# واکنش مورفوفیزیولوژیکی ژربرای شاخه بریده به محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم در شرایط کشت بدون خاک

پریسا رنجبر[۱]، محمد جواد نظری دلجو[۱*] و عباس حسین‌زاده[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۰)


## چکیده

**این پژوهش در راستای بررسی تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم به‌عنوان عنصر شبه‌ضروری بر عملکرد، کیفیت گل، عمر گل‌جای و درصد آلودگی ژربرا به سفیدبالک گلخانه اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، قبل از برداشت گل ژربرا رقم 'Stanza' در سیستم بدون خاک (به‌دلیل حذف اثر سیلیسیم موجود در خاک) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بودند. بر اساس نتایج آزمایش، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز و کیفیت گل شامل قطر گل، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و عمر گلجای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیلیسیم قرار گرفتند. غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوکلات سیلیسیم، در مقایسه با شاهد، دارای بیشترین تأثیر بود. هرچند، عملکرد یا تعداد گل برداشت شده در بوته تحت تأثیر سیلیسیم قرار نگرفت. همچنین، نتایج آزمایش بررسی آلودگی ژربرا به سفید بالک به‌ترتیب بیانگر کاهش ۸۹، ۹۹، ۹۸ و ۹۶ درصدی آلودگی بوته‌های ایزوله شده به تخم، پوره، شفیره و حشره کامل، در مقایسه با شاهد، بود. بر اساس نتایج آزمایش مبنی بر تأثیر قابل توجه نانوکلات سیلیسیم بر کیفیت گل و کنترل سفید بالک، آزمایش‌های تکمیلی جهت مقایسه نانوکلات سیلیسیم با سایر منابع سیلیسیمی، مقایسه با سموم شیمیایی و بررسی امکان جایگزینی نانوکودهای سیلیسیمی با کودهای سیلیسمی متداول، به‌ویژه در کشت بدون خاک، به‌دلیل حذف منبع تأمین این عنصر توسط خاک، پیشنهاد می‌گردد.**


**کلمات کلیدی: آبکشت، کنترل غیر شیمیایی، کیفیت پس از برداشت، سفید بالک**

## مقدمه

ژربرا (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) از خانواده مرکبان (۳۴) و پنجمین گل شاخه بریده از نظر تجارت جهانی می‌باشد (۳۶). امروزه فن‌آوری کشت‌های بدون خاک یا آبکشت (Hydroponic) در تولید گل و گیاهان زینتی، به‌ویژه گل‌های شاخه بریده از قبیل ژربرا، رُز، میخک، آنتوریوم و لیلیوم، در حال توسعه می‌باشد (۲). لیکن عدم استفاده از خاک در روش آبکشت و کشت‌های بدون خاک منجر به حذف سایر عناصر

۱. گروه تولیدات گیاهی و مهندسی علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲. گروه گیاهپزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nazarideljou@yahoo.com

مفید و شبه‌ضروری از قبیل سیلیسیم با تأثیر به‌سزا در کمیت و کیفیت محصولات تولیدی و همچنین مقاومت به تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها) و غیر زیستی (شوری و خشکی) می‌گردد (۶ و ۲۱). سیلیسیم به‌عنوان دومین عنصر فراوان پوسته زمین (۲۸٪)، در بیشتر بافت‌ها و اندام‌های گیاهان، از قبیل دیواره سلولی، فضای بین سلولی، اپیدرم، ریشه‌ها، برگ‌ها و اندام‌های زایشی، وجود دارد (۵۸). نتایج تحقیقات حاصل از بررسی تأثیر سیلیسیم بر آهار و آفتابگردان زینتی نشان داده که غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات پتاسیم منجر به افزایش وزن تر و خشک ساقه گل‌دهنده و همچنین غلظت‌های کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به افزایش ضخامت و طول ساقه گل‌دهنده گردید، به‌طوری که محلول‌دهی هفتگی آفتابگردان منجر به افزایش ۲۸ درصدی وزن ساقه گل در مقایسه با شاهد گردید (۳۰). به‌علاوه، کاربرد منابع نانوکلات سیلیسیمی با اندازه بسیار کوچک، به‌دلیل مطابقت و هماهنگی زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه و در نتیجه بهبود جذب و کاهش آبشویی مواد غذایی (۱۷)، می‌تواند نقش بارزتری در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی ایفا نماید

براساس نتایج تحقیقات متعدد، سیلیسیم، ضمن کاهش عدم تعادل مواد غذایی، منجر به افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها می‌گردد (۲۰، ۳۹ و ۵۴). در همین راستا، وولتی و همکاران (۵۸)، در بررسی تأثیر برخی حامل‌های یونی بر جذب و انتقال سیلیسیم در گیاه برنج، افزایش جذب و رسوب‌گذاری سیلیسیم در دیواره‌های سلولی و کنترل کرم ساقه‌خوار (*Scirpophaga incertulas*) و بلاست (*Pyricularia grisea*) برنج تحت تأثیر سیلیسیم را گزارش نمودند. لی و همکاران (۳۵) نیز دریافتند که مصرف سیلیسیم موجب کاهش آلودگی به قارچ *Phytophthora capsici* در فلفل گردید. همچنین فرنچ مونار و همکاران (۲۳) و کیتارا (۱۲) در آزمایش‌های جداگانه‌ای نشان دادند که عنصر شبه‌ضروری سیلیسیم منجر به کاهش آلودگی ریشه فلفل به فیتوفترا و همچنین کاهش چشمگیر آلودگی ریشه کاهوی آبکشتی به فوزاریوم گردید.

