**مقاله پژوهشی**

**نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۳، پاییز ۱۴۰۰ / صفحات: ۸۶-۷۲**
***Doi: 10.30495/IPER.2021.679518 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.2.4***

# تاثیر اکسید سیلیسیم و اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی خربزه (*Cucumis melo* var. *inodorus*)

**مجتبی صلاحی استاد، ملیحه مرشدلو، محمد مقدم***

[۱]گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳

**چکیده**

این پژوهش به منظور افزایش عملکرد و کیفیت محصول خربزه در سال ۱۳۹۷ به صورت آزمایش فاکتوریل با دوعامل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول‌پاشی نشاءها با اسید سالیسیلیک در سه غلظت (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و فروبری ریشه آنها در محلول اکسید سیلیسیم در سه غلظت (۰، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) بود. صفات مورد آزمایش شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد میوه در بوته، متوسط وزن میوه، متوسط تولید میوه در بوته، عملکرد نهایی،میزان فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، محتوای پرولین و کربوهیدرات محلول بود. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان عملکرد میوه، کربوهیدرات محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی مربوط به اثر متقابل محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم بود. میزان پرولین و فنل کل در تیمار محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم نسبت به شاهد افزایش یافت. در این آزمایش تیمار محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم برتری بیشتری نسبت به دیگر تیمارها در اکثر صفات اندازه‌گیری شده داشت.

***واژه‌های کلیدی:*** پرولین، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، فنل کل

**مقدمه**

خربزه به دلیل مصرف داخلی و پتانسیل قابل توجه برای صادرات، در ایران از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. ایران پس از چین و ترکیه سومین تولید کننده خربزه در جهان محسوب می‌شود. با توجه به هزینه‌های بالای تولید خربزه، مدیریت تولید آن در کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری زراعت این محصول از اهمیت زیادی برخوردار است (Mirakhoori et al., 2012). خربزه عموما در مناطق خشک و نیمه خشک کویری ایران کشت می‌شود که این مناطق با محدودیت آب و همچنین تنش‌های محیطی زیادی مواجه هستند (Heydarian et al., 2016). توجه به راهکارهای مدیریتی مناسب و مفید به منظور کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی و همچنین دستیابی به حداکثر عملکرد در بیشتر محصولات کشاورزی امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از راهکارهای کاهش اثرات زیانبار تنش‌های محیطی استفاده از روش‌های صحیح تغذیه‌ی معدنی گیاهان و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد و بهبود برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان دارند. در همین راستا نقش برخی عناصر نظیر اکسید سیلیسیم و

*نویسنده مسئول: m.moghadam@um.ac.ir،

تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اسید سالیسیلیک مورد بررسی پژوهشگران قرار گرفته است (Davoodi et al., 2018; Nourafcan and Mahmodi, 2017).

اکسید سیلیسیم در خاک به دلیل ترکیب با سایر عناصر به شکل سیلیکات و یا اکسید درآمده که نامحلول بوده و گیاهان به آن دسترسی ندارند. اما معمولا در محلول خاک به شکل مونوسیلیسیک اسید ($H_4SO_4$) در غلظت‌های ۰/۱ تا ۰/٦ میلی‌مولار وجود دارد و گیاهان این عنصر را به همین شکل جذب می‌کنند، پس از جذب توسط گیاه، این عنصر به شکل پلیمری از سیلیس بی‌شکل آبپوشی شده بر روی اپیدرم و بافت‌های مختلف تجمع می‌یابد (Davoodi et al., 2018). این عنصر می‌تواند باعث افزایش تولید و کیفیت محصول، کاهش تبخیر و تعرق، افزایش مقاومت به تنش‌های شوری، خشکی و سمیت فلزات سنگین، افزایش تحریک تولید برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش حساسیت به بعضی بیماری‌های قارچی در گیاهان شود (Mohaghegh et al., 2015). تأثیر سیلیسیم بر عملکرد گیاه باعث بهبود محتوای پروتئین محلول، اسیدهای آمینه آزاد و نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم می‌شود. فعالیت ناشی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و سرکوب پراکسیداسیون لیپید، همچنین باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاهان با تقویت تبادل گاز و پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌شود (Siddiqui et al., 2014).

اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک گروه از ترکیبات فنلی دارای یک حلقه آروماتیک متصل به یک گروه هیدروکسیل بوده که به عنوان یک القاکننده موثر در بیان ژن‌های مقاومت شناخته شده است که پس از افزودن به سطح بیرونی بسیاری از گیاهان پروتئین‌های مرتبط با تنش را به رمز در می‌آورد (Mardani et al., 2012). اسید سالیسیلیک بوسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Ghasemi et al., 2014). کاربرد اسید سالیسیلیک، جذب سدیم در گیاهان را کاهش می‌دهد و باعث افزایش جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و دیگر عناصر می‌شود (Safari et al., 2017). این پژوهش با هدف تیمار نشاء خربزه با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اکسید سیلیسیم و بررسی تاثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی بوته خربزه صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

**کشت و اعمال تیمارها:** این تحقیق در سال ۱۳۹۷ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار به عنوان عامل اول و فروبری ریشه‌ی نشاءها در محلول اکسید سیلیسیم با خلوص ۷۰ درصد (با قطر ذرات ۵ میکرون) در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر به عنوان عامل دوم بود. از بذور خربزه رقم خاتونی در این پژوهش استفاده شد. ابتدا بذور سالم و یکنواخت پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار در سینی‌های نشاء با بستر حاوی پیت‌ماس، کوکوپیت و پرلیت به نسبت‌های ۱:۲:۲ در شرایط دمای روز ۲۵ و شبانه‌ی ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٦۵ درصد کشت شدند. پس از رشد نشاءها تا مرحله دو برگ حقیقی (مصادف با اوایل خرداد ماه)، در ساعات اولیه روز تحت تیمار

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک قرار گرفتند و سپس به مدت یک ساعت فروبری ریشه آنها در محلول اکسید سیلیسیم صورت گرفت. محلول‌پاشی و عمل فروبری ریشه‌ی نشاء تیمار شاهد با آب مقطر انجام شد. پس از ٢٤ ساعت نشاءهای تیمار شده برای کشت به مزرعه انتقال یافتند. روش کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری هر ۷ روز یکبار به وسیله‌ی فارو انجام گردید. عرض پشته‌ها ۲ متر و عرض جوی ۱ متر محاسبه گردید. فاصله‌ی ردیف‌های کشت ۲ متر به صورت کشت یک طرفه و فاصله‌ی بین دو بوته ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایشی شامل ۲۷ بوته بود که در مساحتی به طول ۱۰ و عرض ٦ متر با رعایت حاشیه کشت گردید. درطول دوره رشد گیاه، عملیات داشت براساس توصیه‌های فنی به‌صورت یکنواخت در بین تیمارها اجرا گردید. صفات مورد ارزیابی شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد میوه در بوته، متوسط وزن میوه، متوسط تولید میوه در بوته، عملکرد نهایی در هر بوته بود. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، فنل کل، کربوهیدرات محلول و پرولین برگ اندازه‌گیری شد.

**سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی:** برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، ابتدا عصاره‌های متانولی از برگ‌های تازه توسعه یافته با استفاده از متانول خالص در دمای اتاق تهیه شد و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی غیرآنزیمی کل بر اساس روش Moon و Tera (۱۹۹۸) و با ایجاد کمی تغییرات از طریق غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده‌ی DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazul) اندازه‌گیری شد. جذب محلول‌های حاصل و شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. درصد بازداری از DPPH با مقایسه نمونه‌های عصاره و نمونه شاهد با استفاده از معادله (۱) بدست آمد.

معادله (۱)

$$\%AA: 1-A_{517}\ (sample)/A_{517}\ (control) * 100$$

**سنجش فنل کل:** فنل کل در عصاره برگ با معرف فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد (Singleton and Rossi, 1965). در ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های تازه توسعه یافته را با ۱۰ میلی‌لیتر حلال (متانول یا اتانول) عصاره‌گیری نموده و محلول حاصل با همان حلال به نسبت ۱ به ۱۰۰ رقیق شد. آنگاه ۳۰۰ میکرولیتر از عصاره رقیق شده را برداشته و ۱/۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ٪۷/۵ و ۱/۵ میلی‌لیتر فولین سیکالتو ۱۰٪ به آن اضافه گردید. سپس نمونه‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده و سپس در طول موج ٧٦٥ نانومتر قرائت شدند. نمودار استاندارد این صفت توسط گالیک اسید به غلظت‌های ۰، ۳، ۵، ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی‌گرم در لیتر رسم گردید.

**سنجش کربوهیدرات محلول:** برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه برگی از برگ‌های تازه توسعه یافته توزین شد. سپس طی دو مرحله توسط ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد استخراج عصاره صورت پذیرفت. عصاره‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون به نمونه‌ها اضافه گردید. در نهایت پس از اعمال ۱۰ دقیقه دمای آب جوش میزان جذب نور در ٦٣٠ نانومتر قرائت شد. جهت تهیه محلول استاندارد در این آزمایش از گلوکز خالص استفاده گردید. برای این منظور به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤٠٠ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام تهیه و سپس معرف آنترون به آنها افزوده گردید. مطابق این روش اندازه‌گیری، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفته و در نهایت میزان جذب نور در طول موج ٦٣٠ نانومتر قرائت گردیدند (Sadasivam and Manickam, 1992).

**سنجش پرولین:** به منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ابتدا ۵۰۰ میلی‌گرم بافت برگی از برگ‌های تازه توسعه یافته در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک در هاون ساییده، سپس مخلوط را با کاغذ صافی تصفیه و ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصله را در لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین (حاصل از افزودن ۲۵/۱ گرم نین هیدرین به ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه گردید. در مرحله بعد لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن‌ماری و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، پس از خروج، نمونه‌ها در حمام یخ به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس ٤ میلی‌لیتر تولوئن به محتوای هر لوله آزمایش اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به وسیله ورتکس مخلوط شد. لوله‌های آزمایش مدتی در دمای اتاق ثابت قرار گرفتند. در این مرحله دو لایه مجزا ایجاد و سرانجام جذب نوری لایه رنگی فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن به عنوان تیمار شاهد به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید.

داده‌های حاصل از آزمایش پس از نرمال کردن با استفاده از نرم افزار SPSS 22 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم اشکال و برخی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام پذیرفت.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و غوطه‌وری اکسید سیلیسیم بر تعداد روز تا گلدهی، متوسط تولید میوه در بوته، عملکرد نهایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و کربوهیدارت محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر ساده محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر تعداد میوه در بوته و متوسط تولید میوه در بوته در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و غوطه‌وری اکسید سیلیسیم بر فنل کل و پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها کمترین تعداد روز تا گلدهی در تیمار محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم مشاهده شد. بیشترین تعداد روز تا گلدهی مربوط به تیمار شاهد بود که بجز تیمار ۱ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. بر طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد اکسید سیلیسیم اثر مثبتی بر کاهش تعداد روز تا ظهور اولین گل‌آذین داشت (جدول ۲).

تیمار محلول‌پاشی ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دارای بیشترین تعداد میوه در بوته بودند که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. طبق نتایج این تحقیق محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک با بالا بردن تشکیل گل ماده باعث افزایش تولید میوه در بوته شد (شکل ۱).

**جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در خربزه تحت تیمارهای محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و غوطه‌وری اکسید سیلیسیم**

