

马蹄莲采后衰老生理特性的研究

李德明, 张秀娟, 郑 昕

(长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘要:以马蹄莲切花为试材, 研究瓶插期间衰老生理变化(主要为活性氧代谢)。结果表明:马蹄莲鲜切花瓶插寿命约为 7 d; 瓶插前 2 d 马蹄莲切花花瓣超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性略有上升, 第 3 天后, 加蔗糖致使花瓣 SOD、CAT 活性总体水平要高于对照(蒸馏水处理)。瓶插期间花瓣过氧化物酶(POD)活性及丙二醛(MDA)含量均呈上升趋势, 但可溶性蛋白质含量持续下降。

关键词: 马蹄莲; 鲜切花; 采后生理; 衰老

中图分类号: S 682.2⁺64 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0093-05

切花生产在世界观赏植物生产中占有非常重要的地位。随着人们生活水平的提高, 鲜切花正走进千家万户。由于切花是鲜活的园艺产品, 采后仍进行生命活动, 储存和观赏寿命有限, 因而切花的采后生理生化及保鲜研究就成为园艺学科中较为活跃的领域。切花一般在初花期或花蕾期采收, 采收后虽然隔断了与母体植株的联系, 但其生命活动过程仍在进行。切花采后生命过程包括生长发育(花瓣增大、胚珠发育)、成熟(花瓣生长至最长限度)、衰老(花瓣变色及出现枯斑等症状)及最后的凋谢诸过程。其中以成熟、衰老过程与切花保鲜的关系最为密切, 保鲜的根本目的就是延缓衰老。切花采收后, 代谢的营养源被割断, 在相同的条件下, 比留在母株上的衰老变质更快。其花瓣内部发生一系列的生理生化变化, 最后导致细胞解体死亡, 外观上则表现为花瓣枯萎、脱落^[1]。目前, 在农作物、蔬菜和水果等领域有关活性氧代谢与植物衰老的研究报道较多^[2-9], 而在切花上的报道相对较少。在对乙烯敏感型切花研究中, Paulin^[10-11]等研究者发现香石竹自然衰老过程中 SOD、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等几种活性氧代谢过程中的关键酶的活性及丙二醛(MDA)含量和溶液电导率显著变化, 据此推测香石竹衰老与膜脂过氧化有关。有人在小苍兰上也取得相似结果^[12]。多年来, 国外对引起切花衰老凋萎、枯死的原因及延衰保鲜的途径进行了很多研究。我国在栽培技术领域研究的较多, 而在该领域的研究起步较晚。当前在国内, 以切花玫瑰^[3] (*Rosa rugosa*

Thunb)、唐菖蒲^[4] (*Gladiolus hybridus* Hort.)、百合^[15] (*Lilium brownii* F. E. Br. var. *viridulum* Baker)、月季^[6] (*Rosa chinensis*) 为试验材料有较多研究。相对而言, 当前国际、国内花卉市场上较为流行的重要切花—马蹄莲(*Zantedeschia aethiopica* Spreng.) 为试材开展的类似研究较少。马蹄莲以其高贵、典雅的品质深受消费者喜爱, 给人以美好、幸福与喜悦之感, 是用于喜庆花篮、花束的主要切花之一, 且水养持久, 是居家布置和馈赠亲友的佳品。虽然马蹄莲切花的生产栽培技术被很多人研究, 但是很少有人研究其采后衰老生理特性。该试验旨在揭示切花衰老的内在原因, 为切花保鲜技术研究提供理论依据。

1 材料与方法

马蹄莲于 2007 年 9 月栽于长江大学园艺园林学院设施园艺基地内, 正常管理。2008 年 4 月采取马蹄莲鲜切花(每枝长约 40 cm)瓶插于蒸馏水和 0.01 g/mL 蔗糖溶液中。瓶插 7 d, 每天取马蹄莲花瓣分析活性氧代谢中的关键酶(SOD、CAT 和 POD)及代谢产物(可溶性蛋白质和 MDA)。SOD 活性的测定采用 Giannopolitis 等方法^[17]; CAT 的活性测定采用 Cakmak 等的方法^[18]; 采用李德明等的方法^[19]测定 G-POD 活性; 可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[20]; MDA 含量测定参考 Cakmak 等方法^[18]。

