

# 纳米银预处理对麝香百合切花的保鲜效应研究

李红梅<sup>1</sup>, 林燕飞<sup>1,2</sup>, 刘昌镇<sup>1</sup>, 黄新敏<sup>1,2</sup>, 周厚高<sup>2</sup>, 何生根<sup>1</sup>

(1. 仲恺农业工程学院 生命科学学院, 广东 广州 510225; 2. 仲恺农业工程学院 园艺园林学院, 广东 广州 510225)

**摘要:**以麝香百合‘白天堂’为试材,研究了新型抗菌剂纳米银(Nano-silver, NS)处理对麝香百合(*Lilium longiflorum*)切花的保鲜效应。结果表明:用 5~20 mg/L NS 溶液预处理麝香百合切花茎基端 24 h 后再瓶插于去离子水中,可延长切花的瓶插寿命,并延缓花瓣和叶片的失水萎蔫、改善花枝的水分吸收和延缓花枝的鲜重损失,其中以 10 mg/L NS 预处理效果最佳。进一步试验表明,10~20 mg/L NS 溶液对麝香百合切花采后易于滋生的假单胞菌属菌(*Pseudomonas* sp.)、肠杆菌属菌(*Enterobacter* sp.)、鲍氏不动杆菌(*Acinetobacter baumannii*)和木糖氧化产碱菌(*Achromobacter xylosoxidans*)等 4 种主要病原菌生长有显著的抑制作用。

**关键词:**麝香百合;切花;纳米银;瓶插寿命;病原菌

**中图分类号:**S 681.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)08-0166-04

切花采后在其茎末端切口易滋生大量以细菌为主的病原微生物,并严重影响花枝茎基部的的水分吸收和运输,进而造成切花失水萎蔫和衰老加速<sup>[1-4]</sup>。为减轻病原菌对切花采后品质和寿命的影响,生产上多用含杀菌剂的切花保鲜剂进行预处理或瓶插处理。目前在切花保鲜上常用的杀菌剂有 8-羟基硅啉及其柠檬酸盐和硫酸盐、缓释氯化物、季胺化合物、硝酸银( $\text{AgNO}_3$ )和硫代硫酸银等<sup>[2]</sup>。不过,这些杀菌剂都存在着诸如杀菌效果不理想、对一些切花有毒害作用、稳定性较差等不足之处<sup>[2-3,5]</sup>。姜霞等<sup>[6]</sup>曾研究表明,非洲菊(*Gerbera jamesonii*)切花瓶插于含  $\text{AgNO}_3$  的保鲜液中花茎基部会变褐,并逐渐扩展到花茎中部和上部,进而影响其观赏品质。

纳米银(Nano-silver, NS)是粒径为纳米级的特殊形态银(Ag)颗粒,并被视为一种抗菌活性强、广谱、安全的无机抗菌材料<sup>[7-8]</sup>。目前 NS 主要作为新型的抗菌剂在医疗、建材等领域得到较为广泛的应用<sup>[8-9]</sup>。另外,它在果蔬和食品保鲜等领域的研究与应用也日渐增多<sup>[10-12]</sup>。近年来,NS 在切花采后保鲜上的应用研究越来越受到重视。试验所在课题组研究人员<sup>[13-15]</sup>及 Basiri Y 等<sup>[16]</sup>的研究表明,NS 预处理或瓶插处理对非洲菊、月季(*Rosa hybr-*

*ida*)和香石竹(*Dianthus caryophyllus*)等切花和绢毛相思(*Acacia holosericea*)切叶都具有显著的杀菌效果和保鲜作用。百合(*Lilium* spp.)花朵硕大、花型艳丽、气味芳香,颇受广大花卉爱好者和消费者的喜爱,是国内外花卉市场的主流切花之一。不过,百合切花采后贮运及瓶插观赏期间,花枝茎基部的切口及邻近部位易于滋生以细菌为主的病原微生物,并严重影响其观赏品质和寿命<sup>[4]</sup>。为此,该试验以麝香百合(*Lilium longiflorum*)为材料,着重研究探讨 NS 处理对该切花的瓶插寿命、花枝吸水量和鲜重变化的影响以及对采后易于滋生的 4 种主要病原菌生长的抑制效果,以期为 NS 百合切花的采后处理与保鲜中的应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

