Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 1, Spring 2018 (225-232)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.217515.1105

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۲۳۲-۲۲۵)

افزایش جذب عنصرهای غذایی و رنگدانه‌های نورساختی گل حنای گینه‌نو (*Impatiens hawkeri*) با محلول‌پاشی سیلیسیم در محیط آبکشت

سعید ریزی[1*]، لیلا محمدی[2] و رحیم برزگر[1]
۱ و ۲. استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۷)

چکیده

سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر سودمند تأثیر چندی بر رشد، عملکرد، بهبود تحمل به تنش‌های محیطی و بهبود تعادل عنصرهای غذایی در گیاهان دارد. به همین منظور در تابستان سال ۱۳۹۳ آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با چهار سطح محلول‌پاشی سیلیسیم شامل ۰، ٤٠، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و سه تکرار (هر تکرار شامل پنج گلدان ۰/۷ لیتری) به مدت دو ماه روی گل حنای گینه‌نو *Impatiens hawkeri* W. Bull. در شرایط گلخانه اجرا شد. در پایان آزمایش، میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سیلیسیم برگ، آنتوسیانین‌ها، سبزینه (کلروفیل)های a، b و کل اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، بیشترین نیتروژن بافت (۲/۸٪)، فسفر (۰/٤۱٪) و پتاسیم (۲/٦۸٪) مربوط به تیمار سیلیسیم ٤٠ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین، بیشترین میزان کلسیم (۳/۷۵٪) و منیزیم (۱/۸۱٪) مربوط به تیمار سیلیسیم ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان سیلیسیم برگ (۱۵/٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در تیمار سیلیسیم ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. بیشترین میزان سبزینه‌ها (۲۰/۷٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها (۳۲/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم به دست آمد. به‌طورکلی، کاربرد سیلیسیم ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث بهبود گل حنای گینه‌نو شده و به‌عنوان عنصری سودمند در پرورش این گیاه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین‌های گلبرگ، پتاسیم، سبزینه، سیلیسیم، نیتروژن.

Increasing nutrient elements absorption and photosynthetic pigments by silicon spray in New Guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*) in soilless conditions

Saeed Reezi[1*], Leila Mohammadi[2] and Rahim Barzegar[1]
1, 2. Assistant Professor and Former M. Sc. Student, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran
(Received: Oct. 16, 2016 - Accepted: May 7, 2017)

ABSTRACT

Silicon as a beneficial element has several effects on growth, yield, abiotic stresses tolerance and nutrient element balance in plants. For this purpose, an experiment established in Complete Randomized Design with four levels of silicon foliar spray (0, 40, 80 and 120 $mg.L^{-1}$) with three replications (each replication contained five 0.7 liter pots) on *Impatiens hawkeri* in greenhouse conditions during 2 months in summer 2015. Different traits such as nitrogen, phosphorous, calcium, magnesium and leaf silicon content, anthocyanin, a, b and total chlorophyll contents were measured. Results showed that the most N (2.8%), P (0.41 %) and K (2.68 %) contents were related to 40 $mg.L^{-1}$ of silicon treatment. However, the most Ca (3.75 %) and Mg (1.81 %) contents obtained in 80 $mg.L^{-1}$ silicon treatment, but the most Si content (15.6 mg/kg fw) obtained in 120 $mg.L^{-1}$ treatment. Total chlorophyll (20.76 mg/kg fw) and petal anthocyanin content (32.1 mg/kgfw) was the highest in 120 $mg.L^{-1}$ Si treatment. Generally, Si can be suggested as a beneficial element (120 $mg.L^{-1}$) for New Guinea Impateins.

Keywords: Anthocyanin Petal, chlorophyll, nitrogen, potassium, silicon.