2 结果与分析

2.1 马蹄莲自然衰老及蔗糖液保鲜效果评价

马蹄莲切花衰老的外观指标及评分细则见表 1。

经观察发现, 马蹄莲自然瓶插(无任何保鲜处理)寿命为 7 d(见附录)。

图 1 为蔗糖对马蹄莲切花的外观影响效果。如图所示, 总趋势为持续下降。加蔗糖马蹄莲外观效果评分要高于未加蔗糖, 尤其在第 5 天, 加蔗糖的马蹄莲外观

第一作者简介: 李德明(1972), 男, 湖北武汉人, 博士, 副教授, 工程师, 主要研究方向为植物矿质营养、逆境生理生化及发育生理和园林植物应用。E-mail: lidmn@163.com。

收稿日期: 2009-11-23

效果评分明显偏高, 差值达到最大值。

表 1 马蹄莲衰老外观表现及对应分值

评分	外观表现
10分	花色纯正, 无色变, 鲜艳 膨胀度好, 一般指刚采时的状态
9分	有轻微的色变 但鲜艳 花色轻微黯淡, 但纯正
8分	有轻微色变并且花色略暗淡, 膨胀度稍差
7分	色变比较明显 花色黯淡或膨胀度较差
6分	花瓣色变明显 有坏死斑点或斑点 花瓣失水明显, 膨胀度很差
5分	花瓣色变明显 有大量的坏死斑点 花瓣中度萎蔫
4分	花瓣严重萎蔫 花瓣开始干枯, 完全失去利用价值

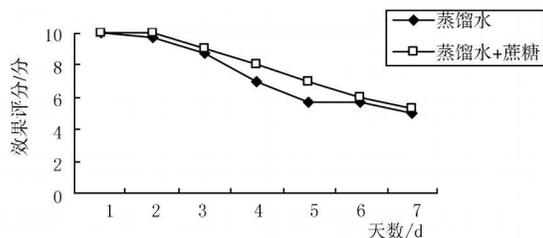


图 1 蔗糖对马蹄莲切花的影响效果

2.2 SOD 活性的变化

图 2 显示马蹄莲切花在不加蔗糖和加蔗糖 2 种情况下 SOD 活性的变化。总体趋势呈先上升后下降。不加蔗糖的马蹄莲 SOD 活性在第 2 天略有上升, 之后逐渐下降。加蔗糖的马蹄莲在第 3 天略微上升, 之后逐渐下降。前者下降幅度大于后者。第 3 天后加蔗糖马蹄莲 SOD 活性总体水平要高于不加蔗糖。

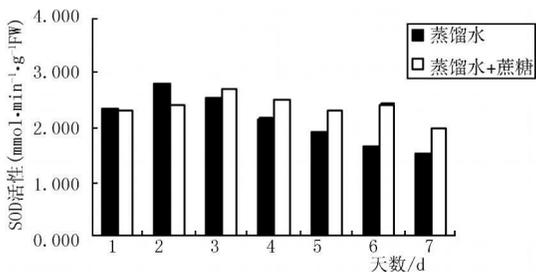


图 2 白花马蹄莲 SOD 活性

2.3 CAT 活性的变化

图 3 显示马蹄莲切花在不加蔗糖和加蔗糖 2 种情况下 CAT 活性的变化。其变化趋势与 SOD 类似, 都是先上升后下降。第 3 天后, 加蔗糖马蹄莲 CAT 活性总体水平要高于不加蔗糖。

