Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The effect of foliar spraying of salicylic acid and silica on improving the quality of date fruit (*Phoenix dactylifera*) mazafati digit

Saied Narouizad[*1], Hosein Mozafari[2], Seyed Mohammad Javad Arowin[3], Yaser Khandani[4]

1. Corresponding Author, Former Graduate, Dept. of Biology, Kerman Graduate University of Advanced Technologies, Kerman, Iran. E-mail: saeidnarui1994@gmail.com
2. Dept. of Biology, Kerman Graduate University of Advanced Technologies, Kerman, Iran. E-mail: mozafari.hossein@gmail.com
3. Dept. of Horticultural Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: smjarvin@yahoo.com
4. Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Hamedan, Iran. E-mail: ykhandanany@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 09.24.2022
Revised: 10.10.2022
Accepted: 12.20.2022

Keywords:
Elements and Biochemical traits,
Enzymtic antioxidants,
Growth parameters

ABSTRACT

Background and Objectives: Dates are one of the most important and strategic fruits in Iran that play a major role in providing employment and livelihood to the people and some of them are exported abroad. Improving the quality of date fruits through foliar application of plant growth regulators and various nutrients can be effective in both improving livelihoods and increasing exports. This study aimed to improve the quality of date fruit Mazafati cultivar by studying some responses of date fruit and also some physiological traits of date tree to foliar application with plant growth regulator salicylic acid and silica element.

Materials and Methods: This study was conducted in 2019, as a factorial design in a completely randomized design with three replications in a commercial date garden in Iranshahr city of Sistan and Baluchestan province. The studied date trees were Mazafati cultivar, all of which were 14 years old and were located at a distance of 7 × 7 meters from each other. Salicylic acid and silica included three levels of 0, 200 and 400 mg L^{-1} and 0, 100 and 200 mg L^{-1}, respectively. After applying the treatments, fresh samples of date leaves and fruits were transferred to the Plant Physiology Laboratory of Kerman University of Graduate Studies and Advanced Technologies and some morphological and physiological traits of date tree leaves were measured. In addition, some traits related to the quality of date fruit were measured.

Results: The results of data analysis showed that the interaction effect of salicylic acid and silica was significant for all studied traits and significantly improved the quality of date fruit. Date fruit characteristics such as cluster weight and fruit weight are affected by the interaction of 200 mg/L salicylic acid and 200 mg/L silica levels by 34 and 36%, respectively, and fruit length, kernel weight, and kernel size are affected by 200 mg/L silica. They increased by 16, 5 and 14 percent respectively. In addition, the physiological traits of photosynthetic pigments, free amino acids, reducing sugars, soluble proteins, and enzymatic antioxidants were significantly increased by the interaction of salicylic acid and silica. The interaction effect of 400 mg /L salicylic acid and 100 mg /L silica had the greatest effect on the quality of date fruit and physiological traits of date palm and can be used to improve the quality of date fruit.

Conclusion: Foliar application of plant growth regulator salicylic acid and silica significantly improved the quality of date fruit, part of this effect was direct and the other part was indirect through the effect on the physiological traits of tree leaves. Increasing photosynthetic pigments, free amino acids and reducing sugars in palm leaves under the influence of salicylic acid and silica, leads to more photosynthesis and increased leaf nutrients. This will lead to better nutrition of date fruits and ultimately increase their size. The results showed that the interaction effect of 400 mg L^{-1} salicylic acid and 100 mg L^{-1} silica had the greatest effect on fruit quality and physiological traits of palm leaves.

Cite this article: Narouizad, Saied, Mozafari, Hosein, Arowin, Seyed Mohammad Javad, Khandani, Yaser. 2023. The effect of foliar spraying of salicylic acid and silica on improving the quality of date fruit (*Phoenix dactylifera*) mazafati digit. *Journal of Plant Production Research*, 30 (2), 77-97.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20435.2954
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس بر بهبود کیفیت میوه خرما (*Phoenix dactylifera*) رقم مضافتی

سعید ناروئی‌زاد*[۱]، حسین مظفری[۲]، سید محمد جواد آروین[۳]، یاسر خندانی[۴]

۱. نویسنده مسئول، دانش‌آموخته سابق گروه زیست‌شناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری‌های پیشرفته کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: saeidnarui1994@gmail.com

۲. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری‌های پیشرفته کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: mozafari.hossein@gmail.com

۳. گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: smjarvin@yahoo.com

۴. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، همدان، ایران. رایانامه: ykhandany@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی،
پارامترهای رشدی،
عناصر و ویژگی‌های
زیست‌شیمیایی

چکیده

سابقه و هدف: خرما یکی از میوه‌های مهم و استراتژیک در ایران است که سهم عمده‌ای در تامین اشتغال و معیشت مردم ایفا می‌نماید و بخشی از آن نیز به خارج از کشور صادر می‌گردد. بهبود کیفیت میوه خرما از طریق محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عناصر غذایی مختلف می‌تواند هم در بهبود معیشت و هم در افزایش صادرات آن مؤثر باشد. این پژوهش با هدف بهبود کیفیت میوه خرما رقم مضافتی از طریق بررسی برخی پاسخ‌های میوه خرما و هم‌چنین برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی درخت خرما به محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و عنصر سیلیس صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال ۱۳۹۸، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در یک باغ تجاری خرما در شهرستان ایرانشهر استان سیستان و بلوچستان اجرا گردید. درختان خرما مورد مطالعه رقم مضافتی بودند که همگی ۱۴ سال سن داشتند که با فاصله ۷ × ۷ متر از هم‌دیگر قرار داشتند. اسید سالیسیلیک و سیلیس به ترتیب شامل سه سطح صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. پس از اعمال تیمارها، نمونه‌های تازه برگ و میوه خرما به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری‌های پیشرفته کرمان منتقل گردید و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی برگ درختان خرما اندازه‌گیری گردید. افزون بر این، برخی ویژگی‌های مربوط به کیفیت میوه خرما نیز مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس برای همه ویژگی‌های مورد مطالعه معنی‌دار شد و به صورت قابل‌توجهی باعث بهبود کیفیت میوه خرما گردید. ویژگی‌های میوه خرما مانند وزن خوشه و وزن میوه تحت‌تأثیر برهمکنش سطوح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به ترتیب به‌میزان ۳۴ و ۳۶ درصد و طول میوه، وزن هسته و اندازه هسته تحت‌تأثیر ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به ترتیب ۱۶، ۵ و ۱۴ درصد افزایش پیدا کردند. افزون بر این، ویژگی‌های فیزیولوژیکی رنگیزه‌های فتوسنتزی، اسیدآمینه‌های آزاد، قندهای احیاکننده، پروتئین‌های محلول و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی نیز تحت‌تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس به صورت چشمگیری افزایش پیدا کردند. برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر کیفیت میوه خرما و ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان خرما داشت و می‌توان جهت افزایش بهبود کیفیت میوه خرما مورد استفاده قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری: محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و عنصر سیلیس باعث بهبود قابل‌توجه کیفیت میوه خرما شد که بخشی از این تأثیر به صورت مستقیم و بخشی دیگر به‌صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ درخت بود. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، اسیدآمینه‌های آزاد و قندهای احیاکننده برگ‌های درخت خرما تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک و سیلیس، منجر به فتوسنتز بیش‌تر و افزایش مواد غذایی برگ می‌گردد. این امر باعث تغذیه بهتر میوه‌های خرما و سرانجام افزایش اندازه آن‌ها می‌گردد. نتایج نشان داد که أثر برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر کیفیت میوه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ درخت خرما دارد.