麝香百合‘白天堂’品种(*Lilium longiflorum* ‘White Heaven’)切花购于广州岭南花卉市场,然后直立于盛有去离子水的塑料桶中,用 PE 袋包裹切花材料露于桶外的部分,避免切花受到损伤和水分蒸腾过快,并在 1 h 内运至试验室复水备用。选取单头、含苞待放、花苞大小基本一致的健壮花枝,将茎基部置于去离子水中用锋利的手术刀平切至 25 cm 长作为试材。瓶插试验在仲恺农业工程学院生物技术研究所人工气候室进行,并设定温度为  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、湿度为  $(60 \pm 10)\%$ 、光照周期为 12 h 光照/12 h 黑暗(光照强度为  $12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光照时间为 7:00~19:00)。NS 为上海沪正纳米科技有限公司研发的无色透明溶液(NS 颗粒的平均直径为  $9.4 \pm 2.5 \text{ nm}$ ),pH 为  $7.0 \pm 0.5$ ,原液浓度 3 000 mg/L NS。

**第一作者简介:**李红梅(1971-),女,博士,副教授,研究方向为观赏植物采后生物学。

**责任作者:**何生根(1965-),男,湖南永兴人,博士,教授,研究方向为观赏植物采后生物学。E-mail:howtoroot@163.com。

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30771519;31071829);广东省自然科学基金资助项目(8251022501000002;10151022501000035);广东省现代农业产业体系岗位专家专项资助项目(B3094537)。

**收稿日期:**2012-02-27

## 1.2 试验方法

1.2.1 NS对麝香百合切花的保鲜作用 在多次预试验的基础上确定3个NS预处理液浓度:5、10和20 mg/L NS。用1 000 mL的烧杯装400 mL预处理液,将麝香百合切花茎基端置于预处理液中预处理24 h后再移至含去离子水的玻璃瓶中瓶插,以去离子水预处理作为对照。随后观测切花瓶插期间的观赏品质、瓶插寿命、花枝吸水量和花枝鲜重变化等指标。

1.2.2 NS对麝香百合切花主要病原菌的抑菌效果 麝香百合‘白天堂’品种采后茎末端和瓶插液中的主要病原菌经广东省微生物研究所鉴定为假单胞菌属(*Pseudomonas* sp.)、肠杆菌属(*Enterobacter* sp.)、鲍氏不动杆菌(*Acinetobacter baumannii*)和木糖氧化产碱菌(*Achromobacter xylosoxidans*)等4种<sup>[4]</sup>。将上述4种纯菌液,分别接种于牛肉膏蛋白胨液体培养基中,37℃震荡培养24 h。分别将4种病原菌加入含有10 mL的5、10、15、20、25 mg/L NS的试管中,在液体混合器上充分混匀。另设1支加菌但不含NS的阳性对照管和1支不加菌也不含NS的阴性对照管。置37℃恒温箱培养12 h后观察结果。肉眼观察试管中溶液的混浊度,据此判断有无菌生长。若培养液出现膜状物或混浊记为“+”,表示测试菌的生长未被明显抑制;若培养液无膜状物且澄清透明则标为“-”,表示测试菌的生长被抑制。

## 1.3 切花瓶插指标的测定

1.3.1 瓶插寿命的判定 参照李红梅等<sup>[4]</sup>的方法进行。瓶插期间每天观察记录麝香百合切花花枝花瓣及叶片的外观变化,瓶插寿命的终止以花瓣及叶片开始出现萎蔫或花茎发生弯折等不良症状时为准。

1.3.2 花枝吸水量和鲜重变化率的测定和计算 参照李红梅等<sup>[4]</sup>的方法进行。从瓶插当天(计为第0天)开始,每天定时测定瓶插期间每处理各个重复的玻璃瓶+瓶插液的重量(记为A),玻璃瓶+切花+瓶插液的重量(记为B)。第n天的鲜重= $B_n - A_n$ ,第n天的鲜重变化率(%)=第n天的鲜重×100/第0天的鲜重(即瓶插当天花枝的初始鲜重),第n天的相对吸水量= $(A_{n+1} - A_n)/$ 第0天的鲜重。

## 1.4 数据分析

各处理麝香百合切花瓶插寿命用平均值±SE表示,并用Duncan's新复极差法( $P < 0.05$ )进行显著性检验;各处理的花枝吸水量和鲜重变化率用平均值表示,并采用最小显著差数法(Least significance difference, LSD)进行显著性比较。所有数据均采用DPS 9.50数据处理系统软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度NS预处理对切花瓶插寿命的影响