2.4 POD 活性的变化

图 4 显示马蹄莲切花在不加蔗糖和加蔗糖 2 种情况下 POD 活性的变化。整体上呈上升趋势。第 4 天后, 加蔗糖马蹄莲 POD 活性总体水平要高于不加蔗糖。

2.5 可溶性蛋白质含量的变化

图 5 显示马蹄莲切花在不加蔗糖和加蔗糖 2 种情

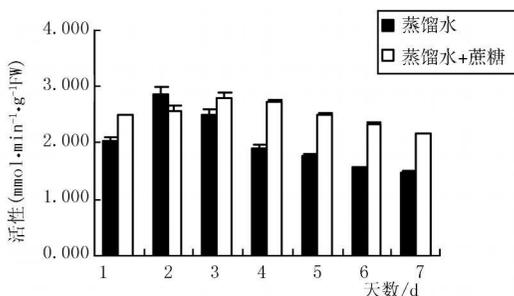


图 3 白花马蹄莲 CAT 活性

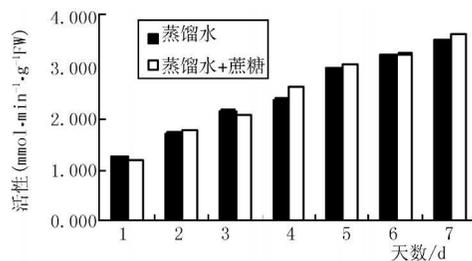


图 4 白花马蹄莲 POD 活性

况下可溶性蛋白质含量的变化。整体上呈下降趋势。二者总体趋势差异不明显。在瓶插前 5 d 内, 加蔗糖马蹄莲蛋白质含量要高于不加蔗糖马蹄莲, 后 2 d 加蔗糖马蹄莲蛋白质含量低于不加蔗糖马蹄莲, 且在第 6 天加蔗糖马蹄莲蛋白质含量有明显的下降。

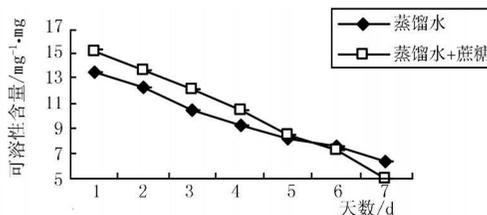


图 5 白花马蹄莲可溶性蛋白质含量

2.6 MDA 含量的变化

图 6 显示马蹄莲切花在未加蔗糖和加蔗糖 2 种条件下 MDA 含量的变化, 整体上呈上升趋势。2 种条件下 MDA 的含量均上升。未加蔗糖马蹄莲 MDA 含量在第 3 天迅速上升, 第 4 天达到峰值, 之后变化平稳。加蔗糖马蹄莲到第 4 天才迅速上升。

3 结论与讨论

3.1 活性氧代谢中关键酶与马蹄莲切花衰老的关系

植物体内分解和降低活性氧的保护酶系统包括 SOD、CAT、POD, 其中 POD 和 CAT 主要清除 H_2O_2 ; SOD 主要清除 O_2^- , 酶活性和活性氧的含量密切相关^[2]。活性氧的增加说明切花正走向衰老, 而 SOD、CAT 和 POD 在活性氧代谢过程中发挥着重要作用。

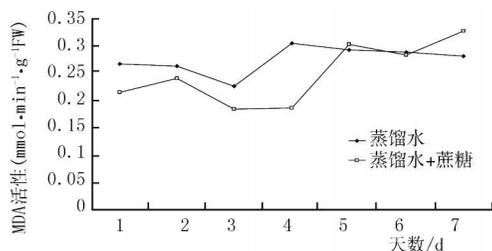


图6 白花马蹄莲 MDA 含量

SOD、CAT 二者协调作用,保护细胞尤其是膜系统免遭自由基的伤害(该试验对照处理中二者相关系数为 0.969;加蔗糖处理相关系数为 0.9009)。SOD 是一种清除 O_2^- 的酶,它的催化下列反应: $2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$, 反应产物 H_2O_2 可由 CAT 进一步分解或被 POD 利用。POD 参与 H_2O_2 的代谢,保护叶绿体的功能,避免细胞膜的损伤和破坏。高活性的 POD 有助于清除自由基,因此 POD 活性的升高可看成是自由基产生增多的间接证据。POD、SOD 是植物体内保护酶系统中最重要酶,其与 CAT 共同组成一个保护酶系统,并与非酶类保护系统共同作用,不断清除细胞中产生的自由基和活性氧,减少膜脂过氧化,延缓衰老^[22]。据报道^[22-23],随着瓶插时间的延长,月季、唐菖蒲 2 种切花的花瓣 POD 活性后期均迅速升高。该试验表明,随着瓶插时间的延长,马蹄莲花瓣 POD 活性不断升高,与前人研究结果基本一致。花瓣 POD 活性升高可能与细胞中内含物渗出从而激活 POD 的活性有关。关于衰老组织中 POD 活性升高的内在机理尚未明确^[24]。花瓣 SOD 活性在瓶插期间缓慢下降,但下降幅度不大。未加蔗糖处理的马蹄莲 SOD 活性前 2 d 略有上升,之后逐渐下降;加蔗糖处理的马蹄莲 SOD 活性前 3 d 略有上升,之后逐渐下降。从第 3 天开始,加蔗糖处理的马蹄莲 SOD 活性的总体水平始终比未处理马蹄莲高。据此可以说明,马蹄莲的衰老与 SOD 活性较低且下降有关。花瓣 CAT 活性在瓶插期间的变化与 SOD 活性变化类似,这也印证了 SOD 清除 O_2^- 的机制和 CAT 参与进一步反应的作用。该试验表明,随着瓶插时间的延长,马蹄莲花瓣 CAT 活性先上升后下降,与前人研究结果基本一致。从第 3 天开始,加蔗糖处理的马蹄莲 SOD 活性的总体水平始终比未处理马蹄莲高。同理可以说明,马蹄莲的衰老与 SOD 活性较低且下降有关。