استناد: ناروئی‌زاد، سعید، مظفری، حسین، آروین، سید محمد جواد، خندانی، یاسر (۱۴۰۲). تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس بر بهبود کیفیت میوه خرما (*Phoenix dactylifera*) رقم مضافتی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۲)، ۹۷-۷۷.
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20435.2954

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

خرما با نام علمی *Phoenix dactylifera* L.، گیاهی تک‌لپه، از مهم‌ترین گونه‌های اقتصادی تیره آرکاسه[1] و یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه مورد استفاده انسان می‌باشد. خرما یکی از موفق‌ترین درختان میوه در مناطق خشک و نیمه‌خشک در سراسر جهان است و به عنوان یک محصول معیشتی قابل‌توجه در نظر گرفته می‌شود (۱). خرما محبوب‌ترین میوه‌ای است که در مناطق خاورمیانه مصرف می‌شود (۲) و حاوی مقادیر قابل‌توجهی مواد مغذی ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی، کربوهیدرات‌ها و فیبرهای غذایی، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنلی است (۳). رشد خرما در مناطقی امکان‌پذیر است که دارای زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک و طولانی برای رسیدن میوه باشد و در مدت ۵ تا ۷ ماه از زمان گرده‌افشانی تا برداشت میوه، باران یا رطوبت بیش از اندازه وجود نداشته باشد. در واقع درخت خرما مناسب‌ترین درخت میوه برای کاشت در زمین‌های خشک است (۴). مناطق کشت و پرورش این گیاه ارزشمند اغلب در نواحی گرم و خشک جنوب کشور گسترش یافته است (۲). قدمت کشت خرما در ایران به ۴۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد. از نظر تنوع رقم، ایران با داشتن ۴۰۰ رقم از مجموع بیش از ۴۰۰۰ رقم مختلف موجود در جهان، غنی‌ترین منبع ژرم‌پلاسم خرما را دارد. خرما به‌عنوان دومین محصول باغی کشور، با تولید یک میلیون تن در سال، در ۱۵ استان کشت می‌شود. دو سوم خرمای تولیدی کشور مربوط به پنج استان کرمان، خوزستان، سیستان و بلوچستان، بوشهر و هرمزگان است. این میزان تولید، ایران را در رتبه چهارم تولید خرمای جهان قرار داده است. با وجود این‌که، ایران ۱۵ درصد خرمای جهان را تولید می‌کند ولی متوسط عملکرد تولید در نخلستان‌های ایران از متوسط عملکرد تولید در جهان، بسیار کم‌تر است (۵).

اسید سالیسیلیک تنظیم‌کننده درون‌زای رشد با ماهیت فنلی بوده که دارای نقش کلیدی در تنظیم رشد و نمو گیاهی و پاسخ به تنش‌های محیطی است. اسید سالیسیلیک توسط سلول‌های ریشه تولید شده و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (۶). اسید سالیسیلیک در مقادیر کم در گیاهان وجود دارد و به طور ذاتی در گیاهان نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و باعث حذف رادیکال‌های آزاد در گیاهان می‌گردد (۷). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که این تنظیم‌کننده رشد گیاهی موجب طیف وسیعی از پاسخ‌های متابولیسمی در گیاهان می‌شود و بر ویژگی‌های فتوسنتزی آن‌ها اثرگذار است (۸). اسید سالیسیلیک باعث کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید می‌شود و از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند. اسید سالیسیلیک از جمله ترکیبات فنولیکی است که نقش تنظیم‌کنندگی در فرآیندهای زیستی و زیست‌شیمیایی گیاهان دارد، که از آن جمله می‌توان به تنظیم تعرق، بسته شدن روزنه‌ها، تراوایی غشاء، رشد و فتوسنتز اشاره کرد (۸).

اگرچه سیلیس به عنوان عنصر ضروری برای رشد بیش‌تر گیاهان معرفی نشده است، اما مشخص شده است که اثرهای سودمندی بر رشد و نمو گیاهان دارد (۹). سیلیس در گیاهان یک عامل فعال‌کننده است. در واقع این عنصر ممکن است به عنوان علامتی برای فعال کردن پاسخ‌های دفاعی در برابر بیماری‌های گیاهی عمل کند. افزایش فعالیت آنزیم کیتیناز توسط سیلیس به اثبات رسیده است. افزون بر این، موجب تسریع در فعال شدن آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در حضور عوامل بیماری‌زای قارچی می‌گردد

1- Arecaceae

(۱۰). تأثیر سیلیس بـر عملکرد گیاه ممکن است به‌دلیل رسوب آن در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ باشد که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده مؤثر از نور را افزایش می‌دهد (۱۱). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که استفاده از سیلیکون باعث خنثی کردن اثرهای جانبی تنش خشکی بر رشد و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان می‌گردد. هم‌چنین سیلیکون باعث افزایش تحمل به خشکی، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی، حفظ تعادل آب، افزایش فعالیت فتوسنتز، شادابی برگ‌ها و بهبود ساختار آوند چوبی و در نهایت افزایش میزان تعرق و فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید می‌گردد (۱۲ و ۱۳). سیلیسیم، باعث کاهش شدت نفوذپذیری غشاء به علت رسوب سیلیکا در آپوپلاست دیواره سلولی و استحکام بافت گیاه می‌گردد (۱۴). سیلیس به عنوان یک عنصر مفید در بهبود رشد و ثبات ساختار در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (۴) که باعث افزایش فتوسنتز (۱۵) و فسفریلاسیون قندها و در نتیجه افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها (۱۶) می‌گردد. هم‌چنین، سیلیس با کاهش تبخیر و تعرق یا تشکیل فیتولیت زیر سلول‌های اپیدرم برگ و ساقه، باعث بهبود وضعیت آب در گیاهان می‌گردد (۱۵).

با توجه به این‌که ایران از کشورهای عمده تولیدکننده خرما در جهان است، بهبود کیفیت آن می‌تواند، منجر به صادرات بیش‌تر آن و بهبود اقتصاد کشور گردد. بنابراین در پژوهش حاضر برخی پاسخ‌های کیفی و فیزیولوژیکی میوه و برگ خرما رقم مضافتی به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در یک باغ تجاری خرما در شهرستان ایرانشهر استان سیستان و بلوچستان اجرا گردید. درختان خرما مورد مطالعه رقم مضافتی بودند که همگی ۱۴ سال سن داشتند که با فاصله ۷ × ۷ متر از هم‌دیگر قرار داشتند. برای این پژوهش ۵ ردیف درخت و در هر ردیف ۹ درخت انتخاب گردید. ردیف‌های اول، دوم و سوم جهت اعمال تیمارها و دو ردیف دیگر به عنوان حاشیه بین درختان مورد مطالعه در نظر گرفته شدند. بافت خاک نخلستان رسی- لومی بود و آبیاری نخل‌ها به صورت غرقابی صورت گرفت. در نخلستان‌های مضافتی با بافت خاک رسی- لومی، دوره آبیاری در فصل تابستان هر ۱۲ روز یک‌بار و در فصل زمستان هر ۴۰ روز یک‌بار می‌باشد.

محلول‌پاشی تیمارهای اسید سالیسیلیک و سیلیس در طی سه مرحله روی برگ و میوه درخت خرما (در سه مرحله حبابوک، کیمری و خلال) صورت گرفت. تیمار اسید سالیسیلیک شامل سه غلظت صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار سیلیس نیز شامل سه غلظت صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۷ و ۱۸).

پس از اعمال تیمارها، نمونه‌های تازه برگ و میوه خرما به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری‌های پیشرفته کرمان منتقل گردید و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی برگ درختان خرما اندازه‌گیری گردید. افزون بر این، برخی ویژگی‌های مربوط به کیفیت میوه خرما نیز مورد بررسی قرار گرفت.

