The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Effect of Foliar Application of Silica and Calcium Nitrate on Cracking, Quantitative and Qualitative Characteristics of Pomegranate Fruit

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

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: farzadabdollahi518@gmail.com
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: j.erfani@ilam.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetic (Plant Biotechnology), Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran. E-mail: zarei@jahromut.ac.ir
4. Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: m.rostaminya@ilam.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 15 July 2023

Received in revised form: 2 September 2023

Accepted: 17 September 2023

Published online: Spring 2024

Keywords:

Punica granatum,

Foliar spraying,

Sunburn disorder,

Fruit cracking,

Interaction effect.

ABSTRACT

Fruit cracking and sunburn are two major disorders that can negatively impact pomegranate (*Punica granatum* L.) production. To address these problems, an experiment was conducted to evaluate the combined effects of silica (0, 100, 300, and 500 ppm) and calcium nitrate (0, 0.75%, and 1.5%) spraying on the fruit of 'Malase-Saveh' pomegranate. The treatments were applied three times during the growing season and a factorial experiment was conducted based on the completely randomized block design. The results indicate that most of the qualitative and quantitative traits were influenced by foliar spraying of these substances. Furthermore, the results demonstrated that foliar application of silica, calcium nitrate, and their interaction significantly affected fruit cracking. The lowest fruit cracking (1.06%) was obtained by spraying 500 ppm silica and 1.5% calcium nitrate, while the highest fruit cracking (21.6%) was recorded from untreated plants. The highest fruit weight (215.4 g) was observed in the treatment 1.5% calcium nitrate. Most of the treatments had a positive effect on fruit weight and increased it compared to the control. Moreover, the treatments improved some qualitative characteristics, such as an increase in fruit acidity and decrease in sunburn disorder. Ultimately, this study concluded that combined spraying of silica with calcium is more effective than individual use and results in the highest fruit yield and quality, as well as the lowest cracking and sunburn disorders. These findings suggest there are synergistic effects between these compounds.

Cite this article: Abdollahi, F., Erfani-Moghadam, J., Zarei, A. & Rostaminia, M. (2024). Effect of Foliar Application of Silica and Calcium Nitrate on Cracking, Quantitative and Qualitative Characteristics of Pomegranate Fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 55 (1), 123-134. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2023.362286.2116

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2023.362286.2116

Extended Abstract

Introduction

Pomegranate (*Punica granatum* L.), a member of Lytraceae family, is one of the oldest fruit species that has been cultivated by humans. The growing body of evidence indicates that this fruit tree originated in Iran and some surrounding regions. Iran contains a range of different pomegranate accessions, including wild, semi-wild and cultivated ones, and is considered the main center of origin and center of diversity for this fruit crop. Although the pomegranate is considered a fruit species that is relatively tolerant to various unfavorable conditions such as hot and dry climates, salty soil as well as water deficit, however, various physiological disorders as well as biotic/abiotic stresses are able to impede fruit production and significantly reduce the

fruit yield, quality and commercial acceptance. Fruit skin sunburn and fruit cracking are among the main physiological disorders that cause serious economic losses to pomegranate growers all around the world. Adequate nutrition through foliar spraying is considered as one of the effective orchard management strategies that can be used efficiently to reduce the physiological disorders in fruit crop. Calcium (Ca) is an essential macronutrient and plays crucial roles during different stages of plant growth and development; including fruit firmness and quality as well as acting as a secondary messenger. Although silicon (Si) seems to be a nonessential nutrient for the majority of plant species, its beneficial effects on plants as a nutrient cannot be overlooked. This element improves plant resistance to unfavorable conditions and its positive effects on the qualitative and quantitative characteristics of agricultural crops have been well documented.

Materials and methods

This research was carried out in a commercial orchard of the pomegranate cultivar 'Malase-Saveh'. The orchard was located in the central part of the Ilam province in the west of Iran (Chardavol city; latitude: 33°56'51"N, longitude: 46°81'32" E, altitude: 787m). In the present study, an experiment was conducted to assess the combined effects of silica (0, 100, 300 and 500 ppm) with calcium nitrate (0, 0.75% and 1.5%) spraying on the fruit of 'Malase-Saveh' pomegranate. The treatments were repeated three times during the growing season. A factorial experiment was conducted based on the completely randomized block design. The first spraying was performed at full bloom (FB) (late in June), while the second and third sprayings were at 30 and 60 days after FB, respectively. At the time of fruit ripening, the number of healthy, sunburned and cracked fruits from each tree was counted, and 15 healthy, sunburned or cracked fruits from each tree were randomly selected and some fruit traits were evaluated. Data analysis was performed using SAS statistical software and the means were compared using the Duncan Multiple Range Test (DMRT) at the 5% level of significance.

Results and Discussion

Results indicated that most of the qualitative and quantitative traits were affected by foliar spraying of these substances. In addition, the results showed that foliar application of silica and calcium nitrate and their interaction were significant in fruit cracking. The results showed that the lowest fruit cracking (1.06%) was obtained by combined spraying of 500 ppm silica and 1.5% calcium nitrate, while the highest fruit cracking (21.6%) was recorded from untreated plants. The highest fruit weight (215.4 g) was recorded from trees treated with 1.5% calcium nitrate. Calcium nitrate spraying also significantly increased 100 arils fresh weight, peel thickness, and fruit dimensions, as the highest values for these factors were recorded at 1.5% calcium nitrate treatment. The results also revealed that 300 and 500 ppm silica treatments significantly increased fruit weight, while all concentrations of this element reduced TSS and TSS/TA indices. Altogether, the results indicated that combinatorial spraying of silica with Ca was more efficient than their individual treatment and resulted in the highest fruit yield and quality as well as the lowest cracking and sunburn disorders, which suggests there are synergistic effects between these compounds.

