Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 1, Spring 2019 (141-150)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.243479.1330

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص ۱۵۰-۱۴۱)

ماندگاری و واکنش فیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده لیلیوم اورینتال به عنصر شبه‌ضروری سیلیسیم در کشت بدون خاک

عثمان مام رش‌پور[۱] و محمدجواد نظری دلجو[۲*]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۱۹)

چکیده

این آزمایش با توجه به حذف خاک در کشت‌های بدون خاک و در نتیجه حذف منبع اصلی تأمین عنصر شبه‌ضروری سیلیسیم و همچنین عدم مطالعه تأثیر احتمالی این عنصر در پرورش لیلیوم شاخه‌بریده، طراحی و اجرا گردید. در همین راستا و پس از انتقال پیازهای لیلیوم (*Lilium oriental* 'Casa Blanca') به بستر فیبر نارگیل (الیاف فرآوری‌شده نارگیل)، گیاهان استقرار یافته با محلول غذایی حاوی غلظت‌های مختلف اسیدسیلیسیک (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم) محلول‌دهی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفیت پس از برداشت گل‌های تولیدی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش بیانگر افزایش معنی‌دار آب جذب‌شده توسط ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل، کلروفیل کل، قند محلول، محتوای نسبی آب و کاهش معنی‌دار نشت یونی برگ بود. بر همین اساس، بیشترین آب جذب‌شده توسط ساقه گل‌دهنده (۰/۶ میلی‌لیتر بر گرم وزن‌تر در روز)، عمر گلجایی (۱۱/۱۱ روز) و کلروفیل کل (۰/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم مشاهده گردید. همچنین جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم و سیلیسیم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیلیسیم قرار گرفتند. بیشترین غلظت کلسیم در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم مشاهده شد. براساس نتایج آزمایش، افزودن سیلیسیم به محلول غذایی منجر به بهبود روابط آبی گیاه، شاخص‌های کیفی پس از برداشت، جذب عناصر معدنی و در نتیجه افزایش ماندگاری گل شاخه‌بریده لیلیوم رقم کاسابلانکا گردید.

واژه‌های کلیدی: **سیستم گلخانه، عمر گلجای، عناصر غذایی، گل شاخه‌بریده، محلول غذایی.**

Vase life and physiological reaction of oriental lilium 'Casa Blanca' to silicon as a quasi-essential element under soilless cultivation system

Osman Mamrashpour[1] and Mohammad Javad Nazarideljou[2*]
1, 2. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
(Received: Nov. 17, 2017 - Accepted: Apr. 8, 2018)

ABSTRACT

This experiment was conducted because of soil elimination as an important source of silicon (Si) (as a quasi-essential element) in soilless cultivation systems and also low information about Si effects on lilium cut flower. Accordingly, after transferring the *Lilium longiflorum* 'Casa Blanca' bulbs to pots containing coco-fiber media, plants were fed with a nutrient solution containing different silicic acid concentrations (0, 50, 100 and 150 mg/L Si). Physiological characteristics and postharvest quality of harvested flowers were evaluated based on a completely randomized design with 3 replications. Based on the results, compared with control, Si application significantly increased water uptake, flower longevity, total chlorophyll, solution uptake, relative water content and mineral uptake (K, Ca and Si) and reduced the ion leakage. Accordingly, the maximum water uptake (0.6 ml/g FW/day), vase life (11.11 days), total chlorophyll content (0.97 mg/g FW), leaf calcium (2.9 %) and silicon content (3.1 %) were observed in 150 ppm Si concentration. Based on results of the present study, addition of silicon to the lilium nutrient solution led to the improvement of plant water relations, postharvest quality indices, mineral absorption and, consequently, increasing the flower longevity of lilium 'Casa Blanca' cultivar.

Keywords: Cultivation method, cut flower, mineral element, nutrient solution, vase life.

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

مقدمه

با توجه به جایگاه لیلیوم (*Lilium oriental* L.) در بین گل‌های شاخه بریده در دنیا (رتبه چهارم فروش) و نیز روند افزایشی تقاضای این گل در بازارهای جهانی (Flora Holland, 2016)، توجه به بهبود کیفیت و رفع مشکلات پس از برداشت این گل امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (De Hertogh *et al*., 2012; Grassotti & Gimelli, 2011). در همین راستا، مدیریت تغذیه، با توجه به تأثیر به‌سزای عناصر غذایی در افزایش کمیت و کیفیت گل‌های شاخه بریده، یکی از راهکارهای اساسی و ضروری، به‌ویژه در کشت‌های بدون خاک می‌باشد.

