تأثیر محلول‌پاشی با منابع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه رُز رقم بِورلی واتسون

المیرا جلیل زاده[۱]، زهره جبارزاده[۱*] و پرویز نوروزی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۷)

چکیده

با توجه به تأثیر مفید سیلیسیم در گیاهان زینتی، هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر منبع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های گیاه رُز (*Rosa hybrida*) رقم بورلی واتسون است. این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در یکی از گلخانه‌های سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرستان ارومیه و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه اجرا گردید. برای این منظور، آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور منبع سیلیسیم (سیلیکات کلسیم، سیلیکات پتاسیم و سیلیکات سدیم) و غلظت سیلیسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در ۳ تکرار طراحی شد. تیمارها به‌صورت محلول‌پاشی هفتگی طی ۱۰ هفته اعمال شد. نتایج نشان داد که تیمار سیلیسیم، تعداد و ضخامت برگ، وزن تر و خشک برگ، میزان کلروفیل، قند محلول و پروتئین را افزایش داد. بنابراین، با توجه به اثر مثبت سیلیسیم در افزایش تعداد برگ و میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد. محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم باعث بیشترین میزان کلروفیل a شد و بیشترین میزان کلروفیل b و کارتنوئید در کاربرد سیلیکات کلسیم به‌دست آمد. بیشترین میزان وزن تر و خشک برگ، کلروفیل a، b و کل و کارتنوئید در کاربرد سیلیکات با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. با توجه به تأثیر مثبت سیلیسیم در ویژگی‌های رشدی و رنگدانه‌های فتوسنتزی، می‌توان از این مواد برای بهبود کیفیت رُزها استفاده نمود.

کلمات کلیدی: محلول‌پاشی برگی، رُز، سیلیکات پتاسیم، سیلیکات سدیم، سیلیکات کلسیم

مقدمه

رُز متعلق به خانواده رُزاسه (Rosaceae)، یکی از معروف‌ترین گل‌های جهان است و به‌صورت گل بریدنی، گلدانی و باغچه‌ای کاربرد دارد (۶ و ۲۳). سیلیسیم، به‌عنوان دومین عنصر فراوان در پوسته زمین، جزو عناصر مفید برای گیاهان است و مکانیسم جذب آن توسط گیاهان متفاوت می‌باشد. سیلیسیم در گیاه از طریق آوند چوبی و با جریان تعرق، از ریشه به شاخساره منتقل می‌شود (۵).

در مطالعه‌ای، محلول‌پاشی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*) با غلظت‌های مختلف سیلیکات سدیم باعث شد گیاهان تیمار شده با سیلیسیم، کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشته باشند (۱). کاربرد سیلیسیم در رُز

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

(*Rosa hybrida* L. 'Hot lady') تحت تنش شوری باعث افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل شد (۴۰). سیلیکات پتاسیم باعث افزایش ضخامت برگ لوبلیا (*Lobelia erinus* L.)، اطلسی (*Petuni hybrida* 'Celebrity White') و شاه‌پسند (*Verbena* 'Patio Blue') شد (۳۷). همچنین، در همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نیز افزایش سطح برگ مشاهده شد (۱۵). در محلول‌پاشی سیلیسیم روی شمعدانی (*Pelargonium hortorum* 'Elite Cherry') و اطلسی هیچ تفاوتی در تعداد برگ دیده نشد، در حالی که در گل حنا (*Impatiens walleriana* 'Accent White') غلظت‌های زیاد سیلیسیم و در بنفشه (*Viola wittrockiana* 'Delta Premium Marina') غلظت‌های کم باعث افزایش تعداد برگ شد و در گل میمون (*Antirrhinum majus* 'Montego Purple') با افزایش غلظت، تعداد برگ به صورت خطی افزایش یافت (۴۹). کاربرد سیلیسیم در مریم گلی (*Salvia splendens*) تحت شرایط دمای زیاد باعث افزایش ۸۳/۳ درصدی کلروفیل a و b نسبت به شاهد و ۸۲/۳ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد شد و سطح برگ کل گیاه را افزایش داد (۴۵). استفاده از سیلیسیم در گل جعفری (*Tagetes patula* L.) باعث افزایش محتوای کلروفیل در هر دو رقم شد (۴۷). در پژوهشی، شاه‌پسند تیمار شده با سیلیسیم، به علت افزایش کلروفیل، دارای برگ‌های تیره‌تری بود (۲۱). در گل بریده رُز، کاربرد سیلیسیم، با به تأخیر انداختن تجزیه کلروفیل، باعث افزایش عمر گل‌جای این گیاه شد (۳۱).

