Archive of SID

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره دوم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸، (ص ۸۵-۹۸)

تأثیر سیلیسیم بر غلظت عناصر غذایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا

کامران قاسمی[1*]، مهدی قاجار سپانلو[2]، مهدی حدادی نژاد[3]

۱- نویسنده مسئول و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
k.ghasemi63@sanru.ac.ir
۲-دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
sepanlu@yahoo.com
۳- استادیار گروه علوم باغبانی و پژوهشکده فناوری‌های زیستی گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
mehdihadadi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۶/۲۶

چکیده

استان مازندران با داشتن رتبه دوم تولید توت‌فرنگی کشور یکی از قطب‌های مهم تولید این ریزمیوه محبوب بشمار می‌آید. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر منابع سیلیسیمی آلی و شیمیایی به ترتیب شامل پوسته برنج، سیلیکات سدیم و پتاسیم بر توت‌فرنگی در کشت بدون خاک صورت گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل با دو فاکتور بستر کاشت (دوگانه و سه‌گانه) و تغذیه سیلیکات سدیم و پتاسیم (شاهد،۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. بطوریکه هر تکرار حاوی سه بوته توت‌فرنگی رقم کاماروسا بود. نتایج نشان داد گیاهان تیمارشده با سیلیکات سدیم ۱۰۰، نسبت به سایر تیمارهای سیلیسیمی از میزان کلروفیل **a** بیشتری برخوردار بودند. غلظت پتاسیم و کلسیم برگ توت‌فرنگی در بستر دوگانه (فاقد پوسته برنج) به‌طور معنی‌داری بیشتر از بستر سه‌گانه (حاوی پوسته برنج) بود.

از میان تیمارهای به‌کار رفته تنها تیمار محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ به‌طور معنی‌داری موجب افزایش سیلیسیم برگ نسبت به سایر تیمارها در سطح احتمال یک درصد شد. میزان فلاونوئید کل در تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر فاقد پوسته برنج به‌طور معنی‌داری از تمامی تیمارها به غیر از تیمار سیلیکات پتاسیم ۵۰ در بستر حاوی پوسته برنج، بیشتر بود. به‌طورکلی از نظر جذب عناصر غذایی و کیفیت میوه توت‌فرنگی، تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر فاقد پوسته برنج مؤثرتر از سایر تیمارها بود.

کلید واژه‌ها: توت‌فرنگی، سیلیسیم، عناصر غذایی، کلروفیل.

-مقاله پژوهشی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استان مازندران با داشتن اقلیم مناسب در کشور رتبه اول تولید برنج و رتبه دوم تولید توت‌فرنگی فضای آزاد را در اختیار دارد (احمدی، ۱۳۹۵). بنابراین، هرساله مقادیر متنابهی پوسته برنج در حین شالی‌کوبی تولید می‌شود که می‌تواند در کشت بدون خاک بعنوان بستر مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر کوکوپیت یکی از پرکاربردترین بسترهاست که از فیبر میوه نارگیل پس از فرآوری به دست می‌آید و به دلیل داشتن اسیدیته نزدیک به خنثی و قابلیت جذب و نگهداری بالا مطلوب است. اما این بستر را غالباً به دلیل حجم پایین خلل و فرج برای پرورش توت‌فرنگی آبکشت با یک ماده زهکش‌دار (اغلب پرلیت درشت) مخلوط می‌کنند. عمده‌ترین مشکلات کوکوپیت توزیع اندازه ذرات، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، کاهش نیتروژن، مقدار بالای پتاسیم و پتانسیل آلودگی‌های سدیمی ذکر شده است که عمدتاً منشأ اولیه دارند و یا در حین فرآوری آن ایجاد می‌شوند (تهرانی‌فر و وحدتی، ۱۳۸۹). این در حالی است که پوسته برنج علاوه بر داشتن خلل و فرج، ظرفیت نگهداری آب و pH مناسب، حاوی درصد قابل توجهی سیلیسیم است لذا جایگزینی پوسته برنج بجای بخشی از کوکوپیت مصرفی می‌تواند موجب صرفه‌جویی ارزی در خصوص واردات کوکوپیت شود. گزارش شده است که پوسته برنج در بستر کاشت فلفل منجر به بهبود رشد بوته، کیفیت میوه و مقاومت به بیماری آنتراکنوز گردیده است (Jayawardana *et al*., 2016).

