

اثر نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر عمر گلجایی و کیفیت گل شاخه بریده داوودی (*Dendranthema grandiflorum* L.)

صدیقه کاظمی پور^۱، داود هاشم آبادی^{۲*}، بهزاد کاویانی^۲ و ریحانه محمدی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۹)

چکیده

داوودی (*Dendranthema grandiflorum* L.) یکی از مهم ترین گل های شاخه بریده در سطح جهان می باشد. ذرات نقره در اندازه نانومتر، کاربردهای مختلفی به عنوان یک ماده ضد میکروب دارند. این آزمایش به منظور بررسی اثر نانوذرات نقره در غلظت های ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر و سیلیکات سدیم در غلظت های ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر روی طول عمر و کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریده داوودی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار در سه تکرار اجرا گردید. گل ها به مدت ۲۴ ساعت با محلول های نگهدارنده فوق پیش تیمار شده و سپس به محلول نگهدارنده مداوم ۸- هیدروکسی کینولین سولفات ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و ساکارز ۳ درصد منتقل گردیدند. صفاتی نظیر عمر گلجایی، کاهش وزن تر، شمارش باکتری ساقه، پراکسیده شدن لیپیدها و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در طی نگهداری مورد اندازه گیری قرار گرفتند. با توجه به نتایج، تمامی تیمارها اثرات مثبتی بر عمر پس از برداشت گل ها داشتند. پیش تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر و سیلیکات سدیم با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به تنهایی و اثر برهمکنش بین آنها، باعث افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد به ترتیب به مدت زمان ۳/۲۱، ۴/۴۶ و ۸/۵۰ روز شد. هم چنین گل هایی که با نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم پیش تیمار شده بودند، فعالیت آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز بالاتری نسبت به شاهد داشتند. پژوهش حاضر نشان داد که با استفاده از غلظت های مناسب نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم، می توان عمر پس از برداشت گل شاخه بریده داوودی را افزایش داد.

واژه های کلیدی: سوپراکسید دیسموتاز، انسداد آوندی، کلنی های باکتریایی، جذب آب

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و کارشناس ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت

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

مقدمه

داوودی با نام علمی *Dendranthema grandiflorum* L. خانواده *Asteraceae* قرار دارد (۳۵). گل داوودی یکی از مهم‌ترین گل‌هایی است که هم به صورت گلدانی، هم باغچه‌ای و هم به صورت شاخه‌بریده در بازارهای جهانی داد و ستد می‌شود، به طوری که امروزه رتبه دوم جهانی را پس از گل رز از لحاظ اقتصادی و کشت و کار دارا است (۴۱). این گل دارای عمر گلجایی طولانی است که به تولید کم اتیلن در دوران پیری آن نسبت داده می‌شود (۶). از گروه گل‌های نافرازگرا است و پیری آن در پاسخ به تغییراتی است که در میزان کربوهیدرات‌ها رخ می‌دهد (۱) و اتیلن در این فرایند نقش چندانی ندارد (۳۰). مهم‌ترین مشکل پس از برداشت داوودی، زردی برگ‌ها و ناتوانی در جذب آب است که منجر به پژمردگی پیش از موعد برگ‌ها می‌شود (۱۱).

تعادل آب، یکی از عوامل اصلی تعیین کیفیت و ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده است (۱۰) و کمبود آب به طور معمول باعث انسداد آوندهای ساقه می‌شود (۴۳). تشکیل حباب‌های هوا درون آوندهای ساقه داوودی از انتقال آب در ساقه جلوگیری می‌کنند و در نتیجه مقاومت هیدرولیکی افزایش می‌یابد و منجر به تنش آبی شدید می‌شود (۴۴). انسداد آوندی ناشی از حباب‌های هوا را می‌توان به وسیله تیمار کوتاه مدت با محلول یک ماده شوینده برطرف نمود (۱۱). جلوگیری از جذب آب به عوامل دیگری از جمله بسته شدن آوندها به وسیله میکروارگانیسم‌ها نیز نسبت داده می‌شود (۴۴). از این رو افزودن مواد ضد باکتریایی در محلول‌های نگهدارنده کاربرد دارد (۱۷). ۸- هیدروکسی کینولین سولفات یک باکتری کش و یک عامل اسیدی کننده محلول نگهدارنده گل بریده می‌باشد که با کاهش تراکم باکتری‌ها از بسته شدن آوندها پیش‌گیری می‌کند (۲۰). آنجو و همکاران (۴) گزارش دادند گل‌های شاخه‌بریده داوودی که در محلول نگهدارنده حاوی ۸- هیدروکسی کینولین و ساکارز قرار می‌گیرند دارای عمر بیشتری نسبت به شاهد هستند.