ویژگی‌های کیفی میوه خرما: وزن خوشه (سه خوشه از هر درخت)، وزن خرما و وزن هسته خرما با استفاده از ترازو دیجیتال اندازه‌گیری و به ترتیب بر حسب کیلوگرم، گرم و گرم بیان شدند. افزون بر این، اندازه خرما و طول هسته خرما با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌متر بیان شدند.

ویژگی‌های فیزیولوژیکی

رنگیزه‌های فتوسنتزی: اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی به روش لیچتنتالر (۱۹۷۸) انجام شد (۱۹). میزان ۰/۲ گرم بافت تازه برگ در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. در نهایت، میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد.

اسیدآمینه‌های آزاد: میزان اسیدآمینه‌های آزاد به روش رنگ‌سنجی و با استفاده از معرف نین هیدرین انجام گرفت. ابتدا ۰/۲ گرم بافت گیاهی در ۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات سرد ۵۰ میلی‌مولار (pH=۶/۸) سائیده شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی برای سنجش میزان اسیدآمینه‌های آزاد استفاده گردید. برای تهیه معرف نین هیدرین، ۰/۳۵ گرم پودر نین هیدرین در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول حل شد. مقدار ۱ میلی‌لیتر از معرف نین هیدرین به ۵ میلی‌لیتر عصاره افزوده گردید. نمونه‌ها به مدت ۴ تا ۷ دقیقه در دمای ۱۰۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار گرفتند. بلافاصله پس از سرد شدن، میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن) در طول موج ۵۷۰ نانومتر قرائت گردید (۲۰).

قندهای احیاءکننده: میزان قندهای احیاءکننده با روش نلسون- سوموگوی (۱۹۵۲) اندازه‌گیری شد (۲۱). در ابتدا مقدار ۰/۲ گرم بافت تر برگ در ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر سائیده شد. نمونه پودر شده به یک ظرف بشر انتقال یافت و جهت رسیدن به نقطه جوش، حرارت داده شد. به محض رسیدن به نقطه جوش، حرارت قطع و محتوای بشر با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شد. پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر محلول سولفات مس به ۲ میلی‌لیتر عصاره، نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها، ۲ میلی‌لیتر محلول اسید فسفومولیبدیک به آن‌ها اضافه شد. با پدیدار شدن رنگ آبی، شدت جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن) قرائت شد. با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت قندهای احیاءکننده محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارائه گردید.

پروتئین محلول و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی

عصاره‌گیری: از یک عصاره آنزیمی مشابه برای اندازه‌گیری فعالیت پروتئین محلول و آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز استفاده شد. مقدار ۱ میلی‌لیتر بافر استخراج (pH=۷) به ۰/۱ گرم برگ پودر شده توسط نیتروژن مایع اضافه شد. بافر استخراج شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، اتیلن دی آمین ترا اسید استیک[1] ۱ میلی‌مولار، تریس هیدروژن کلراید[2] ۵۰ میلی‌مولار، تریتون- ایکس ۱۰۰[3]، دی تیو تریتول[4] ۲ میلی‌مولار و پلی وینیل پیرولیدین[5] ۱ درصد بود. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه روی یخ هموژنیزه شدند. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ یخچال‌دار (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۳۰ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. به‌منظور حفظ فعالیت آنزیمی، همه مراحل استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم روی یخ انجام شد.

پروتئین محلول: میزان پروتئین محلول برگ با استفاده از روش بردفورد (۱۹۷۶) انجام پذیرفت (۲۲). میزان

1- Ethylene Di amine Tetra Acetic acid
2- Tris- HCL
3- Triton-X100
4- Di Thio Threito
5- Polyvinylpyrrolidone

۵ میلی‌لیتر محلول بردفورد به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی افزوده گردید و پس از گذشت دو دقیقه، شدت جذب آن‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن)، در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و بر اساس مقایسه با منحنی استاندارد، غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد.

آنزیم کاتالاز: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس کاهش جذب آب اکسیژنه در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام گرفت (۲۳). بر اساس این روش مخلوط واکنش (سه میلی‌لیتر) شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، آب اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، واکنش شروع شد و کاهش در جذب آب اکسیژنه در مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس غلظت آب اکسیژنه تجزیه شده محاسبه شد.

آنزیم پراکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از پیش‌ماده گایاکول اندازه‌گیری شد (۲۴). در این روش ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۱ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول ۴ درصد و ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی به عنوان مقدار آنزیمی است که یک میکرومول گایاکول را در مدت ۱ دقیقه اکسید کند.

آنزیم آسکوربات پراکسیداز: فعالیت آسکوربات پراکسیداز بر اساس روش ناکانو و آسادا (۱۹۸۱) اندازه‌گیری گردید (۲۵). در این روش مخلوط واکنش حاوی بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۰/۱ میلی‌مولار و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آسکوربات بر اساس اکسیداسیون اسید آسکوربیک و کاهش جذب، در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با استفاده از دستاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1700، شیمادزو، ژاپن) اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی به عنوان مقدار آنزیمی است که یک میکرومول اسید آسکوربیک را در مدت ۱ دقیقه اکسید کند.

عناصر: به منظور سنجش میزان تجمع یون‌های آهن، پتاسیم، سیلیس، سدیم و کلسیم از دستگاه جذب اتمی (graphite tube Atomizer GTA-110- مدل graphite tub Atomizer ،Spectra aa 220 Varian- استرالیا) استفاده شد. ابتدا نمونه‌های گیاهی در داخل دستگاه آون به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، خشک شدند. مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد به ۰/۲۵ گرم از بافت گیاهی خشک اضافه و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد تا نمونه گیاهی به‌طور کامل در اسید حل شود. در ادامه، نمونه‌ها به مدت ۱ تا ۳ ساعت حرارت داده شدند تا بخار اسیدی زرد رنگ از نمونه‌ها خارج و محلول اسیدی شفافی به‌دست آید. با استفاده از آب مقطر حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و صاف گردید. سنجش یون محلول حاصل توسط دستگاه جذب اتمی انجام گرفت. جهت تعیین غلظت یون‌ها، محلول استاندارد هر یون قبل از اندازه‌گیری نمونه به دستگاه تزریق و نمودار استاندارد مربوطه توسط نرم‌افزار دستگاه رسم شد (۲۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تیمار اسید

سالیسیلیک و سه تیمار سیلیس در سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (v.15) و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خوشه: تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر وزن خوشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که هر دو تیمار اسید سالیسیلیک و سیلیس باعث افزایش معنی‌دار وزن خوشه در مقایسه با شاهد شدند ولی تأثیر برهمکنش غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر وزن خوشه گذاشت که باعث افزایش ۳۴ درصدی آن گردید. میزان وزن خوشه از ۷/۱ کیلوگرم در شاهد به ۸/۶ کیلوگرم در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس رسید (شکل ۱ A).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان وزن خوشه، وزن میوه، طول میوه، وزن هسته و طول هسته.

