

# 超声波对蓝睡莲湿藏期间水分状况和膜稳定性的影响

贺文婷 郭维明\*

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

**摘要:** 本文研究了超声波与保鲜剂复合 (UW + PS) 处理及超声波 (UW) 预处理对蓝睡莲 (*Nymphaea caerulea*) 切花 6 d 湿藏期间水分状况及膜稳定性有关指标的影响。结果表明: 与对照相比, 两组超声波预处理均延长了切花瓶插寿命; 改善了切花的水分状况, 表现为促进了花枝鲜质量增加率及吸水量与失水量之平衡, 提高了水分吸收效率和花茎不同部位的水势; 超声波还有效地阻止了  $\text{O}_2^-$  产生速率和 MDA 含量的上升, 提高了抗氧化酶 CAT 和 SOD 的活性。超声波与保鲜剂复合处理 (UW + PS) 总体优于单独超声波处理, 表现了 UW 和 PS 的加合效应。

**关键词:** 蓝睡莲; 切花; 超声波; 保鲜剂; 水分状况; 膜稳定性

**中图分类号:** S 68 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 02-0328-05

## Effects of Ultrasonic Wave on Water Condition and Membrane Stability of Cut *Nymphaea caerulea* Flower during Wet Storage

He Wenting and Guo Weiming\*

(Horticulture College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Effects of pretreatments by UW (ultrasonic wave) and UW + PS (preservative solution) on indexes related to water conditions membrane stability of cut *Nymphaea caerulea* flower were studied during wet storage. The result showed that compared with the control, the vase life was postponed, water conditions were improved, which including the increase in fresh mass of flower stem, the promotion of equilibrium between water absorptions and loss, the water absorption rate and the water potential in different parts of flower stem. Meanwhile, the productions of  $\text{O}_2^-$  and MDA in petals were retarded, but SOD and CAT activities of petals were increased by two types of ultrasonic wave pretreatment during wet storage. The effect by UW + PS was better than that by UW alone, it showed the synergism effects.

**Key words:** *Nymphaea caerulea*; Cut flower; Ultrasonic wave; Preservative solution; Water condition; Membrane stability

蓝睡莲 (*Nymphaea caerulea*) 为热带多年生水生花卉, 常用于水景, 也用于盆栽及切花, 深受消费者喜爱。其花紫色, 芳香, 但瓶插寿命短, 且易发生弯颈, 因此探讨其贮藏保鲜技术是市场化的关键。南京农业大学采后生理课题组曾率先报道, 超声波保鲜剂复合预处理可延长月季、菊花、香石竹<sup>[1,2]</sup>及蜡梅<sup>[3]</sup>等切花的瓶插寿命、克服弯颈及提高观赏品质, 并探讨了超声波处理的技术参数及生理效应, 证实超声波的保鲜效应与改善水分状况有关<sup>[1~4]</sup>。本文旨在从水分状况及与膜稳定性相关的有关氧自由基及抗氧化酶动态角度, 探讨超声波及其与保鲜剂复合预处理对热带蓝睡莲在短期湿藏期间的生理生化效应, 为提高其采后商品品质提供理论及技术依据。

## 1 材料与方法

蓝睡莲 (*Nymphaea caerulea*) 采自南京“江浦艺莲苑”, 清晨采切刚露色的约 50 cm 长的健壮花

收稿日期: 2005 - 04 - 25; 修回日期: 2005 - 11 - 08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070540)

\* 通讯作者 Author for correspondence

花枝立即插入水中，2 h后运回实验室，在水中剪切至 30 cm长，供瓶插及贮藏试验用。

预处理及瓶插和贮藏试验：上述花材经如下 3组处理后，分别用于瓶插及 9 冰箱湿藏 6 d期间的各项生理生化指标测定。插入去离子水中（对照）；超声波预处理（UW）：去离子水中浸泡基部，同时用超声波（CX-210型清洗仪，昆山超声波仪器有限公司）在选定参数下处理 20 min，工作频率 25 000 Hz，功率 100W；超声波、保鲜剂复合预处理（UW + PS）：在保鲜剂（5%蔗糖 + 6-BA  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  + 8-HQC（8-羟基喹啉柠檬酸盐） $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ）中浸基并作超声波处理 20 min。瓶插用标本瓶高 30 cm，去离子水高 28 cm，室温（ $28 \pm 2$ ），RH 50% ~ 60%。瓶插寿命以瓶插日起至 30%萼片或外缘花瓣初萎或出现弯茎天数表示。