Conclusion

Fruit cracking is one of the main disorders in pomegranate fruit, which negatively affects the quality and quantity of pomegranate fruit. In general, our results showed that the lowest fruit cracking and sunburn were recorded in the treatment of 500 ppm silica and 1.5% calcium. Foliar spraying with silicon and calcium nitrate increased aril and fruit weight and improved some biochemical characteristics of pomegranate fruit. The data obtained from this study could provide valuable insights into the positive effects of appropriate fertilization on reducing one of the main pomegranate disorders.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۵، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۹۳۰-۲۴۲۳

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و نیترات کلسیم بر ترکیدگی، خصوصیات کمی و کیفی میوه انار

فرزاد عبداللهی [۱] | جواد عرفانی مقدم [۲] | عبدالکریم زارعی [۳]✉ | محمود رستمی نیا [۴]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: farzadabdollahi518@gmail.com

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام ایران. رایانامه: j.erfani@ilam.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران. رایانامه: zarei@jahromu.ac.ir

۴. گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: m.rostaminya@ilam.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:
محلول پاشی، عارضه آفتاب سوختگی میوه، ترک خوردگی میوه، اثرات متقابل.

چکیده

ترکیدگی و آفتاب سوختگی میوه دو عارضه اصلی در انار می‌باشند که اثرات منفی بر کیفیت و بازارپسندی میوه انار می‌گذارند. در آزمایش حاضر، اثرات محلول‌پاشی سیلیس (صفر، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در ترکیب با نیترات کلسیم (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد) روی برخی صفات کمی و کیفی انار رقم ملس ساوه مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها سه بار در طول فصل رشد تکرار شدند و آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که اکثر صفات کمی و کیفی تحت تأثیر محلول پاشی ترکیبات مذکور قرار گرفته‌اند. همچنین محلول‌پاشی سیلیس، نیترات کلسیم و اثر متقابل آنها روی ترک خوردگی میوه انار معنی‌دار بود. بیشترین ترک‌خوردگی میوه (۲۱/۶ درصد) در گیاهان شاهد ثبت شد و کمترین آن (۱/۰۶ درصد) در محلول‌پاشی ترکیب سیلیس ۵۰۰ پی‌پی‌ام به همراه نیترات کلسیم ۱/۵ درصد به‌دست آمد. کاربرد کلسیم و سیلیس به تنهایی در مقایسه با عدم کاربرد این ترکیبات، منجر به افزایش وزن میوه گردید. نتایج نشان داد اکثر تیمارهای استفاده شده بر وزن میوه تأثیر مثبت داشته و باعث افزایش وزن میوه نسبت به شاهد شدند. همچنین تیمارهای استفاده شده باعث بهبود دیگر صفات کیفی میوه از جمله افزایش اسیدیته میوه و کاهش آفتاب سوختگی گردیدند. در مجموع، نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ترکیبی سیلیس با نیترات کلسیم نسبت به تیمارهای انفرادی آنها کارآمدتر بوده و منجر به بالاترین عملکرد، کیفیت میوه و همچنین کمترین اختلالات ترک‌خوردگی و آفتاب سوختگی میوه شده است که نشان می‌دهد بین این ترکیبات اثرات هم افزایی وجود دارد.

استناد: عبداللهی، فرزاد؛ عرفانی مقدم، جواد؛ زارعی، عبدالکریم و رستمی نیا، محمود (۱۴۰۳). تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و نیترات کلسیم بر ترکیدگی، خصوصیات کمی و کیفی میوه انار. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۵ (۱)، ۱۳۴-۱۲۳. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2023.362286.2116

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2023.362286.2116

مقدمه

ایران مبدا اصلی پیدایش و مرکز تنوع انار محسوب می‌شود (Zarei *et al.*, 2020). ترکیدگی میوه یکی از مشکلات اصلی انار است که باعث خسارت اقتصادی زیادی می‌گردد. کم آبی، نامنظم بودن دور آبیاری، وجود رقم حساس، اختلاف درجه حرارت شب و روز و سرمای زودرس پاییزه، به‌ویژه اگر توأم با ریزش باران باشد، از عوامل اصلی در ایجاد عارضه ترکیدگی میوه انار می‌باشند (Khadivi-Khub, 2015). عارضه ترکیدگی میوه تقریبا در تمام مناطق انارکاری دنیا به‌خصوص در مناطق گرم و خشک رواج دارد و یکی از راهکارهای موثر برای کاهش ترک‌خوردگی میوه، مدیریت مناسب باغ (Karami *et al*., 2021) و کاربرد برخی عناصر غذایی مانند کلسیم می‌باشد (Wang *et al*., 2013; Hosein-Beigi *et al.*, 2019). ترکیدگی میوه‌ها به دلیل کمبود کلسیم، بور و پتاسیم در میوه‌های جوان و در میوه‌های بالغ به دلیل عدم تعادل رطوبتی و نوسانات شدید دمایی اتفاق می‌افتد (El-Rhman, 2010).

کمبود کلسیم، بور و پتاسیم در میوه باعث عدم تعادل پتانسیل اسمزی پوست میوه می‌شود که منجر به ترک‌خوردگی میوه می‌گردد (Khehra & Bal, 2014). به عبارتی استحکام و حفظ رطوبت و کشسانی پوست میوه در تعامل بین عناصر اتفاق می‌افتد و کمبود برخی عناصر مانند کلسیم و پتاسیم با توجه به نقش و جایگاهی که در سلول‌ها دارند اهمیت به سزایی در استحکام پوست و در نهایت ترکیدگی میوه دارند. انتخاب برنامه زمان‌بندی مناسب محلول‌پاشی مواد مغذی و تنظیم کننده‌های رشد قبل از ترکیدگی به کنترل این عارضه کمک کرده و منجر به افزایش ضخامت و مقاومت مکانیکی پوست گردیده و در نهایت به کاهش شکاف خوردن پوست کمک می‌کند (Khehra & Bal, 2014). ایران از مهم‌ترین کشورهای صادر کننده انار در جهان محسوب می‌شود. متاسفانه بدلیل شیوع برخی عارضه‌ها از قبیل کرم گلوگاه، آفتاب سوختگی و ترکیدگی میوه، سالانه مقدار زیادی از انار تولید شده در ایران بازارپسندی مناسبی نداشته و قابلیت عرضه به بازار و یا صادرات را ندارند. بنابراین، در این پژوهش به منظور کاهش ترکیدگی و افزایش خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه از عناصر سیلیس و کلسیم به شکل محلول‌پاشی استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

