تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم، نانوسیلیس و کلرید کلسیم بر غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم، شاخص میزان کلروفیل و تعداد گلچه لیلیوم آسیایی رقم 'Brunello'

نفیسه میرعباسی نجف آبادی[1]، علی نیکبخت[1*]، نعمت الله اعتمادی[1] و محمدرضا سبزعلیان[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۲)

چکیده

تولید بسیاری از گل‌های شاخه بریده، از جمله لیلیوم، در ایران رواج دارد. در فرایند تولید گل لیلیوم، کیفیت گل اهمیت ویژه‌ای دارد که یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر آن، تغذیه صحیح می‌باشد. بدین منظور، پژوهشی با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم، نانوسیلیس و کلرید کلسیم بر غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم، شاخص میزان کلروفیل و تعداد گلچه لیلیوم آسیایی رقم 'Brunello' صورت گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار، که هر تکرار شامل ۵ گلدان بود، در گلخانه‌های آموزشی-پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. تیمارها شامل محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در سه غلظت (۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر)، پاشش سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، پاشش کلرید کلسیم در دو غلظت (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، پاشش نانوسیلیس در دو غلظت (۱۲/۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) و شاهد (بدون تیمار) بودند. تعداد گلچه، شاخص میزان کلروفیل و غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ساقه و برگ اندازه‌گیری شد. نتایج، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در میزان کلسیم و منیزیم ساقه و برگ، پتاسیم برگ، شاخص میزان کلروفیل در زمان برداشت و تعداد گلچه نشان داد. به طوری‌که تیمار محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین تعداد گلچه به ازای هر بوته (۵/۲۷) و میزان منیزیم ساقه را داشت. بیشترین میزان کلسیم، منیزیم و پتاسیم برگ را تیمار پاشش کلرید کلسیم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، به ترتیب با ۴/۳۸، ۱۵/۷۵ و ۱۶/۴۳ درصد افزایش نسبت به شاهد، نشان داد. بیشترین کلسیم ساقه را پاشش کلرید کلسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، با ۳۸/۹۰ درصد افزایش نسبت به شاهد، به خود اختصاص داد. بیشترین شاخص میزان کلروفیل در زمان برداشت مربوط به تیمار پاشش سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. در کل، اگر هدف تولید تعداد گلچه بیشتر باشد، محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر تیمار مناسبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت گل، محلول‌پاشی عناصر غذایی

مقدمه

لیلیوم با نام علمی *Lilium longiflorum* از خانواده Liliaceae، یک گل پیازدار شاخه بریده است (۲). در فرایند تولید گل لیلیوم، کیفیت گل دارای اهمیت ویژه‌ای است که این کیفیت شامل رنگ گل، اندازه گل (طول تپال)، طول و قطر ساقه و عمر پس از برداشت آن می‌باشد (۸). کاهش کیفیت گل‌های بریده از

[1] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[2] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: anikbakht@cc.iut.ac.ir

زمان برداشت تا زمان رسیدن به بازارهای گل از جمله مسائلی است که تولیدکنندگان با آن روبرو هستند. یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت گل، تغذیه صحیح است (۳) و یکی از عناصری که در تغذیه لیلیوم از اهمیت زیادی برخوردار است، کلسیم می‌باشد. آلوارز سانچز و همکاران (۷) در آزمایشی دریافتند که غلظت‌های کلسیم به‌کار برده شده همراه با محلول غذایی، اثر معنی‌داری بر رشد و تغذیه لیلیوم رقم 'Vermeer' داشته است. نتایج آزمایش چانگ و همکاران (۹) نیز نشان داد که در لیلیوم، کمبود کلسیم به خاطر میزان کلسیم ناکافی در خاک یا محیط کشت نیست و توزیع نامتوازن کلسیم داخل گیاه دلیل اصلی آن بود. عوامل متعددی مانند تعرق کم اندام‌ها، رطوبت زیاد در طول روز، سرعت رشد زیاد، شوری خاک یا محیط کشت و فشار ریشه‌ای کم به انتقال کلسیم ناکافی در اندام‌های گیاهی می‌انجامد. چانگ و همکاران (۱۰) در پژوهشی روی لیلیوم شرقی دریافتند که کاربرد کلسیم (۳/۵ و ۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به تنهایی و همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک در محلول غذایی، تعداد گل، شاخص میزان کلروفیل، پتاسیم برگ و ساقه و کلسیم برگ را افزایش داد، ولی میزان کلسیم و منیزیم ساقه را کاهش داد.

