

豌豆苗采后 GA、乙烯和 ABA 处理对纤维合成的调控作用

姜微波 刘尊英 冯双庆 赵玉梅

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要: 研究了 GA、乙烯和 ABA 对离体豌豆苗 (*Pisum sativum* L.) 纤维合成的调控作用。结果表明, 豌豆苗采后组织中纤维含量逐渐上升, 与纤维合成相关的酶类包括苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO)、肉桂醇脱氢酶 (CAD) 和过氧化物酶 (POD) 活性均显著增强。GA 处理对豌豆苗采后纤维合成有明显抑制作用, 同时显著地抑制了肉桂醇脱氢酶 (CAD) 活性的上升。乙烯和 ABA 处理促进豌豆苗采后纤维合成, 并提高了 PAL、PPO、CAD 和 POD 的活性。

关键词: 豌豆; 纤维素合成; 赤霉素; 乙烯; 脱落酸

中图分类号: S 643.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 03-0296-03

嫩叶及苗芽等类的蔬菜采收后容易老化而导致食用品质迅速下降, 其组织的纤维化程度是衡量衰老进程的一个重要指标。近年来, GA 对蔬菜采后衰老作用的研究已有一些报道, 外源 GA 处理可降低采后蔬菜呼吸速率和乙烯释放量, 降低蛋白酶活性, 延缓叶绿素和蛋白质降解等^[1,2], 但在 GA 对采后蔬菜纤维化过程的影响方面还缺乏了解。本文报道了生长调节剂对豌豆苗采后纤维化相关酶活性变化的影响, 为有效控制采后蔬菜纤维化进程提供理论依据。

1 材料与与方法

供试豌豆苗购自北京市郊区。豌豆苗长至 8~10 cm 时采收, 并立即进行以下处理: ①用 20 $\mu\text{g/L}$ 赤霉素浸泡 15 min, ②用 10 $\mu\text{g/L}$ 脱落酸浸泡 15 min, ③置于乙烯为 20 $\mu\text{L/L}$ 的塑料薄膜帐内, ④用清水浸泡 15 min 为对照。各处理在 20 $^{\circ}\text{C}$ 保湿避光贮存。每个处理 2 kg, 重复 3 次。测定纤维素^[3]和总酚含量^[4], PAL^[5]、CAD^[6]、PPO^[7]和 POD 活性^[8]。

2 结果与分析

2.1 GA、ABA 和乙烯对纤维素含量的影响

如图 1 所示, 豌豆苗采后纤维素含量呈逐渐增加趋势。在 20 $^{\circ}\text{C}$ 下存放 72 h, GA 处理的纤维素含量仅为对照的 68.6%。乙烯和 ABA 处理均促进了纤维素含量的增加。在 20 $^{\circ}\text{C}$ 下存放 48 h 和 60 h, ABA 处理的纤维素含量分别比对照高 42.5%、33.4%; 乙烯处理的纤维素含量分别比对照高 21.3%、27.8%。

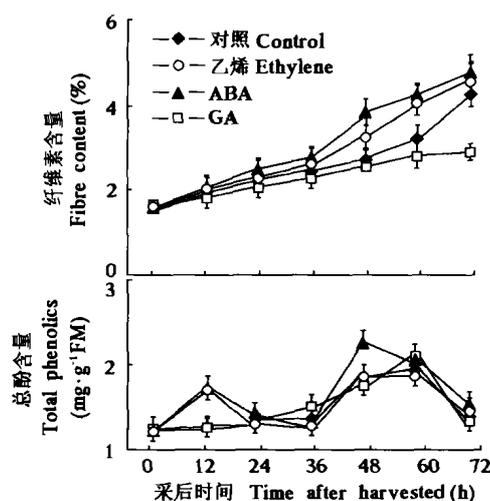


图 1 GA、ABA 和乙烯对豌豆苗中纤维素和多酚含量变化的影响
数据点的上下竖线为 \pm 标准误。

Fig. 1 Effects of GA, ABA and ethylene on levels of fibre and phenolics in pea seedlings
Bars indicate the \pm S. E.

