Plant Prod., 2024, 47(2), 309-321
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46214.2144
Received: 14 March 2024
Accepted: 26 May 2024

Plant Productions
Research Article

Foliar application of silica and potassium sulphate on some characteristics of pomegranate fruit cv. 'Malase-Saveh'

Farzad Abdollahi[1], Abdolkarim Zarei[2*], Javad Erfani-Moghadam[3], Mahmood Rostaminia[4]

1. Former M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
2. Associate Professor in Department of Plant Production and Genetic (Plant Biotechnology), Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran.
3. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
4. Associate Professor, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Citation: Abdollahi, F., Zarei, A., Erfani-Moghadam, J., Rostaminia, M. (2024) Foliar application of silica and potassium sulphate on some characteristics of pomegranate fruit cv. 'Malase-Saveh'. *Plant Productions*, 47(2), 309-321

Abstract

Introduction

Pomegranate (*Punica granatum* L.) is a fruit-bearing species with a long history of cultivation in the tropical and subtropical regions of the world. Pomegranate production in Iran, as the main pomegranate producer in the world, is faced with different challenges. Fruit cracking is one of the serious disorders in pomegranate that cause significant reduction in the quality of fruit and subsequent economic damages to the pomegranate producers annually. Fruit cracking can be controlled to some extent by appropriate orchard management. Proper orchard fertilization is among the influential cases that can lead to the improvement in the physiological state of trees in favor of reducing the fruit cracking.

Materials and methods

In this study, the effects of silicon and potassium sulfate spraying were investigated on the fruit cracking and some quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruit. An experiment was conducted to evaluate the combined effects of four levels of silica (0, 100, 300, and 500 ppm) and three levels of potassium sulfate (0, 0.75%, and 1.5%) spraying on the fruit of pomegranate cv. 'Malase-Saveh', one of the most important pomegranate varieties of Iran. The treatments were applied three times during the growing season. The experiment was arranged in a factorial experiment based on the completely randomized block design in three replicates. Data analysis was performed using SAS statistical software and the means were compared using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 5% level of significance.

* **Corresponding Author:** Abdolkarim Zarei
E-mail: zarei@jahromu.ac.ir

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Results and Discussion

The results indicated that most of the qualitative and quantitative traits were influenced by foliar spraying of these substances. Also, the results indicated that foliar application of silica, potassium sulfate, and their interaction significantly affected the fruit cracking. According to the results, the lowest fruit cracking (2.64%) was obtained by spraying 500 ppm silica and 0.75% potassium sulfate, while the highest fruit cracking (27.87%) was recorded from control plants. The highest fruit weight (204 g) was recorded in the treatment of 1.5% potassium sulfate and the lowest fruit weight (144 g) was recorded from untreated plants. Most of the treatments had a positive effect on fruit and aril weight and increased this character compared to the control. Spraying with 500 ppm silica and 1.5% potassium sulfate resulted in the highest (39.69 g) 100 arils weight, while control plants had the lowest (29.14) 100 arils weight. Silica and potassium sulfate treatment also improve the total soluble solid and titratable acidity in the fruit juice of pomegranate.

Conclusion

The data obtained from this study could provide valuable insights into the effects of proper fertilization in reducing one of the main pomegranate disorders. Overall, the results indicated that combined spraying of silica (500 ppm) with potassium sulfate (1.5%) is more effective than their individual use and results in the higher fruit yield and quality, as well as a lower cracking disorder. These findings suggest that there are synergistic effects between these compounds. According to the results of this investigation simultaneous application of silica and potassium is suggested as a practical strategy in orchard management practices that could be beneficial for improving qualitative and quantitative attributes of pomegranate fruit.

Keywords: Aril, Fruit cracking, Fruit quality, Nutrition, Potassium

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۳، ٤۷(۲)،۳۰۹ -۳۲۱
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46214.2144
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و سیلیسیم بر برخی خصوصیات میوه انار رقم ملس ساوه

فرزاد عبداللهی[۱]، عبدالکریم زارعی[۲*] ، جواد عرفانی مقدم[۳]، محمود رستمی‌نیا[٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی (بیوتکنولوژی)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴- دانشیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

تولید انار در ایران، به عنوان یکی از مهمترین کشورهای تولید کننده انار دنیا، با چالش‌هایی روبرو می‌باشد. ترک‌خوردگی میوه انار یکی از مهمترین این چالش‌ها می‌باشد که باعث کاهش بسیار زیاد در کیفیت میوه‌های تولیدی گردیده و هر ساله صدمات اقتصادی بسیار زیادی به باغداران تحمیل می‌کند. مدیریت صحیح باغ، بخصوص عملیات داشت مناسب، می‌تواند نقش بسیار مهمی در کنترل این عارضه و کاهش صدمات ناشی از آن داشته باشد. تغذیه مناسب گیاه از جمله موارد تاثیر گذار در این زمینه می‌باشد که می‌تواند با بهبود شرایط فیزیولوژیکی گیاه و میوه در کاهش این عارضه موثر باشد. در این پژوهش، اثرات محلول‌پاشی سیلیسیم و سولفات پتاسیم بر میزان ترک‌خوردگی و برخی از خصوصیات کمی و کیفی میوه انار بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با محلول‌پاشی سیلیسیم در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در ترکیب با سولفات پتاسیم در سه سطح (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد)، روی انار رقم ملس ساوه کشت شده در سال ۱٤۰۱ روی یکی از باغات تجاری انار واقع شده در شهرستان چرداول استان ایلام انجام شد. تیمارهای مورد بررسی سه بار در طول فصل رشد تکرار شدند. نتایج حاصله نشان داد که اکثر صفات کمی و کیفی میوه تحت تأثیر محلول‌پاشی ترکیبات مذکور قرار گرفتند. همچنین نتایج مطالعه نشان داد محلول‌پاشی سیلیسیم، سولفات پتاسیم و اثر متقابل بین آنها بر میزان ترک‌خوردگی میوه انار معنی‌دار است. بیشترین ترک‌خوردگی میوه (۲۷/۸۷ درصد) در درختان شاهد ثبت شد وکمترین آن (۲/٦٤ درصد) در محلول‌پاشی سیلیسیم ۵۰۰ پی‌پی-ام و سولفات پتاسیم ۰/۷۵ درصد به دست آمد. همچنین محلولپاشی با سیلیسیم و سولفات پتاسیم علاوه بر کاهش ترکیدگی میوه باعث بهبود دیگر صفات میوه هم گردید، به‌طوریکه بیشترین میزان وزن میوه با مقدار ۲۰٤ گرم در تیمار سولفات پتاسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۱٤٤ گرم) در نمونه شاهد ثبت شد. نتایج نشان داد هر دو تیمار استفاده شده بر وزن میوه تاثیر گذاشته و باعث افزایش وزن میوه و آریل نسبت به شاهد شدند. در مجموع، بر اساس نتایج حاصل شده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی ترکیبی سیلیسیم با