سیلیسیم دومین عنصر فراوان در سطح زمین (۲۷/۷ درصد) می‌باشد. اما تا به حال به عنوان عنصر ضروری برای گیاهان شناخته نشده است، زیرا بیشتر گیاهان می‌توانند حتی در نبود این عنصر چرخه زندگی خود را کامل کنند (۱۱). سیلیسیم با رسوب در دیواره سلولی و تشکیل لایه سلولز- سیلیسیم و پیوند با کلسیم و پکتین از طرفی مانند کلسیم سبب افزایش استحکام دیواره سلولی و تحمل گیاه در برابر تخریب سلولی ناشی از عوامل بیماری‌زا می‌شود و از طرف دیگر برخلاف کلسیم، تحرک زیادی در گیاه دارد (۱۷). لذا به عنوان یک عنصر مکمل در پرورش گیاهان مختلف مورد توجه قرار گرفته است.

سیلیسیم در بهبود رشد، افزایش فتوسنتز، کاهش میزان تبخیر و تعرق، افزایش استحکام برگ‌ها، غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ (۱۷) و کیفیت محصول (۱۲) نقش دارد. ریزی و همکاران (۲۶) دریافتند که افزودن ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم به محلول غذایی رز بریده رقم'Hot Lady' تعداد گل را افزایش می‌دهد. اگرچه موير و همکاران (۲۳) در پژوهشی گزارش کردند که کاربرد سیلیسیم تأثیری بر افزایش تعداد گل ژربرا نداشته است. کامنیدو و همکاران (۱۴) در پژوهشی در مورد ژربرا دریافتند که غلظت کلسیم در تیمار پنج هفته محلول پایه غذایی همراه با سیلیکات پتاسیم نسبت به شاهد افزایش یافت و غلظت پتاسیم و منیزیم با افزایش غلظت این تیمار به ترتیب افزایش و کاهش یافت. میاک و تاکاهاشی (۲۲) علائم کمبود سیلیسیم را بعد از ظهور اولین جوانه گل در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش کردند.

یکی از موادی که اخیراً در کشاورزی کاربرد پیدا کرده است، نانوذرات می‌باشد؛ هرچند کاربرد آنها در کشاورزی، حتی در سطح جهانی، در مرحله ابتدایی قرار دارد. به‌دلیل اینکه دیواره سلول گیاهی به عنوان یک مانع برای ورود آسان هر عامل خارجی به داخل سلول‌های گیاهی عمل می‌کند، نانوذرات که قطر منفذ کمتری نسبت به قطر منفذ دیواره سلولی دارند، به راحتی می‌توانند از منافذ روی دیواره عبور کنند. نانوذرات در سطح برگ از طریق منافذ روزنه‌ای و یا پایه‌های کرک وارد گیاه می‌شوند و سپس به بافت‌های مختلف منتقل می‌شوند (۲۴). برخی از مهمترین پژوهش‌های مربوط به نانو در بخش گیاهان زینتی شامل استفاده از نانوذرات نقره برای افزایش عمر گل‌جایی میخک، ژربرا و رز است که نتیجه آن بهبود عمر پس از برداشت آنها می‌باشد(۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱).

از آنجایی که تحرک کلسیم در گیاه کند است و این عنصر در افزایش استحکام سلولی مؤثر می‌باشد، ولی سیلیکات پتاسیم و نانوسیلیس در گیاه برخلاف کلسیم، تحرک زیادی دارند و احتمالاً مانند کلسیم در استحکام سلول و افزایش عمر گل‌جایی نقش ایفا می‌کنند، براین اساس، در این پژوهش اثر غلظت‌هایی از سیلیکات پتاسیم، نانوسیلیس و کلرید کلسیم بر غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم، شاخص میزان کلروفیل و تعداد گلچه لیلیوم رقم 'Brunello' مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. مشخصات کود کامل N,P,K