سیلیسیم عنصر مفیدی است که به فراوانی در برنج یافت می‌شود (Liang *et al*., 2015) و امکان افزودن آن به محلول غذایی نیز وجود دارد و اثر معنی‌دار بر عملکرد محصولات زراعی دارد. اثرات مفید سیلیسیم شامل افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی، افزایش رشد، عملکرد و کیفیت، جذب نور بیشتر و تحریک فتوسنتز، مقاومت به تابش ناکافی خورشید، افزایش بهره‌وری آب، ارتقای قدرت اکسیدکنندگی ریشه و فعالیت آن، اثر بر فعالیت‌های آنزیمی (Mali and Aery, 2008 and Nelwamondo *et al*., 2001) و گسترشِ تشکیلِ کربن محبوس در فیتولیت و ارتقای ترسیب زیستی‌کربنِ دی‌اکسیدکربن اتمسفر (Song *et al*., 2013) می‌باشد. Park و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند استفاده از منابع مختلف سیلیسیم بر مقدار پروتئین‌های مرتبط با فتوسنتز اثر دارد. همچنین، سیلیکات سدیم با افزایش غلظت عناصر غذایی منجر به بهبود ارتفاع نشاء توت‌فرنگی رقم Maehyang گردید. سیدلرفاطمی و همکاران (۱۳۸۸) اثر تیمار کلرید سدیم بر شاخص‌های رشد و نمو توت‌فرنگی آبکشت را منفی و منجر به کاهش سطح، وزن تر و خشک برگ و ریشه دانستند که با افزودن سیلیسیوم به محلول غذایی برطرف گردید. مهدوی و همکاران (۱۳۹۷) نیز گزارش نمودند محلول‌پاشی گیاه نعناع با متاسیلیکات سدیم در افزایش محتوای کلرفیل‌های a و b و وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ساقه نعناع در شرایط تنش مؤثر بود. محمودی و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند توت‌فرنگی رقم سلوا نسبت به رقم کاماروسا واکنش مثبت و بهتری در صفات کمی و کیفی در شرایط آبکشت به تیمار سیلیکات کلسیم نشان داد، هرچند محتوای فنل میوه‌های برداشت شده تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفت. خسروفرد و همکاران (۱۳۹۶) با مقایسه کاربرد ریشه‌ای و محلول‌پاشی برگی سیلیسیم بر رشد توت‌فرنگی در تنش شوری در کشت بدون خاک دریافتند که هرچند میزان جذب سیلیسیم با کاربرد ریشه‌ای بیشتر بوده ولی جذب برگی صورت گرفته نیز مؤثر بوده

www.SID.ir

Archive of SID

بطوریکه میزان سیلیسیم برگ در تیمار محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بوده است. گزارش شده است که به‌کارگیری پوسته برنج بعنوان منبع طبیعی و ارزان قیمت سیلیسیم در بستر آبکشت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Jayawardana *et al*., 2016).

هدف اصلی از این پژوهش بررسی تأثیر تغذیه سیلیسیمی بصورت محلول‌پاشی بر میزان عناصر غذایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و کیفیت میوه توت‌فرنگی آبکشت در بستر حاوی پوسته برنج بود. همچنین، در این مطالعه امکان آزادسازی عنصر سیلیسیم و سپس جذب آن از ریشه توسط توت‌فرنگی، کارآیی جذب منابع مختلف سیلیسیمی در غلظت‌های مختلف و نحوه برهمکنش سیلیسیم آلی در پوسته برنج و محلول‌پاشی ترکیبات سیلیکاته مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کاشت نشاهای توت‌فرنگی رقم کاماروسا تهیه شده از تولیدکننده نشای تجاری، در اوایل دی ماه سال ۱۳۹۵ در سامانه کشت بدون خاک در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در فضای باز انجام شد. برداشت محصول توت‌فرنگی از اواسط اردیبهشت ماه سال ۹۶ آغاز و تا اوایل تیرماه بصورت متناوب صورت گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور (بستر کاشت و تغذیه سیلیسیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. هر تکرار شامل یک کیسه رشد نایلونی با رویه سفید رنگ (به طول ۵۰ و عمق ۳۰ سانتی‌متر و ظرفیت ۱۰ لیتر بستر) حاوی سه بوته توت‌فرنگی بود. بستر کاشت در دو سطح شامل بستر دوگانه (به نسبت مساوی کوکوپیت+پرلیت) و بستر سه‌گانه (به نسبت مساوی کوکوپیت+پرلیت+پوسته برنج) بود. فاکتور تغذیه سیلیسیمی نیز در پنج سطح شامل شاهد،۵۰ و ۱۰۰ میلی-گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم و ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم بود. تغذیه گیاهان با محلول غذایی تجاری بهینه‌سازی شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (جدول ۱) بصورت بصورت کودآبیاری دو بار در هفته و به میزان مساوی برای هر بوته (۲۰۰ میلی‌لیتر) با آغاز رشد بهاره صورت گرفت. pH و EC محلول غذایی به ترتیب در بازه ٦ تا ۷ و ۱/۵ تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم می‌شد.

جدول ۱. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه توت‌فرنگی رقم کاماروسا (میلی‌گرم در لیتر)

Table 1. The composition of nutrient solution used for Camarosa strawberry nutrition (mg / L)

نیترات کلسیم Calcium nitrate	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	منوپتاسیم فسفات Mono potassium phosphate	سولفات منیزیم Magnesium sulfate	کلات آهن ۹٪ Iron chelate 9%	سولفات روی Iron chelate 9%	سولفات منگنز Manganese sulfate	سولفات مس Copper sulfate	مولیبدات آمونیوم Ammonium molybdate	اسید بوریک Boric acid
500	450	80	400	40	1	6	0.3	0.1	2

www.SID.ir

Archive of SID

در این آزمایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها سنجش شد. جهت عصاره‌گیری رنگیزه‌ها، از حلال متانول به روش Carter و Knapp (۲۰۰۱) استفاده گردید. جذب عصاره در طول موج‌های ٦٦٥/٢، ٦٥٢/٤ و ٤٧٠ نانومتر خوانده شده و از طریق معادله ارائه‌شده توسط Lichtenthaler و Buschmann (۲۰۰۱) محاسبات انجام گرفت.