由表1可知,麝香百合切花经5~20 mg/L NS预处

理24 h后,其瓶插寿命均比对照有所延长,其中以10 mg/L NS预处理(处理C)效果最好,该处理的瓶插寿命要显著长于对照和其它NS处理。另外,在试验中还观察到,10 mg/L NS预处理可明显延缓和减轻切花花瓣和叶片的失水凋萎现象、促进花朵的开放,而20 mg/L NS预处理(处理D)则在瓶插后期可见到花朵开放度有所降低、花瓣边缘散见一些零星的褐色斑点等轻度的毒害症状。

表1 不同浓度NS预处理对麝香百合切花瓶插寿命的影响

Table 1 Effects of pre-treatments with different concentrations of NS on vase life of cut *Lilium longiflorum* flowers

处理编号 No. of treatments	NS浓度 NS concentration/mg · L <sup>-1</sup>	瓶插寿命 Vase life/d
A(CK)	0	8.3±0.80 c
B	5	9.8±0.40 bc
C	10	10.3±0.49 a
D	20	9.8±0.60 bc

注:每个处理6次重复,瓶插液均为去离子水。

Note: Six replicates for each treatment. All vase solutions were deionized water.

### 2.2 不同浓度NS预处理对麝香百合切花水分吸收的影响

由图1可知,对照及各处理麝香百合切花在整个瓶插期间相对吸水量的变化趋势基本一致,但NS预处理的花枝相对吸水量均高于对照,表明NS处理可改善麝香百合切花的水分吸收,其中尤以10 mg/L NS处理效果最为明显,该处理切花在瓶插后期还可维持较高的相对吸收量。NS预处理浓度过低(5 mg/L)或过高(20 mg/L)时麝香百合切花的相对吸水量与对照则无显著差异。

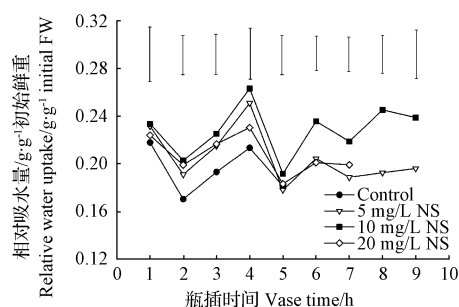


图1 不同NS浓度预处理对麝香百合切花瓶插期间相对吸水量的影响

注:图中垂直标尺表示各处理平均值的LSD<sub>0.05</sub>(n=6)。下同。

Fig.1 Effects of pre-treatments with different concentrations of NS on relative water uptake of cut *Lilium longiflorum* flowers during vase period

Note: The vertical bars represent LSD<sub>0.05</sub>(n=6) of average values among the treatments. The same below.

### 2.3 不同浓度 NS 预处理对麝香百合切花鲜重变化的影响

由图 2 可知,对照及各处理麝香百合切花的鲜重变化率均呈先上升再逐渐下降的趋势。其中,10 mg/L NS 预处理麝香百合切花的鲜重变化率显著高于对照,表明该处理有利于维持麝香百合切花的鲜重。不过,NS 预处理浓度过低(5 mg/L)或过高(20 mg/L)时麝香百合切花的鲜重变化率与对照则无显著差异。

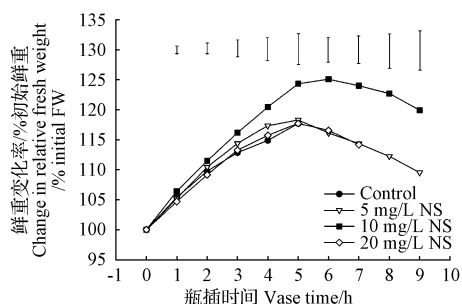


图 2 NS 预处理对麝香百合切花瓶插期间鲜重变化率的影响

Fig. 2 Effects of NS pre-treatments with different concentrations of NS on relative fresh weight of cut *Lilium longiflorum* flowers during vase period

### 2.4 不同浓度 NS 对麝香百合切花采后主要病原菌生长的抑制作用

由表 2 可知,5 mg/L NS 不能明显抑制麝香百合切花采后 4 种主要病原菌的生长,10 mg/L NS 仅可明显抑制其中的鲍氏不动杆菌和木糖氧化产碱菌,20 mg/L NS 则可抑制 4 种主要病原菌的生长。

表 2 不同浓度 NS 对麝香百合切花采后主要病原菌的抑制效果

Table 2 The inhibition effect of different concentrations of NS on the 4 dominant bacteria from postharvest cut *Lilium longiflorum* flowers