水分状况指标测定：湿藏 6 d期间每 2 d测定以下指标，每次测定用 3个花枝。花枝鲜质量变化率：取出花枝，滤纸吸干基部后称鲜质量，鲜质量变化率（%）=（测定日鲜质量 - 初始鲜质量）/ 初始鲜质量  $\times 100$ 。压力室法<sup>[5]</sup>，采用 RMS1000型压力室，先自花茎基部测定水势，然后顺序切花茎至中部和顶部分别测定中顶部水势。花枝吸水及失水量、水分利用率：参考高勇的方法<sup>[6]</sup>并改良。每个花枝称质量后插于用塑料薄膜封口的上述瓶插标本瓶中，花茎与薄膜切口处用棉条缠绕封好。每 2 d取出花枝，分别称取花枝及标本瓶 + 去离子水质量，两次连续称量之差与花枝鲜质量的比值，即为两次称重期内花枝的吸水量（ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$ ），再称取花枝 + 标本瓶 + 去离子水质量，计算相应失水量（ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$ ）；水分平衡值以相应间隔时间内吸水量与失水量之比值表示；水分利用率 =（同样间隔期内吸水量 - 失水量）/ 吸水量  $\times 100\%$ 。

其它生理生化指标：湿藏 6 d，每天自花冠外轮向内采取花瓣，每 3枝互为重复。硫代巴比妥酸法测定MDA含量；NBT最大光还原法测定SOD活性；高锰酸钾滴定法测定CAT活性；羟胺还原法测定超氧阴离子（ $\text{O}_2^-$ ）<sup>[7]</sup>。

数据处理：采用 EXCEL 及 SAS软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 超声波处理对湿藏前后蓝睡莲切花瓶插寿命的影响

UW + PS及 UW 处理均能有效延长蓝睡莲的瓶插寿命，前者处理效果更明显。注意到低温湿藏 6 d后瓶插寿命虽较贮前略有下降，但 UW + PS及 UW 处理仍依次长于对照，在 0.05水平差异显著（表 1）。同时观察到湿藏前后瓶插寿命结束时，日开放时间略有缩短。

### 2.2 超声波处理对湿藏期间花枝水分状况的影响

2.2.1 花枝鲜质量变化 图 1表明，湿藏期间花枝鲜质量持续增加，但对照增至第 4天即趋平稳，而经 UW + PS及 UW 处理增加趋势延续到第 6天尚未终止，两处理鲜质量变化率的增加幅度也均超过对照，尤其是 UW + PS处理。

表 1 超声波和保鲜剂预处理对蓝睡莲切花贮藏前后瓶插寿命的影响

Table 1 Effects of pretreatments by ultrasonic wave and preservative solution on vase life of cut *Nymphaea caerulea* before and after wet storage

处理 Pretreatments	瓶插寿命 Vase life (d)	
	湿藏前 Before wet storage	湿藏后 After wet storage
对照 Control	4.5bA	4.0bB
UW	6.0aA	5.5aA
UW + PS	7.0abA	6.3aA

注：邓肯氏新复极差法检验（ $\alpha=0.05$ ；A=0.01）。

Note: Duncan's multiple range test ( $\alpha=0.05$ ; A=0.01).

