مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۶ شماره ۱ صفحه‌های ۳۵ تا ۴۶ (۱۴۰۴)
مقاله پژوهشی

بررسی نقش سیلیسیم و سلنیوم روی عملکرد و صفات مرتبط با آن در میوه به رقم اصفهان

Investigating the Role of Silicon and Selenium on Yield and Related Traits in Quince Fruits of Isfahan Cultivar

سکینه محمودی[۱]، زهرا پاک‌کیش[۱] و سهیلامحمدرضاخانی[۲]*

۱. بخش مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنرکرمان، کرمان، ایران
۲. بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.
نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Smohammadrezakhani@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۸

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد سیلیسیم و سلنیوم بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و کیفیت میوه درختان به (*Cydonia oblonga* Mill.) رقم اصفهان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل، سلنیوم در غلظت‌های نیم و یک میلی‌گرم بر لیتر و سیلیسیم در غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار بودند که در دو مرحله ۳۰ و ۴۵ روز پس از مرحله تمام گل، (مطابق با پنج و ۲۰ اردیبهشت‌ماه) به روش محلول‌پاشی اعمال شدند. ویژگی‌های مورد ارزیابی شامل سطح برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد کمی و کیفی میوه، وزن میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته، اسیدهای آلی و همچنین فنل کل، ویتامین C، آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار ترکیبی سلنیوم یک میلی‌گرم بر لیتر و سیلیسیم دو میلی‌مولار در مرحله کاربرد ۴۵ روز پس از گلدهی، به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.5$) موجب افزایش وزن میوه، عملکرد درختان، شاخص کلروفیل، محتوای ترکیبات فنولی، ویتامین C، آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها شد. همچنین، این تیمار به بهبود مواد جامد محلول و کاهش محسوس اسیدیته میوه منجر شد. در مجموع، یافته‌های این مطالعه مؤید کارآیی بهینه کاربرد توأم سیلیسیم و سلنیوم به‌ویژه در غلظت‌های ذکرشده، در افزایش کمّی و کیفی محصول به رقم اصفهان است، که می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی در باغ‌های تجاری مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سلنیوم، سیلیسیم، عملکرد، کاروتنویید، ویتامین ث.

مقدمه

جنس *Cydonia* شامل یک گونه منفرد، *Cydonia oblonga* Mill است. منشا آن مناطق بین داغستان تا تالش در ماوراء قفقاز، شمال و نواحی مرکزی ایران است (Abdollahi, 2019). به با نام علمی *C. oblong*a متعلق به تیره گلسرخیان می‌باشد. میوه به دارای ارزش غذایی بالایی بوده و به عنوان یک گیاه دارویی نیز مورد توجه می‌باشد. علاوه بر اینکه از درخت به، به عنوان پایه پاکوتاه کننده برای باغ‌های گلابی استفاده می‌شود، از میوه آن نیز، جهت فرآوری در صنایع غذایی بسیار استفاده می‌شود، بعضی از ارقام میوه به برای تهیه مربا، کمپوت و ژله استفاده می‌شوند. ارقام به خودبارور بوده و دارای ارقام خارجی مانند آناناس، شامپیون و ارقامی ایرانی مانند به رقم اصفهان، به نیشابور می‌باشد (Khadivi, 2011). میوه‌های به، گلابی یا سیبی شکل و بوی شیرین، زردرنگ، آبدار، معطر و حاوی تعداد زیادی دانه‌های صاف محدب به تعداد ۱۲ عدد در هر خانه و پوشش داده شده با موسیلاژ هستند. رنگ دانه‌ها سیاه یا قرمز است (Ayshah Fazeenah & Quamri, 2019). تاکنون پژوهش جامعی در زمینه بهبود کیفیت و کمیت میوه به انجام نشده است. امروزه استفاده از عناصر غذایی و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جهت افزایش عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه ها بسیار مورد توجه پژوهشگران می‌باشد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

پژوهش‌های متعدد نشان داده اند افزایش جذب سیلیسیم (Si) نوعی اثر سودمند بر رشد و نمو گیاه به واسطه کاهش تنش‌های زیستی و غیرزیستی برجای می‌گذارد. این موارد شامل تنش شوری، تنش خشکی، سمیت فلزی، عدم تعادل عناصر غذایی، خسارت تشعشع، دمای بالا و یخ زدگی همچنین تحمل به بیماری های گیاهی و حمله آفات می‌باشد (Pati *et al*., 2015).

در راستای تامین غذای کافی و سالم، نقش برخی عناصر مفید مانند سیلیسیم مورد توجه متخصصان تغذیه قرار گرفته است (Khoshgoftarmanesh, 2010). سیلیسیم از جمله عناصری است که حتی در غلظت های زیاد برای گیاهان سمی نیست (Ma & Yamaji, 2008). سیلیسیم به عنوان عنصر ضروری برای رشد اکثر گیاهان معرفی نشده است، اما نقش سودمندی در رشد و نمو گیاهان در تنش‌های محیطی نشان داده است (Liang *et al*., 2015). سیلیسیم به‌دلیل رسوب در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در سطح برگ منجر به افزایش در عملکرد گیاهان می‌شود (Chaoui *et al*., 1997). سیلیسیم همچنین از طریق افزایش فسفوریلاسیون قندها منجر به افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها می‌شود (Adams, 1980).

سیلیسیم باعث افزایش ذخیره سازی مواد مغذی ضروری و کاهش جذب مواد غیر ضروری شده و از انتقال آن به شاخه‌ها و برگ‌ها جلوگیری می‌نماید (Tuna *et al*., 2008). سیلیسیم همچنین با کاهش تعرق گیاه و رسوب در زیر سلول‌های اپیدرم برگ و ساقه، باعث کاهش هدررفت آب از کوتیکول می‌شود و از این طریق باعث حفظ و نگهداری آب در سلول و افزایش فشار تورژسانس و افزایش سطح سبز گیاه می‌شود (Liang *et al*., 2007). در آزمایشی بر روی دو ژنوتیپ گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ شده و کاربرد سیلیسیم در این شرایط، محتوای نسبی آب برگ را در سطح یک درصد افزایش داد (Tale Ahmadi & Haddad., 2011). همچنین در این بررسی گزارش شده که کاربرد ۲/۱۱ میلی‌مول سدیم سیلیکات در کیلوگرم در گندم تحت تنش، باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ خواهد شد. سودمندی سیلیسیم در تحمل تنش خشکی در غلات مربوط به فعالیت بیشتر H^+-ATPase موجود در غشاء و H^+-PPase در تونوپلاست و جذب بیش‌تر یون پتاسیم می‌باشد (Gong *et al*., 2008). طی پژوهشی که روی گیاه خیار انجام شد، مشخص گردید که این عنصر می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول، افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش تولید برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و کاهش حساسیت به بعضی از بیماری‌های قارچی شود (Kaya *et al*., 2002).

سلنیوم (Se) با وجودی که این عناصر به‌طور مستقیم در متابولیسم گیاهان و تکمیل چرخه زندگی آن‌ها درگیر نیست، نقش حیاتی و مهم در فعالیت‌های متابولیکی، بیوسنتزی (تشکیل کلروفیل)، تثبیت نیتروژن، فتوسنتز و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه بخصوص در شرایط تنش دارند. اولین مقاله در مورد اثرات مثبت سلنیوم در گیاهان توسط Singh در سال ۱۹۸۰ منتشر شد. در پژوهش‌هایی بر روی گیاه کلزا، Singh نشان داد که کاربرد نیم میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به صورت سلنیت، موجب افزایش رشد و وزن خشک گیاه می‌شود (Singh *et al*., 1980).

