

## تأثیر نانوذرات نقره بیولوژیک بر رشد باکتری‌های موجود در محلول‌های نگهدارنده و افزایش عمر گلجایی گل شاخه‌بریدنی رز رقم 'وایت نأمی'

موسی سلگی<sup>۱\*</sup> و منصور قربانپور<sup>۲</sup>

۱ و ۲. استادیار گروه مهندسی باغبانی و استادیار گروه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه اراک، اراک، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۲۹)

### چکیده

در این پژوهش نانوذرات نقره تولیدشده با استفاده از عصاره گلبرگ‌های زعفران در ۳ آزمایش جداگانه در جلوگیری از رشد باکتری‌های موجود در محلول نگهدارنده با هدف افزایش عمر گلجایی گل شاخه‌بریده رز رقم 'وایت نأمی' به کار برده شد. در آزمایش اول تأثیر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره و عصاره گلبرگ‌های زعفران (۱:۲۰، ۱:۵ و ۱:۲) بر جلوگیری از رشد مهم‌ترین باکتری‌های آلوده سازنده محلول‌های نگهدارنده شامل *Bacillus subtilis*، *Bacillus cereu*، *Pseudomonas aeruginosa* و *Pseudomonas fluorescens* به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. نتایج نشان داد تأثیر نسبت‌های به‌کاررفته بر میزان رشد باکتری‌ها معنادار است. عصاره گلبرگ‌های زعفران هیچ‌گونه اثر ضد باکتری نداشت و غلظت‌های ۱:۵ و ۱:۲۰ بیشترین اثر بازدارندگی رشد را در باکتری‌های گرم مثبت نشان دادند. در آزمایش‌های دوم و سوم نیز تأثیر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره بر عمر گلجایی، وزن تر نسبی و میزان محلول جذب‌شده نسبی گل شاخه‌بریده رز رقم 'وایت نأمی' با کاربرد دو روش دائمی و کوتاه‌مدت بررسی شد. نتایج نشان داد که نسبت‌های کم نانوذرات نقره استفاده‌شده به‌ویژه ۱:۲۰ به‌طور معناداری با افزایش وزن تر نسبی سبب افزایش عمر گلجایی تقریباً دو برابری در مقایسه با شاهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی باکتریایی، جذب محلول، عمر گلجایی، نانوفناوری، نانوذرات.

### مقدمه

امروزه با توجه به شرایط زندگی انسان‌ها از جمله آپارتمان‌نشینی، دسترسی کمتر به طبیعت و کاهش سرانه فضای سبز، استفاده از گل‌ها و گیاهان زینتی در محل زندگی و مکان کار ضروری به نظر می‌رسد. گل‌های شاخه‌بریده<sup>۱</sup> در این زمینه اهمیت خاصی دارند. گل‌های شاخه‌بریده تا قبل از برداشت از طریق

گیاه مادریشان نیازهای خود را که اغلب شامل آب و مواد غذایی است، برطرف می‌سازند و از آنجاکه پس از برداشت نیز زنده و فعال‌اند، به آب و مواد قندی مانند ساکارز نیاز دارند، ولی رشد جمعیت میکروبی و در نتیجه گرفتگی آوندی سبب اختلال جذب می‌شوند. به همین منظور از محلول‌های نگهدارنده<sup>۲</sup> که حاوی ترکیبات ضد میکروبی مانند هیدروکسی کوئینولین

جلوگیری از ازدیاد باکتری‌های موجود در محلول‌های نگهدارنده می‌توان با کاربرد انواع ترکیبات ضد میکروبی مانند هیپوکلریت سدیم<sup>۷</sup>، نمک‌های فلزات مانند سولفات آلومینیوم و نیترات نقره و ترکیبی و استرها کوئینولین (مانند 8-HQC و 8-HQS) در محلول نگهدارنده تعداد باکتری‌ها را کاهش و عمر گلجایی را افزایش داد (Solgi et al., 2009b; Macnish et al., 2008).

اثر سمیت قوی نقره بر دامنه وسیعی از میکروارگانیسم‌ها از مدت‌ها پیش شناخته شده است. یون‌های نقره با ترکیبات آلی (مانند پروتئین‌ها) دارای گروه‌های حاوی گوگرد، نیتروژن و اکسیژن موجود در پیکره باکتری‌ها کمپلکس‌هایی تشکیل می‌دهند. تشکیل این کمپلکس‌ها سبب آسیب به دیواره سلولی و غشا می‌شوند. ایجاد کمپلکس بین یون‌های نقره و پروتئین‌ها سبب برهم زدن متابولیسم سلول‌های باکتری می‌شود. در نهایت این آثار یون‌های نقره منجر به مرگ سلول‌های باکتری می‌شود. در ضمن یون‌های نقره می‌توانند با DNA باکتری‌ها واکنش پیدا کنند و همین مسئله موجب جلوگیری از تولید مثل آن‌ها می‌شود (Solgi et al., 2011; Solgi et al., 2009b; Navarro et al., 2008). پژوهش و توسعه در زمینه دانش نانو فناوری طی چند سال اخیر به سرعت در حال رشد است. نانوذرات فلزات<sup>۸</sup> یکی از زیربخش‌های مهم و کاربردی نانو فناوری است (Dubey et al., 2010).

آثار ضد میکروبی نانوذرات نقره به ویژه علیه دامنه وسیعی از میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (Navarro et al., 2008; Maneerung et al., 2008). همچنین گزارش‌های گوناگونی در ارتباط با کاربرد پس از برداشت نانوذرات نقره تولید شده به روش‌های شیمیایی در گل‌های شاخه‌بریده ژربرا (Solgi et al., 2009a; Solgi et al., 2011)، رز (Lu et al., 2010)، آکاسیا (Liu et al., 2012) و سوسن (Kim et al., 2005) ارائه شده است. با این حال هنوز گزارشی در مورد کاربرد نانوذرات نقره تولید شده

سیترات و عوامل بازدارنده اتیلن مانند نیترات نقره یا ۱- متیل سیکلوپروپین باشند در صنعت پس از برداشت گل‌ها استفاده می‌شود (Solgi et al., 2009b; Solgi, 2012).

