

# 香蕉和大蕉果实在不同温度下催熟后的色泽变化

李云<sup>1</sup> 钱春梅<sup>2</sup> 陆旺金<sup>1</sup> 张昭其<sup>1</sup> 庞学群<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup> 华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642; <sup>2</sup> 华南农业大学生命科学学院, 广东广州 510642)

**摘要:** 香蕉和大蕉在 20 和 30 条件下果实催熟期间果皮色泽及几种色素含量的变化结果表明: 在 20 下香蕉、大蕉具有正常的呼吸和乙烯释放高峰, 果皮色泽由绿转黄, 叶绿素含量逐渐降低, 类胡萝卜素含量逐渐上升; 但在 30 下, 香蕉果实虽然出现了正常的呼吸和乙烯释放的高峰, 但叶绿素的降解受到了一定的抑制, 果皮不能正常褪绿, 出现了青皮熟现象, 而大蕉却能正常褪绿转黄。

**关键词:** 香蕉; 大蕉; 果实; 催熟; 果皮色泽

**中图分类号:** S 668.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0617-04

## Changes of Peel Colour of Banana and Plantain Fruits during Ripening at Different Temperatures

Li Yun<sup>1</sup>, Qian Chunmei<sup>2</sup>, Lu Wangjin<sup>1</sup>, Zhang Zhaoqi<sup>1</sup>, and Pang Xuequn<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup> College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; <sup>2</sup> College of Biotechnology, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

**Abstract:** Changes of peel colour and pigment content of banana (*Musa* AAA Group) and plantain (*Musa* AAB Group) fruits during ripening at 20 and 30 °C was investigated. The results indicated that, when ripening at 20 °C, both banana and plantain fruits showed a climatic respiration and ethylene release rate, peel chlorophyll content decreased and carotenoid content increased gradually and a fully yellow peel was developed. However, when ripening at 30 °C, although the fruits showed a normal climatic respiration and ethylene release rate like at 20 °C, an abnormal green peel was developed due to inhibition of chlorophyll breakdown. Plantain fruit developed a fully yellow peel at 30 °C as well as at 20 °C. The possible relationship between chlorophyll breakdown and the peel degreening of banana fruits was discussed.

**Key words:** Banana; Plantain; Fruit; Ripening; Peel colour

## 1 目的、材料与方法

香蕉 (*Musa* AAA) 在 25 °C 以上温度中即出现青皮熟现象 (果肉后熟软化而果皮仍为绿色)<sup>[1,2]</sup>, 严重影响了华南地区夏秋季节香蕉的运输。对于其它水果, 抑制果皮褪绿所需温度通常很高, 如油梨需要 40 °C 高温才能抑制果皮完全褪绿<sup>[3]</sup>, ‘Shamouti’ 橙<sup>[4]</sup> 在 35 °C 范围内, 其果皮褪绿速度随温度的升高而加快。Burg<sup>[5]</sup> 认为香蕉青皮熟与香蕉在 25 °C 以上环境中乙烯合成缺乏有关, 但 Seymour 等<sup>[2]</sup> 发现, 香蕉在高温时比在低温时释放更多的乙烯, 陈维信等<sup>[1]</sup> 也得到类似规律, 并发现施加外源乙烯不能促进香蕉在高温下的褪绿。本研究比较了香蕉和大蕉 (*Musa* AAB) 果实采后在 20 和 30 °C 下催熟期间几种色素的含量变化和果皮色泽变化规律, 以期深入探讨香蕉青皮熟形成机理。

香蕉和大蕉果实均采自华南农业大学蕉园, 成熟度八成。挑选大小均匀、无病虫害和机械伤的果实, 切分蕉指后, 用 0.1% 的漂白粉溶液洗果、清水漂洗, 然后以 0.1% 施保功 + 0.1% 乙烯利溶液浸果 1 min, 晾干, 用厚度为 0.03 mm 的聚乙烯薄膜袋包装, 分别置于 (20 ± 0.5) °C、(30 ± 0.5) °C 的恒温箱

收稿日期: 2005 - 06 - 05; 修回日期: 2005 - 08 - 26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30300243)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xqpang@scau.edu.cn)

贮藏。

果皮颜色的测定参照 Voss<sup>[6]</sup>的方法, 用日产 NR - 3000型全自动测色色差计测定果皮颜色。a值的正值表示色泽红/紫, 负值表示浅蓝/绿; b的正值表示蓝, 负值表示黄/绿, 计算公式  $h$  (色泽) =  $[\text{ATAN} (b/a) / 2] \times 360 + 180$ 。