در مطالعات انجام شده، کمتر به نقش فیزیولوژیک سیلیسیم توجه شده است. سیلیسیم با رسوب در دیواره اجزای کوتیکول و تأثیر در باز شدن روزنه‌ها باعث کاهش تعرق می‌شود. سیلیسیم در دیواره سلولی آوندهای چوبی با ماکرومولکول‌های آلی مثل سلولز، پکتین، گلیکوپروتئین و لیگنین، کمپلکس‌های کلوئیدی با سطح مخصوص زیاد را تشکیل داده و این ذرات کلوئیدی آب را به میزان زیادی جذب کرده و موجب کاهش جریان آب درون آوند چوبی می‌شوند. سیلیسیم در دیواره سلول‌های آوند چوبی ته‌نشین می‌شود و از تخریب آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می‌کند. همچنین، با این اثر، مانع از پلاسیدگی گیاه در شرایط تعرق شدید می‌شود. سیلیسیم علاوه بر ته‌نشین شدن در دیواره چوبی شده سلول، با تنظیم لیگنین، بر پایداری گیاهان عالی اثر می‌گذارد (۱۱). سیلیسیم باعث افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌شود. افزایش غلظت کلروفیل برگ، توانایی گیاه برای استفاده مؤثرتر از نور را زیاد می‌کند و گیاه می‌تواند شدت‌های کم و زیاد نور را بهتر تحمل کند. سیلیسیم محلول باعث افزایش غلظت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در برگ می‌شود. این آنزیم با تنظیم سوخت و ساز دی‌اکسید کربن، کارآیی تثبیت دی‌اکسیدکربن توسط گیاهان را افزایش می‌دهد (۵). سیلیسیم دومین عنصر فراوان پوسته زمین است؛ ولی بیشتر منابع این عنصر به صورت ترکیب با سایر عناصر وجود دارد و اغلب نامحلول هستند (۱۱). به‌طور مثال، مواد معدنی مانند کوارتز، رس‌ها و فلدسپارها از نظر سیلیسیم غنی هستند؛ اما به علت حلالیت کم نمی‌توانند به عنوان منبع سیلیسیم استفاده شوند. سیلیکات پتاسیم یک کود سیلیسیمی است و برای محصولات با ارزش استفاده می‌شود. این کود حلالیت خیلی زیادی دارد و می‌توان در سیستم‌های آبکشت از آن استفاده کرد (۵). سیلیکات سدیم نیز یک منبع دیگر سیلیسیم است. سیلیکات کلسیم مهمترین منبع برای مصرف خاکی سیلیسیم است . یک شرکت بلژیکی، کود مایع سیلیسیمی را با نام سیلامول تولید نموده که محتوی ۱ تا ۲ درصد SiO_2 است (۱۱). ژل سیلیسیم و ترموفسفات، سایر ترکیبات تجاری هستند که به عنوان کود سیلیسیم استفاده می‌شوند (۵). در کشور ایران، عملکرد کم و کیفیت نامطلوب، دو مشکل عمده تولید گل‌های بریدنی در گلخانه‌ها در مقایسه با سایر کشورها است. با توجه به اثرهای مثبت سیلیسیم در افزایش قطر ساقه، تولید ساقه‌های قائم و صاف، افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، افزایش مقاومت دیواره سلولی در برابر فشار و افزایش مقاومت برگ، سطح برگ، کلروفیل و فتوسنتز، طول ساقه گل، قطر گل، وزن تر گل و عمر گل‌جای، کاربرد این ماده می‌تواند باعث تولید گل‌هایی با کیفیت بسیار زیاد شود.

همچنین، یکی از مشکلات تولید رُز عارضه خمیدگی گردن است که به علت عدم استحکام و قطر ناکافی ساقه گل اتفاق می‌افتد. سیلیسیم، قطر و قدرت مکانیکی ساقه گل را افزایش می‌دهد و با کاربرد سیلیسیم می‌توان این عارضه را کنترل کرد. با توجه به اثرهای مثبت سیلیسیم در گیاهان، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر منبع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک رُز بود.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این آزمایش، قلمه‌هایی از گیاه رُز تهیه و در بستر کشت حاوی ماسه کشت شدند. برای تسریع ریشه‌زایی قلمه‌ها، از سیستم پادما استفاده گردید. قلمه‌ها پس از ریشه‌دار شدن به گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی‌متر منتقل شدند. گلدان‌ها سه بار در هفته آبیاری می‌شدند. دمای روز گلخانه ۳۰-۲۸ درجه سلسیوس و دمای شب ۲۳-۲۰ درجه سلسیوس بود. پس از انتقال قلمه‌ها به گلدان و استقرار کامل گیاهان، تیمارهای مورد نظر روی بوته‌های تقریباً هم‌اندازه اعمال شدند. طی آزمایش، هیچ تغذیه‌ای به گیاهان داده نشد. به منظور بررسی اثر منبع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی رز بریدنی رقم بورلی واتسون (Beverly Watson)، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور منبع سیلیسیم در سه سطح (سیلیکات سدیم، سیلیکات کلسیم و سیلیکات پتاسیم) و غلظت‌های مختلف سیلیسیم در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با سه تکرار به روش محلول‌پاشی هفتگی و به مدت ۱۰ هفته اجرا شد. لازم به ذکر است که این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در یکی از گلخانه‌های سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرستان ارومیه و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه اجرا گردید.

ضخامت برگ‌ها با دستگاه میکرومتر (MDC-COSB, Mitutoyo products, Japan) و تعداد برگ در کل گیاه توسط شمارش مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه وزن تر برگ گیاهان تیمار شده و شاهد، پس از برداشت تصادفی برگ‌ها، بلافاصله توسط ترازوی دیجیتالی (Mettler, PJ300) و با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. برای تعیین وزن خشک برگ، برگ‌ها در پاکت کاغذی در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و مجدداً توسط ترازوی دیجیتال توزین شدند. برای مقایسه سطح برگ گیاه شاهد با گیاهان تحت تیمار، یک هفته پس از اتمام تیمارها، برگ‌های بالغ قسمت‌های میانی گیاه، از هر گلدان به طور تصادفی انتخاب و سطح آن‌ها توسط دستگاه سطح‌سنج (Leaf Area Meter, AM 200) اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه گیاه رز دارای برگ‌های مرکب است، سطح برگ کل برگ به همراه برگچه‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b به روش لیختنتالر (۳۶) انجام گرفت و برای اندازه‌گیری آنتوسیانین از روش واگنر (۴۸) استفاده شد. قند محلول توسط روش ایریگوین و همکاران (۲۹) و میزان پروتئین محلول به روش برادفورد (۱۸) اندازه‌گیری شد. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS سری ۹/۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ و ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel سری ۲۰۱۳ استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر اصلی منبع سیلیکات بر تعداد برگ، کلروفیل a، b، آنتوسیانین و پروتئین معنی‌دار است. اثر اصلی غلظت بر تمامی شاخص‌ها و اثر متقابل منبع و غلظت سیلیکات نیز بر تمامی شاخص‌ها، به غیر از قند محلول، معنی‌دار گردید.