病原菌名称 Name of pathogenic bacteria	NS 浓度 Concentrations of NS/mg · L <sup>-1</sup>					
	0	5	10	15	20	25
假单胞菌属( <i>Pseudomonas</i> sp.)	+	+	+	+	-	-
肠杆菌属( <i>Enterobacter</i> sp.)	+	+	+	+	-	-
鲍氏不动杆菌( <i>Acinetobacter baumannii</i> )	+	+	-	-	-	-
木糖氧化产碱菌( <i>Achromobacter xylosoxidans</i> )	+	+	-	-	-	-

注:“-”表示无细菌生长,“+”表示有细菌生长。

Note: “-” stands for no growth of bacteria, and “+” stands for visual growth of bacteria.

### 3 讨论与结论

水分对维持切花采后的鲜活特性和观赏品质至关重要,只有当切花水分吸收、运输和散失三者之间保持良好的状态,切花细胞才能维持一定的膨压,切花花枝才能保持其固有的形态、鲜活度及品质<sup>[1,17]</sup>。切花采后贮运及瓶插观赏期间,以细菌为主的大量病原微生物滋

生并群集于花枝茎基部切口或邻近部位,从而导致花茎导管堵塞,即使切花处于含水的环境也会发生水分吸收跟不上水分散失的情形,进而出现水分平衡失调和凋萎现象,并严重影响观赏品质和采后寿命<sup>[4,17,19-20]</sup>。采用杀菌剂进行采后处理可有效降低病原微生物的数量及其对水分吸收的影响,进而显著延长切花的寿命<sup>[1-3,18]</sup>。

NS 作为一种抗菌活性强、广谱、安全的新型无机抗菌材料,近年来有关它在切花采后保鲜上的应用研究陆续有一些文献报道<sup>[13-16]</sup>。Liu J 等<sup>[13]</sup>曾研究表明,10 mg/L NS 预处理 24 h 可有效抑制非洲菊切花‘Ruokou’瓶插液和茎末端细菌的繁衍、减轻茎末端堵塞和改善水分吸收,并显著延长的瓶插寿命。在该研究中,麝香百合切花经 10 mg/L NS 预处理 24 h 后再瓶插,可显著改善其观赏品质和延长瓶插寿命(表 1)。另外,该处理可有效改善切花花枝的水分吸收(图 1)和有利于维持麝香百合切花的鲜重(图 2)。进一步研究还表明,10~20 mg/L NS 溶液对李红梅等<sup>[4]</sup>报道的麝香百合切花采后易于滋生的假单胞菌属菌(*Pseudomonas* sp.)、肠杆菌属菌(*Enterobacter* sp.)、鲍氏不动杆菌(*A. baumannii*)和木糖氧化产碱菌(*A. xylosoxidans*)等 4 种主要病原菌生长有显著的抑制作用(表 2)。值得指出的是,尽管 NS 具有毒性低、抗菌活性高、抗菌谱广、效力持久等优点<sup>[8,16]</sup>,但其浓度过高时(20 mg/L)虽然对主要病原菌生长有很强的抑制作用(表 2),但会对麝香百合切花造成一定程度的毒害作用,如在瓶插后期可见到花朵开放度有所降低、花瓣边缘散见一些零星的褐色斑点等症状,且在延长麝香百合切花的瓶插寿命(表 1)、改善切花花枝的水分吸收(图 1)和维持麝香百合切花的鲜重(图 2)等方面的作用效果反而不及 10 mg/L NS 预处理。

综上所述,适宜浓度的 NS 处理可通过其高效的抗菌作用有效减轻麝香百合切花茎末端病原微生物引起的导管堵塞、维持花茎的吸水能力和鲜重,从而延长切花采后寿命。另外,鉴于 NS 抗菌活性高、抗菌谱广、效力持久,且稳定性好、安全性高<sup>[8-9,16]</sup>,这预示着 NS 作为一种新型的切花保鲜物质,在麝香百合切花及其它切花保鲜上具有良好的应用前景。由于该研究是以探讨 NS 对麝香百合切花的保鲜效果为主要目的,因而只是以 NS 单因子进行试验,在实际应用中,还可同时添加蔗糖、植物生长调节剂(如细胞分裂素类)等组分,保鲜效果将会更加突出。

### 参考文献

- [1] 高俊平. 观赏植物采后生理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [2] Damunupola J W, Joyce D C. When is a vase solution biocide not, or not only, antimicrobial [J]. J Japan Soc Hort Sci, 2008, 77(3): 211-228.
- [3] 刘季平, 何生根, 吕培涛, 等. 二氯异氰尿酸钠处理对香石竹切花的保鲜效应[J]. 园艺学报, 2009, 36(1): 121-126.