	نام شرکت سازنده	نسبت کودی	ترکیبات و درصد آنها
کود کامل	Planta (آلمان)	۲۰ :۶: ۱۹	۱۹ درصد نیتروژن (۱۱/۵ درصد نیتروژن نیتراتی و ۷/۵ درصد نیتروژن آمونیومی)، ۶ درصد P_2O_5، ۲۰ درصد K_2O، ۳ درصد MgO، ۰/۰۲ درصد بور، ۰/۰۷۵ درصد آهن، ۰/۰۰۱ درصد مولیبدن، ۰/۰۳ درصد مس، ۰/۰۵ درصد منگنز و ۰/۰۱ درصد روی

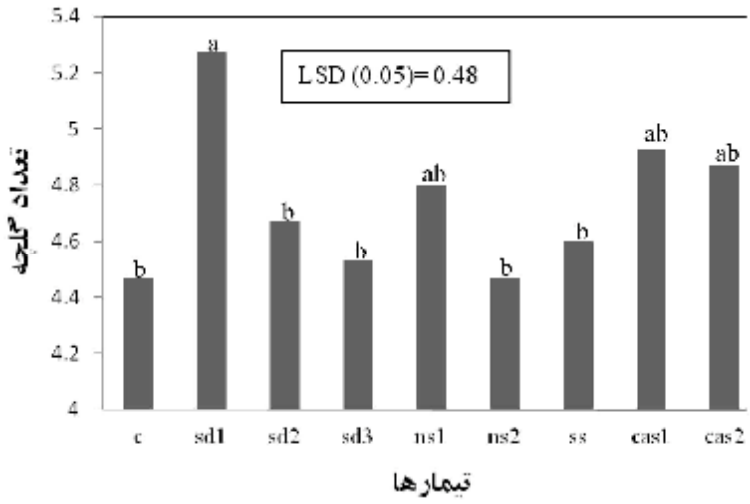
مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان ۱۳۹۰ در گلخانه‌های آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان صورت گرفت. متوسط دمای گلخانه ۲۴ درجه سلسیوس (میانگین دمای هوای گلخانه در طول مدت آزمایش، ۶ ± ۲۹ درجه سلسیوس برای روز و ۹ ± ۱۹ درجه سلسیوس برای شب) و رطوبت نسبی ۵۰-۴۰ درصد ثبت گردید. سیستم سرمایشی گلخانه، کولر آبی دارای ترموستات قابل کنترل بود. پیازهای F1 گل لیلیوم رقم 'Brunello' که از دسته لیلیوم‌های آسیایی (Asiatic) است، از شرکت Oning هلند تهیه گردید. پس از انتقال پیازها به گلخانه، پیازها در عمق ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر در گلدان‌های پلاستیکی چهار لیتری با ترکیب بستر کوکوپیت: پرلایت به نسبت ۱:۱ (که قبلاً ضدعفونی شده بودند) کشت شدند و برای ضدعفونی پیازها به هر گلدان محلول قارچ‌کش روورال تی اس ۱/۵ در هزار داده شد. دو ردیف تور سایه‌دهی ساران بر سقف پارتیشن گلخانه برای کمک به کاهش دمای گلخانه در ماه‌های گرم قرار داده شد (میانگین شدت نور ۱۲۶۰۸/۳۳۵ لوکس) و محلول غذایی براساس نیاز گیاه از بالای گلدان پای هر بوته و در یک سیستم باز انجام شد. بدین ترتیب که هفته اول بعد از کاشت آب مقطر، دو هفته بعدی کود کامل Planta یک چهارم غلظت با نسبت کودی ۲۰-۶-۱۹ (معادل ۰/۲۵ گرم بر لیتر از غلظت نهایی کود مورد نظر) و دو هفته بعد از آن کود کامل نیم غلظت (معادل ۰/۵ گرم بر لیتر) و برای هفته‌های بعد، از کود کامل (معادل ۱ گرم بر لیتر) استفاده گردید (جدول ۱). زمانی که ارتفاع گیاهان به حدود ۴۰ سانتی‌متر رسید، از توری مخصوص پرورش لیلیوم به عنوان قیم استفاده گردید. سیلیکات پتاسیم ۴۰% که نسبت SiO_2 :K_2O آن برابر ۱:۲ بود از شرکت سیلیکات ایران و نانوسیلیس ۲% از شرکت نانو واحد صنعت تهیه گردید. بعد از حدود یک ماه از کاشت گیاهان (پس از استقرار کامل بوته‌ها)، ۹ تیمار به شرح جدول ۲ به صورت هفتگی اعمال شد و پ-هاش محلول‌های سیلیکات پتاسیم با اسید سولفوریک خالص روی ۵/۷ تنظیم گردید. گل‌ها زمانی که حداقل ۲ جوانه گل رنگ گرفته بود، برداشت شدند. هر کدام از ساقه‌ها در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری قطع شده و در بطری دو لیتری حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. تعداد گل، شاخص سبزینگی برگ (یک هفته قبل از برداشت، زمان برداشت و یک هفته بعد از برداشت) و همچنین غلظت کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Perkin – Elmer مدل 3030) و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل Corning 410) در ساقه و برگ اندازه‌گیری شد. برای شمارش تعداد گلچه‌ها، کلیه جوانه‌های گل که روی هر بوته باز شدند، ثبت گردید. شاخص میزان کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Hansatech instruments مدل CL-01) اندازه‌گیری شد.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. هر تکرار شامل ۵ گلدان بود و در هر گلدان یک پیاز کاشته شده بود. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) در سطح