در بین آفات ژربرا، سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) به‌عنوان حشراتی گیاه‌خوار، با قطعات دهانی زننده – مکنده و دهان زیر (دارای مراحل مختلف زندگی شامل تخم، پوره‌های سنین اول تا چهارم، شفیره و حشره کامل و ۴–۱۵ نسل در سال) (۳۳) یکی از مهمترین و خسارت‌زاترین آفات گلخانه‌ای ژربرا می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیقات متعدد مبنی بر تأثیر به‌سزای سیلیسیم در بهبود کیفیت و همچنین کنترل تنش‌های زیستی، به‌ویژه عدم شناخت کافی تولیدکنندگان و گلخانه‌داران از عنصر سیلیسیم (علی‌رغم استفاده از سموم شیمیایی وارداتی که عمدتاً حاوی درصد بالایی سیلیسیم می‌باشند)، مهمترین هدف‌های این پژوهش، بررسی درصد آلودگی سفیدبالک به‌عنوان مهمترین آفت گلخانه‌ای ژربرا، علاوه بر تغییرات کیفی گل، به‌ویژه در سیستم بدون خاک یا آبکشت، با توجه به روند روبه رشد و توسعه سطح زیر کشت گل‌های شاخه بریده در سیستم بدون خاک، بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد آزمایشی و تیمارها

این تحقیق، طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ در گلخانه و در شرایط آبکشت، با پوشش پلی‌اتیلن و شرایط محیطی کنترل شده (دمای روزانه ۲±۲۶ درجه سلسیوس، دمای شبانه ۲±۱۹ درجه سلسیوس، طول روز ۱۴ ساعت و رطوبت نسبی ۶۵–۷۵ درصد) طراحی و اجرا گردید. نشاهای ژربرا (*Gerbera jamesonii* cv. 'Stanza') تهیه شده از شرکت رویان نهال محلات (استان مرکزی) پس از ضدعفونی با قارچ کش کاپتان، به گلدان‌هایی با قطر ۱۹ سانتی‌متر حاوی بستر پرلیت و فیبر نارگیل (با نسبت حجمی ۶۰:۴۰) منتقل گردیدند. پس از یک هفته آبیاری و در نتیجه استقرار نشاها و سه هفته پس از کودآبیاری بر اساس محلول استاندارد هوگلند و آرنون (۲۶) هفته‌ای یک‌بار محلول‌پاشی تیمارها شامل غلظت‌های ۵۰

و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوکلات سیلیسیم (قطر ۶ میکرون) (خضرا، ایران) و آب مقطر به‌عنوان تیمار شاهد، تا پایان آزمایش اعمال گردید. مدت زمان ارزیابی تأثیر سیلیسیم بر شاخص‌های کیفی ژربرا و مدت زمان لازم جهت بررسی‌های مربوط به استقرار و آزادسازی سفید بالک گلخانه و بررسی میزان خسارت و همچنین تأثیر سیلیسیم بر کنترل آن به‌ترتیب برابر چهار و دو ماه تحت شرایط کشت هیدروپونیک بود.

## محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ براساس تغییرات وزن تر (FW)، تورژسانس سلولی (TW) و وزن خشک نمونه‌های برگی (DW) با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری گردید (۴۶):

$$RWC = ((FW - DW)/(TW - DW)) \times 100 \qquad [۱]$$

## سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT, EC 1.11.1.6) با استفاده از روش آبی (۴) انجام شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) محتوی ۰/۲ میلی‌لیتر $H_2O_2$ ۱٪ و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. فعالیت آنزیم CAT به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer, UV/VIS Lambda 25) محاسبه شد. برای سنجش میزان فعالیت از ضریب خاموشی (۰/۰۴۳۶ mM/cm) و رابطه ۲ استفاده شد:

$$Units(mM/\min) = \frac{dOD/\min(slope)}{0.0436} \times 0.0003 \qquad [۲]$$

که doD اختلاف بین بیشترین و کمترین عدد و min مدت زمان جذب (در این آزمایش یک دقیقه) می‌باشد.

## سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (GPX, EC 1.11.1.7) با استفاده از روش آپادهایا و همکاران (۵۷) انجام شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار(pH=۷) محتوی ۱ میلی‌لیتر گایاکول ۱٪، ۱ میلی‌لیتر $H_2O_2$ ۱٪ و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. فعالیت GPX به صورت افزایشی در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۴۲۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer UV/VIS Lambda 25) محاسبه شد. برای سنجش میزان فعالیت از ضریب خاموشی (۲۶/۶ mM/cm) و رابطه ۳ استفاده شد.

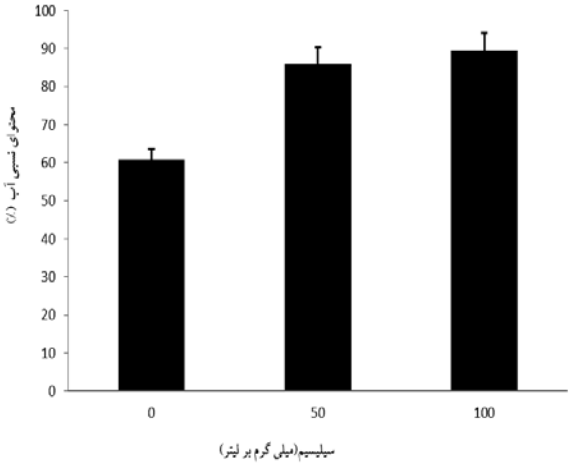
$$Units(mM/\min) = \frac{dOD/\min(slope)}{26.6} \times 0.0003 \qquad [۳]$$

## سنجش عناصر غذایی کلسیم و سیلیسیم

غلظت سیلیسیم (۱۹) در برگ، از نمونه‌های برگی پس از شستشو با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به روش کالریمتری (اسپکتروفتومتر) تعیین گردید. همچنین اندازه‌گیری کلسیم به روش تیتراسیون با محلول ۰/۰۱ نرمال EDTA صورت پذیرفت (۲۸).