收稿日期: 2002-07-13; 修回日期: 2002-11-05

基金项目: 中、以农业研究基金资助项目 (SIARF2001-04)

2.2 GA、ABA 和乙烯对总酚含量的影响

酚类物质是合成木质素的前体。如图 1 所示, 豌豆苗采收后, 对照和 GA 处理的总酚含量缓慢上升, 贮存 60 h 时达最高值。乙烯和 ABA 处理的总酚含量虽然在采后 12 h 出现一峰值之后缓慢下降, 但贮存 36 h 以后又呈上升趋势。贮存 48 h, ABA 处理的总酚含量达到最高值。观测期内 ABA 处理的总酚含量平均值显著高于其它处理的总酚含量平均值 (Duncan's 差异显著性检测, $P < 0.05$)。

2.3 GA、ABA 和乙烯对木质素合成相关酶活性的影响

苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 是催化由苯丙烷类生成木质素前体和其它酚类化合物代谢起始反应的关键酶。如图 2 所示, 对照的 PAL 活性在采后 36 h 达最大值; GA 处理的 PAL 活性在观测期内随着时间延长而逐渐增加。乙烯与 ABA 处理的 PAL 活性在采后初期均呈现上升趋势。ABA 处理的 PAL 活性在采后 24 h 达到高峰之后逐渐下降。乙烯处理的 PAL 活性在采后 48 h 达最大值。

肉桂醇脱氢酶 (CAD) 参与木质素单体合成的最后一步, 催化肉桂醛生成相应的醇, 是纤维化过程中的重要酶类。采收后豌豆苗 CAD 活性迅速上升。采后 48 h, 对照的 CAD 活性达到高峰之后迅速下降。GA 处理延缓了 CAD 活性的上升, 在 48 h GA 处理仅为对照的 69.3%。乙烯和 ABA 处理极显著地促进了 CAD 活性增加。在观测期内, 乙烯和 ABA 处理的 CAD 活性平均值分别比对照的 CAD 活性平均值高 33.1% 和 28.2%。

过氧化物酶 (POD) 催化木质素单体最后的聚合反应, 是木质素形成所必须的。如图 2 所示, 采后前期豌豆苗 POD 活性呈缓慢上升趋势, 48 h 后, POD 活性逐渐下降。GA 处理对 POD 活性的变化影响不大。乙烯处理促进了 POD 活性的上升, 采后 48 h, 乙烯处理比对照的 POD 活性高 42.3%。ABA 处理使 POD 活性急剧上升, 采后 24 h 就达到峰值, 比同时观测的其它处理的 POD 活性高 82% 以上, 并超过了乙烯处理的 POD 峰值。

PPO 参与酚类物质氧化, 催化香豆酸向咖啡酸转化, 为木质素合成提供前体。采后豌豆苗 PPO 活性呈逐渐上升趋势, GA 处理在一定程度上抑制了 PPO 活性的上升。乙烯处理促进了 PPO 升高。而 ABA 处理极显著的提高了 PPO 活性。如图 2 所示, 采后 24 h ABA 处理的 PPO 达到峰值时, 分别比同期观测的乙烯处理、对照和 GA 处理的 PPO 活性高 58.2%、97.4% 和 142.7%。

3 讨论

研究表明, PAL、CAD、POD 和 PPO 均参与了植物纤维素的合成。一般认为是按 PAL→多酚→PPO→CAD→POD→纤维素单体→纤维素的途径进行。在自然生长条件下, 茎、叶等植物器官组织的纤维化程度伴随着植物的生长、发育而不断提高, 但这类植物器官离体后在无光照、无各种养分供给的条件下,

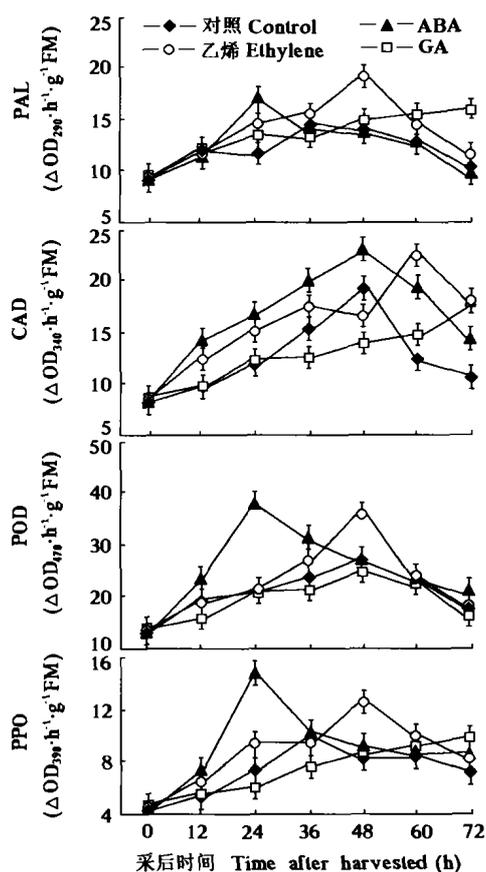


图 2 GA、ABA 和乙烯对豌豆苗中 PAL、CAD、POD 和 PPO 酶活性的影响

数据点的上下竖线为 \pm 标准误。

Fig. 2 Effects of GA, ABA and ethylene on activities of PAL, CAD, POD and PPO in pea seedlings
Bars indicate the \pm S.E.

