

The effect of foliar application of silicon fertilizer on some qualitative traits and mineral compositions of ‘Barhee’ date fruit under soil salinity conditions

Rahman Yousefi^{1*}, Mohammadreza Pourghayoumi¹, Seyyed Samih Marashi¹, Ali Ghasemi²

Assistant professor of Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

MSc Graduated, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

*(Corresponding Author Email: r.yousefi66@areeo.ac.ir)

Introduction: Date palm (*Phoenix dactylifera*) is one of the most important horticultural products in arid and semi-arid regions of Iran. In the recent years salinity stress negatively affected date fruit quality. The silicon is one of the useful nutrients that plays an important role in the growth and development of plants. Silicon reduces the adverse effects of abiotic stresses such as drought and salinity by affecting the leaf and stem growth, and other plant mechanisms. Therefore, the aim of this research is to investigate the effect of foliar application of silicon on some qualitative characteristics and nutrient elements contents of date fruit that grown under high soil salinity conditions.

Materials and Methods: This research was conducted in a randomized complete block design with 7 treatments and 3 replicates in two consecutive years. Silicon foliar spray treatments contains, without application of foliar spraying (T1), foliar spraying with a concentration of 0.1% in two stages (T2), foliar spraying with a concentration of 0.1% in three stages (T3), foliar spraying with a concentration of 0.2% in two stages (T4), foliar spraying with a concentration of 0.2% in three stages (T5), foliar spraying with a concentration of 0.3% in two stages (T6) and foliar spraying with a concentration of 0.3% in three stages (T7). Fruit quality characteristics including total soluble solids (TSS), acidity (TA), pH and total sugar percentage and concentration of fruit nutrients were measured and statistically analyzed.

Results and Discussion: Foliar application of silicon fertilizer significantly increased TSS of 'Barhee' date fruits while it decreased pH of fruit juice. Fruit acidity and total sugar were not affected significantly by foliar application of silicon. The application of silicon significantly increased the contents of potassium, calcium, iron and zinc in date fruit, but it had no significant effect on the concentration of phosphorus in the fruit. Overall, foliar application of silicon fertilizer with a concentration of 0.3% in two stages (three weeks before pollination and at the end of the Hababook stage) improved quality characteristics and the nutrient elements of 'Barhee' date fruit under high soil salinity conditions.

Keywords: Acidity, Iron, Potassium, Total soluble solids, Total sugar

اثر محلول پاشی کود سیلیسیم بر برخی صفات کیفی و عناصر غذایی میوه خرما رقم برحی در

شرایط شوری خاک

رحمان یوسفی^{۱*}، محمدرضا پورقیومی^۱، سید سمیح مرعشی^۱، علی قاسمی^۲

۱- استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

(* نویسنده مسئول: r.yousefi66@areeo.ac.ir)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی کود سیلیسیم (سیتام پودری، ۷۰ درصد SiO_2) بر برخی صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما رقم برحی در شرایط شوری بالای خاک به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای محلول پاشی سیلیسیم در هفت سطح شامل عدم محلول پاشی (T1)، محلول پاشی با غلظت ۱ در هزار دو مرحله (T2)، محلول پاشی با غلظت ۱ در هزار سه مرحله (T3)، محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار دو مرحله (T4)، محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار سه مرحله (T5)، محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار دو مرحله (T6) و محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار سه مرحله (T7) اعمال شدند. نتایج نشان داد که با کاربرد کود سیلیسیم مواد جامد محلول میوه و pH آب میوه به ترتیب افزایش و کاهش معنی‌دار داشته است. اسیدیته میوه و قند کل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند و اختلاف معنی‌دار نداشتند. کاربرد سیلیسیم سبب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم، کلسیم، آهن و روی در میوه خرما شد، اما بر غلظت فسفر میوه اثر معنی‌دار نداشت. در مجموع، محلول پاشی کود سیلیسیم توانست اثرات منفی ناشی از تنش شوری بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما را در شرایط تنش شوری بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، مواد جامد محلول، قند کل، پتاسیم، آهن