## ارزیابی عملکرد و شاخص‌های کیفیت گل

ارزیابی عملکرد طی دوره رشد و نموی ۶ ماهه پس از کشت و براساس تعداد گل‌های برداشت شده در بوته محاسبه گردید. همچنین، شاخص‌های کیفیت شامل قطر گل، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و عمر گلجای پس از برداشت و انتقال گل های شاخه بریده به آزمایشگاه پس از برداشت با شرایط کنترل شده (میانگین دمایی ۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪، مدت روشنایی ۱۴ ساعت با شدت نور ۲۰ میکرومول بر متر بر ثانیه تأمین شده با منبع لامپ فلورسنت) مورد سنجش قرار گرفتند. همچنین، پایان عمر گلجای براساس ظهور علائمی مانند پژمردگی یا پلاسیدگی گلبرگ‌ها، تغییر رنگ، ریزش گل و یا خمیدگی بیش از ۹۰ درجه ساقه گل‌دهنده (۹) محاسبه گردید.




**شکل ۱. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر محتوای نسبی آب برگ ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**

## تکثیر و ایجاد حشرات هم‌سن سفید بالک گلخانه

حشرات مورد نیاز از گلخانه‌های آلوده مجاور، با استفاده از آسپیراتور مکنده جمع‌آوری گردیدند. بعد از تشخیص سفیدبالک گلخانه با استفاده از کلید شناسایی، حشرات بالغ روی نشاهای گوجه فرنگی پرورش داده شدند. برای ایجاد تخم‌ها، پوره‌ها، شفیره‌ها و حشرات کامل هم‌سن، تعداد ۳۰ عدد حشره کامل به درون قفس‌های حاوی گلدان‌های ژربرای محافظت و ایزوله شده با توری ۵۰ مش منتقل و پس از گذشت سه روز (جهت تخم‌ریزی)، نهایتاً حشرات کامل از روی برگ‌ها حذف شدند. آزمایش‌های شمارش میزان آلودگی به تخم، پوره، شفیره و حشرات کامل به ترتیب ۳، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ روز پس از رهاسازی حشرات کامل انجام گردید. با ظهور هر یک از این مراحل، تعداد آن‌ها با استفاده از لوب شمارش و درصد آلودگی محاسبه گردید (۵۰). لازم به ذکر می‌باشد که عمل شمارش طی دوره شش ماهه کشت به مدت ۴ بار تکرار گردید. فواصل شمارشی برحسب مراحل رشدی سفیدبالک تنظیم می‌شد.

## تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

# نتایج و بحث

## محتوای نسبی آب برگ

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم قرار گرفت ($P<0.01$) (شکل ۱)، به‌طوری که بیشترین درصد آب موجود در برگ در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم مشاهده گردید که این مقدار با تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم دارای اختلاف معنی‌دار نبود؛ ولی در مقایسه با تیمار شاهد ۱۰٪ محتوای نسبی آب بیشتری مشاهده گردید. سیلیسیم به‌عنوان عنصر مفید نقش مؤثری در بهبود تعادلات آبی گیاه، از جمله تبخیر و تعرق، ایفا می‌نماید. احتمالاً تأثیر مثبت نانوکلات سیلیسیم در افزایش محتوای نسبی آب در گل ژربرا می‌تواند در راستای مدیریت جذب و مصرف آب توسط گیاه باشد.

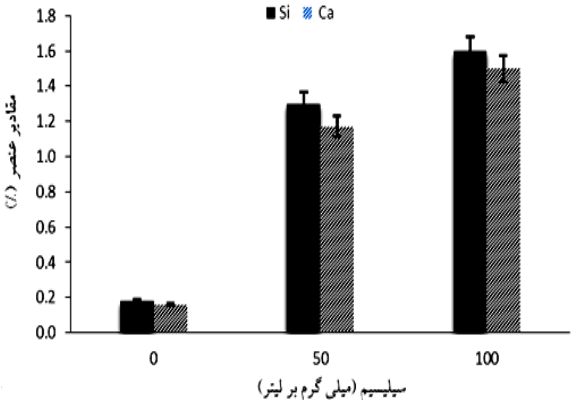
## جذب عناصر معدنی سیلیسیم و کلسیم

براساس نتایج تجزیه واریانس(جدول ۱)، مقدار سیلیسیم موجود در برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم قرار گرفت ($P<0.01$)، به‌طوری که بیشترین درصد سیلیسیم برگ در مقایسه با شاهد در غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم مشاهده گردید. به عبارتی، در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم افزایش حدود ۹۲ درصدی و در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش ۱۸ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی سیلیسیم) حاصل گردید. افزایش جذب سیلیسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی این عنصر در این آزمایش احتمالاً به‌دلیل تأثیر مستقیم نانوکلات سیلیسیم با قطر ذرات کم (۶ میکرون) به جذب بسیار زیاد توسط گیاه و

**جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر سیلیسیم بر شاخص‌های فیزیولوژیک گل شاخه بریده ژربرا *Gerbera jamesonii* 'Stanza'**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | محتوای نسبی آب | کاتالاز | پراکسیداز | سیلیسیم برگ | کلسیم برگ |
| تیمار | ۲ | ۲۴۴/۹۸** | ۰/۰۰۰۲* | ۴/۴** | ۱/۴۳** | ۱/۲۶** |
| خطا | ۶ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۱/۶۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۳ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۴/۳۸ | ۲۲/۳۷ | ۴/۸۹ | ۵/۷۳ | ۴/۵۸ |