اثر سیلیسیم بر تعداد برگ

مطابق شکل (۱)، بیشترین تعداد برگ (۴۲/۶۷ عدد) مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم بود و کمترین آن (۲۵ عدد) در گیاه شاهد مشاهده شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک رز رقم Beverly Watson.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد برگ	ضخامت برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	آنتوسیانین برگ	قند محلول	پروتئین
منبع سیلیسیم	۲	۵۴/۱*	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۱/۷*	۰/۵*	۰/۴ ns	۳/۸**	۰/۰۳۱ ns	۳/۲**
غلظت سیلیکات	۴	۱۳۷/۳*	۰/۰۰۷۱**	۰/۰۹۱**	۰/۰۱۲۲**	۰/۵**	۳/۷**	۱۶/۹**	۱۲/۴**	۰/۰۴۵*	۴۳/۰**
منبع * غلظت سیلیکات	۸	۲۷/۷**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۲**	۰/۴**	۰/۲**	۰/۸**	۰/۵**	۰/۰۰۵ ns	۱/۲**
اشتباه آزمایشی	۳۰	۱۴/۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰/۵	۰/۱	۰/۶	۰/۶	۰/۰۱۵	۰/۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۸	۹/۴	۱۲/۶	۱۲/۳	۱۵/۱	۱۴/۶	۱۰/۵	۱۴/۰	۱۳/۶	۱۱/۶

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



شکل ۱. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر تعداد برگ رُز رقم Beverly Watson. **حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.**

افزایش تعداد برگ یکی از راه‌هایی است که گیاه می‌تواند فتوسنتز و کربوهیدرات خود را افزایش دهد (۱۳ و ۱۶). همچنین، سیلیسیم با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش مقدار کلروفیل برگ باعث افزایش فتوسنتز می‌شود (۱ و ۴۱). افزایش فتوسنتز موجب افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. تجمع مواد حاصل از فتوسنتز در گیاه، تقسیم و رشد سلول‌های گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک می‌شود. این امر در نهایت منجر به افزایش اندام‌های رویشی نظیر تعداد برگ می‌شود.

افزایش تعداد برگ در گیاه باعث می‌شود گیاه سطح فتوسنتز کننده بیشتری داشته باشد و با دریافت نور بیشتر، تولید ماده خشک را با سرعت بیشتر انجام دهد (۱۰ و ۴۴). علت بیشتر بودن تعداد برگ در گیاهان تیمار شده با سیلیکات پتاسیم نسبت به سیلیکات کلسیم و سدیم احتمالاً نقش پتاسیم در بزرگ شدن و طویل شدن سلول‌ها به عنوان بخشی از فرایند رشد سلولی است. همچنین، رابطه تنگاتنگی بین پتاسیم درون گیاه و رشد بافت‌های مریستمی وجود دارد که این امر رشد سلول‌ها را به دنبال دارد (۴۲).

از طرف دیگر، کلسیم با تجمع در دیواره سلولی و اتصال این عنصر به گروه‌های کربوکسیل مربوط به پکتین‌های تیغه میانی موجب مهار رشد و به تبع آن باعث کاهش تعداد برگ می‌شود (۱۱). علت عدم معنی‌داری تیمار سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با شاهد احتمالاً به‌خاطر مقادیر زیاد عنصر سیلیسیم است که باعث ته نشین شدن لیگنین در دیواره سلولی و افزایش استحکام دیواره سلولی در مراحل اولیه رشد شده و طویل شدن سلول و میزان رشد را کاهش می‌دهد. در نتیجه تعداد برگ نسبت به غلظت‌های کم سیلیکات کاهش پیدا می‌کند (اگرچه تیمار سیلیکات ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت) (۲ و ۹). نتایج مشابهی در گل حنا و میمون (۴۹) و شب بو (۷) نیز مشاهده شده است.

اثر سیلیسیم بر ضخامت برگ

شکل (۲) نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم باعث افزایش ضخامت برگ شد. سیلیکات کلسیم و پتاسیم ۱۵۰ و سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ در ضخامت برگ با گیاهان شاهد شدند. بیشترین ضخامت برگ (۰/۲۹ میلی‌متر) مربوط به تیمار سیلیکات کلسیم با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و کمترین آن (۰/۲۰ میلی‌متر) در گیاهان شاهد مشاهده شد.

برخی از اثرهای مفید سیلیسیم در رشد و نمو گیاهان، مرتبط با تغییرات آناتومی ایجاد شده در دیواره سلولی در اثر تجمع سیلیسیم است (۳۸). سیلیسیم در بافت‌های اپیدرمی به صورت یک غشای نازک سیلیسیم- سلولز تجمع یافته و با



شکل ۲. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر ضخامت برگ رُز رقم *Beverly Watson*، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

پکتین و یون‌های کلسیم همراه می‌باشد. تشکیل لایه دوگانه کوتیکولی سیلیسیم‌دار می‌تواند گیاه را در برابر از دست رفتن آب در اثر تعرق کوتیکولی و برخی تنش‌های مکانیکی محافظت کند. سیلیسیم علاوه بر ته‌نشین شدن در دیواره سلول‌ها باعث افزایش سنتز ترکیبات فنلی و لیگنین و ته‌نشین شدن این مواد در دیواره سلولی نیز می‌شود. ممکن است که استحکام دیواره سلولی دارای سیلیکا مرتبط با بیوسنتز ترکیبات فنلی باشد (۹).