* **نویسنده مسئول:** عبدالکریم زارعی
رایانامه: zarei@jahromu.ac.ir

سولفات پتاسیم نسبت به تیمارهای انفرادی آنها کارآمدتر بوده و منجر به بهبود عملکرد، کیفیت میوه و همچنین کاهش ترک‌خوردگی میوه گردید که نشان می‌دهد بین این ترکیبات اثرات هم افزایی وجود دارد. بر اساس نتایج این پژوهش استفاده همزمان از سیلیسیم و سولفات پتاسیم بعنوان راهکاری عملی برای کاهش عارضه ترکیدگی میوه و بهبود کمی و کیفی میوه انار پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه ها: آریل، پتاسیم، ترک‌خوردگی میوه، تغذیه، کیفیت میوه

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. متعلق به تیره Lythraceae و یکی از میوه‌های مهم مناطق نیمه‌گرمسیری است (Sheikh and Manjula, 2009; Yuan *et al.*, 2018). ایران به عنوان مبدا اصلی پیدایش و مرکز تنوع انار می‌باشد و این محصول به عنوان یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های خوراکی شناخته شده است (Olyaie Torshiz *et al.*, 2017; Zarei *et al.*, 2020). سازگاری بالا به شرایط متنوع اقلیمی، امکان کشت و کار انار را در خاک‌های فقیر و کم‌توان فراهم کرده است (Hosein-Beigi *et al.*, 2019).

شکافتن یا ترک خوردن میوه یک اختلال فیزیولوژیکی شایع است که بر تولید و کیفیت میوه انار تأثیر منفی می گذارد (Khalil and Aly, 2013؛ Olyaie Torshiz *et al.*, 2020). ترکیدگی میوه‌ها به علل مختلف اتفاق می‌افتد و به وضوح در بیشتر میوه‌ها مانند انار، لیچی، سیب، گیلاس، انگور، آلو، خرمالو، آووکادو، مرکبات رایج است. هنگامی که میوه بالغ ترک می‌خورد، قارچ‌ها یا باکتری‌های خاصی به آن نیز حمله می‌کنند که باعث افزایش صدمات اقتصادی زیادتری به تولید کننده می گردد (Olyaie Torshiz *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2020). کم آبی، نامنظم بودن دور آبیاری، وجود رقم حساس، تفاوت دمای شب و روز و سرمای زودرس پاییزه، بویژه اگر توأم با ریزش باران باشد، عوامل اصلی در ایجاد عارضه ترکیدگی میوه انار می‌باشند. عارضه ترک‌خوردگی میوه تقریبا در تمام مناطق انارکاری دنیا به خصوص در مناطق گرم و خشک رواج دارد و یکی از راهکارهای موثر برای کاهش ترک خوردگی میوه، مدیریت مناسب باغ برای به حداقل رساندن تنش آبی، تغذیه مناسب، کنترل عوامل فیزیولوژی و انتخاب رقم‌های مقاوم است (Khadivi-Khub, 2015).

تغذیه مناسب گیاهی یکی از عوامل اصلی رشد درختان و در نهایت عملکرد و کیفیت میوه می‌باشد. در حال حاضر به خوبی ثابت شده است که گیاهان سالم و قوی، تحمل بیشتری در برابر تنش‌های محیطی دارند (Altieri and Nichollas, 2003). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر پرمصرف نقش مهمی در گیاهان دارد. این عنصر در فرایندهای مختلف از جمله فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون، سنتز پروتئین و فعال‌سازی آنزیم (Mengel, 2007)، بهبود درصد تشکیل و رشد میوه، و در نهایت عملکرد و کیفیت میوه نقش دارد (Fageria *et al.*, 2010). در پژوهشی، محلول‌پاشی نیترات پتاسیم با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی انار باعث افزایش درصد آب میوه، وزن میوه، مواد جامد محلول و ویتامین C گردید (Khayyat *et al.*, 2012). تیمار انار رقم "کندی" با چهار سطح K_2O به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم در هر درخت باعث افزایش بهره وری، وزن، اندازه میوه و درصد آب آریل شد (Dhillon *et al.*, 2011). محلول‌پاشی پتاسیم روی انار رقم ملس ساوه به میزان صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش عملکرد میوه شد و برخی از شاخص‌های مرتبط با آریل مانند TSS، حجم آب میوه، شاخص آنتوسیانین و آنتوسیانین کل بهبود یافتند (Davarpanah *et al.*, 2017).

از سویی دیگر، سیلیسیم بعد از اکسیژن به عنوان دومین عنصر فراوان در پوسته زمین می باشد و ۲۸ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد (Pavlovic *et al.*, 2021). سیلیسیم اگرچه در خاک فراوان است، اما این عنصر در گیاه یافت نمی‌شود و فرم موجود سیلیسیم در گیاهان همیشه به شکل ترکیبی با سایر عناصر می‌باشد، عناصری که معمولاً اکسید یا سیلیکات را تشکیل می‌دهند (Gunes *et al.*, 2007). به عبارتی بیشتر منابع سیلیسیم در خاک به فرم آلومینوسیلیکات‌های متبلور می‌باشند که بعلت نامحلول بودن به طور مستقیم برای گیاه قابل استفاده نمی‌باشند (Ghasemi et al, 2020). سیلیسیم توسط گیاهان به شکل اسید سیلیسیک بدون بار (H_4SiO_4) جذب می‌شود و در نهایت به طور برگشت ناپذیر در سرتاسر گیاه رسوب می‌کند (Ranganathan *et al.*, 2006). سیلیسیم جذب شده توسط ریشه به شکل اسید سیلیسیک و سپس به همان شکل به ساقه منتقل می‌شود. مطالعات زیادی نشان داده است که تیمار گیاهان با سیلیسیم می‌تواند به‌طور چشمگیری تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند فلزهای سنگین، نمک، خشکی، سرما و یخزدگی را کم کند (Liang *et al.*, 2015).