زمانی که گل‌های شاخه‌بریده در گلدان (گلجایی) قرار می‌گیرند، پس از مدتی علائمی مانند پژمرده شدن<sup>۱</sup> گلبرگ‌ها و برگ‌ها، عدم رشد گل‌ها و خم شدن یا شکستن ساقه را از خود نشان می‌دهند که عامل اصلی آن کمبود آب است (Solgi et al., 2009b; Sacalis, 1983). ثابت شده است که آوندهای ساقه‌های گل‌ها در برابر جریان آب از خود مقاومت نشان می‌دهند. این مقاومت، انسداد آوندی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود و از مهم‌ترین دلایل این پدیده می‌توان به تجمع باکتری‌ها، عوامل فیزیولوژیکی یا تخریب ستون‌های آب موجود در آوندهای چوبی به واسطه مولکول‌های هوا<sup>۳</sup> اشاره کرد (Damunupola & Joyce, 2008). در نتیجه انسداد آوندی میزان جذب آب توسط گل‌ها کمتر از میزان آبی می‌شود که آن‌ها طی تعرق<sup>۴</sup> از دست می‌دهند و در نهایت علایم پیری را بروز می‌دهند. به‌طور کلی، از دست رفتن آب از طریق تعرق و منتقل نشدن آب به گلبرگ‌ها و برگ‌های گل‌ها منجر به پژمردگی زودرس در گل‌های شاخه‌بریده و کاهش عمر گلجایی<sup>۵</sup> می‌شود (Sacalis, 1983). در این میان کاهش عمر گلجایی اغلب گل‌های شاخه‌بریده توسط تجمع باکتری‌های موجود در محلول‌های نگهدارنده بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. باکتری‌ها به داخل آوندهای چوبی<sup>۶</sup> ساقه‌ها وارد شده و سبب بسته شدن آوندها و کاهش میزان جذب آب توسط گل‌های شاخه‌بریده می‌شوند. بررسی‌های مختلفی نشان داده‌اند که باکتری‌های جنس‌های *Pseudomonas*، *Bacillus* و *Acentobacter* بیشترین نقش را در انسداد آوندی گل‌های شاخه‌بریده دارند (Balestra et al., 2005; Van Doorn & De Witte, 1994; Jowkar et al., 1986; Zagory & Reid, 2012). به‌طور معمول برای

1. Wilting
2. Vessel blockage
3. Air Embolism
4. Transpiration
5. Vase life
6. Xylem vessels

7. NaClO

8. Metals nanoparticles

سپس مخلوط‌های حاصل به مدت ۳۰ دقیقه بر روی شیکر و در دمای معمولی اتاق و شرایط تاریکی برای جلوگیری از فتواکسیداسیون نیترات نقره قرار داده شدند. برای تأیید تولید نانوذرات نقره، از پدیدارشدن رنگ زرد-قهوه‌ای در مخلوط حاصل (نیترات نقره+ عصاره گلبرگ زعفران) و دستگاه‌های UV-VIS، XRD و SEM استفاده شد (Solgi & Taghizadeh, 2012; Solgi, 2012).

#### آزمایش اول: اثر نانوذرات نقره بر رشد باکتری‌های محلول نگهدارنده

سوش‌های باکتریایی و محیط کشت اثر ضد باکتریایی نانوذرات نقره تولیدشده روی مهم‌ترین باکتری‌های آلوده‌سازنده محلول‌های نگهداری گل‌های شاخه‌بریده مانند جنس باسیلوس (دو گونه *Bacillus subtilis* و *Bacillus cereu*) و *Acinetobacter* (به‌عنوان باکتری‌های گرم مثبت) و سودوموناس (دو گونه *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas aeruginosa*) به‌عنوان باکتری‌های گرم منفی در محیط کشت مولر هینتون آگار<sup>۲</sup> انجام گرفت. این محیط کشت استفاده‌شده، در اندازه‌هاله عدم رشد و میزان نفوذ و انتشار مواد ضد میکروبی نقش به‌سزایی دارد.

#### آزمون دیسک‌گذاری

برای کشت باکتری بر روی محیط کشت مولر هینتون آگار، ابتدا سوسپانسیون میکروبی تهیه شد. برای این کار چند کلونی از باکتری مورد نظر (دو تا سه کلونی) در لوله‌های استریل که حاوی ۳ تا ۵ میلی‌لیتر محیط کشت مولر هینتون آگار بوده، وارد شده و سوسپانسیون میکروبی استاندارد ۰/۵ مک فارلند تهیه شد. سپس لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. در ادامه نمونه‌های میکروبی توسط سوآب‌های استریل بر روی سطح پلیت محیط کشت داده شدند. سپس به دیسک‌های بلانک استریل به قطر ۶ میلی‌متر حدود ۵۰ میکرولیتر از نانوذرات نقره تولیدشده که شامل نسبت‌های ۱:۲، ۱:۵ و ۱:۲۰ بوده آغشته شده و

توسط گیاهان و اثر آن بر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده ارائه نشده است. گل رز (*Rosa hybrida*) از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده دنیاست و تولید و صادرات آن ارزش اقتصادی ویژه‌ای دارد. اما یکی از دلایل اصلی کوتاه‌بودن عمر گلجایی آن کاهش هدایت آبی در ساقه‌هاست که به‌طور معمول با پژمردگی، خمیدگی گردن و بازنشدن گل‌ها همراه است و پژوهش‌های زیادی برای حفظ کیفیت پس از برداشت آن انجام شده است (Hatami et al., 2012; Hosini, 2009b; Darvishani & Chamani, 2013; Solgi et al., 2009b). بنابراین، در این پژوهش از نانوذرات نقره تولیدشده توسط گلبرگ‌های زعفران به‌منظور افزایش عمر گلدانی گل شاخه‌بریده رز و تأثیر آن‌ها بر مهم‌ترین باکتری‌های آلوده‌سازنده محلول‌های نگهدارنده گل‌های شاخه‌بریده در قالب سه آزمایش استفاده شد.

#### مواد و روش‌ها

تولید نانوذرات نقره با استفاده از گلبرگ‌های زعفران نانوذرات فلزات می‌توانند به‌وسیله سامانه‌های بیولوژیکی مانند باکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌ها و گیاهان تولید شوند. این گونه تولید نانوذرات را سنتز بیولوژیکی، سنتز سبز<sup>۱</sup> یا شیمی سبز می‌نامند. نانوذرات نقره ساخته‌شده به روش سبز یا بیولوژیکی با استفاده از عصاره گلبرگ‌های زعفران از محلول نیترات نقره یک میلی‌مولار ساخته شدند. ۲ گرم پودر گلبرگ زعفران به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شده و سپس درون حمام آب گرم با دمای ۶۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه همراه با شیکرشدن قرار داده شد. پس از خنک‌شدن مخلوط حاصل در دمای اتاق، مواد جوشانده‌شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ فیلتر شد تا عصاره استخراجی به‌دست آید و این عصاره برای تولید نانوذرات نقره در مراحل بعدی به کار برده شد. برای سنتز نانوذرات نقره، نسبت‌های نیترات نقره به عصاره گلبرگ‌های زعفران شامل ۱:۲۰ (۱ به ۲۰)، ۱:۵ (۱ به ۵) و ۱:۲ (۱ به ۲) براساس حجمی (میلی‌لیتر) تهیه شدند.