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک است به گونه‌ای که در سال ۱۴۰۰، خرما با تولید حدود ۱/۵ میلیون تن و سهم ۶/۷ درصدی از کل میزان تولید محصولات باغبانی در کشور، حائز رتبه پنجم گردید (Agricultural Statistics, 2022). در سطح جهانی نیز ایران بعد از کشور مصر و عربستان در رتبه سوم میزان تولید و بعد از عراق و الجزایر در رتبه سوم سطح زیر کشت قرار دارد (FAO, 2021). از میان مجموع ارقام خرما در کشور، میوه خرما‌ی ارقام استعمران، پیارم، برحی، مضافتی، زاهدی، کبکاب، ربی، دیری، شاهانی، گنطار و مجول از اهمیت شاخصی برخوردار هستند (Mostaan et al., 2017). سیلیسیم یکی از عناصر غذایی مفید است که نقش‌های مهمی را در رشد و نمو گیاهان بازی می‌کند و اثرات تنش‌هایی مانند خشکی و شوری را با اثر بر رشد برگ، ساقه و دیگر مکانیسم‌های گیاهی کاهش می‌دهد (Epstein and Bloom, 2004). خان و همکاران (Khan et al., 2020) نشان دادند که کاربرد سیلیسیم روی دانه‌های خرما در شرایط تنش (شوری و کادمیم) باعث بهبود معنی‌دار رشد و فیزیولوژی گیاه شد. جانا و همکاران (Jana et al., 2019) گزارش دادند که کاربرد سیلیسیم در دانه‌های خرما رقم خلاص تحت شرایط غیر تنش منجر به افزایش رشد گیاه شد و تحت شرایط تنش شوری نیز اثرات منفی ناشی از تنش را اندکی کاهش داد و تجمع پتاسیم در گیاهان را بالا برد. طی تحقیقی که توسط فکری و همکاران (Fekry et al., 2020) صورت گرفت نشان داده شد که کاربرد دو عنصر سلنیوم و سیلیسیم در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام همراه با هیومیک اسید بهترین تیمار در بهبود عملکرد، وزن خوشه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه خرما رقم برحی بوده است. همچنین ویژگی‌های رشدی مانند مقدار کلروفیل و وضعیت عنصر غذایی برگ‌ها نیز با کاربرد این مواد نسبت به شاهد افزایش یافت. در آزمایشی که توسط کیان و همکاران (Qian et al., 2006) انجام شد گزارش گردید که کاربرد سیلیسیم سبب افزایش انتقال پتاسیم و کاهش جذب کلروپلاستی سدیم در شرایط تنش شوری شد. لذا از آنجایی که تنش شوری اثرات منفی متعددی بر نخل خرما چه در مرحله رشد رویشی و چه در مراحل رشد زایشی دارد (Sperling et al., 2014) و با توجه به نقش مثبتی که عنصر سیلیسیم در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در گیاهان مختلف دارد، هدف این پژوهش بررسی اثر کاربرد سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما در نخلستانی با درجه شوری بالای خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پروژه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار طی دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۱) در محل پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری اهواز به طول جغرافیایی $33^{\circ} 48'$ شرقی و عرض جغرافیایی $15^{\circ} 31'$ شمالی و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا روی ۲۱ اصله نخل خرما‌ی بارور رقم برحی اجرا شد. میانگین شوری خاک تشنگی‌های درختان در قطعه نخلستان منتخب جهت اعمال تیمارهای کودی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. در قطعه مورد نظر تیمارهای مختلف کود سیلیسیم شامل عدم کاربرد کود (T1)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار در دو مرحله (T2)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار در سه مرحله (T3)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار در دو مرحله (T4)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار در سه مرحله (T5)، محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله (T6)

و محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار در سه مرحله (T7) اعمال شدند. کود سیلیسیم مورد استفاده در این تحقیق، کود پودری سیتام محصول شرکت آریا شیمی (حاوی ۷۰ درصد سیلیسیم کل به فرم SiO_2) با شماره ثبت کودی ۳۶۴۹۳ بوده است. مراحل رشد و نمو میوه خرما پس از انجام گرده افشانی و لقاح تا زمان رسیدگی کامل میوه شامل پنج مرحله جابوک، کیمری، خلال، رطب و تمر (میوه رسیده خرما) می باشد. در این تحقیق مراحل اعمال تیمارها به ترتیب شامل سه هفته قبل از شروع گرده افشانی، محلول پاشی در اواخر مرحله جابوک و محلول پاشی در اواخر مرحله کیمری بوده است که برای تیمارهای دو مرحله ای (T2، T4 و T6)، فقط در دو مرحله اول یعنی سه هفته قبل از شروع گرده افشانی و در اواخر مرحله جابوک و برای تیمارهای سه مرحله ای (T3، T5 و T7) در هر سه مرحله فوق محلول پاشی ها انجام شد. سایر عملیات باغی اعم از گرده افشانی، آبیاری، تغذیه، مبارزه با آفات و بیماری ها و ... برای همه تیمارها به طور یکسان انجام شد. اعمال تیمارها طی دو سال متوالی تکرار شد و در هر فصل میوه دهی ویژگی های کیفی میوه شامل مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته (TA)، pH و درصد قند کل اندازه گیری شد. غلظت عناصر غذایی میوه شامل میزان فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی نیز در پایان سال دوم آزمایش مورد سنجش قرار گرفت.