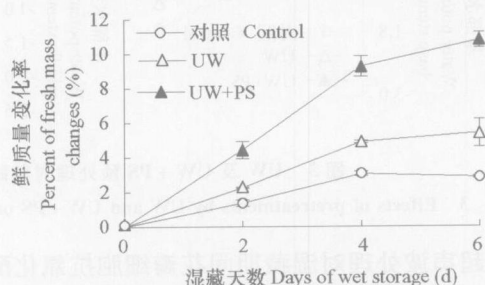


图 1 UW 及 UW + PS 预处理对蓝睡莲切花湿藏期间花枝鲜质量变化的影响

Fig. 1 Effects of pretreatments by UW and UW + PS on changes of fresh mass in flower stem of cut *Nymphaea caerulea* during wet storage

2.2.2 花枝吸水量、失水量及水分平衡的变化 图 2表明,湿藏期间对照的吸水量、失水量及水分平衡值都呈单峰形式,并均于第 4 天出现峰值。UW + PS及 UW 处理不但相继降低了湿藏期间的花枝失水量及其峰值,同时促进了湿藏期间花枝的吸水量及增加了水分平衡值,显示了良好的保水效果,尤其以 UW + PS处理的加合效应更显著 ( $P = 0.01$ )。图 2还表明,蓝睡莲吸水量远大于失水量,故水分平衡数值也大,显示了水生花卉的特点。

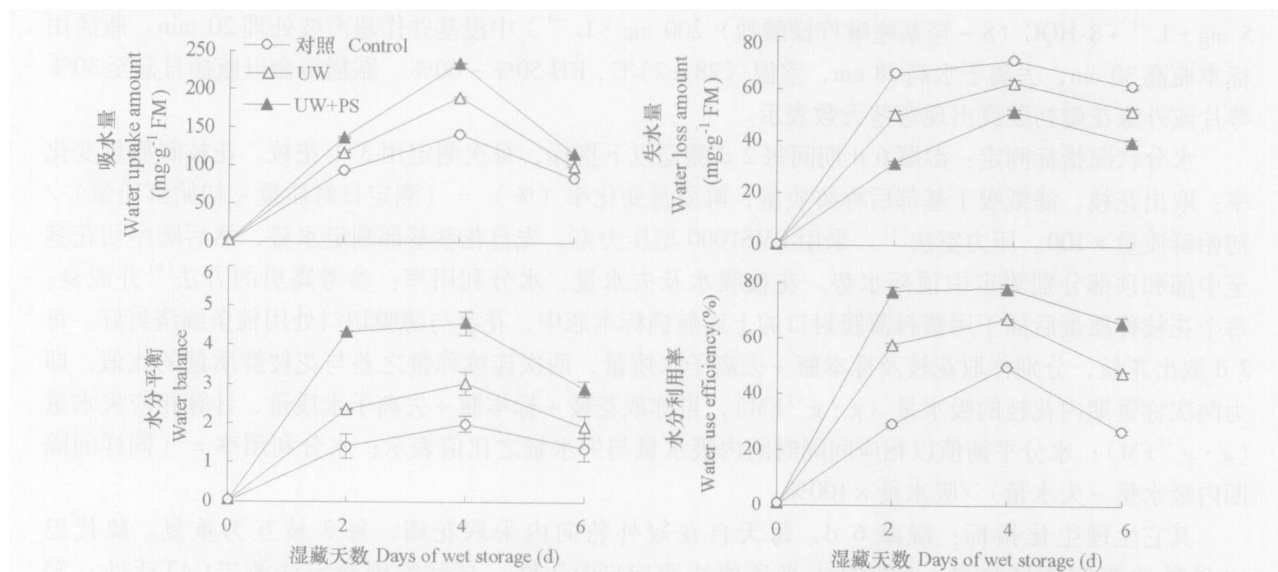


图 2 UW 及 UW + PS预处理对蓝睡莲切花贮藏期间花枝吸水量、失水量、水分平衡及水分利用率的影响

Fig. 2 Effects of pretreatments by UW and UW + PS on water uptake amount, water loss amount, water balance and water utilized rate of cut *Nymphaea caerulea* during wet storage