S2)، ۱:۲۰ (۱ به ۲۰ یا S3) و نیترات نقره بدون افزودن عصاره به‌عنوان شاهد (S4) و هرکدام از آنها دو سطح غلظت ماده اولیه سازنده نانوذرات نقره<sup>۵</sup> ۵۰ (C1) و ۱۰۰ (C2) میلی‌گرم در لیتر داشتند. تمامی تیمارها ۲ درصد ساکارز داشتند. پس از اعمال تیمارها گل‌ها تا پایان عمرشان در شرایط توصیفی زیر نگهداری شدند. شدت نور در آزمایشگاه حدود ۱۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) بود که توسط لامپ‌های کم‌مصرف با نور سفید و لامپ‌های مهتابی با نور فلورسنت تأمین شد. مدت زمان روشنایی  $12 \pm 2$  ساعت تنظیم شد. گل‌های تیمار شده تحت شرایط دمایی اتاق ( $22 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) و میزان رطوبت نسبی اتاق در حد ۶۰-۷۰ درصد قرار گرفتند.

#### ارزیابی صفات

در این آزمایش صفاتی مانند عمر گلجایی، وزن تر نسبی (RFW)<sup>۶</sup> و میزان محلول جذب‌شده نسبی (RSU)<sup>۷</sup> ارزیابی شدند. برای اندازه‌گیری عمر گلجایی رز از مشخصات ظاهری خمیدگی و شکستگی گل‌ها از ناحیه گردن، پژمردگی و قهوه‌ای‌شدن گلبرگ‌ها استفاده شد و به همین منظور گل‌های مورد نظر هر روز ارزیابی شدند. وزن تر نسبی در چهار روز اول آزمایش برحسب واحد گرم بر گرم وزن تر اولیه در روز<sup>۸</sup> با استفاده از فرمول (۱) محاسبه و به‌صورت درصد بیان شد. در ضمن میزان محلول جذب‌شده نسبی نیز طی چهار روز اول آزمایش حسب واحد میلی‌لیتر بر گرم وزن تر اولیه در روز<sup>۹</sup> محاسبه شد.

$$(1) \quad \text{وزن تر نسبی (RFW)} = (W_t/W_{t=0}) \times 100$$

که در آن  $W_t$  = وزن ساقه (g) در روزهای ارزیابی شده و  $W_{t=0}$  = وزن همان ساقه در روز صفر است.

توسط پنس استریل روی پلیت‌های تهیه‌شده قرار گرفته و در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت انکوبه شدند. از ۵۰ میکرولیتر عصاره استخراج‌شده حاصل از گلبرگ‌های زعفران نیز به‌عنوان شاهد بر روی دیسک‌ها استفاده شد. پس از انکوباسیون پلیت‌های کشت‌شده بررسی شدند و هاله‌های عدم رشد مشاهده‌شده در اطراف دیسک‌ها برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شدند و بدین ترتیب با توجه به قطر هاله‌های مهار رشد، میزان فعالیت ضد میکروبی نانوذرات نقره تولیدی ارزیابی شد (Bankar *et al.*, 2010; Kaviya *et al.*, 2011; Jowkar *et al.*, 2012).

آزمایش دوم: بررسی تأثیر کاربرد دائمی<sup>۱</sup> نانوذرات نقره تولیدی بر برخی صفات گل شاخه‌بریده رز رقم 'وایت ناومی'<sup>۲</sup>

#### مواد گیاهی

در این آزمایش از گل‌های شاخه‌بریده رز رقم 'وایت ناومی' استفاده شد. گل‌های مورد نظر در صبح‌هنگام از یک گلخانه استاندارد هیدروپونیک پرورش‌یافته، برداشت شدند. گل‌ها در مرحله تجاری یعنی شروع خم‌شدن کاسبرگ‌ها به سمت پایین که بهترین زمان است برداشت شدند<sup>۳</sup>. پس از اتمام برداشت، گل‌های شاخه‌بریده بلافاصله به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه اراک منتقل شد و سپس دوباره انتهای ساقه‌ها به طول ۴-۵ سانتی‌متر به شکل مورب در زیر آب مقطر با اسکالپل تیز و ضد عفونی شده با اتانول، بریده شد و گل‌ها درون تیمارهای مختلف قرار داده شدند.

تیمارها و شرایط محل نگهداری گل‌ها طی دوره پس از برداشت

تیمارها شامل چهار نسبت مختلف نانوذرات نقره به عصاره گلبرگ زعفران ساخته شده ۱:۲ (یعنی ۱ عصاره به ۲ نانوذرات نقره یا S1)<sup>۴</sup>، ۱:۵ (۱ به ۵ یا

1. Permanent

2. White Naomi

۳. به‌طور کلی، زمان برداشت گل‌های شاخه‌بریده رز سفیدرنگ از جمله 'وایت ناومی' کمی دیرتر از انواع رنگی است.

۴. نسبت ۱:۲ یا S1 به معنای یک میلی‌لیتر عصاره استخراجی گلبرگ‌های زعفران در ترکیب با ۲ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره است.

۵. منظور از غلظت C1، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات نقره به‌عنوان ماده اولیه سازنده نانوذرات نقره است.

6. Relative fresh weight

7. Relative solution uptake

8.  $\text{g g}^{-1}$  Initial fresh weight day<sup>-1</sup>

9.  $\text{mL g}^{-1}$  Initial fresh weight day<sup>-1</sup>

درصد بر میزان رشد باکتری‌ها معنادار شدند (جدول ۱). مقایسه میانگین هاله بازدارندگی رشد گونه‌های مختلف باکتری در شکل ۱ و نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره تولیدشده توسط عصاره گلبرگ‌های زعفران نشان داده شده‌اند.