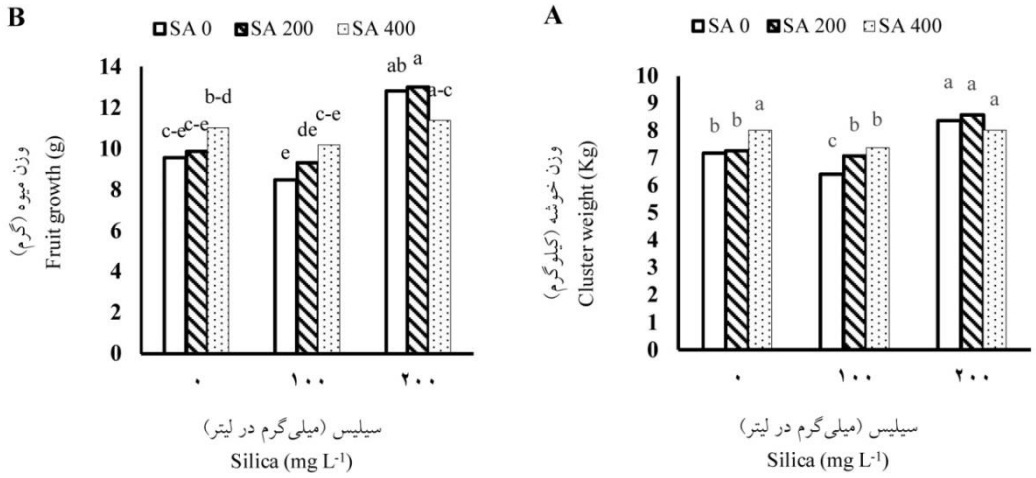
Table 1. Analysis of variance the effect of salicylic acid and silica on cluster weight, fruit weight, fruit length, kernal weight and kernal length.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		وزن خوشه Cluster weight	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	طول هسته Kernel weight	وزن هسته Kernel length
اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	2	0.61**	0.92^{ns}	0.01^{ns}	1.47*	0.009**
سیلیس Silica	2	4.28^{ns}	22.75*	0.33**	1.76*	0.02**
اسید سالیسیلیک × سیلیس Salicylic Acid × Silica	4	0.55**	2.80*	0.05**	1.21**	0.004**
خطای آزمایشی Error	18	0.10	0.99	0.009	0.17	0.0005
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.25	9.37	2.73	2.05	2.76

^{ns}، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵

^{ns}, ** and * non- significant and significant at the level of 0.01 and 0.05, respectively

وزن میوه: وزن میوه خرما که یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی میوه خرما محسوب می‌شود به‌صورت معنی‌داری تحت‌تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس قرار گرفت (جدول ۱) و به‌میزان ۳۶ درصد افزایش پیدا کرد. برهمکنش سطوح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر وزن میوه خرما گذاشتند به طوری که باعث افزایش آن از ۹/۵۴ گرم به ۱۳/۰۲ گرم شدند (شکل ۱ B).

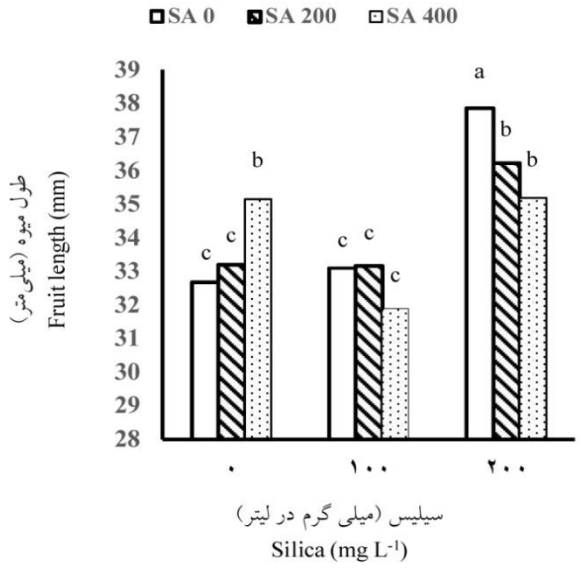


شکل ۱- تأثیر اسید سالیسیلیک و سیلیس بر A: وزن خوشه و B: وزن میوه.

میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 1. The effect of salicylic acid and silica on: A: cluster weight and: B: fruit weight.
Means with similar letters have no significant effect with Duncan's test at the 5% level.

طول میوه: تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر طول میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و باعث افزایش چشمگیر آن در مقایسه با شاهد گردید. با این وجود تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بهتر از تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس عمل کرد و بیش‌ترین تأثیر را بر میزان طول میوه خرما داشت و باعث افزایش ۱۶ درصدی آن در مقایسه با شاهد شد (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیس و اسید سالیسیلیک بر میزان طول میوه.

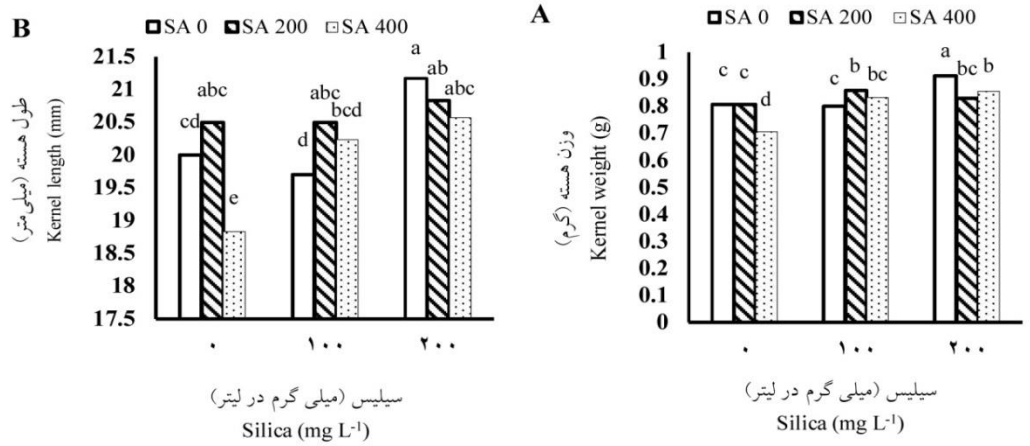
میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 2. The effect of different concentrations of silica and salicylic acid on fruit length.
Means with similar letters have no significant effect with Duncan's test at the 5% level.

طول هسته: تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر طول هسته خرما در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و باعث افزایش قابل‌توجه آن در مقایسه با شاهد گردید. با وجود معنی‌دار بودن تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس، سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر طول هسته خرما گذاشت، به‌طوری‌که میزان آن را از ۲۰/۲۱ میلی‌متر در شاهد به ۲۱/۱۶ میلی‌متر افزایش داد (شکل ۴).

وزن هسته: وزن هسته خرما به صورت معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش اثر اسید سالیسیلیک و سیلیس قرار گرفت (جدول ۱). میزان وزن هسته خرما در همه تیمارهای مورد بررسی به‌صورت چشمگیری افزایش پیدا کرد ولی بیش‌ترین آن در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بود که به میزان ۱۴ درصد افزایش پیدا کرد (شکل ۵).

پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که اسید سالیسیلیک به‌عنوان نوع جدید تنظیم‌کننده رشد گیاهی منجر به استحکام بالاتر میوه شده و از پوسیدگی آن جلوگیری می‌کند (۲۷). تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک موجب افزایش متابولیسم و بیوسنتز مواد غذایی برای استفاده گیاه می‌گردد، در نتیجه عملکرد و کیفیت میوه را در اکثر درختان میوه همیشه سبز افزایش می‌دهد (۲۸). مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک بر کیفیت میوه سیب که قبل و بعد از برداشت انجام شد، مشخص کرد که اسید سالیسیلیک بر pH آب میوه، میزان آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی تأثیر گذاشته و باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب گردید که در نهایت موجب حفظ کیفیت و افزایش طول عمر میوه بعد از برداشت گردید (۲۹). سیلیس با افزایش نسبت قند به اسید می‌تواند کیفیت پوست میوه پرتقال را در اوایل برداشت محصول بهبود بخشد و باعث استحکام بیش‌تر آن گردد (۳۰). در پژوهش حاضر، تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس باعث افزایش ویژگی‌های کیفی مربوط به میوه خرما شد که با نتایج سینها و همکاران (۲۰۲۲) و سانگ و همکاران (۲۰۱۶) در افزایش کیفیت میوه گلابی و ازگیل ژاپنی تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک و سیلیس هماهنگ است (۳۱ و ۳۲). افزون بر این، هماهنگ با نتایج پژوهش حاضر، محمدی و همکاران (۱۳۸۷) افزایش وزن و طول میوه و هسته خرما رقم شاهانی را در شرایط محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نشان دادند (۳۳).