- [4] 李红梅,刘昌镇,程敏英,等. 麝香百合切花采后主要病原菌鉴定及其对瓶插寿命的影响[J]. 北方园艺,2012(3):153-157.
- [5] 胡绪岚. 切花保鲜新技术[M]. 北京:中国农业出版社,1996:47-50.
- [6] 姜霞,熊忠华. 非洲菊切花保鲜剂的研究[J]. 贵州林业科技,2004,32(1):20-26.
- [7] Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials[J]. Biotechnol Adv, 2009, 27: 76-83.
- [8] 曲峰,许恒毅,熊勇华,等. 纳米银杀菌机理的研究进展[J]. 食品科学,2010,31(17):420-424.
- [9] Maramba-Jones C, Hoek E M V. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment[J]. J Nanopart Res, 2010, 12: 1531-1551.
- [10] An J, Zhang M, Wang S, et al. Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP [J]. LWT-Food Sci Technol, 2008, 41: 1100-1107.
- [11] 甘林,许文耀,江茂生,等. 纳米银对甘蓝黑腐病菌抑制作用的研究[J]. 江西农业大学学报,2010,32(3):493-497.
- [12] Lamsal K, Kim S W, Jung J H, et al. Inhibition effects of silver nanoparticles against powdery mildews on cucumber and pumpkin [J]. Mycobiol, 2011, 39(1):26-32.
- [13] Liu J, He S, Zhang Z, et al. Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. Ruikou flowers [J]. Postharvest Biol Technol, 2009, 54: 59-62.
- [14] LV P, Cao J, He S, et al. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers [J]. Postharvest Biol Technol, 2010, 57(3):196-202.
- [15] Liu J, Ratnayake K, Joyce D C, et al. Effects of three different nano-silver formulations on cut *Acacia holosericea* vase life [J]. Postharvest Biol Technol, 2012, 66: 8-15.
- [16] Basiri Y, Zarei H, Mashayekhi K. Effects of nano-silver treatment on vase life of cut flowers of carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. 'White Liberty') [J]. J Adv Lab Res Biol, 2011(2):49-55.
- [17] 何生根. 切花品质的生理生化基础[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(1):66-70.
- [18] 夏宜平,陈声明,王直一. 月季切花采后的微生物变化及杀菌剂的生理效应[J]. 园艺学报,1997,24(1):63-66.
- [19] Louband M, van Doorn W G. Wound-induced and bacteria-induced xylem blockage in rose, *Astilbe* and *Viburnum* [J]. Postharvest Biol Technol, 2004, 32: 281-288.
- [20] 黄娇,朱天辉. 香石竹切花采后微生物对衰老影响的研究[J]. 四川农业大学学报,2005,23(3):335-339.

## Freshness-preserving Effects of Nano-silver Pre-treatments on Cut Lily Flowers

LI Hong-mei<sup>1</sup>, LIN Yan-fei<sup>1,2</sup>, LIU Chang-zhen<sup>1</sup>, HUANG Xin-min<sup>1,2</sup>, ZHOU Hou-gao<sup>2</sup>, HE Sheng-gen<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225; 2. College of Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225)

**Abstract:** Freshness-preserving effects of pulse treatments with nano-silver (NS) solution, a new-type anti-bacterial agent on cut lily flowers were investigated. The stem-ends of cut flowers were pre-treated with different concentrations of NS solutions (0, 5, 10 and 20 mg/L) for 24 h, and then immediately placed in glass vase containing de-ioned water. The results showed that NS pre-treatments had positive roles in extending the vase life of cut lilies, delaying the wilting of petals and leaves, improving water uptake and maintaining the fresh weight of cut lily stems, and the best concentration of NS was 10 mg/L NS. Further studies indicated that 10~20 mg/L NS could significantly inhibit the growth of *Pseudomonas* sp. and *Enterobacter* sp., *Acinetobacter baumannii* and *Achromobacter xylosoxidans*, which were the 4 dominant bacteria identified from the postharvest cut lily flowers.

**Key words:** lily (*Lilium longiflorum*); cut flowers; nano-silver (NS); vase life; bacteria