مطالعه و بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی انار تحت تیمارهای مختلف عناصر غذایی از اهمیت بالایی در تحقیقات مربوط به انار برخوردار است. با توجه به اینکه گیاه انار بیشتر در مناطق کویری و خشک با تابستان‌های گرم و خشک و آفتاب سوزان با بادهای گرم تابستان و بادهای سرد اوایل پاییز پرورش داده می‌شود، میوه انار تحت این تنش‌ها دچار عارضه‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی از جمله ترکیدگی و آفتاب سوختگی و کاهش عملکرد می‌گردد، لذا استفاده از محلول‌پاشی عناصر غذایی از جمله سیلیسیم و پتاسیم می‌تواند در کاهش عارضه ترکیدگی و افزایش خصوصیات کمی و کیفی میوه انار مؤثر واقع گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه طاق گاورین از توابع شهرستان چرداول استان ایلام در یکی از باغات تجاری انار روی رقم ملس ساوه انجام شد. شهرستان چرداول با طول جغرافیایی (″۳۲ ′۸۱ °۴۶)، عرض جغرافیایی (″۵۱ ′۵۶ °۳۳) و در ارتفاع ۷۸۷ متری از سطح دریا قرار گرفته است. شاخص‌های اقلیمی بلند مدت ۱۰ ساله مرتبط با دما، رطوبت و بارندگی ماهانه ارائه شده است (جدول ۱). در این مطالعه اثرات محلول‌پاشی سیلیسیم و سولفات پتاسیم بر ترکیدگی و خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. درختان انار دارای ۱۰ سال سن بودند و با فاصله ۲/۵ متر روی ردیف و ۳ متر بین ردیف کشت شده بودند. عنصر سیلیسیم در چهار غلظت (صفر، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در ترکیب با سولفات پتاسیم (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد) در سه مرحله در تاریخ های ۳۰ خرداد، ۳۰ تیر و ۳۰ مرداد روی درختان محلول‌پاشی شدند. در زمان رسیدن میوه، تعداد میوه‌های سالم، آفتاب‌سوخته و ترک‌خورده از هر درخت شمارش و از هر درخت تعداد ۱۵ میوه سالم، آفتاب‌سوخته و یا ترک‌خورده به صورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی از صفات مربوط به میوه شامل وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن صد آریل انار، وزن تر و خشک پوست میوه، درصد رطوبت و ماده خشک پوست میوه، درصد مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه بررسی شد.

برای اندازه‌گیری درصد ترکیدگی و آفتاب‌سوختگی میوه از نسبت تعداد میوه‌های ترک خورده یا آفتاب‌سوخته به تمام میوه های روی درخت استفاده شد (Hegazi *et al.*, 2014). وزن میوه‌ها با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت یک صدم گرم به دست آمد و میانگین وزن حاصل به عنوان وزن میوه در نظر گرفته شد. قطر عرضی و طول میوه بدون احتساب کاسه گل با استفاده از کولیس با دقت یک صدم میلیمتر اندازه‌گیری شد

(Hernández *et al.*, 2014) و میانگین اعداد حاصل به عنوان طول و عرض میوه در نظر گرفته شد. جهت اندازه-گیری وزن تر و خشک پوست میوه از ترازوی دقیق الکترونیکی با دقت یک صدم گرم استفاده شد. بدین منظور در سه نقطه میوه بخشی از پوست انتخاب و وزن تر پوست توزین و برای اندازه گیری وزن خشک، نمونه‌ها در پاکت گذاشته شدند و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از خشک شدن، نمونه‌ها توزین و در نهایت مقدار ماده خشک و درصد رطوبت پوست میوه محاسبه شد. ضخامت پوست میوه در چند نقطه میوه با استفاده از کولیس با دقت یک صدم میلیمتر اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد حاصل به عنوان ضخامت پوست در نظر گرفته شد. صد آریل از هر میوه شمارش و با ترازوی دقیق الکترونیکی با دقت یک صدم گرم اندازه‌گیری گردید. بعد از توزین آریل‌ها، عصاره تهیه و درصد مواد جامد محلول به وسیله رفرکتومتر دستی بر حسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد (Rashno nezhad *et al.*, 2015). اسیدیته کل عصاره میوه به روش تیتراسیون با تیتر کردن ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به ۸/۲ = pH اندازه‌گیری شد (Zarei, 2017). هم‌چنین نمونه-برداری از خاک برای ارزیابی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در باغ مورد آزمایش انجام شد (Shahid *et al.*, 2014). بدین منظور سطح خاک از بقایای گیاهی پاک شد و نمونه‌برداری در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ و در سایه انداز درخت صورت گرفت. نمونه-برداری از چند قسمت مختلف در باغ و برای هر بلوک به شکل جداگانه انجام شد و در نهایت نمونه‌های هر بلوک مخلوط و یک نمونه مرکب برای هر بلوک تهیه شد و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه ایلام اندازه‌گیری شد (جدول ۲). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS (نسخه ۹/۳/۱) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد وزن میوه، ضخامت پوست میوه، وزن ۱۰۰ آریل انار، مواد جامد محلول، درصد اسید عصاره میوه، نسبت قند به اسید عصاره، آفتاب سوختگی و ترکیدگی میوه جزء پارامترهایی بودند که تحت تاثیر محلول‌پاشی سیلیسیم و سولفات پتاسیم قرار گرفتند (جدول ۳). در این بین اثرات متقابل سیلیسیم و سولفات پتاسیم روی درصد ترکیدگی میوه، ضخامت پوست میوه، وزن ۱۰۰ آریل، pH، مواد جامد محلول، درصد اسید و نسبت قند به اسید عصاره میوه انار معنی‌دار بود. نتایج نشان داد برهمکنش سیلیسیم و پتاسیم بر وزن ۱۰۰ آریل انار اثر گذاشته بودند و باعث افزایش وزن ۱۰۰ آریل نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان وزن ۱۰۰ آریل انار با مقدار ۳۹/۶۹ گرم در تیمار سیلیسیم ۵۰۰ پی‌پی‌ام و پتاسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۲۹/۱۴ گرم) در نمونه شاهد ثبت شد (جدول ۴). افزایش وزن آریل انار ممکن است تحت تاثیر افزایش در میزان تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و در نهایت سبب افزایش جذب آب در آنها قرار گیرد (Reddy and Prasad, 2012). بیشترین میزان وزن میوه با مقدار ۲۰۴ گرم در تیمار پتاسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۱۶۵ گرم) در نمونه شاهد ثبت شد. در حالت کلی وزن میوه در تیمارهای مختلف پتاسیم و یا سیلیسیم در مقایسه با شاهد افزایش یافته بود (جدول ۵). نتایج نشان داد بیشتر تیمارهای استفاده شده بر ضخامت پوست اثر گذاشته بودند و باعث افزایش ضخامت پوست میوه نسبت به شاهد شدند (جدول ۴). بیشترین میزان ضخامت پوست میوه با مقدار ۸/۲۹ میلی‌متر در تیمار سیلیسیم ۳۰۰ پی‌پی‌ام و پتاسیم ۰/۷۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۳/۳۵ میلی متر) در نمونه شاهد ثبت شد.

