

荔枝果实发育过程中果皮色素的变化

¹李平 ¹陈大成 ¹胡桂兵 ²王卫华

¹(华南农业大学园艺系, 广州 510642) ²(广东省荔枝科普基地, 东莞 517000)

摘要 以妃子笑、糯米糍荔枝为材料, 研究了二者果实发育过程中色素形成规律。结果表明: 妃子笑、糯米糍果实发育生长曲线均呈单“S”型; 妃子笑果实发育第I期比糯米糍短7-10 d; 二者果实花青苷在发育期第I、II期均有一个合成高峰; 妃子笑的花青苷总体水平明显低于糯米糍; 妃子笑、糯米糍花青苷合成与叶绿素含量虽不呈显著的相关性, 但在果实发育后期花色苷合成迅速上升时, 伴随着叶绿素含量的急剧下降; 妃子笑、糯米糍的花色苷合成与苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性变化不存在显著相关性。

关键词 荔枝; 果皮; 花青苷; 叶绿素; PAL酶

中图分类号 Q945.6

PIGMENT CHANGES IN LITCHI SKIN

¹Li Ping ¹Chen Dacheng ¹Hu Guibing ²Wang Weihua

¹(Dept. of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

²(Guangdong Litchi Orchard for Science Popularization, Dongguan 517000)

Abstract Fruit development of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) and pigment change in skin of cultivars 'Feizixiao' and 'Nuomici' were studied. The fruit growth showed a sigmoidal pattern: the duration of the first phase in fruit growth of 'Nuomici' was 7-10 days longer than that of 'Feizixiao'. A peak of anthocyanin synthesis appeared at the first and second phases of fruit growth in both cultivars. The total anthocyanin level of 'Feizixiao' was obviously lower than that of 'Nuomici'. In 'Feizixiao' and 'Nuomici', no obvious correlation was found between anthocyanin and chlorophyll contents. But the rapid decline in chlorophyll coincided with substantial increase in anthocyanin concentrations at late phase of fruit development. There was no clear correlation between the changes in anthocyanin synthesis and in phenylalanine ammonia lyase (PAL) activity.

Key words Litchi; Skin; Anthocyanin; Chlorophyll; PAL

果色作为果实熟期主要性状之一, 具有重要的商品价值, 越来越受到果树科研工作者及广大消费者的关注。果实着色规律在草莓^[1]、葡萄^[2]和苹果^[3]等品种上均有报道。荔枝作为岭南佳果, 有“中华之珍品、岭南果王”之美誉^[4], 但其果色发育规律除 Thakur 等^[5]在研究座果机制时作过简略的报道外, 尚未见其他系统的报道。使果品呈现红色的主要成分是花青苷, 果皮花青

苷含量高, 果实着色好^[6]。本文通过对着色欠佳的妃子笑荔枝(以下简称妃)与着色较好的糯米糍荔枝(以下简称糯)果实发育过程中色素形成规律的比较研究, 探讨二者着色规律的差异, 为今后调控荔枝着色提供理论基础。

1 材料和方法

材料 试验于1997、1998年度在广东省东莞市大朗镇荔枝科普基地进行。供试树取自栽培管理条件一致的矮化密植荔枝园, 分别为8年生妃、糯米荔枝, 砧木为淮枝。株行距2 m × 3 m, 树势中等。2年试验结果一致, 本文数据采用1998年的试验结果。

妃、糯米果实发育动态观测 分别选取两株生长发育一致的妃、糯米荔枝树, 按东、西、南、北、中5个方向选20个果实挂牌, 用红漆作好记号, 从盛花后15 d起, 定期(每7 d)测量果实纵、横径, 并注意观察果实现红的时间。

妃、糯米果皮色素规律观测 各选两株生长一致的妃、糯米荔枝树作为采样树, 盛花后15 d起, 每7 d采样一次, 采样时间为上午8:30-9:30。采大小基本一致的果实, 装在冰瓶中带回实验室, 剥出果皮, 尽快在精度为0.1 mg的电子天平上称量, 立即用锡箔纸包好, 贴好标签, 放入-18℃以下的超低温冰柜中储藏备用。各试验重复3次。