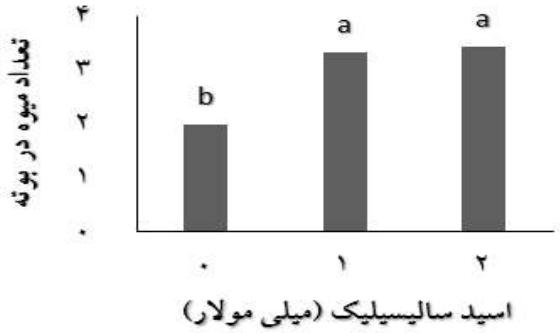
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد روز تا گلدهی | تعداد میوه در بوته | متوسط وزن میوه در بوته | متوسط تولید میوه در بوته | عملکرد نهایی | فنل کل | فعالیت آنتی اکسیدانتی | پرولین | کربوهیدرات محلول |
| بلوک | ۲ | ۰/۴۴۴$^{ns}$ | ۰/۳۷$^{ns}$ | ۹۵۱۷۰/۷۰۴$^{ns}$ | ۳۶۸۲۶/۵۲۹$^{ns}$ | ۵/۵۱۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۰۱۰$^{ns}$ | ۱/۷۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | ۰/۳۵۲$^{ns}$ |
| اسیدسالیسیلیک | ۲ | ۴۹/۰۰۰$^{**}$ | ۵/۸۱۵$^{**}$ | ۴۶۶۱۴۲$^{*}$ | ۴۲۵۷۸۶۷۲$^{**}$ | ۲۱۰/۴۲۴$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۲۸۶$^{**}$ | ۵۶/۲۲۳$^{**}$ | ۰/۰۰۰۶۳$^{**}$ | ۷/۱۵$^{**}$ |
| اکسید سیلیسیم | ۲ | ۳۶/۷۷۸$^{**}$ | ۰/۴۸۱$^{ns}$ | ۱۳۸۷۸۹$^{ns}$ | ۶۰۷۷۷۴۵$^{**}$ | ۴۸/۲۶۷$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۳۳۰$^{**}$ | ۱۱/۱۹۸$^{**}$ | ۰/۰۰۰۳۳$^{**}$ | ۲/۳۱$^{**}$ |
| اکسیدسیلیسیم*اسیدسالیسیلیک | ۴ | ۳/۷۷۸$^{**}$ | ۰/۱۴۸$^{ns}$ | ۱۱۸۰۷$^{ns}$ | ۱۱۷۳۹۰۴$^{**}$ | ۱۶/۵۱۶$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۰۴۴$^{ns}$ | ۷/۴۸۳$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۲۸$^{ns}$ | ۱/۶۸$^{**}$ |
| خطا | ۱۸ | ۰/۶۶۷ | ۰/۱۶۲ | ۹۷۰۵۳ | ۴۳۴۷۵۰۸۸ | ۲/۲۹۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱۸ | ۱/۵۶۵ | ۰/۰۰۰۰۳۵ | ۰/۱۸۶ |
| ضریب تغییرات | | ۱۱/۸۹ | ۲۳/۵۹ | ۱۷/۳۸ | ۲۹/۵۵ | ۲۵/۵۸ | ۱۱ | ۲/۶۳ | ۲۷/۳۴ | ۲۵/۲۸ |

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns = عدم معنی‌داری

**جدول ۲:** اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و غوطه‌وری ریشه نشاء خربزه در اکسید سیلیسیم بر برخی صفات مورد ارزیابی خربزه

| اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار) | اکسید سیلیسیم (گرم در لیتر) | تعداد روز تا گلدهی | متوسط تولید میوه در بوته (گرم) | عملکردنهایی (تن درهکتار) | فعالیت آنتی اکسیدانتی(٪) | کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۰ | ۲۹/۳۳$^{d}$ | ٤۱۳۹/۵۵$^{d}$ | ۱۲/۹$^{e}$ | ۸۵/۱۷$^{c}$ | ۲/۵۹٤$^{c}$ |
| | ۰/۵ | ۲٤/٦۷$^{b}$ | ٤٤٤٦/۱۵$^{d}$ | ۱۵/۷۵$^{de}$ | ۹۰/۷٤$^{bc}$ | ۳/٦۹۱$^{bc}$ |
| | ۱ | ۲۷/٦۷$^{cd}$ | ٤۱۲۸/٤۳$^{d}$ | ۱۲/۷۸$^{e}$ | ۹۱/۸۱$^{ab}$ | ۳/٤۱$^{c}$ |
| ۱ | ۰ | ۲۵/۳۳$^{bc}$ | ۷۱۲۳/۵۲$^{c}$ | ۲۱/۲۲$^{bc}$ | ۹۳/۸۵$^{ab}$ | ٤/۵۰۳$^{abc}$ |
| | ۰/۵ | ۲۳/٦۷$^{b}$ | ۹۰۵۳/۵٦$^{a}$ | ۲۲/۲٤$^{bc}$ | ۹۳/۷٤$^{ab}$ | ٤/۰۵۱$^{abc}$ |
| | ۱ | ۲۵/٦۷$^{bc}$ | ۷۳۱۲/۲۳$^{c}$ | ۱۸/۸٦$^{bcd}$ | ۹۲/۸۵$^{ab}$ | ٤/۹۱۸$^{bc}$ |
| ۲ | ۰ | ۲۳/٦۷$^{b}$ | ٦۸۸۸/٤۸$^{c}$ | ۱۸/۳٦$^{cd}$ | ۹٤/۳۲$^{ab}$ | ٤/٤۰٦$^{abc}$ |
| | ۰/۵ | ۹/۳۳$^{a}$ | ۹٤۵۲/٤۵$^{a}$ | ۲۷/٤۹$^{a}$ | ۹٤/۸۵$^{a}$ | ۵/۹۳۵$^{a}$ |
| | ۱ | ۲٤/٦۷$^{b}$ | ۸۱۳۷/۱۳$^{b}$ | ۲۳/٤٦$^{ab}$ | ۹۵/۵۲$^{a}$ | ۵/۳۹۳$^{ab}$ |

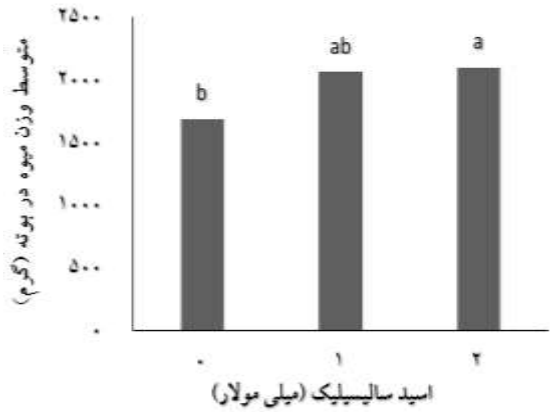
در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.



