

苯并噻二唑处理提高采后沙糖橘对指状青霉菌的抗性

汪跃华^{1,2}, 徐兰英¹, 庞学群³, 黄雪梅¹, 张昭其^{1,*}

(¹ 华南农业大学园艺学院采后科学系, 广州 510642; ² 佛山科技学院食品系, 广东佛山 528231; ³ 华南农业大学生命科学学院, 广州 510642)

摘 要: 对沙糖橘 (*Citrus reticulata* Blanco ‘Shiyueju’) 果实进行苯并噻二唑 (S-methyl benzo thiadiazole-7-carbothioate, BTH) 渗透处理后接种指状青霉菌孢子, 12 h 后即可明显诱导果皮中抗病相关蛋白 *CR-CT1* 和 *CR-BG3* 基因表达并在贮藏期间维持较高水平; 不同浓度 BTH 处理果实的发病率和病斑面积均比对照低, 其中以 0.025 g·L⁻¹ BTH 处理的效果最好; BTH 处理提高了果皮几丁质酶 (CT)、 β -1, 3-葡聚糖酶 (GUN)、苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 活性和 H₂O₂ 含量, 表明 BTH 诱导的沙糖橘果实抗病性与果实 *CR-CT1* 和 *CR-BG3* 基因的表达增强, CT、GUN、PAL、PPO 和 POD 等相关酶活性和 H₂O₂ 含量提高密切相关。

关键词: 沙糖橘; 苯并噻二唑; 抗病性; 基因表达

中图分类号: S 666.2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 12-1901-08

Postharvest BTH Treatment Induces Resistance of Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco ‘Shiyueju’) Fruit to *Penicillium digitatum*

WANG Yue-hua^{1,2}, XU Lan-ying¹, PANG Xue-qun³, HUANG Xue-mei¹, and ZHANG Zhao-qi^{1,*}

(¹ College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ² Department of Food Science and Technology, Foshan University, Foshan, Guangdong 528231, China; ³ College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Induction of disease resistance is one of the important strategies of biological control on fruit postharvest decay. The mandarin (*Citrus reticulata* Blanco ‘Shiyueju’) fruit were inoculated with *Penicillium digitatum* after vacuum infiltration of Benzothiadiazole (BTH). Results showed that the expression of *CR-CT1* and *CR-BG3* substantially increased 12 h after BTH treatment. The morbidity and lesion area of green mold in mandarins, and the *in vivo* disease incidences of the fruit were significantly reduced by different concentrations of BTH. BTH treatment induced the activities of CT, GUN, PAL, PPO, POD, and evoked the increase of H₂O₂ content. The results suggested that strong expression of *CR-CT1* and *CR-BG3*, enhanced activities of several defense enzymes and H₂O₂ content are all involved in the induction of disease resistance by BTH treatment in mandarin fruit.

收稿日期: 2010-07-15; **修回日期:** 2010-11-29

基金项目: 国家自然科学基金广东省联合基金重点项目 (U0631004); 广东省科技计划项目 (2005B20501003, 2008A020100022); 国家‘十一五’科技支撑计划项目 (2006BAD22B06)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: zqzhang@scau.edu.cn)

Key words: *Citrus reticulata*; BTH; disease resistance; gene expression

沙糖橘 (*Citrus reticulata* Blanco ‘Shiyueju’) 汁多味甜, 脆嫩化渣, 风味独特, 但由于皮薄, 在采收和贮运中易受机械伤害和病原菌侵染而导致腐烂, 贮藏期很短。其中指状青霉 (*Penicillium digitatum*) 致病菌孢子引起的绿霉病是导致沙糖橘采后腐烂的主要原因之一。

利用植物自身的抗病性是生物防治的基本内容, 而果蔬采后诱导抗病性方面的研究近 10 年来才开始兴起, 是当前果蔬贮运保鲜研究领域的热点之一 (Tian & Chan, 2004; 庞学群 等, 2000)。