سیلیسیم اگرچه به‌جز تیره‌های گندمیان و جگنیان در اکثر گیاهان به‌عنوان عنصر ضروری شناخته نشده، لیکن تأثیر مفید و بسزایی بر افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها (Epstein *et al*., 1994)، تحمل تنش‌های غیر زنده (Liang, 1999)، بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان (Kamenidou *et al*., 2010) دارد. سیلیسیم پس از اکسیژن، دومین عنصر از نظر فراوانی در خاک و پوسته زمین می‌باشد (Jones, 2016). برخلاف فراوانی این عنصر در کشت‌های خاکی، محدودیت سیلیسیم در کشت‌های بدون خاک و همچنین عدم توجه و شناخت کافی تولیدکنندگان به این عنصر، از جمله مهمترین مشکلات تغذیه‌ای سیلیسیم به‌عنوان عنصری شبه‌ضروری و مفید می‌باشد. Kamenidou *et al*. (2010) در تغذیه سیلیسیمی ژربرا گزارش دادند که سیلیسیم بسته به غلظت و منبع تأمین، تأثیر بسزایی بر عملکرد و کیفیت گل شاخه‌بریده ژربرا دارد. لیکن در تحقیق دیگری کاربرد سیلیسیم تأثیری بر افزایش تعداد گل ژربرا نداشت (Moyer *et al*., 2008). همچنین در گل آهار غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در شرایط بدون خاک منجر به افزایش وزن تر ساقه گل‌دهنده و وزن خشک گل و در غلظت کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، منجر به افزایش ۲۸ درصدی ضخامت و طول ساقه گل گردید (Kamenidou *et al*., 2009). Agarie *et al*. (1998) گزارش کردند که افزایش فعالیت فتوسنتزی به دنبال تأمین سیلیسیم می‌تواند یکی از دلایل افزایش ماده خشک تولیدی باشد. به‌نظر می‌رسد افزایش ماده خشک، به‌خصوص در گیاهان انباشتگر سیلیسیم، عمدتاً به‌دلیل تأثیر این عنصر بر فتوسنتز، کاهش تعرق و استحکام بافت‌ها در چندین گونه گیاهی باشد (Prakash *et al*., 2010). همچنین کاربرد سیلیسیم در تغذیه بوته‌های خیار در سیستم بدون خاک، منجر به افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی در برگ‌ها، کاهش طول دمبرگ و افزایش وزن تر برگ گردید (Jungsup *et al*., 2000).

با توجه به روند افزایشی سطح زیر کشت بدون خاک گل شاخه‌بریده لیلیوم و در نتیجه حذف منبع اصلی تأمین سیلیسیم برای گیاه و تحقیقات اندک در خصوص تأثیر این عنصر بر گل شاخه‌بریده لیلیوم، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سیلیسیم محلول غذایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفیت گل شاخه‌بریده لیلیوم در کشت بدون خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط کشت

به‌منظور بررسی تأثیر سیلیسیم بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده لیلیوم، آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای و بدون خاک طراحی و اجرا گردید. پیازهای چهار ساله لیلیوم اورینتال رقم کاسابلانکا (*Lilium oriental* 'Casa Blanca') (برداشت اول) از شرکت ارم گل شیراز تهیه و به گلدان‌های ۴ لیتری حاوی بستر فیبر نارگیل منتقل شدند. غلظت‌های مختلف سیلیسیم (اسید سیلیسیک، مرک، آلمان) شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌دهی روزانه لیلیوم بر اساس محلول تجاری شرکت ارم گل شیراز (جدول ۱) تا پایان آزمایش اعمال گردید. هر تیمار دارای سه تکرار و در هر تکرار سه گلدان به‌عنوان یک واحد آزمایشی (۹ گلدان بدر هر تیمار) در نظر گرفته شد. کشت پیازها در اوایل خرداد و با شروع رشد رویشی تا زمان برداشت گل (بازشدن اولین غنچه در گل‌آذین) محلول‌دهی روزانه انجام شد. همچنین شرایط محیطی گلخانه با پوشش پلی‌اتیلن شامل نور طبیعی، دمای

شب و روز به‌ترتیب ۱۹ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی (۶۵٪) طی دوره آزمایش (بهار و تابستان) به‌دقت کنترل گردید.

سنجش فاکتورهای فیزیولوژیکی

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ از روش Lichtenthaler & Wellburn (1983) استفاده شد. همچنین میزان نشت یونی یا پایداری غشای سلولی برگ لیلیوم از روش Lutts *et al.* (1996) و براساس پایداری غشای سلولی در دمای معمول (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و دمای زیاد (۹۵ درجه سانتی‌گراد) و سنجش هدایت الکتریکی یا نشت الکترولیت اندازه‌گیری گردید.

محتوای نسبی آب برگ نیز براساس روش Ritchie *et al.* (1990) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$RWC\% = (FW-DW)/(TW-DW) \times 100 \quad (۱)$$

که در این رابطه (Relative water content: RWC): محتوای نسبی آب، (Fresh weight: FW): وزن تر نمونه برگی، (Turgidity weight: TW): وزن تورژسانس و (Dry weight: DW): وزن خشک می‌باشد.