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪



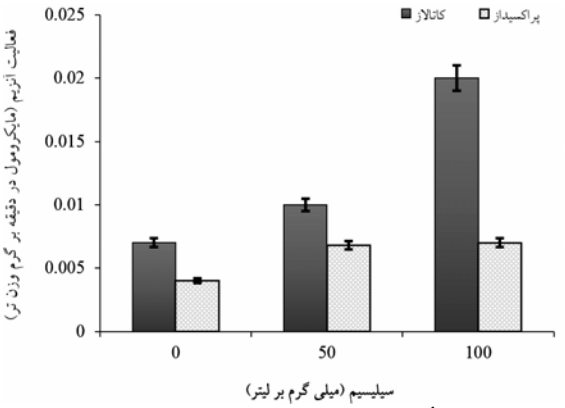

**شکل ۲. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر مقادیر سیلیسیم و کلسیم برگ در ژربرا رقم 'Stanza'(مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون(Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد.)**

همچنین روش تأمین سیلیسیم به‌روش محلول‌پاشی و در نتیجه کاهش و رفع مشکلات مصرف سیلیسیم به‌صورت محلول‌دهی در محیط ریشه از قبیل pH نامناسب، دمای نامناسب و تهویه، که مستقیماً بر فرایند جذب تأثیرگذارند، باشد (۵۵).

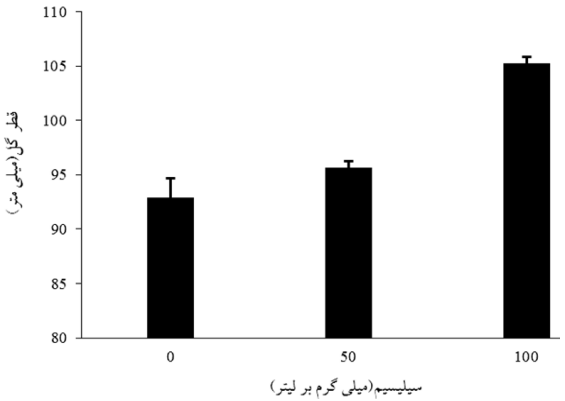
همچنین، جذب کلسیم به عنوان یکی از مهمترین عناصر مؤثر در کیفیت و ماندگاری گل شاخه بریده ژربرا در سطح ۱٪ تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم قرار گرفت (شکل ۲)، به‌طوری که بیشترین درصد کلسیم موجود در برگ در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم مشاهده گردید؛ که نسبت به غلظت ۵۰ میلی‌گرم برلیتر حدود ۲۶/۵ درصد و در مقایسه با تیمار شاهد (بدون سیلیسیم) حدود ۹۳٪ افزایش جذب مشاهده گردید. همان طوری که اشاره گردید، جذب کلسیم به عنوان یک عنصر کم‌تحرک (۱۳) شدیداً تحت تأثیر وضعیت آبی گیاه و میزان تبخیر و تعرق می‌باشد (۲۸). افزایش چشمگیر جذب کلسیم تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی سیلیسیم می‌تواند به‌دلیل نقش مثبت این عنصر در بهبود محتوای نسبی آب بافت و احتمالاً بهبود هدایت روزنه‌ای (۲۲) و افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش جذب کلسیم (که توسط جریان آب و به روش غیرفعال توسط ریشه صورت می‌پذیرد) باشد. در بررسی تأثیر منابع مختلف سیلیسیمی بر ژربرا (۳۲) نشان داده شد که تأمین سیلیسیم منجر به افزایش جذب عناصر معدنی از قبیل کلسیم توسط گیاه می‌گردد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد.

## فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم موجب افزایش معنی‌دار کاتالاز (سه برابری) و همچنین افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز گردید (شکل ۳). این آنزیم‌ها به‌طور عمده در سیتوزول، میتوکندری و پراکسی‌زوم یافت گردیده و منجر به جاروب رادیکال‌های آزاد (۵ و ۲۷) و در نتیجه بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی، که خود عامل تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشند، می‌گردند. بر همین اساس، دلیل احتمالی افزایش فعالیت آنزیم‌های مذکور تحت تأثیر سیلیسیم می‌تواند به‌دلیل تأثیر مثبت این عنصر در بهبود مقاومت گیاه از




**شکل ۳. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**




**شکل ۴. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر قطر گل ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**

**جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر سیلیسیم بر شاخص‌های کیفی گل شاخه بریده ژربرا ('Stanza' *Gerbera jamesonii*)**

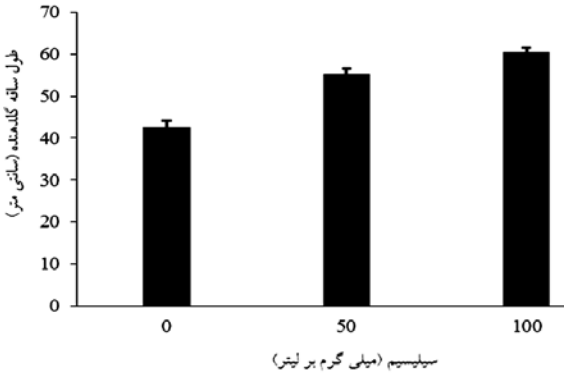
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | قطر گل | ارتفاع ساقه گل‌دهنده | تعداد گل | عمر گل |
| تیمار | ۲ | ۱۰۱/۳** | ۳۳۲/۴۱** | ۰/۱۱ns | ۴۸/۱۱** |
| خطا | ۶ | ۲/۱۵ | ۶/۳۷ | ۰/۵۵ | ۰/۷۷ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۲/۵۵ | ۶/۵۹ | ۱۵/۱۳ | ۱۱/۶۲ |

** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

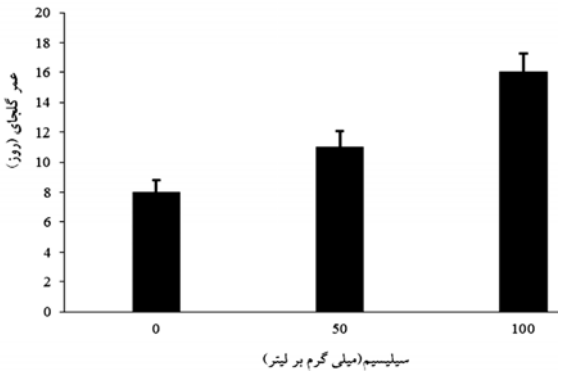
طریق افزایش ظرفیت و توان آنتی‌اکسیدانی باشد که با نتایج آزمایش‌های ما و همکاران (۳۸) مبنی بر تأثیر مثبت سیلیسیم بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیداز دیسموتاز در گیاه خیار مطابقت دارد.

## شاخص‌های کیفی و عملکرد گل ژربرا

قطر گل به‌عنوان یکی از مهمترین پارامترهای کیفیت ژربرا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم قرار گرفت (جدول ۲). بر همین اساس، حداکثر قطر گل در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوکود سیلیسیم، در مقایسه با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) مشاهده گردید (شکل ۴). همچنین، قطر گل‌ها پس از برداشت در تمام تیمارها در ابتدا تا روز سوم آزمایش افزایش و سپس روند کاهشی داشتند. لیکن، روند کاهش در تیمارهای سیلیسیمی به‌طور چشمگیری کمتر از تیمار شاهد بود. افزایش قطر گل تحت تأثیر نانوکلات سیلیسیم احتمالاً به‌دلیل تأثیر مثبت این عنصر در بهبود رشد و نمو و توسعه گل باشد. در بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات سدیم بر کیفیت ژربرا (۳۲) نشان داده شد که غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این عنصر تأثیر مثبتی بر افزایش قطر گل ژربرا، به‌دلیل افزایش فتوسنتز و کاهش تعرق، دارد.




**شکل ۵. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر ارتفاع ساقه گل‌دهنده ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**



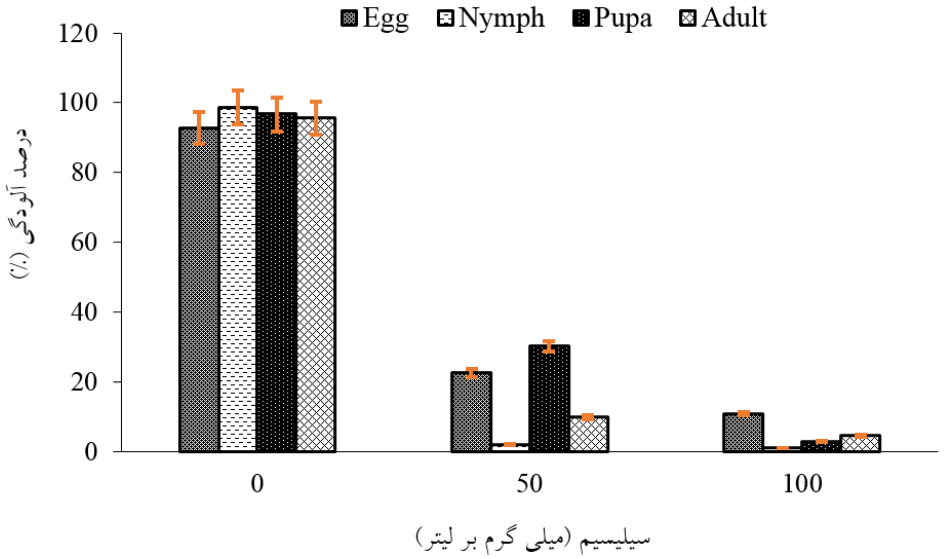

**شکل ۶. تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات سیلیسیم بر عمر گلجای ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**

نتایج مشابهی در ارتباط با ارتفاع ساقه گل‌دهنده (شکل ۵) مشاهده گردید. بر همین اساس، حداکثر ارتفاع ساقه گل‌دهنده (۵۶ سانتی‌متر) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوکلات سیلیسیم در مقایسه با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۴۳ سانتی متر) و تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) (۳۹ سانتی‌متر) مشاهده گردید. افزایش ارتفاع ساقه گل‌دهنده ژربرا تحت اثر نانوکلات سیلیسیم احتمالاً به‌دلیل نقش سیلیسیم در بهبود وضعیت آب در گیاه و در نتیجه افزایش رشد سلولی ناشی از تیمار سیلیسیم باشد (۳۱ و ۳۲)، که با نتایج این آزمایش مبنی بر بهبود محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم (شکل ۱) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