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیس و اسید سالیسیلیک بر A: وزن هسته و B: طول هسته.

میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 3. The effect of different concentrations of silica and salicylic acid on: A: Kernel weight and B: Kernel length. Means with similar letters have no significant effect with Duncan's test at the 5% level.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تحلیل داده‌های مربوط به محتوای کلروفیل a و کارتنوئید نشان داد که تأثیر برهمکنش تیمار اسید سالیسیلیک و سیلیس بر هر دو صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، أثر برهمکنش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بیش‌ترین تأثیر را بر میزان کلروفیل a (۱۱/۹ میلی‌گرم در گرم) داشت و باعث افزایش ۴۵/۱۲ درصدی آن در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۳). افزون بر این، نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر کاروتنوئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). اثر برهمکنش ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس، بیش‌ترین تأثیر را بر محتوای کاروتنوئید داشت و باعث افزایش آن به‌میزان ۶۷ درصد شد (جدول ۳).

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس بر رقم مضافتی خرما در پژوهش حاضر نشان‌دهنده افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a و کاروتنوئید بود که رشد کلی را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک در پژوهشی دیگر نیز مشاهده شد که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند (۳۴). افزایش محتوای کلروفیل مشاهده شده در پژوهش حاضر را می‌توان به مقادیر بالای برخی عناصر ضروری مانند پتاسیم در گیاهان تیمار شده نسبت داد. افزون بر این، گزارش شده است که کمبود سیلیس باعث کاهش میزان کلروفیل a در گیاه برنج گردید که منجر به کاهش میزان فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (۳۵). هم‌چنین مشخص شده است که محلول‌پاشی سیلیس باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a و کاروتنوئید می‌گردد (۳۶) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان کلروفیل a، کاروتنوئید، اسیدآمینه‌های آزاد و قندهای احیاءکننده.

Table 2. Analysis of variance the effect of salicylic acid and silica levels on Chlorophyll a, carotenoid, free amino acids and reducing sugars.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
		کلروفیل a Chlorophyll a	کاروتنوئید Carotenoid	اسیدآمینه‌های آزاد Free amino acids	قندهای احیاءکننده Reducing sugars
اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	2	6.96*	0.81*	8.75**	1473.27*
سیلیس Silica	2	1.40ns	01.59*	5.20**	1074.56*
اسید سالیسیلیک × سیلیس Salicylic Acid × Silica	4	12.31**	2.84**	7.69**	5141.65**
خطای آزمایشی Error	18	1.47	0.14	0.61	260.75
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	14.42	13.80	6.75	14.02

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵

ns, ** and * non- significant and significant at the level of 0.01 and 0.05, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر ویژگی‌های کلروفیل a، کاروتنوئید، اسیدآمینه‌های آزاد و قندهای احیاءکننده.

Table 3. Mean comparisons of the interaction of salicylic acid and silica on the chlorophyll a, carotenoid, free amino acids and reducing sugars.

تیمار Treatment		صفات Traits			
اسید سالیسیلیک (گرم بر لیتر) Salicylic Acid ($mg\ L^{-1}$)	سیلیس (گرم بر لیتر) Silica ($mg\ L^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll a ($mg\ g^{-1}$ F.W.)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Carotenoid ($mg\ g^{-1}$ F.W.)	اسید آمینه‌های آزاد (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Free amino acid ($mg\ g^{-1}$ F.W.)	قندهای احیاءکننده (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Reducing sugars ($mg\ g^{-1}$ F.W.)
0	0	8.38±0.59^{bc}	2.52±0.33^{b}	9.54±0.26^{cd}	27.09±0.67^{cd}
	100	7.14±1.90^{c}	2.64±0.55^{b}	12.57±0.75^{a}	23.15±0.51^{e}
	200	7.46±1.29^{c}	2.09±0.24^{b}	9.34±0.37^{d}	25.77±1.50^{d}
200	0	10.18±0.65^{ab}	3.82±0.48^{a}	10.92±0.59^{bc}	28.40±0.80^{abc}
	100	6.83±1.63^{c}	2.03±0.10^{b}	10.82±0.43^{bc}	23.76±0.42^{e}
	200	7.47±0.31^{c}	2.60±0.08^{b}	13.17±0.29^{a}	27.69±0.46^{bc}
400	0	7.39±0.88^{c}	2.11±0.29^{b}	12.46±1.77^{a}	28.82±0.93^{ab}
	100	11.83±1.60^{a}	4.21±0.60^{a}	13.78±0.78^{a}	29.81±0.93^{a}
	200	8.90±1.00^{bc}	2.69±0.34^{b}	11.09±0.51^{b}	29.57±0.62^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد

Means with similar letters have no significant effect with Duncan's test at the 5% level

اسیدآمینه‌های آزاد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اسیدآمینه‌های آزاد برگ درخت خرما به صورت معنی‌داری در مقایسه با شاهد تحت‌تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس قرار گرفتند (جدول ۲). برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس، بیش‌ترین تأثیر را بر میزان اسیدآمینه‌های آزاد گذاشتند. اسیدآمینه‌های آزاد، تحت‌تأثیر این تیمار، به‌میزان ۴۴ درصد افزایش پیدا کردند (جدول ۳).

قندهای احیاءکننده: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان قندهای احیاءکننده در سطح ۱ درصد تحت‌تأثیر برهمکنش تیمارهای اسید سالیسیلیک و سیلیس قرار گرفت (جدول ۲). میزان قندهای احیاءکننده برگ درخت خرما در شاهد ۲۷/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تازه بود که تحت‌تأثیر سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به‌صورت قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد و میزان آن به ۲۹/۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه رسید.

اسیدآمینه‌های آزاد موجب توسعه سیستم کلروفیلی می‌شوند، از تجمع کلروفیل‌ها در یک قسمت جلوگیری کرده و کلروفیل‌ها را به‌طور منظم سازمان‌دهی می‌کنند (۳۷). میسرا و ساکسنا (۲۰۰۹) افزایش میزان اسیدآمینه‌های آزاد تحت‌تأثیر تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسید سالیسیلیک در عدس و زاهدی و همکاران (۲۰۲۰) افزایش میزان اسیدآمینه‌های آزاد تحت تیمار سیلیس در توت‌فرنگی را گزارش کردند

که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند (۳۸ و ۳۹). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، استفاده از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و سیلیس سبب افزایش معنی‌دار میزان اسیدآمینه‌های آزاد در گیاهان خرما در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۳). در شرایط تنش، اسیدآمینه‌های آزاد به عنوان منبع نیتروژن و کربن برای گیاه عمل می‌کنند (۳۹). قندهای احیاءکننده نیز که منبع اصلی تامین مواد غذایی برای میوه خرما هستند، بنابراین افزایش آن‌ها تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس می‌تواند به افزایش کیفیت میوه خرما کمک کند.

پروتئین‌های محلول: تأثیر برهمکنش تیمارهای اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان پروتئین‌های محلول در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین مشاهده گردید، اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک (۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سیلیس (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین تأثیر را بر میزان پروتئین‌های محلول خرما داشتند و باعث افزایش ۳۰ درصدی میزان آن در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۵).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان پروتئین، آنزیم کاتالاز، آنزیم پراکسیداز و آنزیم آسکوربات پراکسیداز.