غلظت عناصر معدنی

برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم و سیلیسیم نمونه برگ‌های خشک‌شده با استفاده از یک آسیاب ویبراتوری پودر و از غربال ۱ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس از هر نمونه ۲ گرم توزین و با ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۱ نرمال در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری و آماده‌سازی شدند. میزان جذب پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر و بر اساس روش Chapman & Pratt (1962) و جذب کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorbtion, 303, USA) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین میزان غلظت سیلیسیم برگ از روش Elliott & Snyder (1991) استفاده شد. بر همین اساس نمونه‌های برگی به‌ترتیب با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و آب دو بار تقطیر شستشو و سپس در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ روز خشک گردیدند. به‌میزان ۰/۱ گرم از بافت خشک و آسیاب‌شده همراه با ۵ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار به داخل فالکون منتقل و سپس فالکون‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در اتوکلاو قرار داده شدند؛ بعد از سرد شدن نمونه‌ها در دمای اتاق ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به هر نمونه اضافه و دوباره به‌مدت ۳۰ دقیقه اتوکلاو شدند. سپس نمونه‌ها پس از افزودن اسید هیدروکلریک و مولیبدات آمونیوم به‌مدت ۳ دقیقه روی شیکر قرار گرفته و نهایتا جذب نمونه‌ها پس از افزودن بیوسولفات سدیم، در طول موج ۶۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer, UV/VIS Lambda 25) قرائت و درصد سیلیسیم برگ براساس منحنی استاندارد محاسبه گردید.

جدول ۱. غلظت و منابع کودی مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Fertilizer sources and concentrations used in the experiment

Element		Fertilizer source	Fertilizer content (g/L)	
			Vegetative phase	Reproductive phase
Macronutrients	Nitrogen	Ammonium nitrate	0.05	0.05
	phosphorus	Mono potassium phosphate	0.2	0.2
	Potassium	Potassium nitrate	0.23	0.2
	Calcium	Calcium nitrate	0.57	0.53
	Magnesium	Magnesium sulphate	0.2	0.18
Micronutrients	Iron	Iron chelate	0.04	0.04
	Manganese	Manganese chelate	0.015	0.003
	Copper	Copper sulphate	0.0006	0.0006
	Zinc	Zinc chelate	0.003	0.003
	Boron	Borax	0.003	0.001
	Molybdenum	Sodium molybdate	0.00015	0.00015

شاخص‌های پس از برداشت

جهت برآورد ماندگاری گل، علایمی همچون پژمردگی گلبرگ‌ها، زردشدن برگ‌ها، تغییر رنگ و ریزش گلبرگ‌ها (۸۰-۵۰ درصد) که منجر به کاهش جذابیت و بازارپسندی گل‌ها می‌گردد به‌عنوان شاخص‌های ماندگاری در نظر گرفته شد (Burchi *et al*., 2005). در همین راستا گل‌های برداشت‌شده (۶ گل در هر تیمار) بلافاصله پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل و ماندگاری گل بر اساس شاخص‌های مذکور بررسی گردید. همچنین مقدار آب جذب‌شده توسط ساقه گل‌دهنده طی دوره ماندگاری (۷ روز اول پس از برداشت) به‌روش He *et al*. (2006) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید.

$$\text{Solution uptake (g stem}^{-1}\text{ day)} = (S_{t-1} - S_t) \quad (۲)$$

که در آن:

St= وزن آب (g) در روزهای ۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲؛

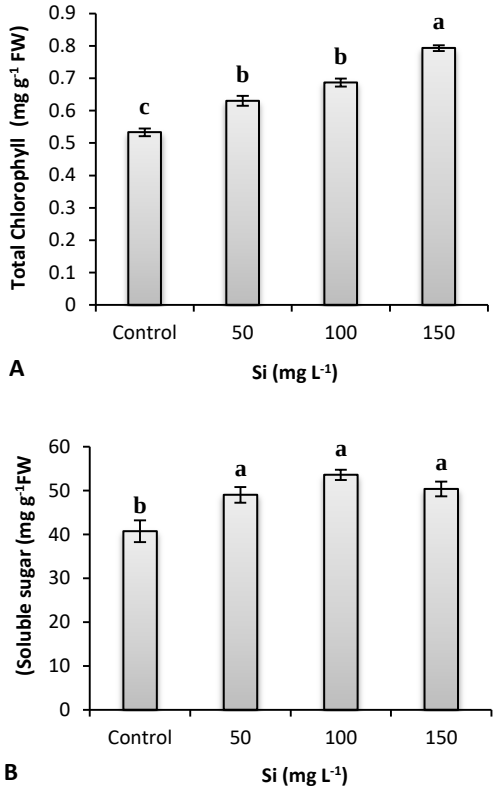
S_{t-1}= وزن آب (g) در روز قبل.

طرح آزمایشی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بود. همچنین تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از طریق نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسات میانگین داده‌ها بر اساس آزمون توکی در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، سیلیسیم تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل کل برگ لیلیوم داشت (P<۰/۰۱). بر همین اساس بیشترین مقادیر کلروفیل کل در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم حاصل گردید (شکل A-۱). همچنین مقدار قند محلول در گل لیلیوم تحت تأثیر تیمار سیلیسیم قرار گرفت؛ به‌طوری که هر سه سطح سیلسیم با شاهد دارای تفاوت معنی‌داری بودند (شکل B-۱).