استفاده از ترکیبات حاوی یون نقره به منظور کنترل تولید اتیلن و هم‌چنین بهبود روابط آبی در گل‌های شاخه‌بریده پیشنهاد شده است (۲۶ و ۳۱)، اما ترکیبات حاوی نقره که در گذشته استفاده می‌شد، هیچ توجیهی برای دوست‌داران محیط‌زیست جهت استفاده ندارند (۳۲). به کار بردن نانوذرات نقره برای افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده، نسبتاً جدید است (۲۵ و ۴۰) و معایب ترکیبات قبلی را نیز ندارد (۱۴ و ۲۲) و اهمیت آن بیشتر به دلیل خاصیت ضد باکتری بودن آن است (۲ و ۲۸). لیو و همکاران (۲۵) اثر تیمارهای محلول کوتاه مدت (۲۴ ساعت) نانوذرات نقره با غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر را روی عمر گلجایی گل ژربرا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که ۵ میلی‌گرم در لیتر تیمار کوتاه مدت نانوذرات نقره به علت کاهش جمعیت باکتری‌ها و ممانعت از انسداد آوند چوبی، عمر گلجایی را بیش از دو برابر نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. امانی و همکاران (۳) گزارش نمودند که کاربرد نانوذرات نقره منجر به افزایش میزان جذب آب، وزن تر و کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدها نسبت به شاهد در گل بریده مریم شد. سلگی و همکاران (۴۰) نیز در مطالعه‌ای بر روی گل بریده ژربرا رقم 'دان' نشان دادند، گل‌هایی که در ۵ یا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره نگهداری می‌شوند، عمر گلجایی بیشتری در مقایسه با شاهد دارند و ۵ میلی‌گرم در لیتر مناسب‌ترین غلظت است. قلعه‌شاخانی و همکاران (۳۶) اثر سطوح مختلف نانوذرات نقره (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید هیومیک (۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌مولار) را بر گل بریده آلسترومریا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره بهترین تیمار جهت افزایش عمر گلجایی در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها است. هم‌چنین غلظت‌های ۱۰ میلی‌مولار و ۱۰۰۰۰ میلی‌مولار اسید هیومیک به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان جذب محلول را داشتند.

عنصر سیلیسیم (Si) بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان در ساختار کره زمین است، منتهی بیشتر در حالت ترکیبی بوده و

گلجایی گل های شاخه بریده موجود نیست. با توجه به موارد بالا، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر ماندگاری و کیفیت گل شاخه بریده داوودی و معرفی بهترین تیمار جهت افزایش عمر گلجایی و بهبود صادرات آن در صنعت گل کاری می باشد.

مواد و روش ها

در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ گل های شاخه بریده داوودی که در مرحله تجاری برداشت شده بودند، از گلخانه ای در استان تهران تهیه و بلافاصله برای انجام تیمار و ارزیابی صفات به آزمایشگاه پس از برداشت، منتقل شدند. ابتدا شاخه های داوودی به طول ۵۲ سانتی متر به صورت مورب در داخل آب ۳۸ درجه سانتی گراد بازبرش (Recutting) و همه برگ ها تا گره چهارم از پایین حذف گردیدند. گل ها به مدت ۲۴ ساعت با محلول های نانوذرات نقره (شرکت نانسید ایران) و سیلیکات سدیم (شرکت پتروکویر صدر) پیش تیمار شده و سپس به محلول نگهدارنده مداوم ۸- هیدروکسی کینولین سولفات ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و ساکارز ۳ درصد منتقل گردیدند. در طول دوره آزمایش به منظور جلوگیری از انسداد آوندی هر ۲ روز یک بار عمل بازبرش انتهای ساقه به اندازه ۱ سانتی متر درون آب ۳۸ درجه سانتی گراد صورت گرفت.

شرایط محل آزمایش شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود که توسط نور لامپ های فلورسنت سفید تأمین می شد. شدت نور ۱۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، دمای اتاق 20 ± 2 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی نیز بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بود.

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با ۲ فاکتور نانوذرات نقره در ۴ سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر) و سیلیکات سدیم ($Ratio = 2/4$) در ۴ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) با ۱۶ تیمار، در ۳ تکرار و ۴۸ پلات اجرا گردید. در هر پلات ۴ شاخه و در مجموع ۱۹۲ شاخه گل در نظر گرفته شد.

قابل جذب توسط گیاه نیست. سیلیس در دسته عناصر ضروری برای رشد گیاهان قرار نگرفته و بنابراین توجه زیادی به نقش بیولوژیکی آن در گیاه نشده است (۱۳). با این وجود مشخص شده است که سیلیسیم در بسیاری از موارد با تحریک رشد، افزایش فعالیت آنزیم های ضد اکسنده و کاهش گونه های اکسیژن فعال در سلول های گیاهی موجب حفاظت گیاه در برابر تنش های محیطی می شود (۱۲). سیلیسیم در نگهداری آب سلول دخیل بوده و همین امر باعث ایجاد تحمل و افزایش رشد گیاه در شرایط تنش می گردد (۳۸). بیات و همکاران (۷) اثر سیلیسیم (از منبع سیلیکات سدیم) را در ۴ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر، بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی اطلسی ایرانی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیلیسیم، قطر گل، طول دم گل و سطح برگ را به ترتیب ۳۵، ۲۴ و ۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کاربرد سیلیسیم در غلظت های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سرعت گل دهی را به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. براساس نتایج حاصل از این تحقیق سطوح پایین سیلیسیم (۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) در مقایسه با سطح بالاتر آن (۱۵۰ میلی گرم در لیتر) از نتایج بهتری در بهبود خصوصیات کیفی گل اطلسی برخوردار است. کاظمی و همکاران (۲۳) در بررسی اثر سیلیکون (۱/۵ و ۳ میلی مولار)، مالیک اسید (۱ و ۲ میلی مولار) و استیل سالیسیک اسید (۱/۵ و ۳ میلی مولار) بر روی گل شاخه بریده لیسیتاتوس گزارش دادند که سیلیکون با غلظت ۳ میلی مولار و مالیک اسید با غلظت ۲ میلی مولار و استیل سالیسیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی مولار، باعث افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد (۶ روز) به ترتیب به مدت زمان ۴، ۲ و ۲ روز شدند. همچنین در اثر برهمکنش بین آنها، ترکیب سیلیکون با غلظت ۱/۵ میلی مولار و مالیک اسید با غلظت ۲ میلی مولار و استیل سالیسیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی مولار، باعث افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد به مدت ۱۲ روز شد.