* Corresponding author E-mail: Sreezi57@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر ضروری در ساختار گیاهان شناخته نمی‌شود ولی در برخی از گیاهان عالی تأثیر شناخته‌شدهٔ سودمندی دارد (Bugbee, 2004). افزودن سیلیسیم به محلول غذایی یا بستر بدون خاک سبب افزایش رشد، عملکرد و کیفیت گیاهان می‌شود (Voogt & Sonneveld, 2001). کاربرد سیلیسیم باعث افزایش رشد و نمو و عملکرد در گیاهان شده و تنش‌های چندی مانند نداشتن تعادل عنصرهای غذایی را تسکین می‌دهد (Sivanesan & Won park, 2014). سیلیسیم با خنثی کردن تأثیر سمی آلومینیم، منگنز و سدیم و آسان‌سازی جذب عنصرهایی مانند فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، مس و روی می‌تواند عنصرهای غذایی را در بافت‌های گیاه متعادل کند (Chen *et al*., 2000). سیلیسیم آبشویی عنصرهای فسفر و پتاسیم را کاهش می‌دهد (Sadgrove, 2006)، همچنین سبب کاهش تحرک عنصرهای آلومینیم، آهن، منگنز و فلزهای سنگین می‌شود (Matichenkov & Calvert, 2002).

در پژوهشی کاربرد سیلیسیم روی گل ژربرا بررسی شد، نتایج بیانگر بهبود جذب عنصرهای پتاسیم، منیزیم و نیتروژن در گیاهان تیمارشده بود، ولی در جذب فسفر تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در غلظت کلسیم، تفاوت چندان قابل تشخیص نبود و افزایش جذب کلسیم در گیاهان تیمارشده در محیط با پایهٔ پیت مشاهده شد (Kamenidou *et al*., 2010). نتایج بررسی نشان می‌دهد، تأثیر سیلیسیم به‌صورت کاربرد، منبع سیلیکاتی و غلظت سیلیسیم به‌کاررفته بستگی دارد (Kamenidou *et al*., 2009). در پژوهش دیگری کاربرد سیلیسیم ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان‌دهندهٔ بیشترین جذب در عنصرهای فسفر، کلسیم و منیزیم در دو گیاه کدو و گل آهار بود. همچنین افزایش غلظت سیلیسیم به‌کاررفته، باعث افزایش مقادیر پتاسیم و منیزیم در هر دو گیاه شد، ولی تجمع کلسیم در هر دو گیاه کاهش یافت همچنین فسفر، افزایش جزئی یافت (Tesfagiorgis & Laing, 2013). تأثیر سیلیکات سدیم بر جذب عنصرها در گل ارکیده بررسی شد، نتایج بیانگر افزایش غلظت فسفر و کاهش غلظت پتاسیم بوده و در غلظت نیتروژن تأثیری مشاهده نشد (Thepkam & Ruamrungsri, 2013). در پژوهش دیگری با کاربرد سیلیسیم، افزایش رشد، زیست‌توده و محتوای سبزینه (کلروفیل)ها در بگونیای همیشه گل‌دار و بنفشه به دست آمد (Lim *et al*., 2012). در تحقیق دیگری کاربرد سیلیسیم در کالانکوئه باعث افزایش میزان سیلیسیم بافت و محتوای سبزینه‌ها شد (Son *et al*., 2012).