شکل۱. تأثیر سیلیسیم بر کلروفیل کل (A) و مقدار قند محلول برگ (B) گل شاخه‌بریده لیلیوم رقم کاسابلانکا (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

Figure 1. Effects of silicon on total chlorophyll content and soluble sugar of lilium cut flower 'Casa Blanca' Different letters and error bars indicate significant differences determined using a Tukey's test (P< 0.05) and (Mean ± SEM, n=3), respectively.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سیلیسیم بر برخی صفات فیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده لیلیوم اورینتال رقم کاسابلانکا

Table 2. Analysis of variance of silicon effects on some physiological parameters of lilium cut flowers 'Casa Blanca'

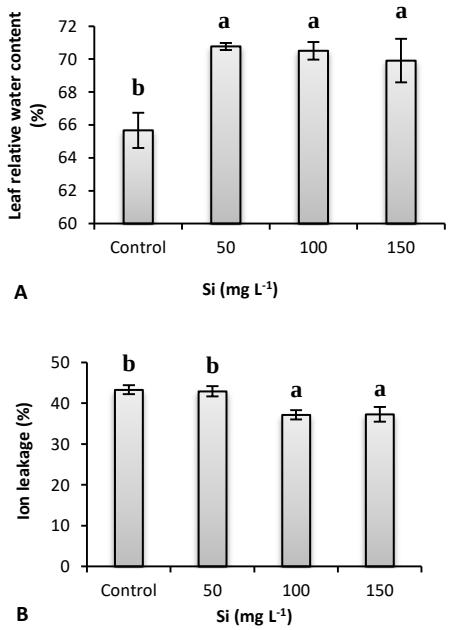
Variation source	df	Soluble sugar	Total chlorophyll	RWC	Ion leakage	Leaf relative water content	Si	K	Ca	Vase life
Silicon	3	90.08*	0.354**	17.11*	34.68*	0.014	0.442*	0.182*	1.39*	10.11*
Experimental error	8	10.13	0.00045	2.41	5.5	0.00095	1.62	0.020	4.9	1.16
C. V. (%)		6.57	3.21	2.24	5.8	6.06	7.43	4.8	14.6	12.22

*, **: Significant at 5 and 1% of probability level, respectively. * و **: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

افزایش مقدار کلروفیل برگ تحت تأثیر سیلیسیم توسط محققین متعددی گزارش شده است (Debicz & Wróblewska, 2011; Lee *et al*., 2000; Wang & Galletta, 1998) بیان کردند که محلول‌پاشی سیلیسیم باعث افزایش کلروفیل کل در توت‌فرنگی شده است. همچنین در گزارشی به نقش مثبت سیلیسیم در ممانعت از تخریب کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز اشاره شده است (Cachorro *et al*., 1994). با توجه به اهمیت وجود سیلیسیم در عملکرد آنزیم روبیسکو در برگ گیاه، این آنزیم کارایی تثبیت دی‌اکسیدکربن توسط گیاهان را افزایش داده و در نهایت منجر به بهبود کلروفیل و فتوسنتز در گیاهان می‌شود (Mohaghegh *et al*., 2010). نتایج این تحقیق با نتایج Lu & Cao (2001)، Al-Aghabary *et al.* (2005) و Ahmed *et al.* (2014) تطابق دارد؛ درحالی‌که Reezi *et al.* (2009) تفاوت معنی‌داری در کلروفیل کل گل رز تحت تأثیر سیلیسیم مشاهده نکردند.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، کاربرد سیلیسیم تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ لیلیوم نسبت به شاهد داشت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۰/۷۶ درصد) مربوط به غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم بود که تفاوت معنی‌داری با دیگر غلظت‌های سیلیسیم نداشت ولی نسبت به تیمار شاهد حاوی ۷/۲ درصد آب بیشتری بود (شکل A-۲). همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشت یونی برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیسیم قرار گرفت و با افزایش غلظت روندی کاهشی در نشت یونی مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که بوته‌های لیلیوم تغذیه‌شده با غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم کمترین درصد نشت یونی برگ را نشان دادند (شکل B-۲).

نتایج تحقیقات متعددی مبنی بر کاهش تخریب غشای سلولی و نشت یونی برگ تحت تأثیر سیلیسیم (Kaya *et al*., 2006; Reezi *et al*., 2009)، با نتایج این بررسی همخوانی دارد. هدایت الکتریکی بالای بستر باعث پراکسیداسیون لیپید و افزایش تخریب غشا در سلول گیاهی و در نتیجه تخریب سلول و متعاقباً افزایش نشت یونی می‌گردد (Kaya *et al*., 2002). احتمالاً افزودن سیلیسیم به محلول غذایی منجر به تعدیل تنش مذکور و در نتیجه بهبود تراوایی غشای سلولی به‌دلیل رسوب سیلیسیم در دیواره سلولی و در نتیجه کاهش تخریب دیواره سلولی و نشت یونی می‌گردد (Kaya *et al*., 2006; Zhu *et al*., 2004).



شکل ۲. تأثیر سیلیسیم بر محتوای نسبی آب برگ (A) و نشت یونی (B) گل شاخه‌بریده لیلیوم رقم کاسابلانکا (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

Figure 2. Effects of silicon on relative water content (A) and ion leakage (B) of lilium cut flower 'Casa Blanca' Different letters and error bars indicate significant differences determined using a Tukey's test (P < 0.05) and (Mean ± SEM, n=3), respectively.