گزارش های خاصی در مورد اثر سیلیکات سدیم بر عمر

با دور ۱۰۵۰۰ در دقیقه، در همین دما سانتیفریوژ گردید. پس از آن به ۲۰۰ میکرولیتر از محلول رویی ۱۰۰۰ میکرولیتر تری کلرو استیک اسید (TCA) ۲۰ درصد حاوی ۵٪ درصد تیوباریوتریک اسید (TBA) افزوده شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و بلافاصله در یخ، سرد گردید. سپس نمونه‌ها مجدداً در ۱۰۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ شدند. ماده قرمز رنگ مالون دی‌آلدئید تیوباریوتریک اسید (MDA-TBA) تولید شده در طول موج ۵۳۲ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید و سپس از این مقدار کم شد. غلظت MDA برحسب نانومول در گرم وزن تر بیان گردید.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: سنجش فعالیت آنزیم SOD، در روز پنجم آزمایش به روش ژیانوپلتیس و رایس (۱۵) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و با کمی تغییر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمونه‌های بافت در داخل یک هاون و در حضور نیتروژن مایع آسیاب شد و به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. مقدار ۵٪ گرم از بافت منجمد شده پوست و گوشت با یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵٪ مول، ۱٪ گرم پلی‌وینیل پلی‌پیرولیدین (PVPP) و در pH برابر با ۷ رقیق شد. پس از یکسان کردن توسط هموژنایزر (مدل IKA-T8، ساخت آلمان)، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتیفریوژ گردیدند. محلول رویی به آرامی برداشته شد و با ریختن در تیوب بلافاصله به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا اندازه‌گیری فعالیت منتقل گردید. محلول واکنش شامل EDTA ۱٪ میلی‌مولار، بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولار و نیترو بلوترازولیوم (NBT) ۷۵ میکرومولار و ربوفلاوین ۲ میکرومولار (مجموعاً به اندازه یک میلی‌لیتر) و ۱۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. تیوب‌های حاوی محلول واکنش به مدت ۱۵ دقیقه در حالی که به آرامی تکان داده می‌شدند در معرض نور فلورسنت (یک عدد لامپ فلورسنت

عمر گلجایی: عمر گلجایی به فاصله شروع تیمار تا زمان پیری گل که همراه با پژمردگی گلبرگ‌ها و تغییر رنگ برگ می‌باشد تعریف و به صورت روز بیان شد.

کاهش وزن تر: با توجه به میزان وزن تر اولیه، وزن تر نهایی و وزن بازبرش‌های انجام شده در طی عمر گلجایی، مقدار کاهش وزن تر برحسب گرم به ازای هر شاخه گل طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$(\text{وزن بازبرش‌ها} + \text{وزن تر نهایی}) - \text{وزن تر اولیه} = \text{کاهش وزن تر}$$

شمارش باکتری در ساقه: شمارش باکتری با استفاده از روش ون‌مترن و همکاران (۴۵) انجام شد. برای این منظور، ۲۴ ساعت پس از تیمار کوتاه مدت، ۱ سانتی‌متر از انتهای ساقه بریده شد. نمونه ۳ مرتبه با آب دیونیزه شسته گردید تا بار میکروب سطح آن کاهش یابد. سپس نمونه در هاون چینی کاملاً خرد و له شد و با محلول نرمال سالین ۹٪ درصد رقیق گردید. ۱ میلی‌لیتر از محلول روی پتری دیس‌های حاوی محیط کشت نوترینت‌آگار پهن و کلونی‌های باکتری ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، مورد شمارش قرار گرفت.