شکل ۱ نشان می‌دهد که بازدارندگی رشد در باکتری‌های گونه‌های گرم مثبت یعنی جنس‌های باسیلوس و اکتینوباکتر به‌طور معناداری نسبت به دو گونه باکتری گرم منفی سودوموناس بیشتر است. عصاره صاف‌شده زعفران به کار گرفته‌شده نیز در مقایسه با سایر نسبت‌های نانوذرات نقره ساخته‌شده هیچ‌گونه اثر ضد باکتری نداشت (شکل ۱). در ضمن در بین نسبت‌های مختلف نانوذرات نیز تفاوت معناداری مشاهده شد به نحوی که نسبت‌های ۱:۵ و ۱:۲۰ در مقایسه با ۱:۲ بیشترین اثر بازدارندگی داشتند (تصاویر نشان داده نشده‌اند). اثر متقابل پنج نوع باکتری و چهار نوع نسبت نانوذرات نقره ساخته‌شده توسط گلبرگ‌های زعفران نیز معنادار شد. که براساس آن نسبت‌های ۱:۵ و ۱:۲۰ بیشترین اثر بازدارندگی بر باکتری‌های گونه‌های گرم مثبت یعنی جنس‌های باسیلوس و اکتینوباکتر داشتند.

نانوذرات فلزات به‌علت افزایش نسبت سطح به حجمشان و ساختار سطحی و بلوریشان، فعالیت فیزیکی و شیمیایی بیشتری نشان می‌دهند. هر چه اندازه ذرات کاهش یابد، مساحت سطح ویژه ذرات و در نتیجه فعالیت و اثرشان افزایش می‌یابد. امروزه به‌دلیل ویژگی‌های بارز نانوذرات نقره، روش‌های نانوفناوری به‌عنوان یک روش جایگزین در ساخت باکتری کش‌ها در حال گسترش است (Morrones *et al.*, 2005). یون‌های نقره با گروه‌های تیول آنزیم‌ها و پروتئین‌های مهم شرکت‌کننده در تنفس باکتری‌ها و انتقال مواد حیاتی درون سلول‌ها یا در عرض دیواره واکنش می‌دهند. در ضمن یون‌های نقره به دیواره سلول‌ها چسبیده و کارکرد غشای سلولی را تغییر می‌دهند (Maneerung *et al.*, 2008). از سوی دیگر معلوم شده است که نانوذرات نقره تولید رادیکال‌های آزاد می‌کنند و بر این اساس اثر آنتی‌میکروبی آن‌ها به رادیکال‌های آزاد نسبت داده شده است (Kim *et al.*, 2007).

آزمایش سوم: اثر کاربرد کوتاه‌مدت<sup>۱</sup> نانوذرات نقره تولیدی بر عمر گلجایی رز رقم 'وایت ناومی' این آزمایش براساس نتایج آزمایش پیشین (کاربرد دائمی) نانوذرات نقره تولیدی که نشان‌دهنده افزایش عمر گلجایی با غلظت کمتر (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود، اجرا شد. از این‌رو در درجه اول فقط از غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره استفاده شد و دوم اینکه گل‌های شاخه‌بریده تنها به‌مدت ۲۴ ساعت در معرض تیمارها بودند و پس از آن به آب مقطر انتقال داده شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و هر تیمار دارای سه تکرار با سه نمونه در هر تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آب مقطر (S1)، ساکارز ۲ درصد (S2)، سه نسبت نانوذرات نقره ساخته‌شده ۱:۲ (S3)، ۱:۵ (S4)، ۱:۲۰ (S5) و نیترا نقره (S6) بودند. پس از اعمال تیمارها گل‌ها در شرایط توصیفی آزمایش قبلی نگهداری شدند. صفات ارزیابی‌شده نیز شامل عمر گلجایی، وزن تر نسبی و میزان محلول جذب‌شده نسبی (طی روزهای ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹) بودند.

### تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش اول به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و هر تیمار در ۴ تکرار اجرا شد. همچنان که اشاره شد دو فاکتور نوع باکتری (پنج گونه) و نسبت نانوذرات ساخته‌شده (چهار نسبت) استفاده شد. آزمایش دوم نیز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و هر تیمار دارای سه تکرار با سه نمونه در هر تکرار اجرا شد. آزمایش سوم هم در قالب طرح کاملاً تصادفی و هر تیمار دارای سه تکرار با سه نمونه در هر تکرار اجرا شد. داده‌ها با ANOVA و با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه شدند. آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای تعیین معنادار بودن تفاوت آماری میان میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

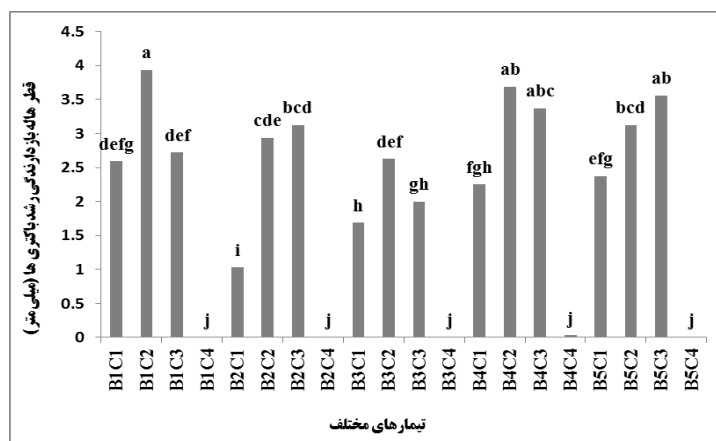
#### آزمایش اول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده و متقابل نوع باکتری و نسبت نانوذرات نقره در سطح ۱

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر بازدارندگی رشد چهار نسبت نانوذرات نقره تولیدی بر پنج گونه باکتری

منابع تغییرات (S.O.V)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (MS)
نوع باکتری	۷/۹۴۰۴	۴	۱/۹۸۵۰**
نسبت نانوذرات نقره	۱۲۹/۴۴۵۸	۳	۴۳/۱۴۸۶**
نوع باکتری × نسبت نانوذرات نقره	۹/۲۶۷۷	۱۲	۰/۷۷۲۳**
خطا	۸/۳۰۸۱	۵۷	۰/۱۴۵۷
کل	۱۵۶/۱۲۹۰	۷۹	CV = ۱۲/۰۱۱

\*\* در سطح ۱ درصد معنادار شده است، n.s. معنادار نشده است.



