

# 短暂高温对百合植株抗氧化酶系统的影响

尹 慧, 陈秋明, 何秀丽, 义鸣放\*

(中国农业大学观赏园艺与园林系, 北京 100094)

**摘 要:** 以百合栽培品种 ‘White Heaven’ 和 ‘Tiber’ 为材料, 研究了短暂高温胁迫对抗氧化酶 (SOD、POD、CAT) 活性、相对电导率、丙二醛 (MDA) 及可溶性蛋白含量的影响, 同时进行对 SOD、POD 同工酶电泳分析。结果表明: 37 和 42 短暂高温胁迫对两品种形态、相对电解质渗透率没有明显影响, 47 处理下 ‘Tiber’ 相对电解质渗透率及 MDA 含量明显提高。高温胁迫提高了两品种 SOD、POD、CAT 活性。高温胁迫下两品种 SOD 同工酶带无增减, 只是活性改变。‘White Heaven’ 存在 5 条 POD 同工酶带, ‘Tiber’ 存在 2 条, 高温胁迫后 ‘White Heaven’ POD 同工酶表达量高于 ‘Tiber’。以上结果说明: 百合植株可通过提高抗氧化酶活性来抵御一定的高温胁迫 (37、42), 不同品种 SOD、POD、CAT 活性对高温响应方式不同。

**关键词:** 百合; 高温胁迫; 抗氧化酶; 同工酶; 丙二醛; 可溶性蛋白

**中图分类号:** S 68 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 02-0509-04

## Effects of High Temperature on the Activities of Antioxidant Enzymes in Lily Plants

Yin Hui, Chen Qiu-ming, He Xiu-li, and Yi Ming-fang\*

(Department of Ornamental Horticulture and Landscape Architecture, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The effects of short time high temperature on the antioxidant enzymes, content of MDA, soluble protein and relative electric conductivity were investigated in *Lilium* cultivars (White Heaven and Tiber). The results showed that the changes of plant morphology, relative electric conductivity and MDA content in two cultivars were slightly affected at 37 and 42, whereas the level of electric conductivity and MDA content increased obviously under 47 especially in Tiber. Heat shock promoted the activities of SOD, POD and CAT compared to control and analysis of SOD and POD isoenzymes revealed that the number of SOD isoenzyme was unchanged in two cultivars while the expression of SOD was affected by heat shock. There were five bands in White Heaven and two bands of POD isoenzyme in Tiber were identified. The POD activity for White Heaven was obviously higher than Tiber after heat shock. These results demonstrated that the lily plants might enhance the activities of antioxidant system to alleviate the damage caused by heat stress; however, the patterns of response of antioxidant enzymes to high temperature of the two cultivars were different.

**Key words:** Lily; High temperature stress; Antioxidant enzyme; Isoenzyme; MDA; Soluble protein

百合性喜冷凉, 因此我国北方地区春夏之交的高温经常会造成百合幼苗生长停滞、花朵败育等现象, 严重影响了切花质量 (赵祥云 等, 2000)。

国内外有关百合耐热性的研究报道不多, 已有研究主要集中在百合耐热相关生理生化指标鉴定方面 (王凤兰和周厚高, 2003; 周斯建 等, 2005), 高温逆境对抗氧化酶活性及同工酶表达的影响尚未见报道。

收稿日期: 2006 - 10 - 23; 修回日期: 2007 - 01 - 23

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ymfang@cau.edu.cn)

作者以常见栽培品种铁炮百合 ‘White Heaven’ 和东方百合 ‘Tiber’ 为材料, 研究短暂高温胁迫对其抗氧化酶系统及相关生理指标的影响, 旨在探索高温胁迫下百合植株抗氧化酶系统响应机制。

## 1 材料与方法

供试材料为铁炮百合杂种系 (*Longiflorum* hybrids) ‘White Heaven’ 和东方百合杂种系 (*Oriental* hybrids) ‘Tiber’。两品种均购自北京圃朗特公司, 种球周径为 14~16 cm。

2004年 8月将经低温处理的种球栽于营养钵, 置于光照培养箱中, 光照强度 10 000 lx, 14 h · d<sup>-1</sup>, 昼夜温度 21/16 ℃, 相对湿度 60%。

当地上茎长到 25 cm时, 选择长势一致的植株进行短暂 (1h) 高温 (37 ℃、42 ℃、47 ℃) 胁迫处理, 未经高温处理的为对照, 每处理 10株。

高温胁迫后立即对生长点下 6~8枚完全展开的叶片进行混合取样, 置 -75 ℃超低温冰箱中保存, 用于测定蛋白质含量 (邹琦, 2000), 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性 (Sunita & Kochhar, 2005), 丙二醛 (MDA) 含量 (Camak & Marschner, 1992)。各项指标重复 3次, 数据进行方差分析和 *t* 检验。

SOD、POD同工酶电泳: SOD同工酶电泳分离胶浓度为 10%, POD同工酶电泳分离胶为 7.5%, 浓缩胶均为 4%。每孔上样蛋白量 40 μg。SOD、POD同工酶活性染色法参照 Dong和 Chin (2000) 的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 短暂高温对两品种叶片形态及相对电导率的影响

