شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

**محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای**

# اثر کاربرد سیلیسیم به فرم میکرو و نانو بر میزان رنگیزه‌های گیاهی برگ توت‌فرنگی در کشت بدون خاک

رحمان یوسفی[1]* و محمود اثنی‌عشری[2]

[1] دانش‌آموخته دکترای علوم باغبانی دانشگاه بوعلی سینا همدان و عضو هیئت علمی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

[2] عضو هیئت علمی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

## چکیده

سیلیسیم یکی از عناصر غذایی مفید می‌باشد که اثرات مثبت آن بر رشد و نمو گیاهان مختلف گزارش شده است. اثر مثبت این عنصر بر افزایش رنگیزه‌های گیاهی برگ که بر میزان فتوسنتز و رشد گیاه تاثیر مستقیمی دارند در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. در این پژوهش تاثیر کاربرد غلظت های مختلف عنصر سیلیسیم (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر) به دو فرم میکروسیلیسیم و نانوسیلیسیم و با دو روش محلول‌پاشی برگی و محلول‌دهی ریشه‌ای بر میزان رنگیزه‌های گیاهی برگ توت فرنگی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدهای برگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کابرد سیلیسیم باعث افزایش میزان کلروفیلa، کلروفیل b و کلروفیل کل نسبت به شاهد شد ولی بر میزان کاروتنوئیدهای برگ تاثیر معنی‌داری نداشت. تاثیر نانوسیلیسیم به روش محلول‌دهی ریشه‌ای نسبت به میکروسیلیسیم و روش محلول‌پاشی برگی بهتر بود. بیشترین میزان کلروفیل کل به میزان ۲/۴۲۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در تیمار محلول‌دهی ۶۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیسیم به روش محلول‌دهی ریشه‌ای به دست آمد.

واژگان کلیدی: میکرو، نانو، کلروفیل، کاروتنوئیدها

## مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* متعلق به تیره *Rosaceae* یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی با ارزش غذایی و تجاری بالا در سرتاسر جهان است (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۶). این محصول در نقاط مختلف دنیا و ایران کشت می‌شود و به دلیل داشتن عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین و آنتی‌اکسیدان‌ها کاملاً شناخته شده است و جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده است (Giampieri و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از عوامل مؤثر در رشد توت‌فرنگی تغذیه بهینه آن با عناصر مختلف طی مراحل رشد و نمو آن است. سیلیسیم به عنوان دومین عنصر فراوان پوسته زمین (۳۱٪) بعد از اکسیژن (۴۹٪) است (Corrales و همکاران، ۱۹۹۷). مطالعات متعدد نشان داده است که این عنصر آثار مثبتی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (Ma و Takahashi، ۲۰۰۲؛ Ma، ۲۰۰۴). از منابع سیلیسیمی که در تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به منابع سیلیکاتی همچون سیلیکات‌سدیم و پتاسیم و منابع اکسیدی همچون اکسیدسیلیسیم و نیز دیگر منابع مانند اسیدسیلیسیک اشاره کرد. . با وجود فراوانی سیلیسیم در پوسته زمین اکثر ترکیبات آن قابل جذب برای گیاه نیست و در تولیدات گلخانه‌ای با محیط‌های کشت بدون خاک و یا آبکشت و محلول‌های غذایی متداول نیز سیلیسیم اضافه نمی‌شود و بدین‌ترتیب کاربرد سیلیسیم در این گونه کشت‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (Talgar و همکاران، ۲۰۱۱). نوع منبع سیلیسیمی و روش کاربرد آن در تجمع سیلیسیم در بافت گونه‌های مختلف گیاهی به طرز بالایی اثر دارد (Deshmukh و همکاران، ۲۰۱۷). در تغذیه گیاهان توت‌فرنگی در گلخانه سیلیسیم در محلول غذایی و تغذیه گیاه به کار گرفته نمی‌شود. لذا با توجه به اثرات مثبتی که این عنصر در رشد گیاهان بر جای می‌گذارد، هدف این پژوهش بررسی اثر عنصر سیلیسیم در دو اندازه میکرو و نانوذرات و به دو روش کاربرد محلول‌پاشی برگی و محلول‌دهی ریشه‌ای بر تغییرات میزان رنگیزه‌های گیاهی که بر میزان فتوسنتز و رشد و نمو گیاه توت‌فرنگی موثر هستند، بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت یک آزمایش فاکتوریل دارای ۳ فاکتور بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و در هر تکرار ۴ گیاه اجرا شد. فاکتور اول نوع سیلیسیم در ۲ مقیاس میکرو و نانوذرات دی‌اکسید سیلیسیم، فاکتور دوم غلظت سیلیسیم در ۴ سطح شامل ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور سوم روش کاربرد در ۲ سطح شامل محلول‌پاشی برگی و محلول‌دهی ریشه‌ای بود. دو تیمار شاهد (محلول‌پاشی برگی آب مقطر و محلول‌دهی ریشه‌ای فاقد سیلیسیم) نیز برای مقایسه با سایر تیمارها در نظر گرفته شد. بدین‌منظور نشاهای گلدانی توت‌فرنگی رقم کاماروزا از شرکت