3.2 可溶性蛋白质含量与马蹄莲切花衰老的关系

Halevy 等认为蛋白质含量下降是植物衰老的一个重要指标^[25]。鲜花衰老过程中可溶性蛋白含量及游离氨基酸的含量都发生明显的变化其蛋白质变化动态和鲜花采收时的发育程度有关,前期蛋白质的合成是主要的,后期的衰老过程中蛋白质不断的降解,含量下降,游

离氨基酸的含量不断上升^[26]。切花采后蛋白质合成的减弱也是游离氨基酸上升的原因之一^[27]。该试验结果表明,马蹄莲花瓣瓶插期间蛋白质含量持续下降,该试验发现马蹄莲花瓣中蛋白质含量的下降程度与马蹄莲衰老程度成正比。理论认为,蛋白质和植物器官的衰老有密切的关系。但是近年来,国内外研究发现并非所有的切花在衰老过程中,蛋白质含量均呈逐渐下降趋势^[22,23,28-29]。

3.3 MDA 与马蹄莲切花衰老的关系

MDA 是脂质过氧化的最终产物之一。是由膜脂中的不饱和脂肪酸发生膜脂过氧化作用而产生的,丙二醛含量的增多导致膜的渗漏,它的含量的多少反映了植物器官的受损程度^[23]。器官中 MDA 能与蛋白质、核酸和氨基酸等活性物质发生反应,形成不溶性化合物(脂褐素)沉淀,干扰了细胞内正常的生命活动,导致植物器官衰老死亡^[30]。切花采收后,由于膜透性的变化,引起膜相变温度升高,使得膜粘性增加,与膜结合的酶活性下降,致使细胞吸收溶质的能力减弱,膜固化透性增加,导致细胞解体死亡。丙二醛、乙烷是膜脂过氧化的产物,MDA 浓度和膜的通透性成极显著相关($r=0.97$)^[31]。因此可以用 MDA 作为膜透性的间接指标。反映到宏观上,就是切花的衰老。大量的试验证明,切花衰老时花瓣中 MDA 含量增加^[22,23,28,32]。该试验结果表明,随着瓶插时间的延长,马蹄莲花瓣中 MDA 含量缓慢上升。前 3 d 变化较为缓慢,未加蔗糖马蹄莲 MDA 含量在第 3 天迅速上升,第 4 天达到峰值,之后变化平稳。加蔗糖马蹄莲到第 4 天才迅速上升。说明蔗糖能减慢马蹄莲 MDA 的产生,延缓马蹄莲体内膜脂过氧化作用加强产生的时间,因而能延缓马蹄莲的衰老。就表现而言,加蔗糖后,马蹄莲的瓶插效果一直要高于未加蔗糖,第 5 天效果最为明显,说明蔗糖可推迟马蹄莲衰老的进程。

3.4 结论

结果表明,自瓶插开始,活性氧代谢的平衡受到破坏。马蹄莲切花体内活性氧代谢关键酶 SOD、CAT、等保护酶的活性在瓶插前期有一定程度的增强(植物对轻微逆境有一定适应性),但仍不足以清除过多的活性氧自由基等,故衰老进程继续推进;之后随着 SOD、CAT 活性的下降以及活性氧自由基的累积加快,加速了衰老进程,代谢产物增多,蛋白质、MDA 增多。花瓣后期迅速失水、萎蔫等衰老特征可能都与保护酶活性下降、活性氧自由基累积导致膜结构破坏等有关。该研究发现,导致马蹄莲鲜切花瓶插过程衰老的重要原因是自由基的累积,如果能提高对自由基的清除能力,更确切地说提高抗氧化酶(如 SOD、CAT)的活性,则可以延缓衰老的进程。另外,活性氧代谢产物可溶性蛋白质含量能反映马蹄莲的衰老程度,抵制其降解也能延缓衰老的进