花青苷的测定 取荔枝果皮用打孔器打30个圆片并称重(荔枝果实发育期花青苷含量以 $\text{mg g}^{-1}\text{FW}$ 为单位), 用提取剂(95%乙醇和1.5 mol/L HCl按85:15体积混合)定溶于50 ml容量瓶中, 置暗处18-24 h(以圆片变白色为准), 不时摇动, 然后用721型分光光度计在530 nm、620 nm、650 nm波长测定光密度值, 按马志本、程玉娥的方法^[7]测定花青苷含量。

叶绿素的测定 在测定果皮花青素含量的同时, 打取相邻的20个果皮圆片并称重, 用热醇法^[8]提取, 以721分光光度计在663 nm、645 nm波长测定光密度值, 计算叶绿素含量, 单位为 $\text{mg g}^{-1}\text{FW}$ 。

PAL酶活性的测定 按《植物生理学试验手册》^[9]介绍的方法测定。各处理用752型紫外分光光度计在290 nm处进行吸收测定。以每小时在290 nm下吸收变化0.1所需酶量为单位。

2 结果与分析

2.1 果实生长曲线

妃、糯米果实生长曲线均呈单“S”型, 妃盛花后50 d左右现红, 糯现红在盛花后57-61 d间, 其现红时间比妃子笑推后7-10 d。妃和糯分别在花后50 d和约57 d果实进入生长发育的第II期, 即果实迅速膨大期(图1A, B)。

2.2 花青苷、叶绿素、PAL活性

2.2.1 果皮花青苷的变化

妃果实发育过程中花青苷合成呈现两个高峰(图2A)。果实发育初期(种胚发育阶段), 果皮花青苷总体水平较低, 虽然盛花后22 d达到第一个合成高峰, 但其含量仅有 $0.064 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$,

这以后, 花青苷含量逐渐下降, 盛花后 43 d 降至最低水平, 为 $0.033 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ 。当果实发育进入第 II 期, 其果皮花青苷合成开始迅速增加, 盛花后 50 d 基本回升到第一个合成高峰时的水平。此后果皮花青苷含量陡增, 尤其是阳面果皮, 盛花后 64 d 达到花青苷含量的最高峰, 为 $0.362 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ 。阴面果皮花青苷上升幅度明显低于阳面果皮。妃第二个高峰出现在果实成熟期, 即盛花后 64–71 d 之间。妃果皮虽然有两个明显的花青苷合成高峰, 但第一个高峰的花青苷合成量远低于第二个合成高峰。且成熟期果皮阴阳两面的花青苷含量差异大。

糯米糍果皮的花青苷合成亦呈现两个高峰(图 2B), 盛花后 29 d 达到第一个合成高峰, 花青苷含量达 $0.211 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ 。以后, 其果皮花青苷的含量逐渐下降, 到盛花后 64 d 降至最低点, 仅为 $0.093 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$, 接着随果实进一步发育, 花青苷含量陡增, 盛花后 78 d 达最高点, 为 $0.233 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$, 形成第二个合成高峰。其果皮第一个花青苷合成高峰的花青苷绝对含量与第二个合成高峰相比, 增长量相差不大, 且阴阳面的花青苷含量也较接近。果实发育第 I 期糯米糍的花青苷水平明显高于妃子笑, 这可能就是妃、糯着色差异最显著的证据。