کلسیم عنصری پر مصرف است که برای رشد و توسعه طبیعی گیاه مورد نیاز است و در برابر اختلالات فیزیولوژیکی میوه به ویژه اختلالات مربوط به بلوغ در بسیاری از گونه‌های میوه بسیار مؤثر است (Hernandez-Munoz *et al*., 2006; Korkmaz *et al*., 2016). این عنصر با شرکت در ساختمان دیواره سلولی در افزایش سفتی میوه نقش مستقیم داشته و در بسیاری از فرآیندهای درون سلولی همانند نفوذپذیری انتخابی غشاء، کاهش سرعت تنفس و جلوگیری از تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز تاثیرگذار است (Valero & Serrano, 2010). کلسیم عنصری نسبتا غیر متحرک است که بیشتر از طریق آوند چوبی انتقال پیدا می‌کند و غالبا به حرکت به سمت برگ‌ها که میزان تبخیر و تعرق بالایی دارند، گرایش دارد. انتقال کند کلسیم از برگ‌ها منجر به کاهش نسبی غلظت کلسیم میوه در دوره رشد آن می‌گردد، در نتیجه محلول‌پاشی کلسیم بر روی میوه‌ها روش مؤثرتری برای افزایش کلسیم درونی میوه‌ها می‌باشد (Tabatabaei, 2013).

محلول‌پاشی با کلرید کلسیم باعث کاهش ترکیدگی پوست انار می‌گردد (Hegazi *et al*., 2014). نقش مفید کلسیم در کاهش ترکیدگی میوه به این دلیل است که به صورت ماده سیمانی نقش حیاتی در افزایش استحکام میوه بازی می‌کند، تبخیر آب را کاهش می‌دهد و مقاومت درختان را در برابر تنش خشکی افزایش می‌دهد. غلظت بالای عنصر نیتروژن و نسبت بالا K /(Ca + Mg) در ارقام حساس دیده می‌شود. بنابراین غلظت بالای نیتروژن و پتاسیم نسبت به عناصر کلسیم و روی در میوه‌های انار، ترکیدگی را افزایش می‌دهد، زیرا وجود عناصر آمونیم و پتاسیم در خاک از جذب کلسیم جلوگیری می‌کند (Hepaksoy *et al*., 2000). در تحقیقی که به منظور بررسی رابطه بین محلول‌پاشی با کلسیم و درصد ترکیدگی انار انجام

شد. نتایج نشان داد که اختلاف کاملا معنی‌داری از نظر درصد ترکیدگی میوه انار بین تیمارهای محلول‌پاشی شده با کلسیم و تیمارهای شاهد وجود دارد (Hosein-Beigi *et al*., 2019).

مطالعات زیادی نشان داده است که تیمار گیاهان با سیلیس می‌تواند به‌طور چشمگیری تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند فلزهای سنگین، نمک، خشکی، سرما و یخزدگی را کم کند (Liang *et al*., 2015; Luyckx *et al*., 2017; Siam *et al*., 2022). به دلیل خواص فیزیولوژیکی مفید سیلیس در محصولات باغی، مصرف آن روز به روز در حال افزایش است. سیلیس به عنوان یک عنصر مفید اثرات مثبت مختلفی بر کاهش تبخیر و تعرق گیاه، افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و همچنین افزایش مولفه هایی نظیر کارایی فتوسنتزی، قطر ساقه، سطح برگ و قطر گل دارد (Fauteux *et al*., 2005). در اثر محلول‌پاشی، دانه‌های بلور (کریستال) سیلیس روی یاخته‌های رو پوست (اپیدرم) تجمع پیدا کرده و موجب جلوگیری از هدر رفت آب از سطح برگ می‌شوند. نقش سیلیس در پایداری آوندهای چوبی است و تشکیل بلورهای آن روی یاخته‌های رو پوستی موجب حفظ رطوبت می‌گردد (Romero-Aranda *et al*., 2006). همچنین گزارش شده است که استفاده از کودهای دارای عنصر سیلیس در انار هم تأثیرات مثبتی بر بهبود کیفیت میوه و کاهش کرم گلوگاه در انار داشته است (Olyaie Torshiz *et al*., 2017 & 2020). گزارشات حاکی از آن است که کودهای تجاری که دارای عنصر سیلیس بودند نسبت به انواعی که فاقد این عنصر بودند، تاثیر بیشتری بر کاهش صدمات ناشی از کرم گلوگاه در انار رقم بجستانی داشتند (Olyaie Torshiz *et al*., 2020).

عنصر سیلیس به عنوان یک عنصر مفید مدّ نظر بوده و در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تاثیر مثبت سیلیس در مقاومت گیاه، به نظر می‌رسد کاربرد این عنصر مفید، و بررسی اثر ترکیبی آن با کلسیم بتواند دانش ما را در زمینه تاثیرات این عنصر در انار کامل‌تر کند. همچنین، با توجه به اینکه نوع رقم و شرایط اقلیمی منطقه می‌تواند در شاخص ترکیدگی، آفتاب‌سوختگی و یا سایر خصوصیات میوه انار نقش داشته باشد، در این پژوهش اثرات این عناصر بر خصوصیات انار رقم ملس ساوه در منطقه غرب کشور مورد بررسی قرار رفت.

روش‌شناسی پژوهش

مواد گیاهی

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) و عرض جغرافیایی (″۵۱ ′۵۶ °۳۳)، در ارتفاع ۷۸۷ متری از سطح دریا قرار گرفته است. شاخص‌های اقلیمی بلند مدت ۱۰ ساله مرتبط با دما، رطوبت و بارندگی ماهانه در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه اثرات محلول‌پاشی سیلیس و نیترات کلسیم بر ترکیدگی و خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی گردید. درختان انار دارای ۱۰ سال سن با فاصله کشت ۲/۵ متر روی ردیف و ۳ متر بین ردیف بودند. هم‌چنین نمونه‌برداری از خاک برای ارزیابی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی 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 سانتی‌متری و در سایه انداز درخت صورت گرفت. نمونه‌برداری 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).