Table 4. Analysis of variance the effect of salicylic acid and silica levels on the amount of protein, catalase, peroxidase and ascorbate peroxidase.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
		پروتئین محلول Solouble protein	کاتالاز Catalase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	پراکسیداز Peroxidase
اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	2	9895.78^{ns}	0.000001^{ns}	0.005^{**}	002^{**}
سیلیس Silica	2	694.55^{ns}	0.00001^{ns}	0.005^{**}	0.009^{**}
اسید سالیسیلیک × سیلیس Salicylic Acid × Silica	4	40603.96^{**}	0.00002^{*}	0.0008^{*}	0.003^{*}
خطای آزمایشی Error	18	3278.70	0.000005	0.0003	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.64	12.33	10.49	11.43

^{ns}، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵

^{ns}, ** and * non- significant and significant at the level of 0.01 and 0.05, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر ویژگی‌های پروتئین محلول و آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز.

Table 5. Mean comparisons of the interaction of salicylic acid and silica on the soluble protein and catalase, ascorbate peroxidase and peroxidase enzymes.

تیمار Treatment		صفات Traits			
اسید سالیسیلیک (گرم بر لیتر) Salicylic Acid ($mg\ L^{-1}$)	سیلیس (گرم بر لیتر) Silica ($mg\ L^{-1}$)	پروتئین محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تازه) Solouble protein a ($U\ mg^{-1}$ protein)	کاتالاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) Catalase ($U\ mg^{-1}$ protein)	گایاکول پراکسیداز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) Ascorbate peroxidase ($U\ mg^{-1}$ protein)	آسکوربات پراکسیداز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) Peroxidase ($U\ mg^{-1}$ protein)
	0	575.44±45.50^{bc}	0.014±0.0022^{c}	0.245±0.017^{cd}	0.118±0.0097^{c}
0	100	570.44±21.49^{bc}	0.018±0.0003^{abc}	0.221±0.021^{b}	0.149±0.0047^{b}
	200	712.66±128.97^{a}	0.021±0.0051^{a}	0.244±0.047^{cd}	0.159±0.0012^{b}
	0	601.55±35.36^{b}	0.020±0.0017^{ab}	0.219±0.018^{d}	0.113±0.045^{c}
200	100	476±34.19^{c}	0.018±0.0009^{abc}	0.305±0.020^{ab}	0.164±0.0091^{b}
	200	591±34.19^{b}	0.017±0.0014^{abc}	0.339±0.035^{ab}	0.176±0.0040^{b}
	0	573.77±43.15^{bc}	0.016±0.0019^{bc}	0.292±0.029^{bc}	0.172±0.014^{b}
400	100	743.77±69.00^{a}	0.021±0.0012^{a}	0.308±0.047^{ab}	0.212±0.0069^{a}
	200	497.11±11.34^{bc}	0.017±0.0017^{abc}	0.357±0.034^{a}	0.180±0.0065^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

Means with similar letters have no significant effect with Duncan's test at the 5% level

کاتالاز: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان کاتالاز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس باعث افزایش ۵۰ درصدی آن گردید به طوری که میزان آن از ۰/۰۱۴ واحد در میلی‌گرم پروتئین در شاهد به ۰/۰۲۱ واحد در میلی‌گرم پروتئین در درختان محلول‌پاشی شده رسید.

آسکوربات پراکسیداز: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطح ۵ درصد بود (جدول ۴). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأثیر برهمکنش ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس باعث افزایش ۷۹ درصدی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نسبت به شاهد گردید (جدول ۵).

گایاکول پراکسیداز: تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان آنزیم پراکسیداز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین مشاهده گردید که بیش‌ترین تأثیر بر فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به تیمار برهمکنش ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در

لیتر سیلیس بود که باعث افزایش ۴۶ درصدی میزان فعالیت آن در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۵).

در پژوهش حاضر، غلظت پروتئین‌های محلول و آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز برگ خرما به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس افزایش پیدا کردند. بیش‌تر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در بهبود خواص فیزیولوژیکی گیاهان تحت تنش‌های محیطی و افزایش کارایی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی کارآمد هستند (۴۰). پژوهش‌های مختلفی افزایش پروتئین محلول و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی را در شرایط تنش و شرایط بدون تنش با کاربرد اسید سالیسیلیک و سیلیس گزارش کرده‌اند (۳۹ و ۴۱) که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند. السهلی و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش دادند که اسید سالیسیلیک منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی می‌گردد که از گیاه در برابر آسیب غشا محافظت می‌کند یا ممکن است منجر به تولید موادی شود که در شرایط تنش اثر محافظتی بر رشد گیاه دارند (۴۲). افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی تحت‌تأثیر محلول‌پاشی سیلیس نیز گزارش شد است (۳۹). در پژوهشی که روی توت‌فرنگی انجام شد، نشان داده شد که محلول‌پاشی با عنصر سیلیس باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز گردید (۳۹) که با نتایج پژوهش حاضر هماهنگی دارد. سیلیس از دسترسی پروتئازها به پروتئین‌های غشای داخلی و تخریب و اختلال در غشای سلولی جلوگیری می‌کند. پژوهش انجام شده نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز در گیاه موز با افزایش غلظت سیلیس، به‌طور قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد (۴۳).

عناصر: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان عناصر مختلف برگ خرما شامل کلسیم، پتاسیم، سدیم، آهن و سیلیس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر میزان عنصر کلسیم برگ خرما گذاشت و باعث افزایش ۱۱ درصدی آن در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۷). تأثیر برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس باعث افزایش ۱۲ درصدی میزان عنصر پتاسیم نیز شدند با این تفاوت که این افزایش تحت‌تأثیر برهمکنش ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بود (جدول ۷). براساس جدول مقایسه میانگین، بیش‌ترین تأثیر بر عنصر سدیم از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به‌دست آمد که باعث افزایش میزان آن از ۰/۱۱۵ درصد در شاهد به ۰/۲۳۹ درصد در گیاهان محلول‌پاشی شده گردید (جدول ۷). افزون بر این، میزان عناصر آهن و سیلیس نیز تحت‌تأثیر برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس با بیش‌ترین افزایش مواجه شدند و میزان آن‌ها به ترتیب به میزان ۷۷ و ۹۶ درصد افزایش پیدا کرد (جدول ۷).

در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سیلیس باعث افزایش تجمع عناصر در برگ گیاه خرما رقم مضافتی در مقایسه با شاهد شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تأثیر برهمکنش تیمار اسید سالیسیلیک و سیلیس باعث افزایش میزان پتاسیم، سدیم، آهن و سیلیس گردید (جدول ۷) که با نتایج تریپاتی و همکاران (۲۰۱۲) در افزایش عناصر

کلسیم، پتاسیم، سدیم، آهن و سیلیس در گیاه برنج تحت‌تأثیر محلول‌پاشی برگی سیلیس هماهنگی دارد (۴۴). افزایش جذب پتاسیم در گیاهان تحت تیمار سیلیس می‌تواند به‌دلیل افزایش زیست توده تحت‌تأثیر سیلیس باشد. افزایش غلظت پتاسیم با کاربرد سیلیس نشان می‌دهد که احتمالاً سیلیس با افزایش فعالیت ATPase و در نتیجه بهبود عملکرد غشاء توانسته جذب پتاسیم را افزایش دهد (۴۵). وقتی سیلیس توسط گیاه جذب شد از طریق تجزیه بیولوژیک و فعالیت‌های آنزیمی شکسته شده و از بافت‌های گیاهی خارج نمی‌شود. به همین خاطر، میزان سیلیس در بافت‌های گیاهی افزایش خواهد یافت (۴۶). افزون بر این پژوهش‌های مختلفی افزایش میزان عناصر فوق را تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نشان داده‌اند (۴۷ و ۴۸). علاوه بر این، اسید سالیسیلیک نقش محافظتی در یکپارچگی غشاء و تنظیم یون‌ها و جذب مواد مغذی دارد. هم‌چنین در تنظیم جذب بسیاری از عناصر مفید گیاهان مانند منگنز، کلسیم، مس، آهن، فسفر و روی نقش دارد (۴۴).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح اسید سالیسیلیک و سیلیس بر میزان عناصر کلسیم، پتاسیم، سدیم، آهن و سیلیس.