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، در انتهای آزمایش و بعد از برداشت میوه‌ها، در هر تیمار برگ‌ها از بوته جدا شده و سپس در آون با حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک و سپس آسیاب شدند. نمونه‌های مذکور شامل تمام برگ‌های بوته بوده که به ازمایشگاه پژوهشی گروه باغبانی منتقل شده و بعد از خشک و پودر شدن برای آنالیز برگی مورد استفاده قرار گرفت. تعداد نمونه‌های برگی برای آنالیز مانند سایر صفات این آزمایش سه تکرار بوده است. هضم نمونه‌ها با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه در لوله‌های مخصوص هضم و اندازه‌گیری نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر انجام گرفت (Waling *et al*., 1989). جهت اندازه‌گیری فسفر، هضم به روش خشک‌سوزانی و حل کردن در اسید هیدروکلریک انجام شد و اندازه‌گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) بر اساس شرح Chapman و Pratt (١٩٦١) صورت گرفت. جهت اندازه-گیری میزان پتاسیم، هضم به روش خشک‌سوزانی و سپس حل کردن در اسید هیدروکلریک و اندازه‌گیری پتاسیم به روش نورسنجی شعله‌ای انجام شد (Vasylyk and Lushchak, 2011). اندازه‌گیری گوگرد به روش ارائه‌شده توسط Quin و Wood (١٩٧٦) و مقدار منیزیم و کلسیم به روش تیتراسیون با EDTA انجام شد (Derderian, 1961). اندازه‌گیری سیلیسیم برگ نیز از طریق روش Chapman و Pratt (١٩٦١) صورت گرفت و بصورت میلی‌گرم سیلیس در گرم وزن خشک برگ بیان گردید.

میزان اسیدیته آب توت‌فرنگی از طریق تیتراسیون با سود (NaOH) در حضور معرف فنل فتالئین انجام گرفت و میزان اسید برحسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ سی‌سی آب میوه بیان شد (Derderian, 1961). pH آب میوه توت‌فرنگی توسط pH متر خوانده شد و مواد جامد محلول از طریق دستگاه رفرکتومتر اندازه‌گیری گردید.

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل از رادیکال پایدار دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل یا DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) استفاده شد. به مقدار و غلظت مشخصی از آب میوه، DPPH اضافه کرده و بعد از آماده شدن لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در محیط تاریک قرار داده و درنهایت جذب ترکیب فوق‌الذکر در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Ebrahimzadeh *et al*., 2010). محتوای فنل کل با روش فولین سیوکالتیو تعیین مقدار گردید. بدین منظور مقدار ۲۰ میکرولیتر از آب‌میوه با آب مقطر و معرف فولین سیوکالتیو مخلوط شده و درنهایت کربنات سدیم به آن افزوده شد. بعد از ۳۰ دقیقه انکوبه شدن جذب این ترکیب در مقابل بلانک در طول موج ٧٦٥ نانومتر قرائت گردید (Waterhouse and Laurie, 2006). جهت تعیین مقدار فلاونوئیدها از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد. عصاره میوه با کلرید آلومینیوم، استات پتاسیم یک مولار و آب مقطر مخلوط شده و جذب آن بعد از ۳۰ دقیقه انکوبه شدن در طول موج ٤١٥ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری قرائت گردید (Chang *et al*., 2002). تجزیه داده‌های این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (ورژن ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

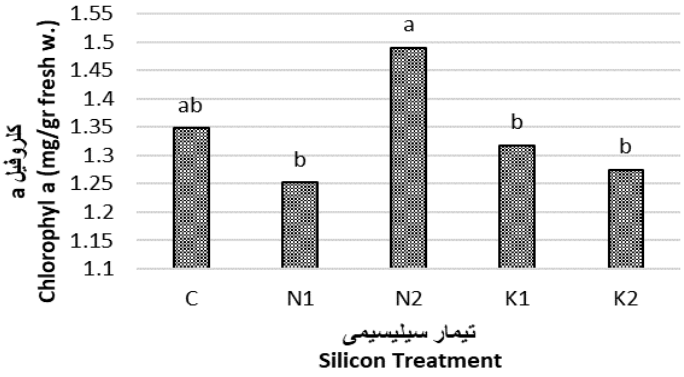
نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج به‌دست‌آمده نشان داد گیاهان تیمارشده با سیلیکات سدیم ۱۰۰، نسبت به سایر تیمارهای سیلیسیمی میزان کلروفیل a بیشتری داشتند (شکل ۱). احتمالاً این مسئله به نقش سدیم در تیمار سیلیکات سدیم برمی‌گردد زیرا حضور توأم سدیم و سیلیسیم با ایجاد یک تنش ضعیف گیاه را تحریک به تولید کلروفیل بیشتر می‌نماید تا با افزایش کارآیی سیستم تولید انرژی از بروز تنش اکسیداتیو جلوگیری نماید (Vasylyk and Lushchak, 2011). این در حالی است که سیلیکات سدیم ۵۰ دارای میزان سدیم کافی نبوده که بتواند بر میزان کلروفیل تاثیرگزار باشد. افزایش میزان کلروفیل در تنش‌های شوری خفیف توسط پژوهشگران گزارش شده است. در همین رابطه Jamil و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که با افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر تا ۱۵۰ میلی‌مولار میزان کلروفیل برگ نیشکر به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. همچنین، Abdul Qados (۲۰۱۱) در باقلا افزایش کلروفیل در تنش شوری را گزارش نمود. همچنین گزارش شده است که افزایش سلیسیم با حفظ یکپارچگی غشا کلروپلاست و افزایش آسیمیلات های خالص دی اکسید کربن منجر به فعالیت فتوسنتزی بیشتر و افزایش همزمان میزان پلی‌آمین‌ها و غلظت کلروفیل می گردد و در همین راستا استفاده از سلیسیم برای حفظ کلروفیـل داده شده است (Liang *et al.*, 2015).