سنجش اسیدیته، قند کل، TSS و PH آب میوه

جهت اندازه گیری صفات کیفی میوه مقدار ۲۵ گرم گوشت میوه (۲۵ گرم گوشت میوه از مخلوط ۲۵ عدد میوه که به طور تصادفی از خوشه های درخت مربوط به هر تیمار انتخاب شدند تهیه گردید) در بشرهای جداگانه قرار داده شد و به هر نمونه ۱۰۰ سی سی آب مقطر اضافه گردید. پس از یک ساعت نمونه ها با دستگاه آب میوه گیری به خوبی مخلوط و برای عصاره گیری مخلوط حاصل، از کاغذ صافی واتمن استفاده شد. برای اندازه گیری اسیدیته میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و با ثبت حجم سود مصرفی میزان اسید کل بر اساس اسید غالب (اسید مالیک) محاسبه گردید (Cheraghi Dehdezi and Hamdami, 2012). میزان قند کل، TSS و PH عصاره میوه طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ (ISIRI, 2007) تعیین گردید. برای اندازه گیری TSS عصاره میوه از دستگاه رفاکتومتر (ATAGO، RX5000، ژاپن) و برای سنجش میزان pH عصاره میوه نیز از pH متر (DDK.TOA، HM-60G، ژاپن) استفاده گردید.

سنجش عناصر غذایی میوه

برای اندازه گیری میزان فسفر میوه (Chapman and Pratt, 1961)، مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره به دست آمده به روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک-اسید سالیسیلیک-آب اکسیژنه (Waling et al., 1989) را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته و به آن ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم مولبیدات-وانادات اضافه و به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Cary100، Varian، استرالیا) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و بر اساس آن میزان فسفر میوه محاسبه شد. برای اندازه گیری غلظت پتاسیم، کلسیم، آهن و روی میوه (Waling et al., 1989) ابتدا هضم نمونه های میوه به

روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک صورت گرفت و اندازه‌گیری عناصر ذکر شده با عصاره حاصله به این روش قرائت گردید. میزان پتاسیم میوه در عصاره حاصله به روش نشر شعله‌ای با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (Tokyo Photoelectric ، Ana-135، ژاپن) و میزان کلسیم، آهن و روی نیز در عصاره حاصله با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Spectra220، Varian، استرالیا) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار به صورت تجزیه مرکب با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های کیفی میوه (مواد جامد محلول، pH، اسیدیته و قند کل)

اثر تیمارهای سیلیسیم بر میزان مواد جامد محلول (TSS) و pH آب میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما بر میزان اسیدیته و قند کل میوه در هیچ یک از سطوح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که کمترین میزان مواد جامد محلول میوه در تیمار عدم کاربرد سیلیسیم (T1) به میزان ۶۳/۶۹ درصد و بیشترین مقادیر آن نیز به ترتیب در تیمارهای T5 و T6 با مقادیر ۷۰/۰۷ و ۶۸/۵۹ درصد ثبت گردید. همچنین کمترین میزان pH آب میوه در تیمار T5 به مقدار ۶/۴۶ مشاهده شد و بین باقی تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کاربرد سیلیسیم سبب افزایش میزان کلروفیل برگ خرما و مواد جامد محلول در خرما رقم برخی گردید (Fekry *et al.*, 2020) که نتایج این تحقیق با یافته‌های آن‌ها مطابقت دارد. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2019) گزارش نمودند که کاربرد سیلیسیم به ویژه در غلظت بالا (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش معنی‌دار pH آب میوه توت‌فرنگی شد که نتایج این تحقیق با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. سیلیسیم با افزایش میزان کلروفیل و افزایش متابولیسم دی‌اکسید کربن و کارایی تثبیت آن، توان فتوسنتزی برگ‌ها را توسط گیاهان افزایش می‌دهد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد و کیفیت میوه حتی در شرایط تنش می‌شود (Cherif and Belanger, 1992). معتمدزادگان و همکاران (Motamedzadegan *et al.*, 2017) طی تحقیقی در خصوص گریپ‌فروت بیان داشتند که کاهش pH آب میوه با افزایش میزان بریکس مواد جامد محلول، ناشی از تغلیظ اسیدهای آلی آب میوه می‌باشد. احتمالاً با کاربرد سیلیسیم، افزایش مواد جامد محلول میوه ناشی از افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی و تغلیظ اسیدهای آلی موجود در میوه خرما سبب کاهش میزان pH آب میوه شده است.

