

外源水杨酸对黄瓜叶片几种酶活性和抗氧化物质含量的影响

史庆华 朱祝军* 徐 敏 钱琼秋

(浙江大学园艺系, 农业部园艺植物生长发育与生物技术重点开放实验室, 杭州 310029)

摘 要: 采用不同浓度的水杨酸 (SA) 对营养液培养的黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 进行处理, 结果表明, 不同浓度的 SA 均明显提高了黄瓜叶片中过氧化物酶、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶的活性, 其中以 SA 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 处理的效果最为显著。SA 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 的处理显著抑制了 IAA 氧化酶和抗坏血酸氧化酶的活性, 而 SA 200 和 400 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 的处理则有促进作用。SA 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 的处理显著增加了黄瓜叶片中还原型抗坏血酸、还原型谷胱甘肽和氧化型谷胱甘肽的含量。

关键词: 黄瓜; 水杨酸; 酶活性; 抗坏血酸; 谷胱甘肽

中图分类号: S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 05-0666-02

Effects of Exogenous Salicylic Acid on Activities of Some Enzymes and Antioxidants in Cucumber Leaves

Shi Qinghua, Zhu Zhujun*, Xu Min, and Qian Qiongqiu

(Department of Horticulture, Zhejiang University, Key Laboratory of Horticultural Plant Development and Biotechnology, Ministry of Agriculture, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Effects of different concentration of SA on activities of some enzymes and antioxidants in cucumber leaves were studied. The results indicated that activities of peroxidase (POD), polyphenol oxidase (PPO) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) increased after different concentration of SA treatments, and the increasing level was the highest in 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$. 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ SA treatment significantly inhibited activities of IAA oxidase (IAO) and ascorbate oxidase (AO), while 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ and 400 $\mu\text{mol L}^{-1}$ SA treatment promoted them. AsA, GSH and GSSG contents were increased in 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ SA treatment.

Key words: Cucumber; Salicylic; Enzyme activity; Ascorbate; Glutathione

1 目的、材料与方法

水杨酸 (Salicylic acid, SA) 可以通过诱导基因表达、改变活性氧代谢和信号传导途径等方式来提高植物的抗性^[1], 但其诱导抗性的高低与浓度有密切关系。本文选用黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 作为试验材料, 研究了不同浓度的外源 SA 对叶片中几种与抗性有关的酶活性和两种重要的抗氧化物质的影响, 为研究水杨酸在黄瓜抗逆中的应用提供理论依据。试验在浙江大学蔬菜研究所温室中进行, 黄瓜品种为‘津春 5 号’, 种子播种于清洗过的蛭石中, 长至两片真叶时移栽到装有 10 L 营养液的培养箱中, 每箱 6 株, 重复 3 次。营养液大量元素 (mmol L^{-1}) 为: Ca (NO_3)₂, 5; KNO₃, 5; KH₂PO₄, 2.5; MgSO₄, 2; 微量元素 ($\mu\text{mol L}^{-1}$) 为: H₃BO₃, 29.6; MnSO₄, 10; Fe-EDTA, 50; ZnSO₄, 1.0; H₂MoO₄, 0.05; CuSO₄, 0.95。昼夜温度为 (26 \pm 1) / (20 \pm 1), 自然光照。当植株长至 4 片真叶时向营养液中添加 SA (纯度 99.5%), 浓度分别为 0、100、200 和 400 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 处理 9 d 取第 3 片完全

收稿日期: 2004 - 01 - 15; 修回日期: 2004 - 03 - 02

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (30230250)

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zhjzhu@zju.edu.cn)

展开的功能叶测定 POD (愈创木酚法)、PPO (邻苯二酚法)、PAL (L-苯丙氨酸法)、IAO (FeCl_3 显色法)、AO 活性 (还原型抗坏血酸氧化速率法) 和抗坏血酸^[2]、谷胱甘肽^[3]含量。