هرچند میزان کلروفیل b تحت تأثیر تیمار سیلیسیم قرار نگرفت ولی نوع بستر کاشت بر میزان آن تأثیر معنی‌داری داشت بطوریکه در بستر دوگانه میزان کلروفیل b به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بیشتر از بستر سه-گانه بود (شکل ۲). با توجه به اینکه در بستر دوگانه غلظت پتاسیم برگ بیشتر از بستر سه‌گانه بود (شکل ۳) می‌توان یکی از علل بیشتر بودن کلروفیل b در این بستر را به پتاسیم نسبت داد زیرا یکی از مهم‌ترین نقش‌های این عنصر فعال‌سازی آنزیم‌های مختلف است که بخشی از آن‌ها در سنتز کلروفیل نقش دارند؛ لذا کمبود پتاسیم می-تواند موجب کاهش کلروفیل گردد (Zhao *et al.*, 2001). دلیل عدم تاثیر تیمار سیلیسیمی بر کلروفیل b نیز ناشی از این حقیقت است که این کلروفیل نسبت به کلروفیل a به تنش‌های مختلف کمتر حساس بوده و دیرتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Powles, 1984).

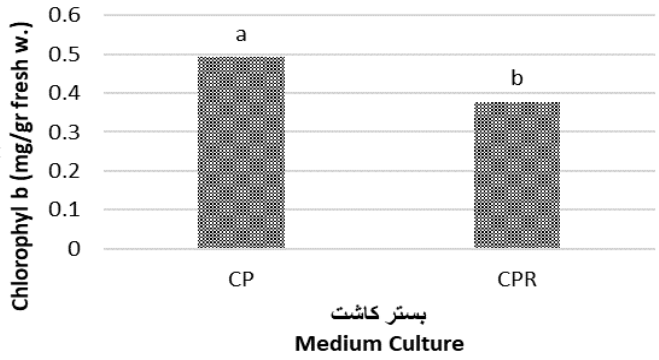
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. تأثیر تیمار سیلیسیم بر میزان کلروفیل a (C: شاهد، N1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، N2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، K1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم، K2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم).

Figure 1. Effect of silicon treatment on chlorophyll a concentration (C: Control, N1: Sodium Silicate 50 ppm, N2: Sodium Silicate 100 ppm, K1: Potassium Silicate 50 ppm, K2: Potassium Silicate 100 ppm)



شکل ۲. تأثیر بستر کاشت بر میزان کلروفیل b (CP: بستر کوکوپیت و پرلیت، CPR: بستر کوکوپیت، پرلیت و پوسته برنج).

Figure 2. Effect of medium culture CPR (cocopeat, perlite, rice husk) and CP (cocopeat, perlite) on the chlorophyll b concentration

غلظت عناصر غذایی برگ: اثر متقابل بستر کاشت و محلول‌پاشی سیلیسیم بر هیچ‌یک از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، گوگرد و سیلیسیم معنی‌دار نبود. این در حالی است که نوع بستر کاشت بر افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال یک درصد و تیمار محلول‌پاشی سیلیسیم بر افزایش غلظت سیلیس برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. غلظت پتاسیم برگ توت‌فرنگی در بستر کاشت دوگانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از بستر سه‌گانه بود (شکل ۳). همچنین غلظت کلسیم برگ نیز در بستر دوگانه بیشتر از

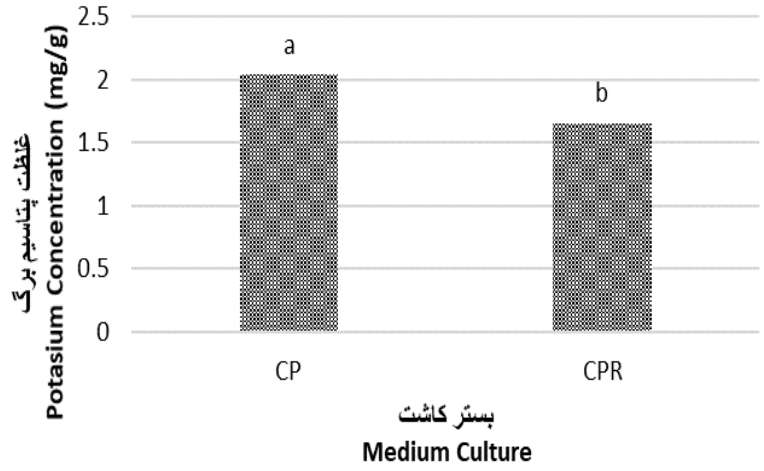
www.SID.ir

Archive of SID

بستر سه‌گانه بود (شکل ٤). به نظر می‌رسد که وجود پوسته برنج در بستر کاشت سه‌گانه موجب سبک شدن بستر و درنتیجه آبشویی کاتیون‌هایی نظیر پتاسیم و کلسیم شده باشد.