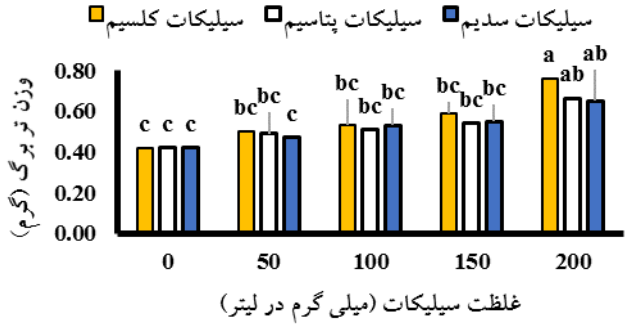
دیواره سلول‌های گیاهی شامل پلی‌ساکاریدهای سلولز، پکتین و همی‌سلولز است. حضور سیلیسیم سبب افزایش قابل توجه لیگنین می‌شود. سیلیسیم در دیواره سلولی به عنوان حلقه-ای بین لیگنین و کربوهیدرات‌ها عمل می‌کند. در نتیجه، کاربرد سیلیسیم منجر به افزایش کمپلکس لیگنین- کربوهیدرات در دیواره سلولی سلول‌های اپیدرمی می‌شود. بنابراین، سیلیسیم علاوه بر ته‌نشین شدن در دیواره چوبی شده سلول، با تنظیم لیگنین، بر پایداری گیاهان عالی اثر می‌گذارد (۴). سیلیسیم همچنین باعث افزایش محتوای لیگنین برگ شده که احتمالاً از طریق تأثیر بر ژن‌های بیوسنتز لیگنین است (۳۴).

با وجود اینکه اثر اصلی منبع سیلیکات معنی‌دار نبود، اما گیاهان تیمار شده با سیلیکات کلسیم بیشترین ضخامت برگ را داشتند که احتمالاً به علت نقش کلسیم در دیواره سلولی سلول‌های گیاهی باشد. بر خلاف دیگر عناصر پُرمصرف، بخش زیادی از کلسیم در دیواره‌های سلول بافت‌های گیاهی قرار دارد. در تیغه میانی، کلسیم به گروه‌های کربوکسیل مربوط به پکتین می‌چسبد (۱۱). تجمع سیلیسیم در بافت‌های اپیدرمی نیز به همراه پکتین و کلسیم است (۴). نتایج مشابهی نیز در کاربرد سیلیکات پتاسیم در لوبلیا، اطلسی و شاه‌پسند مشاهده شده است (۴۱). با کاربرد سیلیسیم در گیاه داوودی (۳) و شب بو (۷) نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد.

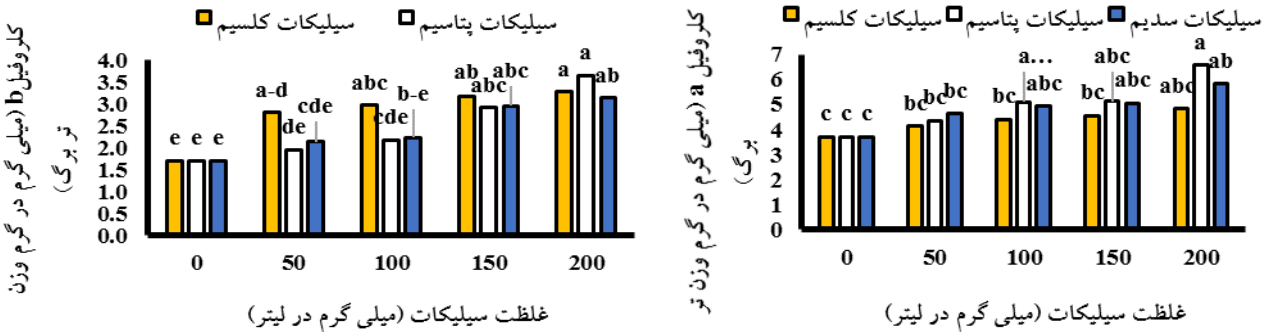
اثر سیلیسیم بر وزن تر و خشک برگ

شکل (۳) نشان می‌دهد که تیمار سیلیکات با غلظت‌های مختلف باعث افزایش وزن تر و خشک برگ شد. بیشترین وزن تر برگ (۰/۷۶ گرم) در تیمار سیلیکات کلسیم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین وزن تر برگ (۰/۴۲ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین وزن خشک برگ (۰/۳ گرم) در تیمار سیلیکات پتاسیم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین وزن خشک برگ (۰/۱۸ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد.

یکی از عوامل افزایش وزن تر، حفظ آب گیاه است. سیلیسیم به‌صورت یک لایه با ضخامت ۱ تا ۲ نانومتر در زیر اپیدرم تجمع می‌یابد و تشکیل یک لایه دوگانه کوتیکول- سیلیکا می‌دهد. این لایه به عنوان یک سد عمل کرده و مانع تعرق کوتیکولی می‌شود (۳۵). سیلیسیم همچنین در اطراف سلول‌های نگهبان روزنه و در دیواره سلولی این سلول‌ها



شکل ۳. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر وزن تر و خشک برگ رُز رقم Beverly Watson، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۴. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر کلروفیل a و b برگ رُز رقم Beverly Watson. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