سلنیوم به عنوان عنصر ضروری برای گیاهان دسته‌بندی نشده است، اگرچه اثرات آن در برخی غلظت‌ها در تعدادی از گیاهان مفید گزارش شده است. در یک پژوهش گزارش شده است که سلنیوم به عنوان آنتی‌اکسیدان و ممانعت کننده پراکسیداسیون لیپیدها عمل می‌کند (Hartikainen, 2000). سلنیوم از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق ممانعت از کاهش غلظت توکوفرول و ترغیب سوپراکسید دیسموتاز موجب تاخیر پیری گیاه می‌شود (Xu *et al*., 2001). گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی سلنیوم در مقایسه با دو روش کوددهی در خاک و تزریق به تنه درخت، منجر به افزایش غلظت سلنیوم میوه و نیز افزایش عملکرد و کیفیت میوه عناب شده و این روش می‌تواند برای تولید میوه‌های غنی از سلنیوم با محتوای مطلوب این عنصر برای انسان به‌کار برده شود (Zhao *et al*., 2013). کاربرد سلنیوم در پیاز نیز سبب بهبود رشد و عملکر آن شده است (Bulska *et al*., 2006). سلنیوم علاوه بر افزایش سطوح آنزیمی، میزان فنل کل را نیز بالا می‌برد و باعث کاهش پراکسیداسیون لیپید، افزایش تحمل به تنش و بهبود عملکرد و کیفیت میوه پرتقال ناول می‌شود (Elham *et al*., 2013). تیمار بذور خربزه با سلنیوم در شرایط تنش شوری سبب افزایش سنتز آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز شد که به‌دنبال آن عملکرد ماده خشک گیاه افزایش یافت (Keling *et al*,. 2013). در چای سبز محلول‌پاشی برگی سلنیوم نه تنها سبب افزایش محتوای سلنیوم شد، بلکه عملکرد گیاه، مقادیر آمینواسیدهای کل و ویتامین ث را نیز افزایش داد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

(Hu *et al*., 2003). هدف از این پژوهش، بررسی اثرات سلنیوم و سیلیسیم بر بهبود کیفیت و صفات مربوط به عملکرد درختان به رقم اصفهان بوده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در یک باغ تجاری، واقع درشهرستان ماهان (مختصات جغرافیایی °۳۰.۰۶ شمالی °۵۷.۲۹ شرقی) در استان کرمان در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. پژوهش بر روی درختان ۱۰ ساله به رقم اصفهان به اجرا گذاشته شد. درختان به روی پایه بذری به پیوند شده بودند و فاصله روی ردیف و بین ردیف ۴ متر بود و درختان تحت سیتم آبیاری قطره‌ای قرار داشتند. به منظور دقت بیش‌تر و به حداقل رساندن خطا، حتی الامکان درختانی که از نظر قدرت رشد و اندازه یکنواخت بودند، انتخاب شدند. درختان با شرایط آبیاری و مدیریت یکسان، مد نظر قرار گرفتند.

تیمارها شامل سلنیوم (Selenium dioxide Nanopowder 99+%, 20-30 nm, Merck) با غلظت نیم و یک میلی‌گرم بر لیتر، سیلیسیم با غلظت یک و دو میلی مولار (نانو ذرات سیلیسیم Silicon Dioxide (SiO_2) Nanopowder (SiO2, 99+%, 20-30 nm, amorphous) ساخت شرکت Nanosany Corporati)روی درختان مورد نظر تیمار شدند. درختانی که هیچ کدام از تیمارهای فوق بر روی آنها اعمال نشده بود، به عنوان درختان شاهد در نظر گرفته شدند. جهت اجرای آزمایش، درختان به در دو مرحله (مرحله اول: ۵ اردیبهشت ماه (۳۰ روز بعد از مرحله تمام گل) و مرحله دوم ۲۰ اردیبهشت ماه (۴۵ روز بعد تمام گل) محلول پاشی شدند. ویژگی‌هایی نظیر سطح برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد، وزن میوه، اسیدهای آلی، اسیدیته، میزان فنل، ویتامین ث، کارتنوئید مورد مطالعه قرار گرفتند.

صفات مورد بررسی وزن میوه

بدین منظور در زمان بهینه برداشت میوه، یعنی زمانی که میزان مواد جامد محلول کل میوه‌ها به ۱۴ درصد رسید، از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ عدد میوه به، از شاخه‌های شمالی و ۱۰ عدد میوه به با پوست، از شاخه جنوبی جمع‌آوری شد. وزن تر نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و میانگین وزن آنها بر حسب گرم گزارش گردید.

سطح برگ

بدین منظور از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ در مرداد ماه از ارتفاع وسط درخت و اطراف آن جمع‌آوری شد و سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل CI202 اندازه‌گیری و میانگین برای هر نمونه محاسبه شد.

شاخص کلروفیل برگ

بدین منظور از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ از ارتفاع وسط درخت و اطراف آن جمع‌آوری شد و میزان شاخص کلروفیل برگ‌ها توسط دستگاه SPAD مدل AD 502 Plus C اندازه‌گیری و میانگین برای هر نمونه محاسبه شد.

عملکرد

در زمان بهینه برداشت، میوه‌ها از شاخه های محلول پاشی شده برداشت شدند، سپس وزن آنها با ترازو اندازه‌گیری و میانگین وزن هر شاخه بر حسب کیلوگرم در هر شاخه گزارش شد.

اندازه‌گیری اسید های آلی

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه را توسط پیپت داخل ظرف شیشه‌ای ریخته و به آن ۲۰ آب مقطر اضافه شد. داخل محلول فوق ۲ تا ۳ قطره فنول فتالئین یک درصد اضافه شد (Basiouny, 1996). سپس عمل سنجش حجمی (تیتراسیون) توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال انجام داده شد. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده در عمل تیتراسیون، مقدار اسید را در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم اسید در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره میوه محاسبه گردید. برای این منظور از معادله زیر استفاده شد:

۱) $A=S.N.F.E/C\times100$

A =مقدار اسید در عصاره میوه (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)

S=مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده بر حسب میلی‌لیتر

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

N=نرمالیته NaOH

F=فاکتور NaOH

C=مقدار عصاره میوه (ml)

E =اکی والان اسید مورد نظر

اندازه‌گیری میزان اسیدیته

جهت تعیین اسیدیته آب میوه از عصاره صاف شده میوه و با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل ۳۳۲۰ (Jenway) انگلستان) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس استفاده شد.

اندازه گیری اسید اسکوربیک

برای اندازه‌گیری اسید اسکوربیک، ۱/۲۶۹ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط کرده و حجم آن به یک لیتر رسانیده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط فوق را در یک ظرف دیگر ریخته، روی آن دو میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد اضافه و برای محاسبه فاکتور مخلوط ید از معادله زیر استفاده شد (Basiouny, 1996).

۲) $F=A/B\times N\times 88.1$

F=فاکتور مخلوط ید، A =مقدار اسید اسکوربیک خالص (میلی‌گرم)

B =مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی‌گرم)

N = نرمالیته مخلوط ید

اندازه‌گیری کاروتنوئیدها

برای این منظور، یک دهم گرم وزن تر نمونه را به دقت توزین و در استون ۸۰ درصد در هاون چینی سائیده و عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۲۷۰۰ قرار داده شد و سپس سه میلی‌لیتر از عصاره بالایی برداشته شد و جذب آنها در طول موج ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS مدل Cary50 خوانده شد و غلظت کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Lichtenthder, 1987). در نهایت غلظت کاروتنوئیدها بر حسب µg/ml عصاره گیاهی به دست آمد.