Table 1. Long term (10 years) climate indices of Chardavol region.

Index		Month											
		Unit	March -April	April-May	May-June	June-July	July-August	August-September	September-October	October-November	November-December	December-January	January-February	February-March
Temperature	Max of Tem.	˚C	39.3	39.2	45.4	47.7	48.5	47.2	40.7	39.0	25.6	22.0	24.6	30.4
	Average of Max Tem.	˚C	23.9	30	37.8	42.7	43.2	39.8	33.1	22.8	15.3	12.8	14.2	19.0
	Min of Tem.	˚C	0.0	5.8	13.0	20.0	16.8	16.0	7.0	2.0	-2.4	-5.0	-6.6	-3.0
	Average of Min Tem.	˚C	10	15.1	21.5	25.7	26.2	23.2	17.3	10.9	4.8	2.6	3.2	6.3
	Average of Monthly Tem.	˚C	17	22.6	29.7	34.2	34.7	31.5	25.2	16.8	63.6	7.7	8.7	12.6
Humidity	Max of Humidity	%	98	98	82.0	42.0	61.0	88.0	92.0	100	100	100	100	97.0
	Average of max. Humidity	%	66	58.4	32.6	26.5	27.3	29.8	39.1	67.3	75.8	78.5	77.9	71.5
	Min. Humidity	%	0.0	6	0.0	3.0	4.0	4.0	5.0	7.0	4.0	16.0	15.0	4.0
	Average of Min Humidit	%	29.4	23.2	10.8	9.1	10.1	11.1	15.9	37.0	45.1	45.7	42.8	33.4
	Average of Monthly Humidity	%	48	40.8	21.7	17.8	18.7	20.5	27.5	52.2	60.4	62.1	60.4	52.4
Precipitation	Average of Precipitation	mm	62.3	35.6	0.1	0.0	0.8	1.6	9.8	80.2	65.4	49.6	74.5	39.4

Table 2. Some of the physical and chemical properties of soil in the experimental orchard

SO_4^{2-} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	N (%)	pH	Organic Carbon (%)	Electrical Conductivity (ds/m)	Texture	Loam (%)	Silt (%)	Sand (%)
35.44	10.78	0.236	28.8	0.034	7.89	1.86	4.55	Sandy-Loam	8.5	23.3	68.2

ضخامت پوست میوه در بین انواع ارقام انار متغیر می‌باشد و حتی در داخل یک رقم، میوه‌های حاصل از گل‌های سری اول انار که معمولاً میوه‌های بزرگتری تولید می‌کنند دارای ضخامت پوست بیشتری می‌باشند. میوه‌های دارای پوست ضخیم از لحاظ انبارداری بسیار مناسب‌تر از میوه‌های پوست نازک هستند. در مناطقی که در زمان برداشت انار بارندگی پاییزه و یا سرمای زودرس پاییزه وجود دارد، با توجه به خسارت ترکیدگی انار، کاشت ارقام انار که دارای پوست ضخیم‌تری می‌باشند ترجیح داده می‌شود. نتایج گزارشات نشان داد میوه ارقامی از انار که دارای پوست نازکتر باشند در اثر کوچکترین تغییر در تعادل حرارت و رطوبت دچار عارضه ترکیدگی می‌شوند، ولی میوه ارقامی از انار که دارای پوست ضخیم‌تر باشند نسبت به تغییرات دما و رطوبت محیط حساسیت کمتری دارند (Behzadi-Shahrebabaki *et al.*, 2004).

Table 3. Analysis of variance of effects of K and Si treatments on qualitative and quantitative attributes of pomegranate fruit 'Malase-Saveh' cultivar

Source of Variation	df	Fruit length	Fruit diameter	Ratio of fruit length/diameter	Fruit weight	Fruit peel thickness	Fruit peel moisture	Fruit peel dry matter
Si	3	0.600 ^{ns}	1.098 ^{ns}	0.001 ^{ns}	2534.31**	7.86**	38.84^{ns}	3.84^{ns}
K	2	0.760 ^{ns}	0.670 ^{ns}	0.000 ^{ns}	2145.81**	3.04**	3.58^{ns}	3.58^{ns}
Si × K	6	0.061 ^{ns}	0.190 ^{ns}	0.002 ^{ns}	440.28^{ns}	4.18**	3.08^{ns}	3.08^{ns}
Error	24	0.52	0.63	0.000 ^{ns}	296.06	0.48	80.06	80.05
CV (%)	-	8.85	9.25	4.29	9.11	13.93	12.26	33.08

**, *, and ns: significantly different at 1%, 5% and no significant differences, respectively.

Continue Table 3. Analysis of variance of effects of K and Si treatments on qualitative and quantitative attributes of pomegranate fruit 'Malase-Saveh' cultivar

