var. Gemmifera). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸: ۵۴۳-۵۳۵.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۱) گلکاری. جلد ۱، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

محمدنیا، ر.، رضایی‌نژاد، ع. و بهرامی‌نژاد، ص. (۱۳۹۷) تأثیر دور آبیاری و کاربرد سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). علوم باغبانی ایران ۴۹: ۴۵-۳۷.

Alvarez, S., Gomez-Bellota, M. J., Acosta-Motosc, J. R. and Sanchez-Blancoa, M. J. (2019) Application of deficit irrigation in *phillyrea angustifolia* for landscaping purposes. Agricultural Water Management 218: 193-202.

Alvarez, S. and Sanchez-Blanco, M. J. (2015) Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *callistemon laevis* plants. Journal of Plant Physiology 185: 65-74.

Apel, K. and Hirt, H. (2004) Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Review of Plant Biology 55: 373-399.

Asada, K. (1999) The water cycle in chloroplasts: Scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Annual Review, Plant Physiology Plant Molecule Biology 50: 601-639.

Burnett, S. E., Pennisi, S. V., Thomas, P. A. and Van Iersel, M. W. (2005) Controlled drought affects morphology and anatomy of *salvia splendens*. Journal American Society Horticultur Science 130: 775-781.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) [136] Assay of catalas and proxidase. In: Methods in Enzymology (eds. Colowick, S. P. and Kaplan, N. D.) Pp. 764-775. Academic Press, New York.

Diao, M., Ma, L., Wang, 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.

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

Djanaguiraman, M., Prasad, P. V. V. and Seppanen, M. (2010) Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. Plant Physiology and Biochemistry 48: 999-1007.

Elumalai, R. P., Nagpal, P. and Reed, J. W. (2002) A mutation in the *arabidopsis* KT2/KUP2 potassium transporter gene affects shoot cell expansion. The Plant Cell 14: 119-131.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

Feng, R., Wei, C. and Tu, S. (2013) The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. Environmental and Experimental Botany 87: 58-68.
Fernandez-Lizarazo, J. C. and Moreno-Fonseca, L. P. (2016) Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with *arbuscular mycorrhizal* fungi. A review. Agronomia Colombiana 34: 179-189.
Fu, J., Fry, J. and Huang, B. (2004) Minimum water requirements of four turf grasses in the transition zone. Horticultural Science 39: 1740-1744.
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.
Hartikainen, H., Xue, T. and Piironen, V. (2000) Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant and Soil 225: 193-200.
Hawrylak, B., Matraszek, R. and Szynanska, M. (2007) Response of lettuce (*lactuca sativa* L.) to selenium in nutrient solution contaminated with nickel. Vegetable Crops Research Bulletin 67: 63-70.
Jedrzejuk, A., Lukaszewska, A. and Pacholczak, A. (2016) Effects of $CaCl_2$ solutions to alleviate drought stress effects in potted ornamentals *salvia splendens* and *ageratum houstonianu*. Acta Agrobot 69: 1686.
Joseph, E. D., Wright, R. D. and Seiler, J. R. (1991a) Water relations of *salvia splendens* 'bonfire' as influenced by potassium nutrition and moisture stress conditioning. Journal American Society Horticultur SCI 116: 712-715.
Joseph, E. D., Wright, R. D. and Seiler, J. R. (1991b) Moisture stress conditioning effects on *salvia splendens* 'bonfire'. Journal American Society Horticultur SCI 116: 716-719.
Kaya, C., Higgs, D. and Krinak, H. (2001) The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Journal of Plant Physiology 27: 47-59.
Kong, L., Wang, M. and Bi, D. (2005) Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. Plant Growth Regulation 45: 155-163.
Kopsell, D. A., Sams, C. E., Charron, C. S., Randle, W. M., Kopsell, D. E. and Kale, W. M. (2007) Carotenoids remain stable while glucosinolates and flavor compounds respond to changes in selenium and sulfur ertility. Acta Horticulture 744: 303-310.
Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. Methods of Enzymology 148: 350.
Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinitary resistance. Annals of Botany 78: 389-398.
Mac Adam, J. W., Nelson, C. J. and Sharp, R. E. (1992) Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. Plant Physiology 99: 872-878.
Muller, P. and Niyogi, K. (2001) Nonphotochemical quenching. A response to excess light energy. Plant Physiology 125: 1558-1566.
Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology 22: 867-880.
Nawaz, F., Ashraf, M. Y., Ahmad, R., Waraich, E. A. and Shabbir, R. N. (2014) Selenium (Se) regulates seedling growth in wheat under drought stress. Advances in Chemistery 2014: 1-7.
Niu, G., Rodriguez, D. S. and Wang, Y. T. (2006) Impact of drought and temperature on growth and leaf gas exchange of six bedding plant species under greenhouse conditions. Hort Science 41: 1408-1411.
Ozbolt, L., Kreft, S., Kreft, I., Germ, M. and Stibilj, V. (2008) Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation. Food Chemistery 110: 691-696.
Pennanen, A., Xue, T., Hartikainen, H. and Xue, T. L. (2002) Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. Journal of Applied Botany 76: 66-76.
Ramos, S. J., Faguin, V., Guilherme, L. R. G., Castro, E. M., Avila, F. W., Carvalho, G. S., Bastos, C. E. A. and Oliveira, C. (2010) Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. Plant and Soil Environment 12: 584-588.
Ritchie, S. W. and Nguyen, H. T. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
Tognon, G. B., Sanmartın, C., Alcolea, V., Cuque, F. L. and Goicoechea, N. (2016) Mycorrhizal inoculation and/or selenium application affect postharvest performance of snapdragon flowers. Plant Growth Regulation 78: 389-400.
Van Iersel, M. W. and Nemali, K. S. (2004) Drought stress can produce small but not compact marigolds. Horticultural Science 39:1298-1301.
Volkmar, K., Hu, Y. and Steppuhn, H. (1998) Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science 78: 19-27.
Wang, F., Z, B., Sun, Z. and Zhu, C. (2009) Relationship between proline and Hg_2^+-induced oxidative stress in a tolerant rice mutant. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 56: 723-731.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