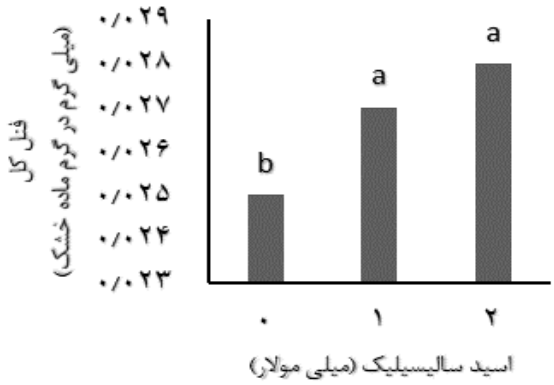

**شکل ۱:** اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر تعداد میوه در بوته خربزه

بیشترین متوسط تولید میوه در بوته و عملکرد نهایی مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم بود که به جز تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم، با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بیشترین متوسط وزن میوه در بوته مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۲). با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق متوسط وزن میوه در بوته، متوسط تولید میوه در بوته و عملکرد نهایی نیز در گیاهان تیمار شده با ترکیبات اسید سالیسیلیک و اکسید سیلیسیم افزایش یافت.

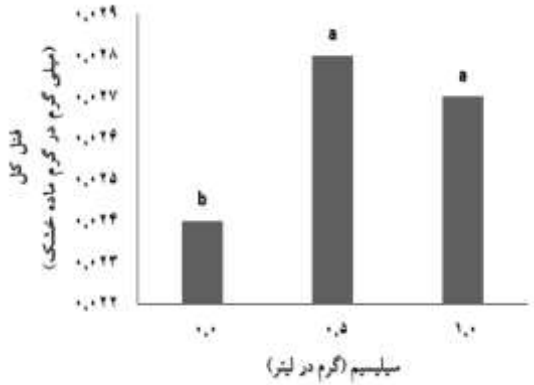
با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان فنل کل در تیمار محلول‌پاشی ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۳). همچنین بیشترین میزان فنل کل در تیمار ۰/۵ گرم اکسید سیلیسیم در لیتر دیده شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ٤). با توجه به نتایج این تحقیق کاربرد اسید سالیسیلیک و اکسید سیلیسیم باعث افزایش تولید ترکیبات فنلی شدند.



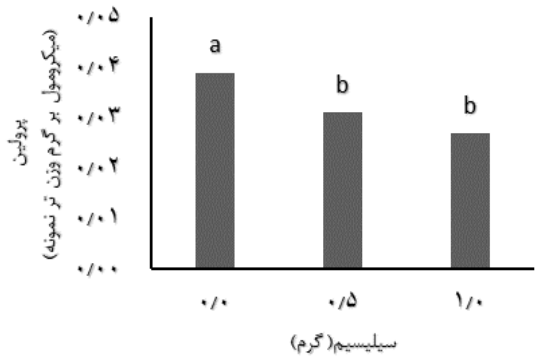

**شکل ۲:** اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر متوسط وزن میوه در بوته خربزه



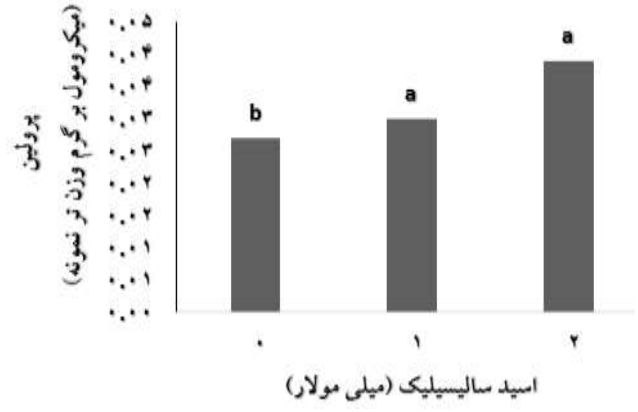

**شکل ۳:** اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر ترکیبات فنل کل برگ خربزه




**شکل ٤:** اثر سطوح مختلف اکسید سیلیسیم بر ترکیبات فنل کل برگ خربزه




**شکل ۵:** اثرسطوح مختلف اکسید سیلیسیم بر پرولین برگ خریزه




**شکل ٦:** اثرسطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر پرولین برگ خربزه

بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی مربوط به تیمار محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم بود (جدول ۲). طبق نتایج این تحقیق کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کاربرد اکسید سیلیسیم باعث افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی شدند.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها کمترین میزان پرولین (۰/۰۲۷ میکرومول بر گرم وزن‌تر) در تیمار ۱ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم مشاهده شد که با تیمار ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم اختلاف معنی‌داری نداشت؛ ولی با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۵). در استفاده از اسید سالیسیلیک کمترین میزان پرولین (۰/۰۲۷ میکرومول بر گرم وزن‌تر) در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد که با تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ٦). نتایج تحقیق حاضر بیانگر افزایش میزان پرولین با استفاده از اسید سالیسیلیک می‌باشد که باعث افزایش مقاومت گیاه به شرایط محیطی می‌شود. همچنین با کاربرد اکسید سیلیسیم میزان پرولین نیز کاهش می‌یابد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین میزان کربوهیدرات محلول (۵/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین کمترین میزان کربوهیدرات محلول مربوط به تیمار شاهد بود. باتوجه به نتایج بدست آمده اسید سالیسیلیک و اکسید سیلیسیم باعث افزایش کربوهیدرات‌های محلول در اندام هوایی گیاه شدند (جدول ۲).

