

植物生长调节剂处理对红肉脐橙果实着色的效应

王贵元, 吴强盛

(长江大学园艺园林学院, 湖北荆州 434025)

摘要:于幼果期和果实转色前对红肉脐橙用不同浓度的外源 ABA 和 GA_3 处理, 分析了处理对红肉脐橙果皮着色的效应。结果表明: 红肉脐橙果皮叶绿素总量于 7 月 25 日出现最大值 (0.116mg/g FW); 总类胡萝卜素含量于 12 月 25 日达到最大值 (0.029mg/g FW); 外源 ABA 处理后加速果皮叶绿素的降解, 但也抑制了果皮类胡萝卜素的积累; GA_3 处理后延缓了果皮叶绿素的降解, 并同样抑制了果皮类胡萝卜素的积累, 阻碍了果皮类胡萝卜素的合成。

关键词:红肉脐橙; 叶绿素; 类胡萝卜素; ABA; GA_3

中图分类号:S 482.8; S 666.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2007)04-0026-03

果皮色泽是衡量果实外观品质的重要指标, 其着色好坏是影响果品价格和市场竞争力的重要因素, 其色泽的显现是果皮叶绿素降解和类胡萝卜素发育的结果, 叶绿素消褪和类胡萝卜素发育程度直接关系到脐橙果品的色泽品质。试验研究了幼果期和果实转色前外源 ABA 和 GA_3 处理对红肉脐橙 (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Cara Cara) 果实发育和成熟过程中果皮色泽的影响, 旨在了解植物激素在脐橙果皮色泽发育过程中的作用机理, 进一步为调控柑橘果实的着色提供参考。

1 材料与试验方法

1.1 材料

红肉脐橙采自湖北省秭归县柑橘良种示范场, 该品种于 1999 年春季嫁接于以枳 (*Poncirus trifoliata* Raf) 为基础的罗伯逊脐橙 (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Robertson) 上, 2000 年始果, 2001 年进入盛果期。选取生长健壮, 长势一致的植株作试验树。常规管理。

1.2 试验设计

采用单因素设计, 于 2004 年 6 月 25 日 (幼果期) 和 9 月 26 日 (转色前) 分 2 次将红肉脐橙树体喷施外源 GA_3 或 ABA。 GA_3 设 4 个处理水平: 10、50、250 和 500 mg/L; ABA 设 3 个处理水平: 10、50 和 100 mg/L。均为 3 株小区, 3 次重复, 清水对照。分别于 6 月 25 日、7 月 25 日、8 月 26 日、9 月 26 日、10 月 10 日、10 月 25 日、11 月 10 日、11 月 25 日和 12 月 25 日对处理和对照果实取样 (果皮)。所有样果均取自树冠中部外围, 每处理取大小基本一致的果实 2~5 个, 将果皮切分混合后放入液

氮速冻, 带回实验室, 贮存于 -40℃ 冰箱中备用。

叶绿素和类胡萝卜素含量测定采用 Lichtenthaler-Arnon 法^[2]。

应用 SAS 软件中的 ANOVA 过程作处理间差异显著性测定, 并用 LSD 法作多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 外源 ABA 处理对红肉脐橙果皮着色的效应

从表 1 可以看出, 2004 年 6 月 25 日 ABA 处理后 1 个月, 10mg/L ABA 处理的果皮叶绿素含量有所下降, 然后迅速上升, 而其它 ABA 处理和对照则是先上升后下降, 至 9 月 26 日, 各处理的叶绿素和类胡萝卜素含量略低于对照或与对照相当, 但与对照相比均无显著差异。9 月 26 日第 2 次进行 ABA 处理后, 果皮叶绿素含量比对照下降要快, 10 月 10 日除 10mg/L ABA 处理的果皮叶绿素含量与对照相比无显著差异外, 其它 ABA 处理都极显著低于对照, 果实成熟前的 10 月 25 日、11 月 10 日和 11 月 25 日, 各 ABA 处理果皮的叶绿素含量均显著或极显著低于对照, 果实成熟时 (12 月 25 日) 各 ABA 处理与对照果皮叶绿素含量无显著差异 (表 1)。这表明外源 ABA 能明显促进叶绿素的降解, 使果皮提前转色, 在一定程度上能促进果实成熟。