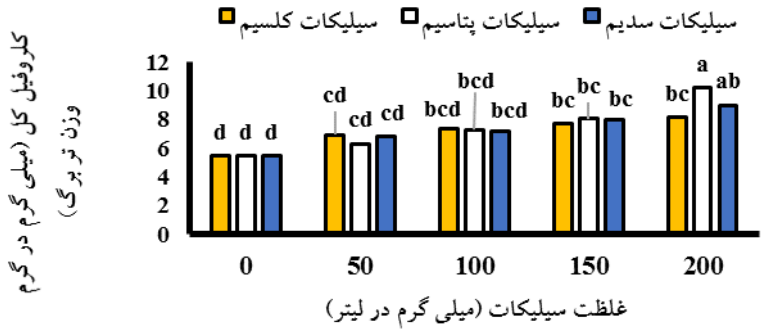
رسوب می‌کند و مانع از باز شدن کامل روزنه‌ها می‌شود و از این طریق تعرق روزنه‌ای را نیز کاهش داده و باعث حفظ آب گیاه و افزایش وزن تر برگ و گل می‌شود (۲۵).

سیلیسیم با افزایش کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و تعداد و سطح برگ باعث افزایش فتوسنتز می‌شود. در نتیجه، میزان کربوهیدرات و ذخایر فتوسنتزی افزایش می‌یابد (۴۲). افزایش این مواد باعث افزایش وزن تر و خشک اندام‌ها می‌شود. از طرفی، وجود موادی مانند کربوهیدرات‌ها با نفوذ آب و توسعه سلول‌ها رابطه مستقیم دارد. به‌طوری که با افزایش کربوهیدرات داخل سلول، پتاسیل اسمزی داخل سلول منفی‌تر شده و آب وارد سلول می‌گردد. افزایش نفوذ آب و توسعه سلول‌ها باعث افزایش وزن تر و خشک می‌شود (۴۰). سیلیسیم با بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک برگ و گل مانند افزایش سطح برگ، ضخامت برگ، قطر گل، سطح گلبرگ و ضخامت گلبرگ باعث افزایش وزن تر و خشک نیز می‌شود (۱۵).

سیلیسیم همچنین میزان پروتئین و قند محلول را نیز افزایش می‌دهد و از این طریق باعث افزایش وزن خشک می‌شود (۱۷ و ۳۷). بررسی‌های انجام شده در داوودی و رُز نشان داده که سیلیسیم باعث افزایش وزن تر و خشک برگ و گل شد که با نتایج گرفته شده در این بررسی مطابقت داشت (۱۹ و ۵۰).

اثر سیلیسیم بر میزان کلروفیل برگ

شکل (۴) نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم باعث افزایش کلروفیل a و b برگ شد. بیشترین کلروفیل a و b برگ (به ترتیب ۶/۵۷ و ۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم و



شکل ۵. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر کلروفیل کل برگ رُز رقم Beverly Watson. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

کمترین کلروفیل a و b برگ (به ترتیب ۳/۷۳ و ۱/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده شد.

شکل (۵) نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم باعث افزایش کلروفیل کل برگ شد. تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ با تیمار شاهد بودند. بیشترین کلروفیل کل برگ (۱۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم و کمترین کلروفیل کل برگ (۵/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده شد.

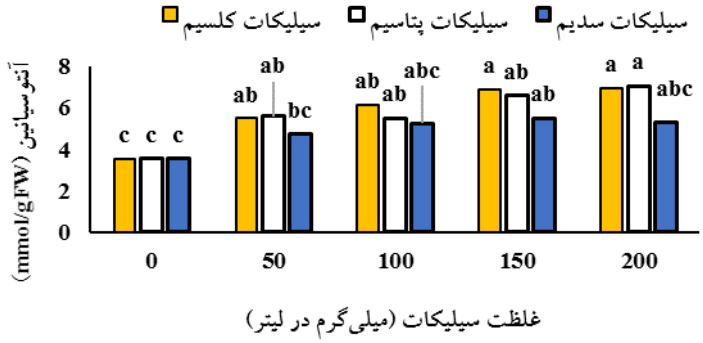
با توجه به اینکه قسمت اعظم کلروفیل برگ در کلروپلاست‌ها قرار دارد، سیلیسیم با حفظ انسجام کلروپلاست-ها، به‌خصوص گرانا، باعث حفظ کلروفیل در این اندامک‌ها می‌شود (۴۲). سیلیسیم باعث افزایش تأمین مواد غذایی و تعادل عناصر ماکرو و میکرو در سلول می‌شود (۱۲). بنابراین، باعث افزایش مقدار نیتروژن، منیزیم و آهن می‌گردد (۲۶).

منیزیم و نیتروژن در ساختار کلروفیل شرکت می‌کنند و آهن نیز یک عنصر ضروری برای تشکیل کلروفیل می‌باشد. آلفا آمینولولینات پیش‌ماده کلروفیل است. احتمالاً سیلیسیم با افزایش این ماده باعث افزایش کلروفیل می‌شود (۴۳). در پژوهشی، استفاده از سیلیسیم در گیاه شمعدانی، گل حنا و بنفشه باعث افزایش شاخص کلروفیل و فتوسنتز شد (۳۰). استفاده از سیلیسیم در گل جعفری در دو رقم Boy Orange و Yellow Boy باعث افزایش محتوای کلروفیل در هر دو رقم شد (۴۴). همچنین، کاربرد سیلیسیم در گیاه شب‌بو نیز باعث افزایش محتوای کلروفیل گردید (۷) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