## بحث

اسید سالیسیلیک با تعویق در سنتز اتیلن، دخالت در دپلاریزاسیون غشایی، تحریک سیستم فتوسنتزی و افزایش پاسخ دفاعی گیاه نسبت به آسیب‌ها توانست موجب کاهش تعداد روز تا ظهور اولین گل‌آذین نسبت به شاهد گردد. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از تعداد روز برای ظهور گل‌آذین کاسته شد (Zhao et al., 1995). اسید سالیسیلیک باعث تحریک گلدهی در بسیاری از گیاهان می‌شود (Martín-Mex et al., 2003). کاربرد اسید سالیسیلیک مدت زمان رسیدن به گلدهی را در گیاه گوجه‌فرنگی کاهش داد (Ghorbani et al., 2015). در مورد تاثیر اکسید سیلیسیم بر فرایند گلدهی مطالعات محدودی صورت گرفته و نقش فیزیولوژیکی آن در فرآیند گلدهی ناشناخته است. در بیشتر پژوهش‌ها کاربرد اکسید سیلیسیم با تحریک انگیزش و ظهور گل همراه بوده است. Mir-Mosafaye-Moghaddam و همکاران (2014) نشان دادند که اکسید سیلیسیم باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی در آهار شد و علاوه بر آن افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و اندازه قطر گل را نیز در برداشت. Cavins و همکاران (2010) نیز کاربرد اکسید سیلیسیم را برای پیش‌رس کردن گل ژربرا معرفی نمودند. Jan-Mohammadi و همکاران (1016) با اعمال اکسید سیلیسیم بر گیاه گلرنگ گزارش دادند که تمام مراحل فنولوژیکی گیاه گلرنگ تحت تاثیر اکسید سیلیسیم قرار گرفته و دوره‌ی کاشت تا برداشت را نسبت به گیاهان شاهد کاهش داده است. با این وجود Sentais-Hera و همکاران (2018) نشان دادند که مصرف اکسید سیلیسیم بر نیشکر باعث تاخیر گلدهی و کاهش تعداد گل‌آذین‌های نیشکر شده است.

در بوته‌های گوجه‌فرنگی محلول‌پاشی شده به وسیله اسید سالیسیلیک، تعداد ژن‌های بسیاری بیان شد. این ژن‌ها در آغازش گل‌های گوجه‌فرنگی دخیل می‌باشند (Ding et al., 2002). Martín-Mex و

همکاران (2003) گزارش کردند محلول‌پاشی برگ با اسید سالیسیلیک در دوره کشت گیاه بنفشه آفریقایی باعث افزایش تعداد گل در این گیاه شد. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم جدید، باعث القا و افزایش تعداد جوانه‌های گل می‌شود که باتوجه به همبستگی مثبت بین تعداد گل و تعداد میوه، در بوته‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک، افزایش تعداد میوه مشاهده گردید (Khurama and Cleland, 1992).

Nourafcan و Mahboubi (2007) بیان کردند ترکیبات فنولیکی مانند اسید سالیسیلیک موجب تسهیل در جذب عناصر غذایی می‌شوند و نقش مثبتی بر فعالیت‌های فتوسنتزی دارد. همچنین اسید سالیسیلیک با تحریک سلول‌ها باعث شکل‌گیری پکتین در دیواره سلولی، سنتز اسیدهای میوه، تقسیم سلولی، بهبود انتقال قندها در گیاه می‌شود. کاربرد اکسید سیلیسیم بر کدو باعث بهبود فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی گردید که در نتیجه وزن میوه و عملکرد نهایی افزایش یافت (Savvas et al., 2009). Miyake و Tacahashi (1983) و Ghahrmani و همکاران (2014) با اعمال ترکیبات اکسید سیلیسیم بر خیار، Moghbeli و Arvin (2014) با اعمال اسید سالیسیلیک بر گیاه طالبی، Nasrabadi و همکاران (2015) با اعمال اسید سالیسیلیک بر دو رقم خربزه خاتونی و قصری، Azizi و همکاران (2017) با اعمال اسید سالیسیلیک بر خربزه زرد جلالی نشان دادند که این تیمارها وزن میوه و عملکرد کل را افزایش دادند که با نتایج بدست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

Zhao و همکاران (1995) اثر مثبت تیمار اسید سالیسیلیک را روی خصوصیات رشدی سویا در شرایط تنش به دلیل تحریک سیستم فتوسنتزی و بهبود پاسخ دفاعی گیاه عنوان نمودند. با افزایش سنتز پروتئین و تحریک سیستم دفاعی در گیاه، سنتز کلروفیل، کارتنوئید، مواد فنلی و الکلی افزایش می‌یابد (Moharekar, 2003). گزارشات رسیده از دیگر محققان نیز بیان کننده‌ی این مطلب است که تیمار اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث افزایش مقدار ترکیبات فنلی در گیاه گردد (Yousefi et al., 2011; Maleki and Ehsanpour, 2018). اکسید سیلیسیم ممکن است، کمپلکس‌های ضعیفی با ترکیبات فنلی تشکیل دهد و از این طریق ساخت و پویایی این ترکیبات را در آپوپلاسم افزایش دهد (Khoshgoftarmanesh, 2015). کاربرد اکسید سیلیسیم در یک رقم ذرت متحمل به سمیت آلومینیوم ترشح ترکیبات فنلی نظیر کاتکول، کاتچین و کوئرستین را تا ۱۵ برابر در مقایسه با بوته‌های تیمار نشده با اکسید سیلیسیم افزایش داد (Kinraide and Parker, 1990).

Sayyari و همکاران (2012)، Sayedpour (2013) و Maleki و Ehsanpour (2018) نیز با کاربرد اسید سالیسیلیک و دیگر ترکیبات مشابه آن گزارش دادند که تیمار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان و فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها و آنزیم‌های مربوطه در گیاهان تیمار شده گردید. اکسید سیلیسیم باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های گیاهی می‌شود، بنابراین آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن تحریک شده توسط استرس‌های زنده و غیرزنده را کاهش می‌دهد (Liu et al., 2009). در تحقیقات پیشین نشان داده شده که کاربرد سیلیسیم بر گیاه می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها در گیاه شود. این افزایش شامل هردو نوع آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشد (Pontigo et al., 2017; Gunes et al., 2008). Tripathi و همکاران (2012) گزارش کرد کاربرد سیلیسیم باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی در برنج

شد. Vega و همکاران (2019) نیز گزارش کرد کاربرد سیلیسیم باعث افزایش مهارادیکال‌های آزاد در چند رقم جو شد. نتایجی مشابهی را Liang و همکاران (2006)، Fatemi و همکاران (2009) و Savas و همکاران (2009) نیز قبلا گزارش نموده‌اند که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مشابهت دارد.

پرولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی عمل می‌کند و باعث می‌شود در بافت گیاهان میزان آب بیشتری نگهداری شود. به همین دلیل می‌توان غلظت پرولین را به عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی تنش به کار گرفت (Ez-Zohre et al., 2014). با افزایش میزان پرولین این ماده می‌تواند به عنوان گیرنده‌های رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از صدمات تنش‌های اکسایشی در گیاهان شود (Wang et al., 2009). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان پرولین در گیاه می‌شود که نتیجه‌ی آن بهبود مقاومت و رشد گیاه در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. اعمال اسید سالیسیلیک بر کلزا (Keshavarz et al., 2011)، فلفل دلمه گلخانه‌ای (Moradmand et al., 2015) و خیار (Akbari et al., 2015) باعث افزایش میزان پرولین در گیاه گردید که در پژوهش حاضر نیز نتایج مشابهی به دست آمده است. با کاربرد اکسید سیلیسیم میزان پرولین در گیاه کاهش می‌یابد که می‌تواند به علت خواص ضد تنشی اکسید سیلیسیم باشد. گزارش شده که در شرایط نامساعد محیطی با کاربرد اکسید سیلیسیم، تبخیر و تعرق در گیاه کاهش و محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت که منجر به کاهش سنتز و انباشتگی پرولین در گیاه می‌گردد (Romero-Aranda et al., 2006; Zhue and Gung, 2014; Cuskan et al., 2016).

کربوهیدرات‌های محلول به‌عنوان محافظت کننده اصلی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی در بافت گیاه تجمع می‌یابند. با تجمع کبوهیدرات‌ها در سلول‌های گیاهی که در معرض تنش قرار دارد تنظیم اسمزی درون سلول بهبود می‌یابد و موجب حفظ مولکول‌های زیستی غشاءها و متابولیسم‌ها می‌شود (Qaderi and Sioe-Mardeh, 2011). تجمع ساکاروز و دیگر کربوهیدرات‌های ساده باعث افزایش مقاومت به تنش محیطی از طریق افزایش در پایداری غشاء و حفظ آن در مقابل خسارت تنش می‌گردد. اسید سالیسیلیک با افزایش میزان کربوهیدارت محلول در گیاه مقاومت گیاه را در مقابل تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد (Guy et al., 1992). Moradmand و همکاران (۲۰۱۵) اعلام کردند که با استفاده از اسید سالیسلیک میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های فلفل دلمه‌ای افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد پیدا کرد. اسید سالیسیلیک باعث افزایش کربوهیدرات‌های محلول در اندام هوایی گیاه می‌شود به طوری که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک باعث تجمع بیشتر کربوهیدرات‌ها شده و توانایی گیاه را در مقابل سرما افزایش می‌دهد (Keshavarz et al., 2011). Farzaneh و همکاران (2013) بیان کردند که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ شد. کاربرد اکسید سیلیسیم در گیاهان باعث کاهش اثرات نامساعد شرایط محیطی در گیاهان می‌شود. احتمالاً اکسید سیلیسیم با بهبود شرایط آب در گیاه و افزایش سرعت فتوسنتز موجب افزایش انتقال کربوهیدرات‌ها به بافت‌های مصرف‌کننده شده و در نتیجه سبب کاهش تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها می‌شود. همینطور کاربرد اکسید سیلیسیم با افزایش کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش، گیاهان را از تخریب اکسایشی محافظت می‌کند (Mahdavi et al., 2017). در حالی که Silva و همکاران (2012) گزارش دادند

که استفاده از اکسید سیلیسیم در شرایط تنش سبب کاهش کربوهیدرات‌های محلول در گیاه می‌شود. به اعتقاد آنها نقش اکسید سیلیسیم در کاهش اثرات منفی کمبود آب، حفاظت از دستگاه فتوسنتزی و شکل‌گیری مناسب اسکلت کربن است. Mohsenzadeh و همکاران (2011) و Abo-Zinada (2015) نیز نتایج مشابهی را در پژوهش خود گزارش کردند.

## نتیجه‌گیری نهایی

گیاهان همواره در معرض تنش‌های مختلف محیطی قرار دارند. به‌منظور افزایش عملکرد و حفظ کیفیت بالای محصول استفاده از راه‌های مدیریتی مناسب برای کاهش تلفات در اثر تنش‌های محیطی امری ضروری می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمار اسید سالیسیلیک و اکسید سیلیسیم به‌طور موثری باعث حفظ ترکیبات موثر گیاه در برابر این تنش‌ها شده است که منجر به افزایش عملکرد محصول نهایی خربزه می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار نشاء با ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر اکسید سیلیسیم می‌تواند به عنوان راهکار موثر به منظور افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و افزایش عملکرد خربزه رقم خاتونی مورد استفاده قرار گیرد.

## Reference


**Abu-Zinada, I.A. (2015).** Effect of salinity levels and application stage on cucumber and soil under greenhouse condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 8(1): 73-80.

**Akbari, S.L., Sayyari, M. and Ghanbari, F. (2015).** Increasing chilling resistance of cucumber seedlings by some plant growth regulators. Journal of Crop Production and Processing. 5(16): 25-37. (In Persian)

**Azizi, Z., Barzgar, T. and Ghahremani, Z. (2017).** The effect of humic acid and salicylic acid on yield and quality of Zard Jalali fruit melon under drought stress. Journal of Crops Improvement. 19(2): 387-400. (In Persian)

**Bates, L., Waldren, R.P. and Teare, I.D. (1973).** Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207 .

**Cavins, T., Marek, S. and Kamenidou, S. (2010).** Impact of silicon on plant growth. June 21, 2010, from www.greenhousemag.com/article/gmpro-0610-silicon-plant-growth/.

**Cuskan, D., Britto, D.T., Huynh, W.Q. and Kronzucker, H.J. (2016).** The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. Front Plant Science. 7:1-7

**Davoodi, M., Esmaielpour, B. and Fatemi, H. (2018).** Effect of silicon nutrition on alleviation the detrimental effects of nickel stress in (*Ocimum basilicum*). Journal of Plant Processing Function. 7(24): 25-38. (In Persian)

**Ding, C.K., Wang, C.Y. and Gross, K.C. (2002).** Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta. 214: 895–901.

**Ehsanpour, A.A. and Maliki, M.S. (2017).** Effect of salicylic acid on total phenol, flavonoid, anthocyanin and phenylalanine ammonium and tyrosine ammonium enzymes in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). Iranian Plant Biology. 9 (4): 55-68. (In Persian).

**Ez-zohra, I.F., Said, Q., Mohamed, F. and Tayeb, K. (2014).** Biochemical changes in grapevines roots in responses to osmotic stress. International Journal of Scientific and Research Publications. 4(7): 1-5.