植物对病原菌的侵害具有局部和系统的潜在抵抗能力 (Chester, 1933)。近年来的研究发现, 苯并噻二唑 (BTH) 具有广谱的诱抗活性, 可诱导多种植物对细菌、真菌和病毒等产生抗性 (Baysal et al., 2003; Qiu et al., 2004; Liu et al., 2005; 李玉红 等, 2006; Zhu & Ma, 2007; 郭芳 等, 2010)。研究还表明, BTH 诱导的植物抗病性与植物的遗传特性具有密切关系 (Jung et al., 2004)。目前有关 BTH 诱导采后水果抗病性方面的研究主要集中在呼吸跃变型水果如番木瓜 (Qiu et al., 2004)、桃 (Liu et al., 2005)、香蕉 (Zhu et al., 2007)、梨 (Cao & Jiang, 2006) 和甜瓜 (Wang et al., 2008) 等, 而在非跃变型水果上的研究则鲜有报道 (Terry & Joyce, 2000)。

本文中探讨了 BTH 处理对非呼吸跃变型的沙糖橘果实采后指状青霉菌的抑制作用及其生理基础, 为 BTH 在沙糖橘果实采后病害控制上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

沙糖橘 (*Citrus reticulata* Blanco ‘Shiyueju’) 果实于 2009 年 10 月购于广州新土地果园, 采收后立即运回广东省果蔬保鲜重点实验室。

选择无机械损伤、无病虫害、大小和成熟度一致的果实, 用 0.1% 漂白粉溶液洗果, 晾干。

一部分果实浸入 0.1、0.05、0.025、0.0125 和 0 (对照) $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ BTH 溶液 (无离子水配成, 含 0.05% Tween 80), 在低压状态下 (0.08 MPa) 渗透处理 3 min, 常压下继续浸泡 3 min, 取出晾干, 12 h 后接种指状青霉菌孢子, 于 3 d 和 6 d 时测定发病率和病斑面积。

另外一部分果实用 0.025 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ BTH 溶液按上述方法渗透处理, 分别于 0、3、6、12、24、36 h 取样进行基因表达分析, 或在贮藏期间 (以渗透处理后放置 12 h 后的果实样品为 0 d) 随机取 5 个果实, 果皮切碎混合, 置于 -80°C 保存, 用于生理指标或基因表达分析。

1.2 病原菌分离

病原菌为指状青霉菌 (*Penicillium digitatum*), 从发病的沙糖橘果实病健交界处分离纯化, 活化培养 7 d 后, 用接种环刮取适量孢子, 转移到含 0.05% Tween 80 无菌生理盐水中, 用血球计数板计数, 并用无菌生理盐水调整浓度, 随配随用。

1.3 损伤接种方法及发病率、病斑面积的测定

BTH 处理 12 h 后, 用灭菌铁钉在果实近果蒂部区域对称打两个孔 (深 3 mm, 直径 2 mm), 每孔加入 $10 \mu\text{L} 2.3 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ 指状青霉菌孢子菌悬液, 置于塑料筐内, 在 20°C 、RH 85%~95% 条件下贮藏, 定期取样, 并观察果实发病情况, 测量病斑直径。每处理用果 60 个, 重复 3 次。

发病率 (%) = 发病点数/总接种点数 $\times 100$, 病斑面积 (mm^2) = $3.14 \times (\text{病原直径}/2)^2$ 。

1.4 CT 和 GUN 基因的克隆表达与相关酶活性测定

总 RNA 的提取方法为热硼酸法。按照 GenBank 中登录的已知 CT 和 GUN 基因氨基酸保守序列, 设计 3' 末端特异引物。以沙糖橘果皮总 RNA 为模板, 反转录合成单链 cDNA。取 10 μ g 总 RNA, 在含甲醛的 1.2% 琼脂糖凝胶上进行变性凝胶电泳, 紫外交联后存放于 4 $^{\circ}$ C 冰箱备用。对质粒 DNA 进行碱处理, 采用 PCR DIG probe synthesis kit (Roche Applied Science, Mannheim, Germany) 合成带有 DIG 标记的 DNA 探针。对沙糖橘几丁质酶和 β -1, 3-葡聚糖酶基因 3' 末端 cDNA 序列的克隆, 分别命名为 CR-CT1 和 CR-BG3。

采用 Northern 杂交的方法, 研究 BTH 处理后的 CR-CT1 和 CR-BG3 表达情况。Northern 杂交探针引物核苷酸序列如下: BGPF 引物为 5'-CGAATGTCGATAATGCAAGG-3', BGPR 引物为 5'-ATGC AAGGTGATGATGCAAA-3'; CTPF 引物为 5'-ATCGACGAATGGAAACCATC-3', CTPR 引物为 5'-GA AGACTCATTGATCCATGT-3' (He et al., 2009)。

