

# 早熟猕猴桃结实期形态变化与营养代谢\*

刘世芳 郑炳松 吴家森 许树洪

(浙江林学院, 临安 311300)

童祝平

(浙江省临安县玲珑林业站)

**摘要** 猕猴桃品种黄皮5月中旬坐果, 6月果实迅速膨大, 7月下旬种子发育成形, 8月中下旬种子发育成熟, 9月中下旬最适采收。此期间果内组织发育、形态变化及密度均已稳定, 果重、体积、蛋白质、可溶性糖等数量均达最大值, 维生素C含量正由低峰值回升至 $(11.48 \pm 0.35) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。不同采收期的果实也以9月中旬食用品质较好。确定采收期的相应参考指标是: 果内种皮变黑, 中果皮为浅绿色, 外果皮淡茶褐色, 上附橙黄色星状毛, 蛋白质积累量 $(4.7 \pm 0.84)\%$ , 可溶性糖含量 $(8.5 \pm 0.2)\%$ , 维生素C $(1.48 \pm 0.35) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 可溶性固形物 $6.5\% \sim 7.5\%$ 。

**关键词** 猕猴桃; 果实; 蛋白质; 维生素C; 碳水化合物; 变化; 收获

**中图分类号** S663.9

目前国内外对猕猴桃(*Actinidia chinensis*)结实期内营养代谢、果体形态和物理性状等因子变化规律涉及不多。本项研究旨在探讨上述3方面因子在此期内的相关性及各自身变化过程, 目的是了解果体生长发育的内在本质, 为确定最适采收期和采后保质调控提供有关依据。

## 1 材料和方法

试验材料中华猕猴桃早熟品种黄皮采自临安县猕猴桃试验场。从坐果开始隔10 d或15 d采样1次, 直至采收期, 每次采果10~15个<sup>[1]</sup>, 测定下列指标。

**1.1** 称量法测果重, 排水法测密度, 游标卡尺测果体纵、横径, 并观察、量测、记载果实中轴胎座(果心)和内果皮(心皮内壁), 包括种子着生区、外果皮和中果皮等部位的厚度、颜色、汁液分泌和种子发育等情况。

**1.2** 从采样总体中随机选取3个样果组成混合样本: 蒽酮法测可溶性糖, 二氯靛酚钠滴定法测维生素C, 二缩脲法测蛋白质含量, 氢氧化钠滴定法测总酸量, WYT型手持糖量计测可溶性固形物。

收稿日期: 1996-04-24

\*浙江省自然科学基金资助项目

## 2 结果与讨论

### 2.1 结实期果内形态变化

5月中旬黄皮开始坐果。此期外果皮黄绿色并包被不易脱落的淡黄色短茸毛。中果皮淡绿色，中轴胎座(以下简称果心)乳黄色，纵剖面呈上宽下窄棍棒状，横剖面呈近圆形。内果皮和种子着生区亦呈淡绿色，并能依稀见到透明状的胚珠颗粒，果体硬，不易挤出汁液。6月份为幼果迅速膨大期。此时果体外表皮无大变化，内部果心纵剖面上下宽度基本一致，唯最下端突变窄，横剖面近棱形。7月初果体生长速度变得稳定，外果皮呈翠绿色，外被短茸毛呈淡棕黄色，中果皮为淡青绿色，内果皮色如前，果心白中微显绿色。此期果体大小分化明显，果体大的纵、横径比值小，近似圆球形。但有部分果实横径大于纵径，横径正面和侧面差值较大，因而出现近似圆球而侧扁状的果形。还有纵向出现浅沟线的果实。果体小的，上述后两种情况出现较少。此时内果皮的胚珠已呈浅乳白色，说明其内含物增多，种子发育进程加快。7月中旬，果体内外形态无大变化，而果实汁液增多，果硬而脆，微酸，涩味重，已能测得的可溶性固形物为5.6%。7月下旬外果皮淡茶褐色，上附茸毛变短，呈橙黄色似短星状毛，果心乳白色，种皮深棕色，种子发育已具雏形，籽内乳白色加深。果仍硬脆带酸而无涩味。8月中下旬，果内种皮变黑色，籽内白色，标志着种子已发育成熟。测得可溶性固形物为6.0%~6.5%。9月上中旬中果皮浅绿色，外果皮经碰擦星状毛易脱落。其他形态无大变化。可溶性固形物为6.5%~7.5%。

