

## Effect of Nano-Silicon and Imidacloprid Foliar Application on Morpho-Physiological Characteristics of Gerbera Cut Flower and Its Reaction to Whitefly under Greenhouse Conditions

Parisa Ranjbar<sup>1</sup>, Mohammad Javad Nazarideljou<sup>2\*</sup> and Abbas Hosseinzadeh<sup>3</sup>

- 1- M.Sc. Graduate of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran (nazarideljou@yahoo.com)
- 3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

Received: 16 October, 2018

Accepted: 6 February, 2019

### Abstract

#### Background and Objectives

Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) is known as the world's fourth cut flower and silicon (Si) is considered the second most abundant element (28%) of the Earth's crust. Silicon deposition in most tissues and organs, such as plant cell wall, the space between the cells of the epidermis, roots, leaves, and reproductive organs causes resistance to environmental stresses, insects, and pathogens into the plant. Greenhouse whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*) are the most important pests in several crops such as gerbera, which have herbivorous insects with piercing-sucking mouthparts and have 4 to 15 in their generation.

#### Materials and Methods

Considering the numerous environmental risks posed by using pesticides in pest control especially under greenhouse conditions, this study was conducted to compare whiteflies control with imidacloprid pesticide and nano-silicon fertilizer (NSF) as a quasi-essential element in plant nutrition and their impacts on improving resistance to pest. This research was designed as a pot experiment in a soilless greenhouse with polyethylene (PE) coated and controlled environmental conditions. Flower quality components, including flower diameter, flowering stem height and vase life, relative water content (RWC), vase solution uptake, the total phenol content, leaf Ca<sup>++</sup> and Si<sup>+</sup> content and whiteflies contamination (egg, nymph, pupa, and adult) were evaluated using a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in a hydroponic greenhouse.

#### Results

The results showed that NSF caused a significant increase of flower diameter, stem length and vase life of flower compared to imidacloprid. Also, NSF increased total phenol content. Leaf calcium and Si concentration in treatment with NSF showed a significant increase compared to other treatments. In addition, the percentage of whitefly population significantly decreased under applying NSF and imidacloprid compared to the control plants. Spraying imidacloprid despite whitefly control led to the reduction of flower diameter and total phenol content. Also, imidacloprid

significantly increased flowering stalk height and the contamination of whitefly nymph with respect to NSF.

**Discussion**

According to the results of the present research, foliar application of NSF not only reduced the environmental impact caused by using chemical pesticides but also led to the control of whiteflies population and improved the quality of gerbera cut flower. Therefore, we recommend the use of NSF as a fertilizer-medicine in greenhouse cultivation of gerbera 'Stanza'.

**Keywords:** Environment pollution, Non-essential element, Pesticides, Soilless culture, Vase life

## مقایسه محلول پاشی نانوکلات سیلیسیم و ایمیداکلوپراید بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گل شاخه بریده ژربرا و کنترل سفید بالک (*Trialeurodes vaporariorum*) در شرایط گلخانه

پریسا رنجبر<sup>۱</sup>، محمدجواد نظری دلجو<sup>۲\*</sup> و عباس حسین زاده<sup>۳</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران  
 ۲- نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران (nazarideljou@yahoo.com)  
 ۳- استادیار، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۴

### چکیده

با توجه به خطرات زیست محیطی متعدد ناشی از استفاده از آفت کش ها به ویژه در شرایط گلخانه ای، این مطالعه به منظور مقایسه اثر آفت کش ایمیداکلوپراید و نانوکلات سیلیسیم به عنوان یک عنصر شبه ضروری بر کنترل آفت مهم گلخانه ای سفید بالک و تغییرات رشد و نموی و کیفی گل تحت تأثیر تیمارها، در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد انجام شد. بر همین اساس محلول پاشی برگی نانوکلات سیلیسیم (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و ایمیداکلوپراید بر شاخه های رشدی، عملکرد و کیفیت گل شاخه بریده ژربرا رقم "استانزا" و همچنین درصد آلودگی به سفید بالک (تخم، پوره، سفیره و حشره بالغ) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه هیدروپونیک انجام شد. بر اساس نتایج، محلول پاشی نانوکلات سیلیسیم در مقایسه با ایمیداکلوپراید منجر به افزایش معنی دار کیفیت گل شامل قطر گل، طول ساقه گل دهنده و عمر گلجایی گردید. همچنین محتوای فنل کل و محتوای کلسیم و سیلیسیم برگ تحت تأثیر نانوکلات سیلیسیم افزایش یافت. درصد جمعیت سفید بالک گل های تیمار شده با نانوکلات سیلیسیم و ایمیداکلوپراید به طور معنی داری در مقایسه با شاهد (بدون تیمار محلول پاشی) کاهش یافت. اما تیمار ایمیداکلوپراید با وجود کنترل سفید بالک منجر به کاهش قطر گل و محتوای فنل کل گردید. همچنین، ایمیداکلوپراید به طور قابل ملاحظه ای، موجب افزایش ارتفاع ساقه گل دهنده و عدم کنترل پوره در مقایسه با نانوکلات سیلیسیم شد. با توجه به کنترل مثبت و قابل توجه سفید بالک تحت تأثیر نانوکلات سیلیسیم و همچنین بهبود کیفیت گل در مقایسه با تیمار ایمیداکلوپراید، استفاده از محلول پاشی نانوکلات سیلیسیم قابل توصیه است.

کلیدواژه ها: آفت کش، آلودگی محیط زیست، عمر گلجایی، عناصر مفید، کشت بدون خاک

### مقدمه

کشور هلند قرار دارد (AIPH, 2017). این گیاه به دو صورت کشت خاکی و بدون خاک تولید گردیده، لیکن فناوری تولید گلخانه ای به روش بدون خاک یا آبکشت اغلب به علت افزایش بهره وری مهم ترین روش تولید این

ژربرا (*Gerbera jamesonii* Bolus ex.) به عنوان چهارمین گل شاخه بریده در بین ده گل بریدنی برتر جهان با حجم معاملات ۱۳۴ میلیون یورو در بازار حراج گل

گیاه است.

سفید بالک (*Trialeurodes vaporariorum*) از آفات مهم گلخانه‌ای ژربرا، حشره‌ای گیاهخوار، با قطعات دهانی زنده‌مکنده و دهان زیر، دارای ۱۵-۴ نسل در سال است (Kesing and Mau, 2005).