جدول ۲. مشخصات تیمارها

تیمار	سیلیکات پتاسیم و نانوسیلیس (براساس SiO_2) و کلرید کلسیم	علامت اختصاری
۱	شاهد (پاشش آب مقطر)	c
۲	محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر	sd_1
۳	محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	sd_2
۴	محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر	sd_3
۵	پاشش نانوسیلیس در غلظت ۱۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر	ns_1
۶	پاشش نانوسیلیس در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر	ns_2
۷	پاشش سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر	ss
۸	پاشش کلرید کلسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر	cas_1
۹	پاشش کلرید کلسیم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	cas_2



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف بر تعداد گلچه لیلیوم

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

احتمال ۵% تجزیه و تحلیل گردید و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. برای انجام محاسبات و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۰۷) استفاده گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر تعداد گلچه و شاخص میزان کلروفیل برگ در زمان برداشت در سطح احتمال ۵% معنی‌دار بود (جدول ۳). به طوری‌که بیشترین تعداد گلچه (۵/۲۷) از تیمار ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم برداشت شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ns_1، cas_1 و cas_2 مشاهده نشد (شکل ۱). تیمار sd_1، ۱۵/۱۸٪ تعداد گلچه را نسبت به شاهد افزایش داد. در همین راستا، ریزی و همکاران (۲۶) دریافتند که افزودن ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم به محلول غذایی رز بریده رقم 'Hot Lady' تعداد گل را افزایش می‌دهد، هرچند براساس گزارش‌های مویر و همکاران (۲۳)، کاربرد سیلیسیم اثری بر افزایش تعداد گل ژربرا نداشته است. به نظر می‌رسد اثر ترکیب‌های سیلیسی بر تعداد گلچه به میزان زیادی وابسته به گونه باشد و اینکه چرا سیلیکات پتاسیم.

جدول ۳. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر تیمارهای مختلف بر کلسیم، پتاسیم و میزان اندازه‌گیری شده در برگ و ساقه، شاخص میزان کلروفیل برگ و تعداد گلچه لیزیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		کلسیم		پتاسیم		منیزیم		کلروفیل		تعداد گلچه در هر بوته	
		برگ	ساقه	برگ	ساقه	برگ	ساقه	یک هفته قبل از برداشت	زمان برداشت	یک هفته بعد از برداشت	
بلوک	۲	۱/۰۳	۱/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۷۶	۰/۰۰۲	۲۱/۲۶	۲۰/۵۵	۱۶/۰۶	۰/۶۲
تیمار	۸	۱۴/۵۱*	۲/۲۶*	۰/۱۴۰**	۰/۰۹۲**	۱/۶۷**	۰/۳۸*	۱۰/۵۴**	۱۰/۶۹**	۶/۰۱**	۰/۲۱**
خطای آزمایش	۱۶	۴/۸۴	۰/۶۸	۰/۰۵	۰/۰۰۶	۰/۴۱	۰/۱۲	۷/۰۲	۴/۰۶۰	۷/۴۸	۰/۰۸
ضریب تغییرات		۴۲/۲۷	۲۰/۰۸	۲۱/۷۹	۲۴/۱۴	۱۰	۱۲/۶۹	۸/۴۲	۶/۴۴	۶/۷۶	۵/۸۵