2.2.3 花茎不同部位水势的变化 图 3表明,湿藏期间花茎各部位水势变化较为平稳,虽然基部水势呈持续缓慢降低趋势,而中、上部水势分别在第 2 天和第 4 天达到峰值,但基部水势总体上高于中部及顶部水势。与对照相比, UW + PS及 UW 处理均提高了贮藏期间花茎基部、中部及顶部水势,且仍以 UW + PS处理效果最佳。

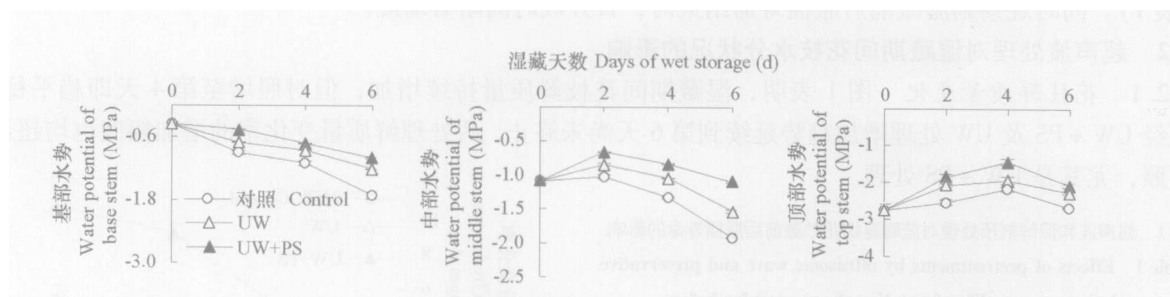


图 3 UW 及 UW + PS预处理对蓝睡莲切花瓶插期间花茎不同部位水势变化的影响

Fig. 3 Effects of pretreatments by UW and UW + PS on water potential in stem of cut *Nymphaea caerulea* during wet storage

## 2.3 超声波处理对湿藏期间花瓣细胞抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

湿藏过程花瓣抗氧化酶 SOD 及 CAD 活性先升后降 (图 4, A、B), 活性高峰值均于第 4 天出现。经 UW + PS 和 UW 处理, 两个酶活性都较对照极显著提高 ( $P = 0.01$ ), UW + PS 延缓第 6 天 CAT 活性下降的效果比延缓 SOD 第 6 天活性下降的效果更明显, 暗示保鲜剂在贮藏后期的重要作用。

贮藏期间花瓣  $O_2^-$  及膜脂过氧化产物 MDA 生成均持续增加, 尤以对照更甚 (图 4, C、D)。UW + PS 及 UW 依次抑制了这一增加趋势, 即 UW + PS 表现出加合效应。