آشیان سبز عماد در شهر هشتگرد استان البرز تهیه و پس از انتقال به گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان در کیسه‌های کشت پلاستیکی (با ابعاد ۴۰ سانتی‌متر ارتفاع و ۲۵ سانتی‌متر قطر دهانه) محتوی مخلوطی از کوکوپیت و پرلایت به نسبت حجمی ۱:۱ کشت شدند. گیاهان توت‌فرنگی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط نور طبیعی پرورش یافتند. از محلول غذایی هوگلند کامل به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر در هر گلدان و ۳ بار در هفته برای آبیاری و تغذیه گیاهان تا پایان دوره آزمایش (۴ ماه) استفاده شد. تیمارهای سیلیسیم در دو مرحله صورت گرفت، مرحله اول در زمان آغاز رشد رویشی (مرحله ۴-۵ برگی) و مرحله دوم دو هفته بعد از پایان اعمال تیمار مرحله اول بود. هر کدام از مراحل اعمال تیمار یک هفته طول می‌کشید، بدین‌ترتیب که در طول یک هفته سه مرتبه تیمارها با فاصله یک روز در میان به صورت محلول‌پاشی برگی و یا محلول‌دهی ریشه‌ای تکرار شدند. در مجموع برای هر تیمار در دو مرحله شش مرتبه اعمال تیمار به صورت محلول‌پاشی برگی و یا محلول‌دهی ریشه‌ای صورت گرفت. سایر عملیات زراعی و تغذیه‌ای برای تمامی بوته‌ها تا پایان دوره آزمایش به صورت یکسان انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کل و نیز کاروتنوئیدها از روش گزارش‌شده توسط Yang و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۲۵ گرم نمونه برگ تازه در هاون چینی با استفاده از ازت مایع پودر گردید و با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ ٪ کاملاً ساییده شد. سپس عصاره حاصله برای مدت ۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتریفیوژ شد، محلول رویی نگه داشته و رسوب آن دور ریخته شد. حجم نهایی عصاره گیاه با استون ۸۰ ٪ به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و میزان جذب در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان) قرائت گردید که به ترتیب پیک‌های جذب اصلی کلروفیل a ، کلروفیل b و کاروتنوئیدها هستند. میزان رنگیزه‌های برگ با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر (mg/gr FW) گزارش گردید.

$$\text{Chl a} = 12.25\ A_{663} - 2.55\ A_{646} \times V/W$$

$$\text{Chl b} = 20.31\ A_{646} - 4.91\ A_{663} \times V/W$$

$$\text{Chl a+b} = 17.76\ A_{646} + 7.34\ A_{663} \times V/W$$

$$\text{Car} = 4.69\ A_{440} - 0.267\ \text{Chl a+b} \times V/W$$

که در رابطه های فوق

V حجم نهایی عصاره گیاهی بر حسب میلی‌لیتر، W وزن تر بافت برگ بر حسب میلی‌گرم، Chl a میزان کلروفیل a، Chl b میزان کلروفیل b، Chl a+b میزان کلروفیل کل، Car میزان کاروتنوئیدها، $A_{663}$ میزان جذب نور در طول موج ۶۶۳ نانومتر، $A_{646}$ میزان جذب در طول موج ۶۴۶ نانومتر و $A_{440}$ میزان جذب نور در طول موج ۴۴۰ نانومتر می‌باشند. داده‌های به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند و میانگین‌های به دست آمده با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