Source of Variation	df	100 arils weight	Total Soluble Solid (TSS)	pH	Titratable acidity (TA)	TSS/TA	Sunburn injury	Fruit cracking
Si	3	48.02*	2.02*	0.40*	0.51^{ns}	162.33**	283.22*	217.13**
K	2	10.14*	0.12^{ns}	0.08 ^{ns}	0.12*	61.25^{ns}	207.97*	106.72**
Si × K	6	23.11*	3.77**	0.21 *	0.56*	108.94*	142.32^{ns}	127.83**
Error	24	12.47	0.74	0.10	0.26	33.88	73.09	18.86
CV (%)	-	10.55	5.88	10.65	37.02	43.23	69.50	48.34

**, *, and ns: significantly different at 1%, 5% and no significant differences, respectively.

نتایج نشان می‌دهد خاصیت الاستیسیته و رشد دیواره سلولی در میوه ارقامی که دارای پوست ضخیم‌تری هستند نسبت به ارقامی که ضخامت پوست میوه در آنها کمتر می‌باشد، بیشتر بوده و مقاومت دیواره سلولی و سطح پوست میوه آن بالاتر و در برابر فشار و کشش بیشتر است. این خاصیت باعث افزایش مقاومت میوه در برابر ترکیدگی می‌شود. تاثیر پتاسیم در کاهش ترک خوردگی میوه از طریق محکم کردن پوست میوه و به علت نقش حیاتی آن در سنتز و جابه‌جایی کربوهیدراتها می‌باشد (Fang *et al.*, 2002). نتایج این تحقیق منطبق با نتایج مطالعات قبلی مبنی بر تاثیر مثبت کاربرد پتاسیم بر افزایش ضخامت پوست میوه‌های مختلف می‌باشد (Savreet *et al.*, 2013; Mokhtarzadeh and Shahsavar, 2020; Jiao *et al.*, 2022). گزارشات حاکی است که اگر پتاسیم در برگهای گونه‌های سیتروس حساس به ترکیدگی پوست میوه افزایش یابد (به میزان ۱/۵–۱ درصد)، ضخامت پوست میوه افزایش یافته و ترکیدگی

میوه براحتی اتفاق نمی‌افتد (Cronje *et al.*, 2013). پتاسیم می‌تواند از طریق بهبود توانایی تقسیم سلولی و افزایش رشد ریشه منجر به بهبود کارآیی سیستم ریشه در جذب مواد مغذی مهم برای رشد گیاه شده و منجر به ضخیم‌تر شدن پوست میوه و مقاومت بیشتر به ترکیدگی میوه گردد (Ali *et al.*, 2000; Mokhtarzadeh and Shahsavar, 2020; Jiao *et al.*, 2022). به علاوه پتاسیم بطور مستقیم و یا غیر مستقیم در فعال شدن بیش از ۱۲۰ آنزیم مختلف دخیل می‌باشد که این آنزیم‌ها در فرایندهای مختلف رشد و نمو گیاه از قبیل استفاده از انرژی، متابولیسم نیتروژن، فتوسنتز و تنفس نقش دارند (Amin *et al.*, 2020; Gao *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021). بنابراین سطح پتاسیم در نهایت بر میزان و ترکیب انواع متنوعی از متابولیتهای اولیه (از قبیل نشاسته، قندهای محلول و انواع اسیدهای آمینه) و ثانویه گیاهی (از قبیل ترکیبات فنولیک، فلاوونوئیدها و اسید آسکوربیک) تاثیر گذار می‌باشند (Xu *et al.*, 2021; Jiao *et al.*, 2022). لازم به ذکر است که ترکیدگی پوست میوه بیشتر در نتیجه اثرات هم افزایی تغییر در فشار تورگور پوست و گوشت میوه است (Ali *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2021). افزایش میزان اسیدهای آمینه پوست میوه در اثر تیمار با پتاسیم، بعنوان یکی از تغییرات مهم متابولیتی در پوست میوه گونه‌های سیتروس گزارش شده که می‌تواند منجر به تسریع تجمع آسیمیلات‌ها و در نهایت تغییر در پتانسیل آب بین پوست و بخش درونی میوه گردد (Jiao *et al.*, 2022). بنابراین پوست میوه می‌تواند از طریق اسمز آب بیشتری جذب کند و مقاومت بیشتری به ترکیدگی حاصل گردد.

همچنین گزارشات متعددی از تاثیر مثبت سیلیسیم و ترکیبات دارای سیلیسیم بر ضخامت پوست میوه‌های مختلف وجود دارد (Mohamed *et al.*, 2019; Ziogas *et al.*, 2022). سیلیسیم نقش مهمی در افزایش میزان فتوسنتز، تقسیم سلولی، رنگیره‌ها در گیاهان، جذب آب، مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده و در نتیجه عملکرد نهایی محصول دارد (Patile *et al.*, 2017; Ziogas *et al.*, 2022). علاوه بر موارد ذکر شده در بالا، تاثیرات مثبت سیلیسیم بر مقاومت به ترکیدگی را می‌توان به نقش حفاظتی و توانایی این عنصر برای پایدار ساختن دیواره سلولی از طریق حفاظت آن از تجزیه آنزیمی و تحریک رسوب سلولز و همی سلوز در آن نسبت داد (Ziogas *et al.*, 2022).

بیشترین مواد جامد محلول در میوه با مقدار ۱۶ واحد بریکس در تیمار سیلیسیم صفر و پتاسیم ۰/۷۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۱۳/۳۳) در تیمار شاهد ثبت شد. با این حال اکثر تیمارهای سیلیسیم و یا پتاسیم استفاده شده باعث افزایش سطح مواد جامد محلول در مقایسه با شاهد گردیدند. تیمارهای استفاده شده بر مقدار اسید میوه اثر گذاشته بودند و باعث تغییر اسیدیته میوه نسبت به شاهد شدند (جدول ۴). بیشترین میزان اسیدیته میوه با مقدار ۱/۹۲ درصد در تیمار سیلیسیم ۵۰۰ پی‌پی‌ام و پتاسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار اسیدیته (۰/۵۷) در نمونه سیلیسیم صفر و پتاسیم ۰/۷۵ درصد ثبت شد (جدول ۴).