۳) $C_a= 12.25\ A_{663}- 2.79\ A_{647}$

۴) $C_b=21.50A_{647}-5.10A_{663}$

۵) $C_{(X+C)} = (1000A_{470}-1.82C_a-85.02C_b)/198$

اندازه‌گیری محتوای فنل کل

یک دهم میلی‌گرم از بافت گیاهی در سه میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده و سپس یک میلی‌لیتر از محلول رویی در لوله آزمایش ریخته شد و به آن یک و نیم میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید و سپس با آب مقطر به حجم پنج میلی‌لیتر رسانیده شد و به مخلوط حاصل، نیم میلی‌لیتر معرف فولین ۵۰ درصد اضافه گردید و یک میلی‌لیتر کربنات سدیم پنج درصد اضافه شد و مخلوط حاصل به مدت یک ساعت در تاریکی نگهداری و سپس هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد (Malik & Singh, 1980).

واکاوی آماری داده‌ها

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار (۹.۱) SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و مقایسه میانگین اثرات متقابل توسط نرم افزار MSTATC انجام گرفت. نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

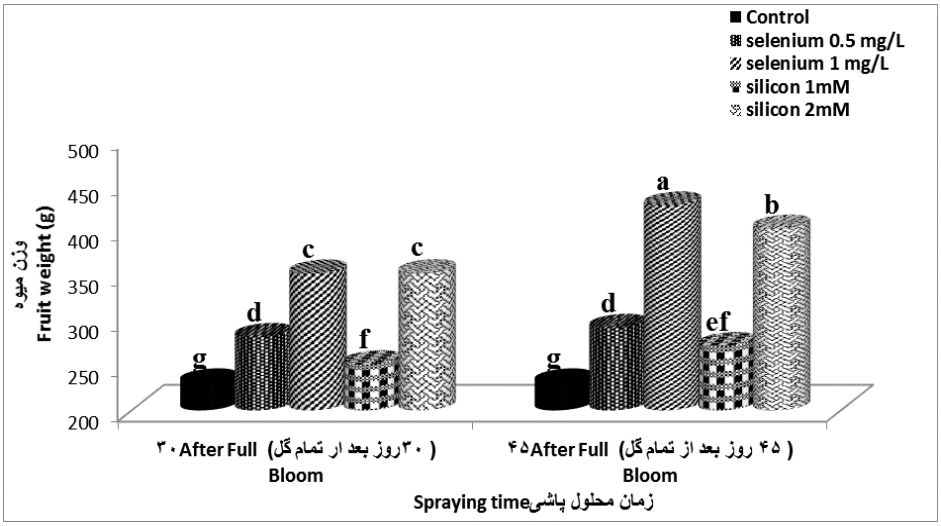
وزن میوه و عملکرد

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که وزن میوه در نتیجه استفاده از تیمارها در هردو زمان محلول‌پاشی افزایش یافته است. هر دو زمان ۳۰ و ۴۵ روز بعد از گلدهی، بیش‌ترین میزان گلدهی در میوه‌های تیمار شده با سلنیوم یک

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

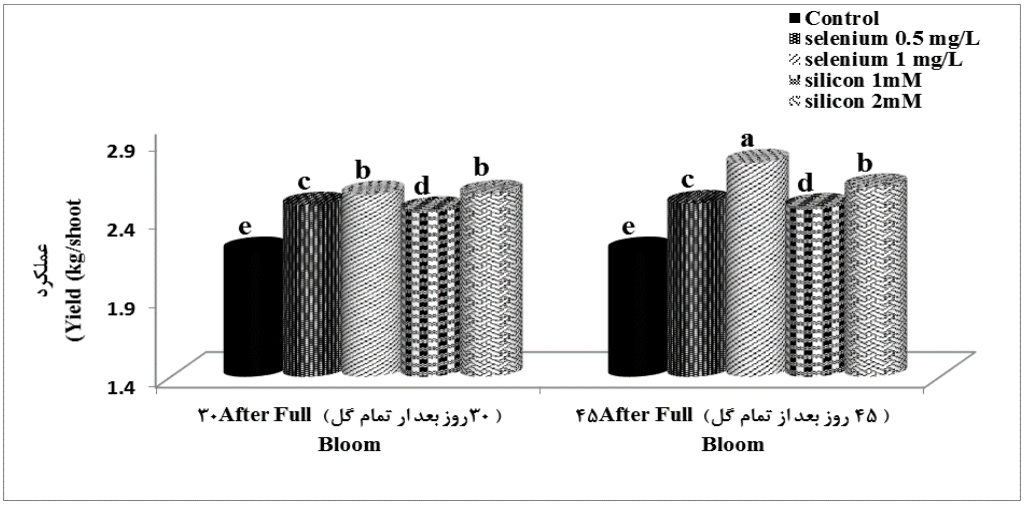
میلی‌گرم در لیتر و سیلیسیم دو میلی‌مولار بوده است. مقایسه بین دو زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین وزن میوه در درختانی بود که در ۴۵ روز بعد از گلدهی محلول‌پاشی شده بودند (شکل ۱).

نتایج نشان داد که میزان عملکرد در هر دو زمان از محلول‌پاشی در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش یافته است، به طوری که، بیش‌ترین میزان عملکرد در تیمار مربوط به سلنیوم یک میلی‌گرم در لیتر ۴۵ روز بعد از تمام گل مشاهده شد (شکل ۲). در حالی که، محلول پاشی در زمان ۳۰ روز بعد از تمام گل تیمار سلنیوم یک میلی‌گرم بر لیتر و سیلیسیم دو میلی‌مولار، سبب افزایش عملکرد نسبت به سایر تیمارها شدند، ولی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل۲).



شکل ۱- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر وزن میوه درختان به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 1. Effect of selenium and silicon treatments on fruit weight of quince trees cultivar Isfahan. Meanswith the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.



شکل ۲- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر عملکرد میوه درختان به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

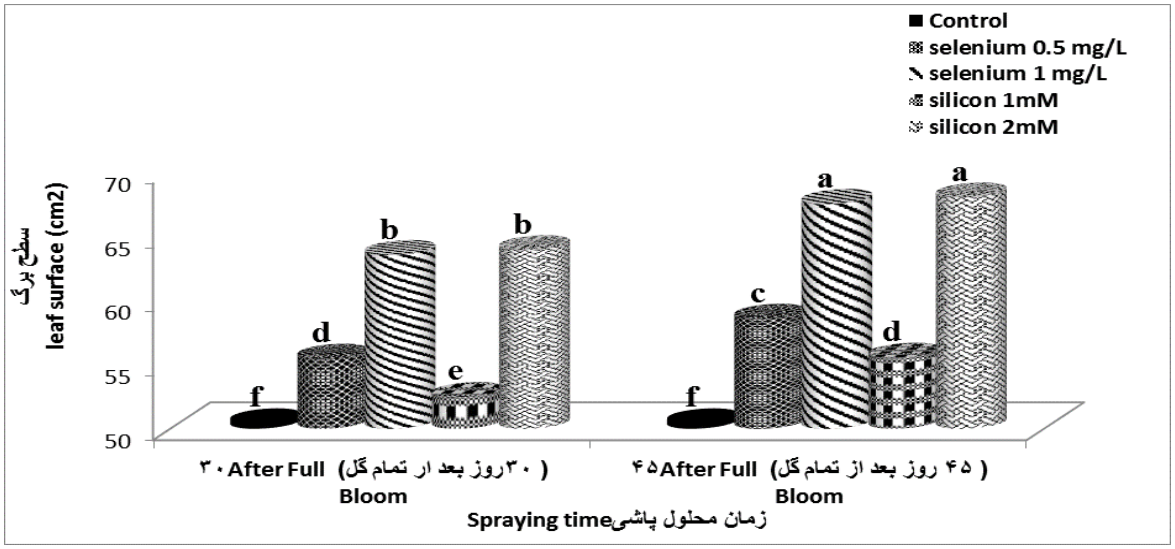
Fig. 2. Effect of selenium and silicon treatments on yield of quince s cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