از میان تیمارهای به‌کاررفته در این آزمایش تنها تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ موجب افزایش غلظت سیلیسیم گردید و گیاهان تیمار مذکور به‌طور معنی‌داری دارای سیلیسیم بیشتری نسبت به سایر تیمارها در سطح احتمال یک درصد بودند (شکل ٥). برخی پژوهشگران نسبت به جذب سیلیسیم از طریق برگی ابراز تردید کرده‌اند (Liang *et al.*, 2015) ولی نتایج حاضر بیانگر آن است که در توت‌فرنگی جذب برگی سیلیسیم صورت می‌گیرد. در پژوهش دیگری غلظت ٤ و ٨ میلی‌مولار سیلیسیک اسید (به ترتیب ١١٦ و ٢٣٣ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم) بصورت محلول‌پاشی در توت‌فرنگی به تعداد چهار بار در یک دوره دوماهه اعمال شد که هر دو غلظت محلول-پاشی‌شده موجب افزایش معنی‌دار سیلیسیم برگ نسبت به شاهد گردید (خسروفرد و همکاران، ١٣٩٦). دلیل عدم جذب سیلیسیم برگی از منبع سیلیکات سدیم می‌تواند به خصوصیات شیمیایی این کود نظیر نقطه نم‌پذیری POD آن (درصدی از رطوبت نسبی که بیشتر از آن عدد کود روی سطح گیاه محلول مانده و قابل جذب است و کمتر از آن کود غیرقابل جذب می‌شود) مربوط باشد. همچنین عدم جذب سیلیسیم از پوسته برنج بیانگر آن است که احتمالاً مدت زمان بیشتری برای تجزیه و آزادسازی سیلیسیم از این ماده مورد نیاز است

.



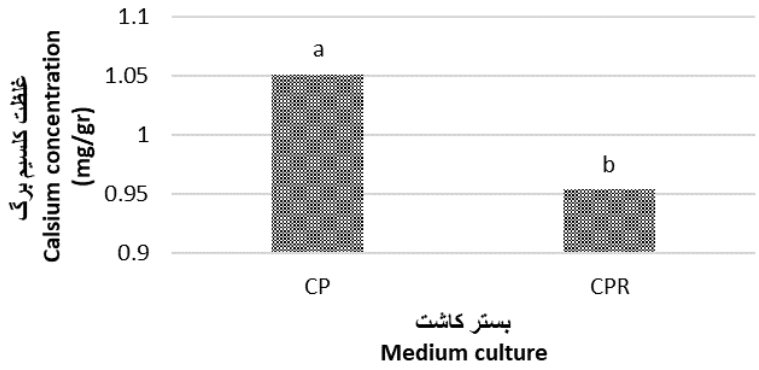
شکل ۳. اثر بستر بر غلظت پتاسیم برگ توت‌فرنگی (CP: بستر کوکوپیت و پرلیت، CPR: بستر کوکوپیت، پرلیت و پوسته برنج).

Figure 3. Effect of medium culture CPR (Cocopeat, perlite, rice husk) and CP (Cocopeat, perlite) on the

.

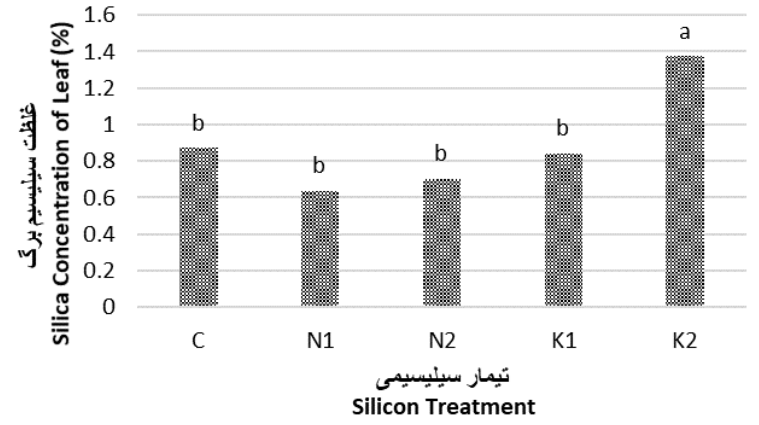
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. اثر بستر بر غلظت کلسیم برگ توت‌فرنگی (**CP**: بستر کوکوپیت و پرلیت، **CPR**: بستر کوکوپیت، پرلیت و پوسته برنج).

Figure 4. Effect of medium culture CPR (Cocopeat, perlite, rice husk) and CP (Cocopeat, perlite) on the leaf calcium concentration



شکل ۵. تأثیر تیمار سیلیسیم بر غلظت سیلیسیم برگ توت‌فرنگی (**C**: شاهد، **N1**: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، **N2**: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، **K1**: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم، **K2**: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم).

Figure 5. Effect of silicon treatment on silica concentration of leaf (C: Control, N1: Sodium Silicate 50 ppm, N2: Sodium Silicate 100 ppm, K1: Potassium Silicate 50 ppm, K2: Potassium Silicate 100 ppm)

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت و ارزش غذایی میوه توت‌فرنگی: اثر متقابل بستر کاشت و سیلیسیم بر میزان مواد جامد محلول (TSS)، فنل، فلاونوئید و درصد ماده خشک معنی‌دار بود ولی در مورد سایر صفات مرتبط با کیفیت میوه اثر متقابل دو فاکتور معنی‌دار نبود. اثر ساده تیمار سیلیسیم نیز بر میزان pH آب میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

بیشترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر دوگانه به میزان ۱۰/۷۷ درصد بوده است که اختلاف معنی‌داری با سیلیکات پتاسیم ۵۰ در هردو بستر دوگانه و سه‌گانه و سیلیکات سدیم ۵۰ در بستر سه‌گانه نداشت (جدول ۲). pH آب میوه توت‌فرنگی در تیمارهای مختلف سیلیسیم با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی pH آب میوه در تیمار سیلیکات پتاسیم ۵۰ بیشتر از سیلیکات پتاسیم و سیلیکات سدیم ۱۰۰ بود (جدول ۲). گزارش‌های علمی بیانگر آن است که افزودن عنصر سیلیسیم به محلول غذایی موجب افزایش میزان مواد جامد محلول در میوه گوجه‌فرنگی گردید (Liang *et al.*, 2015)؛ همچنین در سیب استفاده از سیلیسیوم میزان مواد جامد محلول و ویتامین ث را افزایش و اسید قابل تیتر میوه را کاهش داد (Su *et al.*, 2011) که مطابق با نتایج حاضر است.