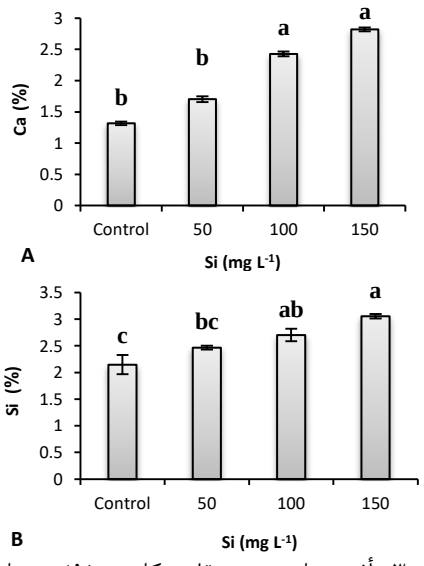
با توجه به نتایج این آزمایش، سیلیسیم باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد؛ سیلیسیم با رسوب در دیواره خارجی سلول‌های اپیدرم برگ، میزان اتلاف آب از طریق روزنه‌ها، تبخیر و تعرق را کاهش داده (Gong *et al*., 2005) و موجب حفظ آب سلول و افزایش محتوای نسبی آب می‌شود. همچنین سیلیسیم با رسوب در دیواره سلولی و در ترکیب با درشت ملکول‌های آلی (شامل سلولز، پکتین، گلیکوپروتئین‌ها و لیگنین) ترکیب‌های کلوئیدی بی‌شکل با سطح جذب بالا را تشکیل داده و در نتیجه

سیلیسیم در انتقال و جذب آب تأثیرگذار می‌باشد (Wang & Naser, 1994). به‌علاوه سیلیسیم با افزایش جذب عناصر غذایی همچون پتاسیم (شکل ۵) و انتقال آنها به گیاه، باعث تجمع یون‌ها در واکوئل‌های سلول‌های برگ شده و با کاهش پتانسیل اسمزی سبب حفظ نسبت آب در گیاه می‌شود (Galston *et al.*, 1980).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، عنصر شبه‌ضروری سیلیسیم تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم برگ لیلیوم نشان داد؛ به‌طوری که با افزایش غلظت سیلیسیم محلول غذایی، درصد کلسیم گیاه روندی افزایشی نشان داد. برهمین اساس غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم با بیشترین درصد کلسیم، ۵۳/۳۱ درصد کلسیم بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت (شکل A-۳). درصد سیلیسیم برگ نیز تحت تأثیر سیلیسیم محلول غذایی روندی افزایشی نشان داد؛ به طوری‌که تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم افزایش ۲۹/۷۷ درصدی در مقایسه با شاهد داشت (شکل B-۳).

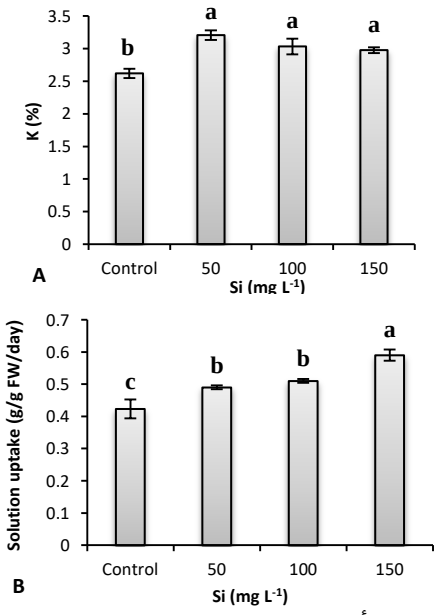
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، بیانگر تأثیر معنی‌دار سیلیسیم بر درصد پتاسیم برگ بود؛ به‌طوری که بیشترین غلظت پتاسیم مربوط به سطح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۸/۲۹درصدی داشت (شکل A-۴). با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، کاربرد سیلیسیم تأثیر معنی‌داری بر افزایش مقدار آب جذب‌شده توسط ساقه گل‌دهنده داشت؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت سیلیسیم در گیاه مقدار آب جذب‌شده توسط دارای روند صعودی و معنی‌داری بود، برهمین اساس بیشترین مقدار جذب آب در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم مشاهده گردید (شکل B-۴).

طبق نتایج گزارش‌های متعدد، سیلیسیم در جذب و انتقال سایر عناصر نقش بسزایی دارد؛ چنانچه Gao *et al.* (2006) و Takahashi *et al.* (1990) گزارش دادند سیلیسیم تأثیر مثبتی بر رشد گیاه از طریق تأثیر در افزایش جذب عناصر غذایی دارد. علاوه بر این Peyvast *et al.* (2008) بیان کردند که کاربرد سیلیسیم در شرایط بدون خاک مقدار پتاسیم و کلسیم را افزایش و سبب کاهش سدیم می‌شود.