عناصر غذایی میوه (پتاسیم، فسفر، کلسیم، آهن، روی)

اثر تیمارهای سیلیسیم بر غلظت پتاسیم و کلسیم میوه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت آهن و روی میوه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید، اما بر غلظت فسفر میوه در هیچ یک از سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نگردید. بیش‌ترین غلظت پتاسیم میوه در تیمار T6 (محلولپاشی ۳ در هزار سیلیسیم در دو مرحله) به مقدار ۱/۵۴ درصد مشاهده شد. اختلاف بین بیش‌ترین مقدار ثبت شده در تیمار T6 با کم‌ترین مقادیر ثبت شده در تیمارهای T1، T2، T3 و T4 به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). یوسفی (Yousefi, 2016) افزایش غلظت پتاسیم در میوه توت‌فرنگی را در نتیجه کاربرد سیلیسیم مشاهده کرد که نتایج این آزمایش با نتایج ایشان مطابقت دارد. لیانگ (Liang, 1999) بیان کرد که احتمالاً افزایش فعالیت پمپ H^+ -ATPase غشای پلاسمایی در اثر کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود. فکری و همکاران (Fekry et al., 2020) گزارش کردند که با کاربرد سیلیسیم، میزان پتاسیم برگ در خرماي رقم برحی در شرایط تنش شوری افزایش پیدا کرد. با افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه در نتیجه کاربرد سیلیسیم، میزان بیشتری از این عنصر می‌تواند در اختیار میوه قرار بگیرد. کمترین غلظت کلسیم میوه به ترتیب در تیمارهای T1 و T2 با مقادیر ۰/۰۸ و ۰/۱۰ درصد مشاهده گردید. بیشترین غلظت کلسیم میوه نیز در تیمار T4 به مقدار ۰/۳۴ درصد مشاهده شد که اختلاف بین بیشترین مقدار ثبت شده با کمترین مقادیر مشاهده شده به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش مقدار کلسیم در نتیجه استفاده از سیلیسیم توسط یوسفی (Yousefi, 2016) در توت‌فرنگی گزارش شده است که نتایج این تحقیق با نتایج ایشان مطابقت دارد. تفاوت در مدل‌های دیواره سلولزی در نتیجه ته‌نشست سیلیسیم ممکن است عدم پراکنش محلول‌های آنیونی که کلسیم را جذب می‌کنند افزایش دهد، در نتیجه به نظر می‌رسد که باید میزان کلسیم در بافت گیاهی افزایش یابد (Epstein and Bloom, 2004). ارتباط بین کلسیم و سیلیسیم در تغذیه گیاهی نیازمند مطالعه و بررسی بیشتری می‌باشد.

جدول ۳- اثرات کاربرد سیلیسیم بر برخی صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه

Table 3- The effects of silicon application on some qualitative traits and nutrient elements concentration in fruit

| تیمارهای سیلیسیم | مواد جامد | اسیدیته (%) | pH | قند کل (%) | پتاسیم (%) | فسفر (%) | کلسیم | آهن | روی |
|-------------------|------------------|-------------|--------|-------------|------------|----------|-----------|-------------|-------------|
| Silicon Treatment | محلول (%) TSS | TA | | Total Sugar | K | p | (%) Ca | (ppm) Fe | (ppm) Zn |
| T1 | 63.69d | 1.51a | 6.69a | 45.66a | 1.06dc | 0.126a | 0.10dc | 20.46a | 12.36b |
| T2 | 64.05dc | 1.38a | 6.63a | 43.86a | 1.01dc | 0.127a | 0.08d | 23.00a | 13.41b |
| T3 | 67.78ab | 1.65a | 6.68a | 41.67a | 0.89d | 0.133a | 0.18b | 19.66ab | 14.13b |
| T4 | 64.84bcd | 1.38a | 6.65a | 37.65a | 1.40ab | 0.128a | 0.34a | 18.83ab | 20.76a |
| T5 | 70.07a | 1.47a | 6.46b | 44.68a | 1.21bc | 0.138a | 0.21b | 15.70b | 15.73ab |
| T6 | 68.59a | 1.34a | 6.57ab | 41.16a | 1.54a | 0.133a | 0.20b | 21.46a | 15.86ab |
| T7 | 67.05abc | 1.42a | 6.66a | 42.48a | 1.32ab | 0.135a | 0.16bc | 23.10a | 14.10b |

میانگین‌هایی با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

The means with common letters according to Duncan test are not significantly different in level 5%.