جدول ۴. اثر تیمارهای کلسیم وسیلیسیم بر کلسیم، پتاسیم و منیزیم موجود در برگ و ساقه گل لیلیوم

تیمار	کلسیم (mg/g D.W.)		منیزیم (mg/g D.W.)		پتاسیم (mg/g D.W.)		کلروفیل (SPAD)	
	برگ	ساقه	برگ	ساقه	برگ	ساقه	زمان برداشت	یک هفته بعد از برداشت
c	۱۲/۶۵ab	۳/۴۳ bcd	۴/۲۸ ab	۳/۱۸ ab	۱/۱۳ab	۱/۳۲a	۳۴/۶۲abc	۲۴/۶۲a
sic	۶/۴۲d	۳/۹۶bcd	۲/۶۸d	۳/۴۴a	۰/۶۸c	۱/۳۸a	۳۲/۵۳bcd	۲۶/۴۱a
sic	۸/۹۵bcd	۴/۶۳ab	۳/۴۱ bcd	۲/۸۴abc	۰/۹۱bc	۱/۰۷a	۳۱/۰۹cd	۲۶/۶۷a
sic	۹/۵۹abcd	۴/۴۹abc	۳/۷۸ bcd	۲/۴۴c	۱/۰۲ab	۰/۹۴a	۳۲/۴۸a	۲۶/۵۹a
ns	۱۰/۵۹abc	۳/۱۳cd	۴/۴۸ab	۲/۵۷bc	۱/۰۸ab	۰/۹۹a	۳۲/۷۲bcd	۲۵/۴۱a
ns	۷/۴۲cd	۲/۹۶d	۳/۰۱cd	۲/۴۴c	۰/۶۶c	۰/۸۵a	۳۲/۳۷bcd	۲۴/۵۲a
ns	۹/۶۹abcd	۲/۸۱ab	۳/۸۸bc	۲/۲۲c	۱/۰۲abc	۰/۹۱a	۳۲/۸۷ a	۲۵/۱۷a
cas	۱۰/۳۹abc	۵/۶۳a	۳/۴۸bcd	۲/۹۲abc	۰/۸۵bc	۰/۸۶a	۳۴/۱۹abc	۲۵/۶۲a
cas	۱۳/۲۲a	۳/۸۷bcd	۵/۰۸a	۳/۱۲a	۱/۴۰a	۰/۷۵a	۲۹/۸۲ d	۲۴/۸۵a
LSD(P<0.05)	۳/۸۱	۱/۴۳	۱/۱۱	۰/۶۱	۰/۳۷	۰/۴۱	۲/۵۹	۲/۱۱

۱- در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد، فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