سطح برگ و شاخص کلروفیل

سطح برگ در درختان تیمار شده با تیمار سیلیسیم و سلنیوم در مقایسه با میوه‌های شاهد افزایش یافت. به طوری‌که در هر دو زمان تیمار میزان سطح برگ نسبت به شاهد افزایش یافته است و بیش‌ترین میزان در سلنیوم یک میلی‌گرم بر لیتر و سیلیسیم

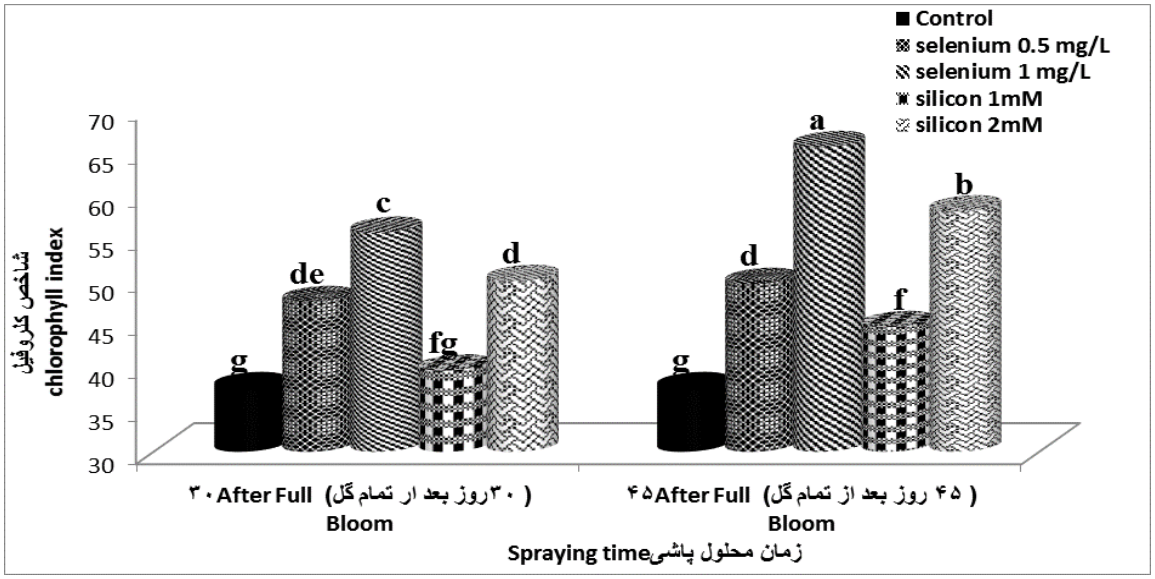
[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

دو میلی‌مولار در مرحله ۴۵ روز بعد از تمام گل مشاهده شد (شکل ۳). شاخص کلروفیل برگ هم در میوه‌های تیمار شده در مقایسه با میوه‌های شاهد در هر دو مرحله ۳۰ و ۴۵ رور بعد از تمام گل افزایش یافت (شکل ۴). به طوری‌که بیش‌ترین میزان شاخص کلروفیل برگ در میوه‌های تیمار شده با سلنیوم ۱ میلی‌مولار بوده است.



شکل ۳ - تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر سطح برگ درختان به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 3. Effect of selenium and silicon treatments on leaf surface of quince trees of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.



شکل ۴- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر شاخص کلروفیل درختان به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

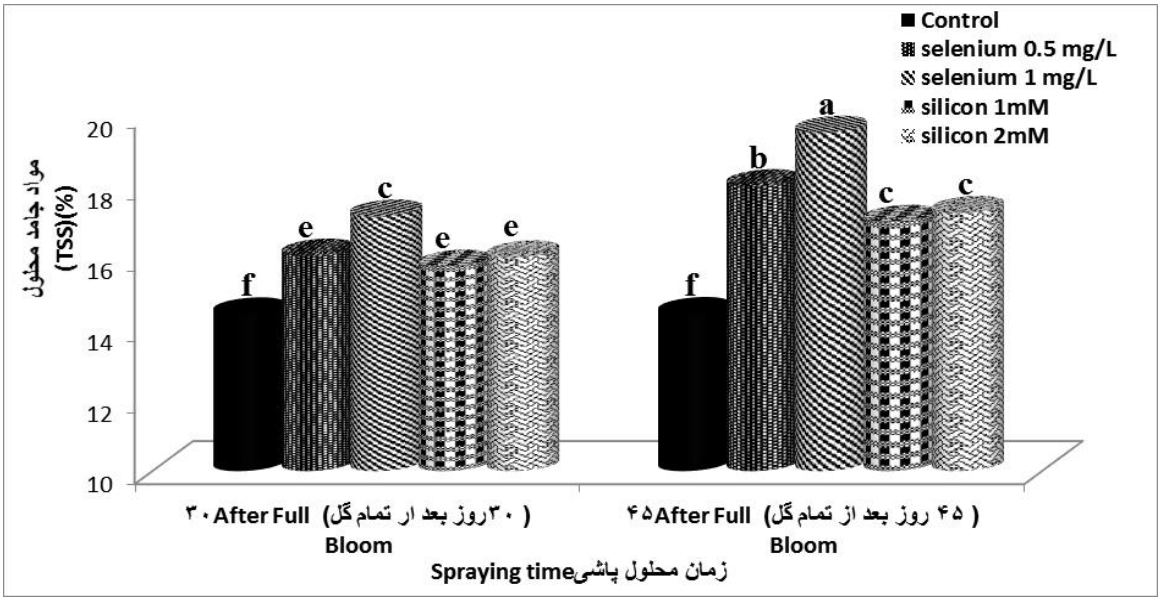
Fig. 4. Effect of selenium and silicon treatments on chlorophyll index of quince trees of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

مواد جامد محلول کل

بررسی مقایسه میانگین نشان داد، میزان مواد جامد محلول کل در میوه‌های درختان تیمار شده در هر دو زمان نسبت به شاهد افزایش یافته است. به طوری‌که در مرحله ۴۵ روز بعد از تمام گل در درختان تیمار شده با سلنیوم یک میلی مولار میزان

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

مواد جامد محلول کل افزایش یافته است و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۵).

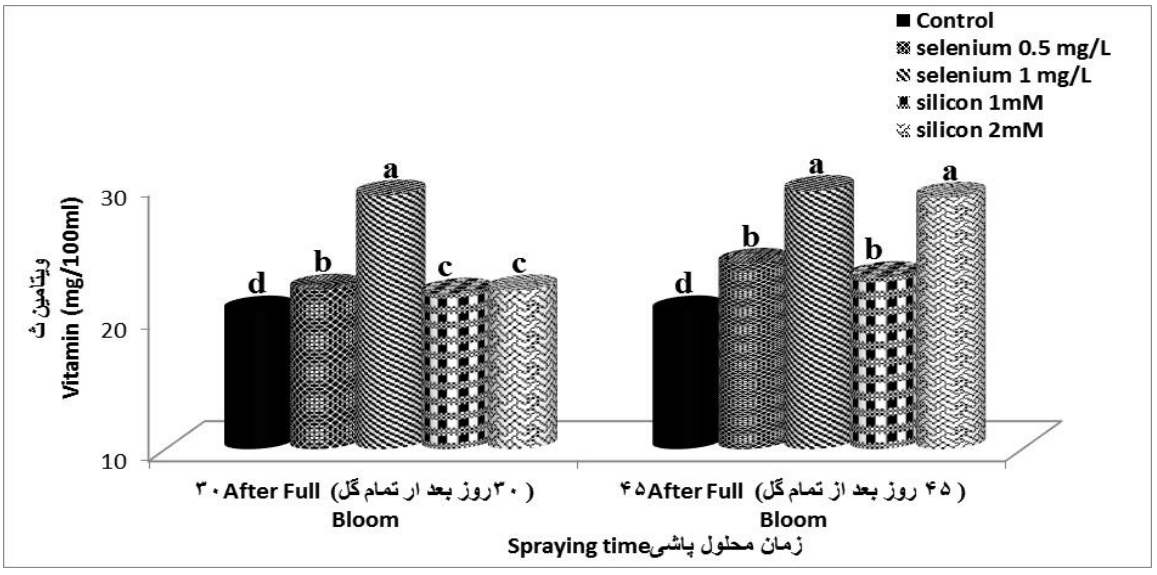


شکل ۵- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر درصد کل مواد جامد محلول میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 5. Effect of selenium and silicon treatments on TSS of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test