叶绿素和类胡萝卜素含量的测定参照张宪政<sup>[7]</sup>的方法, 取香蕉果皮 2 g放入具塞三角瓶中, 以乙醇:丙酮 = 1:1混合液提取。

呼吸速率和乙烯释放速率的测定参照张昭其等<sup>[8]</sup>的方法, 定期从每处理取蕉指 3个, 称重后置于 1.9 L密封罐中, 在贮藏温度下密闭 3 h后抽取 1 mL气样, 用日本岛津 GC - 17A 气象色谱仪测定二氧化碳和乙烯浓度。上述试验均设重复 3次。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 香蕉、大蕉果皮颜色的变化

$h$ 值能直观地反映果皮颜色的变化, 其值下降到 90时, 果皮即可完全变黄<sup>[6]</sup>。由图 1可知, 20℃下催熟的香蕉和大蕉、30℃下催熟的大蕉在 5 d时  $h$ 值已经迅速降低至 90左右, 果皮基本转黄, 而 30℃下催熟的香蕉在 7 d时  $h$ 值仍然维持在 107.80, 果皮几乎全是绿色, 仅比刚采收时略浅。可见高温 (30℃) 抑制了香蕉果皮的褪绿, 致使其形成青皮熟, 但不影响大蕉果皮的褪绿转黄。

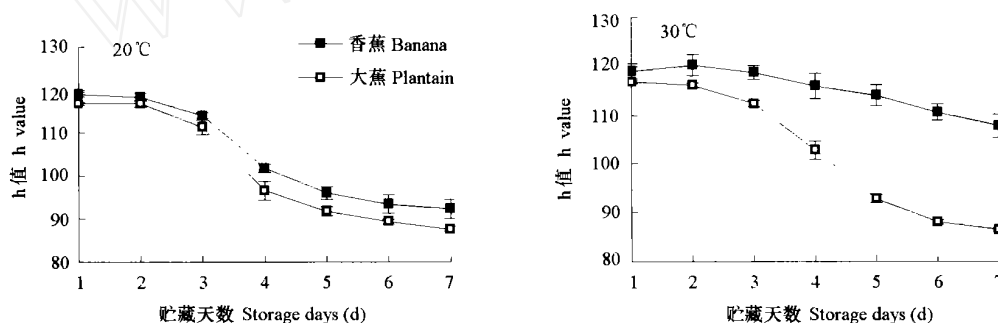


图 1 香蕉、大蕉在 20℃ 和 30℃ 下催熟时果皮颜色的变化

3次重复的平均 ± 标准误, 下同。

Fig. 1 Changes of peel color of banana and plantain fruits during ripening at 20℃ and 30℃

Each value (mean ± SE) represent of three measurements, the same below.

### 2.2 香蕉、大蕉果皮色素含量的变化

从图 2可知, 在 20℃下催熟的香蕉和大蕉、30℃下催熟的大蕉, 果皮总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b含量均逐步下降, 但在 30℃下催熟的香蕉, 其果皮叶绿素的降解, 特别是叶绿素 a的降解受到了一定程度的抑制, 果皮仍为绿色。在两种温度下催熟香蕉和大蕉, 均没有影响类胡萝卜素含量的增加 (图 3), 可见, 香蕉青皮熟的形成与类胡萝卜素的合成无关, 仅与叶绿素的降解相关。值得注意的是, 在 30℃下 7 d时香蕉果皮总叶绿素含量为开始时的 40%, 大蕉为开始时的 14.9% (图 2), 而香蕉果皮仍然是绿色的, 大蕉果皮则完全转黄, 可见, 高温仅是部分抑制了叶绿素的降解, 却严重抑制了果皮褪绿转黄。已有的研究表明, 在叶绿素酶、脱镁叶绿素酶和脱镁叶绿素氧化酶等一系列酶的作用下, 叶绿素分别脱去了植基 (Phytol) 和镁离子, 形成了具环状结构的脱镁叶绿素 a (1个大的卟啉环), 卟啉环在 C4和 C5间裂解生成红色的叶绿素降解产物, 而叶绿素也正是在这一步失去绿色的<sup>[9]</sup>。由此可以推测, 高温 (25℃以上) 不仅仅是抑制了香蕉果皮叶绿素的降解, 可能同时抑制了随后的脱镁叶绿素和脱镁叶绿素的降解。

植物叶绿素 a/b 比值高低对叶绿素的降解也有一定影响。Jahn 等<sup>[10]</sup>发现 Robinson 橙果皮的叶绿素 a/b 的比值接近 3, Hamlin 橙果皮的接近 2, 而前者比后者更容易褪绿。根据本文叶绿素 a、b 的数据计算后发现, 刚采收的香蕉果皮叶绿素 a/b 比值为 2.78, 大蕉果皮的为 3.86。20℃ 下催熟的香蕉和大蕉、30℃ 下催熟的大蕉, 其果皮叶绿素 a/b 比值迅速下降至 1 以下, 但在 30℃ 下的香蕉果皮, 叶绿素 a/b 比值一直维持在较高水平, 7 d 时升高至 3.45。Blackbourn 等<sup>[11]</sup>甚至推测, 选择一定的方法提高青绿状态时香蕉果皮叶绿素 a/b 的比值, 可能有利于减缓香蕉在高温条件下果皮褪绿受到抑制的现象。