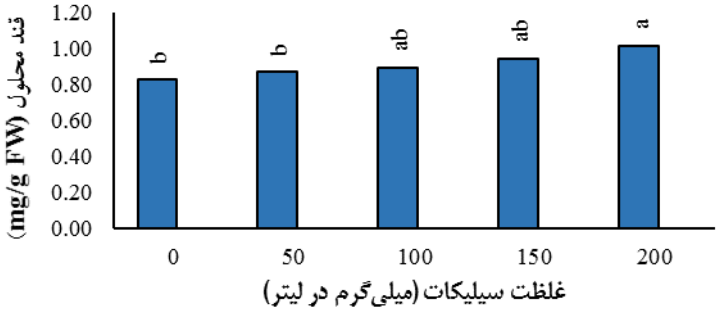
تأثیر سیلیسیم بر آنتوسیانین برگ

شکل (۶) نشان می‌دهد که میزان آنتوسیانین برگ با کاربرد سیلیسیم افزایش یافت. محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سیلیکات کلسیم و پتاسیم با غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ با تیمار شاهد داشتند. بیشترین مقدار آنتوسیانین برگ (۷/۰۶ mmol/g FW) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم و کمترین آنتوسیانین برگ (۳/۵۳ mmol/g FW) در تیمار شاهد مشاهده شد.

از نقش اصلی آنتوسیانین می‌توان به آنتی‌اکسیدان بودن و محافظت از سیستم فتوسنتزی در برابر فتواکسیداسیون اشاره نمود که از گیاهان در معرض تنش محافظت می‌کند (۲۷). آنتوسیانین‌ها همچنین به عنوان رنگدانه محافظت کننده برای سایه‌اندازی سلول‌های مزوفیل برگ عمل می‌کنند. یکی از دلایل افزایش آنتوسیانین توسط سیلیسیم، افزایش فتوسنتز است. سیلیسیم با افزایش تعداد و سطح برگ، افزایش کلروفیل،



شکل ۶. تأثیر منبع و غلظت سیلیکات بر آنتوسیانین برگ رُز رقم Beverly Watson. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۷. اثر غلظت سیلیکات بر میزان قند محلول برگ رُز رقم Beverly Watson. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

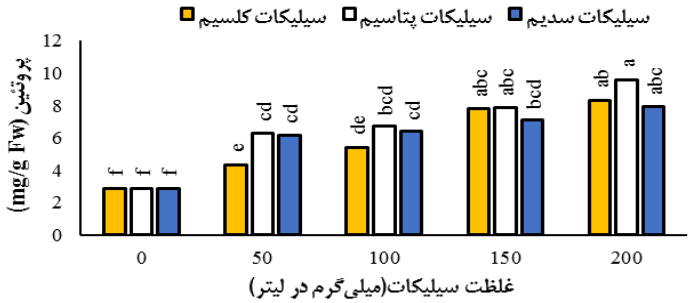
افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و محافظت از کلروپلاست و تیلاکوئید به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی، باعث افزایش فتوسنتز می‌شود. در اثر افزایش فتوسنتز، میزان کربوهیدرات درون گیاه افزایش پیدا کرده و میزان آنتوسیانین افزایش می‌یابد (۴۲).

همچنین، سیلیسیم احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) باعث افزایش تولید آنتوسیانین می‌شود. PAL آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئید است که تبدیل L- فنیل‌آلانین به ترانس سینامیک اسید (اولین مرحله در متابولیسم ترکیبات فنلی) را انجام می‌دهد (۲۰). در بین تیمارهای اعمال شده، در گیاهان تیمار شده با سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان آنتوسیانین دیده شد که احتمالاً به علت نقش پتاسیم در افزایش فتوسنتز، آمینواسیدها و پروتئین است (۱۱). کاربرد سیلیسیم در گیاه شب‌بو نیز باعث افزایش آنتوسیانین شد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (۷).

قند محلول

شکل (۷) نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سیلیسیم باعث افزایش قند محلول برگ شد. مطابق این شکل، محلول‌پاشی سیلیکات با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با تیمار شاهد است. بیشترین مقدار قند محلول برگ (۱/۰۱ mg/g FW) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات و کمترین قند محلول برگ (۰/۸۳ mg/g FW) در تیمار شاهد مشاهده شد.

قندهای محلول به‌عنوان مواد اسمولیت، شیب جریان آب به



شکل ۸. تأثیر منبع و غلظت سیلیسیم بر پروتئین برگ رُز رقم Beverly Watson. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

سلول‌ها را افزایش داده و از طریق تنظیم محتوای آب، تورژسانس سلول‌ها را حفظ می‌کنند (۲۸). مصرف متابولیت‌ها، از جمله قندهای محلول، برای ساختن سلول‌های جدید و تحریک رشد و نمو ضروری هستند (۲۴). همچنین، افزایش مقدار کربوهیدرات‌های محلول باعث کاهش خسارت اکسیداتیو و حفظ ساختار پروتئین‌ها می‌شود (۳۲). در گیاهان عالی، فتوسنتز در برگ‌ها فرآورده‌هایی همچون کربوهیدرات‌ها را تولید می‌کند. کربوهیدرات حاصل از فتوسنتز از راه آوند آبکشی به بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاه راه می‌یابد (۸).

به‌نظر می‌رسد که سیلیسیم با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، سطح برگ، تعداد برگ، فعالیت آنزیم روبیسکو و ظرفیت فتوسنتزی، کاهش تنش اکسیداتیو و حفاظت ماکرو مولکول‌هایی نظیر پروتئین‌ها و غشای کلروپلاستی و غشای سلولی باعث افزایش فتوسنتز شده و به تبع آن میزان قندهای محلول موجود در گیاهان را افزایش می‌دهد (۴۲). نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داده که سیلیسیم باعث افزایش قندهای محلول در گیاهان می‌شود که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابق است (۷ و ۳۷).