امروزه استفاده از سیلیسیم بهصورت تجاری و با قیمت مناسب به‌ویژه برای گیاهان زینتی گلدانی و گل‌دار موضوعی متداول بوده و افزون بر بهبود کیفیت آن‌ها، سبب افزایش مقاومت به انواع آفات و بیماری‌ها نیز می‌شود (Wroblewska & Debicz, 2011). گل حنای گینه‌نو متعلق به خانوادهٔ حنا و از جمله گیاهان گل‌دار گلدانی، رقم‌های بسیاری داشته که در صنعت گل‌کاری نیز به علت داشتن گل‌های بسیار بزرگ و جالب و شاخه‌دهی خوب شهرت بسیار بالایی دارد (Morgan, 2007). این گیاه زینتی در جهان و بازارهای ایران در بسترهای بدون خاک عرضه می‌شود، بنابرین افزایش جذب و کارآیی کودهای استفاده‌شده در این زمینه اهمیت زیادی دارد. کاربرد سیلیسیم به‌صورت محلول‌پاشی در گونه‌های مختلف گیاهان زینتی از جمله گل حنا سبب افزایش ارتفاع، زود گلدهی و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی آن شده است (Whitted-Haag *et al*., 2014). دیگر محققان نیز تأثیر مثبت کاربرد این عنصر را بر دیگر گیاهان زینتی بررسی و تأیید کرده‌اند (Katarzina & Regina, 2011; Lim *et al*., 2012). ازآنجایی‌که وضعیت ظاهری این گیاه هم از نظر سبزینگی برگ و هم گل باید در حد مطلوب و بازارپسند باشد و در نتایج برخی بررسی‌ها وجود برگ‌های سبز و ضخیم‌تر در گیاهان زینتی تیمارشده با سیلیسیم را گزارش کرده‌اند (Chen *et al*., 2001)، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف سیلیسیم بر میزان جذب عنصرهای غذایی، میزان سبزینه‌های برگ‌ها و میزان آنتوسیانین‌ها در گل حنای گینه‌نو است. این ویژگی‌ها ارتباط مستقیمی با وضعیت ظاهری این گیاه دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۳ در مجموعه گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهرکرد و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل پنج گلدان ۰/۷ لیتری) روی گل حنای گینه‌نو (*Impatiens hawkeri*) انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح سیلیسیم[1] شامل ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ قسمت در میلیون (پی‌پی‌ام) بود. در این آزمایش بذرهای گل حنای گینه‌نو (F1) رقم دیواین اسکارلت قرمز[2] در سینی نشا و در بستری شامل ۵۰ درصد پیت ماس، ۴۰ درصد پرلیت و ۱۰ درصد پوسته برنج (به‌صورت حجمی) کشت شد و هفتاد روز پس از کاشت بذرها، نشاها به گلدان‌های ۰/۷ لیتری با بستر همسان انتقال یافتند. دمای محیط گلخانه بین ۲۵ تا ۲۸ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی بین ۷۰ تا ۷۵ درصد متغیر بود. پس از استقرار نشاها در گلدان، محلول‌پاشی سیلیسیم انجام گرفت. اعمال تیمارهای آزمایش به‌صورت هفته‌ای دو بار و به مدت ۲ ماه صورت گرفت. تیمار شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شد. آبیاری به‌صورت روزانه و به میزان مساوی انجام شد.

پنج ماه پس از کاشت بذرها، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سیلیسیم برگ‌ها، آنتوسیانین‌ها، سبزینه‌های a، b و کل اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری میزان سیلیسیم بافت از روش هضم اتوکلاوی و روش رنگ سنجی سیلیکومولیبدیک اسید با کمی تغییر بهره‌گیری شد (Elliot & Synder, 1991). غلظت سبزینه‌ها و آنتوسیانین‌ها (Arnon, 1967) برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شدند. میزان عنصرهای نیتروژن به روش کجلدال (دستگاه Gerhardt ساخت کشور آلمان)، فسفر به روش طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتری) با طول‌موج ۴۲۰ نانومتر (دستگاه Pharmacia LKB ساخت کشور انگلستان)، پتاسیم به روش نورسنج شعله‌ای (فلیم‌فتومتری دستگاه Jenway PFP7 ساخت کشور انگلستان) و کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی (دستگاه Perkin 400 ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). در پایان آزمایش، داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌وتحلیل شدند و مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بنابر نتایج جدول ۱ نیتروژن بافت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیلیسیم در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. بیشترین میزان نیتروژن بافت (۲/۸۰ درصد) در تیمار ۴۰ قسمت در میلیون و کمترین میزان (۲/۴۶ درصد) در تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۱). میزان فسفر تحت تأثیر تیمار سیلیسیم، معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان فسفر (۰/۴۳۴ و ۰/۴۱۱ درصد) به ترتیب در تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). همچنین، میزان پتاسیم بافت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیلیسیم در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱). در تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون بیشترین میزان پتاسیم (۲/۶۸ درصد) و در تیمار شاهد کمترین میزان پتاسیم (۱/۶۲ درصد) به دست آمد (شکل ۱). افزایش جذب عنصرهایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم با اضافه کردن سیلیسیم به محلول‌های غذایی به فرم سیلیکات پتاسیم در تحقیقات برخی از محققان بیان شده است (Wang *et al*., 2001). محققان افزایش غلظت کلسیم و پتاسیم در بافت‌های گیاه ژربرا را با کاربرد سیلیکات پتاسیم گزارش کردند (Kamenidou *et al*., 2010). افزایش جذب عنصرها احتمال دارد به دلیل افزایش فعالیت پمپ H^+-ATPase غشای پلاسمایی ریشه توسط سیلیسیم باشد (Pei *et al*., 2009). همچنین جذب پتاسیم در کشت‌های آبکشتی (هیدروپونیک) و خاک حتی با غلظت کم سیلیسیم از طریق فعالیت پمپ H^+-ATPase بهبود می‌یابد (Mali & Aery, 2008a). محققان افزایش جذب پتاسیم، کلسیم و فسفر، تأثیر کمبود فسفر، کاهش جذب عنصرهای نیتروژن و فسفر (در صورت بیش بود)، کاهش سمیت فلزهای منگنز، کادمیم، آلومینیم و روی را با کاربرد سیلیسیم مؤثر دانستند (Mc Ginnity, 2015).