其组织内纤维素(木质素)的合成代谢仍然比较活跃。本研究进一步证实了未经任何处理的豌豆苗采后纤维素含量不断上升, PAL、CAD、POD 和 PPO 等各种纤维素合成相关的酶活性均显著提高。

本研究结果还表明, 植物生长调节剂对植物器官的纤维化过程有显著的影响。赤霉素明显延缓了豌豆苗采后粗纤维含量的增加, 并显著地抑制了肉桂醇脱氢酶活性的上升。这与 GA 在抑制离体叶片组织中叶绿素和蛋白质降解^[1,9,10]、延缓蛋白酶活性上升^[2]等方面的作用是一致的。对植物器官衰老具有促进作用的乙烯则加速了豌豆苗采后粗纤维含量的增加, 同时对 PAL、POD、PPO 和 CAD 等纤维素合成相关酶活性均有较大的促进作用。在对其它材料的研究中也观测到相似的结果^[11]。另外, 在促进衰老方面与乙烯有相似作用的 ABA 在促进豌豆苗采后粗纤维含量上升的同时, 极显著地提高了 POD、PPO 和 CAD 等纤维素合成相关酶的活性。

在生产实践上可以通过施用 GA 降低豌豆苗类蔬菜采后纤维化程度, 同时也要减少这类蔬菜贮藏环境中的乙烯含量或施用对乙烯有拮抗作用的处理来延缓组织纤维化的进程。

虽然乙烯与 ABA 都具有促进豌豆苗纤维素合成的作用, 但其作用机理上可能并不相同。例如在乙烯处理中 PAL、PPO 和 POD 等的酶活性高峰均出现在采后 48 h, 而 ABA 处理中 PAL、PPO 和 POD 等的酶活性高峰则在采后 24 h 出现。

参考文献:

- 1 Lers A, Jiang W B, Lomaniec E, et al. Gibberellic acid and CO₂ additive effect in retarding postharvest senescence of parsley. *J. Food Sci.*, 1998, 63: 66 ~ 68
- 2 Jiang W, Lers A, Lomaniec E, et al. Senescence-related serine protease in parsley. *Phytochem.*, 1999, 50: 377 ~ 382
- 3 Coronel J S, Vest G, Hemer R C. Distribution of fibre content in asparagus cultivars. *HortScience*, 1976, 11 (2): 149 ~ 151
- 4 朱广廉, 钟海文, 张海琴. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社, 1990. 229 ~ 231
- 5 Koukol J, Conn E E. The metabolism of aromatic and properties of the phenylalanine deaminase of *Hordeum vulgare*. *J. Biol. Chem.*, 1961, 236 (10): 2692 ~ 2698
- 6 Goffner D, Joffroy I, Grima P J, et al. Purification and characterization of isoforms of cinnamyl alcohol dehydrogenase from *Eucalyptus* xylem. *Planta*, 1992, 188 (1): 48 ~ 53
- 7 Galeazzi M A M, Sgarbieri N, Costantinides S M. Isolation, purification and physicochemical characterization of poly phenol oxidase from dwarf variety of banana (*Musa carentishii*). *J. Food. Sci.*, 1981, 46: 150 ~ 155
- 8 Hammerschmidt R, Kuc J. Lignification as a mechanism for induced systemic resistance in cucumber. *physi. plant path.*, 1982, 20: 61 ~ 71
- 9 Paull R E. Postharvest senescence and physiology of leafy vegetables. *Postharvest News and Inf.*, 1992, 1: 11 ~ 20
- 10 Lipton W J. Senescence of leafy vegetables. *HortScience*, 1987, 22: 854 ~ 859
- 11 Haard N F, Sharma S C, Wolfe R, et al. Ethylene induced isoperoxidase changes during fibre formation in postharvest asparagus. *J. Food Sci.*, 1974, 39: 452 ~ 456

Regulations of Fiber Synthesis in Excised Pea Seedlings by Gibberellic Acid, Ethylene and Abscisic Acid

Jiang Weibo, Liu Zunying, Feng Shuangqing, and Zhao Yumei

(Department of Food Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: To learn how the fiber-synthesis regulated by plant growth regulators, excised pea seedlings (*Pisum sativum* L.) were treated with gibberellic acid (GA), ethylene or abscisic acid (ABA). The fiber level in the seedlings gradually increased after harvest and it was further enhanced by ethylene or ABA, and reduced by GA, whereas, activities of related enzymes (phenylalanine deaminase, polyphenol oxidase, cinnamyl alcohol dehydrogenase and peroxidase) in the seedlings were enhanced by treatment with ethylene or ABA, However cinnamyl alcohol dehydrogenase activity was significantly reduced by GA.

Key words: Pea; Fiber synthesis; Gibberellic acid; Ethylene; Abscisic acid