

GA₃ 处理对柑橘果皮色素变化的影响

陶俊^{1,2} 张上隆¹ 陈昆松¹ 赵智中¹ 陈俊伟¹

(¹ 浙江大学园艺系, 杭州 310029; ² 扬州大学园艺系, 扬州 225009)

摘要: 研究外源 GA₃ 处理对柑橘‘红柿柑’果皮内源激素、叶绿素、类胡萝卜素含量变化的影响, 并探讨其与色泽变化的关系。结果表明: 外源 GA₃ 处理较对照提高了果皮 GA₃、ZT 的水平, 抑制了叶绿素下降和类胡萝卜素、-隐黄质的合成与积累, 最终表现为柑橘果实色泽发育受阻。

关键词: 柑橘; GA₃; 叶绿素; 类胡萝卜素; 色泽

中图分类号: S 666 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2002) 06-0566-03

1 目的、材料与方法

本研究分析了外源 GA₃ 处理对柑橘果实成熟过程中果皮色泽、叶绿素、类胡萝卜素及内源激素含量变化的影响, 旨在了解植物激素在柑橘色泽发育中的作用机理。试验分别于 1999 年 (预备试验) 和 2000 年在浙江省柑桔研究所进行。以 12 年生‘红柿柑’ (*Citrus suavissima* Hort. ex Tanaka × *C. sinensis* Osbeck) 为试材。选生长一致、管理正常的 3 株树, 在每株树的树冠南半部选枝粗 6 cm 左右两个主枝, 设对照和处理两组, 10 月 11 日用 GA₃ 100 mg/L 浸果, 清水为对照。处理后每 10 d 取样 1 次, 在每个主枝上随机取 5 个果, 总计每次每处理 15 果供分析, 直至 11 月 20 日结束。

果实色泽检测使用 TC-P G 色差自动检测计 (北京光学仪器厂生产), 选取果实赤道部位, 采用“Hunter Lab”表色系统^[1]测定 a 值 (红绿色差)、b 值 (黄蓝色差)、L 值 (光亮度), 重复 10 次。根据 $h = \text{tg}^{-1} (b/a)$ 计算色度角。从 5 g 果皮混合样 (5 个果) 中提取、纯化植物激素^[2] (GA₃ 的提取流程同 ABA), 用高效液相色谱 (Beckman, USA) 检测。测定叶绿素含量和类胡萝卜素总量^[3,4]。

2 结果与分析

2.1 GA₃ 处理对果皮内源激素变化的影响

由图 1 可见, 处理后果皮 GA₃ 在果实成熟过程中下降比较缓慢, 特别是处理后的前 20 d 几乎不变, 而对照在前 10 d 下降明显, 随后与处理基本保持同样速度下降。处理后 ZT 下降减慢, 并随着处理天数的增加, 差距逐步加大。ABA 含量随果实成熟而稳步上升, 但处理较对照差异不大或略有下降。

2.2 GA₃ 处理对果实色泽的影响

从图 2 可见, 处理果实色度角在 11 月 20 日为 99.8, 为黄绿色, 而对照则为 43.0, 为橙红色, 表明 GA₃ 处理显著抑制了果皮色泽的发育。对照果实 a 值在 10 月 21~31 日由负值转为正值,

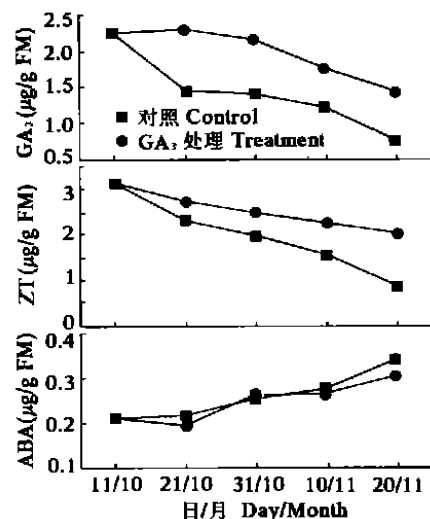


图 1 外源 GA₃ 对柑橘果皮内源 GA₃、ZT、ABA 含量的影响
Fig. 1 Effects of exogenous GA₃ treatment on endogenous GA₃, ZT, ABA content of citrus fruit peel