几丁质酶 (CT) 活性测定参考文献 (蒋跃明, 1997; 肖拴锁和王钧, 1997) 进行; β -1, 3-葡聚糖酶 (GUN) 活性测定参考 Mauch 等 (1984) 的方法。

苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO) 和过氧化物酶 (POD) 活性测定参考庞学群等 (2008) 的方法。

H₂O₂ 含量测定参考 Zhou 等 (2006) 的方法。

2 结果与分析

2.1 BTH 处理后不同时间沙糖橘果皮 CT 和 GUN 酶基因的表达

几丁质酶 (CT) 和 β -1, 3-葡聚糖酶 (GUN) 是植物体内与诱导抗病性密切相关的两种病程相关蛋白。为了了解 BTH 处理后多长时间可对这两种酶基因出现诱导效应, 克隆了沙糖橘果皮的 CR-CT1 和 GR-BG3 基因并进行了 Northern 杂交, 使用凝胶定量软件 Quantity One 处理。

结果 (图 1) 表明, BTH 处理后 12 h 内, 果皮 CR-CT1 和 GR-BG3 基因的表达水平逐渐增强, 随后逐渐下降, 表明 BTH 处理能够诱导 CR-CT1 和 GR-BG3 基因的表达, 尤以处理后 12 h 效果最好。因此, BTH 处理以 12 h 后再进行损伤接种处理为佳。

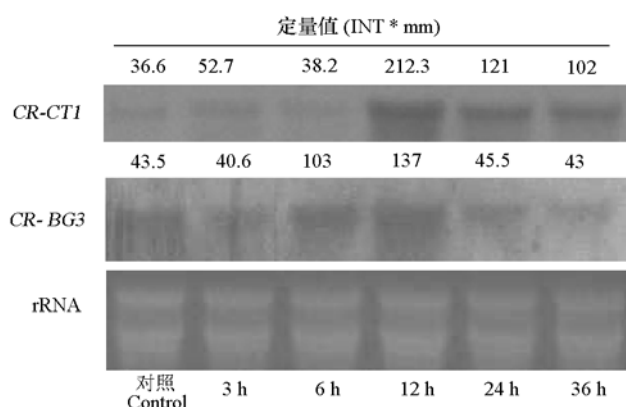


图 1 BTH 处理后不同时间沙糖橘 CR-CT1 和 CR-BG3 基因的表达

Fig. 1 Effect of BTH treatment on expression of CR-CT1 and CR-BG3 genes in mandarin fruit after postharvest prophase

为了了解 BTH 处理后贮藏期间沙糖橘果实能否维持较强的 *CR-CT1* 和 *GR-BG3* 基因的表达水平, 对不同贮藏时间果皮样品基因表达情况进行了分析。从图 2 可知, 未经 BTH 处理的对照果实, 在 0~10 d 的贮藏期内仅见 *GR-BG3* 基因的微弱表达, 而 BTH 处理 12 h 后 (0 d) 表达显著增强, 并在 1 和 3 d 均保持明显表达, 7~10 d 表达微弱。对照果实的 *CR-CT1* 基因在 0~7 d 均有一定表达, BTH 处理后 12 h (0 d) 显著诱导了该基因的表达, 虽然在随后的 1~3 d 表达较弱, 但在 7 d 和 10 d *CR-CT1* 基因仍维持有一定的表达强度。

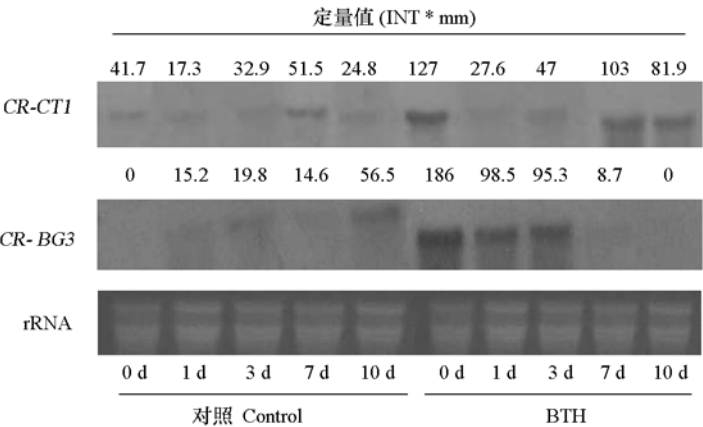


图 2 BTH 和 BABA 处理对不同贮藏时期沙糖橘 *CR-CT1* 和 *CR-BG3* 基因表达的影响

Fig. 2 Effect of BTH treatments on expression of *CR-CT1* and *CR-BG3* genes in mandarin fruit after postharvest phase