1. Omex SW7
2. Divine scarlet Red

Archive of SID

www.SID.ir

میزان کلسیم بافت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیلیسیم در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۱). با کاربرد سیلیسیم ۸۰ قسمت در میلیون بیشترین میزان کلسیم (۳/۷۵ درصد) و در تیمار شاهد کمترین میزان کلسیم (۲/۵۸ درصد) به دست آمد (شکل ۱). منیزیم بافت تحت تأثیر سیلیسیم در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان منیزیم (۱/۸۱ و ۱/۲۸ درصد) به ترتیب در تیمار سیلیسیم ۸۰ قسمت در میلیون و شاهد به دست آمد (شکل ۱). نتایج نشان می‌دهد، تغذیهٔ بهینهٔ سیلیسیم سبب افزایش رشد و توسعهٔ حجمی و وزنی ریشه‌ها می‌شود که در نهایت سطح کل جذب‌کنندهٔ عنصرها افزایش می‌یابد (Sun *et al*., 2005). محققان در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، حضور سیلیسیم در محلول غذایی بر جذب و انتقال عنصرهای پرمصرف و کم‌مصرف تأثیر بسزایی دارد (Epstein & Blooom, 2005). بهبود جذب نیتروژن (Mills & Jones, 1996) و کلسیم (Savvas *et al*., 2002) با کاربرد سیلیسیم گزارش شده است. بررسی نتایج دیگر بررسی‌ها نشان داد، کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب فسفر، کلسیم و منیزیم در گیاه چای ترش شد (Abdelkader *et al*., 2016). همچنین، محققان در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، جذب نیتروژن و کلسیم در گیاه لوبیای چشم‌بلبلی و گندم با کاربرد کودهای سیلیسی افزایش یافت (Mali & Aery, 2008 a,b). ارتباط بین کاربرد سیلیسیم و جذب عنصرهای فسفر، کلسیم، منگنز، آهن و دیگر عنصرها و تأثیر آن‌ها بر رشد گیاهان در چندین تحقیق گزارش شده است (Savvas et al., 2002; Ma & Takahashi, 1993).

با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۱) میزان سیلیسیم بافت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار سیلیسیم قرار گرفت (P<۰/۰۱). بنابر جدول مقایسهٔ میانگین صفات (جدول ۲)، بیشترین میزان سیلیسیم برگ در تیمار سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون (۱۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و کمترین میزان سیلیسیم برگ در تیمار شاهد (۲/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) به دست آمد. گل حنای گینه‌نو سیلیسیم را جذب کرده و در یاخته‌های خاصی در حاشیهٔ برگ رسوب می‌دهد (Locke *et al*., 2004). تجمع سیلیسیم با کاربرد محلول‌پاشی این عنصر در شمار زیادی از گیاهان زینتی گزارش شده است (Wroblewska & Debicz, 2011).