表明这一时期为正常果实从绿色转向红色的临界期; 之后 a 值迅速上升, 红色程度不断加深, 果实进入着色期。GA₃ 处理果实的 a 值在处理 20 d (10 月 21 日) 显著低于对照, 之后差距逐步加大, 至 11 月 20 日仍为负值 (-4.83), 相当于对照果实的转色临界期。这一结果表明 GA₃ 处理显著地阻止了果实红色发育。GA₃ 处理后 L 值降低, 但幅度不大, 表明 GA₃ 处理也同时降低了果实外观光泽度。

2.3 GA₃ 处理对果皮色素的影响

2.3.1 叶绿素的变化 在果实发育进程中, 果皮的叶绿素 a、叶绿素 b 均呈下降趋势, 但 GA₃ 处理显著降低了叶绿素 a 和叶绿素 b 的下降幅度, 处理的叶绿素 a、b 至 11 月 20 日仅相当于对照 10 月 21 日的水平, 延迟叶绿素下降的效果达 30 d (图 3)。

2.3.2 类胡萝卜素的变化 从图 4 可见, 类胡萝卜素总量轻微下降, 对照于 10 月 21 日后开始迅速上升, 而 GA₃ 处理推迟至 10 月 31 日才开始回升, 且升幅较缓。处理与对照在 10 月 31 日即出现明显差异, 随着成熟进程, 这种差异进一步扩大。

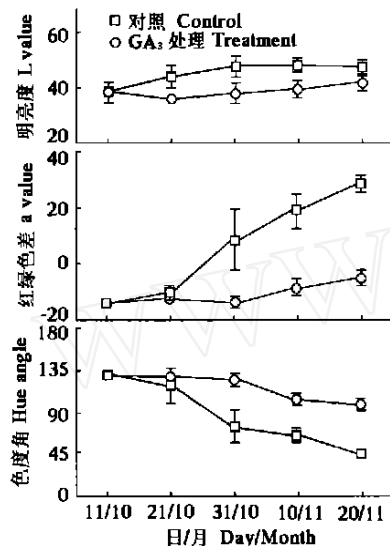


图 2 外源 GA₃ 处理对柑橘果皮色泽的影响

Fig. 2 Effects of exogenous GA₃ treatment on color and lustre of citrus fruit peel

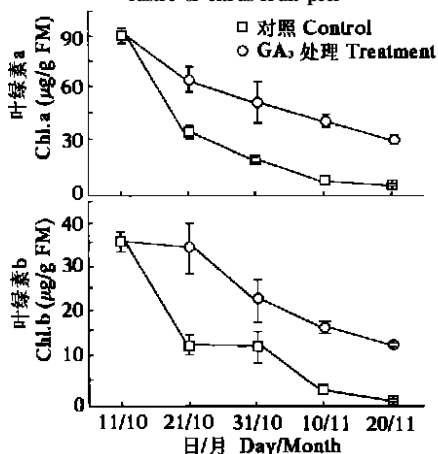


图 3 GA₃ 处理对柑橘果皮叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of exogenous GA₃ treatment on chlorophyll content in peel of citrus fruit

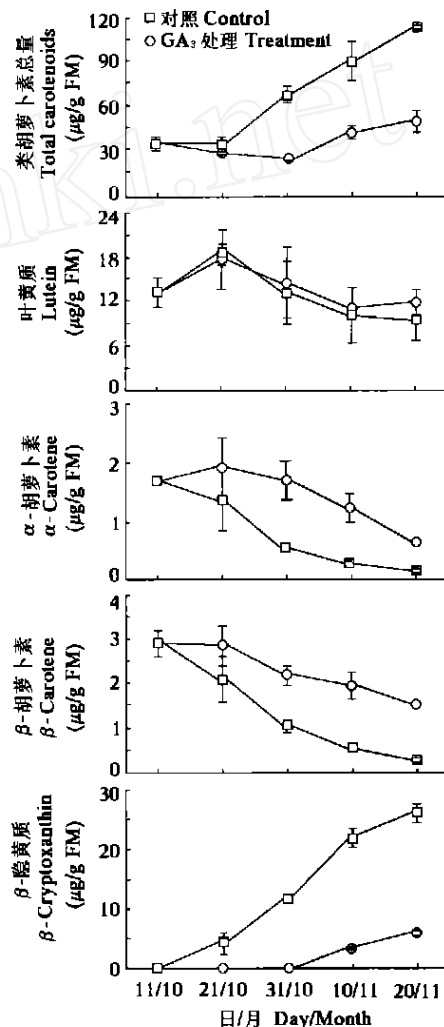


图 4 GA₃ 处理对柑橘果皮类胡萝卜素含量的影响

Fig. 4 Effects of exogenous GA₃ treatment on carotenoids content of citrus fruit peel