Table 6. Analysis of variance the effect of salicylic acid and silica levels on the amount of calcium, potassium, sodium, iron and silica.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium	سدیم Sodium	آهن Iron	سیلیس Silica
اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	2	0.17**	0.02**	0.02**	0.23*	2.46**
سیلیس Silica	2	0.12**	0.13**	0.01**	0.79**	5.59**
اسید سالیسیلیک × سیلیس Salicylic Acid × Silica	4	0.05**	0.01**	0.006**	0.63**	2.29**
خطای آزمایشی Error	18	0.005	0.02	0.0002	0.04	0.07
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	1.49	1.46	8.09	8.29	8.92

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵

ns, ** and * non- significant and significant at the level of 0.01 and 0.05, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس بر ویژگی‌های کلسیم، پتاسیم، سدیم، آهن و سیلیس.

Table 7. Mean comparisons of the interaction of salicylic acid and silica on the calcium, potassium, sodium, iron and silica.

تیمار Treatment		صفات Traits				
اسید سالیسیلیک (گرم بر لیتر) Salicylic Acid ($mg\ L^{-1}$)	سیلیس (گرم بر لیتر) Silica ($mg\ L^{-1}$)	کلسیم (درصد) Calcium (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	سدیم (درصد) Sodium (%)	آهن (میلی‌گرم در گرم) Iron (mg/g)	سیلیس (میلی‌گرم در گرم) Silica (mg/g)
0	0	4.60 ± 0.026^{g}	0.115 ± 0.005^{e}	2.79 ± 0.030^{f}	1.84 ± 0.14^{f}	2.43 ± 0.25^{ef}
	100	4.65 ± 0.035^{fg}	$0.111\pm.007^{f}$	2.95 ± 0.004^{cd}	2.24 ± 0.31^{de}	2.23 ± 0.11^{ef}
	200	4.77 ± 0.037^{e}	0.103 ± 0.011^{f}	3.03 ± 0.009^{bc}	2.93 ± 0.09^{ab}	3.61 ± 0.34^{c}
200	0	4.66 ± 0.029^{f}	0.107 ± 0.012^{e}	2.83 ± 0.022^{ef}	2.60 ± 0.27^{bcd}	2.06 ± 0.47^{fg}
	100	4.93 ± 0.032^{c}	0.233 ± 0.031^{c}	3.13 ± 0.121^{a}	2.65 ± 0.22^{bc}	2.63 ± 0.15^{de}
	200	5.13 ± 0.039^{a}	0.239 ± 0.008^{b}	3.10 ± 0.016^{ab}	2.69 ± 0.28^{bc}	2.96 ± 0.15^{d}
400	0	4.84 ± 0.017^{d}	0.142 ± 0.010^{d}	2.90 ± 0.010^{de}	2.09 ± 0.22^{df}	1.71 ± 0.26^{g}
	100	5.04 ± 0.057^{b}	0.255 ± 0.005^{a}	3.07 ± 0.005^{ab}	3.26 ± 0.01^{a}	4.76 ± 0.20^{a}
	200	4.86 ± 0.007^{d}	0.184 ± 0.008^{d}	2.98 ± 0.016^{c}	2.33 ± 0.07^{cde}	4.16 ± 0.20^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

Means with similar letters indicate that there is no significant difference at the 5% level

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و عنصر سیلیس باعث بهبود کیفیت میوه خرما می‌گردد که بخشی از این تأثیر به‌صورت مستقیم و برخی دیگر به‌صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ درخت است. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ درخت خرما تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک و سیلیس، احتمالاً منجر به فتوسنتز بیش‌تر و افزایش اندازه میوه خرما می‌گردد. افزون بر این، افزایش اسیدآمینه‌های آزاد، قندهای احیاءکننده، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و هم‌چنین افزایش میزان عناصر برگ درخت خرما تحت تیمار برهمکنش اسید سالیسیلیک و سیلیس، علاوه بر این‌که می‌توانند باعث انتقال بهتر مواد غذایی جذب شده از ریشه به اندام هوایی شوند، با افزایش رشد رویش برگ‌ها، می‌توانند به تولید و انتقال بیش‌تر مواد به میوه خرما کمک کنند. بر اساس نتایج مشخص شد که تأثیر برهمکنش سطوح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس بیش‌ترین تأثیر را بر کیفیت میوه خرما و ویژگی‌های فیزیولوژیکی درخت خرما دارد. محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و عنصر سیلیس، به‌صورت قابل‌توجهی توانست به بهبود کیفیت میوه خرما کمک کند. در بازارهای جهانی رقابتی فروش میوه، افزایش کیفیت میوه خرما می‌تواند به صادرات آن با قیمت بهتر کمک کند و از این طریق سهم به‌سزایی در بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان ایفا کند.

سپاسگزاری

نگارندگان این پژوهش، از دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری‌های پیشرفته کرمان که هزینه‌های انجام این پژوهش را قبول کرد، صمیمانه قدردانی می‌کنند.

منابع

1.Mohamed, S. A., Awad, M. A. & Al-Qurashi, A. D. (2014). Antioxidant activity, antioxidant compounds, antioxidant and hydrolytic enzymes activities of 'Barhee' dates at harvest and during storage as affected by pre-harvest spray of some growth regulators. *Sci. Hort.* 167, 91-99.

2.Haghighi, S., Akhzari, D., Attaeian, B. & Bashir Gonbad, M. (2018). The effect of drought in the source area of dust storms on vegetation change (case study: western parts of Iran). *Environ. Resource. Res.* 6 (2), 195-200. [In Persian]

3.Al-Mssallem, M. Q., Alqurashi, R. M. & Al-Khayri, J. M. (2020). Bioactive compounds of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Bioactive. Compound. Underutilized. *Fruit. Nut.* Pp: 91-105.

4.Haghighi, M. & Muzafarian, M. (2013). Investigating vegetative, morphological and photosynthetic changes of tomato due to silicon and nano-silicon added to nutrient solution. *Soil. Plant. Relation.* 19, 37-47. [In Persian]

5.Marsafari, M. & Mehrabi, A. A. (2013). Molecular identification and genetic diversity of iranian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Cultivars using ISSR and RAPD markers. *Aust. J. Crop. Sci*. 7 (8), 1160.

6.Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environ. Exp. Bot.* 68 (1), 14-25.

7.Wu, J., Guo, J., Hu, Y. & Gong, H. (2015). Distinct physiological responses of tomato and cucumber plants in silicon-mediated alleviation of cadmium stress. *Front. Plant. Sci.* 6, 453.

8.Khan, M. I. R. & Khan, N. A. (2013). Salicylic acid and jasmonates: approaches in abiotic stress tolerance. *J. Plant. Biochem. Physiol.* 1, 4.

9.Alsahli, A., Mohamed, A. K., Alaraidh, I., Al-Ghamdi, A., Al-Watban, A., El-Zaidy, M. & Alzahrani, S. M. (2019). Salicylic acid alleviates salinity stress through the modulation of biochemical attributes and some key antioxidants in wheat seedlings. *Pakistan J. Bot.* 51 (5), 1551-1559.