حشره کش ایمیداکلوپراید با نام تجاری کنفیدر (Confidor) و گاچو (Gaucho) جزء حشره کش‌های شبه نیکوتینی (Neonicotinoid) و از گروه شیمیایی ایمیدازول‌ها بوده که دارای اثر تماسی و خاصیت سیستمیکی بسیار زیاد است (Matsuda and Sattelle, 2005). از مزایای کنترل شیمیایی آفات می‌توان به اثرگذاری سریع و مؤثر، امکان تکرار سم‌پاشی در صورت لزوم، انهدام قابل اطمینان آفات و از معایب این روش می‌توان به ظهور نژادهای مقاوم، اثر سوء بر موجودات غیر آفت، محیط زیست (خاک، آب، حیوانات، زنجیره غذایی و غیره)، ایجاد مسمومیت و بیماری‌های مختلف در انسان مانند پارکینسون، ناقص‌الخلقگی، سرطان و غیره اشاره کرد (Reed, 2002). همچنین استفاده مکرر و بی‌رویه از آفت‌کش‌ها در بسیاری از موارد سبب افزایش جمعیت آفات و نه کنترل آن‌ها گردیده و اغلب باعث ظهور نسلی از آفات می‌شوند که قبلاً به‌ندرت صدمه‌ای را به وجود می‌آورده‌اند (Simon, 2008). در کشاورزی مدرن امروزی، سالانه میلیون‌ها تن آفت‌کش و سموم مختلف برای کنترل آفات و در نهایت افزایش میزان تولید استفاده می‌شود که بر اساس تحقیقات کمتر از پنج درصد بر موجودات هدف اثر و مابقی آن‌ها منجر به آلودگی خاک‌ها و آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع و سمیت و در نتیجه اختلال در رشد گیاهان و موجودات زنده می‌شوند (Nawaz et al., 2011).

سیلیسیم به‌عنوان دومین عنصر فراوان (۲۸ درصد) پوسته زمین به‌طور عمده در قالب اسید سیلیسیک و بسته به گونه گیاهی ۱۰-۱ درصد ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. سیلیسیم به‌دلیل رسوب در بیشتر بافت‌ها و اندام‌های گیاهی از قبیل دیواره و فضای بین سلولی،

اپیدرم، ریشه‌ها، برگ‌ها و اندام‌های زایشی موجب مقاومت در برابر تنش‌های زیستی، نفوذ حشرات و پاتوژن‌ها به داخل گیاه می‌گردد (Epstein and Bloom, 2005).

بر اساس نتایج تحقیقات متعدد، سیلیسیم ضمن ایجاد تعادل مواد غذایی منجر به افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها می‌گردد (Epstein, 1994; Ma, 2004). 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 و بلاست برنج تحت تأثیر سیلیسیم را گزارش نمودند (Voleti et al., 2008). علاوه بر این، استفاده از نانو کلات سیلیسیم که از جمله روش‌های امن زیست‌محیطی برای حفاظت گیاهان در مقایسه با حشره‌کش‌ها هستند و اندازه بسیار کوچک (۶ میکرون) آن به دلیل هماهنگی زمان و میزان انتشار عناصر با نیازهای غذایی گیاه می‌تواند موجب افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی با بهبود جذب و کاهش آبتشویی مواد غذایی گردد (Chehrazi et al., 2018; Moghimi Pour et al., 2015). همچنین این مواد به دلیل ذرات با سایز نانو خود احتمالاً نقش مؤثرتری در نفوذ و استحکام بافت‌های گیاهی و احتمالاً کنترل آفات و بیماری‌ها داشته باشند (Saadatian and Kafi, 2015).

تیمار سیلیکون در میوه پاپایا (Eswaran and Manivannan, 2007)، گوجه‌فرنگی (Stout et al., 1994) و تیمار سیلیکات کلسیم در میوه خیار (Correa et al., 2003) منجر به افزایش مقاومت در برابر حشره سفید بالک شد. سیلیکون منجر به فعال شدن مسیرهای سنتز ترکیباتی مثل اسید سالیسیلیک و اس-متیل بنزول تیادیازول-۷-کربوتیویک (S-methyl benzol Thiadiazole-7-Carbothioic (BTH)) می‌شود (Kessmann et al., 1994). این ترکیبات فعال‌کننده آنزیم کیتیناز، ۱ و ۳-گلوکوناز، پلی فنل اکسیداز و فنیل آلانین آمونیا لاز و همچنین تولیدکننده ترکیبات ثانویه در گیاه هستند که موجب کاهش اکسید شدن ترکیبات فنلی و

تعداد ۳۰ عدد حشره کامل به درون قفس‌های حاوی گلدان‌های ژربرای محافظت و ایزوله شده با پلاستیک شفاف (جهت دریافت نور توسط گیاه) و توری ۵۰ مش منتقل و پس از گذشت سه روز (جهت تخم‌ریزی) حشرات کامل از روی برگ‌ها حذف شدند. همچنین محلول پاشی با آب مقطر به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. تعداد گلدان‌های کشت شده در هر تیمار (با احتساب سه تکرار و دو گلدان در هر تکرار یا واحد آزمایشی) برابر شش گلدان در نظر گرفته شد.

### شاخص‌های مرفولوژیک گل

قطر گل، ارتفاع ساقه گل دهنده و همچنین عمر گلجایی پس از برداشت و انتقال گل شاخه بریده به آزمایشگاه پس از برداشت با شرایط کنترل شده (درجه حرارت ۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰ درصد، دوره روشنایی ۱۴ ساعت با شدت ۲۰ ماکرومول بر متر بر ثانیه لامپ فلورسنت) مورد سنجش قرار گرفتند. پایان عمر گلجایی بر اساس ظهور علایمی مانند پژمردگی و تغییر رنگ گلبرگ‌ها و نیز از دست رفتن کیفیت ظاهری گل از زمان برداشت تا پایان زمان قرارگیری در ظرف شیشه‌ای حاوی آب معمولی ارزیابی شد (Celikel and Reid, 2002).

### محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ در پایان آزمایش و قبل از حذف بوته‌ها جهت بررسی پارامترهای رشد و نمو پس از تعیین وزن تر، خشک و آماس نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Ritchie and Nguyen, 1990).

### میزان جذب آب توسط ساقه گل دهنده

مقدار آب موجود در ظرف نگهدارنده گل بدون ساقه گل دهنده در طول دوره پس از برداشت تا پایان عمر گل در هر تیمار ارزیابی، ثبت و میانگین روزانه جذب (Water Solution Uptake) به ازای هر گرم وزن تر محاسبه گردید (He et al., 2006).

### محتوای فنل کل

برای تعیین محتوای فنل کل، ۱ میلی‌لیتر عصاره متانولی برگ تازه به ۹ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و سپس

افزایش سنتز ترکیبات فنل و افزایش مقاومت دیواره سلولی گیاهان در برابر آفات و حشرات می‌شوند (Correa et al., 2003).