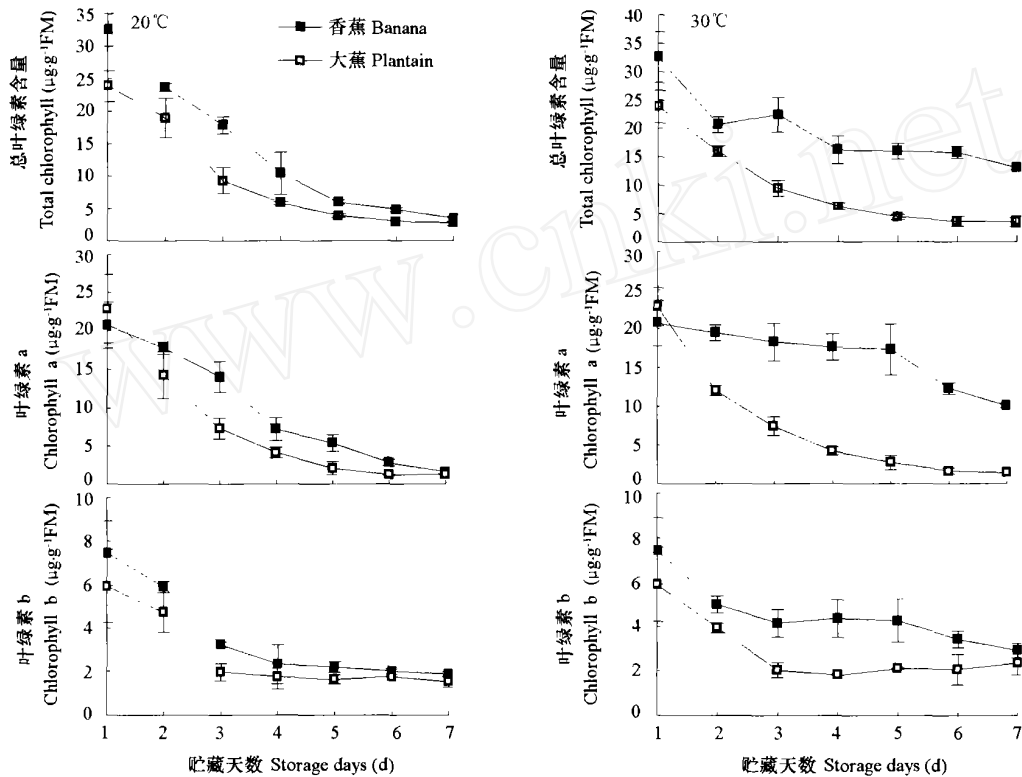


图 2 香蕉、大蕉在 20 和 30℃ 催熟时果皮叶绿素含量的变化

Fig. 2 Changes of chlorophyll of peel of banana and plantain fruits during ripening at 20 and 30

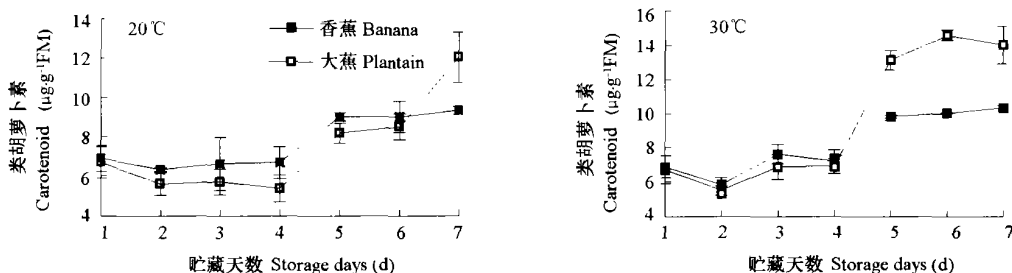


图 3 香蕉、大蕉在 20 和 30℃ 催熟时果皮类胡萝卜素含量的变化

Fig. 3 Changes content of peel carotenoid of banana and plantain fruits during ripening at 20 and 30

### 2.3 香蕉、大蕉果实呼吸、乙烯释放速率的变化

香蕉、大蕉均是典型的呼吸跃变型果实。如图 4 所示, 无论是在 20℃ 下催熟, 还是在 30℃ 下催熟, 香蕉、大蕉均出现了正常的呼吸高峰和乙烯释放高峰。由于在高温 (30℃) 下香蕉和大蕉果实的病害发展迅速, 导致了果实后期乙烯释放的不正常的升高。总的来说, 从呼吸作用和乙烯释放的角