由表 2 可知, 2004 年 6 月 25 日 ABA 处理后 1 个月, 10mg/L ABA 处理的果皮类胡萝卜素含量有所下降, 然后迅速上升, 而其它 ABA 处理和对照则是先迅速上升然后下降, 7 月 25 日 10mg/L ABA 处理的类胡萝卜素极显著低于对照 (表 2); 9 月 26 日第 2 次进行 ABA 处理后 10 d, 各 ABA 处理的果皮类胡萝卜素含量均极显著低于对照, 果实着色和果实成熟时, 各 ABA 处理的类胡萝卜素含量与对照相当或显著低于对照 (100mg/L ABA), 表明外源 ABA 在一定程度上抑制果皮类胡萝卜素的积累, 尤其是较高的浓度, 如 100mg/L。

第一作者简介: 王贵元 (1978-), 男, 博士, 讲师, 主要从事果树生理研究, E-mail: guiyuanwang@163.com。

基金项目: 长江大学博士科研启动基金 (0354)。

收稿日期: 2006-12-10

表 1 外源 ABA 处理后果皮叶绿素含量的变化 (月-日)

ABA (mg/L)	叶绿素(mg/g FW)								
	6-25	7-25	8-26	9-26	10-10	10-25	11-10	11-25	12-25
对照	0.101 ±0.005 A	0.116 ±0.007 A	0.107 ±0.021BC	0.099 ±0.009 A	0.092 ±0.001 A	0.054 ±0.013 A	0.027 ±0.009 ab	0.009 ±0.001 A	0.004 ±0.002 A
10	0.101 ±0.005 A	0.089 ±0.003 B	0.140 ±0.009 A	0.087 ±0.009 A	0.079 ±0.013 AB	0.018 ±0.004 B	0.014 ±0.003 c	0.004 ±0.003 B	0.009 ±0.001 A
50	0.101 ±0.005 A	0.121 ±0.010 A	0.082 ±0.007 C	0.086 ±0.006 A	0.050 ±0.008 C	0.023 ±0.001 B	0.017 ±0.001 bc	0.002 ±0.001 B	0.007 ±0.003 A
100	0.101 ±0.005 A	0.130 ±0.011 A	0.117 ±0.012 AB	0.081 ±0.007 A	0.067 ±0.003 B	0.058 ±0.006 A	0.030 ±0.004 a	0.005± 0.001 B	0.008 ±0.002 A

注:字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异极显著($P \leq 0.01$),下表与此同。

表 2 外源 ABA 处理后类胡萝卜素含量的变化 (月-日)

ABA (mg/L)	类胡萝卜素(mg/g FW)								
	6-25	7-25	8-26	9-26	10-10	10-25	11-10	11-25	12-25
对照	0.017 ±0.001 A	0.022 ±0.001 A	0.020 ±0.004 B	0.019 ±0.003 A	0.026 ±0.001 A	0.017 ±0.002 A	0.015 ±0.001 B	0.025 0.001 A	0.029 0.003 a
10	0.017 0.001 A	0.016 0.001 B	0.026 0.001 A	0.018 0.003 A	0.020 0.002 B	0.014 0.001 A	0.017 0.001 A	0.023 0.003 A	0.025 0.001 b
50	0.017 0.001 A	0.022 0.002 A	0.014 0.001 C	0.021 0.002 A	0.014 0.002 C	0.016 0.002 A	0.017 0.001 A	0.022 0.001 A	0.030 0.002 a
100	0.017 0.001 A	0.024 0.003 A	0.022 0.002 AB	0.016 0.002 A	0.018 0.002 B	0.016 0.003 A	0.015 0 B	0.023 0.002 A	0.025 0.001 b

表 3 外源 GA₃ 处理后叶绿素含量的变化 (月-日)