بنابر جدول تجزیهٔ واریانس (جدول ۱) در تیمار سیلیسیم در میزان آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج جدول ۲ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها مربوط به تیمار ۱۲۰ و ۴۰ قسمت در میلیون سیلیسیم با میانگین ۳۲/۱ و ۲۹/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات برخی از محققان (Yousefi, 2014; Reezi *et al*., 2009) همخوانی دارد. چنین به نظر می‌رسد که تأثیر pH عامل اصلی کاهش میزان آنتوسیانین‌ها در تیمارهای حاوی سیلیسیم باشد. آنتوسیانین‌ها ترکیب‌هایی هستند که در شرایط مختلف pH درون‌یاخته‌ای به رنگ‌های متفاوتی ظاهرشده و حتی با شدت‌های مختلفی ظاهر می‌شوند (Trouillas *et al*., 2016). رنگدانه‌های آنتوسیانین‌ها از نظر ساختاری و تنوع بسیار پیچیده‌اند. رنگ حقیقی این ماده بستگی به محل عامل هیدروکسیل در مولکول و pH محیط دارد (Khoshkui *et al*., 2002). در تحقیقی استفاده از سیلیسیم باعث افزایش رشد و جذب عنصرها و محتوای آنتوسیانین‌ها در گیاه چای ترش (*Hibiscus subdariffa*) شده است (Abdelkader *et al*., 2016).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو

Table 1. Variance analysis of evaluated traits affected by different concentrations of silicon on New Guinea Impatiens

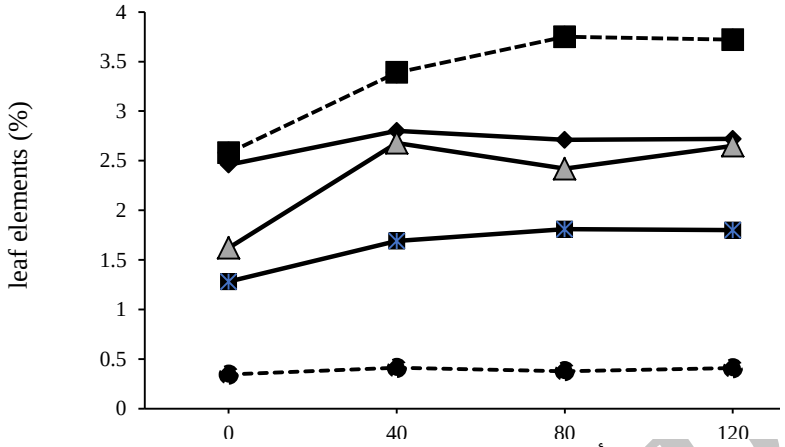
S.O.V.	df	MS									
		Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium	Leaf silicon	Anthocyanins	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll T
Silicon	3	0.064**	0.002ns	0.74**	0.88**	0.18**	91.62**	3.82ns	15.5**	6.78**	41.91**
Error	8	0.005	0.001	0.02	0.12	0.01	1.38	1.23	0.58	0.72	2.37
CV (%)		2.74	9.15	6.93	10.5	6.13	12.93	3.62	6.93	15.15	9.25

*، ** و ns: وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*, ** and ns: significantly differences at 5 and 1% of probability levelm and non-significantly difference, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. تأثیر تیمار سیلیسیم بر محتوای عنصرهای برگ گل حنای گینه‌نو