بیشترین میزان فنل کل به میزان ٦/١٨ میلی‌گرم گالیک اسید در میلی‌لیتر آب میوه، در تیمار سیلیکات سدیم ۱۰۰ در بستر سه‌گانه بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها به غیر از تیمارهای شاهد و سیلیکات پتاسیم ۵۰ در بستر سه‌گانه داشت (جدول ۲). از آنجایی که ترکیبات فنلی بعنوان ترکیبات مهم مهارکننده رادیکال‌های آزاد محسوب شده و در شرایط تنش بیوسنتز بیشتری دارند. بر اساس فرضیه فشار اکسیداتیو، بیوسنتز ترکیبات فنلی بر اثر تنش‌های اکسیداتیو رخ می‌دهد بنابراین، سدیم زیاد در تیمار سیلیکات سدیم احتمالاً با ایجاد تنش موجب افزایش بیوسنتز مواد فنلی گردیده است (Close and McArthur, 2002).

میزان فلاونوئید کل در تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر دوگانه میزان ۱/۳۸ میلی‌گرم کوئرستین در میلی‌لیتر آب میوه را نشان داد که به‌طور معنی‌داری از تمامی تیمارها به غیر از تیمار سیلیکات پتاسیم ۵۰ در بستر سه-گانه بیشتر بود (جدول ۲). همان‌طور که شکل پنج نشان می‌دهد سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ می‌تواند به‌طور معنی‌داری موجب افزایش غلظت سیلیسیم برگی شود لذا احتمالاً افزایش سیلیسیم برگی دلیل افزایش میزان فلاونوئید در بستر دوگانه می‌باشد. از آنجایی که سیلیسیم بعنوان عنصری ضد تنش مطرح است لذا یک مکانیسم احتمالی آن تحریک بیوسنتز فلاونوئیدها است. اینکه چرا سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر سه‌گانه چنین تأثیری را نداشت می-تواند به نوع بستر برگردد، بطوریکه میزان کلسیم و پتاسیم برگ توت‌فرنگی در بستر سه‌گانه کمتر از بستر دوگانه است (شکل ۳ و ٤) لذا شرایط لازم برای بیوسنتز فلاونوئیدها ممکن است وجود نداشته باشد. خصوصاً پتاسیم که در فعال‌سازی آنزیم‌های مختلف متابولیکی گیاه نقش اساسی دارد.

از نظر درصد ماده خشک سیلیکات پتاسیم ۵۰ در بستر دوگانه ازنظر آماری بیشترین مقدار (۹/۱۸ درصد) را نسبت به بقیه تیمارها داشت و این در حالی است که سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۲). ورود کربوهیدرات‌های زیاد به میوه موجب افزایش ماده خشک می‌گردد لذا می‌توان این‌گونه استدلال نمود که سیلیکات پتاسیم ۵۰ موجب انتقال کربوهیدارت بیشتر به

www.SID.ir

Archive of SID

میوه گردیده باشد که لزوماً کربوهیدرات محلول باقی نمی‌ماند و می‌تواند بصورت ذخیره‌ای درآمده و ماده خشک را افزایش دهد. کمااینکه بررسی میزان مواد جامد محلول در سیلیکات پتاسیم ۵۰ و ۱۰۰ در بسترها به‌طور جداگانه اختلاف معنی‌داری را با هم نشان نمی‌دهند (جدول ۲). این در حالی است که سیلیکات پتاسیم در غلظت بالا موجب تأمین سیلیسیم زیاد شده و نقش اسمزی این عنصر و جذب آب بر نقش انتقال کربوهیدراتی غالب گردیده باشد. همچنین در بستر سه-گانه که پوسته برنج وجود داشت نقش اسمزی در این خصوص به حاشیه رفت که بیانگر اهمیت بستر کاشت در میزان اثرگذاری محلول‌پاشی می‌باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل بستر و محلول‌پاشی سیلیسیم بر کیفیت میوه توت‌فرنگی

Table 1. Interaction among medium culture and silicon solubility on fruit quality