GA ₃ (mg/L)	叶绿素(mg/g FW)								
	6-25	7-25	8-26	9-26	10-10	10-25	11-10	11-25	12-25
对照	0.101 ±0.005A	0.116 ±0.007abc	0.107 ±0.021A	0.099 ±0.009A	0.092 ±0.001B	0.054 ±0.013b	0.027± 0.009b	0.009 ±0.001C	0.004 ±0.002C
10	0.101 ±0.005A	0.134 ±0.016a	0.132 ±0.004A	0.104 ±0.015A	0.052 ±0.008E	0.097 ±0.011a	0.047 ±0.012a	0.010 ±0.001C	0.008 ±0.001BC
50	0.101 ±0.005A	0.119 ±0.003ab	0.118 ±0.006A	0.092 ±0.008A	0.112 ±0.001A	0.082 ±0.012a	0.060 ±0.008a	0.013 ±0.002C	0.012 ±0.002AB
250	0.101 ±0.005A	0.100 ±0.007c	0.122 ±0.006A	0.078 ±0.004A	0.081 ±0.004C	0.081 ±0.010a	0.052 ±0.008a	0.047 ±0.005A	0.016 ±0.003A
500	0.101 ±0.005A	0.106 ±0.009bc	0.098 ±0.017A	0.089 ±0.003A	0.069 ±0.008D	0.101 ±0.012a	0.054 ±0.011a	0.031 ±0.001B	0.016 ±0.003A

2.2 着色前外源 GA₃ 处理对红肉脐橙果皮着色的效应

从表 3 可以看出,2004 年 6 月 25 日 GA₃ 处理后 1 个月,10mg/L GA₃ 处理使果皮叶绿素含量迅速上升,250 和 500mg/L GA₃ 处理使果皮叶绿素含量略有上升或下降,50mg/L GA₃ 处理与对照以相同的速率上升,但 7 月 25 日、8 月 26 日和 9 月 26 日各处理与对照果皮叶绿素含量没有显著差异。9 月 26 日第 2 次 GA₃ 处理后的果实着色期,对照果皮叶绿素含量迅速下降,而处理的于 10 月 10 日或 10 月 25 日叶绿素含量有一定的上升,10 月 25 日和 11 月 10 日各处理的叶绿素含量均显著高于对照,但各处理间没有显著差异,至 11 月 25 日,高浓度的 GA₃ 处理(250 和 500mg/L)的叶绿素含量仍极显著高于对照,果实成熟时除 10mg/L GA₃ 处理的果皮叶绿素含量与对照相比无显著差异外,其它 GA₃ 处理极显著

高于对照,且处理浓度与叶绿素含量呈极显著正相关($r=0.7371, P < 0.01$)(表 3)。表明外源 GA₃ 能延缓果皮叶绿素的降解,尤其是较高的浓度,如 250、500mg/L。

表 4 显示,2004 年着色前(9 月 26 日)各 GA₃ 处理对果皮叶绿素含量变化没有明显影响,6 月 25 日、7 月 25 日、8 月 25 日和 9 月 26 日各 GA₃ 处理果皮的类胡萝卜素含量与对照相比无显著差异。9 月 26 日进行第 2 次 GA₃ 处理后 15 d,除 50mg/L GA₃ 处理外,其它处理果皮类胡萝卜素含量极显著低于对照,果实着色期的 11 月 10 日和 11 月 25 日,较高浓度 GA₃ 处理的果皮类胡萝卜素含量极显著低于对照,但到果实成熟时(12 月 25 日),各 GA₃ 处理的果皮类胡萝卜素含量虽低于对照但未达到显著差异。这表明外源 GA₃ 处理在一定程度上阻碍了果皮类胡萝卜素的积累。

表 4 外源 GA₃ 处理后类胡萝卜素含量的变化 (月-日)