**نتایج و بحث**

کلروفیل a

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثر جداگانه غلظت و اثر متقابل دوگانه سیلیسیم و غلظت و نیز اثر متقابل سه‌گانه سیلیسیم، غلظت و روش کاربرد در سطح ۱٪ بر میزان کلروفیل a اثر معنی‌دار داشت. سایر اثرات جداگانه و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر این شاخص غیر معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بین میانگین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود داشت و کاربرد سیلیسیم باعث افزایش میزان کلروفیل a شد به طوریکه در تیمار شاهد محلول‌پاشی و محلول‌دهی به ترتیب مقادیر ۱/۳۵۵ و ۱/۴۲۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ ثبت گردید که این میزان در کاربرد غلظت‌های ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیسیم به بیشترین مقدار رسید و با شاهد تفاوت معنی‌دار داشت.

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر جداگانه سیلیسیم و غلظت و اثر متقابل آن دو در سطح ۱٪ و اثر متقابل سه‌گانه فاکتورهای مورد بررسی در سطح ۵٪ بر میزان کلروفیل b معنی‌دار بود. سایر اثرات جداگانه و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر این شاخص اثر معنی‌داری نداشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) برای کلروفیل b نشان داد که بین میانگین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و کاربرد سیلیسیم باعث افزایش میزان کلروفیل b نسبت به شاهد شد. کمترین میزان کلروفیل b از تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر میکروسیلیسیم به مقدار ۰/۳۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد که البته اختلاف آن با تیمارهای شاهد محلول‌پاشی و محلول‌دهی معنی‌دار نبود. به طور کلی کمترین مقادیر کلروفیل b در تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر میکروسیلیسیم به هر دو صورت محلول‌پاشی برگی و محلول‌دهی ریشه‌ای

مشاهده شد. بیشترین مقدار کلروفیل b از تیمار محلول‌دهی ۶۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیسیم به مقدار ۰/۶۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد که نسبت به تیمارهای شاهد و اکثر دیگر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت، روش کاربرد و نوع سیلیسیم بر غلظت رنگیزه‌های برگ توت‌فرنگی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | کاروتنوئیدها |
| تجزیه فاکتوریل | | | | | |
| سیلیسیم | ۱ | ۰/۰۰۱۷ns | ۰/۰۹۷۹** | ۰/۱۲۵۹** | ۰/۰۰۰۰۸۸ns |
| غلظت | ۳ | ۰/۱۸۸۷** | ۰/۰۷۹۵** | ۰/۵۰۹۸** | ۰/۰۰۳۷۸۷** |
| سیلیسیم×غلظت | ۳ | ۰/۰۶۸۲** | ۰/۰۳۰۶** | ۰/۰۴۱۶** | ۰/۰۰۰۴۶۷ns |
| روش کاربرد | ۱ | ۰/۰۰۴۷ns | ۰/۰۰۱۵ns | ۰/۰۱۱۷ns | ۰/۰۰۰۰۰۳ns |
| سیلیسیم×روش کاربرد | ۱ | ۰/۰۲۹۱ns | ۰/۰۱۲۷ns | ۰/۰۰۳۳ns | ۰/۰۰۲۰۰۵ns |
| غلظت×روش کاربرد | ۳ | ۰/۰۰۲۵ns | ۰/۰۰۲۹ns | ۰/۰۰۹۶ns | ۰/۰۰۰۲۳۵ns |
| سیلیسیم×غلظت×روش کاربرد | ۳ | ۰/۰۶۲۱** | ۰/۰۲۲۷* | ۰/۰۴۲۷** | ۰/۰۰۰۲۶۶ns |
| خطا | ۳۲ | ۰/۰۱۳۴ | ۰/۰۰۶۱ | ۰/۰۱۰۲ | ۰/۰۰۰۹۷۴ |
| ضریب تغییر (٪) | - | ۷/۶۹ | ۱۴/۴۹ | ۴/۹۴ | ۱۳/۱۲ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

کلروفیل کل (a+b)