### 2.2 果体纵、横向生长量变化

由图1所示，纵、横径生长最速期为坐果初期至6月下旬。此期内果皮及种子着生区横向同步增速均大于其他部位。这是由于营养物质输导中枢——中轴胎座首先将营养物质就近供内果皮及种子着生区(以下统称内果皮)之故。果心横向增粗又略快于中果皮，说明果实迅速膨大期主要是内果皮增速最快时期。7月上旬至9月中旬内果皮增速变慢，最后基本稳定在一定水平上。整个结实期生长量纵径略大于横径。果实快速增大期过后，纵、横径都处于

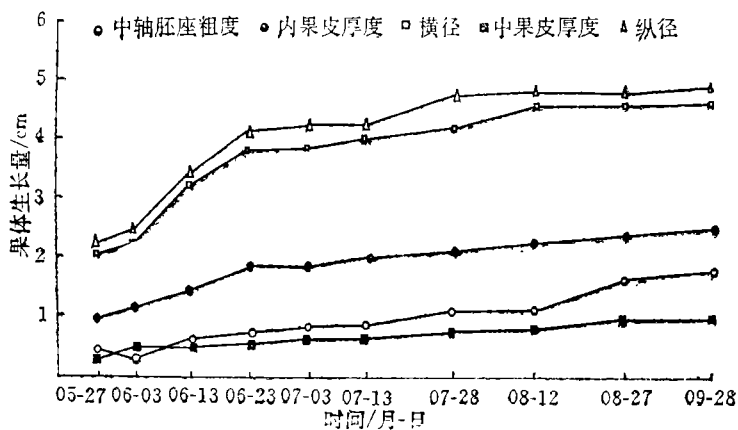


图1 果实各部位生长量变化曲线

Fig. 1 Growing changes of the fruits

同步缓慢增长阶段<sup>[2]</sup>。8月份生长量基本停止增长。此时纵径平均值为4.8 cm,横径4.5 cm。纵径最大值为5.3 cm,横径5.1 cm。

### 2.3 果体质量和密度变化

果重6月份增长最快,以后减慢,至9月中旬达最大值,9月下旬停止增重。密度6月中下旬增速最快,表明此时各组织处于幼期,果内不溶性的大分子物质积累和未液泡化细胞数量较多。此后随着果内营养代谢及转化持续进行以及生长发育过程的推进,液泡化细胞和果内可溶性物质逐渐增多,致使果重递增慢于体积增大,密度即随之下降。7月中旬至9月下旬密度始终平衡在同一水平上。这是由于果重和体积以等比速度递增所致(图2)。果重停止生长时平均值为 $58.6 \text{ g} \cdot \text{个}^{-1}$ ,最大单果质量 $78.2 \text{ g} \cdot \text{个}^{-1}$ 。