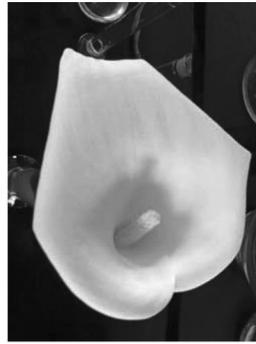
附录I (预备试验瓶插效果)



第1天



第2天



第3天



第4天



第5天



第6天



第7天

程, MDA 含量的增多能够反映马蹄莲的衰老程度, 抵制其生成也能延缓衰老的进程。

参考文献

[1] 罗红艺, 李金枝, 景红娟. 多效唑保鲜剂对非洲菊切花的保鲜效应[J]. 湖北农业科学, 2003(5): 80-81.

[2] 曹翠玲, 李生秀, 张占平. 氮素形态对小麦生长中后期保护酶等生理特性的影响[J]. 土壤通报, 2003(4): 295-298.

[3] 王爱国, 罗光华, 邵从本. 中国科学院华南植物研究所集刊[C]. 1989(5): 11-24.

[4] 陆定志, 傅家瑞, 宋松泉. 植物衰老及其调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 17-20.

[5] Rajinder D. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels superoxide dismutase and catalase[J]. Experiment of Botany, 1981, 32: 93-101.

[6] 叶陈亮. 自由基清除剂对延缓青花菜花蕾衰老的效应[J]. 园艺学报, 1996(8): 259.

[7] 柯德森, 王爱国, 罗广华. 成熟香蕉果实活性氧与乙烯形成酶活性的关系[J]. 植物生理学报, 1998, 14(4): 313-319.

[8] Abassi N A, Kushad M N, Endress A G. Active oxygen-scavenging enzymes activities in developing apple flowers and fruits[J]. Scientia Horticulturae, 1998, 74: 183-194.

[9] 王有年, 张海英, 卜庆雁. 水分胁迫对李叶片抗氧化代谢的影响[J]. 北京农学院学报, 2003(2): 97-100.

[10] 李卫, 邓四洪, 刘道宏. 自由基对水稻叶片衰老的影响[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 1998, 20(1): 86-89.

[11] Morae D G, Baker J E, Thompson J E. Evidence for involvement of the superoxide radical in the conversion of ACC to ethylene by pea microsomal membranes[J]. Plant Cell Physiol, 1982, 23: 373-383.

[12] Kumar G N N, Knowles N R. Changes in lipid peroxidation and lipolytic

ic and free radical scavenging enzyme activities during aging and sprouting of potato seed-tubers[J]. Plant Physiology, 1993, 120(1): 115-124.

[13] 陈丹生, 蔡汉权, 林鸿生, 等. 玫瑰切花保鲜的研究进展[J]. 江西科学, 2005, 23(6): 814-819.

[14] 廖立新, 彭永宏. 唐菖蒲与非洲菊鲜切花瓶插生理与保鲜技术研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2002: 1-3.

[15] 李金枝, 罗红艺. 百合切花保鲜和延衰机理的研究[D]. 华中师范大学硕士学位论文, 2004: 1-3.

[16] 高俊平, 张晓红, 唐雪梅. 月季切花开花和衰老机理研究初探[C]//1999年昆明世界园艺博览会花卉研讨会论文摘要集, 1999: 54.

[17] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59(5): 309-314.

[18] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiology, 1992, 98(5): 1222-1227.

[19] 李德明, 贺立红, 朱祝军. 几种重金属离子对小白菜种子萌发及生理活性的影响[J]. 种子, 2005, 24(6): 27-29.

[20] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72(7): 248-254.

[21] 吴红芝, 赵燕. 切花采后生理生化及其保鲜技术研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2001: 320-323.

[22] 林如. 唐菖蒲鲜切花瓶插衰老过程中抗氧化酶活性和膜脂过氧化水平初探[J]. 福建农林大学学报, 2002, 9(3): 352-355.

[23] 薛秋华, 林如. 月季切花衰老与含水量、膜脂过氧化及保护酶活性的关系[J]. 福建农林大学学报, 1999, 28(3): 304-308.

[24] Pahl S K P, Thompson N J E. Evidence for the accumulation of peroxidized lipids in membranes of senescing cotyledons[J]. Plant Physiol, 1984, 75: 1152-1157.

[25] Mayak. Senescence of cut flowers[J]. Hort. sci, 1987, 22: 863-865.