شکل ۱. اثر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره [۱:۲ (C1)؛ ۱:۵ (C2)؛ ۱:۲۰ (C3)] و عصاره گلبرگ‌های زعفران (C4) بر رشد پنج نوع باکتری (B1=*B. cereus*, B2=*Ps. aeruginosa*, B3=*Ps. fluorescens*, B4=*Acinetobacter*, B5=*B. subtilis*)

از باکتری‌ها بررسی شده است (Solgi & Taghizadeh, 2012). به‌عنوان مثال تأثیر بازدارندگی نانوذرات نقره تولیدشده توسط عصاره پوست موز را بر رشد باکتری‌های *Shigella sp.* و *E. coli*, *E. aerogenes*, *Klebsiella sp.* گزارش شده است (Bankar et al., 2010). درحالی‌که عصاره حاصل از پوست موز به‌تنهایی هیچ‌گونه اثر ضد میکروبی از خود نشان نداده است. در گزارشی دیگر نیز عالیت مؤثر بازدارندگی نانوذرات نقره تولیدشده توسط پوست میوه‌های پرتقال را بر رشد باکتری‌های *E. coli* و *Ps. aeruginosa* (به‌عنوان گرم منفی) و *S. aureus* (به‌عنوان گرم مثبت) گزارش کرده‌اند (Kaviya et al., 2011).

باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی از نظر دیواره‌های سلولی تفاوت اساسی دارند. یکی از این تفاوت‌های مهم در ضخامت لایه پپتیدوگلیکان<sup>۲</sup> (PG) است. به نحوی که در باکتری‌های گرم منفی این لایه نازک (۲-۳ نانومتر)

آثار ضد میکروبی نانوذرات نقره ( $Ag^+$ ) علیه طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری، قارچ و ویروس توسط پژوهشگران مختلفی شناخته شده است و از این ویژگی استفاده‌های فراوانی در علوم میکروبیولوژی، زیست‌شناسی، پزشکی و کشاورزی می‌شود. به‌عنوان نمونه، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ قسمت در میلیون<sup>۱</sup> نانوذرات نقره به‌ترتیب سبب ۷۵، ۹۵ و ۱۰۰ درصد بازدارندگی رشد باکتری *Escherichia coli* شده است (Sondi & Salopek-sondi, 2004) و یک قسمت در میلیون نانوذرات نقره علیه فعالیت باکتری‌های *Salmonella typhi* و *Escherichia coli* و ۱۰ قسمت در میلیون علیه باکتری‌های *Staphylococcus aureus* و *Mycobacterium tuberculosis* بسیار مؤثر بوده است (Song et al., 2006). به‌طورکلی، تا کنون از گیاهان مختلفی برای تولید نانوذرات نقره استفاده شده است و در برخی موارد اثر ضد میکروبی این نانوذرات نقره بر تعدادی

2. Peptidoglycan

1. ppm

**آزمایش‌های دوم و سوم**

نتایج تجزیه واریانس آزمایش دوم نشان داد که از تأثیر دو نوع فاکتور (یعنی نسبت‌های نانوذرات نقره و غلظت ماده اولیه سازنده آن‌ها) فقط غلظت ماده اولیه سازنده آن‌ها در سطح ۱ درصد بر عمر گلجایی معنادار شد (جدول ۲). در ضمن تأثیر غلظت ماده سازنده اولیه نیز فقط در روزهای سوم و چهارم ارزیابی بر وزن تر نسبی معنادار شد (جدول ۲)، ولی هیچ‌کدام از فاکتورها بر میزان محلول جذب‌شده نسبی تأثیر معنادار نداشتند.

است، درحالی‌که باکتری‌های گرم مثبت این لایه ضخیم‌تر (۳۰ نانومتر) است. از سوی دیگر باکتری‌های گرم منفی دو غشای درونی و بیرونی دارند ولی باکتری‌های گرم مثبت فقط غشای درونی دارند. جنس غشای درونی عمدتاً متشکل از فسفولیپیدها و پروتئین است اما غشای بیرونی از جنس لیپوپلی‌ساکارید است. به نظر می‌رسد که این تفاوت ساختاری در دیواره سلولی و غشاها سبب واکنش متفاوت باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت نسبت به نانوذرات نقره شده است (Kaviya *et al.*, 2011; Chatterjee & Chaudhuri, 2012).

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن تر نسبی رز رقم 'وایت نامی'

میانگین مربعات وزن تر نسبی					درجه آزادی	منابع تغییرات
روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	میانگین مربعات عمر گلجایی		
۱/۹۷۴۳ns	۳/۲۵۸۰ns	۲۱/۸۳۵۷ns	۵۴/۹۵۶۳ns	۰/۴۳۶۳ns	۳	نسبت نانوذرات نقره
۵/۹۲۹۱ns	۲۱/۷۰۱۶ns	۱۸۶/۵۹۵۴*	۴۵۶/۱۸۹۴**	۴/۰۲۸۹**	۱	غلظت ماده اولیه سازنده
۴/۴۱۸۶ns	۱۵/۷۳۰۶ns	۲۵/۸۳۱۳ns	۳۶/۴۰۷۴ns	۰/۱۹۲۵ns	۳	نسبت نانوذرات نقره × ماده اولیه سازنده
۲/۳۹۵۷	۱۳/۲۶۴۱	۲۸/۰۱۷۸	۴۱/۸۶۳۹	۰/۳۵۷۶	۱۶	خطا
۱/۵۵	۴/۰۵۸	۶/۶۲۹	۹/۱۶۲	۱۲/۸۳		CV

\*\* در سطح ۱ درصد معنادار شده است، n.s.: معنادار نشده است.

سطح ۱ درصد بر عمر گلجایی معنادار شد (جدول ۴). در ضمن تأثیر غلظت در روزهای هفتم و نهم ارزیابی بر وزن تر نسبی در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۴)، ولی بر میزان محلول جذب‌شده نسبی معنادار نشد.

مقایسه میانگین تأثیر دو نوع غلظت (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عمر گلجایی و وزن تر نسبی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس آزمایش سوم نیز نشان داد تأثیر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره تولیدی در

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر دو نوع غلظت ماده اولیه سازنده نانوذرات نقره (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)

بر عمر گلجایی و وزن تر نسبی			غلظت‌ها
عمر گلجایی (روز)	وزن تر نسبی در روز سوم	وزن تر نسبی در روز چهارم	
۴/۱b	۷۶/۲b	۶۵/۱b	۵۰ میلی‌گرم در لیتر
۵/۲a	۸۲/۸a	۷۵/۲a	۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر

در هر ستون داده‌هایی که یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیستند.