2 结果分析与讨论

2.1 SA 对几种酶活性的影响

表 1 表明, 不同浓度的 SA 处理使苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、过氧化物酶 (POD) 和多酚氧化酶 (PPO) 活性均有所提高, 而以 $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理提高的幅度最为显著。这 3 种酶参与植物体内的多种生理代谢过程, 与植物的防卫反应和抗病性有密切关系, 它们活性的高低通常作为植物抗病能力的重要指标。SA 不仅能够诱导植物的防御性反应, 而且有研究报道, 在适宜的浓度下 SA 还可以增加植物体内 IAA 的含量, 促进生长^[4]。与其它处理相比, SA $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理使黄瓜植株具有较强的生长势, 可能与它降低了叶片中 IAA 氧化酶 (IAO) 的活性, 保护 IAA 不被氧化分解有关 (表 1)。抗坏血酸氧化酶 (AO) 是与 AsA 相关联的酶, SA $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理明显降低了 AO 的活性 (表 1), 这与叶片中 AsA 的含量正好呈负相关的对应关系。AO 作为重要的呼吸氧化酶在植物生长发育中也发挥着重要作用, AO 在呼吸作用的氧化还原过程中不能形成 ATP, 但使暗呼吸作用增加^[5]。SA $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理通过降低 AO 活性而降低暗呼吸速率, 有利于植物对同化物的积累, 这与 IAA 氧化酶活性降低的作用是吻合的。SA 200 和 $400 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理明显增加了 AO 的活性 (表 1), AO 活性的提高虽然对植物生长不利, 但在植物的抗性反应中却发挥着重要作用。

2.2 SA 对抗坏血酸和谷胱甘肽含量的影响

抗坏血酸和谷胱甘肽主要在活性氧清除系统中发挥重要作用, 另外对诱导植物防御基因的表达、稳定蛋白质结构、促进细胞生长等方面也有重要功能, 并且其功能的发挥与它们的存在形态密切相关。SA $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理显著增加了黄瓜叶片中 AsA、GSH 和 GSSG 的含量 (表 2), 有利于增强植株的抗氧化能力。而氧化型抗坏血酸在 SA $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理中含量最高 (表 2)。

综上所述, 适宜浓度的外源 SA 不仅能促进逆境下植物生长, 而且会诱导植物防御性增强, 但有时二者的适宜浓度并不一致, 因为植物在增加自身防御系统的同时, 往往以消耗本身大量的物质和能量为代价, 在这种情况下, 只有在一定程度上降低自身的生长速率来抵御病虫害等不利因素的影响。

参考文献:

- Shah J. The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Bio.*, 2003, 6: 365 ~ 371
- Hodges D M, Andrews C J, Johnson D A, et al. Antioxidant compound responses to chilling stress in differentially sensitive inbred maize lines. *Physiol. Plant.*, 1996, 98: 685 ~ 692
- Vlachaki M T, Meyn R E. Astro research fellowship: the role of bcl-2 and glutathione in an antioxidant pathway to prevent radiation-induced apoptosis. *Int. J. Radiation Oncology. Bio. Phys.*, 1998, 42: 185 ~ 190
- Shakirova F M, Sakhabutdinova A R, Bezrukova M V, et al. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.*, 2003, 164: 317 ~ 322
- 邓义才, 倪耀源, 陈乃荣. 钾对荔枝光合作用和呼吸作用的影响. *华南农业大学学报*, 1994, 15 (4): 80 ~ 84

表 1 不同浓度的水杨酸对黄瓜叶片几种酶活性的影响

Table 1 Effects of different concentration of SA on activities of some enzymes in cucumber leaves

SA ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{FM}$)	PPO ($\text{U g}^{-1} \cdot \text{FM}$)	PAL ($\text{U g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{FM}$)	IAO ($\text{IAA } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}\text{FM}$)	AO ($\text{U g}^{-1} \cdot \text{FM}$)
0	3.65d	40.92d	0.92c	486.49b	2.91c
100	4.20c	68.53c	1.81b	355.33c	1.81d
200	5.96a	96.18a	2.64a	497.61b	4.19b
400	4.76b	84.94b	2.08b	533.48a	8.99a

注: 邓肯新复极差测验 ($P < 0.05$) 显著水平。

Note: Duncan's significant test ($P < 0.05$).

表 2 不同浓度的水杨酸对黄瓜叶片抗坏血酸和谷胱甘肽含量的影响

Table 2 Effects of different concentration of SA on ascorbate and glutathione contents in cucumber leaves ($\mu\text{g g}^{-1}\text{FM}$)

SA ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	还原型 抗坏血酸 AsA	氧化型 抗坏血酸 DAsA	还原型 谷胱甘肽 GSH	氧化型 谷胱甘肽 GSSG
0	0.96b	2.20b	0.61c	0.33bc
100	2.14a	2.25ab	0.93a	0.51a
200	1.04b	2.61a	0.73b	0.41ab
400	0.98b	2.11b	0.66bc	0.27c

注: 邓肯新复极差测验 ($P < 0.05$) 显著水平。

Note: Duncan's significant test ($P < 0.05$).