ویتامین ث

طبق نتایج به دست آمده از پژوهش انجام شده، میزان ویتامین ث در نتیجه کاربرد تیمارها افزایش یافت و در مقایسه با تیمار شاهد، کاربرد سلنیوم و سیلیسیم سبب افزایش میزان ویتامین ث میوه‌های تیمار شده، شدند. بیش‌ترین میزان ویتامین ث، مربوط به سلنیوم یک میلی‌مولار در هر دو زمان محلول‌پاشی (۳۰ و ۴۵ روز بعد از تمام گل) مشاهده شد (شکل ۶).



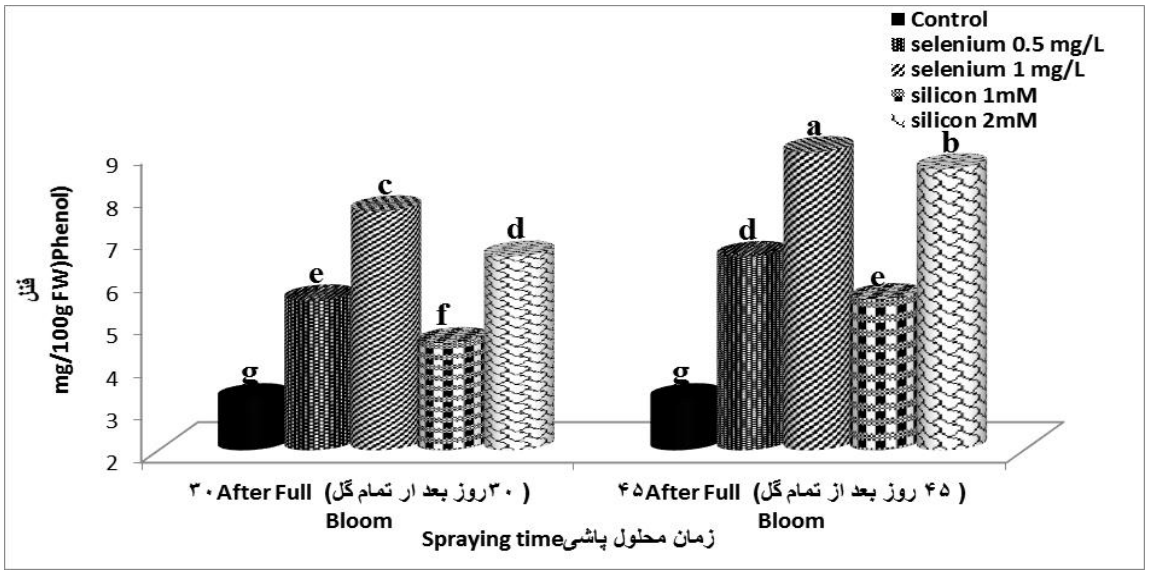
شکل ۶- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر میزان ویتامین ث میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 6. Effect of selenium and silicon treatments on Vitamin C of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

محتوای فنل کل

نتایج نشان داد، میزان فنول در میوه‌های تیمار شده با سلنیوم و سیلیسیم در هر دو زمان ۳۰ و ۴۵ روز بعد از تمام گل افزایش یافته است به طوری‌که بیش‌ترین میزان در میوه‌های تیمار شده با سلنیوم یک میلی‌مولار در مرحله ۴۵ روز بعد از تمام گل مشاهده شده است (شکل ۷).

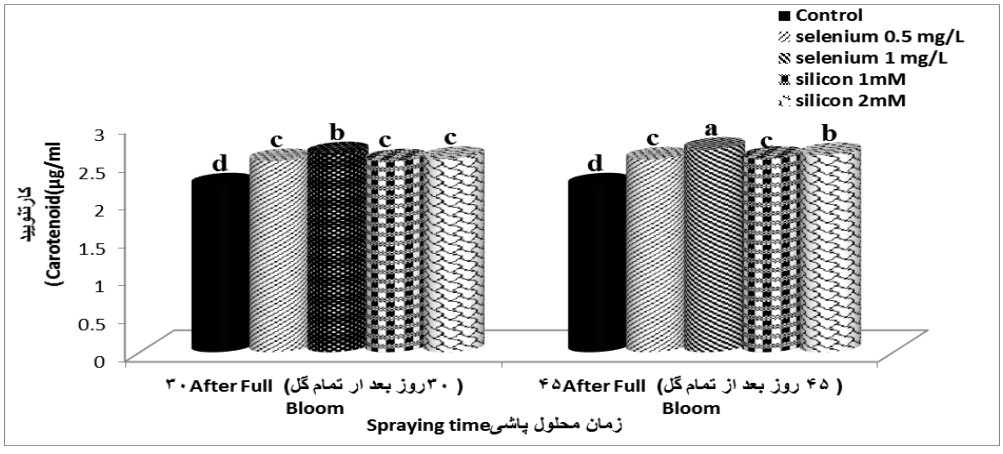


شکل ۷- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر میزان فنل میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 7. Effect of selenium and silicon treatments on phenol content of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

کاروتنویید

طبق نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، میزان کاروتنیید در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش یافته است. بیش-ترین میزان کاروتنویید در میوه‌های تیمار شده با سلنیوم یک میلی مولار در مرحله ۴۵ روز بعد از تمام گل بوده است و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۸).



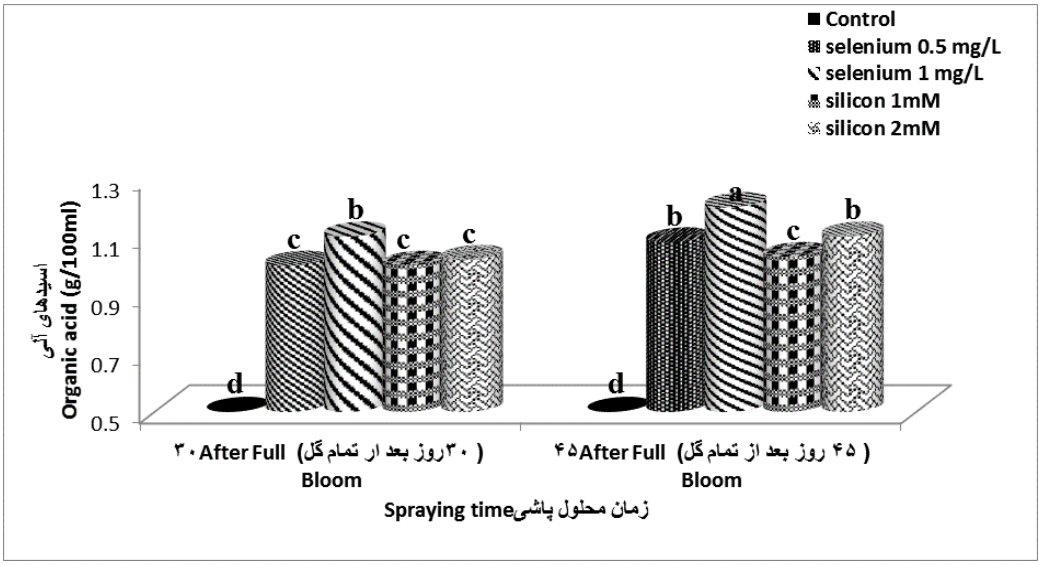
شکل ۸- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر میزان کارتنویید میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Fig. 8. Effect of selenium and silicon treatments on carotenoid content of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