با توجه به مطالب و نتایج تحقیقات مذکور مبنی بر تأثیر بسزای سیلیسیم در کنترل تنش‌های زیستی و همین‌طور مضرات استفاده از سموم شیمیایی، این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر محلول پاشی نانوکلات سیلیسیم و حشره‌کش ایمیداکلوپراید بر کنترل سفید بالک به عنوان مهم‌ترین آفت گلخانه‌ای ژربرا و همچنین تغییرات کیفیت گل تولیدی تحت تأثیر تیمارها در سیستم بدون خاک اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

#### مواد آزمایشی و تیمارهای مورد بررسی

این تحقیق به صورت یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشجویان تحصیلات تکمیلی گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۲ اجرا گردید. کشت گیاهان در گلخانه بدون خاک با پوشش پلی‌اتیلن با شرایط محیطی کنترل شده (دمای روزانه  $26 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد، دمای شبانه  $19 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد، طول روز ۱۴ ساعت، و رطوبت نسبی ۶۵-۷۵ درصد) انجام شد. نشاء ژربرا حاصل از کشت بافت از شرکت رویان نهال محلات تهیه و به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۹ سانتی‌متر حاوی بستر پرلیت و فیبر نارگیل (به ترتیب با نسبت حجمی ۴۰ به ۶۰) منتقل گردیدند. پس از یک هفته آبیاری و در نتیجه استقرار نشاء و سه هفته پس از کود آبیاری از محلول استاندارد هوگلند (۱۹۵۰)، هفته‌ای یک‌بار محلول پاشی تیمارهای نانوکلات سیلیسیم (خضراء، ایران) در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ایمیداکلوپراید (شرکت آریا، SC 35%) تا پایان آزمایش اعمال گردید. برای آلودگی بوته به سفید بالک، حشرات مورد نیاز از گلخانه‌های آلوده مجاور، با استفاده از آسپیراتور مکنده جمع‌آوری شدند. حشرات بالغ روی نشاهای گوجه‌فرنگی پرورش داده شدند. برای ایجاد تخم‌ها، پوره‌ها، شفیره‌ها و حشرات کامل هم‌سن،

۱ میلی لیتر معرف Folin-Ciocalteu اضافه و مخلوط شد. جذب هر نمونه در طول موج ۷۵۰ نانومتر به روش اسپکتروفتومتری قرائت و فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه و به صورت میلی گرم اسید گالیک (GAE) به ازای هر کیلوگرم وزن خشک بیان شد (Marinova et al., 2005).

### سنجش مقادیر سیلیسیم و کلسیم برگ

سنجش عناصر معدنی برگ در پایان آزمایش و از برگ‌های بالغ کاملاً توسعه یافته نمونه برداری انجام گردید. برای تعیین محتوای سیلیکون برگ، از روش (Elliot and Snyder, 1991) استفاده شد. پس از هضم و آماده سازی نمونه‌ها جذب آن‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت سیلیسیم محاسبه شد. همچنین برای اندازه گیری مقدار کلسیم در بافت برگ روش فتومتری شعله ای و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت نهایی (گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بافت) محاسبه شد (Chapman and Pratt, 1982).

### نحوه و زمان سنجش میزان آلودگی به سفید بالک

آزمایش‌های شمارش میزان آلودگی به تخم، پوره، سفیره و حشرات کامل به ترتیب ۳، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ روز پس از رهاسازی حشرات کامل (دوماه پس از کشت بوته‌ها) انجام گردید. تعیین درصد آلودگی بوته‌ها، پس از برداشت تصادفی نمونه‌های برگ‌گی و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه) و بررسی ظهور هر یک از این مراحل تعداد آن‌ها با استفاده از لوپ شمارش و درصد آلودگی محاسبه گردید (Savant et al., 1997). لازم به ذکر است که عمل شمارش طی دوره شش ماهه کشت به مدت ۴ بار تکرار شد. فواصل شمارشی بر حسب مراحل رشدی سفیدبالک تنظیم می‌شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

انجام شد.

## نتایج و بحث

### قطر گل

قطر گل ژبراً به عنوان یکی از مهم ترین پارامترهای کیفیت تحت تأثیر کاربرد نانو کلات سیلیسیم قرار گرفت (۰/۰۱ < P). تیمار ایمیداکلوپراید بر قطر گل تأثیری نداشت. بر این اساس، حداکثر قطر گل در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر در مقایسه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم و کنترل مشاهده شد (شکل ۱-۱). افزایش قطر گل تحت تأثیر نانو کلات سیلیسیم احتمالاً به دلیل تأثیر مثبت این عنصر در بهبود رشد و نمو و توسعه گل باشد. در بررسی تأثیر سیلیسیم بر کیفیت ژبراً گزارش گردید که سیلیسیم تأثیر مثبتی بر افزایش قطر گل به دلیل افزایش فتوسنتز دارد (Kamenidou et al., 2010). لازم به ذکر می‌باشد که اثر متقابل سیلیسیم × حشره کش نیز معنی دار نبود.

### طول ساقه گل دهنده

طول ساقه گل دهنده تحت تأثیر تیمار ایمیداکلوپراید و نانو کلات سیلیسیم قرار گرفت. بر این اساس، حداکثر طول ساقه گل دهنده در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم برابر ۵۴ سانتی متر مشاهده شد (شکل ۱-۲). ارتفاع گل از شاخص‌های مهم کیفی در پرورش گل‌های شاخه بریده می‌باشد؛ افزایش ارتفاع ساقه گل دهنده را نیز می‌توان به افزایش تقسیم و رشد سلولی، افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش جذب مواد غذایی در اثر استفاده از نانو کلات سیلیسیم نسبت داد؛ چراکه این عنصر تأثیر مستقیمی بر رشد و نمو سلول‌ها دارد. تیمار ایمیداکلوپراید در غلظت صفر و ۱۰۰ پی پی ام نانو کلات سیلیسیم اثر منفی بر طول ساقه گل دهنده داشت (شکل ۱-۲). در تحقیقی که توسط Kamenidou et al. (2009) انجام گردید مشخص شد که محلول دهی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم باعث افزایش طول ساقه گل دهنده در آهار شد که با نتایج این تحقیق در ارتباط با مصرف سیلیسیم و افزایش طول ساقه گل دهنده کاملاً مطابقت و همخوانی دارد.