Xue, T., Hartikainen, H. and Piironen, V. (2001) Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing *lettuce*. Plant and Soil 237: 55-61.

Yao, X., Chu, J. and Wang, G. (2009) Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. Biology Trace Elem Research 130: 283-290.

Zhu, Z., Chen, Y., Shi, G. and Zhang, X. (2017) Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. Food Chemistery 219: 179-184.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]

Investigation of the effect of selenium foliar application on morphophysiological and biochemical characteristics of ornamental salvia under irrigation regime

Farhad Beiramnvand, Bahman Zahedi*, Abdolhossein Rezaei Nejad

Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: 10/04/2021, Accepted: 11/10/2021)

Abstract

Due to climate changes, deficiency of water resources and the importance of the cultivation of ornamental plants in green space, in order to better water management and increased tolerance to water deficit-stress, the present experiment was designed to investigate the effect of selenium foliar application on reducing the negative effects of irrigation regime on some morphophysiological and biochemical characteristics of scarlet sage. Factorial experiment based on completely randomized design with three levels of irrigation regimes (discharge after 10 (water control), 20 and 30 percent moisture of field capacity) and four levels of sodium selenate (0, 0.5, 1 and 1.5 µM) were performed in greenhouse conditions. The experimental results showed that the irrigation regime levels of 20 and 30 percent decreased plant height, leaf area, and relative leaf water content and increased electrolyte leakage and malondialdehyde concentration. Application of selenium at concentrations of 0.5 and 1 µM increased the activity of antioxidant enzymes such as catalase, ascorbate peroxidase, peroxidase and the relative content of leaf water and the concentration of photosynthetic pigments and decreased the concentration of malondialdehyde and ion leakage. However, selenium at a concentration of 1.5 µM had a negative effect on the mentioned characteristics. In general, the results showed that deficiency of water has a negative effect on the growth and development of ornamental salvia plants. Selenium in different conditions of irrigation regime at low concentrations improved the vegetative and reproductive growth of ornamental salvia plants, but at higher concentrations had a negative effect on these parameters.

Keywords: Ascorbate peroxidase, Flowering period, Garden plants, Irrigation regime, Relative water content, Selenium

Corresponding author, Email: Zahedi.b@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.4.3]