منجر به افزایش تعداد گلچه شده است نیاز به پژوهش‌های بیشتری در این زمینه دارد. با توجه به اینکه پاشش و محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱% نشان داد، محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم نسبت به پاشش آن در همین غلظت توانست ۱۲/۷٪ تعداد گلچه را افزایش دهد.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص میزان کلروفیل برگ تفاوت معنی‌داری در یک هفته قبل از برداشت و یک هفته بعد از برداشت نشان نداد (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل در زمان برداشت مربوط به تیمار ss برابر ۳۶/۸۷ (عدد اسپد) بود (جدول ۴) که می‌تواند به دلیل رسوب سیلیسیم در پهنک برگ و در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ باشد (۱۱ و ۱۷). در پژوهشی که جونگ‌سوپ و همکاران (۱۳) و آداتیا و بسفورد (۵) روی خیار انجام دادند، کاربرد سیلیسیم باعث افزایش شاخص میزان کلروفیل گردید. در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، پاشش سیلیکات پتاسیم میزان کلروفیل را ۱۱/۶۳٪ نسبت به محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم افزایش داد. در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر پاشش نانوسیلیس، شاخص میزان کلروفیل نسبت به پاشش سیلیکات پتاسیم در همین غلظت ۱۲/۲٪ کاهش نشان داد.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان کلسیم ساقه و برگ، پتاسیم برگ و منیزیم ساقه در سطح احتمال ۵% وجود دارد (جدول ۳). به طوری که بیشترین میزان کلسیم برگ را تیمار cas_2 به خود اختصاص داد. چانگ و همکاران (۹) نیز در پژوهشی افزایش کلسیم برگ لیلیوم را در نتیجه کاربرد کلسیم در محلول غذایی مشاهده کردند. در این پژوهش، با افزایش غلظت سیلیکات پتاسیم، غلظت کلسیم افزایش یافت (جدول ۴). گزارش شده که تغذیه بهینه سیلیسیم در خیار سبب افزایش رشد و توسعه حجمی و وزنی ریشه‌ها می‌شود که در نهایت سطح جذب کننده عناصر را افزایش می‌دهد (۴). کامنیدو و همکاران (۱۴) نیز در بررسی اثر سیلیکات پتاسیم بر ژربرا، افزایش کلسیم در بافت‌های گیاه را گزارش نمودند. میزان کلسیم برگ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پاشش کلرید کلسیم نسبت به محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم ۳۲/۳۵٪ افزایش نشان داد. در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر هم پاشش کلرید کلسیم نسبت به محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم ۳۸/۲٪ افزایش میزان کلسیم در برگ را نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده، میزان کلسیم برگ‌ها نسبت به ساقه‌ها بیشتر بود (جدول ۴) که به نظر می‌رسد به خاطر حرکت محدود کلسیم در گیاه باشد. انتقال کلسیم تحت تأثیر غلظت آن در محلول و شدت تعرق می‌باشد (۶ و ۱۶). از آنجا که برگ‌ها نسبت به دیگر ساختارها تعرق بیشتری دارند (۶ و ۱۶) و تیمار کلسیمی که به کار برده شد به صورت پاشش بود، میزان جذب برگ‌ها بیشتر بوده است.

بیشترین غلظت کلسیم در ساقه را تیمار cas_1 به خود اختصاص داد (جدول ۴). عواملی مانند سرعت رشد زیاد می‌توانند منجر به انتقال کلسیم ناکافی در اندام‌های مورد نظر شوند (۱۰). میزان کلسیم ساقه در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوسیلیس ۳۸/۴۶٪ نسبت به پاشش سیلیکات پتاسیم در همین غلظت کاهش یافت. پاشش کلرید کلسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر میزان کلسیم ساقه را ۲۹/۶۶٪ نسبت به محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم افزایش داد. کلرید کلسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به شاهد منجر به افزایش ۳۸/۹٪ میزان کلسیم ساقه شد. به نظر می رسد یکی از دلایل تفاوت در میزان کلسیم ساقه تیمار cas_1 نسبت به شاهد، تجمع کلسیم در فلس‌ها باشد (۹) و پاشش کلرید کلسیم منجر به افزایش غلظت آن شده است.

بیشترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار cas_2 مشاهده شد که با نتایج چانگ و همکاران (۹) مبنی بر اینکه کاربرد کلسیم (۳/۵ و ۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به‌تنهایی و همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید در محلول غذایی لیلیوم هیبرید شرقی رقم 'Sorbonne'، میزان پتاسیم برگ‌ها را افزایش داد، همخوانی دارد. پاشش ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کلرید کلسیم منجر به افزایش ۳۵ درصدی پتاسیم برگ نسبت به محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم

در همین غلظت شد. میزان پتاسیم برگ در تیمار cas_2 نسبت به شاهد ۱۶/۴٪ افزایش نشان داد. با افزایش غلظت سیلیکات پتاسیم، میزان پتاسیم برگ افزایش یافت که با نتایج کامنیدو و همکاران (۱۴) در مورد ژربرا مطابقت دارد. افزایش جذب پتاسیم احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت پمپ H^+-ATPase غشای پلاسمایی ریشه توسط سیلیسیم است (۱۵ و ۲۵). در مورد غلظت پتاسیم در ساقه هم بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جداول ۳ و ۴).