کمترین غلظت آهن میوه در تیمار T5 به مقدار ۱۵/۷۰ پی پی ام ثبت شد و بیشترین غلظت آن در تیمار T7 به مقدار ۲۳/۱۰ پی پی ام مشاهده شد که اختلاف آنان معنی دار بود (جدول ۳). پاولویک و همکاران (Pavlovic et al., 2013) بیان کردند که کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب آهن در گیاه خیار گردید که نتایج این تحقیق با نتایج آنان مطابقت دارد. کاربرد سیلیسیم با تنظیم سطوح بیان ژن پروتئین‌ها و در نتیجه آن افزایش میزان تحرک آهن، باعث افزایش میزان جذب آهن می‌شود. گوتاردی و همکاران (Gottardi et al., 2014) افزایش بالای جذب آهن در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم را به افزایش فعالیت و فراوانی رونوشت ژن FRO (Fe(III)-chelate reductase) نسبت دادند. کمترین غلظت روی میوه در تیمار T1 به مقدار ۱۲/۳۶ پی پی ام و بیشترین غلظت آن در تیمار T4 به مقدار ۲۰/۷۶ پی پی ام مشاهده شد (جدول ۳). میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2018) افزایش جذب روی در نتیجه کاربرد سیلیسیم را در گیاه چچم گزارش داد که نتایج این تحقیق با آن مطابقت دارد. افزایش غلظت روی احتمالاً به علت تشکیل ترکیب‌های پیچیده محلول سیلیسیم با این عنصر و در نتیجه افزایش جذب آن باشد (Matichenkov et al., 2015). گزارش شده است که بیان ناقل‌های پرولین در شرایط تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش شوری، یک نقش کلیدی برای تحمل شرایط تنشی ایفا می‌کند (Kishor et al., 2015). نشان داده شد که اثرات تخفیف‌دهنده تنش شوری ناشی از کاربرد سیلیسیم در نخل خرما تحت شرایط تنش شوری، در اثر فعال شدن ناقل‌های پرولین در راستای توزیع و پایداری مناسب آن به منظور مبارزه با اثرات کشنده شوری بوده است و کاربرد بیرونی سیلیسیم به شدت بیان Proline transporter 2 را فعال کرد (Khan et al., 2020). فکری و همکاران (Fekry et al., 2020) نیز بیان نمودند که سیلیسیم با افزایش جذب و انتقال آب و مواد غذایی، توسعه ریشه و بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش تحمل درختان در شرایط تنشی از جمله تنش شوری می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان اظهار داشت که کاربرد محلول‌پاشی کود سیلیسیم دارای اثرات مشهودی بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما می‌باشد. کاربرد سیلیسیم و تأثیر آن بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی، بستگی به غلظت و زمان کاربرد آن دارد. به استناد نتایج این پژوهش می‌توان محلول‌پاشی ۳ در هزار کود سیلیسیم در دو مرحله؛ مرحله اول سه هفته قبل از شروع گرده‌افشانی و مرحله دوم اواخر مرحله جابوک را به عنوان یک گزینه مطلوب در نظر داشت. پیشنهاد می‌گردد که با توجه به نتایج این تحقیق استفاده از سایر منابع سیلیسیم همانند سیلیکات پتاسیم نیز در سایر ارقام مهم و تجاری در دیگر مناطق خرماخیز کشور که با مشکل شوری مواجه هستند به طور جامع مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- Agricultural Statistics. (2022). Volume 3: Horticultural and greenhouse Products. Tehran, Ministry of Jihad Agriculture, Vice President of Statistics, Information and Communication Technology Center. 307p.
- Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences, Los Angeles.