度看,在 30℃ 下催熟的香蕉和大蕉都经历了正常的后熟生理过程。因此,香蕉青皮熟的形成与 25℃ 以上高温抑制其他后熟生理反应无关,仅与果皮叶绿素降解有关。深入比较香蕉和大蕉在不同温度下果皮叶绿素降解的中间产物的差异,比较与叶绿素降解相关的关键酶对温度的敏感性差异,对于我们进一步了解香蕉的青皮熟形成机理具有重要意义。

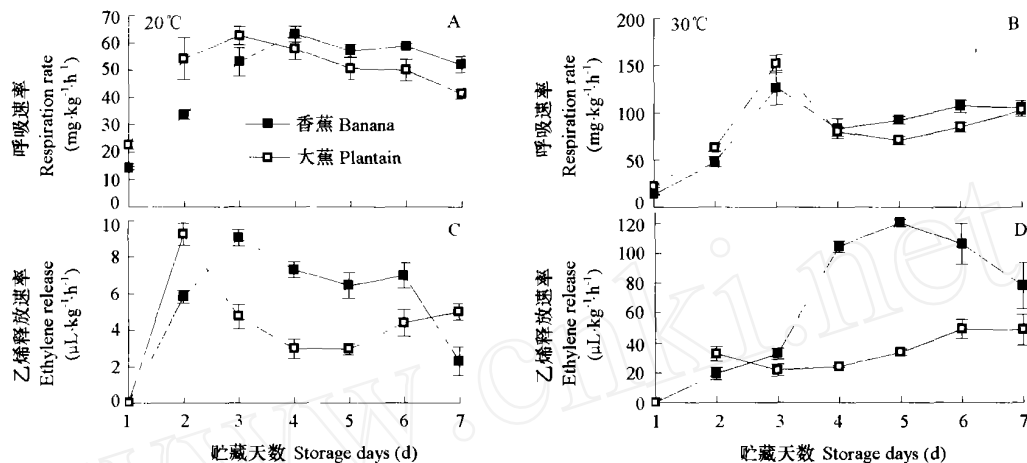


图 4 香蕉、大蕉在 20℃ (A、C) 和 30℃ (B、D) 催熟时呼吸速率、乙烯释放速率的变化

Fig. 4 Changes of rates of respiration and ethylene release of banana and plantain fruits during ripening at 20℃ (A, C) and 30℃ (B, D)

## 参考文献:

- 1 陈维信, 苏美霞, 王振永, 林伟振. 香蕉催熟生理和技术研究. 华南农业大学学报, 1993, 14 (2): 102~106  
Chen W X, Su M X, Wang Z Y, Lin W Z. Studies on physiology and technology of the ripening of banana. Journal of South China Agricultural University, 1993, 14 (2): 102~106 (in Chinese)
- 2 Seymour GB, Thompson A K, John P. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures ( , ). Annals of Applied Biology, 1987, 110: 145~161
- 3 Eaks M S. Ripening, respiration, and ethylene production of 'Hass' avocado fruit at 20 to 40 . Journal of the American Society for Horticulture Science, 1978, 103: 576~578
- 4 Cohen E. The effect of temperature and humidity during degreening on colouring of 'Shamouti' orange fruit. Journal of Horticultural Science, 1978, 53: 143~146
- 5 Burg S P. The physiology of ethylene formation. Annual Review of Plant Physiology, 1962, 13: 265~302
- 6 Voss D H. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart. HortScience, 1992, 27 (12): 1256~1260
- 7 张宪政. 植物叶绿素含量的测定 - 丙酮乙醇混合法. 辽宁农业科学, 1986 (3): 26~28  
Zhang X Z. Determination of plant chlorophyll by acetone and ethanol extracting. Liaoning Agricultural Science, 1986 (3): 26~28 (in Chinese)
- 8 张昭其, 洪汉君, 李雪萍, 季作梁. 间歇升温对芒果冷害及生理生化反应的影响. 园艺学报, 1997, 24 (4): 329~332  
Zhang Z Q, Hong H J, Li X P, Ji Z L. Effects of intermittent warming on chilling injury and physiological and biochemical responses of mango fruits. Acta Horticulturae Sinica, 1997, 24 (4): 329~332 (in Chinese)
- 9 Matile P, Herrensteiner S, Thomas H. Chlorophyll degradation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1999, 50: 67~95
- 10 Jahn O L, Young R. Changes in chlorophyll a, b, and the a/b ratio during color development in citrus fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1976, 101 (4): 416~418
- 11 Blankbom H D, Jeger M J, John P, Thompson A K. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. Annals of Applied Biology, 1990, 117: 175~186