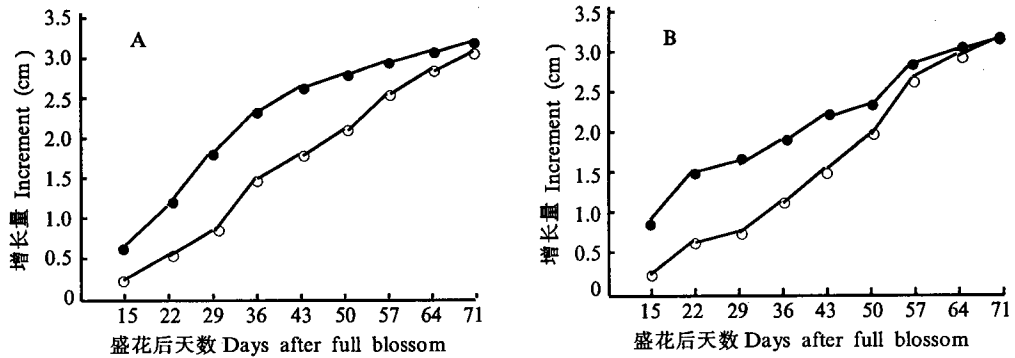


图 1 妃子笑(A)和糯米糍(B)果实的生长量

Fig. 1 Increment of the growth of Feizixiao (A) and Nuomici (B) fruits

—○— 横径 Width; —●— 纵径 Length

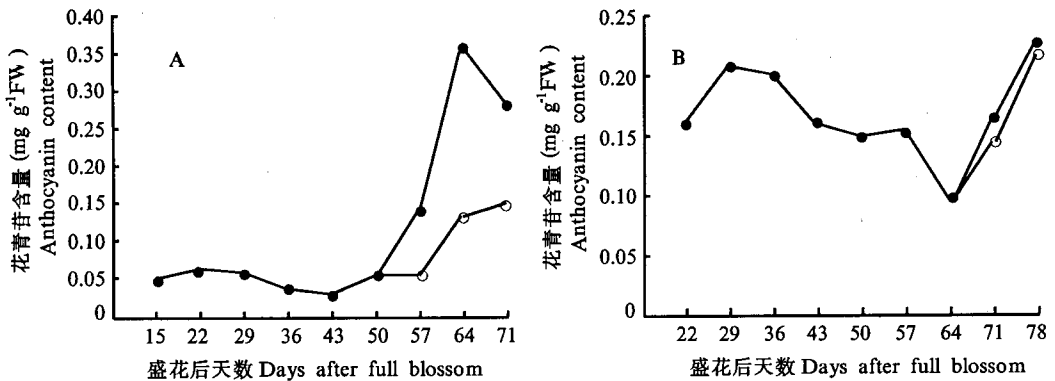


图 2 妃子笑(A)和糯米糍(B)果实发育中果皮花青苷变化

Fig. 2 Changes in anthocyanin in Feizixiao (A) and Nuomici (B) skins

—○— 阴面 Shady side; —●— 阳面 Sunny side

2.2.2 果皮叶绿素的变化

如图3A所示, 果实发育初期, 妃果皮叶绿素含量水平较高, 随果实进一步发育, 含量逐渐下降。盛花后22 d呈现第一个低谷, 为 $0.354 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ 。随后, 叶绿素合成加速, 在盛花后36 d达到与果实发育初期相近的水平后, 叶绿素含量又逐渐下降, 降至与盛花后22 d的水平大抵相当时, 出现一个相对平稳的时期。盛花后57 d后, 叶绿素水平陡降, 盛花后64 d跌至最低, 仅为 $0.220 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ (阳面)和 $0.300 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ (阴面)。叶绿素合成的第一个低谷与花青苷合成的第一个高峰相吻合, 盛花后64 d的最低谷也与同期花青苷合成陡增相吻合, 但存在叶绿素合成高峰先于花青苷合成低谷7 d出现的现象。

图3B中可以看到, 糯米糍果实发育初期其果皮叶绿素含量也较高, 并且合成逐渐增加, 经盛花后43 d前后7 d的一个短暂的迟滞后, 又陡然上升, 盛花后50 d叶绿素含量达最高水平, 接着逐步下降, 到盛花后71 d下降到最低水平, 含量仅为 $0.425 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ 。