عنصر سیلیس در چهار غلظت (صفر، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در ترکیب با نیترات کلسیم در سه غلظت (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد) در سه مرحله در اواخر خرداد، تیر و مرداد به فاصله ۳۰ روز 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 گروه علوم باغبانی دانشگاه ایلام منتقل شدند. برخی از صفات مربوط به میوه شامل وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن صد بذرپوشینه انار، وزن تر و خشک پوست میوه، درصد رطوبت و ماده خشک پوست میوه، درصد مواد جامد محلول و اسیدیته میوه بررسی شد.

برای اندازه‌گیری درصد ترکیدگی و آفتاب‌سوختگی میوه از نسبت تعداد میوه‌های ترک خورده یا آفتاب‌سوخته به تمام میوه‌های روی درخت استفاده شد (Hegazi *et al*., 2014). وزن میوه‌ها با استفاده از ترازوی 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 اندازه‌گیری وزن تر و خشک پوست میوه از ترازوی 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 به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند،پس از آن نمونه-ها 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 (Akbarpour *et al*., 2009). صد بذر پوشینه از هر میوه شمارش و با ترازوی الکترونیکی با دقت یک صدم گرم اندازه-گیری گردید. بعد از توزین بذرپوشینه‌ها، عصاره تهیه و درصد مواد جامد محلول به وسیله رفرکتومتر دستی بر حسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد. اسیدیته کل عصاره میوه به روش تیتراسیون با تیتر کردن ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH : ۸/۲ اندازه‌گیری شد (Zarei, 2017).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱/۳) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

جدول ۱. شاخص‌های اقلیمی بلند مدت (۱۰ ساله) مرتبط با دما و رطوبت در شهرستان چرداول.

شاخص		واحد	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
	حداکثر دمای مطلق	سلسیوس	۳۹/۳	۳۹/۲	۴۵/۴	۴۷/۷	۴۸/۵	۴۷/۲	۴۰/۷	۳۹
	میانگین حداکثر دما	سلسیوس	۲۳/۹	۳۰	۳۷/۸	۴۲/۷	۴۳/۲	۳۹/۸	۳۳/۱	۲۲/۸
دما	حداقل دمای مطلق	سلسیوس	۰	۵/۸	۱۳	۲۰	۱۶/۸	۱۶	۷	۲
	میانگین حداقل دما	سلسیوس	۱۰	۱۵/۱	۲۱/۵	۲۵/۷	۲۶/۲	۲۳/۲	۱۷/۳	۱۰/۹
	میانگین دمای ماهیانه	سلسیوس	۱۷	۲۲/۶	۲۹/۷	۳۴/۲	۳۴/۷	۳۱/۵	۲۵/۲	۱۶/۸
	حداکثر رطوبت مطلق	درصد	۹۸	۹۸	۸۲	۴۲	۶۱	۸۸	۹۲	۱۰۰
	میانگین حداکثر رطوبت	درصد	۶۶	۵۸/۴	۳۲/۶	۲۶/۵	۲۷/۳	۲۹/۸	۳۹/۱	۶۷/۳
رطوبت	حداقل رطوبت مطلق	درصد	۰	۶	۰	۳	۴	۴	۵	۷
	میانگین حداقل رطوبت	درصد	۲۹/۴	۲۳/۲	۱۰/۸	۹/۱	۱۰/۱	۱۱/۱	۱۵/۹	۳۷
	میانگین رطوبت ماهیانه	درصد	۴۸	۴۰/۸	۲۱/۷	۱۷/۸	۱۸/۷	۲۰/۵	۲۷/۵	۵۲/۲
باران	میانگین بارش	میلی‌متر	۶۲/۳	۳۵/۶	۰/۱	۰	۰/۸	۱/۶	۹/۸	۸۰/۲

جدول ۲. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در باغ مورد بررسی.

SO_4^{2-} (میلی گرم/ لیتر)	Na^+ (میلی گرم/در لیتر)	K^+ (میلی گرم/در لیتر)	Ca^{2+} (میلی گرم/در لیتر)	N (درصد)
۳۵/۴۴	۱۰/۷۸	۰/۲۳۶	۲۸/۸	۰/۰۳۴

ادامه جدول ۲. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در باغ مورد بررسی.

کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	بافت	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	پی‌اچ
۱/۸۶	۴/۵۵	شنی لومی	۸/۵	۲۳/۳	۶۸/۲	**۷/۸۹**

یافته‌های پژوهش

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن میوه، نسبت طول به قطر میوه، ضخامت پوست میوه، وزن صد بذرپوشینه انار، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر و نسبت قند به اسید، آفتاب سوختگی و ترکیدگی میوه تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و نیترات کلسیم قرار گرفتند (جدول ۳). در این بین اثرات متقابل سیلیس و کلسیم روی نسبت طول به قطر میوه، درصد اسید، درصد آفتاب سوختگی و ترکیدگی میوه انار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین نسبت طول به قطر میوه در تیمار سیلیس ۵۰۰ پی‌پی‌ام و کلسیم ۱/۵ درصد با میانگین ۱/۱۲ مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشتر تیمارهای استفاده شده بر وزن میوه موثر بودند و باعث افزایش وزن میوه نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان وزن میوه با میانگین ۲۱۵/۴ گرم در تیمار کلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد، با این حال کاربرد کلسیم و سیلیس به تنهایی باعث افزایش وزن میوه در مقایسه با عدم کاربرد این ترکیبات گردید (جدول ۵).