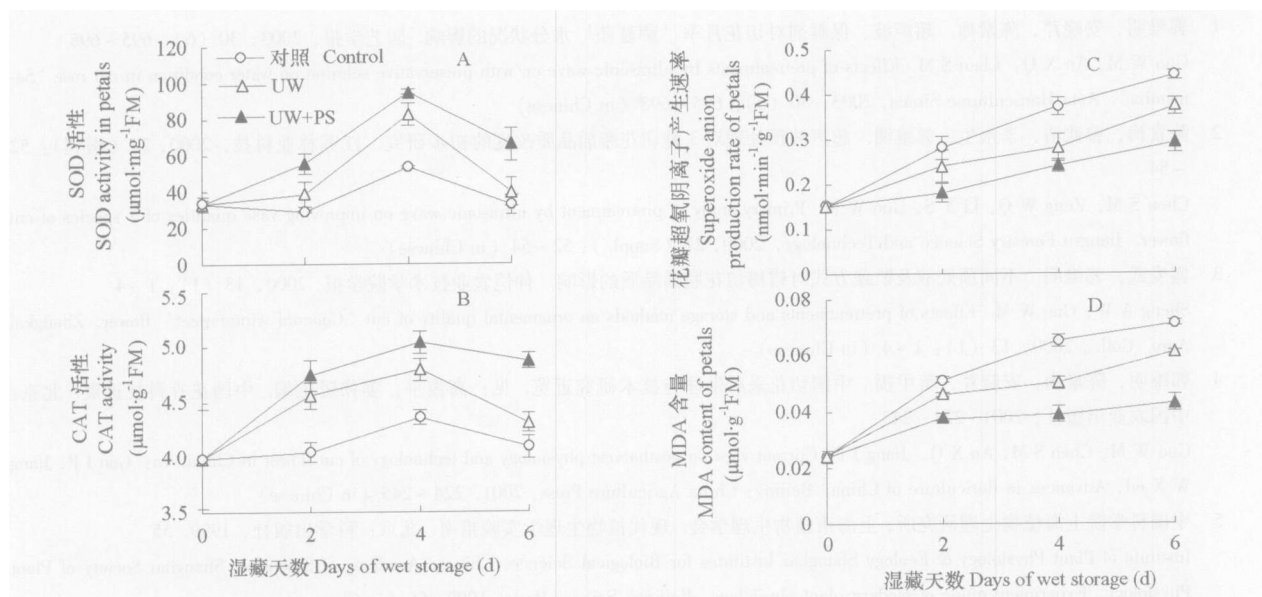


图 4 UW 及 UW + PS 预处理对蓝睡莲湿藏期间花瓣 SOD、CAT 活性、 $\text{O}_2^-$  产生速率及 MDA 含量的影响

Fig. 4 Effects of pretreatments by UW and UW + PS on SOD and CAT activities, production rate of  $\text{O}_2^-$  and MDA content of petals of cut *Nymphaea caerulea* during wet storage

### 3 讨论

蓝睡莲切花易出现弯颈及花瓣初萎前不能展开的现象，故观赏寿命短。本文表明，蓝睡莲对照瓶插寿命仅 4.5 d，湿藏后降为 4 d，这可能与蓝睡莲系浮水型水生花卉之生态习性有关。从图 2 可见，蓝睡莲花枝失水量低而吸水量很高，故水分平衡值相当高，间接证实了该水生花卉的上述生理生态学特性。因此，保水是用于商业流通的蓝睡莲切花贮藏保鲜的关键。

超声波对切花保鲜的作用及机理至今国内外尚未见报道。已知超声波辐射压可使作用介质出现微小真空气泡，具有空化、冲流、高温等物理作用，可用于促进种子及块茎萌发；并可用于食品杀菌保鲜；其破壁融菌作用还被用于建立发根农杆菌转化体系等<sup>[8]</sup>。我们曾陆续报道，超声波及保鲜剂复合处理可延缓月季、菊花、香石竹<sup>[1,2]</sup>及蜡梅<sup>[3]</sup>等切花衰老，作用之一是可改善切花的水分状况<sup>[1,4]</sup>，因此，本研究在蓝睡莲短期湿藏前采用了超声波复合预处理。结果表明，UW + PS 及 UW 处理依次改善了湿藏期间花枝的水分状况，包括减少花枝失水、促进吸水及水分平衡，提高水分吸收效率及花茎各部位水势，最终较对照延长了切花的瓶插寿命。其中 UW + PS 处理后效果最好，湿藏前后瓶插寿命提高到 7.0 d 及 6.3 d，虽湿藏后瓶插寿命略有下降，但寿命均长于对照（各为 2.5 d 和 2.3 d），同时优于 UW 单独处理，表明 UW + PS 复合处理在保水作用上具有明显的加合效应。