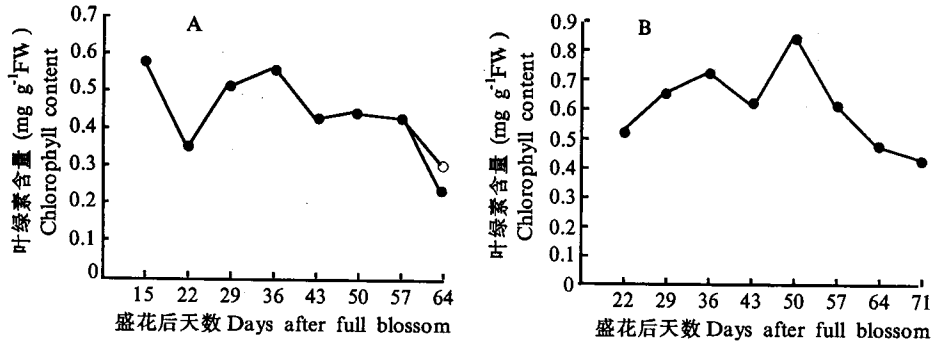


图3 妃子笑(A)和糯米糍(B)果实发育中果皮叶绿素变化

Fig. 3 Changes in chlorophyll content in Feizixiao (A) and Nuomici (B) skins

—○— 阴面 Shady side; —●— 阳面 Sunny side

2.2.3 果实PAL酶活性的变化

如图4A所示, 妃果皮PAL酶活性在盛花后22d和盛花后50d为低谷, 而分别于盛花后36 d和57 d有两个高峰, 这似乎与花青苷合成不相吻合。盛花后22 d是花青苷合成的高峰。虽然PAL活性也有两个高峰, 但与花青苷合成高峰产生漂移。

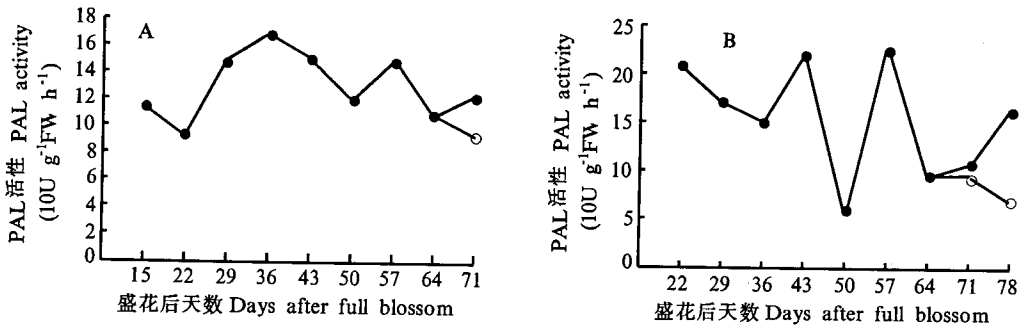


图4 妃子笑(A)和糯米糍果实发育中果皮PAL活性变化

Fig. 4 Changes in PAL activity in the skin of Feizixiao (A) and Nuomici (B)

—○— 阴面 Shady side; —●— 阳面 Sunny side

图4B中糯PAL活性变化动态与妃较为相似,均是两个低谷,两个高峰。盛花后36d和50d为低谷,盛花后43d和盛花后57d为高峰,也与花青苷合成不相吻合,并且有趣的是,采收时两品种阴阳面的PAL酶活性均相差很大。

3 讨论

荔枝果实发育生长曲线为单S型。黄辉白等^[10]将荔枝果实发育划分为两个时期: I. 以果皮及种皮生长为主; II. 以假种皮和胚生长为主。我们在妃子笑、糯米糍上观察到的生长曲线与之相似。妃子笑在盛花后50d左右进入第II期,糯在盛花后57d左右进入第II期,比妃子笑晚7-10d。

试验中,我们观察到妃、糯果皮的花青苷合成均有两个明显高峰,分别在第I期中期和第II期后期。糯的两个合成高峰间的最高水平差异不大,而妃第二高峰的花青苷含量明显高于第一合成高峰。虽然成熟时妃、糯果皮的花青苷含量差异不大,但着色较好的糯在第一个合成高峰阶段其花青苷含量水平显著高于妃的花青苷含量。这可能就是二者着色差异的直接原因。如果成熟期阴阳果面花青苷含量差异很大,说明其果实着色明显不均匀,而糯阴阳果面的花青苷差异不明显,这使我们从理论上找到了糯果实着色均匀的依据。因此,生产上可以通过喷激素,铺反光膜,摘除遮荫叶片等方法促进妃阴面果皮花青苷合成,使妃果实着色均匀。排除栽培上的原因,这两品种的着色机理可能存在内部的差别,我们推测可能与糯第I期形成高水平的花青苷有关,因为同一时期妃形成花青苷的能力偏低。因此,妃果实生长的第I期可能是调控着色的关键时期。