金叶莠与金山绣线菊的生理抗寒性评价

张志法, 唐道城, 杨春江, 周 洪

(青海大学 高原花卉研究中心 青海 西宁 810016)

摘要: 选用金叶莠与金山绣线菊的嫩枝扦插苗, 在西宁冬季自然气温 $-5\sim-20^{\circ}\text{C}$ 下测定扦插苗根部的脯氨酸、丙二醛、组织水分变化、根系活力、CAT 和 SOD 活性, 通过比较分析评价 2 种植物的抗寒性。结果表明: 金叶莠的束缚水含量、束缚水/自由水的比值、根系活力、丙二醛含量、CAT 和 SOD 活性都高于金山绣线菊, 这说明金叶莠比金山绣线菊具有更强的抗寒力, 同时证明了几种抗寒性评价方法所得结论的一致性和评价方法的有效性。根据根部游离脯氨酸含量看出: 金叶莠具有很强的御寒能力, 金山绣线菊则表现出更能忍耐低温的能力。

关键词: 金叶莠; 金山绣线菊; 生理指标; 抗寒性

中图分类号: S 682.1⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0097-04

金叶莠 (*Caryopteris xclandonensis* ' Worcester Gold') 为马鞭草科莠属小灌木, 是从蒙古莠和兰香草杂交后代中选育出的金叶品种^[1]。金山绣线菊 (*Spiraea bumalda* ' Gold Mound') 为蔷薇科绣线菊属的彩叶

观赏灌木^[2]。二者均是东北、华北、西北地区城市园林绿化的重要耐寒性地被植物。关于金叶莠和金山绣线菊在引种栽培^[2-3]、组织培养^[4]、耐旱生理^[5]、扦插繁殖^[6]等方面做了一些研究工作, 对其在园林中的推广应用发挥了重要作用。园林植物逆境生理研究已经引起园林科研工作者的关注, 尤其是耐旱、耐寒、抗污染等方面的研究。耐寒性研究在其它观赏植物中多有报道, 但是关于二者的耐寒性研究少见报道。该试验在西宁地区自然低温下测定 2 种植物的组织水分、脯氨酸含量、丙二醛含量、根系活力、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性等生理指标, 综合评价它们的抗

第一作者简介: 张志法(1984), 男, 山东冠县人, 在读硕士, 现主要从事植物逆境生理研究工作。

通讯作者: 唐道城(1954), 男, 四川蓬安人, 硕士, 教授, 博士生导师, 现从事花卉遗传育种及栽培生理方面研究工作。E-mail: tangdaocheng6333@163.com。

收稿日期: 2009-10-10

[26] Ranwak A P, Miller W B. Preventive mechanisms of gibberellin4 and light on low-temperature-induced leaf senescence in *Lilium cv. Stargazer* Postharvest [J]. *Biology and Technology*, 2000, 19: 85-92.

[27] 陆定志. 植物衰老及其调控 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

[28] 辛广, 侯冬岩, 张维华. 薄膜包装与低温贮藏对百合鲜花保鲜效果的影响 [J]. *沈阳农业大学学报*, 1999, 30(4): 426-429.

[29] Pnall R E, Chen N J, Deputy J. Physiological changes associated with senescence of cut anthurium flowers [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1985, 110: 156-162.

[30] 王然, 王成荣. 花瓣衰老和膜的变化 [J]. *莱阳农学院学报*, 1998, 15(1): 53-55.

[31] 吴岚芳, 黄绵佳, 蔡世英. 非洲菊切花活性氧代谢的研究 [J]. *园艺学报*, 2003(1): 69-73.

[32] 孙玲, 潘东明, 薛伙华. 百合 (*Lilium* spp.) 鲜切花采后生理研究 [D]. 福州: 福建农林大学硕士学位论文, 2004, 19.

Study on Physiological Characteristics on Senescence of Postharvest *Zantedeschia*

LI De-ming, ZHANG Xiu-juan, ZHENG Xin

(College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

Abstract: Taking *Zantedeschia* cutting flower as material, we had researched for senescent physiology in vase life (mainly active oxygen metabolism). The results showed that calla cutting flower vase life was about seven days, and superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) activity increased slightly in petal during first two days, and SOD, CAT activities were increased by sugar in 3 th day (distilled water as control). During vase arrangement, petal peroxidase (POD) activity and malondialdehyde (MDA) content increased continually, but soluble protein content continued decreased.

Key words: *Zantedeschia*; cutting flower; post-harvest physiology; senescence