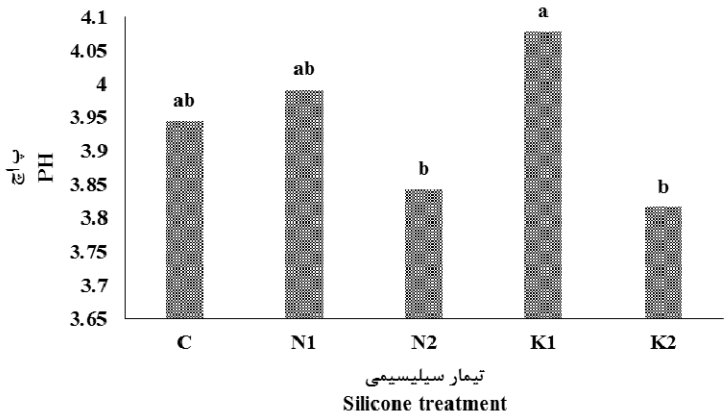
مواد جامد محلول (%) TSS	میزان فنل کل (mg gallic acid/ml fruit juice) Total phenol	میزان فلاونوئید کل (mg quercetin/ml fruit juice) Total Flavonoids	درصد ماده خشک میوه Percentage of Dried Fruit	تیمار سیلیسیم Silicon treatment	بستر کاشت Medium culture
8.13^{bcd}	0.75^{d}	0.31^{c}	5.8^{b}	C	کوکوپیت+پرلیت Cocopeat + perlite
7.2^{cd}	3.01^{bcd}	0.75^{bc}	5.6^{b}	N1	
7^{d}	1.98^{cd}	0.47^{bc}	6.07^{b}	N2	
9.53^{ab}	3.3^{bc}	0.68^{bc}	9.18^{a}	K1	
77.10^{a}	3.61^{bc}	1.38^{a}	5.75^{b}	K2	
8.1^{bcd}	5.12^{ab}	0.75^{bc}	5.19^{b}	C	کوکوپیت+پرلیت+پوسته برنج Cocopeat + perlite + rice husk
9.77^{ab}	1.97^{cd}	0.58^{bc}	6.37^{b}	N1	
7.4^{cd}	6.18^{a}	0.77^{bc}	5.3^{b}	N2	
9.07^{abc}	5.32^{ab}	0.97^{ab}	5.24	K1	
7.5^{cd}	3.75^{bc}	0.82^{bc}	5.98^{b}	K2	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند. (C: شاهد، N1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، N2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، K1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم، K2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم).

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01).
(C: Control, N1: Sodium Silicate 50 ppm, N2: Sodium Silicate 100 ppm, K1: Potassium Silicate 50 ppm, K2: Potassium Silicate 100 ppm)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. تأثیر تیمار سیلیسیم بر pH آب میوه توت‌فرنگی (C: شاهد، N1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم، N2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلی
سیم از منبع سیلیکات سدیم، K1: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم، K2: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم)

Figure 6. Effect of silicon treatment on strawberry juice pH (C: Control, N1: Sodium Silicate 50 ppm, N2: Sodium Silicate 100 ppm, K1: Potassium Silicate 50 ppm, K2: Potassium Silicate 100 ppm)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تنها سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ موجب افزایش غلظت عنصر سیلیسیم برگ توت‌فرنگی گردید لذا سایر تیمارهای محلول‌پاشی شامل سیلیکات سدیم ۵۰ و ۱۰۰ و سیلیکات پتاسیم ۵۰ برای تغذیه برگی سیلیسیم مناسب نبودند. تیمار سیلیکات پتاسیم ۱۰۰ در بستر دوگانه موجب افزایش معنی‌دار مواد جامد محلول و محتوای تام فلاونوئید میوه توت‌فرنگی گردید. ازنظر بستر کاشت، میزان کلروفیل b، غلظت کلسیم و پتاسیم برگ در بستر کاشت دوگانه بیشتر از بستر کاشت سه‌گانه بود. لذا به‌طورکلی می‌توان این‌گونه جمع‌بندی نمود که تیمار سیلیکات پتاسیم در بستر دوگانه از نظر جذب عناصر غذایی و کیفیت میوه توت‌فرنگی بهتر از سایر تیمارهای موردبررسی بوده است.

سپاسگزاری

این آزمایش در قالب طرح پژوهشی با شماره ۰۲-۱۳۹۶-۰۱ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری حمایت مالی شده است لذا لازم می‌دانیم بدین‌وسیله از این معاونت تشکر به عمل آوریم.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.ر.، همتی، ف.، حسین‌پور، ر.، کاظمی‌فرد، ر.، و عدالشاه، ه.، ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی، مرکز انتشار آمار و ارتباطات فناوری وزرات جهادکشاورزی، تهران، شماره ۳، صص ۲۵۳.

تهرانی‌فر، ع.، و وحدتی، ن.، ۱۳۸۹. کشت بدون خاک توت‌فرنگی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

خسروفرد، ز.س.، عشقی، س.، راستگو، س.، و هدایت، م.، ۱۳۹۶. اثر کاربرد ریشه‌ای و محلول‌پاشی برگی سیلیسیم بر رشد توت‌فرنگی و جذب عنصرهای غذایی در تنش شوری در کشت بدون خاک، مجله علوم و فنون باغبانی ایران، شماره ۱۸، صص ۲۰۸-۱۹۵.

سیدلرفاطمی، ل.، طباطبایی، س. ج.، و فلاحی، ا.، ۱۳۸۸. اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری، مجله علوم باغبانی، شماره ۲۳، صص ۹۵-۸۸.

محمودی سوره، ن.، فرخزاد، ع.ر.، و حسن‌پور، ح.، ۱۳۹۶. تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم بر میزان کلسیم، محتوای پاداکسنده کل و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه دو رقم توت‌فرنگی، مجله علوم باغبانی، شماره ٤٨، صص ۵۹۹-۵۸۹.

مهدوی، م.، اسماعیل‌پور، ب.، و فاطمی، ح.، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر تغذیهٔ برگی سیلیسیم بر شاخص‌های رشدی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه نعناع در شرایط تنش کادمیوم، مجله علوم باغبانی، شماره ٤٩، صص ۱۹۶-۱۸۳.

Abdul Qados, A. M. S. 2011. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). Agricultural Science 10: 7-15.

Carter, G. A. and Knapp, A. K. 2001. Leaf optical properties in highest plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany 88: 677-684.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. G. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Food Drug Anal 10: 178-182.

Chapman, H. D. and Pratt, P. F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and water. Univ. California, Berkeley, CA, USA.