10.Cherif, M., Menzies, J. G., Ehret, D. L., Bogdanoff, C. & Belanger, R. R. (1994). Yield of cucumber infected with Pythium aphanidermatum when grown with soluble silicon. *HortScience*. 29 (8), 896-897.

11.Chaoui, A., Mazhoudi, S., Ghorbal, M. H. & El Ferjani, E. (1997). Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant. Sci.* 127 (2), 139-147.

12.Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., An, P., Morita, S., Luxova, M. & Lux, A. (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor. *Physiol. Plant.* 123 (4), 459-466.

13.Aziz, T. & Gill, M. (2002). Silicon nutrition and crop production: a review. Pakistan. *J. Agric. Sci.* Pp: 1-8.

14.Abu-Muriefah, S. S. (2015). Effects of silicon on membrane characteristics, photosynthetic pigments, antioxidative ability, and mineral element contents of faba bean (*Vicia faba* L.) plants grown under Cd and Pb stress. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2 (6), 1-17.

15.Cao, B. L., Wang, L., Gao, S., Xia, J. & Xu, K. (2017). Silicon-mediated changes in radial hydraulic conductivity and cell wall stability are involved in silicon-induced drought resistance in tomato. *Protoplasma*. 254 (6), 2295-2304.

16.Adams, F. (2015). Interactions of phosphorus with other elements in soils and in plants. *Role. Phosphorus. Agric*. Pp: 655-680.

17.Rasmia, S. S. (2014). Exogenous supply of salicylic acid and IAA on morphology and biochemical characteristics of date palm plantlets exposed to salt stress. *Middle. East. J.* 3 (3), 549-559.
18.Emad, A. A., Yousry, B., Elmahdy, M., & Mohamed, R. (2017). Silicon supplements affect yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in net houses. *African. J. Agric. Res.* 12 (31), 2518-2523.
19.Harmut, A. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes. Method. *Enzymol*. 148, 350-383.
20.Hwang, M. N. & Ederer, G. M. (1975). Rapid hippurate hydrolysis method for presumptive identification of group B streptococci. *J. Clin. Microbiol*. 1 (1), 114-115.
21.Somogyi, M. (1952). Determination of reducing sugars by Nelson-Somogyi method. *J. Biol. Chem.* 200, 245.
22.Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72 (1-2), 248-254.
23.Velikova, V., Yordanov, I. & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. *Plant. Sci*. 151 (1), 59-66.
24.Plewa, M. J. & Wagner, E. D. (1993). Activation of promutagens by green plants. *Annu. Rev. Genet.* 27 (1), 93-113.
25.Nakano, Y. & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant. Cell. Physiol*. 22 (5), 867-880.
26.Sagner, S., Kneer, R., Wanner, G., Cosson, J. P., Deus-Neumann, B. & Zenk, M. H. (1998). Hyperaccumulation, complexation and distribution of nickel in Sebertia acuminata. *Phytochem.* 47 (3), 339-347.
27.Rao, T. R., Gol, N. B. & Shah, K. K. (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Sci. Hort.* 132, 18-26.
28.El-Sayed, R. & Habasy, Y. (2015). Effect of spraying salicylic acid on fruiting of Valencia orange trees. Alexandria. *J. Agric. Sci.* 60 (3), 119-126.
29.Hadian-Delijou, M., Esna-Ashari, M. & Sarikhani, H. (2017). Effect of pre-and post-harvest salicylic acid treatments on quality and antioxidant Properties of' Red Delicious' apples during cold storage. *Adv. Hort. Sci*. 31 (1), 31-38.
30.Hoda, M. M., Faten, A. K. & Azza, A. M. A. (2013). Effect of magnetite and some biofertilizers application on growth and yield of Valencia orange trees under El-Bustan condition. *Nat. Sci*. 11, 6.
31.Sinha, A., Gill, P. P. S., Jawandha, S. K. & Singh, N. P. (2022). Chitosan coatings incorporated with salicylic acid enhanced postharvest quality of pear under different storage conditions. *J. Food. Meas. Charact.* Pp: 1-10.
32.Song, H., Yuan, W., Jin, P., Wang, W., Wang, X., Yang, L. & Zhang, Y. (2016). Effects of chitosan/nano-silica on postharvest quality and antioxidant capacity of loquat fruit during cold storage. Postharvest. *Biol. Technol*. 119, 41-48.
33.Mohammadi, S. A., Abu Talebi, A., Hassanzadeh, A. & Mohammadi, M. (2008). Investigating the effect of plant growth regulators on the quantitative and qualitative characteristics of Shahani dates. *J. Res. Agric. Sci.* 4, 204-212. [In Persian]
34.Muhammed, M. A., Mohamed, A. K. S., Qayyum, M. F., Haider, G. & Ali, H. A. (2022). Physiological response of mango transplants to phytohormones under salinity stress. *Sci. Hort*. 296, 110918.
35.Malmir, A. & Vrodi, S. (2015). The effect of silicon on the amount of phytochelate, non-structural carbohydrates and K in Iranian rice Oriza sativa. *Plant. Res. J.* 27, 937-948. [In Persian]
36.Ranganathan, S., Suvarchala, V., Rajesh, Y. B. R. D., Srinivasa Prasad, M., Padmakumari, A. P. & Voleti, S. R. (2006). Effects of silicon sources on its

deposition, chlorophyll content, and disease and pest resistance in rice. *Biol. Plant.* 50 (4), 713-716.
37. Ghorbanli, M. L., Khanlari, M., Hajhoseini, R. & Zali, H. (2006). The Influence Of Accumulation Of Lead On The Contents Chlorophyll, Iron And Calcium In Two Varieties Of Rape Seed (*Brassica Napus* L.). *Res. construct*. Pp: 34-40. [In Persian]
38. Misra, N. & Saxena, P. (2009). Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant. Sci.* 177 (3), 181-189.
39. Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S. & Padervand, M. (2020). Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Sci. Reports.* 10 (1), 1-18.
40. Jaleel, C. A., Gopi, R., Manivannan, P. & Panneerselvam, R. (2008). Exogenous application of triadimefon affects the antioxidant defense system of Withania somnifera Dunal. Pesticide. *Biochem. Physiol.* 91 (3), 170-174.
41. Ranjbaran, E., Sarikhani, H., Bakhshi, D. & Pouya, M. (2011). Investigation of salicylic acid application to reduce postharvest losses in stored 'Bidaneh Ghermez'table grapes. *Int. J. Fruit. Sci.* 11 (4), 430-439.
42. Alsahli, A., Mohamed, A. K., Alaraidh, I., Al-Ghamdi, A., Al-Watban, A., El-Zaidy, M. & Alzahrani, S. M. (2019). Salicylic acid alleviates salinity stress through the modulation of biochemical attributes and some key antioxidants in wheat seedlings. *Pakistan. J. Bot*. 51 (5), 1551-1559.
43. Helaly, M. N., El-Metwally, M. A., El-Hoseiny, H., Omar, S. A. & El-Sheery, N. I. (2014). Effect of nanoparticles on biological contamination of' in vitro'cultures and organogenic regeneration of banana. *Aust. J. Crop. Sci.* 8 (4), 612.
44. Tripathi, D. K., Singh, V. P., Kumar, D. & 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. Physiol. Plant*. 34 (1), 279-289.
45. Chen, D., Cao, B., Wang, S., Liu, P., Deng, X., Yin, L. & Zhang, S. (2016). Silicon moderated the K deficiency by improving the plant-water status in sorghum. *Plant. Physiol.* 10 (6), 22-29.
46. Anser, A., Basra, S. M. A., Hussain, S. & Iqbal, J. (2012). Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. *Pakistan. J. Nutr.* 11 (8), 637-655.
47. Jini, D. & Joseph, B. (2017). Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. *Rice. Sci.* 24 (2), 97-108.
48. Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant. Sci.* 164 (3), 317-322.