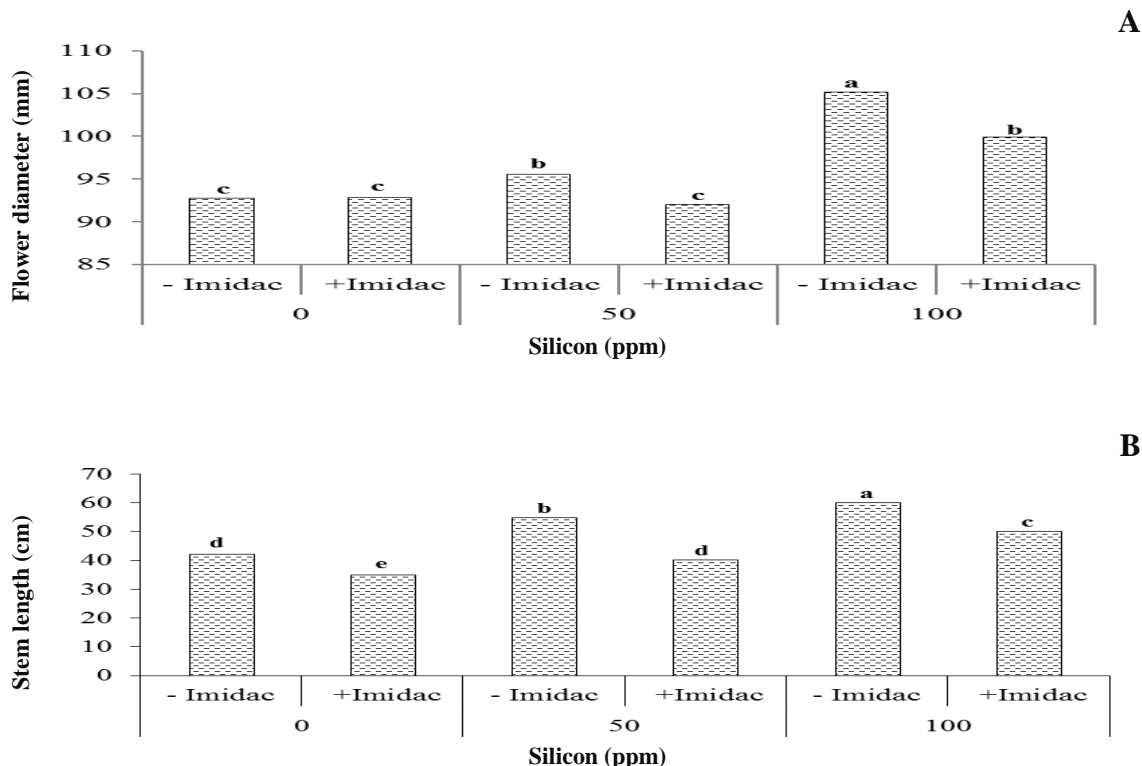


Figure 1. Flower diameter (A) and flowering stem length (B) of gerbera cut flower 'Stanza' under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid

(Nazari Deljou et al., 2012) و همچنین این آزمایش، رابطه مستقیمی بین جذب آب توسط ساقه گل دهنده و عمر گل ژبررا وجود دارد (شکل ۴) بهبود عمر گل تحت تأثیر نانو کلات سیلیسیم در این آزمایش نیز می تواند به دلیل افزایش جذب آب محلول نگهدارنده طی دوره پس از برداشت و در نتیجه افزایش عمر گل در مقایسه با تیمار شاهد و ایمیداکلوپراید باشد (شکل ۳-B). با توجه به شکل (۳-A) محتوای نسبی آب بافت تحت تأثیر تیمار ایمیداکلوپراید کاهش یافته در نتیجه موجب کاهش عمر گلجایی گل گردیده است. سایر نانو مواد باعث ایجاد خواص فیزیکوشیمیایی ویژه و متفاوتی از مواد حجیم و یا ذرات بزرگتر می شود. مواد در مقیاس نانو مفیدتر و با صرفه تر از مواد بزرگ و حجیم هستند. نانوذرات، مساحت بالاتری نسبت به حجم دارند که منجر به افزایش واکنش می شوند و انحلال پذیری و پراکندگی این عناصر و جذب آن ها توسط گیاه افزایش می یابد (Ahmad et al., 2005).

#### محتوای نسبی آب برگ (RWC)

محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر نانو کلات

#### عمر گلجایی

عمر گلجایی به طور معنی داری تحت تأثیر محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم ( $P < 0.05$ ) قرار گرفت. به عبارتی غلظت های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم به ترتیب منجر به افزایش ۲۸ و ۸۳ درصدی ماندگاری گل در مقایسه با شاهد (بدون محلول پاشی) گردیدند (شکل ۲). برخلاف نانو کلات سیلیسیم، محلول پاشی گل ها با ایمیداکلوپراید منجر به کاهش (۳ روز) عمر گلجایی در مقایسه با شاهد گردید. همچنین عمر گلجایی تحت تأثیر اثر متقابل تیمارها قرار گرفت و بیشترین عمر گلجایی گل در تیمار ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم و بدون ایمیداکلوپراید و کمترین عمر در تیمار محلول پاشی ایمیداکلوپراید و صفر میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم حاصل شد. سیلیسیم به صورت سیلیکات های بی شکل در گیاهان عالی در حشره کش های گیاهی در دیواره سلولی، فضای بین سلولی و اندام های گیاهی رسوب می کند؛ که بیشتر نقش های سیلیسیم به همین رسوب نسبت داده می شود. بر اساس نتایج آزمایش های متعدد



تعدادات آبی گیاه از جمله تبخیر و تعرق ایفا می نماید. این عنصر از طریق کاهش سرعت تعرق در شرایط تنش، منجر به صرفه جویی در مصرف آب از طریق ممانعت از تخریب آوندها و خروج آب کمتر از گیاه می گردد (Gao et al., 2006). بنابراین تأثیر مثبت سیلیسیم در افزایش محتوای نسبی آب در گل ژبرای می تواند در راستای مدیریت جذب و مصرف آب توسط گیاه باشد.

افزایش یافت. همچنین محتوای نسبی آب به طور معنی داری تحت تأثیر اثر متقابل قرار گرفت؛ بر همین اساس بیشترین مقدار آب برگ در تیمار ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانوکلات سیلیسیم بدون سم و حداقل محتوای نسبی آب برگ در تیمار بدون سیلیسیم و محلول پاشی ایمیداکلوپراید مشاهده شد (شکل ۳-۳-۱). سیلیسیم به عنوان عنصر شبه ضروری نقش مؤثری در بهبود

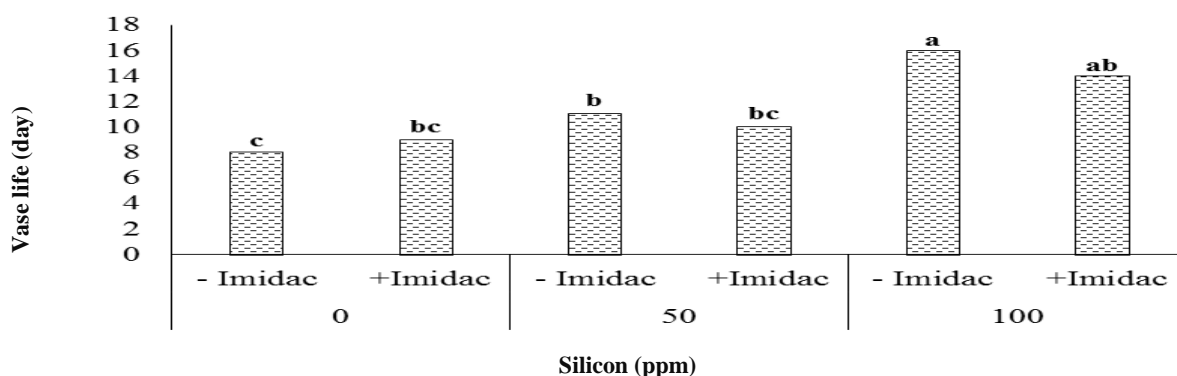


Figure 2. Vase life of gerbera cut flower 'Stanza' under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid

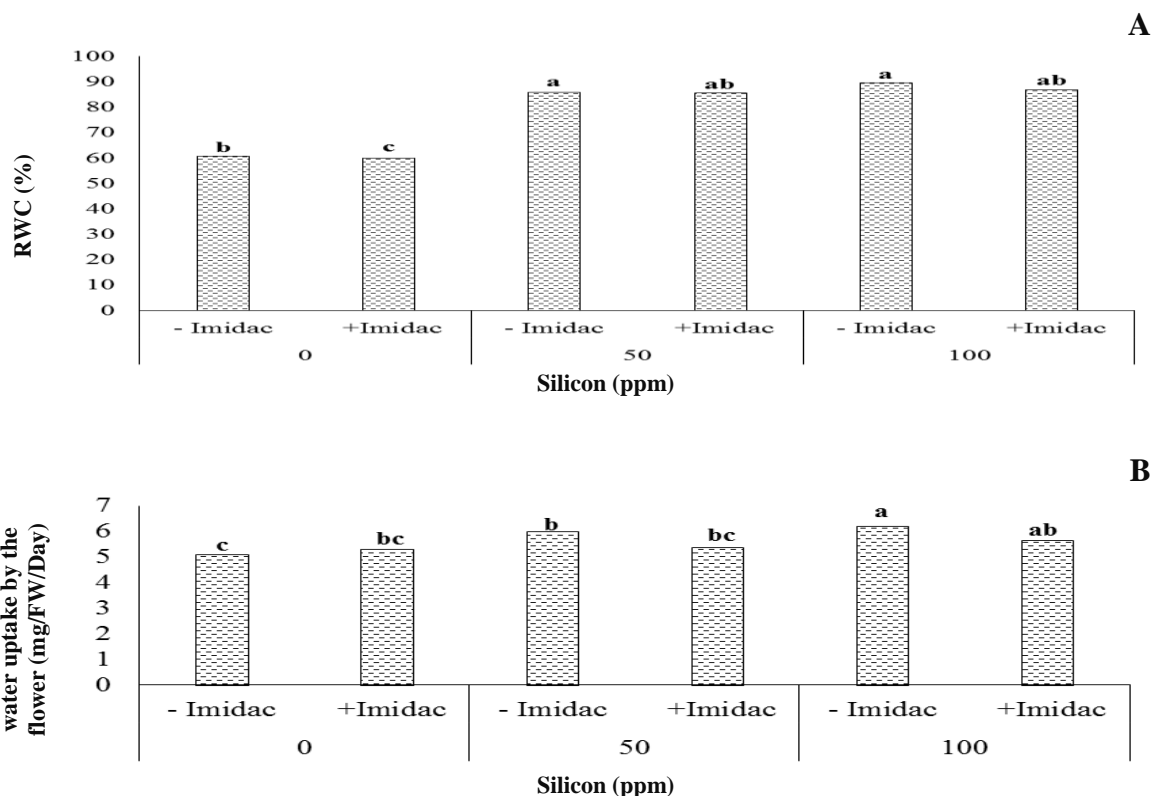


Figure 3. Leaf relative water content (RWC) (A) and flowering stem water uptake (B) of gerbera cut flower 'Stanza' under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid



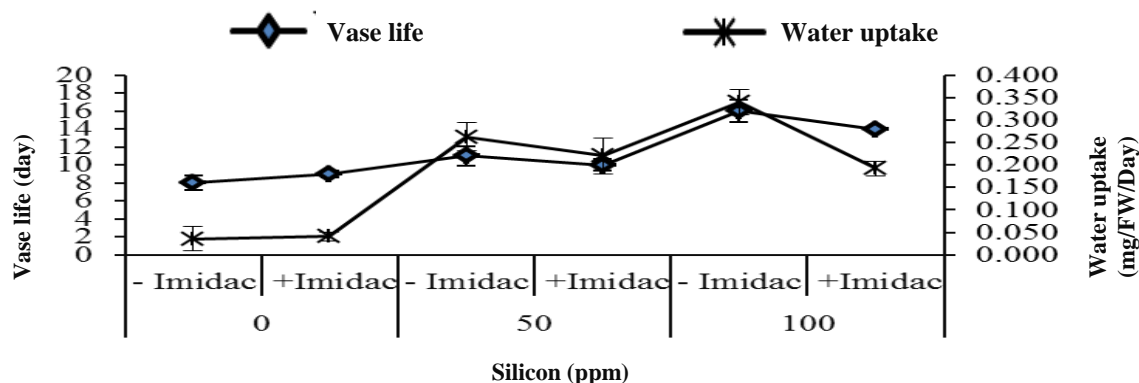


Figure 4. Water uptake and vase life of gerbera cut flower 'Stanza' under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid

موجب افزایش مقدار فنل کل گردید ( $P \leq 0/01$ ). تیمار حشره کش و همچنین اثر متقابل تیمار سیلیسیم × حشره کش نیز معنی دار بود (شکل ۵-A). در تیمار بدون نانو کلات سیلیسیم، ایمیداکلوپراید موجب افزایش میزان فنل شد ولی با افزایش غلظت نانو کلات سیلیسیم میزان فنل کل افزایش یافت ولی در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نانو کلات سیلیسیم تیمار حشره کش موجب کاهش میزان فنل شد. نتایج تحقیقات نشان داده که ترکیبات فنلی باعث حفاظت سلول‌ها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شوند؛ در واقع عملکرد پاداکسایشی فنل‌ها به صورت یک تبدیل یک طرفه به رادیکال‌های فنوکسی به واسطه یک آنزیم یا این که به طور غیرمستقیم انجام می‌گیرد، این رادیکال‌های تولیدشده می‌توانند به وسیله ترکیب دیگری مانند AA احیا شوند (Omaye et al., 1979). لازم به ذکر است که روابط بین عناصر معدنی و ترکیبات فنلی و همچنین ارتباط بین آفت کش‌ها و ترکیبات فنلی به عنوان متابولیت‌های ثانویه در گیاهان بسیار پیچیده بوده و نیازمند آزمایشات تکمیلی و دقیق جهت تشریح برهمکنش این مواد بر هم می‌باشد.

#### مقادیر سیلیسیم و کلسیم برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مقدار سیلیسیم موجود در برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیسیم قرار گرفت، ولی این شاخص تحت تأثیر تیمار حشره کش و اثر متقابل قرار نگرفت. به طوری که بیشترین درصد سیلیسیم برگ

#### میزان جذب آب

بر اساس نتایج، جذب آب تحت تأثیر محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم قرار گرفت، اما تیمار ایمیداکلوپراید جذب آب را کاهش داد. همچنین اثرات متقابل نانو کلات سیلیسیم و ایمیداکلوپراید معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه جذب آب و عمر گلجایی ساقه گل دهنده نشان داد که جذب آب به طور مستقیم با مقدار نانو کلات سیلیسیم و عمر گلجایی گل ارتباط دارد و بالعکس، تیمار ایمیداکلوپراید مقدار جذب آب را کاهش داده و در نتیجه عمر گلجایی گل را کاهش داد (شکل ۴). دلیل کاهش گلجایی می‌تواند ناشی از اثرات سوء و جانبی آفت کش بر فیزیولوژی گیاه ژربرا و در نتیجه اثر منفی آن بر ماندگاری گل باشد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر گردید سیلیسیم با کاهش مقدار تبخیر و تعرق، همچنین جلوگیری از تخریب آوندی موجب بهبود جذب آب توسط گیاه در نتیجه افزایش محتوای نسبی آب گیاه و افزایش شاخص‌های کیفی و عمر گل در این تحقیق گردیده است، همین‌طور تیمار ایمیداکلوپراید به دلیل افزایش تبخیر و تعرق (اثر عکس در برابر سیلیسیم) موجب کاهش شاخص‌های کیفی گل ژربرا که کاهش ارزش اقتصادی این گل را در بر دارد گردیده است.