2.2 不同浓度 BTH 处理对沙糖橘果实发病率和病斑面积的影响

果实发病情况如表 1 所示。沙糖橘果实经不同浓度 BTH 处理, 12 h 后损伤接种指状青霉菌, 在 20 ℃、RH 85%~95%条件下贮藏 3 d 和 6 d, 不同浓度 BTH 处理对果实发病率都有一定的抑制效果, 果实病斑面积也都显著 ($P<0.05$) 小于对照果实, 其中 $0.025\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ BTH 抑制沙糖橘绿霉病发生的效果最好; 6 d 时, $0.025\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ BTH 处理的果实发病率为 82.3%, 病斑面积为 403.12 mm^2 ; 而对照为果实自然发病率为 94.03%, 病斑面积为 919.28 mm^2 , 浓度超过 $0.025\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时可能对沙糖橘果实伤害作用, 抑制病斑面积的效果反而降低。

表 1 BTH 处理对沙糖橘果实损伤接种指状青霉菌发病率和病斑面积的影响
Table 1 Effect of BTH treatment on the disease incidence and lesion area in mandarin fruit inoculated with *Penicillium digitatum*

BTH/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	3 d		6 d	
	发病率/ % Disease incidence	病斑面积/ mm^2 Lesion area	发病率/ % Disease incidence	病斑面积/ mm^2 Lesion area
0.1	72.63 b	13.91 c	91.20 bc	437.06 c
0.05	87.97 a	22.36 b	92.53 ab	701.97 b
0.025	60.33 d	12.95 c	82.30 d	403.12 c
0.0125	65.03 c	13.58 c	89.20 c	419.92 c
对照 Control	90.60 a	29.29 a	94.03 a	919.28 a

2.3 BTH 处理对沙糖橘果实 CT 和 GUN 酶活性的影响

从图 3 可知, 采后贮藏过程中沙糖橘果实 CT 和 GUN 活性前期不断增强, 后期酶活性趋于下降, $0.025\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ BTH 处理的果实两种酶活性一直高于对照果实, 6 d 时对照果实的 CT 酶活性为 476

$\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 而 BTH 处理果实为 $662.67 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$; 对照果实 GUN 酶活性为 $17.49 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 而 BTH 处理的为 $54.76 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 说明 BTH 处理可促进 CT 和 GUN 活性的提高。

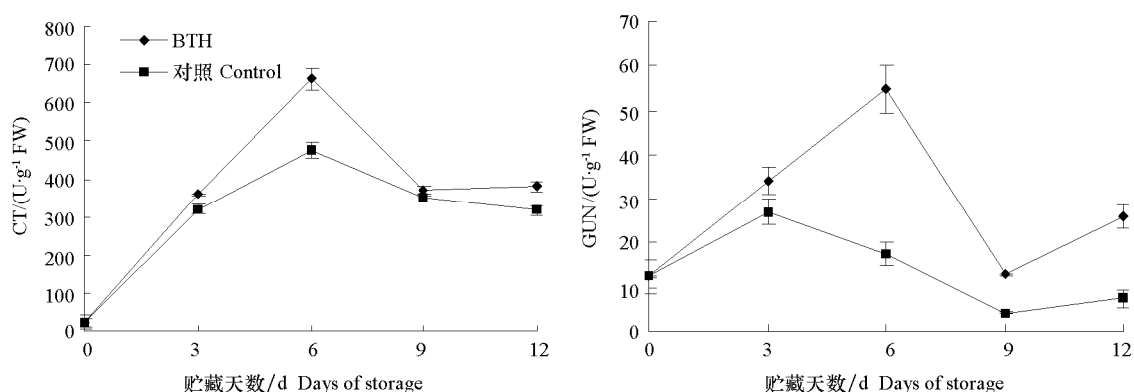


图 3 采后 BTH 处理对沙糖橘果实 CT 和 GUN 活性的影响

Fig. 3 Effect of BTH treatment on the activity of CT and GUN in mandarin fruit after harvest