شکل ۳. تأثیر سیلیسیم بر مقادیر کلسیم (A) و سیلیسیم (B) گل لیلیوم رقم کاسابلانکا
(حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

Figure 3. Effects of silicon on calcium (A) and silicon content (B) of lilium cut flower 'Casa Blanca'
Different letters and error bars indicate significant differences determined using a Tukey's test (P< 0.05) and (Mean ± SEM, n=3), respectively.

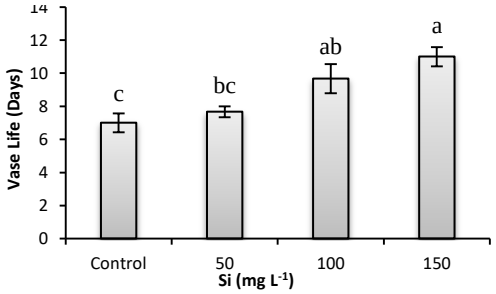


شکل ۴. تأثیر سیلیسیم بر درصد پتاسیم برگ (A) و مقدار آب جذب‌شده توسط ساقه گل‌دهنده (B) گل لیلیوم رقم کاسابلانکا
(حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

Figure 4. Effects of silicon on potassium (A) and solution uptake (B) and content of lilium cut flower 'Casa Blanca'
Different letters and error bars indicate significant differences determined using a Tukey's test (P< 0.05) and (Mean ± SEM, n=3), respectively.

رابطه بین سیلیسیم و افزایش جذب عناصری مانند کلسیم، آهن، منگنز و فسفر و تأثیر مثبت آنها بر رشد گیاهان به وضوح بیان شده است (Savvas *et al.*, 2002). نتایج این آزمایش با نتایج Peyvast *et al.* (2008) مبنی بر افزایش محتوای پتاسیم در کاهو تحت تأثیر سیلیسیم مطابقت دارد. همچنین Fatemi *et al.* (2009) نیز افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی توت‌فرنگی در نتیجه اعمال سیلیسیم مشاهده کردند؛ به گونه‌ای که با افزایش غلظت سیلیسیم، میزان پتاسیم اندام هوایی نیز افزایش پیدا کرد، که با نتایج این آزمایش نیز مطابقت دارد. Dehghanpodeh *et al.* (2012) نیز گزارش کرد که کاربرد سیلیسیم سبب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم در اندام هوایی توت‌فرنگی نسبت به شاهد شد. افـزایش غلظـت پتاسیم با کاربرد سیلیسیم می‌تواند باعث افزایش فعالیت ATPaseها توسط سیلیسیم و در نتیجه بهبود عملکرد غشا ارتباط داشته باشد، که با افزایش فعالیت ATPase در غشای جذب و انتقال پتاسیم از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی گیاه افزایش می‌یابد (Liang, 1999). Mali & Aery (2008) افزایش ۸۷ درصدی جذب کلسیم در ساقه گندم را با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیم اعلام کردند، همچنین بیان داشتند که سیلسیم ۲۵ و ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز افزایش چشمگیری در جذب کلسیم دارد، ولی سطوح بالاتر سیلیسیم شیب کاهشی در جذب کلسیم را نشان داد. Chang *et al.* (2008) در پژوهشی افزایش کلسیم برگ لیلیوم را در نتیجه کاربرد کلسیم در محلول غذایی مشاهده کردند. افزایش غلظت کلسیم در اثر کاربرد سیلیسیم در ژربرا (Kamenidou *et al.*, 2010) و توت‌فرنگی (Miyake & Takahashi, 1986) گزارش شده است. همچنین گزارش شده تغذیه بهینه سیلیسیم در خیار سبب افزایش رشد و توسعه حجمی و وزنی ریشه‌ها و در نتیجه بهبود سطح جذب‌کننده عناصر غذایی می‌گردد (Mohaghegh *et al.*, 2010) . Dehghanpodeh *et al.* (2012) بیان کرد که سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار کلسیم در اندام هوایی توت‌فرنگی نسبت به شاهد شد. مکانیسم فیزیولوژیک اثر سیلیسیم بر جذب و انتقال کلسیم به‌وسیله گیاه واضح نبوده و ارتباط بین کلسیم و سیلیسیم نیازمند مطالعه و بررسی بیشتری می‌باشد. تفاوت در دیواره سلولزی در نتیجه ته‌نشست سیلیسیم (Epstein *et al.*, 1994) ممکن است به‌علت عدم پراکنش محلول‌های آنیونی که کلسیم را جذب می‌کنند افزایش یابد. در نتیجه، به‌نظر می‌رسد که باید میزان کلسیم در بافت گیاهی افزایش یابد (Peyvast *et al.*, 2008). همچنین Fatemi *et al.* (2009) افزایش غلظت سیلیسیم اندام هوایی توت‌فرنگی تحت تأثیر سیلیسیم مشاهده کردند، به گونه‌ای که با افزایش غلظت سیلیسیم، میزان سیلیسیم اندام هوایی نیز افزایش پیدا کرد. Mohaghegh *et al.* (2010) و Takahashi & Miyake (1990) نیز افزایش معنی‌دار غلظت سیلیسیم در اندام هوایی خیار را در نتیجه تأمین این عنصر در مرحله رشد گیاه مشاهده کردند. Behtash *et al.* (2010) گزارش کردند که اعمال سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در برگ گیاه چغندر لبویی گردید. با توجه به گزارش‌های متعدد نتایج این آزمایش با نتایج گزارش‌ها و مطالعات ذکر شده مطابقت و همخوانی دارد.