نتایج نشان داد استفاده از کلسیم بر ضخامت پوست اثر گذاشت و باعث افزایش ضخامت پوست میوه نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). بیشترین میزان ضخامت پوست میوه با مقدار ۵/۱۷ میلی‌متر در تیمار کلسیم ۱/۵ درصد و کمترین مقدار آن (۴/۰۳ میلی‌متر) در تیمار کلسیم صفر مشاهده شد. تیمار کلسیم در این پژوهش بر وزن ۱۰۰ بذرپوشینه اثر گذاشت و باعث افزایش وزن ۱۰۰ بذرپوشینه میوه نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان وزن ۱۰۰ بذرپوشینه انار با مقدار ۳۶/۲۶ گرم در تیمار کلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد ولی سطوح مختلف سیلیس در این شاخص معنی‌دار نشد، هرچند کاربرد سیلیس و یا کلسیم تا حدودی باعث افزایش وزن ۱۰۰ بذرپوشینه در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۵).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر عناصر سیلیس و کلسیم بر خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده خشک پوست (درصد)	رطوبت پوست (درصد)	ضخامت پوست میوه (میلی متر)	وزن میوه (گرم)	نسبت طول به قطر میوه	قطر میوه (سانتی متر)	طول میوه (سانتی متر)
سیلیس	۳	۲۶/۶۸^{ns}	۲۶/۶۸^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۲۹۹۴/۶**	۰/۰۱۱**	۰/۸۱^{ns}	۰/۶۳^{ns}
کلسیم	۲	۶۳/۶۱^{ns}	۶۳/۶۱^{ns}	۳/۸۶**	۸۶۱۱**	۰/۰۰۴**	۰/۹۴*	۱/۳۰*
سیلیس×کلسیم	۶	۹/۶۵^{ns}	۹/۶۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۴۴۱^{ns}	۰/۰۰۸**	۰/۳۶^{ns}	۱/ ۱۸^{ns}
خطا	۲۴	۳۶/۷۵	۳۶/۷۵	۰/۵۴	۲۸۱/۲	۰/۰۰	۰/۷۶	۰/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲۲/۴۱	۸/۳۱	۱۶/۱۸	۸/۷۱	۲/۶۵	۱۰/۳۱	۹/۶۵

*، ** و ns: به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار. (منبع: یافته های تحقیق)

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس اثر عناصر سیلیس و کلسیم بر خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدیته کل (درصد)	مواد جامد محلول/ اسیدیته کل	پی‌اچ	وزن صد بذرپوشینه (گرم)	آفتاب سوختگی میوه (درصد)	ترکیدگی میوه (درصد)
سیلیس	۳	۳/۸۷۵*	۰/۷۶*	۲۰۴/۸۳*	۰/۲۶^{ns}	۱۴/۲۱^{ns}	۴۵/۲۵ ^{ns}	۱۲۳/۷۰**
کلسیم	۲	۱/۴۹۷^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۷۷/۴۴^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۷۶/۱۸*	۱۷۵/۲۵**	۷۵/۷۴**
سیلیس×کلسیم	۶	۰/۵۸۲^{ns}	۰/۴۷*	۳۸/۹۳^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۱۸/۶۷^{ns}	۱۳۵/۹۲**	۱۳۶/۰۶**
خطا	۲۴	۰/۹۳۹	۰/۲۸	۶۸/۹۴	۰/۱۶	۱۸/۳۳	۳۲/۳۴	۱۳/۳۱
ضریب‌تغییرات(درصد)	–	۶/۵۷	۴۴/۰۶	۵۳/۴۲	۱۳/۱۰	۱۲/۷۸	۳۲/۷۳	۸۲/۳۵

*، ** و ns: به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار. (منبع: یافته های تحقیق)

در این پژوهش طول و قطر میوه در سطح احتمال ۰/۰۵ تحت تاثیر کلسیم قرار گرفت ولی کاربرد سیلیس تأثیر معنی-داری بر این دو شاخص نداشت، هر چند نسبت طول به قطر میوه در سطح احتمال ۰/۰۱ تحت تأثیر کلسیم و سیلیس قرار گرفت (جدول ۳). مواد جامد محلول به شکل منفی تحت تاثیر تیمار سیلیس قرار گرفت و سطوح مختلف سیلیس در مقایسه با گیاه شاهد باعث کاهش مواد جامد محلول در عصاره میوه گردید. تیمارهای استفاده شده بر مقدار اسید میوه اثر گذار بودند و باعث تغییر اسیدیته میوه نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه (۰/۶۷ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد و بیشترین مقدار اسیدیته (۱/۴۲ درصد) در تیمار همزمان سیلیس ۵۰۰ پی‌پی‌ام و کلسیم ۰/۷۵ درصد ثبت شد (جدول ۴).

تیمارهای استفاده شده باعث کاهش ترکیدگی و آفتاب سوختگی میوه نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان آفتاب سوختگی (۲۶/۸۳ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۳/۵۰ درصد) در میوه های تیماره شده با ترکیب سیلیس ۵۰۰ پی‌پی‌ام و کلسیم ۰/۷۵ درصد ثبت شد. بر اساس نتایج حاصله، غلظت پایین‌تر کلسیم (۰/۷۵درصد) در ترکیب با سیلیس، نسبت به غلظت بالاتر آن (۱/۵درصد) کارآیی بیشتری برای کاهش عارضه آفتاب‌سوختگی داشت (جدول ۴). بیشترین میزان ترکیدگی میوه با مقدار ۲۱/۶۰ درصد در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۱/۰۶ درصد) در تیمار سیلیس ۵۰۰ پی‌پی‌ام در ترکیب با کلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیس و کلسیم بر خصوصیات کمی میوه انار رقم ملس ساوه.