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثرات جداگانه سیلیسیم و غلظت و اثر متقابل آنان و نیز اثر متقابل سه‌گانه فاکتورهای مورد بررسی در سطح ۱٪ بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار گردید، ولی سایر اثرات جداگانه و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر این شاخص تأثیر معنی‌دار نداشتند. بین میانگین تیمارهای مختلف از نظر میزان کلروفیل کل تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۲).کمترین میزان کلروفیل کل در تیمار شاهد محلول‌پاشی با ۱/۷۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ و بیشترین مقدار آن در تیمار محلول‌دهی ۶۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیسیم با ۲/۴۲۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ وجود داشت که اختلاف بین بیشترین مقدار به دست آمده با شاهدها و دیگر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۲). بین محلول‌دهی و محلول‌پاشی غلظت‌های ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیسیم تفاوت معنی‌دار دیده نشد (جدول ۲).

کاروتنوئیدها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که به غیر از اثر جداگانه غلظت که در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، باقی اثرات جداگانه و متقابل دوگانه و سه‌گانه فاکتورهای مورد بررسی بر میزان کاروتنوئیدهای برگ تأثیر معنی‌داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ نداشتند. مقایسه میانگین اثرات جداگانه غلظت (جدول ۳) نشان داد که در بین غلظت‌ها، غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به دیگر غلظت‌ها باعث تجمع بیشترین میزان کاروتنوئیدها شد که با غلظت‌های ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌دار بود.

نتایجی که در خصوص تأثیر سیلیسیم بر رنگیزه‌های برگ به دست آمد نشانگر آن بود که کاربرد این عنصر باعث افزایش میزان کلروفیل a، b و کل برگ گردید، ولی روی کاروتنوئیدهای برگ اثر معنی‌داری نداشت. کلروفیل یکی از ترکیبات اصلی کلروپلاست است که در فرایند فتوسنتز دخیل می‌باشد. اثر مثبت سیلیسیم بر محتوای کلروفیل برگ به اثبات رسیده است (Shen و همکاران، ۲۰۱۰؛ Haghighi و Pessarakli ، ۲۰۱۳). افزایش میزان کلروفیل در نتیجه کاربرد سیلیسیم در گیاهان مختلفی گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به چغندر لبویی (بهتاش و همکاران ،۱۳۸۹)، طالبی (نظافتی و همکاران، ۱۳۹۲)، گاوزبان دارویی (ترابی و همکاران، ۱۳۹۲)، خیار (Adatia و Besford، ۱۹۸۶) و برنج (Agarie و همکاران، ۱۹۹۳) اشاره کرد که نتایج این تحقیق با نتایج گزارشات ذکرشده مطابقت دارد. در تحقیق حاضر مشاهده گردید که سیلیسیم به فرم نانوذرات دارای تأثیرگذاری بیشتر و با اختلاف معنی‌داری نسبت به سیلیسیم به فرم میکروذرات بود که این نتیجه با نتایج Suriyaprabha و همکاران (۲۰۱۲) در ذرت و Haghighi و Pessarakli (۲۰۱۳) در گوجه‌فرنگی که گزارش دادند کاربرد سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، b و کل گردید و نانوسیلیسیم نسبت به فرم بالک آن دارای تأثیر بهتر و با اختلاف معنی‌دار بود، مطابقت دارد. تأثیر سیلیسیم بر افزایش مقدار کلروفیل برگ از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز (Adatia و Besford، ۱۹۸۶) و جلوگیری از تخریب کلروفیل توسط سیلیسیم می‌باشد

(حقیقی و مظفریان، ۱۳۹۳). محققان سیلیسیم را عامل مؤثر در افزایش تولید آنزیم روبیسکو دانسته‌اند (Adatia و Besford، ۱۹۸۶). افزایش فعالیت چرخه کلوین در اثر افزایش آنزیم روبیسکو، کمبود سوبسترای لازم برای چرخه را به دنبال داشته که در پی آن ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی و در رأس آن‌ها محتوای کلروفیل در واحد سطح برگ برای تأمین انرژی لازم افزایش می‌یابد (سعادتیان و کافی، ۱۳۹۴). از جمله دلایل افزایش میزان کلروفیل در تیمار سیلیسیم می‌توان به تأثیر سیلیسیم در افزایش کارآیی فتوسیستم ۲ اشاره کرد که توسط Al-aghabary و همکاران (۲۰۰۵) در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است.