- Cheraghi Dehdezi, S., & Hamdami, N. (2012). Effect of storage at different temperatures on moisture content, total soluble solids, acidity and pH of dates (Kabkab variety). *Journal Food Research*, 22(2), 131-140.
- Cherif, M., & Belanger, R.R. (1992). Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease*, 76(10), 1008-1011. [https://doi.org/10.1016/0885-5765\(92\)90053-X](https://doi.org/10.1016/0885-5765(92)90053-X).
- Epstein, E., & Bloom, A. (2004). Mineral nutrition of plants: principle and perspectives. Sinauer Associates Publish, Second Edition, 380p.
- FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fekry, W.M.E., Rashad, M.A., & Alalaf, A.H. (2020). Attempts to improve the growth and fruiting of barhi date-palms under salinity stress. *Asian Journal of Plant Sciences*, 19(2), 146-151. 10.3923/ajps.2020.146.151
- Ghasemi, K., Ghajar Sepanlou, M., & Haddadinejad, M. (2019). Effect of silicon on nutrient concentration, photosynthetic pigments and fruit quality of strawberry cv. Camarosa. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, 2(1), 85-98. 10.22070/hpn.2019.4607.1036.
- Gottardi, S., Iacuzzo, F., Tomasi, N., Cortella, G., Manzocco, L., Pinton, R., Romheld, V., Mimmo, T., Scampicchio, M., Costa, L.D., & Cesco, S. (2014). Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 56, 14-23. 10.1016/j.plaphy.2012.04.002.
- ISIRI. (2007). Fruit juices – Test methods. Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, Iran National Standard, 2685, 1st revision.
- Jana, G.A., Al Kharusi, L., Sunkar, R., Al-Yahyai, R., & Yaish, M.W. (2019). Metabolomic analysis of date palm seedlings exposed to salinity and silicon treatments. *Plant Signaling & Behavior*, 14(11), 1663112. 10.1080/15592324.2019.1663112.
- Khan, A., Bilal, S., Khan, A.L., Imran, M., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., & Lee, I. (2020). Silicon-mediated alleviation of combined salinity and cadmium stress in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by regulating physio-hormonal alteration. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 188, 1-11. 10.1016/j.ecoenv.2019.109885.
- Kishor, K.P.B., Kumari P.H., Sunita M.S.L., Sreenivasulu. (2015). Role of proline in cell wall synthesis and plant development and its implications in plant ontogeny. *Frontiers in Plant Science*, 20(6), 544. 10.3389/fpls.2015.00544.
- Liang, Y.C. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barely undersalt stress. *Plant Physiology*, 29, 217-224. 10.1023/A:1004526604913.
- Matichenkov, V.V., Bocharnikova, E.A., Pahnenko, E.P., Khomiakove, D.M., Matichenkov, I.V., Zhan, Q., & Wei, X. (2015). Reduction of Cd, Cu, Ni, and Pb Mobility by Active Si in a Laboratory Study. *Mine Water and the Environment*, 35, 302–309. 10.1007/s10230-015-0353-5.
- Mirzakhani, M., Motesharezadeh, B., Mirseyed Hosseini, H., & Malmir, R. (2018). Effect of nano-silicon treatments on some physiological and nutritional responses of *Lolium perenne* in soils contaminated with heavy metals (Pb, Cd and Zn). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(2), 563-577. 10.22059/ijhs.2018.245896.1348.
- Mostaan, A., Latifian, M., Torahi, A., Amani, M., Mohebi, A., & Alihoury, M. (2017). Technical guide for cultivation and harvesting date palm. Publication of agricultural education. 282p.
- Motamedzadegan, A., Porshayegan, M., Golkar, A., Maghsodi, S., & Bagheri, H. (2017). Effect of concentration on the physicochemical and rheological properties of grapefruit juice (*Citrus paradise*). *Food Processing and Preservation Journal*, 11(1), 131-142. 10.22069/ejpp.2019.11424.1361.
- Pavlovic, J., Samardzic, J., Maksimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K.H., Hansen, T.H., Husted, S., Schjoerring, J.K., Liang, Y., & Nikolic, M. (2013). Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. *New Phytologist*, 198(4), 1096–1107. 10.1111/nph.12213.

- Qian, Q.Q., Zai, W.S., Zhu, Z.J., & Yu, J.Q. (2006). Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32(1), 107–112.
- Sperling, O., Lazarovitch, N., Schwartz, A., & Shapira, O. (2014). Effects of high salinity irrigation on growth, gas-exchange, and photoprotection in date palms (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). *Environmental and Experimental Botany*, 99, 100–109. 10.1016/j.envexpbot.2013.10.014.
- Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., & Van der Lee, J.J. (1989). *Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant analysis procedures*. Wageningen Agriculture University, The Netherlands.
- Yousefi, R. (2016). The effect of micro- and nanoparticles of silicon dioxide on some morphological, physiological and biochemical characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). PhD Thesis, Bu-Ali Sina University.