(سیلیس) پی پی ام	کلسیم (درصد)	نسبت طول به قطر میوه	اسیدیته کل (درصد)	آفتاب‌سوختگی میوه (درصد)	ترکیدگی میوه (درصد)
۰	۰	۰/۹۸ b	۰/۶۷ b	۲۶/۸۳ a	۲۱/۶۰ a
۰	۰/۷۵	۰/۹۶ b	۰/۷۶ ab	۱۴/۷۲ c	۴/۵۵ b
۰	۱/۵	۰/۹۵ bc	۱/۰۶ ab	۱۰/۴۸ d	۱/۶۸ c
۱۰۰	۰	۰/۹۵ bc	۱/۲۹ ab	۲۲/۲۲ ab	۴/۴۱ b
۱۰۰	۰/۷۵	۰/۹۳ bc	۱/۴۲ ab	۳/۷۶ e	۲/۲۲ c
۱۰۰	۱/۵	۰/۹۷ b	۱/۳۰ ab	۱۵/۸۰ bc	۵/۰۸ b
۳۰۰	۰	۰/۹۵ bc	۱/۲۳ ab	۱۷/۵۱ b	۱/۱۲ c
۳۰۰	۰/۷۵	۰/۹۵ bc	۰/۸۵ ab	۱۱/۸۵ d	۳/۴۵ c
۳۰۰	۱/۵	۰/۹۱ c	۱/۳۰ ab	۱۱/۰۹ d	۱/۳۷ c
۵۰۰	۰	۰/۹۵ bc	۱/۳۶ ab	۷/۴۳ f	۱/۸۶ c
۵۰۰	۰/۷۵	۰/۹۸ b	۱/۷۵ a	۳/۵۰ e	۱/۶۷ c
۵۰۰	۱/۵	۱/۱۲ a	۱/۴۳ ab	۷/۱۵ f	۱/۰۶ c

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵درصد آزمون دانکن ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات ساده سیلیس و کلسیم بر خصوصیات کمی میوه انار رقم ملس ساوه.

عنصر	غلظت	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	مواد جامد محلول/ اسیدیته کل	ضخامت پوست میوه (میلی‌متر)	وزن میوه (گرم)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)	وزن صد بذرپوشینه (گرم)
سیلیس (پی‌پی‌ام)	۰	۱۵/۵۵ a	۲۲/۳۱ a	۴/۴۵ a	۱۷۱/۲ b	۸/۲۲ a	۷/۹۱ a	۳۲/۰۶ a
	۱۰۰	۱۴/۹۷ ab	۱۲/۶۱ ab	۴/۶۵ a	۱۸۵/۵ b	۸/۵۸ a	۸/۱۶ a	۳۵/۱۲ a
	۳۰۰	۱۴/۴۴ b	۱۵/۴۲ b	۴/۵۹ a	۲۰۵/۶ a	۸/۹۲ a	۸/۳۴ a	۳۳/۶۱ a
	۵۰۰	۱۴/۰۴ b	۱۱/۸۲ b	۴/۶۲ a	۲۰۷/۵ a	۸/۴۰ a	۸/۵۳ a	۳۳/۳۲ a
کلسیم (درصد)	۰	۱۴/۴۳ a	۱۶/۴۷ a	۴/۰۳ b	۱۶۳/۱ c	۸/۲۱ b	۷/۸۸ b	۳۱/۳۰ b
	۰/۷۵	۱۵/۱۳ a	۱۷/۴۸ a	۴/۵۴ b	۱۹۸/۶ b	۸/۶۹ b	۸/۲۹ b	۳۳/۰۲ ab
	۱/۵	۱۴/۷۰ a	۱۲/۶۶ a	۵/۱۷ a	۲۱۵/۴ a	۹/۷۴ a	۹/۴۳ a	۳۶/۲۶ a

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

بحث

وزن میوه و ابعاد مناسب بذرپوشینه از خصوصیات مهم در میوه انار می‌باشد. تغییرات وزن میوه در طی دوره رشد، نشان دهنده افزایش سریع آن از زمان تشکیل میوه تا هنگام رسیدن کامل میوه می‌باشد. در این تحقیق محلول‌پاشی کلسیم باعث افزایش وزن شد. هرچند طول و قطر میوه هم تحت تأثیر تیمارهای کلسیم قرار گرفت ولی به نظر می‌رسد افزایش وزن میوه مشاهده شده بیشتر ناشی از افزایش وزن آریل بوده است، به‌طوری‌که غلظت بالای کلسیم (۱/۵ درصد) باعث حصول سنگین‌ترین بذرپوشینه‌ها گردید (جدول ۴). اثر متقابل سیلیس و غلظت متفاوت کلسیم در بین شاخص‌های فوق فقط در وزن بذرپوشینه معنادار شد. این امر ممکن است به این دلیل باشد که کلسیم باعث افزایش فعالیت اکسین شده و ترکیب اخیر در تقسیم سلولی و در طویل شدن سلول‌ها اثرات تحریکی دارد. نقش کلسیم در افزایش اندازه میوه شاید به دلیل عملکرد کلسیم در تشکیل پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها در دیواره سلولی و افزایش تقسیم سلولی باشد. (Bakeer, 2016).

در پژوهشی، با محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۵ درصد)، در دو زمان ریزش گلبرگ-های سیب و بعد از تشکیل میوه مشاهده شد که کلسیم باعث افزایش وزن میوه‌های سیب رقم Anna می‌شود (Khalifa *et al.*,2009). همچنین، نقش کلسیم در افزایش اندازه میوه ممکن است به دلیل انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به میوه و یا نقش آن در افزایش ریشه‌های موئین، تقسیم سلولی ریشه و مقاوم کردن ریشه به پوسیدگی باشد که باعث افزایش جذب مواد غذایی و آب از آن می‌شود. محلول‌پاشی درختان انار با کلرید کلسیم در زمان تمام گل و یک ماه پس از تمام گل، سبب افزایش وزن کل میوه‌ها به واسطه افزایش وزن بذرپوشینه شده است (Ramezanian *et al.*, 2009). کلسیم و نانو ذرات سیلیس به عنوان یک ماده در استحکام دیواره سلولی و سلول‌های گیاهی جهت افزایش میزان استحکام دیواره سلولی و در نتیجه افزایش ضخامت و سفتی بافت میوه می‌شود. پیوندهای کلسیم به صورت پکتات در تیغه میانی برای استحکام دیواره-های سلولی و بافت گیاهی ضروری است. یون کلسیم با پیوند دادن فسفات‌ها و گروه‌های کربوکسیلات، فسفولیپیدها و پروتئین‌های سطحی غشای یاخته سبب پایداری غشا می‌شود (Chen & Chen, 2014).