#### فنل کل

نتایج آزمایش نشان داد که تیمار نانو کلات سیلیسیم

یک عنصر کم تحرک (Kinrade et al, 2001) شدیداً تحت تأثیر وضعیت آبی گیاه و میزان تبخیر و تعرق می باشد. افزایش چشمگیر عنصر کلسیم تحت تأثیر تیمار محلول پاشی سیلیسیم می تواند به دلیل نقش مثبت این عنصر در بهبود محتوای نسبی آب برگ (شکل ۳-A) و احتمالاً بهبود هدایت روزنه ای (Gao et al., 2006) و افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش جذب کلسیم (که توسط جریان آب و به روش غیرفعال توسط ریشه صورت می پذیرد) باشد (Kamenidou et al., 2010). در بررسی تأثیر منابع مختلف سیلیسیمی بر ژربرا نشان دادند که تأمین سیلیسیم منجر به افزایش جذب عناصر معدنی از قبیل کلسیم توسط گیاه می گردد.

#### درصد آلودگی به تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفید بالک

تیمار نانو کلات سیلیسیم تأثیر معنی داری در کنترل میزان درصد آلودگی به تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفید بالک نشان داد، تیمار حشره کش نیز موجب کنترل درصد آلودگی به تخم، شفیره و سفید بالک گردید، تیمار حشره کش موجب کنترل درصد آلودگی به پوره نشد. با توجه به نتایج بیشترین آلودگی در تیمار شاهد یا بدون محلول پاشی سیلیسیم مشاهده گردید. بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها، علی رغم کاهش آلودگی و تفاوت معنی دار با شاهد در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو کلات سیلیسیم، درصد آلودگی با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی داری نداشت. بر اساس نتایج تعداد تخم، پوره، شفیره و حشره بالغ سفید بالک در تیمار ۵۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد کاهش حدود ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصدی نشان داد (شکل ۶).

در مقایسه با شاهد در غلظت های ۱۰۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر نانو کلات سیلیسیم مشاهده گردید. به عبارتی در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر افزایش حدود ۹۲ درصدی و در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر افزایش ۱۸ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد یا عدم محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم حاصل گردید (شکل ۵-B). افزایش جذب سیلیسیم تحت تأثیر محلول پاشی این عنصر در این آزمایش احتمالاً به دلیل تأثیر مستقیم نانو کلات سیلیسیم با قطر ذرات پایین (۱ میکرون) در مقایسه با سایر منابع سیلیسیمی که بر فرایند جذب تأثیر می گذارد (Sonnevend and Voogt, 2009) باشد. به عبارتی ذرات نانو سیلیسیم به دلیل قطر کمتر در مقایسه با سایر منابع کودی سیلیسیمی دارای ضریب جذب بیشتری می باشند.

همچنین جذب کلسیم به عنوان یکی از مهم ترین عناصر مؤثر در کیفیت و ماندگاری گل شاخه بریده ژربرا در سطح یک درصد تحت تأثیر محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم قرار گرفت، ولی این شاخص تحت تأثیر تیمار حشره کش و اثر متقابل قرار نگرفت. به طوری که بیشترین درصد کلسیم موجود در برگ در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیم بدون استفاده از حشره کش مشاهده گردید، که نسبت به غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیم بدون استفاده از حشره کش حدود ۲۶/۵ درصد و در مقایسه با تیمار شاهد (بدون سیلیسیم) حدود ۹۳ درصد افزایش جذب مشاهده گردید. بین تیمار ۱۰۰ میلی گرم سیلیسیم بدون استفاده از حشره کش و تیمار ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیم به همراه حشره کش اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۵-B).

همان طوری که اشاره گردید جذب کلسیم به عنوان

**Table 1. The Results of average comparison of effect of imidacloprid on the percentage of infection with egg, pupa and image whitefly on gerbera cut flower**

Application of pesticides	Number of egg	The number of pupae	The number of adult insect
-	41.951 <sup>b</sup>	42.075 <sup>b</sup>	33.989 <sup>b</sup>
+	28.685 <sup>a</sup>	28.955 <sup>a</sup>	8.886 <sup>a</sup>

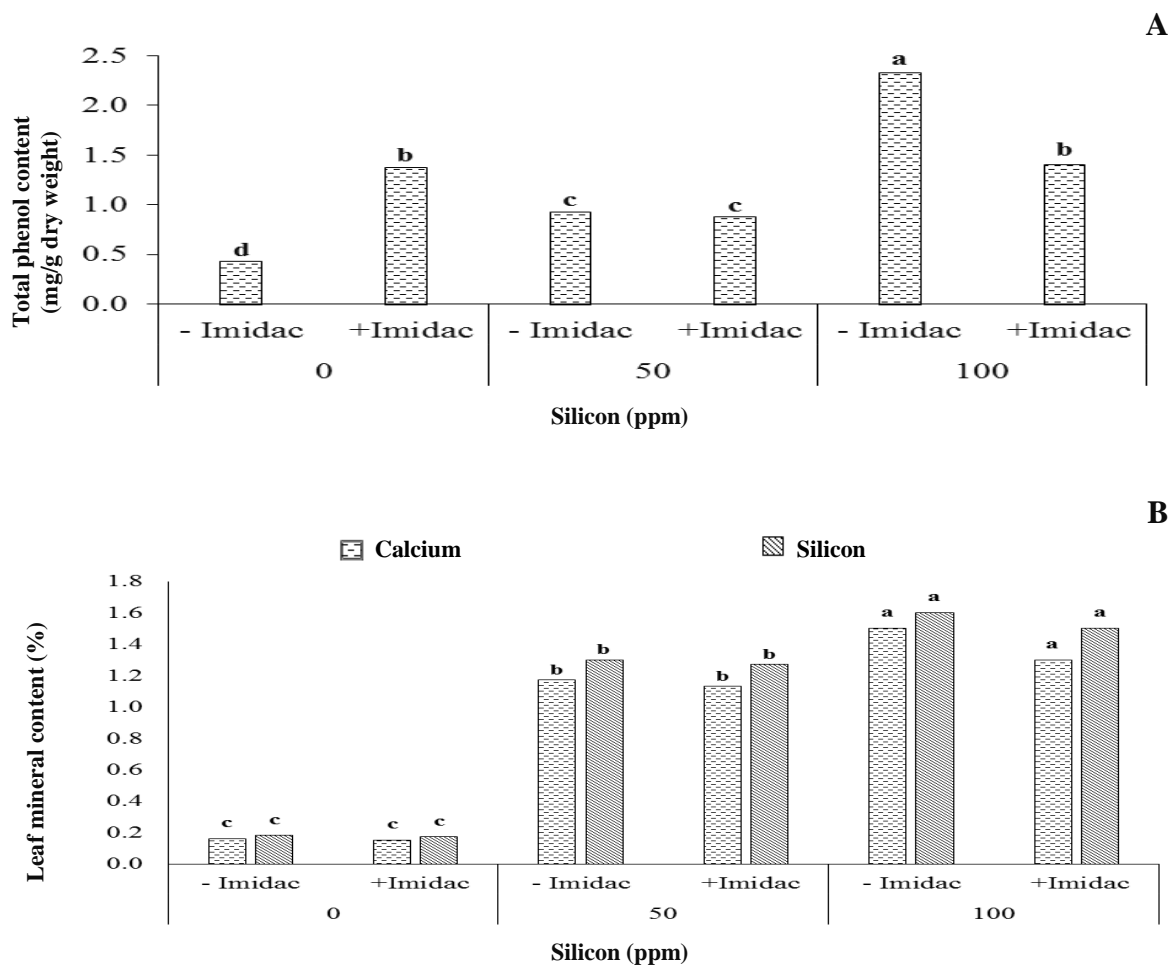


Figure 5. Leaf total phenol (A) and calcium and silicon content (B) of gerbera cut flower 'Stanza' under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid

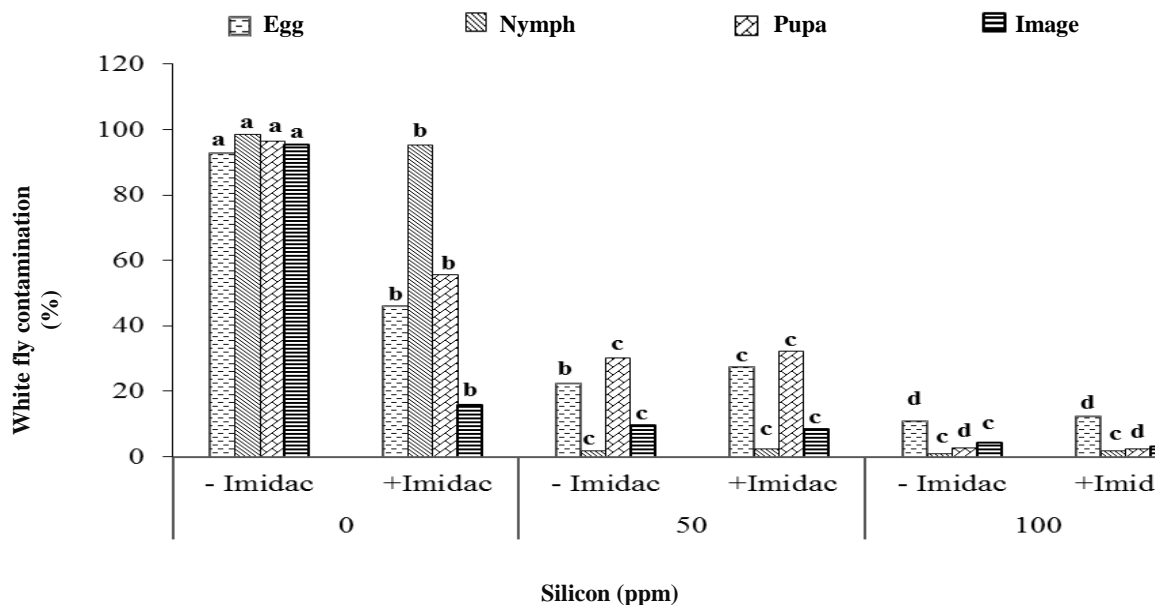


Figure 6. Contamination percentage of cut gerbera 'Stanza' to whitefly under foliar application of nano-chelated silicon and Imidacloprid

ایمیداکلوپراید بیشترین تأثیر را بر روی حشره بالغ سفید بالک دارد چون دارای اثر تماسی و گوارشی می باشد. به دلیل چرخه زیستی خاص این حشره، کوتاه بودن طول دوره یک نسل و میزان تخم ریزی زیاد در حال حاضر برای کنترل این آفت از حشره کش شیمیایی استفاده می شود. با وجود این، کنترل شیمیایی سفید بالک به علت تغذیه، جفت گیری، تخمک گذاری افراد بالغ و رشد و نمو پوره ها در سطح زیرین برگ ها، همچنین مقاومت سفید بالک به تعداد زیادی از حشره کش ها مشکل است. علاوه بر این کاربرد بیش از حد سموم شیمیایی و مصرف نادرست آن ها باعث بهم خوردن تعادل طبیعی و اکوسیستم ها شده است (Kesing and Mau, 2005).

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم، موجب کنترل جمعیت سفید بالک و بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گل شاخه بریده ژربرا گردید. لیکن استفاده از آفت کش ایمیداکلوپراید با وجود کنترل جمعیت سفید بالک منجر به کاهش قطر گل، عمر گلجایی و محتوای فنل کل شد. همچنین، ایمیداکلوپراید به طور قابل ملاحظه ای، موجب افزایش طول ساقه گل دهنده در مقایسه با نانو کلات سیلیسیم گردید. با توجه به تأثیر مثبت نانو کلات سیلیسیم بر شاخص های کیفی گل در مقایسه با ایمیداکلوپراید، و همچنین اثرات سوء آفت کش ها بر محیط زیست، استفاده از محلول پاشی نانو کلات سیلیسیم در غلظت ۱۰۰ پی پی ام برای بهبود شاخص های کیفی گل ژربرا و کنترل سفید بالک سفید قابل توصیه می باشد.

### سپاس گذاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله از دکتر حمیده جابریان بابت ویرایش علمی مقاله نهایت تشکر و سپاسگزاری خود را اعلام می دارند.

کاربرد سیلیسیم در گیاهان مانع نفوذ حشرات و همچنین نفوذ پاتوژن ها به داخل گیاه می شود. باندهای گلیکوزیدی فنلیک که در گیاه حاصل از کاربرد سیلیسیم می باشد، در اثر هیدرولیز شدن تبدیل به بتا گلوکوزیداز می شوند، از ورود عوامل قارچی به گیاه جلوگیری می کند (Ma et al., 2001). سیلیسیم به صورت سیلیکات های بی شکل در گیاهان عالی در تمام قسمت های گیاه در دیواره سلولی، فضای بین سلولی، ریشه ها، برگ ها و اندام های زایشی رسوب می کند که بیشتر نقش های سیلیسیم به همین رسوب نسبت داده می شود از جمله این که سیلیسیم با رسوب در دیواره آوند چوبی از فروریختن آن ها در شرایط تعرق جلوگیری می کند. همچنین با استحکام ساقه ها موجب کاهش ورس در گیاهان می شود. به علاوه دیواره سلول های بشره به وسیله لایه ای محکم از سیلیسیم آغشته می شوند و در برابر آلودگی های قارچی به عنوان مانعی مؤثر عمل می کنند. به طور کلی افزایش مقاومت مکانیکی به وسیله سیلیسیم در گیاهان باعث افزایش مقاومت در مقابل باکتری ها، قارچ ها و حشرات می شود (Epstein and Bloom, 2005). همین طور که اشاره گردید محلول پاشی سیلیسیم موجب افزایش کلسیم موجود در برگ گردید و نتایج تحقیقات بیانگر این نکته می باشد که کلسیم سبب مقاومت بافت های گیاه در برابر تخریب آنزیمی می گردد. مقدار پکتات دیواره های سلولی از لحاظ میزان حساسیت بافت ها به آلودگی های قارچی و باکتریایی و نیز رسیدگی میوه ها دارای اهمیت می باشد. تحقیقات متعددی (Campanella et al., 2002) نشان داده اند که مقدار کلسیم موجود در گیاه و تأثیری که این کلسیم بر خاک، برگ ها، ساقه و میوه می گذارد موجب مقاومت گیاه نسبت به بسیاری از بیماری ها و آفات می گردد. همان طور که قبلاً نیز اشاره گردید حشره کش