بیشترین میزان منیزیم ساقه مربوط به تیمار sd_1 است که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای c، sd_2، cas_1 و cas_2 نداشت (جدول ۴). منیزیم ساقه در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم نسبت به شاهد ۱۵/۱٪ افزایش نشان داد. در این پژوهش، با افزایش غلظت سیلیکات پتاسیم در محلول غذایی، میزان منیزیم ساقه کاهش و EC به میزان ۲۱/۱٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. از آنجا که افزایش EC تأثیر منفی بر غلظت عناصر دارد (۲۷)، بنابراین ممکن است موجب کاهش غلظت منیزیم شده باشد.

تفاوت میزان منیزیم برگ در بین تیمارها در سطح احتمال ۱% معنی‌دار بود. به طوری که بیشترین میزان را تیمار cas_2 و کمترین میزان را تیمار sd_1 به خود اختصاص داد (جداول ۳ و ۴). در صورتی که کامنیدو و همکاران (۱۴) در پژوهشی در مورد ژربرا دریافتند که با افزایش غلظت محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم، میزان منیزیم برگ کاهش یافت، که البته نتایج آنها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پاشش کلرید کلسیم نسبت به شاهد، ۱۵/۷۵٪ منیزیم برگ را افزایش داد. در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، پاشش سیلیکات پتاسیم منجر به افزایش ۳۰/۹٪ منیزیم برگ نسبت به sd_1 شد. در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، منیزیم برگ cas_2 نسبت به sd_2، ۳۲/۸۷٪ افزایش یافت.

همبستگی بین داده‌های میزان کلسیم برگ با میزان پتاسیم و منیزیم برگ معنی‌دار و به ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۰/۹۲ است و دیده شد که با افزایش میزان کلسیم برگ، میزان پتاسیم و منیزیم برگ افزایش یافت. با کاهش پ-هاش، افزایش جذب پتاسیم به وسیله کلسیم شدت می‌یابد که نشان می‌دهد کلسیم اثر منفی غلظت‌های یون هیدروژن را بر جذب پتاسیم خنثی می‌کند (۱). همچنین، کلسیم به خاطر رابطه هم‌افزایی یون‌هایی مثل منیزیم و پتاسیم می‌تواند سبب افزایش جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها در گیاه شود (۲). بررسی نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که منیزیم ساقه با تعداد گلچه رابطه مثبت دارد ($r_=$۰/۶۵ و $P<$۰/۱) و همچنین میزان منیزیم برگ با میزان پتاسیم برگ رابطه مثبت و معنی‌داری داشت ($r_=$۰/۹۶و $P<$۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم، نانوسیلیس و کلرید کلسیم بر غلظت کلسیم، پتاسیم و منیزیم، شاخص میزان کلروفیل و تعداد گلچه لیلیوم 'Brunello' بررسی شد. براساس یافته‌های این پژوهش، در مجموع به نظر می‌رسد که اگر هدف تولید تعداد گلچه بیشتر باشد، تیمار محلول‌دهی سیلیکات پتاسیم در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بهترین تیمار است و غلظت کم سیلیکات پتاسیم بر افزایش تعداد گلچه مؤثرتر می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۹۵ صفحه.

۲. شیراوند، د. و ف. رستمی. ۱۳۸۷. گل‌های آپارتمانی و شاخه بریدنی. انتشارات سروا، ۲۶۰ صفحه.

۳. کریمی، م.، م. حسن پور اصیل، ح. سمیع زاده لاهیجی و س. تالش ساسانی. ۱۳۸۷. اثرات دما و تیمارهای مختلف شیمیایی جهت

افزایش طول عمر گل‌های بریدنی لیلیوم رقم 'Pisa'. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ٤٣: ١-٩.

٤. محقق، پ.، م. شیروانی و س. قاسمی. ١٣٨٩. تأثیر کاربرد سیلیسیم بر رشد و عملکرد دو رقم خیار در سیستم هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ١: ٣٥-٣٩.