هرچند سیلیس بعنوان یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان عالی مطرح نمی‌باشد، به خوبی مشخص شده که این عنصر نقش محافظتی مناسبی در گیاهان از طریق افزایش مقاومت مکانیکی بافت‌ها و تقویت دیواره سلولی و برهمکنش با اجزاء دیواره سلولی از قبیل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین ایفا می‌کند (Guerriero *et al.*, 2016). کاربرد کودهای دارای سیلیس بصورت خاکی باعث کاهش میزان آلودگی به کرم گلوگاه انار، آفتاب سوختگی و ترکیدگی میوه انار رقم بجستانی گردیده است (Olyaie Torshiz *et al.*, 2020). در اصل تأثیرات مثبت سیلیس بر کیفیت میوه و افزایش مقاومت آن به دو طریق مستقیم، از طریق القاء مسیرهای بیوسنتزی متابولیتهایی از قبیل لیگنین و ترکیبات فنولی (Alhousari & Greger, 2018)، و غیر مستقیم، از طریق القاء تولید ترکیبات فرار از قبیل جاسمونات نسبت داده شده است (Ye *et al.*, 2013). تأثیرات مثبت سیلیس بر کیفیت میوه و کاهش ضایعات انار بیشتر به نقش مستقیم این عنصر بر افزایش استحکام مکانیکی سلول نسبت داده شده است تا تاثیرات غیر مستقیم این عنصر از قبیل تحریک تولید ترکیبات فرار (Olyaie Torshiz *et al.*, 2020).

در تحقیق حاضر، تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و کلسیم بر آفتاب سوختگی معنی‌دار بود. چنانچه پوست میوه انار در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار گیرد، سوخته، سیاه و خشک می‌شود و آب دانه‌ها تبخیر و هسته باقی می‌ماند و در شدت بیشتر غیر قابل استفاده و ترکیده می‌شود. با توجه به اینکه آفتاب سوختگی باعث خشک شدن پوست میوه در محل آفتاب سوختگی و در نتیجه سفت شدن و از دست دادن خاصیت الاستیسیته پوست می‌شود، لذا اغلب به همراه آفتاب سوختگی، ترک‌خوردگی پوست در محل آفتاب سوختگی هم دیده می‌شود. بنابراین، ترکیباتی که باعث کاهش آفتاب سوختگی در انار می‌شود، باعث کاهش ترک‌خوردگی پوست هم شده است.

به نظر می‌رسد با توجه به اینکه کلسیم در ساخت میتوکندری و جذب فعال عناصر نقش دارد لذا با جذب بیشتر عناصر میکرو نظیر روی و آهن از تشکیل رادیکالهای آزاد اکسیژن جلوگیری و آفتاب سوختگی کمتر می‌شود (Rachappanavar *et*

al., 2021). از طرفی کلسیم به سنتز و فعالیت اکسین کمک کرده و اکسین باعث رشد و نمو و توسعه شاخه و برگها و عدم ریزش برگها شده و میوه‌ها کمتر در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرند. کلسیم از عوامل مهم و تأثیرگذار در افزایش استحکام دیواره سلولی و فعال شدن سیستم ایمنی گیاه در برابر تنش‌های محیطی از جمله آفتاب سوختگی می‌باشد (Davarpanah *et al*., 2018).

ترکیدگی میوه در رقم‌های مختلف بسیار متغیر و تابع شرایط رشد پوست میوه است. انتخاب برنامه زمان‌بندی مناسب محلول‌پاشی مواد مغذی و تنظیم کننده‌های رشد قبل از ترکیدگی در افزایش ضخامت پوست، افزایش مقاومت مکانیکی پوست و کاهش شکاف خوردن پوست کمک می‌کند (Khehra & Bal, 2014). مشاهده شده است که افزایش در ضخامت پوست هرچند به مقدار کم منجر به مقاومت بیشتر نارنگی ناول به ترکیدگی می‌شود (García-Luis *et al*., 2001). نتایج گزارش‌ها نشان داد بالا بودن درصد کلسیم در بافت میوه باعث افزایش مقاومت در برابر ترکیدگی میوه (Hepaksoy *et al*., 2000) و آفتاب سوختگی (Rouhi *et al*., 2015) می‌گردد. کلسیم به دلیل نگهداری و ثبات غشا، تنظیم بسیاری از فرآیندهای متابولیسمی و حالت نیمه تراوایی غشای سلولی، تقسیم سلولی، نشت یونی و افزایش سختی در غشای میانی دیوار سلولی (Ranjbar *et al*., 2007) باعث کاهش ترکیدگی پوست انار می‌گردد (Rouhi *et al*., 2015; Hegazi *et al*, 2014; Ranjbar *et al*., 2007).

نتیجه‌گیری

ترک‌خورگی و آفتاب‌سوختگی میوه از اختلالات اصلی در میوه انار می‌باشند که به طور گسترده‌ای کیفیت و کمیت میوه انار را محدود می‌کنند. عملیات داشت مناسب از راه‌کارهای موثر برای مقابله با این عارضه‌ها می‌باشد. در این پژوهش تأثیر کوددهی با عناصر سیلیس و کلسیم بر میزان وقوع این عارضه‌ها در میوه انار رقم ملس ساوه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کلی نشان داد محلول‌پاشی با این عناصر نه تنها در کاهش آفتاب‌سوختگی و ترکیدگی میوه مؤثر بود، بلکه باعث بهبود برخی ویژگی‌های دیگر میوه از جمله وزن میوه و بذرپوشینه گردید. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، به نظر می‌رسد تیمار همزمان کلسیم و سیلیس کارایی بیشتری نسبت به تیمارهای تکی هر کدام از این عناصر برای بهبود صفات کمی و کیفی میوه انار دارند. کم‌ترین میزان ترکیدگی و آفتاب سوختگی میوه انار در تیمار ۵۰۰ پی‌پی‌ام سیلیس و ۱/۵ درصد عنصر کلسیم مشاهده شد. محلول‌پاشی با سیلیس و نیترات کلسیم باعث افزایش وزن ۱۰۰ بذرپوشینه، وزن میوه و بهبود برخی خصوصیات بیوشیمیایی میوه شد که در کنترل ترکیدگی میوه و در نتیجه بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه مؤثر هستند.

سپاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش از اعتبارات پژوهشی دانشگاه ایلام تامین شده است که نگارندگان بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

طباطبایی، جلال (۱۳۹۳). *اصول تغذیه معدنی گیاهان*. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۶۲ صفحه.

کرمی، خدیجه؛ عرفانی مقدم، جواد؛ بازگیر، مسعود؛ و خادمی، اورنگ. (۱۴۰۰). تأثیر محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و سولفات روی بر ترکیدگی میوه و خصوصیات کمی و کیفی انار رقم ملس ساوه .نشریه *علوم باغبانی ایران*، ۵۲(۲)، ۳۱۷-۳۲۸.

REFERENCES

Akbarpour, V., Hemmati, K., & Sharifani, M. (2009). Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in maturation stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6(4), 411-416.

Alhousari, F., & Greger, M. (2018). Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants*. 7,33. doi: 10.3390/plants7020033.

Bakeer, S. M. (2016). Effect of ammonium nitrate fertilizer and calcium chloride foliar spray on fruit cracking and sunburn of Manfalouty pomegranate trees. *Scientia Horticulturae*, 209, 300–308.

Chen, H., & Chen, H. (2014). Chemical composition and structure of natural lignocellulose. In H.Z. Chen (Ed), *Biotechnology of lignocellulose: Theory and Practice*, (pp. 25-71). Springer, Netherlands, Dordrecht.

Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M., & Khorassani, R. (2018). Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae*, 230, 86-91.

El-Rhman, I. A. (2010). Physiological studies on cracking phenomena of pomegranates. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(6), 696-703.

Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J. G., & Bélanger, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters*, 249(1), 1-6.

García-Luis, A., Duarte, A. M. M., Kanduser, M., & Guardiola, J. L. (2001). The anatomy of the fruit in relation to the propensity of citrus species to split. *Scientia Horticulturae*, 87(1-2), 33-52.

Guerriero, G., Hausman, J. F., & Legay, S. (2016). Silicon and the plant extracellular matrix. *Frontier in Plant Science*, 463,8. doi: 10.3389/fpls.2016.00463.

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, Mansoura Univ*., 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. In Melgarejo P., Martínez-Nicolás J.J., & Martínez-Tomé J. (Eds.), *Production, processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region*: *Advances in research and technology*. (pp.87-92). *Options Méditerranéennes Série A. Séminaires Méditerranéens*.

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.

Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria* x *ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), 247-253.

Hosein-Beigi, M., Zarei, A., Rostaminia M., & Erfani-Moghadam, J. (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*, 245, 40-47.

Karami, K., Erfani-Moghadam, J., Bazgir, M., & Khademi, O. (2021). Effect of gibberellic acid and zinc sulfate spraying on fruit cracking and quantitative and qualitative characteristics of pomegranate cv. 'Malase Saveh'. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(2), 317-328. (In Persian).

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

Khalifa, R. K. M., Omaima, M. H., & Abd-El-Khair, H. (2009). Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of Anna apple trees. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 237-249.

Khehra, S., & Bal, J. S. (2014). Influnence of foliar sprays on fruit cracking in lemon. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(4), 124-128.

Korkmaz, N., Askin, M. A., Ercisli, S., & Okatan, V. (2016). Foliar application of calcium nitrate,

boric acid and gibberellic acid affects yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 15(3), 105-112.

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., & Song, A. (2015*). Silicon in agriculture. From Theory to Practice.* Springer; Berlin/Heidelberg, Germany.

Luyckx, M., Hausman, J.F., Lutts, S., & Guerriero, G. (2017) Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. *Frontier in Plant Science,* 8, 411. doi: 10.3389/fpls.2017.00411

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*. *International Journal of Fruit Science*, 20 (3), S1156-S1173 https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1778602

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, sun burning and infestation to pomegranate fruit moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal Crop Protection*, 6 (3), 327–340.

Rachappanavar, V., Padiyal, A., Sharma, J., Gupta, S. K., & Negi, N. S. (2021). Efficient exploration of silicon derived benefits to combat biotic and abiotic stresses in fruit crops. Preprint from Research Square, 13 Dec 2021 .https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1052525/v1.

Ramezanian, A., Rahemi, M., & Vazifehshenas, M. R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121(2), 171-175.

Ranjbar, H., Hasanpour, M., Asgari, M. A., Sameei Zadeh, H., & Baniasadi, A. (2007). The effects of calcium chloride, hot water treatment and polyethylene bag packaging on the storage life and quality of pomegranate (Cv: Malas-Saveh). *Journal of Food Science and Technology*, 4(1), 2-9.

Romero-Aranda, M. R., Jurado, O., & Cuartero, J. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163(8), 847-855.

Rouhi, V., Nikbakht, A., & Hooshmand, S. (2015). Effect of sodium chloride concentrations and its foliar application time on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) cv. "Malas Saveh". *Journal of Horticultural Science*, 29(2), 158-167.

Shahid, S. A., Abdelfattah, M. A., Wilson, M. A., Kelley, J. A., & Chiaretti, J.V. (2014). *United Arab Emirates keys to soil taxonomy*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Siam, H. S., Abd El-Moez, M. R., Mahmoud, S. A., Taalab, A. S., Ageeb, G. W., & Abd El Kader, M. G. (2022). Ameliorative effect of silicate in soil and plant. A review. *Current Science International*, 11(1), 28-50. DOI: 10.36632/csi/2022.11.1.3.

Tabatabaei, J. (2013). *Principles of plant mineral nutrition*. Tabriz University Press. pp. 562. (In Persian)

Valero, D., & Serrano, M. (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC Press.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4), 7370-7390.

Ye, M., Song, Y. Y., Long, J., Wang, R., Baeron, S. R., Pan, Z., Zhu-Salzman, K., Xie, J. Cai, K., Luo, S., & Zeng, R. (2013). Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. *Proc Natl Acad Sci U S A,* 110 (38) E3631-E3639, doi:10.1073/pnas.1305848110.

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 A. Sarkhosh, A. M. Yavari & Z. Zamani, (Eds), *The Pomegranate: Botany, Production and Uses*, CABI publication, P, 94-156.