### References

- Ahmad, Z., Pandey, R., Sharma, S. and Khuller, G. K. (2005). Alginate nanoparticles as antituberculosis drug carriers: Formulation development, pharmacokinetics and therapeutic. *Indian Journal of Chest Diseases and Allied Science*, 48(3), 171-176.

- AIPH (International Association of Horticultural Producers). (2017). *International statistics flowers and plants*. Retrieved from <https://horticultureconnected.ie/news/ornamentals/aiph-international-statistics-flowers-plants-2017>.
- Campanella, V., Ippolite, A. and Nigro, F. (2002). Activity of calcium salts in controlling Phytophthora root rot of citrus. *Crop Protection*, 21(9), 751-756.
- Celikel, F. G. and Reid, M. (2002). Storage temperature affects the quality of cut flowers from the Asteraceae. *HortScience*, 37(1), 148-150.
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1982). *Method of analysis for soil, plants and water*. California: Chapman Publisher.
- Chehrizi, M., Pourghasemi, D. and Khoshbakht M. (2018). The effect of planting methods and calcium nanoparticles spray on quality, quantity and vase life of *Gladiolus hybrida* cv. Magma. *Plant Productions*, 41(2), 55-66. [In Farsi]
- Correa, S. B., Moraes, C., Geraldo, A. M. and Carvalho, A. (2003). Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. *Neotropical Entomology*, 34(3), 429-433.
- Elliot, C. L. and Snyder G. H. (1991). Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 39(6), 1118-1119.
- Epstein E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(1), 11-17.
- Epstein, E. and Bloom A. (2005). *Mineral nutrition of plants: Principle and perspectives*. Oxford: Sinauer Associates is an imprint of Oxford University Press.
- Eswaran A. and Manivannan K. (2007). Effect of foliar application of lignite fly ash on the management of papaya leaf curl disease. *Acta Horticulturae*, 740(1), 271-275.
- Gao, X., Zou, Ch., Wang, L. and Zhang, F. (2006). Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. *Journal of Plant Nutrition*, 29(9), 1637-1647.
- He, S., Joyce, D. C., Irving, D. E. and Faragher, J. D. (2006). Stem end blockage in cut Grevillea "Crimson Yul-lo" in florescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41(1), 78-84.
- Kamenidou, S., Cavins J. C. and Marek, S. (2009). Evaluation of silicon as a nutritional supplement for green house zinnia production. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 297-301.
- Kamenidou, S., Cavins T. J. and Marek, S. (2010). Silicon supplements affect floriculture quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 390-394.
- Kesing, J. L. M. and Mau, R. F. L. (2005). *Trialeurodes vaporariorum*. USA: Hawaii University Press.
- Kessmann, H., Staub, T., Hoffmann, C., Maetzke, T., Herzog, J., Ward, E., Uknes, S. and Ryals, J. (1994). Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. *Annual Review of Phytopathology*, 32(1), 439-459.
- Kinrade, S. D., Hamilton, R. J. and Knight, C. T. G. (2001). Aqueous hypervalent silicon complexes with aliphatic sugar acids. *Chemical Society, Dalton Transactions*, 48(7), 961-963.
- Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(1), 11-18.
- Ma, J. F., Miyake, Y. and Takahashi, E. (2001). Silicon as a beneficial element for crop plants. In: L. E. Datnoff, G. H. Snyder, and G. H. Korndorfer (Ed.), *Silicon in agriculture* (pp. 17-36). New York: Elsevier Science B.V.

- Marinova, D., Ribarova, F. and Atanassova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(3), 255-260.
- Matsuda, K. and Sattelle, D. B. (2005). Mechanism of selective actions of neonicotinoids on insect acetylcholine Receptors. In J. M. Clark and H. Ohkawa, H. (Eds.), *New Discoveries in agrochemicals: American chemical society symposium* (pp. 172-183). Oxford: Oxford University Press.
- Moghimi Pour, M., Mahmoodi Sourestani, M., Alemzadeh Ansari, N. and Ramezani, Z. (2015). The influence of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on morphological traits of holy basil (*Ocimum sanctum*). *Plant Productions*, 38(3), 41-53. [In Farsi]
- Nawaz K., Hussain K., Choudary N., Majeed A., Ilyas U. and Ghani A. (2011). Eco-friendly role of biodegradation against agricultural pesticides hazards. *African Journal of Microbiology Research*, 5(3), 177-183.
- Nazari Deljou, M., Pour Youssef, M., Karamian, R. and Jaberian Hamedani, H. (2012). Effect of cultivar on water relations and postharvest quality of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) cut flower. *Journal of World Applied Sciences*, 18(5), 698-703.
- Omaye, S. T., Turnbull, J. D. and Sauberlich, H. E. (1979). Selected methods for the determination of Ascorbic acid in animal cells, tissues and fluids. *Methods in Enzymology*, 62, 3-11.
- Reed, K. (2002). Field experimentation. In: P. T. Haskell (Ed.), *Pesticides application: Principles and practices* (pp. 74-153). New York: Clarendon Press.
- Ritchie, S. W. and Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30(1), 105-111.
- Saadatian, B. and Kafi, M. (2015). Study of nutritional role of silicon nano-particles on physiological characteristics of minituber potato production. *Journal of Plant Production Research*, 22(1), 173-189. [In Farsi]
- Savant, N. K., Datnoff, L. E. and Snyder, G. H. (1997). Depletion of plant available silicon in soils: A possible cause of declining rice yields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28(13-14), 1245-125.
- Simon, J. Y. U. (2008). *The toxicology and biochemistry of insecticides*. London, England: CRC Press.
- Sonneveld, C. and Voogt, W. (2009). *Plant nutrition of greenhouse crops*. Dordrecht: Springer
- Stout, M. J., Workman, J. and Duffey, S. S. (1994). Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 20(10), 2575-2594.
- Voleti, S. R., Padmakumari, A. P., Raju, V. S., Setty Mallikarjuna, B. and Subramania R. (2008). Effect of silicon solubilizers on silica transportation, induced pest and disease resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection*, 27(10), 1398-1402.