类胡萝卜素组分的分析表明：-胡萝卜素、-胡萝卜素、叶黄质随着果实成熟进程逐步下降，但 GA₃ 处理不同程度地抑制了 -胡萝卜素、-胡萝卜素、叶黄质的下降。橙红色类胡萝卜素 -隐黄质，在 10 月 21 日开始测到，之后快速积累，至 11 月 20 日高达 26.24 μg/g FM，约占类胡萝卜素总量的 1/4，成为含量最高的类胡萝卜素；GA₃ 处理推迟了 -隐黄质的积累，延迟时间达 20 d。

相关分析表明，只有 -隐黄质与‘红柿柑’果实红绿色差 (a) 呈正相关 ($r=0.9875^{**}$)，并达极显著，说明 -隐黄质积累量是影响‘红柿柑’果实色泽发育指标的主要色素。根据本试验中不同类胡萝卜素成分的变化特点，结合植物类胡萝卜素合成途径^[5]可以推测，其与辣椒果实中辣椒红素、辣椒玉红素的积累机制类似^[6]。

本文结果表明植物激素在柑桔色素代谢中起关键作用，GA₃、ZT 能增强叶绿素的生物代谢能力和抑制 -隐黄质的生物合成与积累，从而阻止果实色泽发育；而 ABA 则可能起相反的作用。

参考文献：

- 1 Francis FJ. Color quality evaluation of horticultural crops. Hortscience, 1980, 15 (1): 58~59
- 2 张上隆, 陈昆松, 叶庆富, 等. 柑橘授粉处理和单性结实子房 (幼果) 内源 IAA、ABA 和 ZT 含量的变化. 园艺学报, 1994, 21 (2): 117~123
- 3 朱广廉, 钟海文, 张爱琴编. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社, 1990. 51~52
- 4 陶 俊, 张上隆, 张良诚, 等. MPTA 对柑橘果皮类胡萝卜素形成的影响. 植物生理与分子生物学学报, 2002, 28 (1): 46~50
- 5 Bartley G E, Scolnik P A. Plant carotenoids: Pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. Plant Cell, 1995, 7: 1027~1038
- 6 Deli J, Molnar P, Matus Z, et al. Carotenoid composition in the fruits of red paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme rubrum*) during ripening; biosynthesis of carotenoids in red paprika. J. Agri. Food. Chem., 2001, 49: 1517~1523

Effect of GA₃ Treatment on Changes of Pigments in Peel of Citrus Fruit

Tao Jun^{1,2}, Zhang Shanglong¹, Chen Kunsong¹, Zhao Zhizhong¹, and Chen Junwei¹

(¹ Department of Horticulture, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ² Department of Horticulture, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Effects of exogenous GA₃ (100mg/L) treatment on changes of endogenous hormone, chlorophyll, carotenoid content in peel of citrus fruit were investigated and their possible connections with changes in color and lustre of citrus fruit were also examined. The results showed that GA₃ treatment had little effect on ABA content, however, it inhibited decreasing of endogenous GA₃ and ZT content, correspondingly, it delayed chlorophyll degradation and inhibited orange carotenoid -cryptoxanthin biosynthesis and accumulation that led to repress development color and lustre.

Key words: Citrus; GA₃; Chlorophyll; Carotenoid; Color and lustre

新书推荐

《细胞实验指南》

由美国冷泉港实验室邀请 125 位专家共同研讨和撰稿，本书汇总了被细胞生物学家们证明行之有效的众多的技术和方法，它们由三大主体组成：细胞的培养及其生物化学分析、光学显微镜及细胞结构和基因及其产物的亚细胞定位。本书与备受称赞的冷泉港实验室出版社的《分子克隆实验指南》和《抗体》两本实验指南具有同样的特点，对即使具有多年工作经验的研究者也极其有用。定价：244 元（上、下册，含邮资）。

购书者请汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部，邮编 100081。