عمر گلجای به‌عنوان مهمترین شاخص کیفیت گل شاخه‌بریده لیلیوم، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیسیم محلول غذایی قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که با کاربرد و افزایش غلظت سیلیسیم محلول غذایی عمر گلجایی روندی صعودی داشت. بر همین اساس گلِ بوته‌های تیمارشده با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم، بیشترین عمر گلجایی لیلیوم را به خود اختصاص دادند که نسبت به تیمار شاهد حدود ۴ روز عمر گلجایی بیشتری داشتند (شکل ۵).



شکل ۵. تأثیر سیلیسیم بر عمر گلجای گل شاخه‌بریده لیلیوم رقم کاسابلانکا
(حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

Figure 5. Effects of silicon on vase life of lilium cut flower 'Casa Blanca'
(Different letters and error bars indicate significant differences determined using a Tukey's test (P< 0.05) and (Mean ± SEM, n=3), respectively.)

با توجه به این‌که جذب آب تأثیر مستقیمی بر عمر پس از برداشت و شادابی بیشتر گل‌های شاخه‌بریده دارد، در این تحقیق نیز کاربرد سیلیسیم با کاهش نشت یونی (شکل B-۲) و افزایش جذب آب (شکل B-۴) و محتوای نسبی آب (شکل A-۲) باعث حفظ شادابی گل و افزایش عمر شاخه‌بریده لیلیوم شد. نقش سیلیسیم در جذب عناصر غذایی همچون کلسیم (شکل A-۳) نیز می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عمر گلجایی باشد. کلسیم به‌عنوان یک ماده ضروری برای دیواره سلولی، با افزایش ترکیبات پلی‌ساکاریدی و پکتینی در بافت‌ها باعث افزایش سفتی دیواره سلولی شده و از تجزیه دیواره سلولی در اثر آنزیم پکتین‌متیل‌استراز جلوگیری می‌کند (Poovaiah *et al*., 1987). علاوه بر این، سیلیسیم منجر به افزایش استحکام ساقه از طریق افزایش احتمالی لیگنین شده و ساقه‌های با لیگنین بیشتر، می‌توانند جذب بیشتری آب داشته باشند که خود دلیل بر افزایش عمر بیشتر خواهد بود (Vanholme *et al*., 2010). در بررسی آناتومی و فیزیولوژی نهنج ساقهٔ گل‌دهندهٔ داوودی شاخه‌بریده فرم اسپری گزارش شده است که ارقام با دوام عمر بالا حاوی عناصر آوندی، مقدار لیگنین و مقدار آب نسبی بیشتری در مقایسه با ارقام با دوام عمر کمتر بودند (Guosheng *et al*., 2011).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تأمین سیلیسیم منجر به بهبود وضعیت آبی گیاه و همچنین افزایش درصد عناصر معدنی کلسیم، پتاسیم و سیلیسیم، و نهایتاً افزایش ماندگاری پس از برداشت گل لیلیوم به‌عنوان یکی از مهمترین چالش‌های تولیدکنندگان این گل گردید؛ بر همین اساس و با استناد به نتایج این پژوهش غلظت‌های ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم برای لیلیوم رقم کاسابلانکا قابل‌توصیه می‌باشد.

REFERENCES

1. Ahmed, M., Hassana, F. & Asif, M. (2014). Amelioration of drought in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) by silicon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 470-486.
2. Agarie, S., Hanaoka, N., Ueno, O., Miyazaki, A., Kubota, F., Agata, W. & Kaufman, P. B. (1998). Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. *Plant Production Science*, 1, 96-103.
3. Al-Aghabary, K., Zhu, Z. & 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.
4. Behtash, F., Tabatabaie, S. J., Malakoti, M. J., Sarvaradin, M. H. & Avestan, SH. (2010). Effect of cadmium and silicon on growth and some physiological aspects of red beet. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 20(1), 53-67. (in Farsi)
5. Burchi, G. B., Nesi, B. & Grassotti, A. (2005). Longevity and ethylene production during development stages of two cultivars of lilium flowers ageing on plant or in vase. *Acta Horticulture*, 682, 813-821.
6. Cachorro, P., Ortiz, A. & Cerdá, A. (1994). Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. *Plant Soil*, 159, 205-212.
7. Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. *Soil Science*, 93(1), 68.
8. De Hertogh, A., Schepeen, J. M., Kamenetsky, R., Le Nard, M. & Okubo, H. (2012). *The Globalization of Flower Bulb Industry. Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production*, 1.
9. Debicz, R. & Wróblewska, K. (2011). The effect of silicon foliar application on the development of Seasonal ornamental plants. *Acta Agrobotanica*, 64, 107-114.
10. Dehghanpodeh, S. (2012). *Effect Potassium silicate and nanosilicon on the growth of strawberry under drought stress*. M.Sc. Thesis. Isfahan university of technology, Iran. (in Farsi)
11. Chang, Y. C., Albano, J. P. & Miller, W. B. (2008). Oriental hybrid lily cultivars vary in susceptibility to upper leaf necrosis. *Acta Horticulture*, 766, 433-440.
12. Elliott, C. L. & Snyder, G.H. (1991). Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agriculture and Food Chemestry*, 39, 1118-1119.
13. Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *National Academy of Sciences*, 91, 11-17.