پراکسیده شدن لیپیدها: برای اندازه‌گیری پراکسیده شدن لیپیدها، روز پنجم از گلبرگ‌ها نمونه‌گیری و مالون دی‌آلدئید (MDA) به عنوان محصول واکنش پراکسیده شدن اسیدهای چرب غشاء با استفاده از روش هیت و پارکر (۱۸) اندازه‌گیری گردید. برای این منظور ۵٪ گرم از بافت گل‌چه در هر تکرار با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب گردید و به آن ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH = ۷) حاوی ۵٪ مولار اتیلن دی‌آمینو تتراسنتیک اسید (EDTA) اضافه گردید. عصاره حاصل، به مدت ۲۰ دقیقه، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتیفریوژ شد و سپس محلول رویی توسط سمپلر جدا شد و دوباره به مدت ۱۰ دقیقه،

حدود ۴۰۰ لوکس) و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. واکنش با انتقال تیوب‌ها به شرایط تاریکی متوقف شد و سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر قرائت گردید. برای سنجش فعالیت این آنزیم علاوه بر کوت‌های نمونه و بلانک از کوت شاهد نیز استفاده شد، که محتوای واکنشی نمونه بلانک و شاهد، مشابه نمونه اصلی است با این تفاوت که هر دو نمونه مذکور فاقد آنزیم بودند. لازم به ذکر است که نمونه کنترل به همراه نمونه‌ها در معرض نور قرار می‌گیرد و نمونه بلانک در تاریکی قرار داده می‌شود. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر خوانده شد. برای هر نمونه سه قرائت بدون خطا ثبت گردید. هر واحد فعالیت SOD عبارت است از مقداری از آنزیم که برای ۵۰ درصد مهار احیای فتوشیمیایی NBT تحت شرایط سنجش نیاز است. فعالیت این آنزیم به صورت واحد آنزیم در گرم وزن تر بیان شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون آماری دانکن انجام گرفت. نمودارها نیز به کمک نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

عمر گلجایی

نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر صفات اندازه‌گیری شده، در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم روی عمر گلجایی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شده ولی اثر برهمکنش بین آنها معنی‌دار نشده است (جدول ۱). براساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها در بررسی اثر اصلی، نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین عمر گلجایی (۱۷/۱۶ روز) و تیمار شاهد (۱۳/۹۵ روز) کمترین عمر گلجایی را داشت و در سیلیکات سدیم، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین (۱۷/۵۰ روز) و تیمار شاهد (۱۳/۰۴ روز) کمترین عمر گلجایی را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (جدول ۳). همه

کاهش وزن تر

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم و اثر برهمکنش بین آنها بر صفت کاهش وزن تر در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). براساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین کاهش وزن تر (۶/۸۷ گرم) و نانوذرات نقره با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۱۰/۵۹ گرم) و تیمار شاهد (۱۰/۴۲ گرم) بیشترین کاهش

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر شمارش باکتری، عمر گلجایی و کاهش وزن تر در گل شاخه‌بریده داوودی

میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	شمارش باکتری ساقه	عمر گلجایی	کاهش وزن تر
بلوک	۲	۱۱/۰۸ ^{ns}	۲۲/۱۹*	۰/۳۹۶ ^{ns}
نانوذرات نقره (N)	۳	۱۶۱۱۹**	۲۶/۵۱۴**	۴۷/۲۴**
سیلیکات سدیم (S)	۳	۴۰۱۳**	۴۴/۰۱۴**	۵۳/۴۰**
N × S	۹	۲۰۴۷**	۵/۲۷۸ ^{ns}	۱۰/۹۹**
خطا	۳۲	۳۶/۶۳	۳/۲۲۹	۰/۳۳۵
کل	۴۷	-	-	-
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۸۸	۱۱/۷۵۱	۶/۵۸

** معنی داری در سطح ۱٪، ns. غیر معنی دار

با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، کمترین کلونی باکتری ساقه (۲۳/۳۳) را نسبت به شاهد دارا بود و سیلیکات سدیم نیز با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، کمترین کلونی باکتری ساقه (۴۳/۴۲) را نسبت به شاهد داشت. تیمار توأم نانوذرات نقره با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه سیلیکات سدیم با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، کمترین کلونی باکتری ساقه (۱۰/۳۳) را نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). داده‌ها نشان دادند که همه تیمارها در کاهش رشد باکتری نسبت به شاهد مؤثر بوده‌اند. جذب عنصر سیلیسیم توسط گیاه، اثرات مفیدی مانند افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها را منجر می‌شود (۲۱) و اثرات مثبت نانوذرات نقره را به جلوگیری از رشد باکتری‌ها در محلول گلدانی و انتهای ساقه می‌توان مربوط دانست (۲۸). بنابراین به نظر می‌رسد که نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم به‌علت کاهش جمعیت باکتری‌ها و ممانعت از انسداد آوند چوبی، عمر گلجایی را در گل شاخه‌بریده داوودی افزایش می‌دهند.

وزن تر را نشان دادند. در سیلیکات سدیم کمترین کاهش وزن تر با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۷/۴۸ گرم) و بیشترین کاهش وزن تر در تیمار شاهد (۱۱/۷۷ گرم) مشاهده شد. در اثر برهمکنش نیز، تیمار توأم نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه سیلیکات سدیم با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۳/۸۶ گرم) کمترین کاهش وزن تر و تیمار شاهد (۱۴/۳۹ گرم) بیشترین کاهش وزن تر را داشته‌است (جدول ۳). طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، تیمارهایی که کمترین کاهش وزن تر را داشتند، بیشترین عمر گلجایی را داشته‌اند و این با بیان رید و وو (۳۷) که وزن گل‌ها را یک شاخص بسیار مهم برای پرمردگی گل‌ها دانستند، مطابقت دارد. در بیان علت آن می‌توان اظهار داشت که نانوذرات نقره با خاصیت ضد میکروبی و جلوگیری از انسداد آوندی (۲۵) و سیلیکات سدیم با خاصیت ضد تعرقی (۱۶) موجب کاهش تنش آبی شده و در نتیجه کاهش کمتر وزن تر را به همراه داشته‌اند.