افزایش مواد جامد محلول در میوه باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی میوه می‌شود که ورود آب به داخل میوه را تسهیل و در کنترل ترکیدگی موثر می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحقیقات در چند رقم انار نشان داد عارضه ترکیدگی میوه با کاهش درصد مواد جامد محلول، کاهش اسید، افزایش درصد ماده خشک میوه بیشتر می‌شود (Hepaksoy *et al.*, 2000).

آفتاب سوختگی میوه انار تحت تاثیر اثرات ساده سیلیسیم و پتاسیم قرار گرفت و بیشترین میزان آن با مقدار ۲۰٪ در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۸/۵۸ درصد) در تیمار پتاسیم ۰/۷۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۵). همچنین تیمارهای استفاده شده باعث کاهش ترکیدگی نسبت به شاهد شدند و این شاخص تحت تاثیر اثرات متقابل سیلیسیم و پتاسیم قرار گرفت. بیشترین میزان ترکیدگی میوه با مقدار ۲۷/۸۷ درصد در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۲/۶۴ درصد) در نمونه سیلیسیم ۵۰۰ پی‌پی‌ام و پتاسیم ۰/۷۵ درصد ثبت شد (جدول ۴).

Table 4. Mean comparison of reciprocal effects of Si and K application on the fruit attributes of pomegranate cv. 'Malase-Saveh' using Duncan test.

Si (ppm)	K (%)	Fruit peel thickness (mm)	100 arils weight	TSS (°Brix)	pH	TA (%)	TSS/TA	Fruit cracking
0	0	3.30 e	29.14 c	13.33 c	2.70 bc	1.15 b	7.38 c	27.87 a
0	0.75	4.69 bcd	30.59 bc	16.00 a	3.59 a	0.57 c	28.39 a	4.40 bcd
0	1.5	4.09 cde	31.82 bc	14.33b c	3.28 ab	1.05 b	11.21 ab	12.43 b
100	0	4.09 cde	30.88 a	15.60 a	2.93 bc	1.26 b	13.59 bc	9.10 bcd
100	0.75	3.72 de	35.21 abc	14.93 abc	2.82 bc	1.43 b	11.40 bc	12.22 b
100	1.5	5.14 bc	37.37 ab	14.67 abc	2.79 bc	1.74 a	8.89 c	11.82 bc
300	0	4.89 bcd	34.10 abc	14.67 abc	2.90 bc	1.28 b	11.98 bc	3.53 cd
300	0.75	8.29 a	31.69 bc	13.47 c	3.06 abc	1.25 b	15.64 bc	3.43 cd
300	1.5	4.71 bcd	33.10 abc	14.00 bc	3.03 abc	1.08 b	15.60 bc	10.50 bcd
500	0	5.26 bc	35.31 abc	14.53 abc	2.87 bc	1.28 b	11.90 bc	5.33 bcd
500	0.75	5.45 b	32.75 bc	13.47 c	2.60 c	1.80 a	7.49 c	2.64 d
500	1.5	5.96 b	39.69 a	15.60 a	2.64 c	1.92 a	8.17 c	4.55 bcd

Means sharing the same superscript letters are not significantly different at 5% of probability using DMRT.

Table 5. Mean comparison of simple effects of Si and K application on the fruit attributes of pomegranate cv. 'Malase-Saveh' using Duncan test.

Nutrient	Level	Fruit sunburn injury (%)	Fruit peel dry matter (%)	Fruit peel moisture (%)	Fruit weight (g)	Ratio of fruit length/diameter	Fruit diameter (mm)	Fruit length (mm)
Si (ppm)	0	20.00 a	28.58 a	71.42 a	165.29 b	0.96 a	8.10 a	7.78 a
	100	9.08 b	28.71 a	71.28 a	188.84 ab	0.94 a	8.60 a	8.08 a
	300	12.60 b	26.60 a	73.39 a	198.00 a	0.95 a	8.76 a	8.35 a
	500	9.52 b	24.29 a	75.71 a	203.20 a	0.94 a	8.90 a	8.29 a
K (%)	0	17.00 a	27.38 a	72.62 a	166.07 b	0.94 a	8.32 a	7.84 a
	0.75	8.58 b	27.34 a	72.85 a	199.50 a	0.94 a	8.73 a	8.23 a
	1.5	10.82 b	26.42 a	73.58 a	204.03 a	0.94 a	8.73 a	8.32 a

Means sharing the same superscript letters are not significantly different at 5% of probability using DMRT.

نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد پتاسیم می‌تواند مقاومت در برابر شکافتن میوه را به دلیل افزایش تقسیم سلولی افزایش دهد. افزایش تقسیم سلولی در ناحیه پوست میوه منجر به تشکیل میوه با پوست ضخیم تر می‌شود (Ali *et al.*, 2000). پتاسیم نقش مهمی در سنتز برخی اسیدهای آمینه دارد که برای فتوسنتز ضروری هستند و مقاومت گیاه را در برابر اختلالات فیزیولوژیکی افزایش می‌دهد (Srivastava and Singh, 2003). در پژوهشی، استفاده از سیلیکات پتاسیم باعث بهبود عملکرد و کیفیت میوه انار به واسطه نقش این ترکیب در افزایش مقاومت گیاه در شرایط تنش گردید (Ahmed at al., 2015; Wassel *et al.*, 2015). سیلیسیم اثر مفیدی بر افزایش تحمل گیاهان به تنش ها و همچنین افزایش فتوسنتز و پتانسیل آب برگ دارد (Ahmed *et al.*, 2015). مطالعات قبلی نشان داد که سیلیسیم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پاکسنده در برگ می‌شود که محافظت از بافت‌های گیاهی در برابر تنش اکسیداتیو می‌گردد (Epstein, 1999). پتاسیم نقش مهمی در جابجایی کربوهیدرات‌ها در بافت گیاهی، جذب آب، تنظیم فشار اسمزی در سلول، باز و بسته شدن روزنه‌ها، سنتز پروتئین، انتقال انرژی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، فعل و انفعالات فتوسنتزی و فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها نقش دارد که می‌تواند به شکل مستقیم یا غیر مستقیم باعث القاء مقاومت گیاهان به تنش و نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت میوها داشته باشد (Al-Saif *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