通过对植株形态的观察发现, 两品种在 37 ℃、42 ℃短暂胁迫下没有受伤症状, 而在 47 ℃处理 1 h后叶片迅速萎蔫下垂, 表明一定程度的短暂高温对植株长势没有明显影响, 但严重高温胁迫对植株造成伤害, 这与周斯建等 (2005) 的研究结果相符。

已有研究表明细胞膜电解质渗透率能反应出高温对植物伤害的程度 (吴国胜 等, 1995)。表 1显示, 与对照相比短暂高温胁迫使 ‘Tiber’ 细胞膜电解质渗出值显著增加, 而 ‘White heaven’ 未见明显变化, 说明 ‘White heaven’ 细胞膜在高温下具有较大的稳定性。

### 2.2 短暂高温对两品种抗氧化酶活性的影响

SOD作为抗氧化系统的第一道防线, 在抗氧化酶中居于核心地位 (吴国胜 等, 1995)。由表 1可知, 短暂高温胁迫对两品种 SOD活性没有明显影响。

POD为清除细胞质和质膜过氧化氢重要酶类。在不同短暂高温胁迫下, ‘White Heaven’ POD活性分别比对照提高了 11%、17%、33%, 尤其是 47 ℃处理与对照相比差异显著, ‘Tiber’ POD活性依次增加 9%、13%、17%, 各处理间差异不显著。

高温胁迫下 ‘White Heaven’ CAT活性略有增加, 47 ℃处理则明显提高了 ‘Tiber’ CAT活性。

由此可见, 高温胁迫下两品种 SOD、POD、CAT活性均有增加, 而 ‘White Heaven’ POD活性升幅较大, ‘Tiber’ CAT活性则是随温度的升高变化明显。

### 2.3 短暂高温对两品种可溶性蛋白及丙二醛含量的影响

‘White Heaven’ 和 ‘Tiber’ 两品种分别于 47 ℃、37 ℃短暂高温处理下明显提高了可溶性蛋白含量。

短暂高温处理对 ‘White Heaven’ 叶片 MDA含量影响较小, 平均升幅为 10%, 而 ‘Tiber’ 平均升幅为 19%, 尤其是 47 ℃处理显著加剧了 ‘Tiber’ 膜脂过氧化程度 (表 1)。

表 1 短暂高温胁迫对 'White Heaven' 和 'Tiber' 相关生理指标的影响

Table 1 Effects of heat shock on some physiological indexes of 'Tiber' and 'White Heaven'

品种 Cultivars	温度 Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	相对电导率 Relative electric conductivity(%)	酶活性 Activity ( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ )			可溶性蛋白 Soluble protein ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	MDA ( $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ )
			SOD	POD	CAT		
White Heaven	20	15.7 a	85.1a	295.6b	94.3a	6.78b	12.30a
	37	16.2 a	92.6a	327.4b	99.5a	7.15ab	13.60a
	42	16.7 a	98.1a	345.1ab	104.0a	7.69ab	12.90a
	47	18.0 a	105.3a	392.0a	98.1a	8.23a	14.30a
Tiber	20	14.6 b	125.2a	69.5a	85.2c	8.50b	7.90b
	37	15.9 ab	150.9b	75.9a	92.0bc	10.6a	8.31b
	42	17.1 a	139.5a	78.5a	109.6b	9.21ab	9.28ab
	47	18.9 a	135.4a	81.0a	123.5a	9.52a	10.56a

注：数值后标有不同小写字母表示在 0.05 水平下差异显著。

Note: Different letters in the figures mean significance at 5% levels by Duncan's multiple range test

## 2.4 短暂高温对两品种 SOD、POD 同工酶的影响

已有研究报道，植物通过同工酶差异应答来适应环境变化（张维强和唐秀芝，1993）。

SOD 同工酶电泳结果（图 1）表明，'White Heaven' 存在 3 条同工酶带，'Tiber' 存在 2 条。高温胁迫前后两品种 SOD 同工酶谱带数量没有变化，但活性有所变化。随着温度升高，'White Heaven' SOD-1 活性逐渐减弱，SOD-3 活性基本保持不变，SOD-2 活性明显增加；'Tiber' 在 37 $^{\circ}\text{C}$  下 SOD-1、SOD-3 活性增强，而在 42 $^{\circ}\text{C}$ 、47 $^{\circ}\text{C}$  下有所减弱。

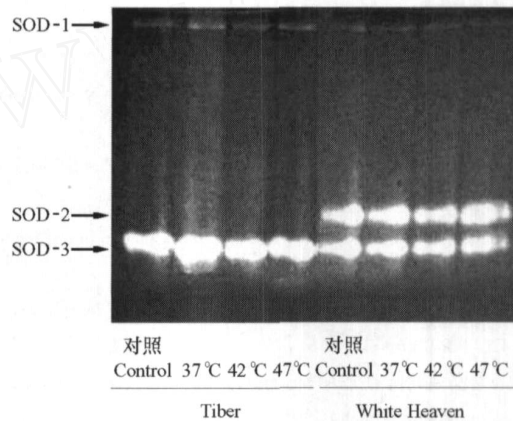


图 1 热激后 'Tiber' 和 'White Heaven' 百合叶片 SOD 同工酶电泳图谱

Fig. 1 Changes in SOD isoenzymes in 'Tiber' and 'White Heaven' leaves after heat shock