پروتئین

شکل (۸) نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، پتاسیم و سدیم باعث افزایش پروتئین برگ شد. تمامی تیمارهای سیلیکات باعث افزایش معنی‌دار پروتئین نسبت به شاهد شدند. بیشترین مقدار پروتئین برگ (۹/۵۸ mg/g FW) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم و کمترین پروتئین برگ (۲/۸۸ mg/g FW) در تیمار شاهد مشاهده شد.

تیمار سیلیسیم باعث افزایش پروتئین می‌شود (۴۷). اگر چه نقش مفید سیلیسیم در جهت رشد و توسعه بسیاری از گیاهان ثابت شده است ولی مکانیسم‌های فیزیولوژیک و مولکولی آنها هنوز به خوبی درک نشده است. در پژوهش‌ها، یک ارتباط قوی بین غلظت سیلیسیم و سطح ترکیبات همراه شده با تنفس (Isocitvate and 2- Oxoglutarate) و تعداد آمینو اسید (آلانین، آرژینین، گلوتأمین، اورنیتین ، ایزولوسین، متیونین و والین) مشاهده شده است. پژوهش‌ها اشاره به نقش مهم سیلیسیم به عنوان یک متابولیت سیگنالی دارند که قادر به تشویق انتقال مجدد اسید آمینه‌ها می‌باشد (۲۲). تغذیه سیلیکون نقش مهمی در تعدیل جریان 2-Oxoglutarate برای متابولیسم اسید آمینه‌ها ایفا می‌کند (۳۳ و ۴۶). بر این اساس، افزایش ذخیره‌سازی پروتئین را با کاربرد سیلیکون می‌توان انتظار داشت (۳۹).

نتایج تحقیقات انجام شده در مورد گیاه کتان (۱۷) و همچنین نتایج تحقیقات حاجی‌پور (۳) نشان‌دهنده افزایش میزان پروتئین ناشی از تیمار سیلیسیم بود. در این پژوهش، در بین تیمارهای اعمال شده، گیاهان تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم دارای بیشترین مقدار پروتئین بودند. پتاسیم نقش مهمی در مصرف یون‌های آمونیوم در ساخت

اسیدهای آمینه و سنتز پروتئین دارد. پتاسیم در چسباندن tRNA به ریبوزوم‌ها نیز دخالت دارد. بنابراین، پتاسیم در ساخت آنزیم ریبولوز بیس فسفات هم نقش اساسی دارد. به طوری که با افزایش میزان پتاسیم برگ، ساخته شدن این پروتئین به سرعت افزایش می‌یابد (۱۴).

نتیجه‌گیری

با توجه به اثر مثبت سیلیسیم در افزایش تعداد برگ، ضخامت برگ، وزن ترو خشک برگ و همچنین اثر مثبت این عنصر در افزایش میزان کلروفیل برگ، آنتوسیانین، قند محلول و پروتئین و در نتیجه آن افزایش فتوسنتز، سیلسیسیم می‌تواند برای افزایش کیفیت گیاه رُز مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. بیات، ح.، س. ح. نعمتی و ی. سلاح ورزی. ۱۳۹۱. تأثیر سیلیسیم بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*). نشریه علوم باغبانی ۲۶(۱): ۱۰-۱۶.

۲. پیوست، غ.، م. زارع و ح. سمیع زاده. ۱۳۸۷. اثر متقابل سطوح مختلف سیلیسیم و تنش شوری بر رشد کاهو پیچ تحت شرایط کشت در سیستم لایه نازک محلول غذایی (NFT). مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲(۱): ۷۹-۸۸.

۳. حاجی‌پور، ه. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون بر برخی ویژگی‌های کمی وکیفی داوودی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۴. خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد دوم، مرکز نشر دانشگاه شیراز.

۵. خوشگفتارمنش، ا. ۱۳۸۹. مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. رشیدی، ا. ۱۳۸۷. راهنمای کامل پرورش و نگهداری رُز. نشر مؤلف، مشهد.

۷. عباس‌نژاد، ر. ۱۳۹۴. بررسی اثر شدت نور و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی شب‌بو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۸. عباسی، ع.، م. ش. رحمانی و ی. وفایی. ۱۳۹۰. بیوشیمی گیاهی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۹. کیانی چلمدری، ز.، ا. عبدل زاده و ح. صادقی پور .۱۳۹۳. تحریک رشد، افزایش آهن، پتاسیم و ترکیبات دیواره سلولی با کاربرد سیلیسیم در گیاه برنج تحت شرایط کمبود آهن. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۲(۱): ۶۵-۷۲.

۱۰. مرادی مرجانه، ا. و م. گلدانی. ۱۳۹۰. ارزیابی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر تعدادی از شاخص‌های رشد گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) تحت شرایط کم‌آبیاری. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۳۳: ۴۰-۴۵.

۱۱. ملکوتی، م. ج.، پ. کشاورز و ن. کریمیان. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

12. Abdalla, M.M. 2010. Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of *Vicia faba* plants. Agric. Biol. J. North Amer. 1(5): 1076-1089.
13. Amador, B.M., S. Yamada, T. Yamaguchi, E.R. Puente, N.A. Serrano, J.L. Hernandez, R.L. Aguilar, E.T. Dieguez and A.N. Garibay. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. J. Agron. Crop Sci. 193: 413-421.
14. Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2006. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group, pp. 91-121.
15. Bayat, H., M. Alirezaie, H. Neamati and A. Saadabad. 2013. Effect of silicon on growth and ornamental traits of salt-stressed calendula (*Calendula officinalis* L.). J. Ornament. Plants 4: 207-214.
16. Bayat, H., S.H. Nemati and Y. Selahvarzi. 2012. Effect of silicon on growth and some physiological characteristics of Persian petunia *(Petunia hybrida*). HortSci. 26(1): 10-16.