5. Adatia, M.H. and R.T. Besford. 1986. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. Ann. Bot. 58: 343-351.
6. Albino-Garduno, R., H.A. Zavaleta-Mancera, L.M. Ruiz-Posadas, M. Sandoval-Villa and A. Castillo-Morales. 2008. Response of gerbera to calcium in hydroponics. J. Plant Nutr. 31: 91-101.
7. Alvarez-Sanchez, M.E., R. Maldonado-Torres, R. Garcia-Mateos, G. Almaguer-Vargas, J. Rupit-Ayala and F. Zavala-Estrada. 2008. Calcium supply in the development and nutrition of Asiatic lilium. Agrosci. 42: 881-889.
8. Burchi, G., D. Prisa, A. Ballarin and P. Menesatti. 2010. Improvement of flower color by means of leaf treatments in lily. Sci. Hort. 125: 456-460.
9. Chang, Y.C., J.P. Albano and W.B. Miller. 2008. Oriental hybrid lily cultivars vary in susceptibility to upper leaf necrosis. Acta Hort. 766: 433-440.
10. Chang, L., Y. Wu, W.W. Xu, A. Nikbakht and Y.P. Xia. 2012. Effects of calcium and humic acid treatment on the growth and nutrient uptake of Oriental lily. Afric. J. Biotechnol. 11(9): 2218-2222.
11. Epstein, E. 1999. Silicon. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 641-664.
12. Hwang, S.J., H.M. Park and B.R. Jeong. 2005.Effect of potassium silicate on the growth of miniature rose 'Pinocchio' grown on rock wool and its cut flower quality. J. Jap. Soc. Hort. Sci.74: 242-247.
13. JungSup, L., P. JongHan and H. KyeongSuk. 2000. Effects of potassium silicate on growth, photosynthesis, and inorganic ion absorption in cucumber hydroponics. Korean Soc. Hort. Sci. 41: 480-484.
14. Kamenidou, S., T.J. Cavins and S. Marek. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Sci. Hort. 123: 390-394.
15. Kaya, C., L. Tuna and D. Higgs. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. J. Plant Nutr. 29: 1469-1480.
16. Kirkby, E.A. and J.D. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant, Cell Environ. 7: 397-405.
17. Liang, Y.C., Q. Chen, Q. Liu, W.H. Zhang and R.X. Ding. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barley (*Hordeum vulgar* L.). Plant Physiol. 160: 1157-1164.
18. Liu, J., S. He, Z. Zhang, J. Cao, P. Lv, S. He, G. Cheng and D.C. Joyce. 2009a. Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. Ruikou flowers. Postharvest Biol. Technol. 54: 59-62.
19. Liu, J., Z. Zhang, D.C. Joyce, S. He, J. Cao and P. Lv. 2009b. Effects of postharvest nano-silver treatments on cut-flowers. Acta Hort. 847: 245-250**.**
20. Lu, P., J. Cao, S. He, J. Liu, H. Li,G. Cheng, Y. Ding and D.C. Joyce. 2010a. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. Postharvest Biol. Technol. 57: 196-202.
21. Lu, P., S. He, H. Li, J. Cao and H.L. Xu. 2010b. Effects of nano–silver treatment on vase life of cut rose cv. Movie Star flowers. J. Food, Agric. Environ. 8: 1118-1122.
22. Miyake, Y., N. Simose and E. Takahashi. 1976. Comparative studies on the silica nutrition in plants, 10: Silicon deficiency of tomato plants demonstration of silicon deficiency. J. Sci. Soil Manure 47: 383-390.
23. Moyer, C., N.A. Peres, L.E. Datnoff, E.H. Simonne and Z. Deng. 2008. Evaluation of silicon for managing Powdery Mildew on Gerbera Daisy. J. Plant Nutr. 31: 2131-2144.
24. Nair, R., S.H. Varghese, B.G. Nair, T. Maekawa, Y. Yoshida and D. Sakthi Kumar. 2010. Review: Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Sci. 179: 154-163.
25. Pei, Z.F., D.F. Ming, D. Liu, G.L. Wan, X.X. Geng, H.J. Gong and W.J. Zhou. 2009. Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. J. Plant Growth Regul. 29(1): 106-115.
26. 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'. Afric. J. Biotechnol. 8: 1502-1508.
27. Romero, F.R., R.J. Gladon and H.G. Taber. 2007. Effect of excessive calcium applications on growth and postharvest performance of bedding-plant impatiens. J. Plant Nutr. 30: 1639-1649.