کاهش ترک‌خورگی میوه و بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه انار در تولید انار اهمیت خاصی دارد. در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی با عناصر سیلیسیم و سولفات پتاسیم در میوه انار رقم ملس ساوه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کلی نشان داد محلول‌پاشی با سیلیسیم و سولفات پتاسیم نه تنها در کاهش ترکیدگی میوه مؤثر بود، بلکه باعث بهبود برخی خصوصیات دیگر میوه از جمله وزن میوه، وزن ۱۰۰ آریل و بهبود شاخص طعم میوه گردید. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، به نظر می‌رسد تیمار همزمان سیلیسیم و پتاسیم کارایی بیشتری نسبت به تیمارهای تکی هر کدام از این عناصر برای بهبود صفات کمی و کیفی میوه انار دارند. کم‌ترین میزان ترکیدگی میوه انار در تیمار ۵۰۰ پی‌پی‌ام سیلیسیم و ۱/۵ درصد عنصر پتاسیم مشاهده شد. محلول‌پاشی با سیلیسیم و سولفات پتاسیم باعث افزایش وزن ۱۰۰ آریل، و بهبود برخی خصوصیات بیوشیمیایی میوه شده است که در کنترل ترکیدگی میوه و در نتیجه بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه مؤثر هستند.

سپاس گزاری

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه ایلام تامین شده است که نگارندگان بدین وسیله مراتب قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

References

Ahmed, M., Akl, M., Moawad, A., Mohamed, A., Hamdy, M., Ibrahim, I. & Mohamed, H. (2015). Productive capacity of Manfalouty pomegranate trees in relation to spraying of silicon and vitamins B. *World Rural Observations*, 7 (1), 108-118.

Ali A., Summers L. L., Klein G. J. & Lovatt C. J. (2000). Albedo breakdown in California. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 2, 1090-1093

Ali, M. M., Yousef, A. F., Li, B. & Chen, F. (2021). Effect of environmental factors on growth and development of fruits. *Tropical Plant Biology*, 14, 226–238. doi: 10.1007/s12042-021-09291-6 .

Al-Saif, A. M., Mosa, W.F., Saleh, A. A., Ali, M. M., Sas-Paszt, L., Abada, H. S. & Abdel-Sattar, M. (2022). Yield and fruit quality response of pomegranate (*Punica granatum*) to foliar spray of potassium, calcium and kaolin. *Horticulturae*, *8*(10), 2-16.

Altieri, M.A. & Nicholls C. I. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72, 203-211. Doi: https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00089-8

Amin A., Al-Abbasi, G. & Alkurdi, H. (2020). Effect of foliar spray with nano-optimus plus and potassium chelated with amino acids in some growth characters of *Citrus aurantifolia* L. Saplings. *Plant Archives*, 20, 897–900.

Behzsadi-Shahrebabaki, H., Ranjbar, V., Hoseinina, M. & Asadi, E. (2004). Guide for Pomegranate (Planting, Practices, Harvesting). *Agricultural Education Publication*. (In Persian)

Chang, B. M. & Keller, M. (2021). Cuticle and skin cell walls have common and unique roles in grape berry splitting. *Horticultural Reserches*, 8, 168. doi: 10.1038/s41438-021-00602-2.

Cronje, P. J., Stander, O. P. & Theron, K. I. (2013). Fruit splitting in citrus. *Horticaltural Reviews*, 41, 177–200.

Davarpanah, S., Aakari, M., Babalar, M., Zarei, M. & Aghayeh, R. (2017). Effect of foliar application of phosphorus, potassium and iron on physical and chemical properties of pomegranate fruit. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 13(3), 693-706.

Dhillon, W. S., Gill, P. P. S. & Singh, N. P. (2011). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on growth, yield and quality of pomegranate 'Kandhari'. *Acta Horticulturae*, 890, 327-332.

Epstein, E. (1999). Silicon, Annl. Rev. Plant Physiol. *Plant molecular biology*, 50, 641-664.

Fageria, N. K., Dos Santos, A. B. & De Moraes, M. F. (2010). Yield, potassium uptake, and use efficiency in upland rice genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(22), 2676-2684.

Fang, J. B., L. L., Chen, J. Y., Zhang, W. Y. & Li, S. H. (2002). Influence of sink or source change on fruit characteristic in kiwifruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 29(2), 113-118.

Gao, J., Su, Y., Yu, M., Huang, Y., Wang, F. & Shen, A. (2021). Potassium alleviates post-anthesis photosynthetic reductions in winter wheat caused by waterlogging at the stem elongation stage. *Frontier in Plant Science*, 11, 1982. doi: 10.3389/fpls.2020.607475.

Ghasemi, K., Ghajar Sepanlou, M. & Hadadinejad, M. (2020). Effect of Silicon nutrition on strawberry cv. Camerosa yield and growth in outdoor hydroponic system. *Plant Production*, 43(1), 93-106. [In Persian]

Gunes, A., Inal, A., Bagci, E. G., Coban, S. & Sahin, O. (2007). Silicon increases boron tolerance and reduces oxidative damage of wheat grown in soil with excess boron. *Biologia plantarum*, 51, 571-574.

Hegazi, A., Samra, N. R., El-Baz, E. E. T., Khalil, B. M. & Gawish, M. S. (2014). Improving fruit quality of manfaloty and wonderfull pomegranates by using bagging and some spray. *Journal Plant Production*, 5 (5), 779-792.

Hepaksoy, S., Aksoy, U., Can, H. Z. & Ui, M. A. (2000). Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. *Ciheam - Options Mediterraneennes*, 42, 81-86.

Hernández, F., Legua, P., Martínez, R., Melgarejo, P. & Martínez, J. J. (2014). Fruit quality characterization of seven pomegranate accessions (*Punica granatum* L.) grown in Southeast of Spain. *Scientia Horticulturae*, 175, 174-180.

Hosein-Beigi, M., Zarei, A., Rostaminia, M. & Erfani-Moghadam, M. (2019). Positive effects of foliar application of Ca, B and GA3 on the qualitative and quantitative traits of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. 'Malase-Torshe- Saveh'. *Scientia Horticulturae*, 254, 40-47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.081

Jiao, Y., Sha, C. & Shu, Q. (2022). Integrated physiological and metabolomic analyses of the effect of potassium fertilizer on Citrus fruit splitting. *Plants (Basel)*, 12;11(4):499. doi: 10.3390/plants11040499.