عمر گلجای، به‌عنوان مهمترین شاخص کیفیت در ژربرا، به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم قرار گرفت (P<0.05) (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ماندگاری گل در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوکلات سیلیسیم به‌ترتیب افزایش ۲۸ و ۸۳ درصدی در مقایسه با شاهد (بدون سیلیسیم) نشان داد (شکل ۶). تغذیه مناسب، به‌ویژه بهبود جذب عنصر کم‌تحرک کلسیم (۴۱)، همواره یکی از مهمترین دغدغه‌های تولیدکنندگان ژربرا می‌باشد. براساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم ضمن افزایش جذب عنصر کلسیم ( شکل ۲) منجر به افزایش مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و در نتیجه بهبود ماندگاری یا عمر گلجای ژربرا می‌شود که احتمالا به‌دلیل تأثیر کلسیم بر پدیده پیری (۲۲) و همچنین جاروب رادیکال‌های آزاد توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (۱۵) و در نتیجه کاهش آسیب به پروتئین و غشاء سلولی (۲۷ و ۳۷) می‌باشد. همچنین، با توجه به مشکلات مربوط به جذب کلسیم به‌عنوان یک عنصر کم‌تحرک و ارتباط تنگاتنگ جذب این عنصر با وضعیت و پتانسیل آبی گیاه، احتمالاً سیلیسیم از طریق افزایش محتوای نسبی آب گیاه (شکل ۱) منجر به بهبود جذب کلسیم و در نتیجه افزایش ماندگاری ژربرا گردیده است (۲۵). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش‌های متعدد مبنی بر تأثیر سیلیسیم بر افزایش جذب کلسیم و کیفیت و ماندگاری محصولات باغبانی مطابقت و همخوانی دارد (۱، ۳ و ۴۳).

## آلودگی به تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفیدبالک

تیمار نانوکلات سیلیسیم تأثیر معنی‌داری در کنترل میزان درصد آلودگی به تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفیدبالک نشان داد




**شکل ۷. تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم بر جمعیت تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفید بالک در گل شاخه بریده ژربرا رقم 'Stanza' (مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<۰۰۵) و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) بیانگر خطای استاندارد میانگین (Mean ±SE) می‌باشد)**

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سیلیسیم بر درصد آلودگی گل ژربرا (*Gerbera jamesonii* 'Stanza') به مراحل مختلف رشدی سفید بالک**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تخم سفید بالک | پوره سفید بالک | شفیره سفید بالک | حشره بالغ سفید بالک |
| تیمار | ۲ | ۵۰۴۳/۲۴** | ۸۹۴۳/۱۸** | ۶۳۲۵/۵۵** | ۶۹۷۶/۲۴** |
| خطا | ۶ | ۱۳/۳۸ | ۲/۵ | ۱۰/۳۸ | ۱۴/۴۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۹/۴۴ | ۸/۴۴ | ۶/۶۶ | ۱۲/۶۲ |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

(شکل ۷). با توجه به نتایج، بیشترین آلودگی در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم) مشاهده گردید (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، علی‌رغم کاهش آلودگی و تفاوت معنی‌دار با شاهد در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم، درصد آلودگی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. براساس نتایج تعداد تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفیدبالک در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، در مقایسه با تیمار شاهد، به‌ترتیب حدود ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد کاهش نشان دادند. به طور کلی، افزایش مقاومت مکانیکی به وسیله سیلیسیم در گیاهان باعث افزایش مقاومت در مقابل باکتری‌ها، قارچ‌ها و حشرات می‌گردد (۲۱، ۳۹ و ۴۰). به‌طور کلی، دو نظریه در کنترل آفات به‌وسیله سیلیسیم ارائه شده است: ۱) سیلیسیم انباشته شده در سطح بافت به عنوان یک مانع فیزیکی عمل می‌کند و یا باعث می‌شود که سلول‌های گیاه کمتر مستعد ابتلا به تخریب آنزیمی توسط پاتوژن‌های قارچی شوند. این مکانیسم توسط همبستگی مثبت بین محتوای سیلیسیم و

درجه سرکوب بیماری‌ها و آفات پشتیبانی می‌شود. ۲) کاربرد سیلیسیم به‌عنوان یک سیگنال برای القای تولید فیتوالکسین (Phytoalexin) می‌باشد (۱۱). علاوه بر این، نانوکلات سیلیسیم منجر به افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده و همانطور که قبلاً نیز اشاره گردید، این آنزیم‌ها در جاروب کردن پراکسید هیدروژن نقش دارند و ROSها محصول متابولیسم هوازی‌اند و شامل ترکیباتی مانند سوپراکسیدها، پراکسید، اکسیژن اتمی و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌باشند و طی واکنش‌های انتقال الکترون در میتوکندری، کلروپلاست و پراکسی زوم‌ها تولید می‌گردند و در صورتی که غلظت آن‌ها تنظیم نگردد موجب آسیب به پروتئین، غشا و DNA می‌گردند (۱۵). لیکن افزایش این آنزیم‌ها در گیاه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌گردد(۱۴). استفاده از سیلیسیم در خیار قبل از آلودگی با گونه‌های قارچ فیتیوم (*Phythium*) منجر به تحریک فعالیت آنزیم کیتیناز (Chitinase) و فعال‌سازی سریع پراکسیداز (Peroxidase) و پلی‌فنل اکسیداز (Polyphenoloxidase) می‌گردد. باندهای گلیکوزید- فنل استخراج شده از گیاهان تیمار شده با سیلیسیم که در اثر هیدرولیز اسید و یا بتا-گلوکوزیداز ایجاد شده‌اند موجب فعالیت قوی در قارچ‌ها گردیدند. با این حال، در جو دو سر آلوده شده با بلومریا گرامینیس (*Blumeria graminis*)، کمبود سیلیسیم موجب افزایش سنتز ترکیبات فنلی گردید (۱۶). کمبود سیلیسیم موجب افزایش فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز گردید. به علاوه، کاهش آلودگی ژربرا به سفیدبالک تحت تأثیر محلول پاشی نانوکلات سیلیسیم می‌تواند به‌دلیل تأثیر غیر مستقیم این عنصر از طریق افزایش جذب کلسیم، افزایش مقاومت بافت و در نتیجه کاهش تعداد تخم و کنترل پوره، شفیره و حشره بالغ سفیدبالک باشد، که با نتایج تحقیقات متعدد مبنی بر تأثیر مثبت کلسیم در افزایش استحکام و مقاومت گیاه در مقابل بیماری‌ها و آفات مطابقت و هم‌خوانی دارد (۷، ۱۰، ۱۳، ۱۸، ۲۹، ۵۲ و ۵۳). همچنین، در تحقیقاتی که توسط سلیم و ساکسنا (۴۷) و سلیم و همکاران (۴۸) انجام شد، بیان گردید که مصرف سیلیسیم در گیاهان تک‌لپه، مانند برنج و نیشکر، موجب آسیب کمتر در برابر هجوم حشرات با قطعات دهانی زننده- مکنده می‌گردد. همچنین، در تحقیقات متعددی (۱۷، ۴۲، ۴۴، ۴۵، ۴۹، ۵۱ و ۵۶) تأثیر مثبت سیلیسیم بر افزایش مقاومت به کرم ساقه‌خوار اثبات گردیده است.