2.4 BTH 处理对沙糖橘果实 PAL 和 PPO 酶活性的影响

从图 4 可以看出, 在贮藏过程中, 沙糖橘果实 PAL 和 PPO 酶活性有逐步升高的趋势, 但 PAL 酶活性在 9 d 达到高峰后开始下降; BTH 处理果实的 PAL 和 PPO 活性一直高于对照果实, 说明 BTH 处理能显著提高沙糖橘果实的 PAL 和 PPO 活性。

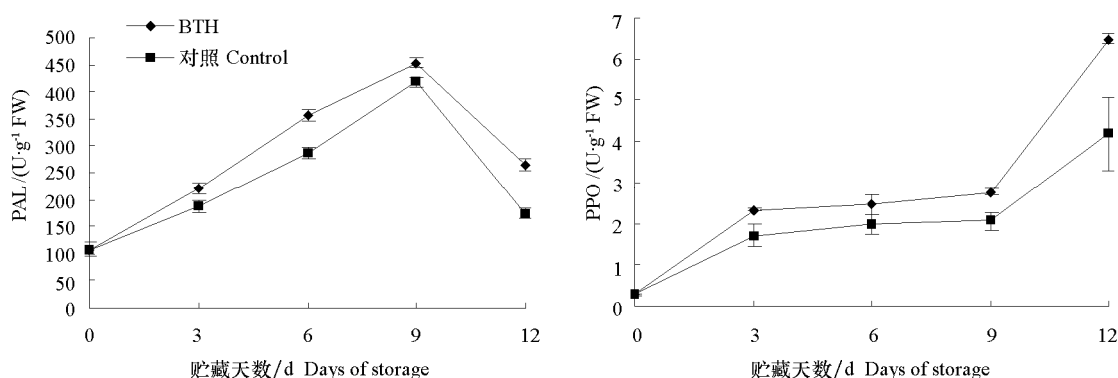


图 4 采后 BTH 处理对沙糖橘果实 PAL 和 PPO 活性的影响

Fig. 4 Effect of BTH treatment on PAL and PPO activity of mandarin fruit after harvest

2.5 BTH 处理对沙糖橘果实 POD 酶活性和 H_2O_2 含量的影响

在贮藏过程中, 对照果实 POD 酶活性在 6 d 比较稳定, 6 d 后迅速升高, BTH 处理上升较快; 对照果实 H_2O_2 含量在贮藏前期上升, 后期下降, 并且 BTH 处理在 3、6、9 d 均显著高于对照, 说明 BTH 处理能显著提高沙糖橘果实的 POD 活性和 H_2O_2 含量 (图 5)。

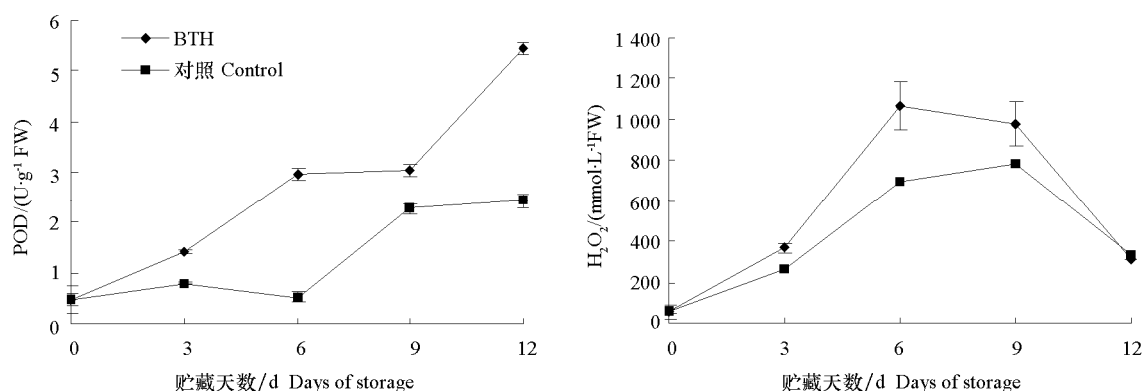


图5 采后 BTH 处理对沙糖橘果实 POD 和 H₂O₂ 含量的影响

Fig. 5 Effect of BTH treatment on activities of POD and content of H₂O₂ in mandarin fruit after harvest