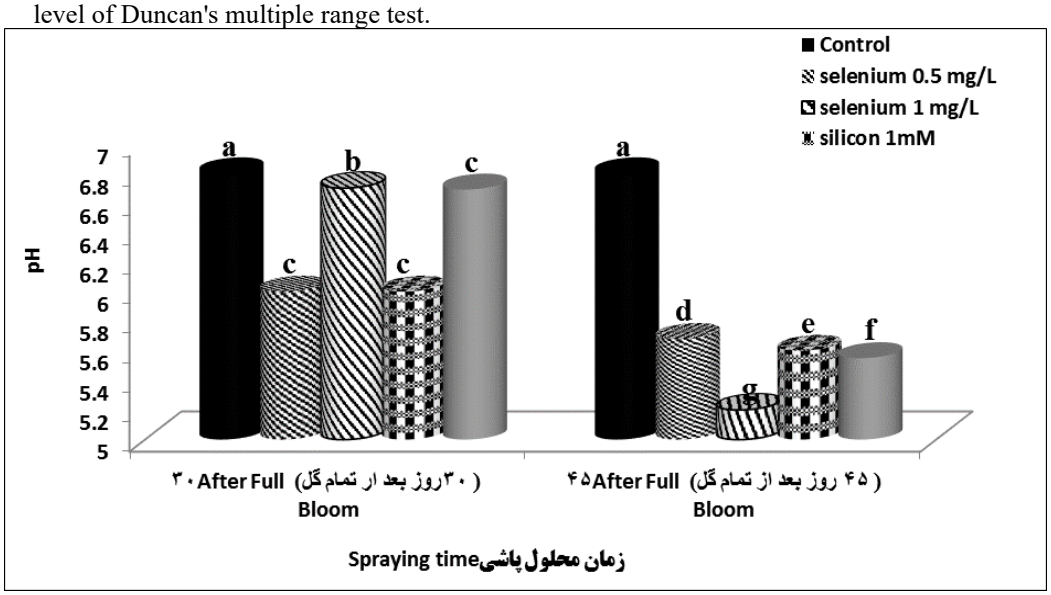
اسیدهای آلی و pH

میزان اسیدهای آلی در میوه‌های شاهد نسبت به تیمار شده با سیلیسیم و سلنیوم کم‌ترین میزان بود. کاربرد تیمارهای این پژوهش با غلظت‌های مختلف، منجر به افزایش در میزان اسیدهای آلی میوه شد. بیش‌ترین میزان اسیدهای آلی، در هر دو مرحله محلول‌پاشی مربوط به سلنیوم یک میلی‌مولار بود (شکل ۹). میزان اسیدیته روند تغییراتی عکس اسیدهای آلی داشت، به طوری‌که که کاربرد تیمارها منجر به کاهش در میزان اسیدیته در هر زمان محلول‌پاشی شده است. بر این اساس، کم‌ترین میزان اسیدهای آلی در سلنیوم یک میلی‌مولار در ۴۵ روز بعد از تمام گل و بیش‌ترین میزان در میوه‌های شاهد بوده است (شکل ۱۰).



شکل ۹- تاثیر تیمار سلنیوم سیلیسیم بر میزان اسیدهای آلی میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Fig. 9. Effect of selenium and silicon treatmentd on organic acid content of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.



شکل ۱۰- تاثیر تیمار سلنیوم و سیلیسیم بر میزان pH میوه‌های به رقم اصفهان. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Fig. 10. Effect of selenium and silicon treatments on pH of quince fruits of cultivar Isfahan. Means with the similar letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multiple range test.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

بحث

طبق نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، کاربرد سلنیوم و سیلیسیم، سبب بهبود ویژگی‌های کیفی و عملکرد میوه به شده است. سیلیسیم به عنوان یک عنصر سودمند برای بسیاری از گونه‌های گیاهی شناخته شده است. سیلیسیم عنصر غذایی ضروری گیاه محسوب نمی‌شود پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که در صورت کمبود سیلیسیم، مقدار کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد. پژوهشگران، دلیل این امر را به نقش سیلیسیم در ممانعت از تخریب کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز ربط داده اند (Mamrashpour & Nazarideljou, 2019). سیلیسیم با جلوگیری از کاهش سطح برگ و حفظ قابلیت آسیمیلاسیون گیاه، افزایش ضخامت برگ و به تبع آن کاهش تعرق، موجب افزایش تولید محصول می‌شود. با توجه به اهمیت وجود سیلیسیم در عملکرد آنزیم روبیسکو در برگ گیاه، این آنزیم کارآیی تثبیت دی‌اکسیدکربن توسط گیاهان را افزایش داده و در نهایت منجر به بهبود کلروفیل و فتوسنتز در گیاهان می‌شود (Fatemy *et al*., 2009). شاید به همین دلایل سبب افزایش عملکرد به رقم اصفهان شده است. همچنین کاربرد سیلیسیم باعث تحریک تشکیل میوه و تسریع بلوغ میوه می‌شود (Matichenkov & Bocharnikova,2008). براساس نتایج این آزمایش، محلول‌پاشی سیلیسیم و سلنیوم در مقایسه با تیمار شاهد در دو مرحله ۳۰ روز بعد از تمام گل و ۴۵ روز بعد از تمام گل در مقایسه با شاهد، منجر به افزایش سطح برگ، وزن میوه، عملکرد و شاخص کلروفیلشد. بنابراین افزایش عملکرد به رقم اصفهان را می‌توان به دلیل نقش این عناصر در بهبود پارامترهای رشد و نموی و پتانسیل فتوسنتزی (سطح برگ و شاخص کلروفیل) و در نتیجه افزایش وزن میوه و عملکرد به دانست. نتایج این پژوهش، با نتایج سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش معنی‌دار عملکرد بوته‌های خیار[۱] (Fatemy *et al*., 2009)، گوجه‌فرنگی[۲] (Kaya *et al*., 2002) و توت‌فرنگی[۳] (Miyake 7 Takahashi, 1986) مطابقت دارد. سیلیسیم با افزایش کارآیی مصرف آب و بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ، باعث افزایش فشار تورژسانس و افزایش اندازه برگ می‌شود. فتوسنتز گیاه نیز با حضور سیلیسیم افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تعداد برگ و افزایش سطح برگ گیاه می‌گردد (Kaya *et al*., 2006). نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی سیلیسیم با افزایش خصوصیات رشد و نموی گیاه، شاخص‌های عملکرد را افزایش می‌دهد. افزایش معنی‌دار عملکرد و بهبود کیفیت محصول با کاربرد سیلیسیم در محصولات مختلفی نظیر جو، برنج، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان گزارش شده است (Desgan *et al*., 2016).