**Farzaneh, M., Ghanbari, M., Jahromi, A. and Javanmardi, Sh. (2013).** The effect of salicylic acid spraying on the amount of osmolites and pigments under cold stress photosynthetic conditions of the eggplant. Iranian Journal of Plant

Ecophysiology. 32(4): 75-83. (In Persian)

**Fatemi, L.S., Tabatabaei S.J. and Fallahi E. (2009).** The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. Journal of Horticultural Sciences, 23(1): 88-95. (In Persian)

**Ghaderi, N. and Siosemardeh, A. (2011).** Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). Horticulture, Environment and Biotechnology, 52(1): 6-12.

**Ghahrmani, M., Abaspur, A. and Golchin, A. (2014).** The effects of phosphorus solubilizing bacteria and different levels of nitrogen and silicon on growth and yield of cucumber. Thesis Shahrood University of Technology. Department of Soil Science.

**Ghasemi, I., Musabpour, H., Taheri, F. and Saluki, M. (2014).** Investigating the interaction of salicylic acid and salinity stress on some physiological traits of melon (*Cucumis melo* L.), the 13th Iranian Conference on Plant Breeding and the Third Conference on Science and Technology Seeds of Iran, Association of Agro-Cultivation Sciences of Iran. (In Persian)

**Ghorbani-Dehkordi A., Mashayekhi K., Kamkar B. and Rahmani B. (2015).** Effect of foliar application of salicylic acid and lime sulfur on some quantitative and qualitative characteristics of tomato transplanting var. Super A. 3. Applied Research of Plant Ecophysiology. 2(1): 65-80. (In Persian)

**Gunes, A., Pilbeam, D.J., Inal, A. and Coban, S. (2008).** Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 39(13-14): 1885-1903.

**Guy, L., Joan, L., Huber, A. and Steven, C.H. (1992).** Sucrose phosphate synthase and sucrose accumulation at low temperature. Plant Physiology. 100: 502-508.

**Heidarian, N., Barzegar, T. and Ghahremani, Z. (2016).** Effect of water deficit stress on the growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some Iranian melon accessions. Journal of Crops Improvement. 2(19): 287-302. (In Persian).

**Janmohammadi, M., Amanzadeh, T., Sabaghnia, N. and Ion, V. (2016).** Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes. Botanica Lithuanica. 22(1): 53–64.

**Keshavarz, H., Modares Sanavi, A., Zarrin Kamar, F. and Dolat Abadian, A. (2011).** Study on the effect of salicylic acid spraying on some biochemical characteristics of two canola varieties (*B.rassica napus* L.) under cold stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 4(42): 161-178. (In Persian)

**Khoshgoftarmanesh A.H. (2015).** Basics of Plant Nutrition. Publisher Isfahan University of Technology.

**Khurama, J.P.S. and Cleland, C.F. (1992).** Role of salicylic acid and benzoic acid in flowering of a photoperiodinsensitive strain, *Lemna paucicostata* LP6. Plant Physiology. 100: 1541-1546.

**Kinraide, T.B. and Parker, D.R. (1990).** Apparent phytotoxicity of mononuclear hydroxy-aluminum to four dicotyledonous species. Physiologia Plantarum. 79(2): 283-288.

**Liang, Y.C. (1999).** Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. Plant Soil. 209: 217-224.

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

**Liu, J.J., Lin, S.H., Xu, P.L., Wang, X.J. and Bai, J.G. (2009).** Effects of exogenous silicon on the activities of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in chilling-stressed

cucumber leaves. Agricultural Sciences in China. 8(9): 1075-1086.

**Mahdavi, Z., Javadi, T. and Ghaderi, N. (2017).** Effects of silica and drought stress on morphological and biochemical characteristics of two strawberry cultivars under soilless condition. Msc Thesis, University of Kurdistan, Faculty of Agriculture, Department of Horticultural Science. Kurdistan. Pp 161. (In Persian)

**Maleki, M.S. and Ehsanpour, A.A. (2018).** Effect of salicylic acid on total phenol, flavonoid, anthocyanin and PAL and TAL enzymes in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) plants. Iranian Journal of Plant Biology. 9(4): 54-67.

**Mardani, H., Bayat, H. and Azizi, M. (2012).** Effect of salicylic acid spraying on morphological and physiological characteristics of cucumber seedlings (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress conditions. Journal of Horticultural Science. 3(25): 320-326. (In Persian).

**Martín-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Uicab-Quijano, V. and LarquéSaavedra, A. (2003).** Positive effect of salicylic acid on the flowering of gloxinia. Proceedings 31st Annual Meeting. Plant Growth Regulation Society of America. Vancouver, Canada. Pp: 149-151.

**Mirakhoori, H, Mostafavi, M. and Oraqi-Ardebili, Z. (2012).** Effect of planting date on yield and quality characteristics of different varieties of melons under Garmsar conditions. MSc. Thesis. Islamic Azad University of Garmsar. Pp 100. (In Persian).

**Mir-Mosafaye-Moghaddam, S.M., Padasht, M.N. and Eslami, A. (2014).** The effect of silicon on the growth traits and resistance of Zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) to powdery mildew disease. Journal of Ornamental Plants. 6(3): 173-180.

**Miyake, Y. and Takahashi, E. (1983).** Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. Soil Science and Plant Nutrition. 29(4): 463-471.

**Moghbeli, T. and Arvin, M. (2014).** Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield of cantaloupe fruit. Journal of Crop Production and Processing. 4(1): 23-33. (In Persian).

**Mohaghegh, P., Mohammadkhani, A. and Fadaei, A. (2015).** Effects of Silicon on the growth, ion distribution and physiological mechanisms that alleviate oxidative stress induced by powdery mildew infection in pumpkin (*Cucurbita pepo*, var. *Styriac*).Crop Protection. 4(3): 419-429.

**Mohamadnia, R., Rezaei-Nejad, A. and Bahraminejad, S. (2017).** Effect of irrigation interval and silicon on some morpho-physiological and biochemical properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Horticultural Science. 49(1): 37-45. (In Persian).

**Moharekar, S.T., Lo Khande, S.D., Hara T., Tancaku, R., Tanaka. A. and Chavan, P.D. (2003).** Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and mung seedlings. Photosynthetica, 41: 315-317.