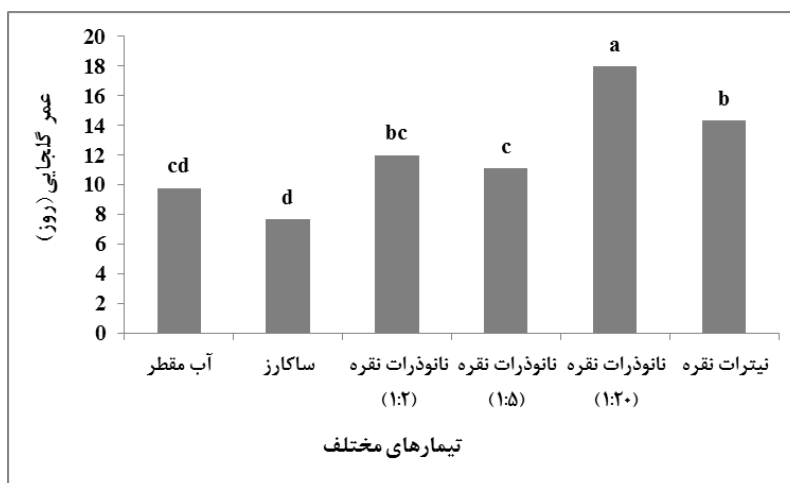
جدول ۴. تجزیه واریانس تأثیر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره تولیدی با کاربرد کوتاه‌مدت بر عمر گلجایی و وزن تر نسبی رز رقم 'وایت نامی'

میانگین مربعات وزن تر نسبی					درجه آزادی	منابع تغییرات
روز اول	روز سوم	روز پنجم	روز هفتم	روز نهم		
۲/۳۳۹۶ ns	۱۲/۷۷۲۴ ns	۴۳/۸۳۸۷ ns	۱۲۴/۲۶۶۰۳**	۱۸۵/۵۲۷۴**	۵	غلظت‌ها
۲/۱۴۰۱	۵/۰۵۱۸	۲۰/۹۰۹۸	۲۸/۸۶۱۵	۵۵/۳۳۷۶	۱۲	خطا
۱/۴۳	۲/۲۷۰۹	۴/۸۷۳۳	۶/۱۶۷۰	۹/۲۹۷۲		CV

\*\* در سطح ۱ درصد معنادار شده است، n.s.: معنادار نشده است.

مقایسه میانگین تأثیر نسبت‌های مختلف نانوذرات نقره تولیدی با کاربرد کوتاه‌مدت بر عمر گلجایی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آزمایش دوم نشان داد که غلظت تیمارهای با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ماده اولیه سازنده نانوذرات نقره، تأثیر بیشتر و معناداری بر عمر گلجایی داشت و سبب افزایش وزن تر نسبی طی روزهای سوم و چهارم ارزیابی شد. با افزایش مدت‌زمان قرارگیری این گل در تیمارهای نگهدارنده هرچه تیمار قادر باشد، وزن تر نسبی را برای مدت بیشتر افزایش می‌دهد، حفظ می‌کند یا از کاهش آن جلوگیری می‌کند و عمر گلجایی را بهبود می‌بخشد. اما به نظر می‌رسد افزایش غلظت نانوذرات نقره از حدی خاص و طولانی‌شدن قرارگرفتن گل‌های رز در معرض آن‌ها نه تنها سبب افزایش عمر گلجایی نمی‌شود، بلکه حتی موجب کاهش عمر گلجایی می‌شود. این نتیجه قبلاً توسط نویسندگان با کاربرد نانوذرات نقره روی عمر گلجایی ژربرا نیز گزارش شده است (Solgi et al., 2009a; Solgi et al., 2011).

نتیجه این آزمایش پایه و اساس اجرای آزمایش سوم قرار گرفت. نتایج آزمایش سوم نیز نشان داد که استفاده از کمترین نسبت نانوذرات نقره تولیدی (۱:۲۰) به روش کوتاه‌مدت در مقایسه با شاهد (۹/۷ روز) سبب افزایش تقریباً دو برابری (۱۸ روز) عمر گلجایی شده است. این تیمار حتی سبب افزایش معنادار عمر گلجایی (حدود چهار روز) نسبت به ترکیب شیمیایی نیترات نقره شد (شکل ۲). این ترکیب شیمیایی به‌طور معمول به‌عنوان یک جزء محلول‌های نگهدارنده بسیاری از گل‌های شاخه‌بریده استفاده می‌شود. به علاوه این تیمار موجب افزایش وزن تر نسبی طی روزهای هفتم و نهم پس از برداشت نیز شد. در زمینه کاربرد نانوذرات نقره تولیدشده توسط گیاهان پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده اطلاعاتی در دسترس نیست. باین‌حال چند گزارش در ارتباط با کاربرد نانوذرات نقره تولیدشده به روش‌های شیمیایی بر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده موجود است (Lu et al., 2010; Solgi et al., 2009a; Solgi et al., 2011).



شکل ۲. اثر کوتاه‌مدت نانوذرات نقره، نیترات نقره و ساکارز بر عمر گلجایی رز رقم 'وایت ناومی'

پژمردگی و رنگ‌پریدگی گلبرگ‌ها، شکستگی و خمیدگی ساقه‌های این رقم شد (Solgi et al., 2011). از همان روز اول آزمایش رنگ‌پریدگی مشاهده شده و طی آزمایش روند افزایشی داشته و در پایان به بیشترین میزان رنگ‌پریدگی نزدیک شدند. بنابراین، از نتیجه این آزمایش و مشاهدات قبلی مشخص می‌شود که حضور نانوذرات نقره در محلول‌های نگهدارنده (به‌ویژه به‌صورت دائمی)

در یک بررسی تأثیر یک قسمت در میلیون نانوذرات نقره تولیدشده به روش شیمیایی به‌علاوه ساکارز ۶ درصد بر روی برخی صفات کیفی و تولید اتیلن در دوره پس از برداشت گل ژربرا رقم 'Deep Purple' بررسی شد. نتایج نشان داد این تیمار سبب افزایش عمر گلجایی، رنگ‌پریدگی انتهایی ساقه‌ها، میزان اتیلن در گلبرگ‌ها، انتهایی ساقه و گردن ساقه‌ها شده ولی منجر به کاهش