3 讨论

BTH处理诱导采后水果的抗病性已有一定报道,但主要集中在呼吸跃变型水果上。例如,BTH处理诱导了番木瓜果实PR1基因家族中两个几丁质酶基因(*CPBI 3*和*CPBI 13*)的强烈表达,提高了其抗病性(Qiu et al., 2004)。200 mg·L⁻¹ BTH处理能明显提高采后桃果实对青霉菌的抗病性,使其病斑面积以及发病率降低,提高其PAL、PPO和POD的活性及总多酚和H₂O₂含量等(Liu et al., 2005)。在香蕉(Zhu et al., 2007)、梨(Cao & Jiang, 2006)、甜瓜(Wang et al., 2008)等上也有相应报道。在非呼吸跃变型果实上,目前关于BTH诱导采后抗病性的报道非常罕见。Terry和Joyce(2000)用0.25~2.00 mg·mL⁻¹的BTH采前处理草莓植株,发现其采后果实在5℃下灰霉病的发生被延缓了2 d,贮藏寿命延长了15%~20%。沙糖橘为典型的非呼吸跃变型果实,本结果表明,适当浓度的BTH处理也能显著抑制沙糖橘果实的发病率和病斑面积。BTH使用的浓度随对象不同而异,浓度一般在50~200 mg·L⁻¹(Liu et al., 2005; Wang et al., 2008)。

许多研究表明,几丁质酶(CT)和β-1,3-葡聚糖酶(GUN)酶活性与植物抗病性有密切关系(蒋跃明,1997;肖拴锁和王钧,1997)。β-1,3-葡聚糖酶和几丁质酶是胞外水解酶,可以直接攻击病原真菌和细菌,诱导植物的抗病性(Klarzynski et al., 2000; Latunde-Dada & Lucas, 2001; Smith-Becker et al., 2003)。本研究结果表明,BTH处理后12 h就能诱导*CR-CT1*和*CR-BG3*基因的较强烈表达;BTH处理也能维持沙糖橘在贮藏期间*CR-CT1*和*CR-BG3*的表达水平,这与Qiu等(2004)人在呼吸跃变型水果上得到的结果是一致的。本研究还发现,BTH处理后沙糖橘果实CT和GUN活性均处于较高水平,这与Inbar等(1998)的研究结果类似。可见,BTH处理诱导沙糖橘果实抗病性的提高与其诱导*CR-CT1*和*CR-BG3*基因的表达和提高沙糖橘果实CT和GUN活性具有密切关系。

苯丙氨酸解氨酶(PAL)与植物的防卫反应及抗病性密切相关,BTH能增强植物PAL活性和加强次生代谢(Stadnik & Bughenauer, 2000)。PPO主要参与酚类物质氧化为醌以及木质素前体的聚合作用,与植物抗病性也具有密切关系。经BTH处理的黄瓜(Cools & Ishii, 2002)、番茄(Soylu et al., 2003)等的POD活性都快速而显著地升高,参与了果实的抗病反应。H₂O₂的积累与果实抗病性密切相关,抗病性强的果实H₂O₂含量较高(Torres et al., 2003)。本研究发现,BTH处理提高了沙糖橘果实PAL、PPO和POD活性,促进了果实H₂O₂积累,表明BTH处理诱导沙糖橘果实抗病性的提高与提高果实酚类物质合成及活性氧代谢也可能具有密切关系。

综上所述, BTH 处理能显著抑制非呼吸跃变型水果沙糖橘采后绿霉病的发生, 降低了沙糖橘果实的发病率和病斑面积; BTH 处理诱导沙糖橘果实抗病性的提高与果实 *CR-CT1* 和 *CR-BG3* 基因的表达增强, CT、GUN、PAL、PPO 和 POD 等相关酶活性的提高, 以及和 H_2O_2 含量的提高等均具有密切关系。