گزارش شده است که مصرف یک میلی‌مولار سیلیسیم در گلخانه هیدروپونیک محصول کدو سبز، منجر به افزایش رشد گیاه و بهبود عملکرد می‌شود (Savvas *et al*., 2009). همچنین در یک بررسی دیگر گزارش شده که مصرف سیلیسیم در گوجه گیلاسی در شرایط گلخانه‌ای افزایش عملکرد میوه را به میزان ۸/۴-۲ درصد به دنبال داشت (Toresano-Sanchez *et al*., 2012). افزایش کلروفیل *a* و *b* در گیاه اسفناج تحت تاثیر سلنیوم ممکن است به دلیل محافظت آنزیم‌های کلروپلاست توسط سلنیوم و در نتیجه افزایش بیوسنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد (Safaryazdi *et al*., 2012). موسوی و همکاران (۱۴۰۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی سلنیوم و سیلیسیم بر روی گیاه خیار در کشت هیدروپونیک سبب افزایش سطح برگ و افزایش عملکرد شد. همچنین کاربرد سلنیوم بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی مثل کلروفیل و کارتنوئیدها مؤثر بوده و باعث افزایش این رنگیزه‌ها در گیاه گوجه فرنگی شده است. این پژوهشگران علت این اثرگذاری را به احتمال زیاد افزایش جذب منیزیم به واسطه حضور سلنیوم در بافت گیاهی بیان کردند (Khavarinejad *et al*., 2010). به طور مشابهی، گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی سلنیوم منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه عناب (Pear-jujub) شده است (Zhao *et al*., 2013). مقایسه تیمارهای سطوح مختلف سلنیوم و سیلیسیم نشان داده که در هر دو مرحله ۳۰ روز بعد از تمام گل و ۴۵ روز بعد از تمام گل میزان ویتامین ث میوه‌های تحت تیمار نسبت به شاهد افزایش یافتند. به طوری‌که بین میزان ویتامین ث و غلظت سلنیوم و سیلیسیم همبستگی مثبت وجود داشت. این با نتایج در خصوص اثر محلول‌پاشی برگی سلنیوم در چای سبز بر افزایش ویتامین ث، منطبق بود (Hu *et al*.,2003). ولی با نتایج Elham و همکاران (۲۰۱۳) که بیان کرده بودند افزایش غلظت سلنیوم تاثیر معنی‌داری بر حفظ محتوای ویتامین ث میوه‌های پرتقال ناول نداشت، مغایرت داشت. به نظر می‌رسد سلنیوم و سیلیسیم از طریق خواص آنتی‌اکسیدانی خود و یا از طریق فعال کردن مکانیسم‌هایی موجب کاهش فعالیت اکسیداسیونی و متعاقباً حفظ

۱- *Cucumis Sativus* ۲- *Solanum lycopersicum* ۳- *Fragaria × ananassa*

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین ث شده است. محلول‌پاشی سیلیسیم بر روی گیاه توت فرنگی میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، درصد مواد جامد محلول، ویتامین ث، ترکیبات فنلی و در نتیجه کیفیت میوه افزایش یافت (Ghasemi *et al.*, 2019). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با محلول‌پاشی سلنیوم و سیلیسیم در هر دو مرحله ۳۰ روز بعد از تمام گل و ۴۵ روز بعد از تمام گل میزان ترکیبات فنلی میوه به نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. از آنجایی که ترکیبات فنلی بعنوان ترکیبات مهم مهارکننده رادیکال‌های آزاد محسوب شده و در شرایط تنش بیوسنتز بیش‌تری دارند. در شرایط رشد نرمال و طبیعی گیاه نیز سنتز فنول‌ها وجود دارد، فنل‌ها نقش‌های بسیاری در ساختار گیاه بازی می‌کنند که افزایش آنها سبب بهبود رشد گیاه می‌شود (Close & McArthur,2002).

میزان pH در طی مرحله محلول‌پاشی ۳۰ روز بعد از گل‌دهی با افزایش غلظت سلنیوم و سیلیسیم افزایش پیدا کرد ولی این افزایش به ترتیب برای میوه‌های شاهد، تیمارهای یک میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم و دو میلی‌مولار سیلیسیم بیش‌تر بود. این نتایج با نتایج به دست آمده از بررسی تأثیر سطوح سلنیوم بر pH میوه‌های پرتقال ناول مطابقت داشت (Elham *et al*., 2013). ولی در مرحله ۴۵ روز بعد از گل دهی میزان pH میوه‌های تیمار شده نسبت به تیمار شاهد کاهش چشمگیری یافت. به نظر می‌رسد که سلنیوم و سیلیسیم با کاهش مصرف اسیدهای آلی از طریق کاهش تنفس باعث کاهش اسیدیته و حفظ اسیدهای آلی شدند. میزان اسید قابل تیتراسیون با توجه به همبستگی منفی با pH عصاره یک روند افزایشی در دو مرحله ۳۰ روز بعد از تمام گل و ۴۵ روز بعد از تمام گل در پی داشت. مقایسه تیمار سطوح مختلف سلنیوم با شاهد نشان داد که میوه‌های تحت تیمار یک میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم و دو میلی‌مولار سیلیسیم دارای بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون بودند، که احتمال داده می‌شود، این امر ناشی از شدت تنفس کم میوه و تاثیر کاربرد سلنیوم و سیلیسیم بر کاهش شدت تنفس در تیمار ذکر شده می‌باشد. این با نتایج حاصل از کاربرد سلنیوم در حفظ اسید قابل تیتراسیون در میوه‌های پرتقال ناول مطابقت داشت (Elham *et al*., 2013). پژوهش‌های نشان داده است که کاربرد سیلیسیم برگی سبب جذب بهتر مواد غذایی توسط ریشه می‌شود و گیاه را از تنش‌های محیطی محافظت می‌کنند و بدین ترتیب در فرایند رشد و نمو کمک می‌کند (Reezi *et al.*, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، کاربرد سلنیوم و سیلیسیم در درختان به باعث بهبود صفات کیفی و همچنین عملکرد شده است. سلنیوم و سیلیسیم ، با افزایش رشد و نمو سلول‌ها و فعال کردن ترکیبات مربوط به فتوسنتز و افزایش کلروفیل، سطح برگ و این ترکیبات بدلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی منجر به افزایش پارامترهای محافظتی سلول، سبب بهبود ویژگی‌های کیفی میوه و در نهایت افزایش عملکرد شده‌اند.

منابع References

Adams, F., (1980)."Interactions of phosphorus with other elements in soils and in plants". The role of phosphorus in agriculture, 655-680p.

Abdollahi, H. (2021). A review on history, domestication and germplasm collections of quinces (*Cydonia oblonga* Mill.) in the world. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 10(1007).

Ayshah Fazeenah, A. H., Aleemuddeen Quamri, M. (2019). BEHIDANA (*Cydonia oblomga*) - A REVIEW, *World Journal of Pharmaceutical Research*, *11*(5), 79- 94.

Bayat, H., Alirezaie, M., Neamati, H., Saadabad, A. (2013). Effect of silicon on growth and ornamental traits of salt-stressed calendula (*Calendula officinalis* L). *Journal of Ornamental Plants, 4*, 207-214.

Bulska, E., Wysocka, I. A., Wierzbicka, M. H., Proost, K., Janssens, K., Falkenberg, G. (2006). In vivo investigation of the distribution and the local speciation of selenium in Allium cepa by means of microscopic X-ray absorption near-edge structure spectroscopy and confocal microscopic X-ray fluorescence analysis. *Analytical Chemistry*, *78*, 7616- 7624.

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

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

Cimpoies, G., Mansour, A.E. (2008). "*Response of Anna apple trees to foliar application of salicylic acid",* 64-68.

Close, D. C., McArthur, C. (2002). Rethinking the role of many plants' phenolic protection from photo damage not herbivores. *Oikos*, *99*, 166-172.