Close, D. C. and McArthur, C. 2002. Rethinking the role of many plant phenolic-protection from photo damage not herbivores. Oikos 99: 166-172.

Derderian, M. D. 1961. Determination of calcium and magnesium in plant material with EDTA. Analytical Chemistry 33: 1796 -1798.

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Nabavi, S. M. and Eslami, B. 2010. Ant hemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. Central European Journal of Biology 5: 338-345.

Jamil, M., Rehman, S. and Rha, E. S. 2007. Salinity effect on plant growth, ps11 photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Pakistan Journal of Botany 39: 753-760.

Jayawardana, R. K., Weerahewa, D. and Saparamadu, J. 2016. The effect of rice hull as a silicon source on anthracnose disease resistance and some growth and fruit parameters of capsicum grown in simplified hydroponics. International Journal of Recycling of Organic 5: 9-15.

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H. and Song, A. 2015. Silicon in agriculture from theory to practice. Springer, pp: 182

Lichtenthaler, H. K. and Buschmann, C. 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Unit F4.3.1-F4.3.8.

www.SID.ir

Archive of SID

Mali, M. and Aery, N. C. 2008. Silicon effects on nodule growth, dry-matter production, and mineral nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*). Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 835-840.

Nelwamondo, A., Jaffer, M. A. and Dakora, F. D. 2001. Subcellular organization of N2-fixing nodules of cowpea (*Vigna unguiculata*) supplied with silicon. Protoplasma 216: 94-100.

Park, Y. G., Muneer, S., Kim, S., Hwang, S. J. and Jeong, B. R. 2018. Silicon application during vegetative propagation affects photosynthetic protein expression in strawberry. Horticultural Science and Biotechnology 59: 167-177

Powles, S. B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. Annual Review of Plant Biology 35:15-44.

Quin, B. F. and Wood, P. H. 1976. Rapid manual determination of sulfur and phosphorous in plant material. Communications in Soil Science and Plant Analysis 7: 415-426.

Song, Z., Liu, H., Li, B. and Yang, X. 2013. The production of phytolith-occluded carbon in China's forests: implications to biogeochemical carbon sequestration. Global Change Biology 19: 2907-2915.

Su, X. W., Wei, S. C., Jiang, Y. M. and Huang, Y. Y. 2011. Effects of silicon on quality of apple fruit and Mn content in plants on acid soils. Shandong agricultural science 6: 59-61

Vasylyk, I. V. and Lushchak, V. I. 2011. Effect of high sodium chloride concentrations on the pigment content and free-radical processes in corn seedlings leaves. Ukrainian Biochemical 83: 94-103.

Waling, I., Van Vark W., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis. Part 7, plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen.

Waterhouse, A. L. and Laurie, V. F. 2006. Oxidation of wine phenolics a critical evaluation and hypotheses. Viticult. 57: 306-313.

Zhao, D., Oosterhuis, D. M. and Bednarz, C. W. 2001. Influence of potassium deficiency on photo-synthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica. 39: 103-109.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of silicon on nutrient concentration, photosynthetic pigments and fruit quality of strawberry cv. Camarosa

K. Ghasemi[1]*, M. Ghajar Sepanlou[2] and M. Haddadinejad[3]

1- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. K.ghasemi@sanru.ac.ir

2- Associated Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. sepanlu@yahoo.com

3- Research Institute of Medicinal Plants Biotechnologies (RIMPBio) and Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU). mehdihadadi@gmail.com

Received Date: 2019/07/27 **Accepted Date: 2019/09/17**

ABSTRACT

Background and Objectives

Mazandran province is ranked the second in production strawberry in Iran so it is considered as an important pole production of this popular small fruit. It is reported that rice husk incorporation into growth medium lead to higher plant growth and fruit quality, as well as resistant to Anthracnose (Jayawardana *et al*., 2016). Silicon as a beneficial element for plants, can alleviate the impact of wide range of biotic and abiotic stresses. This mineral contributes to higher photosynthetic rate, antioxidant enzymes activity and water consumption efficiency (Mali, and Aery, 2008 and Nelwamondo *et al*., 2001). So the main objective of this research was evaluation of husk rice constituent in medium and silicon nutrition in strawberry different photosynthetic parameters and mineral uptakes.

Material and Methods

In this research, the using of rice husk as an organic source of silicon (Si) along with foliar application of 50 and 100 mg Si/lit sodium and potassium silicate in strawberry cultivation was evaluated. The experimental design was in factorial format in completely randomized design. Evaluated parameters consists photosynthetic pigments, mineral concentration and antioxidant properties.

Results Discussions

The results showed treatment with 100 mg lit sodium silicate produced higher chlorophyll a in comparison to other silicon treatments. Potassium and calcium concentration of strawberry leaf in medium without rice husk (MWRH) was more than medium contained rice husk (MCRH) significantly. Although different media have no effect on Si concentration of leaf, the highest Si concentration in strawberry leaf was recorded in 100 mg lit potassium silicate which was highest and significantly in others. Total flavonoid content in the MWRH with 100 mg lit potassium silicate treatment was significantly more than other treatments except MCRH with sodium silicate 50.

Conclusions

Among applied treatments, potassium silicate 100 was the only treatment that has more leaf silicon in comparison with other treatments at 1% probability level. Totally, MWRH with potassium silicate 100 was the best and recommendable treatment in terms of fruit quality and nutrient uptake.

***Keywords*: :** Strawberry, Silicon, Nutrients, Chlorophyll

www.SID.ir