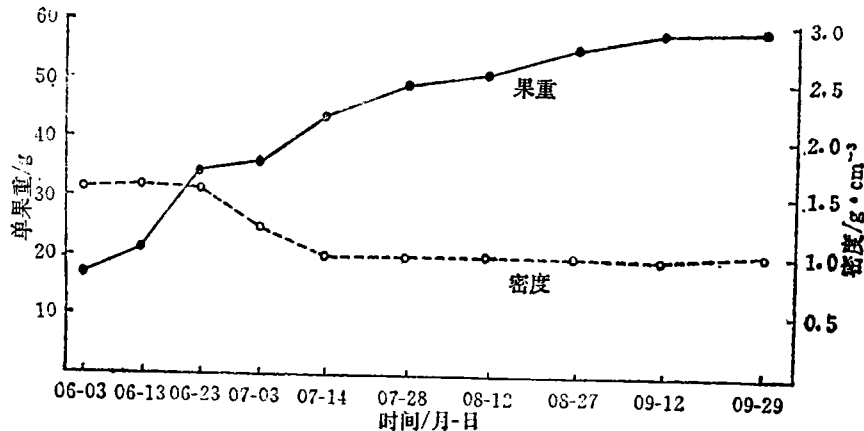


图2 果重和密度变化曲线

Fig. 2 Changes of weight and density of the fruits

### 2.4 结实期的营养代谢

**2.4.1 蛋白质质量变过程** 结实期蛋白质质量变过程出现两个高峰期。第1高峰期出现在7月中下旬。此期正是种子发育渐趋雏形,果心由白中透绿转变为乳白色,需有较多蛋白质积累。7月下旬至8月中旬种子发育已趋成熟,果心呈白色。由于它们发育消耗较多蛋白质而导致积累量有所下降。以后随果重增高又逐渐递增。9月下旬此量达最高值,即出现第2高峰期(图3)。

**2.4.2 可溶性糖量变过程** 在果实迅速膨大期可溶性糖含量极低,以后随着果体增大,量变曲线缓慢上升。7月中旬递增迅速,至下旬达高峰值13.0%。此期间正是种子发育已具雏形,果实汁液增多的时候。其后该量迅速下降,至8月中下旬种子发育成熟后降至最低点。以后又渐增,至9月中旬果重达最大值时出现第2高峰值,但此时的生成量低于第1高峰值,仅达8.5%。果实发育中可溶性糖需求量中期大于后期。

**2.4.3 总酸量变化过程** 结实期总酸量变化起伏性较大。坐果初期果实总酸量就具较高值。果实迅速膨大过程中,其值降至最低点,为 $2.3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。此期过后酸量又渐增,至7月中旬达高峰值 $16.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。果实切口易分泌较多汁液,并可测出可溶性固形物5.6%。以后酸量渐降,8月上旬以后又渐增,至9月中旬又出现峰值 $16.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。此时可溶性糖量也达较高值,

致使果味有一定甜度而酸味亦较重, 糖酸比为5.09。以后酸量又迅速下降, 至9月下旬减至 $7.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (图3)。此时果实甜度相对提高。

2.4.4 维生素C量变化过程 由结实初期最高值 $3.79 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 降至8月中旬最低值, 至9月中旬又回升至 $1.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 呈起伏性下降的趋势。维生素C变化与形态之间的关系表现在胚珠已发育成乳白色时出现第1次低峰值( $1.45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )。第2次低峰值出现于8月中旬, 为 $1.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。此时果实种皮变黑, 种子发育成熟, 测得可溶性固形物为6.5%~7.5%(图3)。

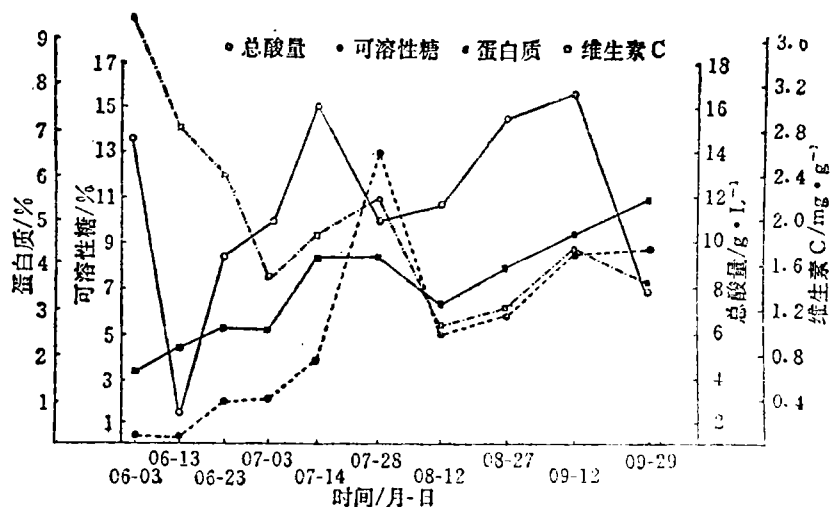


图3 果实营养代谢变化曲线

Fig. 3 Changes of nutrient metabolism of the fruits

2.4.5 不同采收期的贮藏效果 附表表明, 3种不同采收期的果实经低温(冰箱内 $1 \sim 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )堆放, 贮藏效果有一定差别。在失重率达6%以上时, 采收早的种子已趋初形的果实, 贮藏天数要大于采收晚的种子已发育成熟的果实, 且果实霉变率也小, 但后者高糖低酸的效果要高于前者。如以种子发育成熟期的果实与晚15d采收的果实相比, 在贮藏天数相同的情况下, 霉变率和失重率后者稍大于前者, 但后者高糖低酸的效果要显著高于前者(果实失重率达6%时, 即为果皮开始维缩之时)。

附表 不同采收期的果实贮藏效果对比

Table Comparison of storage effect at different harvesting periods

采样时果内的 形态特征	采果时间	贮藏天数/d	霉变率/%	失重率/%	总酸量/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	可溶性糖/%	样品重/g
种皮深棕色	7月下旬	48	25.6	6.5	15.6	3.8	1768
种皮呈黑色	8月下旬	25	35.5	6.7	11.2	6.5	1952
种皮呈黑色	9月中旬	25	38.5	7.7	5.0	10.9	1965

### 3 结语

3.1 最能反映黄皮果体营养代谢与果熟程度之间关系的, 是外果皮颜色变化和种子发育程

度<sup>[3]</sup>。果实发育进程时间表大致如下：5月中旬开始坐果，6月为幼果膨大期，7月初果体大小分化明显，果外形变化基本稳定，7月下旬胚珠已发育成种子，8月中下旬为种子发育成熟期，9月上中旬外果皮上的短似星状毛经碰、擦易脱落，中果皮呈浅绿色，可视为采收期的到来。

**3.2** 6月份猕猴桃内果皮迅速增长，横向生长量大于其他部位，而以中果皮横向生长量最低。纵径生长量略大于横径。8月份纵、横径生长基本停止。

**3.3** 果重也是6月增速最快，9月下旬增重停止。密度约在6月23日达最大值，7月中旬至9月下旬始终处于同一水平上。

**3.4** 蛋白质于7月中下旬种子发育渐趋雏形时出现第1次高峰值，种子发育成熟后于9月下旬达第2次高峰值。

**3.5** 可溶性糖含量在果实迅速膨大期极低，以后随种子发育进程而递增，至7月下旬达第1次高峰。种子发育成熟后又有所降低，以后又渐增，9月中下旬果重达最大值时出现第2次高峰值，但此值低于前次高峰值。

**3.6** 结实期维生素C呈起伏性变化，变幅 $3.79\sim 1.02\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。当胚珠发育成种子和种子发育成熟时均出现低峰值。

**3.7** 在低温下，种子成形的果实比种子发育成熟的果实耐藏，但果品高糖低酸的品质效果前者不如后者。种子发育成熟后不同采收期采收的果实的贮藏试验表明：在贮藏天数相同时，成熟后15d采收的果实，高糖低酸的保质效果较好。

**3.8** 综上所述，猕猴桃早熟品种的适宜采收期为9月中下旬。此期果内各部组织已发育成熟，形态变化、密度均已稳定，果重、体积达最大值，营养物质如蛋白质、可溶性糖积累量也达最大值。该月下旬总酸量也有所降低，况且在后熟期有机酸还可转化为糖类，有利于采后果品质量的提高。维生素C含量由8月中旬 $1.02\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 回升至 $1.48\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。因此这也是最适采果期的一个有利因子。从不同采收期对比试验看，也是以9月中旬食用品质较好，适于短期销售。如要解决长时间贮藏保鲜问题，有待进一步采取化学、物理、生物学等调控手段加以解决。

**3.9** 确定采收期的形态参考指标为果内种皮变黑，中果皮浅绿色，外果皮淡茶褐色，上附棕黄色星状毛。主要营养物质的数量参考指标：蛋白质为 $(4.7\pm 0.84)\%$ ，可溶性糖 $(8.5\pm 0.2)\%$ ，维生素C $1.48\pm 0.35\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，可溶性固形物 $6.5\%\sim 7.5\%$ 。

**3.10** 根据结实期形态和发育等变化过程，可考虑在果实膨大期进行激素处理以及在种子发育迅速期采取相应的培肥管理措施，果品质量可望得到进一步提高。

### 参 考 文 献

- 1 陈前铤, 王圣梅, 武显维, 等. 中华猕猴桃果实主要营养成分及其变化的研究. 武汉植物学研究, 1987, 5(4): 391-396
- 2 Walton E F, Dejong T M. Growth and compositional changes in kiwifruit berries from three Californian locations. *Ann Bot*, 1990, 66: 285~298
- 3 刘世芳, 黄林军, 张丽琴. 枇杷结实期果叶几种营养成分量变过程的研究. 浙江林业科技, 1991, 11(2): 25~28

Liu Shifang (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Zheng Bingsong, Wu Jiasen, Xu Shuhong, and Tong Zhuping. **Form Changes and Nutrient Metabolism of Early-ripened Huangpi Fruits.** *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13 (4): 378~383

**Abstract:** Huangpi, a cultivated variety of *Actinidia chinensis*, sets fruits in mid May. Its fruits rapidly expand in June. The seeds take shape in late July and get ripened in mid and late August. Mid and late September was suitable for harvesting the fruits, when the fruit weight, size and contents of protein and soluble sugar were all at their best, and the content of vitamin C reaches  $(1.48 \pm 0.35) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ . Fruits harvested in late September have better quality. The harvesting period could be determined according to the following indexes: black seed skin, greenish median skin, light dark brown ectocarp with orange star hairs,  $(4.70 \pm 0.84)\%$  of protein,  $(8.50 \pm 0.20)\%$  of soluble sugar,  $(1.48 \pm 0.35) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  of vitamin C and  $6.5\% \sim 7.5\%$  of soluble solid.

**Key words:** *Actinidia chinensis*; fruits; proteins; vitamin C; carbohydrates; change; harvesting

## 欢迎订阅《北京林业大学学报》

《北京林业大学学报》主要刊登林学基础理论、造林经营、森林经理、森林生态、病虫害防治、水土保持、林业经济、林业机械、木材加工、林产化学、园林植物与园林设计等方面的论文、简报、综述、学术问题讨论、书刊评介及学术动态等。

《北京林业大学学报》是林业中文核心期刊,在首届全国优秀科技期刊评比中曾获三等奖。该刊是中国科学引文数据库首批收录的315种期刊之一,并在被引频次最高的中国科技期刊500名排行表上名列第149位(1994年度统计数据,1996年5月公布)。

该刊为季刊,季首月出版,国内外公开发行。国内总发行:河北廊坊市邮局,全国各地邮局均可订阅。刊号:CN11-1932/S,邮发代号:18-91。定价:每期3.50元,全年14元。

如在当地邮局订阅不便或错过邮局订阅时间,请直接向该刊编辑部订阅。地址:100083北京林业大学学报编辑部 刘大林。