نشانگر افزایش عمر گلجایی در هر سه گل بود. در گل‌های ژبراً تیمارها سبب حفظ جذب محلول و وزن تازه ساقه شد (Liu *et al.*, 2008). در ضمن تیمارهای نانوذرات نقره قادر به جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در انتهای ساقه‌های ژبراً شدند (Solgi *et al.*, 2009b). از سوی دیگر گرچه عوامل گوناگون قبل از برداشت و پس از برداشت عمر گلجایی گل‌های رز را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از آنجا که گل رز جزء گل‌های شاخه‌بریده حساس به اتیلن است، برای افزایش عمر گلجایی و به تأخیرانداختن پیری آن از ترکیبات مختلف شیمیایی دیگری به‌منظور جلوگیری از عمل اتیلن استفاده می‌شود. از جمله مواد شیمیایی بازدارنده عمل اتیلن که روی پذیرنده اتیلن قرار می‌گیرد و مانع از اتصال اتیلن به پذیرنده آن می‌شود و در نتیجه از عمل اتیلن جلوگیری می‌کند، یون نقره به‌صورت نیترات نقره، تیوسولفات نقره یا نانوذرات نقره است (Solgi *et al.*, 2009b; Hatami *et al.*, 2012).

#### نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که نسبت‌های کم نانوذرات نقره تولیدشده توسط عصاره گلبرگ‌های زعفران توانایی بسیار بالایی در کنترل آلودگی‌های باکتریایی موجود در محلول‌های نگهدارنده گل‌های شاخه‌بریده به‌ویژه انواع گرم مثبت *Bacillus* و *Acinetobacter* را دارند. از سوی دیگر نسب‌های کم نانوذرات نقره استفاده‌شده به‌ویژه ۱:۲۰ به روش کاربرد کوتاه‌مدت ۲۴ ساعته سبب افزایش تقریباً دوبرابری عمر گلجایی گل رز رقم 'وایت ناومی' شد. بنابراین، استفاده از نانوذرات نقره تولیدشده به روش بیولوژیک و با کاربرد کوتاه‌مدت پتانسیل مناسبی برای جایگزینی با ترکیبات مشابه شیمیایی و افزایش ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده را دارد.

#### سیاسگزارى

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی حمایت‌شده معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک به شماره قرارداد ۹۱/۱۳۶۶۲ مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۲ است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

موجب رنگ‌پریدگی بخش انتهایی (به طول تقریبی ده سانتی‌متر) ساقه‌ها می‌شود. نانوذرات نقره فقط اثر سمی<sup>۱</sup> بر بافت‌های ساقه مخصوصاً روپوست<sup>۲</sup> و پوست<sup>۳</sup> داشته و در نتیجه سبب رنگ‌پریدگی آن‌ها شدند. هرچند گزارش‌های چندانی مبنی بر آثار سمی بودن نانوذرات نقره بر بافت‌های گیاهی در دسترس نیست اما برخی پژوهشگران بر این باورند که نانوذرات نقره می‌توانند موجب تولید رادیکال‌های آزاد شوند (Kim *et al.*, 2008). از طرف دیگر گزارش شده است که بخشی از آثار سمی نانوذرات نقره ممکن است به واسطه آزادکردن برخی سموم<sup>۴</sup> یا یون‌های نقره (Ag<sup>+</sup>) باشد (Navarro *et al.*, 2008). این پژوهش‌های اندک نتایج ما را در زمینه اثر سمی نانوذرات نقره با غلظت زیاد بر بافت‌هایی که در معرض مستقیم نانوذرات نقره قرار گرفته را تأیید می‌کند (Solgi *et al.*, 2009a; Solgi *et al.*, 2011).

در زمینه آثار نانوذرات نقره بر پس از برداشت گل‌های بریدنی اطلاعات چندان زیادی در دسترس نیست. در آزمایشی نویسنده به مقایسه تأثیر دو غلظت نانوذرات نقره (یک و دو قسمت در میلیون به‌علاوه ۶ درصد ساکارز)، اسانس‌های تیمول و کارواکرول و عصاره آلی گیاهان آویشن باغی و شیرازی (۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون به‌علاوه ۶ درصد ساکارز) بر روی عمر گلجایی، وزن تر نسبی و مقدار محلول جذب‌شده نسبی گل شاخه‌بریده ژبراً پرداختند. نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای ۱ و ۲ قسمت در میلیون نانوذرات نقره، ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون کارواکرول، ۱۰۰ قسمت در میلیون تیمول، آویشن باغی و شیرازی سبب افزایش دو برابری عمر گلجایی در مقایسه با شاهد شدند (Solgi *et al.*, 2009b; Solgi *et al.*, 2009a). در یک بررسی دیگر گزارش شده است که عمر گلجایی لیلیوم‌های هیبرید 'Dream Land' و 'Siberia' توسط تیمار فروری با ۰/۱ درصد نانوذرات نقره + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + کیتوزان<sup>۵</sup> افزایش یافته است (Kim *et al.*, 2005). در پژوهش دیگری به بررسی اثر نانوذرات نقره به دو روش کوتاه‌مدت و دائمی بر عمر گلجایی گل‌های رز، میخک و ژبراً پرداخته شد. نتایج