پراکسید شدن لیپیدها

در این بخش و بخش بعد، تیمارهای N_2S_2 ، N_1S_0 ، N_0S_3 ، N_0S_0 و N_3S_0 برای بررسی میزان مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تأثیر

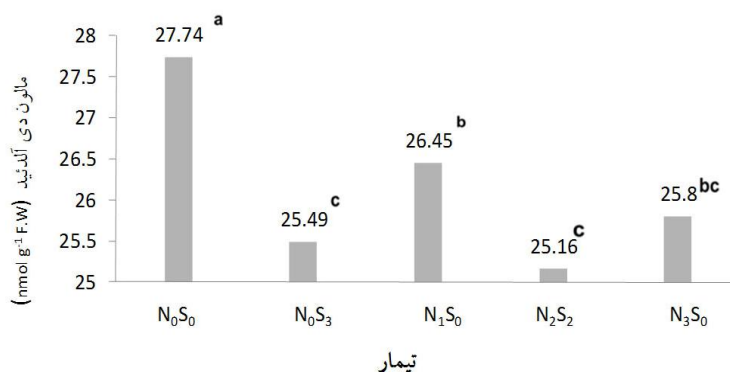
شمارش باکتری ساقه

تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم و اثر برهمکنش بین آنها بر میزان رشد باکتری انتهای ساقه، در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۱). نانوذرات نقره

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای منتخب بر میزان مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گل شاخه بریده داودی

میانگین مربعات			
منبع تغییرات	درجه آزادی	مالون دی آلدئید (MDA)	فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)
بلوک	۲	۰/۰۱۹ ^{ns}	۲/۸۲ ^{ns}
تیمارهای منتخب	۴	۳/۱۱۲ ^{**}	۲۰/۹۲ ^{**}
خطا	۱۰	۰/۰۶۹	۴/۵۰۲
کل	۱۴	-	-
ضریب تغییرات (%)	-	۰/۱	۲۸/۳

** : معنی داری در سطح ۱٪، ns: غیر معنی دار



شکل ۱. اثر برهمکنش غلظت‌های منتخب نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر میزان مالون دی آلدئید در گل شاخه بریده داودی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد (آزمون دانکن).

بهتری داشتند، میزان مالون دی آلدئید آنها نیز در حد پایین تری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی قرار داشت. به نظر می رسد که محلول‌های حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم با تعدیل تنش اکسیداتیو، موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و سالم ماندن بیشتر غشاء می شوند.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۲). تیمار N₂S₂ (نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به همراه سیلیکات سدیم با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر)

تیمارهای مورد نظر بر میزان مالون دی آلدئید، در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲) و تیمار N₂S₂ (نانوذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به همراه سیلیکات سدیم با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) با ۲۵/۱۶ نانومول در گرم وزن تر کمترین و تیمار شاهد با ۲۷/۷۴ نانومول در گرم وزن تر بیشترین میزان مالون دی آلدئید را نشان داد (شکل ۱). پیری گل‌های بریده یک مکانیزم تنظیم هورمونی است و این فرآیند درگیر تغییر ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی در غشاء سلولی است (۸). نتایج این آزمایش نشان داد که میزان مالون دی آلدئید در تیمارهای حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم نسبت به شاهد کمتر بود و تیمارهایی که عمر گلجایی

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر شمارش باکتری، عمر گلجایی و کاهش وزن تر در گل شاخه‌بریده داوودی