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، محلول‌پاشی نانوکلات سیلیسیم علاوه بر کنترل جمعیت سفیدبالک منجر به بهبود کیفیت گل شاخه بریده ژربرا گردید. بر همین اساس، آزمایش‌های تکمیلی در راستای مقایسه نانوکلات سیلیسیم با سایر منابع سیلیسیمی و مقایسه با آفت‌کش‌های مشابه و مورد استفاده در کنترل سفیدبالک جهت جایگزینی و ارائه محصول تجاری نانوکلات سیلیسیم به عنوان کود- دارو در کشت‌های گلخانه‌ای پیشنهاد می‌شود.

## منابع مورد استفاده


۱. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحات ۲۹۶- ۲۹۹.

۲. روستایی، ع. ۱۳۸۱. کشت گیاهان بیرون از خاک (کشت هیدروپونیک). ترجمه، نشر جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۴۲۶ صفحه.

۳. نیکبخت، ع.، م. کافی، م. بابالار، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم زاده و ش. ییپینگ. ۱۳۸۶. اثر هیومیک اسید بر جذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. علوم و فنون باغبانی ایران ۸(۴): ۲۳۷-۲۴۸.

4. Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Method. Enzymol. 105: 121-126.

5. Asada, K. 1992. Ascorbate peroxidase and hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. J. Plant Physiol. 85: 235-

241.
6. Cai, D.L. and F.J. Qian. 1995. Effect of Si fertilization on yield and quality of apples. J. Region. Res. Develop. 14: 64-66.
7. Campanella, V., A. Ippolito and F. Nigro. 2002. Activity of calcium salts in controlling Phytophthora root rot of citrus. J. Crop Prot. 21: 751-756.
8. Carver, T.L.W., M.P. Robbins, B.J. Thomas, K. Troth, N. Raistrick and R.J. Zeyen. 1998. Silicon deprivation enhances localized autofluorescent responses and phenylalanine ammonia-lyase activity in oat attacked by *Blumeria graminis*. J. Physiol. Mol. Plant Pathol. 52: 245-257.
9. Celikel, F.G. and M.S. Reid. 2002. Storage temperature affects the quality of cut flowers from the Asteraceae. HortSci. 37(1): 148-150.
10. Chardonnet, C.O., C.E. Sams, R.N. Trigiano and W.S. Conway. 2000. Variability of three isolates of Botrytis cinerea affects the inhibitory effects of calcium on this fungus. J. Phytopathol. 90: 769-774.
11. Cherif, M., A. Asselin and R.R. Belanger. 1994. Defence responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Phythium* spp. J. Phytopathol. 84: 236-242.
12. Chitarra, W., M. Pugliese, G. Gilardi, M.L. Gullino and A. Garibaldi. 2013. Effect of silicates and electrical conductivity on fusarium wilt of hydroponically grown lettuce. Commun. J. Agric. Appl. Biol. Sci. 78(3): 555-557.
13. Corden, M.E. 1965. Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. J. Phytopathol. 55: 222-224.
14. Dat, J., S. Vandenabeele, E. Vranova, M. Van Montagu, D. Inzé and F. Van Breusegem. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cell. Mol. Life Sci. 57: 779-795.
15. Davey, M.W., E. Stals, B. Panis, J. Keulemans and R.L. Swennen. 2005. High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Anal. Biochem. 347: 201-207.
16. De Capderille, G., L.A. Maffia, F.L. Finger and U.G. Batista. 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. Sci. Hort. 103: 329-338.
17. DeRosa, M.R., C. Monreal, M. Schnitzer, R. Walsh and Y. Sultan. 2010. Nanotechnology in fertilizers. Nat. Nanotech. 5(2): 91.
18. Edgington, L. and J.C. Walker. 1958. Influence of calcium and boron nutrition on development of Fusarium wilt of tomato. Phytopathol. 48: 324-326.
19. Elliot, C.L. and G.H. Snyder. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. J. Agric. Food Chem. 39: 1118-1119.
20. Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 91: 11-17.
21. Epstein, E. and A. Bloom. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2nd edition, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
22. Ferguson, I.B. and B.K. Drobak. 1988. Calcium and regulation of plant growth and senescence. Hort. Sci. 23: 262-266.
23. French-Monar, R.D., F.A. Rodrigues, G.H. Korndorfer and L.E. Datnoff. 2010. Silicon suppresses Phytophthora blight development on bell pepper. J. Phytopathol. 158(7-8): 554-560.
24. Gao, X., C.H. Zou, L. Wang and F. Zhang. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J. Plant Nutr. 29: 1637-1647.
25. Gerasopoulos, D. and B. Chebli. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. J. Hort. Sci. Biotech. 74: 78-81.
26. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, University of California, Berkeley, Calif.
27. Jithesh, M.N., S.R. Prashanth, K.R. Sivaprakash, and A.K. Parida. 2006. Antioxidative response mechanisms in halophytes: Their role in stress defence. J. Genet. 85(3): 237-254.
28. Johnson, J. and M. Ulrich. 1975. Analytical methods for use in plant analysis. Bulletin 766, Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, pp. 26-78.
29. Jones, J.P. and S.S. Woltz. 1967. Fusarium wilt (race2) of tomato: Effect of lime and micronutrient soil amendments on disease development. Plant Dis. Reporter 51: 645-648.
30. Kamenidou, S. 2005. Silicon supplementation affects greenhouse produced cut flowers. MSc. Thesis, Oklahoma State University, USA.
31. Kamenidou, S., T. Cavins and S. Marek. 2009. Evaluation of silicon as a nutritional supplement for greenhouse Zinnia production. Sci. Hort. 119: 297-301.
32. Kamenidou, S., T.J. Cavins and S. Marek. 2010. Silicon supplements affect floriculture quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Sci. Hort. 123: 390-394.
33. Kesing, J.L.M. and R.F.L. Mau. 2005. Trialeurodes vaporariorum (Westwood). Available In:

http://www.extento.hawaii.edu/kbase/Crop/Type/t_vapora.htm.
34. Larson, R.A. 1980. Introduction to Floriculture. Academic Press, London, 607 p.
35. Lee, J.S., S.T. Seol, T.C. Wang, H.I. Jang, D.H. Pae and L.M. Engle. 2004. Effect of potassium silicate amendments in hydroponic nutrient solution on the suppressing of Phytophthora blight (*Phytophthora capsici*) in pepper. Plant Pathol. 20: 277-282.
36. Lim, S.S., S.L. Lee, S.C. Kang and J.B. Kim. 2012. Alstroemeria plants and its biotechnological applications. J. Plant Biotech. 39: 219-224.
37. Luna-Guzman, I. and D.M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biol. Technol. 19: 61-72.
38. Ma, C.C., Q.F. Li, Y.B. Gao and T.R. Xin. 2004. Effects of silicon application on drought resistance of cucumber plants. Soil Sci. Plant Nutr. 50(5): 623-632.
39. Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. Plant Nutr. 50: 11-18.
40. Ma, J.F., Y. Miyake and E. Takahashi. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. PP. 17-36. *In:* Datnoff, L.E., G.H. Snyder and G.H. Korndorfer (Eds.), Silicon in Agriculture, Elsevier Science B.V.
41. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
42. Meyer, J.H. and M.G. Keeping. 2001. Silicon in Agriculture, Past, Present and Future Research of the Role of Silicon for Sugarcane in Southern Africa. Datnoff, L.E., G.H. Snyder and G.H. Korndorfer (Eds.), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 257-276.
43. Moyer, C., N.A. Peres, L.E. Datnoff, E.H. Simonne and Z. Deng. 2008. Evaluation of silicon for managing nanoparticulate material delivery to plants. Plant Sci. 179: 154-163.
44. Nakano, K., G. Abe, N. Taketa and C. Hirano. 1961. Silicon as an insect-resistance component of host plant, found in relation between the rice stem borer and the rice plant. Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 5: 17-27.
45. Panda, N., B. Pradhan, A.P. Samalo and P.S. Rao. 1975. Note on the relationship of some biochemical factors with the resistance in rice varieties to yellow rice borer. Indian J. Agric. Sci. 45: 499-501.
46. Ritchie, S.W. and H.T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.
47. Salim, M. and R.C. Saxena. 1992. Iron, silica, and aluminum stresses and varietal resistance in rice: Effects on whitebacked planthopper. Crop Sci. 32: 212-219.
48. Salim, M., R.C. Saxena and M. Akbar. 1990. Salinity stress and varietal resistance in rice: Effects on whitebacked planthopper. Crop Sci. 30(3): 654-659.
49. Sasamoto, K. 1961. Resistance of the rice plant applied with silicate and nitrogenous fertilizers to the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. Proc. Faculty of Liberal Arts Education, 3, Yamanashi University, Japan.
50. Savant, N.K., L.E. Datnoff and G.H. Snyder. 1997. Depletion of plant available silicon in soils: A possible cause of declining rice yields. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28(13-14): 124-125.
51. Sharma, V.K. and S.M. Chatterji. 1971. Studies on some chemical constituents in relation to differential susceptibility of some maize germplasms to *Chilo zonellus* (Swinhoe). Indian. J. Entomol. 33: 414-424.
52. Standaert, J.Y., C. Myttenaere and J.A. Meyer. 1973. Influence of sodium/calcium ratios and ionic strength of the nutrient solution on Fusarium wilt of tomato. Plant Sci. Lett. 1: 413-420.
53. Starkey, K.R. and A.R. Pederson. 1997. Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122: 863-868.
54. Takahashi, E., J.F. Ma and Y. Miyake. 1990. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. Comm. Agric. Food Chem. 2: 99-122.
55. Tavosi, M., A. Heidarpoor and A. Char Sughi. 2007. Nano material: Methods of synthesis. First edition, Esfahan Nosuh, Esfahan.
56. Ukwungwu, M.N. 1990. Host plant resistance in rice to the African striped borer *Chilo zacconius* Bles. (Lepidoptera: Pyralidae). Int. J. Trop. Insect Sci. 11: 639-647.
57. Updhyaya, A., D. Sankhla, T.D. Davis, N. Sankhla and B.N. Smidth. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. J. Plant Physiol. 121: 453-461.
58. Voleti, S.R., A.P. Padmakumari, V.S. Raju, Setty Mallikarjuna Babu and Subramania Ranganathan. 2008. Effect of silicon solubilizers on silica transportation, induced pest and disease resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Crop Prot. 27: 1398-1402.