D'Abrosca, B., Pacifico, S., Cefarelli, G., Fiorentino, A. (2007). Limoncella apple, an Italian apple cultivar: phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Food Chemistry*. *104*, 1333-1337.

Dasgan, H.Y., Akhundnejad, Y., Caglayangil, H. 2016. Selenium and Silicon Fertilization in Soilless Grown Eggplant. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, *5*(3), 417-421.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

Elham, Z., Motty, A. E., Orabi, S. A. (2013). The beneficial effects of using zinc, yeast and selenium on yield, fruit quality and antioxidant defense systems in navel orange trees grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Applied Sciences Research*, *9*(10), 6487-6497.
Fatemy, S.L., Tabatabaei, S.J., Fallahi, S. (2009). The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. Journal of Horticultural Sciences, 23,88-95.
Ghasemi, K., Ghajar Sepanlou, M., Haddadinejad, M. (2019). Effect of silicon on nutrient concentration, photosynthetic pigments and fruit quality of strawberry cv. Camarosa. *Horticultural Plants Nutrition, 1*, 85-98.
Gong, H. J., Chen, K. M., Zhao, Z. G., Chen, G. C., Zhou, W. J. (2008) "Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages". *Biological Plantarum*, *523*, 592-596.
Hu, Q., Xu, J. & Pang, G. (2003). Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(11), 3379-3381.
Hartikainen, H., Xue, T.L., Piironen, V., (2000). Selenium as an anti-oxidant and prooxidant in ryegrass. *Plant and Soil*, *225*, 193–200.
Habasy, R. (2015). "*Effect of Spraying Salicylic acid on Fruitting of Valencia orange trees".* Alex. *Journal of Agriculture Research*, *60*(3), 119-126.
Krizek, D. T., Brita, S. J., Miewcki, R.M. (1998). Inhibitory effects of ambient level of solar UV-A and UV-B on growth of cv New red fire Lettuce. *Physiologia Plantarum*, *103*, 1-7.
Kaya, C., Tuna, L., Higgs, D. (2006). Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water – stress condition. *Journal of Plant Nutrition*, *29*, 1469- 1480.
Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., Saltali, K. (2002). Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCL) salinity. *Scientia Horticulturae ?*, *93*, 65–74.
Khadivi, A. (2011). Pomology. Publish in Education and promotion of agriculture. 459p.
Khavarinejad, R., Goshegir, Z., Sadatm, S. (2010). Interaction effect of selenium and molybedon on pigment photosyhthesis of tomato. *Journal of Plant Science*, *17*(1), 14-23.
Keling, H., Ling, Z., JiTao, W., Yang, Y. (2013). Influence of selenium on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings under salt stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 82* (3), 193 – 197.
Khoshgoftarmanesh, A.H., (2010). Advanced Topics in Plant Nutrition. Isfahan University of Technology Publishing Center, Isfahan.
Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., Song, A. (2015). Silicon in agriculture. Dordrecht: Springer. *10*, 978-94.
Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y. G., Christie, P. (2007)."Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review". *Environmental Pollution*, *147*(2) 422-428
Liang, Y., Si, J., Romheld, V. (2005)."Silicon uptake and transport is an active process in Cucumis sativus". *New Phytologist*, *167*(3), 797-804.
Lichtenthder, H. K. (1987). Chlorophyllus and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382.
Malik, C. P., Singh, M. B. (1980). In: Plant enzymology and histoenzymology. Kalyani Publishers. New Dehli. 286p.
Matichenkov, V. V., Bocharnikova, E. A. (2008). New generation of silicon fertilizers. pp. 71. In Malcolm Keeping (ed.) Silicon in Agriculture Conference South Africa, 4th International Conference Abstracts. University of Kwazulu-Natal, Wild Coast Sun, Port Edward, KwaZuluNatal, South Africa.
Miyake, Y., Takahashi, E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *32*(2), 321-326.
Mamrashpour, A., Nazarideljou, M. J. (2019). Vase life and physiological reaction of oriental lilium 'Casa Blanca' to silicon as a quasi-essential element under soilless cultivation system. *Iranian Journal of Horticultural Science, 51,* 141-150.
Mueller, M. J., Brodschelm, W., Spannagl, E., Zenk, M.H. (1993) Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. *90*, 7490-7494.
Ma, J. F., Yamaji, N. (2008). Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *65*(19), 3049-3057.
Pati, S., Pal, B., Badole, S. H., Hazra, G,. Mandal, B. (2015). Effect of Silicon Fertilization on Growth, Yield, and Nutrient Uptake of Rice, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 280-290.
Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea M., Patakioutas G. (2009). Silicon supply in soilless cultivation of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. *Environmental and Experimental Botany*, *65*, 11-17.
Safaryazdi, A., Lahoti M., ganjali, A. (2012). Effect of different concentrations of selenium on plant physiological characteristics of spinach Spinacia oleraceae. *Journal of Horticultural Science*, *26*(3), 292-300.
Singh, C.,Kumar, P., Rekib, A. (1980). Note on some aspects of feeding *Sesbania aegyptica* fodder in goats. *Indian Journal of Animal Sciences 50*, 1017-1020.
Toresano-Sanchez, F., Valverde-Garcia, A., Camacho- Ferre, F. (2012). Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. *Journal of Plant Nutrition*, *35*, 567–590.
Tabatabai, S.J. (2018). Principles of plant mineral nutrition Tabriz, Iran, page 298-296
Tale Ahmadi, S., Haddad, R. (2011). Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. *Journal of Genetic and Plant Breeding, 47*(1), 17-27.
Xue, T.L., Hartikainen, H., Piironen, V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*, *237*, 55–61.
Wisniewska, H., Chelcowski, J. (1999) Influence of exogenic salicylic acid on Fusarium seedling blight reduction in barley. *Acta Physiologiae Plantarum*, *21*, 63-66
Zhao, Y., Wu, P., Wang, Y., Feng, H. (2013). Different approaches for selenium biofortification of pear-jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Lizao) and associated effects on fruit quality. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *11*(2), 529-534.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (1): 35-46 (2025)
Research article

Investigating the Role of Silicon and Selenium on Yield and Related Traits in Quince Fruits of Isfahan Cultivar

Sakineh Mahmodi[1], Zahra Pakkish[2] and Soheila mohammadrezakhani[3]
1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, ShahidBahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Crop and Horticultural Science Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran.
* Corresponding Author, Email: (Smohammadrezakhani@yahoo.com)

This study aimed to investigate the effects of silicon (Si) and selenium (Se) applications on growth parameters, yield, and fruit quality in *Cydonia oblonga* Mill. cultivarIsfahan. The experimental treatments included selenium (0.5 and 1 mg L^{-1}) and silicon (1 and 2 mM), applied via foliar spraying at two stages, 30 and 45 days after full bloom (corresponding to 25 April and 10 May, respectively). Evaluated parameters were, leaf area, chlorophyll index, quantitative and qualitative fruit yield, fruit weight, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), organic acids, total phenolics, vitamin C, anthocyanins, and carotenoids. Analysis of variance revealed that the combined treatment of 1 mg L^{-1} selenium and 2 mM silicon applied 45 days after flowering significantly ($P \leq 0.05$) increased fruit weight, tree yield, chlorophyll index, phenolic compounds, vitamin C, anthocyanins, and carotenoids. Additionally, this treatment enhanced soluble solids content while markedly reducing fruit acidity. In conclusion, the findings demonstrated the efficacy of combined silicon and selenium application—particularly at the specified concentrations—in improving both the quantitative and qualitative yield of the quince trees cultivar Isfahan. This approach could be recommended as a considerable management program for the commercial orchards.
Keywords: Selenium, Silicon, Yield, Carotenoids, Vitamin C.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]