Khadivi-Khub, A. (2015). Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta physiologiae plantarum*, 37(1), 1-14.

Khalil, H. A. & Aly, H. S. (2013). Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 5, 71-76.

Khayyat, M., Tehranifar, A., Zaree, M., Karimian, Z., Aminifard, M. H., Vazifeshenas, M. R., Amini, S., Noori Y. & Shakeri, M. (2012). Effects of potassium nitrate spraying on fruit characteristics of 'Malas Yazdi'pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 35(9), 1387-1393.

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H. & Song, A. (2015). Silicon in agriculture from theory to practice. Springer.

Mengel, K. (2007). Potassium. In Handbook of Plant Nutrition, 1st ed.; Barker, A.V., Pilbeam, D.J., Eds.; CRC Taylor and Francis: New York, NY, USA, pp. 91–120.

Mohamed, H. M., Omran, M. A. A. & Mohamed, S. M. (2019). Effect of foliar spraying of some materials on protecting Murcott mandarin fruits from sunburn injuries. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 8, 514–524.

Mokhtarzadeh, Z. & Shahsavar, A. R. (2020). Effects of gibberellic acid, potassium nitrate and calcium sulfate on pomegranate fruit splitting and fruit characteristics. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 85(3), 237-245.

Olyaie Torshiz, A., Goldansaz, S. H., Motesharezadeh, B., Asgari-Sarcheshmeh, M. A. & Zarei, A. (2017). Effect of organic and biological fertilizers on pomegranate trees: yield, cracking, sunburning and infestation to pomegranate fruit moth ectomyelois ceratoniae (*Lepidoptera*: *Pyralidae*). *Journal Crop Protection*, 6 (3), 327–340.

Olyaie Torshiz, A., Goldansaz, S. H., Motesharezadeh, B., Askari, M. A. & Zarei, A. (2020). The influence of fertilization on pomegranate susceptibility to infestation by Ectomyelois ceratoniae. *Internationa Journal of Fruit Science,* 20 (3), S1156-S1173, doi: 10.1080/15538362.2020.1778602

Patil, A., Durgude, A., Pharande, A., Kadlag, A. & Nimbalkar, C. (2017). Effect of calcium silicate as a silicon source on growth and yield of rice plants. *International Journal of Chemical Studies,* 5, 545–549.

Pavlovic, J., Kostic, L., Bosnic, P., Kirkby, E. A. & Nikolic, M. (2021). Interactions of silicon with essential and beneficial elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2021.697592.

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. *Biologia plantarum*, 50, 713-716.

Rashno nezhad, F., Moallemi, N. & Mortazavi, S. M. H. (2015). Effects of harvesting time and fruit size on physical and biochemical properties of pomegranate fruit cv. 'Rabab Neiriz' in Ghalletol-Baghmalak. *Plant Production*, 39(3), 27-38. [In Persian]

Reddy, P.A. & Prasad, D. M. (2012). Effect of plant growth regulators on fruit characters and yield of pomegranateA (*Punica granatum* L.) cv. Ganesh. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(2): 91-93.

Savreet, S. & Bal, J. (2013). Quality improvement in lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) through integrated management of fruit cracking. *African Journal of Agricultural Research,* 8, 3552–3557. doi: 10.5897/AJAR2013.6876.

Shahid, S. A., Abdelfattah, M. A., Abdelfattah, M. A., Wilson, M. A., Kelley, J. A. & Chiaretti, J. V. (2014). Soil Classification. In: United Arab Emirates Keys to Soil Taxonomy. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7420-9_1

Sheikh, M. K. & Manjula, N. (2009). Effect of split application of N and K on growth and fruiting in Ganesh pomegranate (*Punica granatum* L.). *Asian Journal of Horticulture*, 4, 91-94.

Singh, A., Shukla, A. K. & Meghwal, P. R. (2020). Fruit cracking in pomegranate: extent, cause, and management–A Review. *International Journal of Fruit Science*, 20, 1234-1253.

Srivastava, A. K. & Singh, S. (2003). *Diagnostics of citrus nutrition*. *In: Citrus Nutrition*, 1rd Edition. International book distribution Company, Springer, Dordrecht, Lucknow, India. pp. 237-287

Wassel, A. H., Gobara, A., Ibrahiem, H. & Shaaban-Mai, M. (2015). Response of wonderful pomegranate trees to foliar application of amino acids, vitamins B and silicon. *World Rural Observations*, 73, 91-95.

Xu, H. j., Johkan, M., Maruo, T., Kagawa, N. & Tsukagoshi, S. (2021). New insight on low-K lettuce: from photosynthesis to primary and secondary metabolites. *HortScience*, 56, 407–413.

Yuan, Z., Fang, Y., Zhang, T., Fei, Z., Han, F., Liu, C., Liu, M., Xiao, W., Zhang, W., Zhang, M., Ju. Y., Xu, H., Dai. H., Liu. Y., Chen, Y., Wang, L., Zhou, J., Guan, D., Yan, M., Xia, Y., Huang, X., Liu, D., Wei, H. & Zhang, M. (2018). The pomegranate (*Punica granatum* L.) genome provides insights into fruit quality and ovule developmental biology. *Plant biotechnology journal*, 3, 1-21.

Zarei, A. (2017). Biochemical and pomological characterization of pomegranate accessions in Fars province of Iran. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 49 (2), 155-167.

Zarei, A., Zamani, Z. & Sarkhosh, A. (2020). Biodiversity, germplasm resources and breeding methods. in: Sarkhosh A, Yavari AM, Zamani Z, (Eds), *The Pomegranate: Botany, Production and Uses*, CABI publication, 94: 596 PP.

Zhang, J., Ding, J., Ibrahim, M., Jiao, X., Song, X., Bai, P. & Li, J. (2021). Effects of the interaction between vapor-pressure deficit and potassium on the photosynthesis system of tomato seedlings under low temperature. *Scientia Horticulturae,* 283, 110089. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110089 .

Ziogas, V., Bravos, N. & Hussain, S. B. (2022). Preharvest foliar application of Si–Ca-based biostimulant affects postharvest quality and shelf-life of Clementine mandarin (*Citrus clementina* Hort. Ex Tan). *Horticulturae*, 8(11), 996. https://doi.org/10.3390/horticulturae8110996