GA ₃ (mg/L)	叶绿素 (mg/g FW)								
	6-25	7-25	8-26	9-26	10-10	10-25	11-10	11-25	12-25
对照	0.017 ±0.001A	0.022 ±0.001A	0.020 ±0.004ab	0.019 ±0.003A	0.026 ±0.001A	0.017 ±0.002A	0.015 ±0.001AB	0.025 ±0.001A	0.029 ±0.003A
10	0.017 ±0.001A	0.023 ±0.005A	0.023 ±0.001a	0.022 ±0.003A	0.015 ±0.001C	0.021 ±0.002A	0.015 ±0.002BC	0.021 ±0BC	0.025 ±0.001A
50	0.017 ±0.001A	0.022 ±0A	0.019 ±0.001ab	0.017 ±0.001A	0.025 ±0.002A	0.019 ±0.002A	0.019 ±0.003A	0.022 ±0.001B	0.024 ±0.002A
250	0.017 ±0.001A	0.016 ±0.002A	0.023 ±0.001a	0.018 ±0.001A	0.021 ±0.002B	0.021 ±0.003A	0.013 ±0.002BC	0.022 ±0.002B	0.025 ±0.002A
500	0.017 ±0.001A	0.021 ±0.002A	0.015 ±0.003b	0.018 ±0.002A	0.019 ±0.002B	0.019 ±0.003A	0.011 ±0.002C	0.020 ±0.001C	0.026 ±0.002A

3 讨论

试验结果表明,果实转色前外源 ABA 和 GA₃ 处理均对果皮的主要色素代谢有重要影响,在一定程度上可以调控红肉脐橙果皮叶绿素和类胡萝卜素的合成与代谢。

ABA 处理能加快叶绿素的降解,果皮提前转色,对果实的催熟起到一定作用,但同时也减少了果皮类胡萝卜素的含量,最终还是不利于果实着色。Gaynor^[3]等对不同脐橙品种果实着色期内源 ABA 含量和色泽发育关系的研究表明,所有品种均在果皮转色时内源 ABA 含量达到高峰,此后随着果皮颜色的显现,内源 ABA 的含量下降,这表明转色过后较低含量的内源 ABA 有利于果皮类胡萝卜素的积累,反之则阻碍其积累。

较高浓度的 GA₃ 处理延迟了果实着色期到成熟期果皮的褪绿,抑制了果实着色期果皮类胡萝卜素的积累,但对果实成熟时果皮的类胡萝卜素含量没有显著影响,这与陶俊^[4]等的研究结果基本一致。郎杰^[5]的研究发现,外源 GA₃ 对大麦叶的保绿作用以叶片内源 ABA 含量的下降为前提,说明较高的 ABA 含量抑制叶绿素

的合成。这与该试验对果实进行外源 ABA 处理后的结果一致。

已知 ABA、GA₃、类胡萝卜素和叶绿素均由植物类异戊二烯途径合成转化而来,它们有着共同的前体物质 GGPP(牻牛儿苗基牻牛儿苗基焦磷酸)^[6],但 GGPP 具体在哪个时期倾向于向这四种物质中的哪种物质转变,以及何种因子在调控其转变,还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 卢开阳,吴和明. 湖北省 2001 年审(认)定的果树新品种[J]. 中国果树, 2001, (3): 48-49.
- [2] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 134-137.
- [3] Gaynor R. Richardson, A. K. Cowan. Abscisic acid content of Citrus flavedo in relation to colour development[J]. Journal of Horticultural Science, 1995, 70(5): 769-773.
- [4] 陶俊,张上隆,陈昆松,等. GA₃ 处理对柑桔果皮色素变化的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(6): 566-568.
- [5] 郎杰. 光对 GA₃ 大麦叶段叶绿素含量的影响[J]. 植物研究, 1996, 16(2), 224-227.
- [6] 刘焱,胡之壁. 植物类异戊二烯生物合成途径的调节[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(1): 1-9.

Effect of Plant Growth Regulators on Fruit Coloration of Cara Cara Orange

WANG Gui-yuan, WU Qiang-sheng

(Horticulture & Landscape Architecture College, Yangtze University, Jingzhou 434025)

Abstract: Different concentration of ABA and GA₃ were applied to Cara Cara Orange at young fruit formation and before fruit coloration, and their effect on fruit coloration was analyzed. The results showed that total content of chlorophyll and carotenoid in peel of Cara Cara Orange reached their maximum(0.116mg/g FW and 0.029mg/g FW) at July 25 and December 25, respectively. Exogenous ABA treatment accelerated the decomposition of chlorophyll in fruit peel, while inhibited the accumulation of carotenoid. GA₃ treatment delayed the decomposition of chlorophyll and inhibited the synthesis of carotenoid.

Key words: Cara Cara Orange; Chlorophyll; Carotenoid; ABA; GA₃