جدول ۲- اثر متقابل سیلیسیم، غلظت و روش کاربرد بر غلظت کلروفیل‌های a، b و کل در برگ توت‌فرنگی

| تیمار | غلظت (mg/l) | کلرفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | | کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | محلولپاشی | محلول‌دهی | محلولپاشی | محلول‌دهی | محلولپاشی | محلول‌دهی |
| شاهد | ۰ | ۱/۳۵۵c-f | ۱/۴۲۶b-f | ۰/۳۶۹f | ۰/۳۵۸f | ۱/۷۲۵j | ۱/۷۸۵ij |
| میکروسیلیسیم | ۲۰ | ۱/۴۲۶b-f | ۱/۵۳۲a-e | ۰/۳۱۵f | ۰/۳۸۸ef | ۱/۷۴۲ij | ۱/۹۲۰f-i |
| | ۴۰ | ۱/۵۱۲a-e | ۱/۳۱۸ef | ۰/۴۱۱def | ۰/۵۷۱abc | ۱/۹۲۳f-i | ۱/۸۹۰g-j |
| | ۶۰ | ۱/۵۶۴abc | ۱/۵۵۷abc | ۰/۵۴۰bcd | ۰/۵۹۱abc | ۲/۱۰۵c-f | ۲/۱۴۸b-e |
| | ۸۰ | ۱/۵۶۳abc | ۱/۵۳۹a-d | ۰/۶۲۱abc | ۰/۵۱۴cde | ۲/۱۸۵bcd | ۲/۰۵۴d-g |
| نانوسیلیسیم | ۲۰ | ۱/۳۲۹def | ۱/۲۲۵f | ۰/۵۸۲abc | ۰/۵۵۱bcd | ۱/۹۱۱g-j | ۱/۷۷۷ij |
| | ۴۰ | ۱/۲۸۵f | ۱/۵۷۳abc | ۰/۵۲۹cd | ۰/۴۱۶cde | ۱/۸۱۴h-j | ۱/۹۹۰e-h |
| | ۶۰ | ۱/۶۳۱ab | ۱/۷۲۲a | ۰/۶۷۸ab | ۰/۶۹۸a | ۲/۳۰۹ab | ۲/۴۲۰a |
| | ۸۰ | ۱/۶۷۱a | ۱/۶۷۲a | ۰/۵۹۱abc | ۰/۶۳۰abc | ۲/۲۶۲abc | ۲/۳۰۳ab |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر دو ستون مربوط به هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات جداگانه غلظت بر میزان کاروتنوئیدهای برگ توت فرنگی

| غلظت (mg/l) | کاروتنوئیدها (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) |
|---|---|
| ۲۰ | ۰/۲۴۲ab |
| ۴۰ | ۰/۲۵۹a |
| ۶۰ | ۰/۲۳۱b |
| ۸۰ | ۰/۲۱۷b |

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

**نتیجه‌گیری**

نتایج این پژوهش نشان داد که سیلیسیم یکی از عناصر غذایی مفید است که باعث افزایش میزان کلروفیل برگ توت‌فرنگی در شرایط کشت گلخانه می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از سیلیسیم به صورت محلول‌دهی ریشه‌ای و در غلظت‌های محدوده ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین تیمار بود. در این باره استفاده از نانوذرات سیلیسیم به خاطر اثرگذاری بهتری که در این تحقیق مشاهده شد، پیشنهاد می‌شود. در هر حال استفاده از سیلیسیم در تغذیه گیاه توت‌فرنگی با توجه به تاثیری که بر میزان رنگیزه‌های کلروفیل برجای می‌گذارد باعث افزایش سبزینگی گیاه و به دنبال آن افزایش میزان فتوسنتز و رشد و عملکرد گیاه خواهد شد.

## منابع


بهتاش، ف.، طباطبایی، س ج.، ملکوتی، م ج.، سرورالدین، م ح. و اوستان، ش. ۱۳۸۹. اثر کادمیم و سیلیسیم بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر لبویی. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲۰ (۱)، ۵۳-۶۷

ترابی، ف.، مجد، ا.، انتشاری، ش. و آیریان، س. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر سیلیکون بر برخی پارامترهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) در شرایط کشت هیدروپونیک. مجله سلول و بافت، ۴ (۳)، ۲۷۵-۲۸۵.

جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۶. میوه های ریز. چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۲۹۷ ص.

حقیقی، م.، و مظفریان، م. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات رویشی، مورفولوژیک و فتوسنتزی گوجه‌فرنگی در اثر سیلیسیم و نانوسیلیسیم افزوده شده به محلول غذایی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال پنجم، ۱۹، ۳۷-۴۷.

سعادتیان، ب. و کافی، م. ۱۳۹۴. بررسی نقش تغذیه‌ای نانوذرات سیلیسیم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و تولید ریزغده سیب‌زمینی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۲ (۱)، ۱۷۳-۱۹۰.

نظافتی، ز. و آروین، م ج. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد برگی سیلیسیم، کلسیم و پتاسیم بر ویژگی‌های رشد و عملکرد محصول گیاهان طالبی. اولین همایش ملی الکترونیکی مباحث نوین در علوم باغبانی، دانشگاه جهرم، انجمن علمی مهندسی علوم باغبانی.

Adatia, M.H. and Besford, R.T. 1986. The Effects of silicon on Cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. Annals of Botany, 58, 343-351.

Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. and Kaufman, P.B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice plant (*Oryza stiva*). Crop Production and Improvement Technology, 34, 225-234.

Al-aghabary, K., Zhu, Z. and Shi, Q. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of Plant Nutrition, 27, 2101-2115.

Corrales, I., Poschenrieder, C. and Barcello, J. 1997. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. Plant and Soil, 199, 203- 209.

Deshmukh R.K., Ma J.F. and Bélanger, R.R. 2017. Editorial: Role of Silicon in Plants. Frontiers in Plant Science, 8, 1858. doi: 10.3389/fpls.2017.01858

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B. and Battino, M. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition, 28, 9–19.

Haghighi, M. and Pessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. Scientia Horticulturae, 161, 111–117.

Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. Soil Science, 50, 11-18.

Ma, J.F. and Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer, and plant silicon research in japan. Elsevier, The Netherlands, p:281.

Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A.E. and Li, J. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and untraviolet-B radiation. Journal of Plant Physiology, 167(15), 1248–1252.

Suriyaprabha, R., Karunakaran, G., Yuvakkumar, R., Prabu, P., Rajendran, V. and Kannan, N. 2012. Growth and physiological responses of maize *(Zea mays* L.) to porous silica nanoparticles in soil". Journal of Nanoparticle Research, 14, 1294. 1-14.

Talgar, S., Gu, J.X., Xu, C.S., Yang, Z., Zhao, Q., Liu, Y.X. and Liu, Y.C. 2011. Phytotoxic and genotoxic effects of ZnO nanoparticles on garlic (*Allium sativum* L.): A morphological study. Nanotoxicology, 1, 1-8.

Yang, Ch., Chang, M., Yin, K.W., Hung, M.H. 1998. Methods for the determination of the chlorophylls and their derivatives. Taiwania, 43(2), 116-122

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

**Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation**

# Effect of silicon application in forms of micro and nano on leaf pigments content of strawberry in soilless culture condition

Rahman Yousefi*[1] and Mahmood Esna-ashari[2]

[1] PhD Graduated of Bu-Ali Sina University in Hamadan and Member of Academic Staff in Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

[2] Member of academic staff in Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

## Abstract

Silicon is a beneficial nutrient element that has been shown to have positive effects on the growth and development of various plants. The positive effect of this element on the increase of leafy plant pigments, which has a direct effect on the amount of photosynthesis and plant growth, has been proved in various studies. In this study, the effect of various concentrations of silicon element (20, 40, 60 and 80 mg/l) in two forms of micro-silica and nano-silica and with two methods of foliar application and root feeding on the amount of plant pigments of strawberry leaves including chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and leaf carotenoids were investigated. The results showed that the use of silicon increased chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content compared to control, but did not have a significant effect on leaf carotenoids. The effect of nano-silica was better in root feeding form than micro-silica and foliar application method. The highest total chlorophyll content was obtained at a rate of 2.420 mg/g of fresh leaf weight in 60 mg/l of nano-silica treatment by root feeding.

**Keywords**: Micro, Nano, Chlorophyll, Carotenoids

*Corresponding author, Email: r.yousefi66@areeo.ac.ir