

荔枝果实发育时期的新划分

李建国 黄辉白 黄旭明

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘 要: 荔枝果实的个体发育应划分两个时期 (第 I 期 和第 II 期), 第 II 期又可划分为两个亚期 (II a 和 II b)。第 I 期是以果皮和种皮发育为主, 为果实缓慢生长阶段, 种子的溶质累积生长率小于水分累积生长率, 果皮的溶质累积生长率与水分累积生长率近似; II a 期大约维持 14 d, 种胚快速生长, 其它部分也有一定的生长, 溶质累积生长率大于水分累积生长率, 而具败育种子果实不具有 II a 期; II b 期大约持续 21 d, 假种皮快速膨大生长, 溶质累积生长率小于水分累积生长率, 成熟过程加速进行。聚类分析结果也进一步验证了这种划分方法符合数学变化规律。

关键词: 荔枝; 果实; 发育时期; 累积生长率; 生长贡献率; 聚类分析

中图分类号: S 667.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 03-0307-04

1 目的、材料与方法

关于荔枝果实发育时期划分, 目前还存在分歧。《果树栽培学总论》^[1]引用的是黄辉白等^[2]的两个时期划分方法, 而《果树栽培学各论·南方本》^[3]引用的是南非 Joubert^[4]的 3 个时期划分方法。

本研究通过非破坏性与破坏性采样相结合的方法获得数据, 根据果实累积生长率动态、果实各部分质量增量对全果增量的贡献率变化和果实发育时期的聚类分析结果, 综合考虑不同发育阶段果皮、种皮、种胚和假种皮发育的特点, 划分果实个体发育时期。

试验于 1999 年 3 ~ 6 月在东莞进行。选取雌花盛期一致 (70% 雌花以上盛开) 9 年生的 ‘怀枝’ (种子正常型品种) 和 ‘糯米糍’ (种子败育型品种) 各 3 株为试材。每株选花序 30 个挂牌编号。其中 20 个花序供定期采样。从花后 3 d 起每间隔 7 d 采样 1 次。每次每株采果 10 个, 分别测量果实的纵横径和果皮、假种皮和种子的干鲜样质量。采用 SPSS10.0 版本的统计分析软件建立干鲜样质量与纵横径平均值之间的最优回归方程。另外 10 个花序用于定果测量果实的纵横径 ($n = 30$)。测量过程中若有果实脱落则选相应大小的果代替和重新标记, 然后把每次测量值代入相同日期的回归方程, 从而获得连续监测、间接估算出的果实及其各部分的数据。贡献百分率 (Contributive percentage, CP) 表示在两次相邻间隔取样期间内, 果皮、种子和假种皮的生长增量占整个果实生长增量 (以干样质量计算) 的百分比。累积生长率 (Cumulative growth rate, CGR) 表示果实及其各部分在不同取样日期的生长量占其最后总生长量 (以鲜样质量计算) 的百分比。以果实发育过程中干样质量变化为观察单位, 采用 SPSS 统计软件中 K 类中心聚类方法进行。

2 结果分析与讨论

2.1 果实各部分干样质量增量对果实增量贡献百分率的变化

果皮、种子和假种皮干样质量增量对全果的贡献随发育进程有较为明显的阶段变化 (图 1), 果皮和种皮的明显生长在前, 假种皮的快速生长在后, 中期种子的增长则与种胚 (主要为子叶) 发育有关。综合考虑可以把荔枝果实发育分为 I 期 (果皮与种皮生长为主) 和 II 期 (胚与假种皮生长为主),

收稿日期: 2002-05-08; 修回日期: 2002-08-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770529); 广东省自然科学基金资助项目 (960440)

Ⅱ期又可再划分为Ⅱa(胚为主)和Ⅱb(假种皮为主)两个亚期(如‘怀枝’),但种子败育型果实(如‘糯米糍’)的Ⅱa期则不明显。

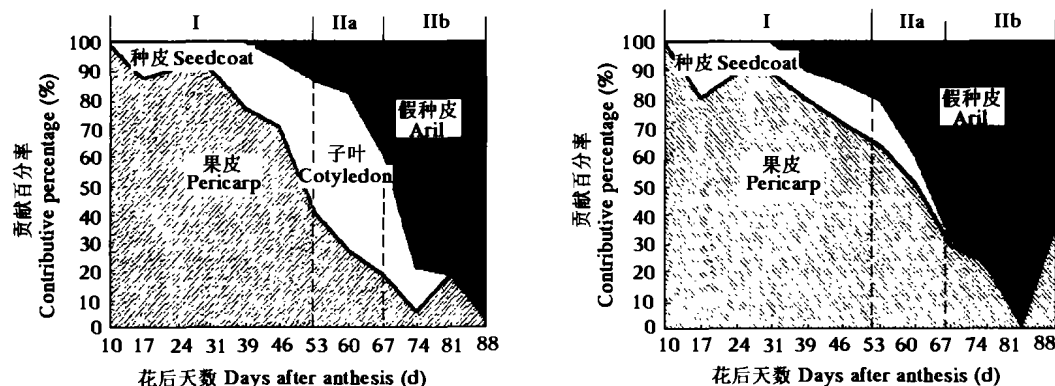


图1 荔枝果实发育期间果实各部分干样质量增量对果实增量贡献率变化

左图为怀枝;右图为糯米糍。

Fig. 1 Changes of contributive percentage of pericarp, seed and aril mass increment to whole fruit fresh mass increment during fruit development

Left: Normal - seeded 'Huaizhi'; Right: Aborted - seeded 'Nuomici'.

2.2 果实及各部分干鲜质量累积生长动态

依据累积生长率的变化(图2)可以进一步区分果实不同发育时期的特点,并为这种划分方法提供依据。

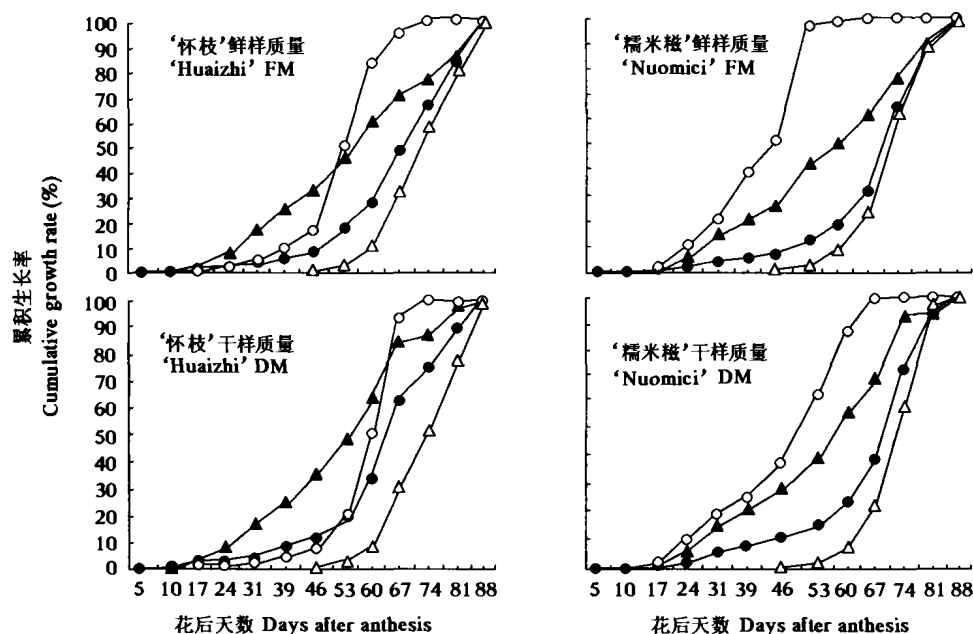


图2 荔枝果实发育期间果实及其各部分干鲜质量累积生长速率变化

●全果; ▲果皮; △假种皮; ○种子。

Fig. 2 Changes in cumulative dry mass and fresh mass growth rate of whole fruit, pericarp, seed and aril during fruit development

●Whole-fruit; ▲Pericarp; △Aril; ○Seed.

I期以果皮和种皮生长为主。对全果而言属缓慢生长阶段,大约在花后53d左右结束,果皮累积生长量接近最终生长量的50%,种子(主要为种皮)鲜样质量累积增长量为97.5%(‘糯米糍’)和

51% (‘怀枝’), 且明显大于干样质量, 说明种子在第 I 期水分的流入明显大于溶质的流入, 但在 I 期果实干鲜质量的累积生长量还不足 20%。

II 期以假种皮 (和种胚) 生长为主。对全果而言属快速膨大阶段。II 期又可进一步分为两个亚期 II a 和 II b。II a 期大约持续 14 d (花后 53 ~ 67 d), 主要特点是种胚 (主要是子叶) 的快速生长, 种子败育型果实 (如 ‘糯米糍’) II a 期不明显; 另外, 果皮和种子干样质量累积明显快于鲜样质量的累积, 说明溶质的流入明显大于水分的流入。II b 期的基本特点是假种皮快速膨大和成熟, 大约持续 21 d (花后 67 ~ 88 d), 但假种皮 70% ~ 80% 的干鲜样质量和果实的 40% ~ 60% 生长量在此期内完成, 果皮在此阶段虽也有一定量的生长, 但干物质积累减少, 主要依靠水分的进入。

Joubert^[4]提出 3 个时期划分观点只是依据对种子正常型品种进行观察的结果; 黄辉白等^[2]观察了种子正常型以及败育型果实的发育情况, 但由于只采用累加生长曲线形式表示, 未能细致分析果实各部分的生长特点, 因而把假种皮和胚笼统地归入第 II 期, 未能区别正常种子和败育种子果实间之不同。胚的快速生长实际上只发生在 II a 期, 大约仅维持 14 d (‘怀枝’), 而 II b 期比 II a 期至少要长 7 d (‘怀枝’), 且此期中基本无胚的生长。

2.3 果实发育时期划分的聚类分析

聚类分析结果表明 (表 1), 如果划分为 3 个阶段, ‘怀枝’和 ‘糯米糍’的结果相同, 其数学分析结果与果实发育规律较为吻合, 第 1 阶段为果实发育第 I 期, 第 2 阶段和第 3 阶段则分别与 II a 期和 II b 期相对应, 但无法区分 ‘糯米糍’和 ‘怀枝’果实在 II a 期的实质区别 (假种皮还是种子生长占主导)。如果划分两个阶段, ‘怀枝’的第 1 阶段在花后 60 d, ‘糯米糍’则在花后 67 d, 包括果皮、种皮、种胚和假种皮的生长, 而第 2 阶段 ‘糯米糍’主要是假种皮的发育, 但 ‘怀枝’还包含有胚的快速生长。因此, 这种两阶段的划分不利于解释果实发育的规律。

本研究提出的荔枝果实个体发育时期新的划分法, 更贴切地阐明了荔枝果实 “先长皮后长肉” 及 “球皮对球胆效应” 的概念^[5], 对栽培更具实用价值。

表 1 果实干样质量聚类分析结果
Table 1 Clustering analysis of fruit dry mass

	花后天数 Days after anthesis (d)												
	3	10	17	24	31	39	46	53	60	67	74	81	88
怀枝 Huaizhi	三阶段聚类分析 Three-stage clustering analysis												
干样质量 Dry mass (g)	0.002	0.006	0.03	0.11	0.22	0.35	0.52	0.89	1.59	2.91	3.48	4.22	4.74
分类 Clustering	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
欧氏距离 Distance	0.26	0.26	0.24	0.16	0.05	0.08	0.25	0.62	0.66	0.66	0.67	0.07	0.59
显著性 Significance	* * *												
怀枝 Huaizhi	二阶段聚类分析 Two-stage clustering analysis												
分类 Clustering	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
欧氏距离 Distance	0.41	0.41	0.38	0.30	0.19	0.06	0.11	0.48	1.18	0.93	0.36	0.38	0.90
显著性 Significance	* * *												
糯米糍 Nuomici	三阶段聚类分析 Three-stage clustering analysis												
干样质量 Dry mass (g)	0.002	0.005	0.036	0.12	0.25	0.35	0.49	0.74	1.15	1.86	3.48	4.76	4.89
分类 Clustering	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
欧氏距离 Distance	0.25	0.24	0.22	0.13	0.02	0.10	0.24	0.49	0.36	0.36	0.90	0.38	0.51
显著性 Significance	* * *												
糯米糍 Nuomici	二阶段聚类分析 Two-stage clustering analysis												
分类 Clustering	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
欧氏距离 Distance	0.50	0.50	0.47	0.38	0.25	0.15	0.01	0.24	0.65	1.36	0.90	0.38	0.51
显著性 Significance	* * *												

注: 显著性是指聚类分析结果的方差分析结果, * * * 表示 $P < 0.0001$ 。

Note: Significance is the result of variance analysis to the clustering analysis result, * * * indicate $P < 0.0001$.

参考文献:

- 1 郝荣庭. 果树栽培学总论. 北京: 中国农业出版社, 2000. 81 ~ 82
- 2 黄辉白, 江世尧, 谢 昶. 荔枝假种皮的发生和果实的个体发育. 华南农学院学报, 1983, 4 (4): 78 ~ 83
- 3 华南农业大学主编. 果树栽培学各论南方本. 北京: 中国农业出版社, 1991. 161 ~ 163
- 4 Joubert A J. The litchi. Pretoria: Bull. Gov. Printer, 1970. 389
- 5 Huang H B, Xu J K. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. Scientia Horticulturae, 1983, 19: 335 ~ 342

A Revised Division of the Developmental Stages in Litchi Fruit

Li Jianguo, Huang Huibai, and Huang Xuming

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: It was suggested that litchi fruit growth could be reasonably divided into two stages (Stage I and Stage II), and stage II could be further subdivided into two substages (Stage II a and Stage II b). Stage I, which constitutes about two thirds of the whole fruit growth cycle (0 ~ 53 DAA), was the phase mainly characterized by the growth of pericarp and seedcoat, during which the influx of solutes was slower than the influx of water into the seed, and it was almost the same case for the pericarp. Stage II a was the phase mainly characterized by the growth of embryo (53 ~ 67 DAA) and the influx of solutes was faster than water influx into the fruit during this stage. Stage II a was not distinct in fruit with aborted seed. Stage II b (67 ~ 88 DAA) was the phase characterized by rapid aril growth and maturation, when the influx of solutes was slower than water influx into the aril and the maturation progressed rapidly. Clustering analysis results of changes in fruit dry mass confirmed that this revised division of two developmental stages was in accordance with the mathematical pattern and with the notion of "Ball-skin versus bladder effect" proposed by Huang and Xu (1983).

Key words: Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.); Fruit; Developmental stage; Cumulative growth rate; Contributive rate; Clustering analysis

新书推荐

《柑橘学》 何天富 主编

中华农业科教基金资助图书。全书分为 17 章。分别介绍了柑橘的发展史略、柑橘遗传资源、中国柑橘生态区划、柑橘的生物学、柑橘的代谢生理、柑橘的矿物质营养、柑橘育种、柑橘生物技术、柑橘育苗、果园建立、柑橘园的土壤管理、柑橘对不良环境的适应性及防护技术、柑橘病虫害、柑橘的采后处理及贮藏加工等重要内容。可作为高校师生和研究工作者的参考教材和资料, 供从事于柑橘生产者阅读参考。

定价: 207.00 元 (含邮费)



《葡萄学》 贺普超主编

中华农业科教基金资助图书。该书分为绪论和 26 章。分别介绍了葡萄的分类和种质资源、形态与解剖、中国葡萄栽培区划、葡萄生理、主栽品种、繁殖、葡萄园的建立、整形修剪、土肥水管理、抗寒与设施栽培、葡萄主要性状的遗传、杂交与实生育种、多倍体育种、无性系选种、组织培养、病虫害、葡萄酒、葡萄的贮藏保鲜等重要内容。可供高校师生和研究工作者以及葡萄生产者阅读参考。定价: 141.00 元 (含邮费)

购书者请通过邮局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。