References

- Baysal O, Soyulu E M, Soyulu S. 2003. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *Michiganensis* Plant Pathology, 52 (6): 747 - 753.
- Cao Jian-kang, Jiang Wei-bo. 2006. Induction of resistance in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) fruit against postharvest diseases by acibenzolar-S-methyl sprays on trees during fruit growth. *Scientia Horticulturae*, 110 (2): 181 - 186.
- Chester K S. 1933. The problem of acquired physiological immunity in plants. *The Quarterly Review of Biology*, 8: 275 - 324.
- Cools H J, Ishii H. 2002. Pre-treatment of cucumber plants with acibenzolar-S-methyl systemically primes a phenylalanine ammonia lyase gene (*PAL*) for enhanced expression upon attack with a pathogenic fungus. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 61: 273 - 280.
- Guo Fang, Wang Ya-jun, Xie Zhong-kui, Gao Yong-ping, Guo Zhi-hong, Zhang Yu-bao, Tong Xun-zhang. 2010. The effects of inducers on growth, disease resistance and related enzymes activities of lily cut flower. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (5): 763 - 768. (in Chinese)
- 郭芳, 王亚军, 谢忠奎, 高永平, 郭志鸿, 张玉宝, 童勋章. 2010. 诱抗剂对切花百合生长、抗病性及相关酶活性的影响. *园艺学报*, 37 (5): 763 - 768.
- Inbar M, Doostdar H, Sonoda R M, Leibe G L, Mayer R T. 1998. Elicitors of plant defensive systems reduce insect densities and disease incidence. *Journal of Chemical Ecology*, 24 (1): 135 - 149.
- Jiang Yue-Ming. 1997. Incidence of anthracnose in relation to chitinase, β -1, 3-glucanase and dopamine of banana fruits after harvest. *Acta Photophysiological Sinica*, 23 (2): 158 - 162. (in Chinese)
- 蒋跃明. 1997. 香蕉采后炭疽病发生与几丁酶、 β -1, 3-葡聚糖酶和多巴胺的关系. *植物生理学报*, 23 (2): 158 - 162.
- Jung E H, Jung H W, Lee S C, Han S W, Heu S, Hwang B K. 2004. Identification of a novel pathogen-induced gene encoding a leucine-rich repeat protein expressed in phloem cells of *Capsicum annuum*. *Biochimica Biophysica Acta*, 1676 (3): 211 - 222.
- Klarzynski O, Plesse B, Joubert J M, Yvin J C, Kopp M, Kloareg B, Fritig B. 2000. Linear β -1, 3-glucans are elicitors of defense responses in tobacco. *Plant Physiology*, 124: 1027 - 1038.
- Latunde-Dada A O, Lucas J A. 2001. The plant defence activator acibenzolar-S-methyl primes cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] seedlings for rapid induction of resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 58: 199 - 208.
- Li Yu-hong, Cheng Zhi-hui, Chen Peng, Chen Xiao-guang. 2006. Studies on induction resistance to *Pseudoperonospora cubensis* by BTH in cucumber seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (2): 278 - 282. (in Chinese)
- 李玉红, 程智慧, 陈鹏, 陈晓光. 2006. 苯并噻二唑 (BTH) 诱导黄瓜幼苗对霜霉病抗性的研究. *园艺学报*, 33 (2): 278 - 282.
- Liu Hong-xia, Jiang Wei-bo, Bi Yang, Luo Yun-bo. 2005. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. *Postharvest Biology and Technology*, 35 (3): 263 - 269.
- Mauch F, Lee A, Boller T. 1984. Ethylene: Symptom, not signal for the induction of chitinase and β -1, 3-glucanase in pea pods by pathogens and elicitors. *Plant Physiology*, 76: 607 - 611.
- Pang Xue-qun, Zhang Zao-qi, Dong Chun. 2000. Biocontrol of postharvest disease of fruits and vegetables by antagonism. *Acta Horticulturae Sinica*, 27 (Supl): 546 - 552. (in Chinese)
- 庞学群, 张昭其, 董春. 2000. 拮抗菌控制果蔬采后病害研究进展. *园艺学报*, 27 (增刊): 546 - 552.
- Pang Xue-qun, Huang Xue-mei, Li Jun, Zhang Zao-qi. 2008. Hot water dipping induced resistance to disease *Colletotrichum musae* on banana fruits and its effect on related enzymes. *Transactions of the CSAE*, 24 (2): 221 - 225. (in Chinese)
- 庞学群, 黄雪梅, 李军, 张昭其. 2008. 热水处理诱导香蕉采后抗病性及其对相关酶活性的影响. *农业工程学报*, 24 (2): 221 - 225.
- Qiu X H, Guan P Z, Wang M L, Moore P H, Zhu Y J, Hu J, Borth W, Albert H H. 2004. Identification and expression analysis of BTH induced