赵宗方等^[6]报道,富士苹果果皮花青苷发育与叶绿素含量呈显著负相关。我们的试验虽未发现妃、糯果皮花青苷发育与叶绿素含量间存在明显相关性,但是还是可以观察到二者叶绿素含量的两个低谷基本上与花青苷合成的两个高峰相吻合。并且在果实发育后期花色苷合成迅速增加时,伴随着叶绿素的急剧下降。

作为花青苷合成的关键酶,PAL活性对果皮花色苷合成作用的差异已被广泛关注,其活性水平的大量变化与苹果果皮花青苷合成间成正相关已被广泛报道^[11-14]。但荔枝方面未见此方面报道。我们观察妃、糯果实发育中的PAL活性也有两个高峰,第I期达一个最高峰,接着又降低至低水平,而成熟时又升高,这与Cardgn等^[15]观察到的苹果发育过程中PAL酶活性变化相似。但是我们观察到荔枝果实刚座果时,其PAL活性有一个极短暂的低谷,并且成熟时阴阳果面的PAL活性相差很大,这些差异有待在今后试验中进一步观察和探讨。目前,人们对PAL是否为调节花色苷合成关键酶提出疑问,有报道表明,PAL活性与有的苹果品种果皮发育并不完全成正相关^[16]。本试验也发现妃、糯果实PAL活性与花青苷变化动态缺乏相关性,这不难预料,因为花色苷仅是类黄酮物质的一小部分,PAL作为催化酚类物质合成过程中的第一个酶,也涉及其他产物如木质素、单宁等的生化合成。因此,可能存在更为直接的酶调节花青苷的合成。

参考文献

- 1 Given H K, Venis M A, Grierson D. Phenylalanine ammonia-lyase and anthocyanin synthesis in ripening

- strawberry fruits. *J Plant Physiol*, 1988, 133:25-30
- 2 Kataoka I, Sugiura A. Anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 1983, 52:273-279
 - 3 Kubo Y, Taira S, Sugiura A et al. Color development of 4 apple cultivars grown in the southwest of Japan, with special reference to fruit bagging. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 1988, 57:191-199
 - 4 广东荔枝组. 广东荔枝志. 广州: 广东科技出版社, 1978, 1-2
 - 5 Thaur S, Kumar R, Brabmachari V S et al. Effect of different growth regulators on fruit-set, retention and size of litchi. *Indian J Hort*, 1990, 47(3):305-306
 - 6 赵宗方. 富士苹果果皮花青素发育的相关因素分析. *果树科学*, 1992, 9(3):134-137
 - 7 马志本, 程玉娥. 关于苹果果实表面花青素含量的化学测定方法. *中国果树*, 1984, (4):49-51
 - 8 薛应龙. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科技出版社, 1985, 191-192
 - 9 冯瑞云. 叶绿素的热醇快速提取法. *江苏农学院学报*, 1985, 6(3):53-54
 - 10 黄辉白. 果树生理学. 北京: 北京农业大学出版社, 1990, 211-212
 - 11 Blankenship S M, Unraoh C R. PAL and ethylene content during maturation of red and golden delicious apples. *Phytochemistry*, 1988, 27:1001-1003
 - 12 Chalmers D J, Faragher J D. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin I. comparison of the effects of cycloeximide, ultraviolet light, wounding and maturity. *Aust J Plant Physiol*, 1977, 4:111-121
 - 13 Tan S C. Relationships and interactions between phenylalanine ammonia-lyase inactivating system and anthocyanin in apples. *J Am Soc Hortic Sci*, 1979, 104:581-586
 - 14 Saure M C. External control of anthocyanin formation in apple. *Scientia Hortic*, 1990, 42:181-218
 - 15 Cardgn E L, Lancaster J E. Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and its relationship to anthocyanin and flavonoid levels in New Zealand-grown apple cultivars. *J Amer Hort Sci*, 1996, 121(2):281-285
 - 16 原永兵, 刘成连等. 苹果果皮红色形成的机制. 园艺学年评. 北京: 科学出版社, 1995, 1:121-132