**Mohsenzadeh, S., Shahrtash, M. and Mohabatkar, H. (2011).** Interactive effects of salicylic acid and silicon on some physiological responses of cadmium-stressed maize seedlings. Iranian Journal of Science and Technology. 35(1): 57–60. (In Persian).

**Moon, J.H. and Terao, J. (1998).** Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low density lipoprotein. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 46: 5062-5065.

**Moradmand, Y., Mobli, M. and Ramin, A.A. (2015).** Effects of methyl jasmonate and salicylic acid on increasing cold tolerance of Bell Pepper (cv. Emily) seedlings. Journal of Crop Production and Processing. 5(16): 123-133. (In Persian).

**Nasrabadi, H.N., Nemati, H., Kafi, M. and Arouei, H. (2015).** Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. African Journal of

Agricultural Research. 10(33): 3305-3309. (In Persian).

**Nourafcan, H. and Mahboubi, A. (2017).** The effect of salicylic acid foliar spraying on morphophysiological characteristics of common mallow and Moldavian balm. Agroecology Journal. 13(3): 25-33. (In Persian).

**Pontigo, S., Godoy, K., Jiménez, H., Gutiérrez-Moraga, A., Mora, M. L. and Cartes, P. (2017).** Silicon-Mediated alleviation of aluminum toxicity by modulation of Al/Si uptake and antioxidant performance in ryegrass plants. Frontiers in Plant Science. 8: 642.

**Romero-Aranda, M.R., Jurado, O. and Cuartero, J. (2006).** Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. Journal of Plant Physiology. 163: 847-855.

**Sadasivam, S. and Manickam, A. (1992).** In: Biochemical Methods for Agricultural Sciences. Wiley Eastern Ltd, New Delhi. Pp.184-185.

**Safari, S., Erfani-Moghadam, J. and Zarea, M.J. (2017).** Effects of salicylic acid on some morpho-physiological and biochemical characteristics of walnut seedlings under salinity condition. Journal of Plant Processing and Function. 6(21): 223-236. (In Persian).

**Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M. and Patakioutas, G. (2009).** Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Environmental and Experimental Botany. 65(1): 11-17.

**Sayedpour, F. (2013).** Evaluation of cold tolerance of cucumber seedlings (*Cucumis sativus* L.) by treatment of some chemical and non-chemical compounds. M.Sc., Ilam University. (In Persian).

**Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martinez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. and Valero, D. (2011)**. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. Food Chemistry. 124: 964–970.

**Sentíes-Herrera, H.E., Trejo-Téllez, L.I., Volke-Haller, V.H., Cadena-Íñiguez, J., Sánchez-García, P. and Gómez-Merino, F.C. (2018).** Iodine, silicon, and vanadium differentially affect growth, flowering, and quality components of stalks in sugarcane. Sugar Technology. 20(5): 518–533.

**Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Faisal, M. and Al-Sahli, A.A. (2014).** Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on *Cucurbita pepo* L. Environmental Toxicology and Chemistry. 33(11): 2429-2437.

**Silva, O.N., Lobato, A.K.S., Ávila, F.W., Costa, R.C.L., Oliveira Neto, C.F., Santos Filho, B.G., Martins Filho, A.P., Lemos, R.P., Pinho, J.M., Medeiros, M.B.C.L. and Cardoso, M.S. (2012).** Silicon-induced increase in chlorophyll is modulated by the leaf water potential in two water-deficient tomato cultivars. Journal of Plant Soil and Environment. 58(11): 481-486.

**Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965).** Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic and phosphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture. 16: 144-158.

**Tripathi, D.K., Singh, V.P., Kumar, D. and Chauhan, D.K. (2012.)** Impact of exogenous silicon addition on chromium uptake, growth, mineral elements, oxidative stress, antioxidant capacity, and leaf and root structures in rice seedlings exposed to hexavalent chromium. Acta Physiologiae Plantarum. 34: 279–289.

**Vega, I., Nikolic, M., Pontigo, S., Godoy, K., Luz-Mora, M. and Cartes, P. (2019).** Silicon improves the production of high antioxidant or structural phenolic compounds in barley cultivars under aluminum stress. Agronomy. 9(7): 388.

**Wang, F., Zeng, 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(4): 723-731.

**Yousefi, H., Sahebani N., Faravardeh, L. and Mahdavi, V. (2011).** Application of a combination of salicylic acid and *Bacillus subtilis* to control cucumber root and stem rot, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. radicis-cucumerinum, and evaluation of phenylalanine ammonia lyase activity. Iranian Journal of Plant Protection Science. 46(4): 293-308. (In Persian).

**Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z. and Chang, S.M. (1995).** The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. Journal of Acta Agronomy and Crop Science. 21: 351-355.

**Zhu, Y. and Gong, H. (2014).** Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. Agronomy for Sustainable Development. 34: 455-472.

*Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 63, 16th year, Number 3, Autumn 2021*
*Doi:10.30495/IPER.2021.679518*
*Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.2.4*

# Effect of silicon oxide and salicylic acid on yield, yield components, and some biochemical properties of Persian melon (*Cucumis melo* var. *inodorus*)

**Mojtaba Salahiostad, Maliheh Morshadloo, Mohammad Moghaddam***
Department of Horticulture Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

**Received date: 2019/08/16 Accepted date: 2019/12/14**

## Abstract

This study was carried out to enhance yield and quality of Persian melon crop in a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad in 2018. The treatments consisted of foliar application of salicylic acid at three concentrations (0, 1, and 2 mM) and root drowning in the aqueous solution of silicon oxide at three concentrations (0, 0.5, and 1 g/L). The measured traits were the number of days to flowering, average fruit weight, average fruit production per plant, fruit number per plant, final yield, total phenol, antioxidant activity, proline, and soluble carbohydrate. Results showed that the highest fruit yield, total carbohydrate, and antioxidant activity were obtained in the interaction effect of 2 mM salicylic acid spray with 0.5 g/L silicon oxide application. The amount of proline and total phenol increased in 2 mM salicylic acid and 0.5 g/L silicon oxide treatment compared to control. In this experiment, foliar application of 2 mM salicylic acid with 0.5 g/L silicon oxide were superior to other treatments in the most measured traits.

***Keywords***: Antioxidant activity, Number of days to flowering, Proline yield, Total phenol.

*Corresponding author: m.moghadam@um.ac.ir