17. Bharwana, S.A., S. Ali, M.A. Farooq, N. Iqbal, F. Abbas and M.S.A. Ahmad. 2013. Alleviation of lead toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes, suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. J. Bioremediat. Biodegr. 4: 4-15.
18. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-day binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
19. Carvalho-Zanão, M.P., L.A. Zanao Junior, J.G. Barbosa, J.A.S. Groosi and V.T. Avila. 2012. Yield and shelf life of chrysanthemum in response to the silicon application. Hort. Brasil. 30: 403-408.
20. Celik, O., C. Atak and A. Rzakulieva. 2008. Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in Paulownia node cultures. J. Cent. Eur. Agric. 9: 297-304.
21. Dębicz, R. and K. Wróblewska. 2011. The effect of silicon foliar application on the development of seasonal ornamental plants. Acta Agrobot. 64(4): 99-106.
22. Detmann, K.C., W.L. Araújo, S.C.V. Martin, A.R. Fernie and F.M. DaMatta. 2013. Metabolic alterations triggered by silicon nutrition. Plant Signal Behav. 8(1): 225-232.
23. Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2004. Floriculture: Principles and Species. 2nd Ed., New Jersey, 992 p.
24. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45: 215-225.
25. Gao, X., C. Zou, L. Wang and F. Zhang. 2005. Silicon improves water use efficiency in maize plants. J. Plant Nutr. 27(8): 1457-1470.
26. Goyal, A. 2012. Crop Plant. Chapter 2: How we can use silicon for drought tolerance. Utah State University, 240 p.
27. He, F., L. Mu, G.L. Yan, N.N. Liang, Q.H. Pan, J. Wang, M.J. Reeves and C.Q. Duan. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. Molecules 15: 9057-9091.
28. Henriet, C., X. Draye, I. Oppitz, R. Swenn and B. Delvaux. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon in banana under controlled condition. Plant Soil 287: 359-374.
29. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Plant Physiol. 84: 55-60.
30. Kamenidou, S. and T.J. Cavis. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse produced ornamental sunflowers. HortSci. 43(1): 236-239.
31. Kazemi, M. 2012. Effect of cobalt, silicon, acetylsalicylic acid and sucrose as novel agents to improve vase-life of Argyranthemum flowers. Trend. Appl. Sci. Res. 7: 579-583.
32. Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plant. Int. J. Biol. 6: 5-8.
33. Less, H. and G. Galili. 2008. Principal transcriptional programs regulating plant amino acid metabolism in response to abiotic stresses. Plant Physiol. 147: 316-330.
34. Li, P., A. Song, Z. Li, F. Fan and Y. Liang. 2012. Silicon ameliorates manganese toxicity by regulating manganese transport and antioxidant reactions in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Soil 354: 407-419.
35. Liang, Y., M. Nikolic, R. Belanger, H. Gong and A. Song. 2015. Silicon in Agriculture: From Theory to Practice. Springer, 235 p.
36. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.
37. Ma, J.F. 2003. Function of silicon in higher plants. Prog. Mol. Subcell. Biol. 33: 127-147.
38. Mattson, N.S. and W.R. Leatherwood. 2010. Potassium silicate drenches increase leaf silicon content and affects morphological traits of several floriculture crops grown in a peat-based substrate. Hort. Sci. 45: 43-47.
39. Meitzel, T., R. Radchuk, A. Nunes-Nesi, A.R. Fernie, W. Link and W. Weschke. 2011. Hybrid embryos of *Vicia faba* develop enhanced sink strength, which is established during early development. Plant J. 65: 517-531.
40. O'Donoghue, E.M., S.D. Somefield and J.A. Heyes. 2002. Vase solution containing sucrose result in changes to cell walls of sandersonia (*Sandersonia aurantica*) flowers. Postharvest Biol. Technol. 26: 285-294.
41. Reezi, S., M. Babalar and S. Kalantari. 2009. Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose (*Rosa hybrida* L.) 'Hot Lady'. J. Amer. Biotech. 8: 1502-1508.
42. Savvas, D. and G. Ntatsi. 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. Sci. Hort. 196: 66-81.
43. Siqueira, S.C., M.A. Moreira, P.R. Mosquim, I.C. José, F.A. Ferreira and C.S. Sediyama. 1999. Simulation of the transgenic soybean tolerant to glyphosate through explant cultivation. Planta Daninha. 17: 95-107.
44. Sivanesan, I., M.S. Son, J.P. Lee and B.R. Jeong. 2010. Effect of silicon on growth of *Tagetes patula* L. 'Boy Orange' and 'Yellow Boy' seedlings cultured in an environment controlled chamber. Propag. Ornament. Plants 10(3): 136-140.
45. Soumare, M., F. Tack and M. Verloo. 2003. Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. Waste Manage. 23: 517-522.
46. Sweetlove, L.J. and A.R. Fernie. 2005. Regulation of metabolic networks: Understanding metabolic complexity in

the systems biology era. New Phytol. 168: 9-24.
47. Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. Fifth edition, Sinauer Associates, 304 p.
48. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiol. 64: 88-93.
49. Watanabe, S., T. Fujiwara, T. Yoneyama and H. Hayashi. 2002. Effects of silicon nutrition on metabolism and translocation of nutrients in rice plants. Develop. Plant Soil. 92: 174-175.
50. Zaky, A.A. 2013. Effect of pre and postharvest treatments on flower longevity of cut rose cv. 'Grand Prix'. Egypt. J. Agric. Res. 91(3): 1009-1021.