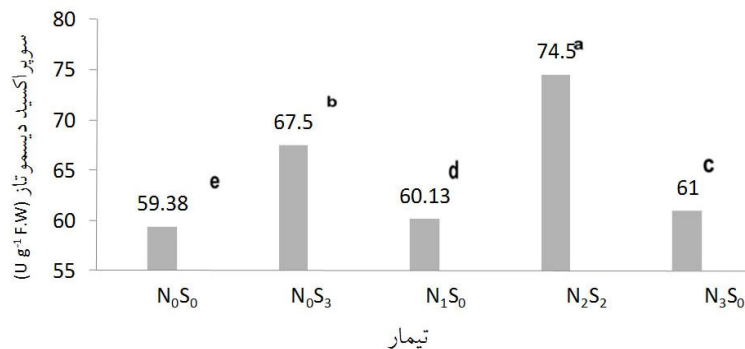
کاهش وزن تر (گرم)	عمر گلجایی (روز)	شمارش باکتری ساقه (Log10 CFU ⁻¹)	تیمارها
۱۰/۴۲ ^a	۱۳/۹۵ ^b	۱۰۴/۷۵ ^a	N ₀
۷/۱۱ ^b	۱۵/۷۹ ^{ab}	۶۲/۲۵ ^b	N ₁
۶/۸۷ ^b	۱۷/۱۶ ^a	۳۱/۴۲ ^c	N ₂
۱۰/۵۹ ^a	۱۴/۲۵ ^b	۲۳/۳۳ ^d	N ₃
۱۱/۷۷ ^a	۱۳/۰۴ ^c	۸۲/۵۸ ^a	S ₀
۸/۰۳ ^b	۱۶/۰۴ ^{ab}	۵۰/۵۰ ^b	S ₁
۷/۴۸ ^c	۱۷/۵۰ ^a	۴۵/۲۵ ^c	S ₂
۷/۷۲ ^{bc}	۱۴/۵۸ ^{bc}	۴۳/۴۲ ^c	S ₃
۱۴/۳۹ ^a	۱۲/۶۶ ^a	۱۸۷/۳۳ ^a	N ₀ S ₀
۹/۷۵ ^c	۱۳/۳۳ ^a	۸۶/۳۳ ^b	N ₀ S ₁
۱۰/۲۹ ^{de}	۱۶/۳۳ ^a	۷۸/۰۰ ^{bc}	N ₀ S ₂
۷/۲۷ ^{fg}	۱۳/۵۰ ^a	۶۷/۳۳ ^d	N ₀ S ₃
۷/۹۷ ^{fg}	۱۲/۸۳ ^a	۶۸/۰۰ ^{cd}	N ₁ S ₀
۶/۹۲ ^{gh}	۱۷/۵۰ ^a	۶۲/۳۳ ^{de}	N ₁ S ₁
۶/۰۰ ^h	۱۷/۸۳ ^a	۶۲/۳۳ ^{de}	N ₁ S ₂
۷/۵۶ ^{fg}	۱۵/۰۰ ^a	۵۶/۳۳ ^e	N ₁ S ₃
۱۱/۳۹ ^c	۱۳/۳۳ ^a	۴۳/۰۰ ^f	N ₂ S ₀
۴/۳۲ ⁱ	۱۸/۳۳ ^a	۲۹/۶۶ ^{gh}	N ₂ S ₁
۳/۸۶ ⁱ	۲۱/۱۶ ^a	۱۳/۳۳ ⁱ	N ₂ S ₂
۷/۹۳ ^{fg}	۱۵/۸۳ ^a	۳۹/۶۶ ^{fg}	N ₂ S ₃
۱۳/۳۵ ^b	۱۳/۳۳ ^a	۳۲/۰۰ ^{fgh}	N ₃ S ₀
۱۱/۱۴ ^{cd}	۱۵/۰۰ ^a	۲۳/۶۶ ^h	N ₃ S ₁
۹/۷۶ ^e	۱۴/۶۶ ^a	۲۷/۳۳ ^h	N ₃ S ₂
۸/۱۳ ^f	۱۴/۰۰ ^a	۱۰/۳۳ ⁱ	N ₃ S ₃

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد (آزمون دانکن).

N₀ (۰ میلی گرم در لیتر نانوذرات نقره)، N₁ (۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات نقره)، N₂ (۱۰ میلی گرم در لیتر نانوذرات نقره)، N₃ (۲۰ میلی گرم در لیتر نانوذرات نقره)، S₀ (۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم)، S₁ (۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم)، S₂ (۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم)، S₃ (۱۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیکات سدیم)

سوپراکسید دیسموتاز را نشان داد (شکل ۲). افزایش فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) مثل رادیکال سوپراکسید

بیشترین (۷۴/۵۰) واحد در گرم وزن تر) و تیمار شاهد (کمترین فعالیت آنزیم واحد در گرم وزن تر)



شکل ۲. اثر برهمکنش غلظت‌های منتخب نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گل شاخه بریده داوودی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد (آزمون دانکن).

از گیاه جدا شده و در محلول نگهداری می‌گردند دچار تنش به‌ویژه تنش آبی می‌شوند (۱۱) و کمبود آب، تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کند (۲۷) که این موضوع را گزیزاژانگ و هوانگ (۴۶) در چمن از طریق تنش آبی تجربه کرده‌اند. به‌نظر می‌رسد که تیمارهای حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم با افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز و در نتیجه کاهش گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌های گیاهی، موجب تعدیل تنش آبی و کاهش پیری گل‌های بریده شده‌اند. افزایش عمر گلجایی گل‌های داوودی در تیمارهای حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم نسبت به شاهد، تصدیق‌کننده این موضوع می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، به‌ویژه معاونت محترم پژوهشی، به‌علت فراهم نمودن شرایط مناسب و در اختیار نهادن تجهیزات برای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