切花衰老与膜脂过氧化过程加剧、自由基及产物 MDA 相应增加有关，而抗氧化酶系能清除自由基，维持膜系统的稳定性<sup>[4,9,10]</sup>。本研究表明，UW + PS 及 UW 处理可以促进蓝睡莲湿藏期间抗氧化酶 SOD 及 CAT 的活性及阻滞膜脂过氧化产物  $\text{O}_2^-$  和 MDA 的增加，同样以 UW + PS 复合处理更显著，间接表明 UW + PS 及 UW 的作用涉及到有利于维持膜系统的稳定性。其中，PS 含有的蔗糖、6-BA 及 8-HQC 组分具有补充营养、杀菌、保水、提高抗氧酶活性、延缓膜脂过氧化等延缓切花衰老的作用，这已有大量报道<sup>[4,9]</sup>，显然这些保鲜作用均与 UW + PS 的加合效应有关。因此，UW + PS 这一物理化学复合预处理方法对商业流通蓝睡莲切花短期贮藏保鲜具有应用前景，进一步提高其贮后瓶插寿命，有必要进一步探讨。

## 参考文献:

- 1 郭维明, 安晓芹, 陈素梅. 超声波、保鲜剂对切花月季‘萨蔓莎’水分状况的影响. 园艺学报, 2003, 30 (6): 695~698  
Guo W M, An X Q, Chen S M. Effects of pretreatments by ultrasonic wave or/with preservative solution on water condition in cut rose ‘Samantha’. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (6): 695~698 (in Chinese)
- 2 陈素梅, 曾武清, 李永生, 郭维明. 超声波预处理对3种切花瓶插品质改良的初步研究. 江苏林业科技, 2000, 27 (增刊): 52~54  
Chen S M, Zeng W Q, Li Y S, Guo W M. Primary study of pretreatment by ultrasonic wave on improving vase qualities of 3 species of cut flower. Jiangsu Forestry Science and Technology, 2000, 27 (Suppl): 52~54 (in Chinese)
- 3 盛爱武, 郭维明. 不同预处理及贮藏方式对蜡梅切花瓶插品质的影响. 仲恺农业技术学院学报, 2000, 13 (1): 1~4  
Sheng A W, Guo W M. Effects of pretreatments and storage methods on ornamental quality of cut ‘Concord wintersweet’ flower. Zhongkai Agra Coll, 2000, 13 (1): 1~4 (in Chinese)
- 4 郭维明, 陈素梅, 安晓芹, 蒋甲福. 中国切花采后生理与技术研究近览. 见: 高俊平, 姜伟贤主编. 中国花卉科技进展. 北京: 中国农业出版社, 2001. 224~245  
Guo W M, Chen S M, An X Q, Jiang J F. Current view on postharvest physiology and technology of cut flower in China. In: Gao J P, Jiang W X ed, Advances in floriculture of China. Beijing: China Agriculture Press, 2001. 224~245 (in Chinese)
- 5 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999. 55  
Institute of Plant Physiology & Ecology Shanghai Institutes for Biological Sciences Chinese Academy of Sciences, Shanghai Society of Plant Physiology. Experiment guide of modern plant physiology. Beijing: Science Press, 1999. 55 (in Chinese)
- 6 高 勇. 月季切花水分平衡、鲜重变化和瓶插寿命的关系. 江苏林业科学, 1991 (1): 46~48  
Gao Y. Relation between water condition, change of fresh weight and vase life of cut rose flower. Jiangsu Forestry Science & Technology, 1991 (1): 46~48 (in Chinese)
- 7 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000. 111~114  
Li H S. Experimental principle and technology of plant biochemistry and physiology. Beijing: Higher Education Press, 2000. 111~114 (in Chinese)
- 8 刘普和. 物理因子的生物效应. 北京: 科学出版社, 1992. 80~90  
Liu P H. Biological effects of physical factor. Beijing: Science Press, 1992. 80~90 (in Chinese)
- 9 Nowak J, Rudniski R M. Postharvest handling and storage of cut flower, florist green, and potted plants. USA: Timber Press, 1990
- 10 赵喜亭, 丛日晨, 单宁伟, 高俊平. 切花月季失水胁迫耐受性差异与内肽酶活性的关联. 园艺学报, 2005, 32 (5): 854~860  
Zhao X T, Cong R C, Shan N W, Gao J P. Relationship between endopeptidase activity in petals and tolerance to water deficit stress of two cut rose cultivars. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (5): 854~860 (in Chinese)