Figure 1. Effect of silicon treatment on New Guinea Impatiens leaf elements

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد، تأثیر مقادیر سیلیسیم در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان سبزینه‌های a، b و کل معنی‌دار است (جدول ۱). کمترین میزان سبزینه‌های a (۸/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون و بیشترین میزان سبزینه‌های a (۱۳/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون بود. همچنین بیشترین و کمترین میزان سبزینه‌های b به ترتیب (۷/۰۲ و ۳/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون و تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون مشاهده شد. با کاربرد سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون بیشترین میزان سبزینه‌ها (۲۰/۷۶ میلی‌گرم برگرم وزن تر) و در تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون کمترین میزان سبزینه‌ها (۱۲/۱۲ میلی‌گرم برگرم وزن تر) به دست آمد (جدول ۲). سیلیسیم سبب افزایش غلظت سبزینه‌ها در واحد سطح برگ می‌شود و با افزایش غلظت سبزینه‌های برگ توانایی گیاه برای استفادهٔ مؤثرتر از نور زیاد شده و می‌تواند شدت‌های کم‌وزیاد نور را بهتر تحمل کند. افزون بر این کاربرد سیلیسیم برای ساخت (سنتز) بیشتر آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز برگ لازم است (Khoshgoftar Manesh, 2010). این آنزیم سوخت‌وساز دی‌اکسید کربن را تنظیم کرده و درنتیجه کارایی تثبیت دی‌اکسید کربن توسط گیاهان را افزایش می‌دهد و در نهایت منجر به بهبود نورساخت (فتوسنتز) در گیاه می‌شود (Gong & Chen, 2012). سیلیسیم با افزایش کارایی نظام نوری یا فتوسیستم II (Al-aghabary, 2004) باعث افزایش میزان نورساخت می‌شود. محققان در نتایج بررسی‌های خود، وجود برگ‌های سبز و ضخیم‌تر در گیاهان زینتی تیمارشده با سیلیسیم را گزارش کردند (Chen *et al*., 2001).

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو

Table 2. Mean comparisons of effect of different concentrations of silicon on evaluated traits in New Guinea Impatiens

Treatment Silicon (mg.L-1)	Leaf silicon (mg/kgfw)	Anthocyanins (mg/gfw)	Chlorophyll a (mg/gfw)	Chlorophyll b (mg/gfw)	Chlorophyll T (mg/gfw)
0	2.39 [d]	30.6 [ab]	10.3 [b]	5.03 [b]	15.3 [b]
40	7.82 [c]	29.3 [b]	8.33 [c]	3.79 [b]	12.1 [c]
80	[b] 10.4	30.6 [ab]	11.6 [b]	6.68 [a]	18.3 [a]
120	15.6 [a]	32.1 [a]	13.7 [a]	7.02 [a]	20.7 [a]

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

Archive of SID

www.SID.ir

به دلیل رسوب سیلیسیم در پهنک‌برگ، غلظت سبزینه‌ها در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (Liang *et al*., 2003). نتایج محققان نشان داد، تجمع سیلیسیم در دیوارهٔ یاخته‌ای سبب ایجاد حالت ایستادگی در گیاهان و در نتیجه افزایش جذب نور و کارایی نورساخت می‌شود این موضوع سبب افزایش تولید سبزینه‌ها می‌شود (Morgan, 1999). افزایش محتوای سبزینه‌ها در تحقیقات برخی دیگر از محققان گزارش شده است (Asmar *et al*., 2011; Sonali & Byoung, 2014; Reezi *et al*., 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر تأثیر مثبت محلول‌پاشی سیلیسیم بر صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه‌نو در این پژوهش بود به‌گونه‌ای که بیشترین نیتروژن بافت ۲/۸۰ درصد، فسفر ۰/۴۱۱ درصد و پتاسیم ۲/۶۸ درصد مربوط به تیمار سیلیسیم ۴۰ قسمت در میلیون، بیشترین میزان کلسیم ۳/۷۵ درصد و منیزیم ۱/۸۱ درصد مربوط به تیمار سیلیسیم ۸۰ قسمت در میلیون و بیشترین میزان سیلیسیم برگ در تیمار سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون (۱۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. با کاربرد سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون بیشترین میزان سبزینه‌ها (۲۰/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به دست آمد. بیشترین میزان آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها مربوط به تیمار ۱۲۰ قسمت در میلیون سیلیسیم ۳۲/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. با توجه به نتایج در صفات رویشی، زایشی و فیزیولوژی این گل، کاربرد سیلیسیم ۱۲۰ قسمت در میلیون در پرورش این گیاه توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Abdelkader, M. A., Ibrahim, M. A. & Burras, L. C. (2016). Effect of silicon application on roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) grown in a vertisol in Egypt. Journal of Soil Science and Environmental Management, 7(4) 45-52.
2. Al-aghabary, K., Zhujun, Z. & Qinhua, S. (2004). 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.
3. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronormy Journal*, 23, 112-121.
4. Asmar, S. A., Pasqual, M., Rodrigues, F. A., Araujo, A. G. D., Pio, L. A. S., Silva S. D. O. (2011) Sources of silicon in the development of micropropagated seedlings of banana 'Maçã'. *Cienc Rural*, 41, 1127-1131.
5. Bugbee, B. (2004). Nutrient management in recirculating hydroponic culture. *Acta Horticulturae*, 648, 99-112.
6. Chen, J., Caldwell, R. D., Robinson, C. A. & Steinkamp, R. (2000). *Silicon: The Estranged Medium Element*. Bulletin 341, *Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida*, 1-5.
7. Chen, J., Caldwell, R. D., Robinson, C. A. & Steinkamp, R. (2001). Let's Put the Si back into Soil-part II. *Greenhouse Production News*. 11, 44-47.
8. Elliot, C. L. & Synder, G. H. (1991). Autoclave induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 111-119.
9. Emami, A. (1996). *Analysis methods plant.* Technical Bulletin Number 982. Soil and Water Research Institute. 128 PP.
10. Epstein, E. & Bloom, A. (2005). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
11. Gong, H. & Chen, K. (2012). The regulatory role of silicon on water relations, photosynthetic gas exchange, and carboxylation activities of wheat leaves in field drought conditions. Acta Physiology Plant, 34, 1589-1594.
12. Kamenidou, S., Cavins, T. J. & Marek, S. (2009). Evaluation of silicon as a nutritional supplement for greenhouse Zinnia production. *Scientia Horticulturae*, 119, 297-301.
13. Kamenidou, S., Cavins, T. J. & Marek, S. (2010). Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 390-394.
14. Katarzyna, W. & Regina, D. (2011). The effect of silicon foliar application on the development of season ornamental plants. Part II: *Argyranthemum frutescens* 'Blazer Rose', *Xerochrysum bracteatum* 'Gold', *Osteospermum ecklonis* 'Grande Pink Blush' and *Gaura lindheimeri* 'Corinas Choice'. *Acta Agrobotanica*, 64(4), 107-114.