- genes in papaya. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 65 (1): 21 – 30.
- Smith-Becker J, Keen N T, Becker J O. 2003. Acibenzolar-S-methyl induces resistance to *Colletotrichum lagenarium* and *cucumber mosaic virus* in cantaloupe. *Crop Protection*, 22: 769 – 774.
- Soylu S, Baysal Ö, Soyulu E M. 2003. Induction of disease resistance by the plant activator, acibenzolar-S-methyl (ASM), against bacterial canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) in tomato seedlings. *Plant Science*, 165: 1069 – 1075.
- Stadnik M J, Bughenauer H. 2000. Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase suppresses the resistance induced by benzothiadiazole in wheat to *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57 (1): 25 – 34.
- Terry L A, Joyce D C. 2000. Suppression of grey mould on strawberry fruit with the chemical plant activator acibenzolar. *Pest Management Science*, 56 (1): 989 – 992.
- Tian S P, Chan Z L. 2004. Potential of induced resistance in postharvest diseases control of fruits and vegetables. *Acta Phytopathology Sinica*, 34 (5): 385 – 394.
- Torres R, Valentines M C, Usall J, Vinas I, Larrigaudiere C. 2003. Possible involvement of hydrogen peroxide in the development of resistance mechanisms in ‘Golden Delicious’ apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 27: 235 – 242.
- Wang Yi, Li Xuan, Bi Yang, Ge Yong-hong, LI Yong-cai, Xie Fang. 2008. Postharvest ASM or harpin treatment induce resistance of muskmelons against *Trichothecium roseum*. *Agricultural Sciences in China*, 7 (2): 217 – 223.
- Xiao S S, Wang J. 1997. Relationship among generation rate of superoxide, resistance of rice to blast fungi and activation of inducible phenylalanineammonia-lyase, chitinase, β -1, 3-glucanase. *Chinese Journal of Rice Science*, 11 (2): 93 – 102. (in Chinese)
- 肖拴锁, 王 钧. 1997. 水稻中超氧诱导与稻瘟病菌抗性及苯丙氨酸解氨酶、几丁酶、 β -1, 3-葡聚糖酶活性诱导的关系. *中国水稻科学*, 11 (2): 93 – 102.
- Zhou B Y, Wang J H, Guo Z F, Tan H Q, Zhu X C. 2006. A simple colorimetric method for determination of hydrogen peroxide in plant tissues. *Plant Growth Regulation*, 49: 113 – 118.
- Zhu Shi-jiang, Ma Bao-cheng. 2007. Benzothiadiazole or methyl jasmonate induced resistance to *Colletotrichum musae* in harvested banana fruit is related to elevated defence enzyme activities. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82 (4): 500 – 506.

欢迎订阅《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,创刊于1962年,刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息,适合园艺科研人员、大专院校师生及农业技术推广部门专业技术人员阅读参考。

《园艺学报》是中文核心期刊,被中国科学引文数据库 Chinese Science Citation Database 等多家重要数据库收录。《园艺学报》2005 年荣获第三届国家期刊奖,2008 年获中国科技信息研究所“中国精品科技期刊”称号及武汉大学中国科学评价研究中心“中国权威学术期刊”称号,2009 年获中国期刊协会和中国出版科学研究所“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。2008 年《园艺学报》总被引频次 4 591 次,影响因子 1.075。

《园艺学报》为月刊,每月 25 日出版。2011 年每期定价 40.00 元,全年 480.00 元。国内外公开发行,全国各地邮局办理订阅,国内邮发代号 82 – 471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号 M448。漏订者可直接寄款至本编辑部订购。

编辑部地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码:100081; 电话:(010) 82109523。

E-mail: yuanyixuebao@126.com。网址: <http://www.ahs.ac.cn>。