POD 同工酶电泳结果（图 2）表明，'White Heaven' 有 5 条同工酶条带，胁迫后 POD-1、POD-3、POD-4、POD-5 带染色与对照相比略有加深，而 POD-2 在胁迫前后无明显变化；'Tiber' 存在两条 POD 酶带，并且明显比 'White Heaven' 染色浅，呈弥散状，高温胁迫未对其 POD 同工酶图谱产生明显影响。

以上结果说明，短期高温处理对两品种 SOD 同工酶主带没有明显抑制作用。'White Heaven' POD 同工酶表达量显著高于 'Tiber'。酶活性增加是由于激活控制 POD 合成基因的表达，还是增加了组成型 POD 含量，还有待于进一步研究。

短暂高温胁迫下 'White Heaven' 具有较为稳定的 SOD、POD 活性，CAT 活性增加幅度较小，MDA 含量未见显著增加。

短暂高温对 ‘Tiber’ 叶片 SOD、POD 活性未见明显影响, 47℃ 处理虽然明显提高了 CAT 活性, 但是 MDA 含量仍明显增加。

因此, 从两种植株抗氧化酶系统对短暂高温胁迫反应的差异性可以得出, 百合植株可通过提高抗氧化酶活性来抵御一定的高温胁迫 (37℃、42℃), 不同品种 SOD、POD 和 CAT 活性对高温响应方式不同。

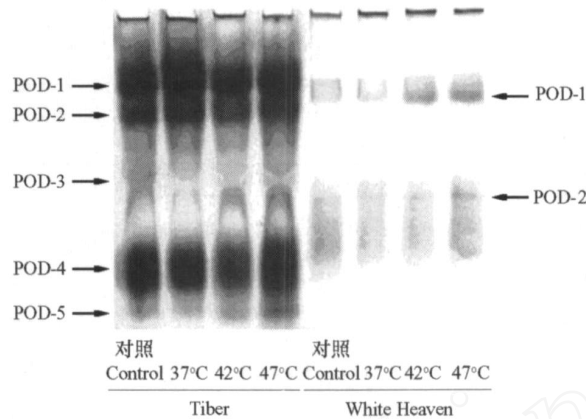


图 2 热激后 ‘Tiber’ 和 ‘White Heaven’ 百合叶片 POD 同工酶电泳图谱

Fig 2 Changes in POD isoenzymes in ‘Tiber’ and ‘White Heaven’ leaves after heat shock

## References

- Camak I, Marschner H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98 (1): 1222 - 1227.
- Dong Hee-lee, Chin Bum-lee. 2000. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzymes activity assays. *Plant Science*, 159: 75 - 85.
- Sunita Kochhar, Kochhar V K. 2005. Expression of antioxidant enzymes and heat shock protein in relation to combined of cadmium and heat in *Vigna mungo* seedlings. *Plant Science*, 168: 921 - 929.
- Wang Feng-lan, Zhou Hou-gao. 2003. A study on heat resistance indices of the seedlings of four *Lilium formolongi* lines. *Journal of Zhongkai Agrotechnical College*, 16 (2): 38 - 42. (in Chinese)
- 王凤兰, 周厚高. 2003. 四个新铁炮百合品系幼苗的抗热指标测定. *仲恺农业技术学院学报*, 16 (2): 38 - 42.
- Wu Guo-sheng, Cao Wan-hong, Wang Yong-jian, Zhang Li-rong. 1995. Cell membrane thermostability, protective enzymes and heat tolerance in Chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*, 22 (4): 353 - 358. (in Chinese)
- 吴国胜, 曹婉虹, 王永健, 张丽蓉. 1995. 细胞膜热稳定性及保护酶和大白菜耐热性的关系. *园艺学报*, 22 (4): 353 - 358.
- Zhang Wei-qiang, Tang Xiu-zhi. 1993. Isoenzyme and plant breeding. Beijing: China Agricultural University Press. (in Chinese)
- 张维强, 唐秀芝. 1993. 同工酶与植物遗传育种. 北京: 北京农业大学出版社.
- Zhao Xiang-yun, Wang Shu-dong, Chen Xin-lu, Liu Jian-bin. 2000. Lily. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 赵祥云, 王树栋, 陈新露, 刘建斌. 2000. 百合. 北京: 中国农业出版社.
- Zhou Si-jian, Yi Ming-fang, Mu Ding. 2005. The preliminary research on the morphological and physiological response to heat stress of *Lilium longiflorum* seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (1): 145 - 147. (in Chinese)
- 周斯建, 义鸣放, 穆 鼎. 2005. 高温胁迫下铁炮百合幼苗形态及生理反应的初步研究. *园艺学报*, 32 (1): 145 - 147.
- Zou Qi. 2000. Direction of plant physiology. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 邹 琦. 2000. 植物生理学指导. 北京: 中国农业出版社.