14. Flora Holland. (2016). *Anuual report*. from www.royalfloraholland.com.
15. Galston, A. W., Davies, P. J. & Satter, R. L. (1980). *The life of the green plant*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc; 69.
16. Fatemi, L., Tabatabai, S. & Fallahi, J. (2009). Effect of silicon on photosynthesis intensity and nutrient concentration of strawberry plants under saline conditions. *Journal of Sustainable Agriculture*, 19(1), 107-118.
17. Gao, X., Zou, C., Wang, L. & Zhang, F. (2006). *S*ilicon Decreases Transpiration Rate and Conductance from Stomata of Maize Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 29(9), 1637-1647.
18. Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169, 313-321.
19. Grassotti, A. & Gimelli, F. (2011). Bulb and cut flower production in the genus Lilium: current status and the future. *Acta Horticulturae*, 900, 21-35.
20. Guosheng, L., Dejuan, T., Fadi, C., Ya, S., Weimin F., Zhiyong, G., Zhaolei, L. & Sumei, C. (2011). The anatomy and physiology of spray cut chrysanthemum pedicels, and expression of a caffeic acid 3-O-methyltransferase homologue. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 244-250.
21. He, S., Jouce, D. C., Irving, D. E. & Faragher, J. D. (2006). Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo' inflorecences. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 78-84.
22. Jones Jr, J. B. (2016). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. (2nd ed.). CRC press.
23. JungSup, L., JongHan, P. & KyeongSuk, H. (2000). Effects of potassium silicate on growth, photosynthesis, and inorganic ion absorption in cucumber hydroponics. *Journal of korean society of Horticultural Science*, 41, 480-484.
24. Kamenidou, S., Cavins, T. & Marek, S. (2009). Evaluation of silicon as a nutritional supplement for greenhouse zinnia production. *Scientia Horticulturae*, 119, 297-301.
25. 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, 390-394.
26. 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.
27. Kaya, C., Tuna, L. & Higgs, D. (2006). Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1469-1480.
28. Lee, J. S., Park, J. H. & Han, K. S. (2000). Effects of potassium silicate on growth, photosynthesis, and inorganic ion absorption in cucumber hydroponics. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, 41, 480-484.
29. Liang, Y. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil*, 209, 217-224.
30. Lichtenthaler, H. & Wellburn, A. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591-592.
31. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78, 389-398.
32. Mali, M. & Aery, N. C. (2008). 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.
33. 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, 321-326.
34. Mohaghegh, P., Shirvani, M. & Ghasemi, S. (2010). Influence of Silicon application on growth and yield of two cucumber cultivars in hydroponic system. *Greenhouse Culturing Sciences and Techniques Journal*, 1(1), 35-39. (in Farsi)
35. Moyer, C., Peres, N. A., Datnoff, L. E., Simonne, E. H. & Deng, Z. (2008). Evaluation of silicon for managing powdery mildew on gerbera daisy. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2131-2144.
36. Peyvast, Gh., Zaree, M. R. & Samizadeh, H. (2008). Effect of silicon on nutrition element and nitrate amount in lettuce. *Journal of Horticultural Science*, 39(1), 1-8. (in Farsi)
37. Poovaiah, B. W., Reddy, A. S. N. & Leopold, A. C. (1987). Calcium messenger system in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 6, 47-103.
38. Prakash, N. B., Narayanswamy, C., Hanumantharaju, T. H., Shashidhar, H. E., Patil, S. U., Thippeshappa, G. N. & Datnoff, L. E. (2010). Effect of calcium silicate as a silicon source on growth and yield of rice in different acid Soils of Karnataka, South India. *International Rice Research Notes*, pp 117-119.
39. Reezi, S., Kalantari, M. B. S., Okhovvat, S. M. & Jeong, B. R. (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.

40. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Scott Holaday, A. (1990). Leaf Water Content and Gas-Exchange Parameters of Two Wheat Genotypes Differing in Drought Resistance. *Crop Science*, 30, 105–111.
41. 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. *Annals of Botany*, 76, 153-158.
42. Takahashi, E., Ma, J. F. & Miyake, Y. (1990). The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Jornal of Agriculture and Food Chemestry*, 2, 99-102.
43. Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J. & Boerjan, W. (2010). Lignin Biosynthesis and Structure. *Plant Physiology*, 153, 895-905.
44. Wang, S. Y. & Galletta, G. J. (1998). Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21, 157-167.
45. Wang, J. & Naser, N. (1994). Improved performance of carbon paste ampermeric biosensors through the incorporation of fumed silica. *Electroanalysis*, 6, 571- 575.
46. Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q. & Yu, J. (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167, 527-533.