1. Phytotoxicity
2. Epiderm
3. Cortex
4. Toxicant
5. Chitosan

## REFERENCES

1. Balestra, G.M., Agostini, R., Bellincontro, A., Mencarelli, F. & Varvaro, L. (2005). Bacterial populations related to gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) stem break. *Phytopathologia Mediterranea*, 44, 291-299.
2. Bankar, A., Joshi, B., Kumar, A.R. & Zinjarde S. (2010). *Banana peel extract mediated novel route for the synthesis of silver nanoparticles*, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 368, 58-63.
3. Chatterjee, S.N. & Chaudhuri, K. (2012). Outer Membrane Vesicles of Bacteria, Chapter 2: Gram-Negative Bacteria: The cell Membranes. *SpringerBriefs in Microbiology*, DOI: 10.1007/978-3-642-30526-9\_2.
4. Damunupola, J.W. & Joyce, D.C. (2006). When is a vase solution biocide not, or not only, antimicrobial? *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77, 1-18.
5. Dubey, S.P., Lahtinen, M. & Sillanpaa, E. (2010). Green synthesis and characterizations of silver and gold nanoparticles using leaf extract of *Rosa rugosa*. *Colloides and Surfaces A*, 364, 34-41.
6. Hatami, M., Hatamzadeh, A. & Ghasemnezhad, M. (2012). The role of ascorbic acid in the control of the onset of senescence in cut rose (*Rosa hybrida* cv. Ruyal class). *Iranian Journal of Biology*, 25(4), 599-605. (in Farsi)
7. Hossini Darvishani, S.S. & Chamani, E. (2013). An Investigation of the Possible Improvement of Cut Rose Flower cv. 'Red Old' Longevity Employing Organic Treatments vs. Silver Thiosulfate. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 44(1), 31-41. (in Farsi)
8. Jowkar, M.M., Kafi, M., Khalighi, A. & Hasanzadeh, N. (2012). Postharvest physiological and microbial impact of hydroxy quinoline citrate as 'Cherry Brandy' rose vase solution biocide. *Annals of Biological Research*, 3(5), 2238-2247.
9. Kaviya, S., Santhanalakshmi, J., Viswanathan, B., Muthumary, J. & Srinivasan K. (2011). Biosynthesis of silver nanoparticles using citrus sinensis peel extract and its antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A*, 79 (2011), 594-598.
10. Kim, J. H., Lee, A. K. & Suh, J.K. (2005). Effect of certain pre-treatment substances on vase life and physiological character in *Lilium* spp. *Acta Horticulturae*, 673, 307-314.
11. Kim, J.S., Kuk, E., Yu, K.N., Kim, J., Park, S.J., Lee, H.J., Kim, Park, Y.K., Park, Y.H., Hwang, C.Y., Kim, Y.K., Lee, S.Y., Jeong, D.H. & Cho, M.H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles, Nanomedicine. *Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 3, 95-101.
12. Liu, J., Ratnayak, K., Joyce, D.C., He, S. & Zhang, Z. (2012). Effects of three different nano-silver formulations on cut *Acacia holosericea* vase life. *Postharvest Biology and Technology*, 66, 8-15.
13. Lü, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y. & Joyce, D.C. (2010). Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 196-202.
14. Macnish, A.J., Joyce, D.C., Irving, D.E. & Wearing, A.H. (2004). A simple sustained release device for the ethylene binding inhibitor 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 321-338.
15. Maneerung, T., Tokura, S. & Rujiravant, R. (2008). Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*, 72, 43-51.
16. Maneerung, T., Tokura, S. & Rujiravant R. (2008). Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*, 72, 43-51.
17. Morrones, J.R., Elechiguerra, J.L., Camacho, A., Holt, K., Kouri, J., Ramirez, J.T. & Yacamoo, M.J. (2005). *The bactericidal effect of silver nanoparticles*, *Nanotechnology*, 16, 2346- 2353.
18. Navarro, A., Baun, R., Behra, N.B., Hartman, J., Filser, A.J., Miao, Quiagg, A., Santschi, P.H. & Sigg, L. (2008). Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology*, 17, 372-386.
19. Sacalis, J.N. (1983). Vascular blockage and its inhibition in cut rose flowers, ISHS Acta Horticulturae 41: Symposium on Postharvest Physiology of Cut Flowers
20. Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T.S. & Naderi, R. (2009a). Essential Oils and Silver Nanoparticles (SNP) as Novel Agents to Extend Vase Life of Gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Dune') Flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 53, 155-158.
21. Solgi, M. & Taghizadeh, M. (2012). Silver Nanoparticles Ecofriendly Synthesis by Two Medicinal Plants. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2(4), 60-64.
22. Solgi, M. (2012). Application of Nanotechnology and "Smart Packaging" in Marketing and postharvest of Cut flowers. In: *Proceedings of 1<sup>st</sup> nanotechnology and its Application in Agriculture and Natural Resources Conference*, 15-16 May, Tehran University, Karaj, Iran, pp. 1-5 (in Farsi)

23. Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, TT. & Naderi, R. (2009b). *Effects of silver nanoparticles and essential oils of thyme (Thymus vulgaris) and zattar (Zataria multiflora Boiss.) on postharvest qualitative aspects of gerbera cut flowers (Gerbera jamesonii L.)*. Ph.D. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Tehran University, Iran. (in Farsi)
24. Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, TT., Naderi, R., Eyre, JX. & Joyce, DC. (2011). Effects of silver nanoparticles (SNP) on *Gerbera jamesonii* cut flowers. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 2 (3), 274-285.
25. Sondi, I. & Salopek-Sondi B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science*, 275, 177-182.
26. Song, HY., Ko, K.K. & Lee, B.T. (2006). Fabrication of silver Nanoparticles and their antimicrobial mechanisms. *European Cell and Materials*, 11, 58.
27. Van Doorn, WG. & De Witte, Y. (1994). Effect of Bacteria on Scape Bending in Cut *Gerbera jamesonii* Flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 568-571.
28. Zagory, D. & Reid, MS. (1986). Role of vase solution microorganisms in the life of cut-flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111(1), 154-158.

## The effects of biological silver nanoparticulates on bacterial growth in preservative solutions and increasing vase life of rose cut flowers "White Naomi"

Mousa Solgi<sup>1\*</sup> and Mansour Ghorbanpour<sup>2</sup>

1, 2. Assistant Professor, Department of Horticultural Engineering, and Assistant Professor, Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak 38156-8-8349, Iran

(Received: Jan. 26, 2014 - Accepted: Sep. 20, 2014)

### ABSTRACT

In this research, synthesized silver nanoparticles by using saffron petals extracts were applied on inhibition of bacteria growth in preservative solution for extending vase life of rose cut flowers "White Naomi", in three separate experiments. In the first experiment effects of different ratios of silver nanoparticles and saffron petals extract (1:20, 1:5, and 1:2) were investigated on growth inhibition of five important preservative solution's infecting bacteria including *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereu*, *Acinetobacter*, *Pseudomonads fluorescens* and *Pseudomonas aeruginosa* in completely randomized design with factorial arrangement. Results showed that applied concentrations had significant effect on growth of gram positive bacteria. Saffron petals extract didn't have any antibacterial effects in comparison with synthesized silver nanoparticles. 1:5 and 1:20 ratios showed the highest inhibition of bacterial growth in gram positive ones. In the second and third experiments effects of different concentrations of silver nanoparticles products were evaluated on vase life, relative fresh weight and relative solution uptake of rose cut flowers by two permanent and pulsing methods. Results showed that, low ratios of silver nanoparticles particularly 1:20 significantly increased vase life approximately two times in comparison to control due to increasing relative fresh weight.

**Keywords:** bacterial contamination, nanoparticles, nanotechnology, solution uptake, vase life.