(O₂⁻) و پراکسید هیدروژن (H₂O₂) با تخریب پروتئین‌ها، لیپیدها و اسید نوکلئیک باعث پیری گل می‌شوند (۴۲). برای خنثی کردن اثر سمی گونه‌های اکسیژن فعال، یک سیستم آنتی‌اکسیدانی خیلی مؤثر مورد نیاز است که در سلول‌های گیاهی دو سیستم غیرآنزیمی و آنزیمی این نقش را برعهده دارند (۵). SOD به‌عنوان یک آنزیم کلیدی در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه به‌شمار می‌رود، زیرا غلظت آنیون سوپراکسید (O₂⁻) و پراکسید هیدروژن (H₂O₂) را در گیاه کنترل می‌کند (۲۹). نتایج آزمایش حاکی از این است که فعالیت آنزیم SOD در تیمارهای حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. می‌توان بیان داشت که این افزایش ناشی از فعال شدن سلول‌ها از طریق جذب مناسب محلول غذایی و تورژسانس سلولی بوده است. فعال بودن سلول‌ها خود دلیل بر فعال بودن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و در نتیجه پایداری غشاء سلول‌ها است (۳۴). افزایش کمتر میزان مالون‌دی‌آلدئید و در نتیجه کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در تیمارهای حاوی نانوذرات نقره و سیلیکات سدیم نسبت به شاهد، نیز تأیید‌کننده این مطلب می‌باشد. وقتی شاخه‌های گل

منابع مورد استفاده

1. Adachi, M., S. Kawabata and R. Sakiyama. 1999. Changes in carbohydrate content in cut chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura) 'Shuhou-no-chikara' stems kept at different temperature during anthesis and senescence. *Journal Japanese Society for Horticultural Science* 68: 505-512.

2. Alt, V., T. Becher, P. Steinrucke, M. Wagener, P. Seidel, E. Dingeldein, E. Domannand and R. Schnettler. 2004. An *in vitro* assessment of the antibacterial properties and cytotoxicity of nanoparticulate silver bone cement. *Biomaterials* 25: 4383-4391.
3. Amani, M., A. Hatamzade, A. Nikbakht, and M. Ghasemnezhad. 2011. Effect of silver nanoparticles on the vase life of cut tuberose flower (*Polianthes tuberosa* L.). In: Proceeding of the 2th National Conference of Iranian Plant Physiology. Yazd University, Iran. pp. 32. (In Farsi).
4. Anju, B., S. N. Tripathi, O. P. Sehgal and A. Bhat. 1999. Effect of pulsing, packaging and storage treatments on vase life of chrysanthemum cut flowers. *Advances in Horticultural and Forestry* 6: 125-131.
5. Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum* 16 (3): 185-191.
6. Bartoli, G. G., J. J. Guamet and E. R. Montaldi. 1996. Ethylene production and response to exogenous ethylene in senescing petals of *Chrysanthemum morifolium* RAM. cv. *Uncei*. *Plant Science* 124: 15-21.
7. Bayat, H., S. H. Nemati and Y. Selahvarzi. 2012. Effects of silicon on growth and some physiological characteristics in Iranian Petunia. *Journal of Horticultural Science* 26 (1): 10-16 (In Farsi).
8. Borochoy, A. and R. Woodson. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Horticultural Reviews* 11: 15-43.
9. Celikel, F. G. and M. S. Reid. 2002. Postharvest handling of stock (*Matthiola incana*). *Horticultural Science* 37: 144-147.
10. Da Silva, J. A. T. 2003. The cut flower: postharvest considerations. *Online Journal of Biological Sciences* 3: 406-442.
11. Edrisi, B. 2009. Postharvest Physiology of Cut Flowers. Payame Digar Press, Arak. (In Farsi).
12. Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 11-17.
13. Epstein, E. 1999. Silicon. *Plant Physiology* 50: 641-664.
14. Furno, F., K. S. Morley, B. Wong, P. L. Arnold, S. M. Howdle, R. Bayston, P. D. Winship and H. J. Reid. 2004. Silver nanoparticles and polymeric medical devices, a new approach to prevention of infection. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 54: 1019-1024.
15. Giannopolitis, C. and S. Ries. 1997. Superoxid dismutase. I: Occurrence in higher plant. *Plant Physiology* 59: 309-314.
16. Gillman, J. H. and D. C. Zlesak. 2000. Applications of sodium silicate to rose (*Rosa 'Nearly Wild'*) cuttings decreases leaflet drop and increases rooting. *Horticultural Science* 35: 773- 776.
17. Halevy, A. H. 1976. Treatment to improve water balance of cut flowers. *Acta Horticulture* 64: 223-230.
18. Heath, R. L. and L. Parker. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 125: 189-198.
19. Hoseinzadeh Liavali, M. 2011. Effect of nanosilver and boric acid on vase life and quality of cut flower *Rosa 'Yellow Island'*. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture University of Islamic Azad, Rasht Branch, Iran. (In Farsi).
20. Ichimura, K., K. Kojima and R. Goto. 1999. Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulfate and sucrose on the vase life of cut Rose flowers. *Postharvest Biology and Technology* 15: 33-40.
21. Ishiguro, K. 2001. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast. pp. 277-291, In: L. E. Datnoff, G. H. Snyder and G. H. Korndorfer (Eds.), *Silicon in Agriculture*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
22. Jiang, H., S. Manolache, A. C. L. Wong and F. S. Denes. 2004. Plasma enhanced deposition of silver nanoparticles on to polymer and metal surfaces for the generation of antimicrobial characteristics. *Journal of Applied Polymeric Science* 93: 1411-1422.
23. Kazemi, M., M. Asadi and S. Aghdasi. 2012. Postharvest life of cut *Lisianthus* flowers as affected by silicon, malic acid and acetylsalicylic acid. *Research Journal of Soil Biology* 10: 3923-3929.
24. Kim, J., A. Lee and J. Suh. 2005. Effect of pre-treatment substances on vase life and physiological character in *Lilium* spp. *Acta Horticulturae* 673: 306-314.
25. Liu, J. P., S. G. He, Z. Q. Zhang, J. P. Cao, L. V. Peitao, S. D. He, G. P. Cheng and D. C. Joyce. 2009. Nanosilver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. 'Ruikou' flowers. *Postharvest Biology and Technology* 54: 59-62.
26. Meman, M. A. and K. M. Dabhi. 2006. Effects of different stalk length and certain chemical substances on vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Savana Red'). *Journal of Applied Horticulture* 8: 147-150.
27. Moon, D. G., S. W. Ko, Y. H. Kim and Y. H. Choi. 2004. Effect of water stress on soluble solids and acidity in various sized fruit of Satsuma Mandarin. *Proceedings of the International Society of Citriculture (Spain)* 2004: 674-678.
28. Morones, J. R., J. L. Elechiguerra, A. Camacho, K. Holt, J. B. Kouri, T. J. Ramirez and M. J. Yaca-man. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology* 16: 2346-2353.

29. Mozafari, V. and Z. Asadollahi kosarrizi. 2011. Effect of manganese and salinity in perlite culture on some physiological characteristics of pistachio. *In: Proceedings of the 7th Congress of Iranian Horticultural Science*. Isfahan University of Technology, Iran. pp. 2180-2183 (In Farsi).
30. Nabigol, A., R. Naderi, M. Babalar and M. Kafi. 2006. Increasing vase life of chrysanthemum cut flowers by using floral preservatives and recutting. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 7 (4): 207-216 (In Farsi).
31. Nair, S. A., V. Singh and T. V. R. S. Sharma. 2003. Effect of chemical preservatives on enhancing vase life of gerbera flowers. *Journal of Tropical Agriculture* 41: 56-58.
32. Nell, T. A. 1992. Taking silver safely out of the longevity picture. *Grower Talks June* 35: 41-42.
33. Oraei, A., M. Kiani and A. Ganji Moghadam. 2011. Effects of nano-silver, silver thiosulfate, 8-hydroxy quinoline and some natural compounds on the vase life of cut Rose flowers. *In: Proceeding of the 7th Congress of Iranian Horticultural Science*. Isfahan University of Technology, Iran. pp. 2201-2203. (In Farsi).
34. Palma, J. M., L. M. Sandalio, F. J. Corpas, M. C. Romero, I. McCarthy and L. A. Río. 2002. Plant proteases, protein degradation and oxidative stress: role of peroxisomes. *Plant Physiology and Biochemistry* 40: 521-530.
35. Peyvandi, M., M. Moradtehrani and A. Majd. 2010. Organogenesis and callus induction of chrysanthemum plant (*Chrysanthemum morifolium* Ramat L.). *Islamic Azad University of Zanjan Branch Journal of Biological Science* 3 (2): 53-59 (In Farsi).
36. Qale shakhani, S., E. Chamani, B. Esmailpour, M. Mohebbi, Y. pour beyrami-e-hir and Z. Nabavi mohajer. 2011. Effects of silver nanoparticles and humic acid on the vase life of three cultivars of cut Alstromeria flowers. *In: Proceeding of the 7th Congress of Iranian Horticultural Science*. Isfahan University of Technology, Iran. pp. 2372-2373. (In Farsi).
37. Reid, M. S. and M. J. Wu. 1992. Ethylene and flower senescence. *Plant Growth Regulation* 11: 373.
38. Romero-Aranda, M. R., O. Jurado and J. Cuartero. 2006. Alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Plant Physiology* 163: 847-855.
39. Safa, Z., D. Hashemabadi and B. Kaviani. 2012. Improving the vase life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* L. cv. 'Balance') flower with silver nano-particles. *European Journal of Experimental Biology* 2(6): 2489-2492.
40. Solgi, M., M. Kafi, T. S. Taghavi and R. Naderi. 2009. Essential oils and nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv., Dune,) flowers. *Postharvest Biology and Technology* 53: 155-158.
41. Swedish Chambers of Commerce. 2011. Market Report Focus on the EU and Swedish Market for Floricultural Products. Stockholm. Sweden.
42. Thompson, J. E., R. L. Legge and R. L. Barber. 1987. The role of free radicals in senescence and wounding. *New Phytologist* 105: 317-334.
43. Van Doorn, W. G. 1997. Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews* 18: 1-85.
44. Van Leperen, W., J. Nijssse, C. J. Keijzer and U. Van Meeteren. 2001. Induction of air embolism in xylem conduits of pre-defined diameter. *Journal of Experimental Botany* 52: 981-991.
45. Van Meteren, U., H. Van Gelder and W. Van Leperen. 2000. Reconsideration of use of deionized Water as vase water, in postharvest experiments of cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 16: 169-181.
46. Xiaozhong, L. and B. Huang. 2002. Cytokinin effects on creeping bent grass response to heat stress: leaf senescence and antioxidant metabolism. *Crop Science* 42: 466-472.