Archive of SID

www.SID.ir

15. Khoshgoftar Manesh, A. H. (2010). *Advanced concepts in plant nutrition*. Isfahan University of Technology Publication Center, Isfahan.
16. Khoshkhui, M., Sheibani, B., Roohani, I. & Tafazalii, E. (2002). *Principles of Horticulture*. Shiraz University Press, Shiraz.
17. Liang, Y. C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. H. & Ding, R. X. (2003). Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 160, 1157-1164.
18. Lim, M. Y., Lee, E. J., Jana, S., Sivanesan, I. & Jeong, B. R. (2012). Effect of potassium silicate on growth ad leaf epidermal characteristics of begonia and pansy grown in vitro. *Korean Journal of Horticultural Science Technology*, 30, 579-585.
19. Locke, J. C., Pitchay, D. & Frantz, J. M. (2004). Effect of nitrogen, potassium, and silicon nutrition on disease susceptibility of various ornamental crop species. *The University of Toledo. Fact Sheet*.
20. Mali, M. & Aery, N. C. (2008a). Influence of silicon on growth, relative water contents and uptake of silicon, calcium and potassium in wheat grown in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1867-1876.
21. Mali, M. & Aery, N. C. (2008b). 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.
22. Matichenkov, V. V. & Calvert, D. V. (2002). Silicon as a beneficial element for sugarcane. *Journal American Society of Sugarcane Technologists*, 22, 21-30.
23. Mc Ginnity, P. (2015). Silicon and its Role in Crop Production. A LITERATURE REVIEW. 27.
24. Mills, H. A. & Jones, J. r J. B. (1996). *Plant Analysis Handbook II: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing: Athens, GA.
25. Morgan, L. (1999). Silica in hydroponics. *Practical Hydroponics and Greenhouses*, 51-66.
26. Morgan, R. (2007). Impatiens: *The Vibrant World of Busy Lizzies, Balsams, and Touch-me-nots*, 220 pp. timber Press, Portland, Oregon.
27. Pei, Z. F., Ming, D. F., Liu, D., Wan, G. L., Geng, X. X., Gong, H. J. & Zhou, W. J. (2009). Silicon improves the tolerance to water deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29(1), 106-115.
28. Reezi, S., Babalar, M. & Kalantari, S. (2009). Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose *(Rosa× hybrida* L.) 'Hot Lady'. *African Journal of Biotechnology*, 8, 1502-1508.
29. Reezi, S. (2010). *Effect of silicon and salicylic acid on quality of cut roses and powdery mildew disease in hydroponic system*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tehran University, Tehran.
30. Sadgrove, N. (2006). Nutrient and moisture economics in diatomaceous earth amended growth media. Southern Cross University.
31. Savvas, D., Manos, G., Kotsiras, A. & Souvaliotis, S. (2002). Effects of silicon and nutrient induced salinity on yield, flower quality, and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. *Journal Applied Botany and food quality*, 76, 153-158.
32. Sivanesan, I., Son, M. S., Lee, J. P. & Jeong, B. R. (2010). Effects of silicon on growth of *Tagetes patula* L. 'Boy Orange' and 'Yellow Boy' seedlings cultured in an environment controlled chamber. *Propagation of Ornamental Plants*, 10(3), 136-140.
33. Sivanesan, I., Son, M. S., Song, J. Y. & Jeong, B. R. (2013). Silicon supply through the subirrigation system affects growth of three Chrysanthemum cultivars. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 54(1), 14-19.
34. Sivanesan, I. & Park, S.W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Front Plant Science*, 5(571), 4.
35. Son, M. S., Oh, H. J., Song, J. Y., Lime, M. Y., Iyyakkannu, S. & Jeong, B. R. (2012). Effect of silicon source and application method on growth of Kalanchoe 'Peperu'. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 30, 250-255.
36. Sonali, J. & Byoung, R. J. (2014). Silicon: The most underappreciated element in horticultural crops. *Trends in Horticultural Research*, 4(1), 1-19.
37. Sun, C. W., Liang, Y. C. & Romheld, V. (2005). Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. *Journal of Plant Pathology*, 54, 678-685.
38. Tesfagiorgis, H. B. & Laing, M. D. (2013). The effects of silicon level in nutrient solution on the uptake and distribution of silicon in zucchini and zinnia, and its interaction with the uptake of selected elements. *African Journal of Biotechnology*, 12(14), 1617-1623.
39. Thepkam, S. & Ruamrungsri, S. (2013). Effects of calcium silicate on growth and development of Phalaenopsis hybrid. *International Graduate Research Conference*, 27-32.

Archive of SID

www.SID.ir

40. Trouillas, P., Sancho-García, J. C., De Freitas, V., Gierschner, J., Otyepka, M. & Dangles, O. (2016). Stabilizing and Modulating Color by Copigmentation: Insights from Theory and Experiment, *Chemical Reviews*, 116(9), 4937-4982.
41. Voogt, W. & Sonneveld, C. (2001). Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: Datnoff L. E., Snyder, G. H. & Korndorfer, G. H. (Ed): *Silicon in Agriculture*. Elsevier, *Amsterdam*, pp. 115- 131.
42. Wang, H., Li, C. H. & Liang, Y. (2001). *Agricultural utilization of silicon in China*. In Datnoff L. E., Snyder G. H. and Korndrfer, G. H., (Eds.), *Silicon in Agriculture*. Elsevier, *Amsterdam*, pp. 343-358.
43. Whitted-Haag, B., Kopsell, D. E., Kopsell, D. A. & Rhykerd, R. L. (2014). Foliar silicon and titanium applications influence growth and quality characteristics of annuals bedding plants. *The Open Horticulture Journal*, 7, 6-15.
44. Wróblewska, K. & Dębicz, R. (2011). The effect of silicon foliar application on the development of season ornamental plants.part ii: *Argyranthemum frutescens* 'Blazer Rose', *Xerochrysum bracteatum* 'Gold', *Osteospermum ecklonis* 'Grande Pink Blush' and *Gaura lindheimeri* 'Corinas Choice'. *Acta Agrobotanica*, 64(4), 107-114.
45. Yousefi, M., Enteshari, S. & Saadatmand, M. (2014). Effects of silica treatment on some morphological, anatomical and physiological characteristics of Iranian borage (*Echium amoenum* Fisch & C.A. Mey). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 5(18), 83-94. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir