

‘妃子笑’早花果与晚花果果实发育和糖积累动态及品质差异的比较

罗 诗¹, 李建国^{2,3}, 黄旭明²

(1 东莞市农业科学研究中心, 广东 东莞 523079)

2 华南农业大学 园艺学院南方果树生理研究室, 广东 广州 510642

3 华南农业大学 中国荔枝研究中心, 广东 广州 510642)

摘要: 以同一株‘妃子笑’荔枝不同花期果实为研究对象, 探讨它们在果实发育和糖组分动态及品质方面的差异. 研究表明: 早花果和晚花果的果实及其各组织的生长型均为单 S 型, 其果实发育时期均可划分为 I 期和 II 期, 第 II 期又可划分 IIa 期和 IIb 期, 所不同的是, 早花果的 I 期比晚花果要长 10 d. 推测晚花果假种皮在 IIb 期生长受抑的现象主要还是由于 I 期和 IIa 期的果皮和种皮生长受到抑制的结果. 早花果的糖分积累主要发生在 IIa 期, 晚花果的糖分积累则主要发生在 IIb 期, 它们均是以积累还原糖为主, 成熟时两者在总糖及其各组分之间并无显著差别. 早花果比晚花果品质好主要表现在果大、含糖量低、固酸比高等方面.

关键词: 荔枝; 不同花期; 果实发育; 糖积累; 果实品质

中图分类号: S667.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)04-0005-05

Comparison of fruit development and sugar accumulation dynamics and fruit quality between fruits from early and late bloom ‘Feizixiao’ litchi

LUO Shi¹, LI Jian-guo^{2,3}, HUANG Xu-ming²

(1 Dongguan Agricultural Science Research Center, Dongguan 523079, China)

2 Physiological Laboratory for Fruits in South China, College of Horticulture, South China Agric Univ., Guangzhou 510642, China

3 China Litchi Research Center, South China Agric Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract Fruit development, sugar accumulation dynamics and fruit quality were comparatively studied between fruit from early and late bloom on the same panicle in litchi cv. ‘Feizixiao’. The results showed that no differences in the growth patterns of whole fruit and fruit parts (single S pattern) were revealed between fruit from female bloom at different dates. Their fruit growth could be divided into two stages (stage I and stage II), and stage II could be divided into two substages (IIa and IIb). However, fruit from earlier bloom showed 10 d longer in stage I than that from late bloom. It was presumed that the significant lower growth rate of the whole fruit and aril from late bloom during stage IIb were related to their obviously lower growth rate of the pericarp and seedcoat during stage I and stage IIa compared with the fruit from early bloom. In both cases, fruit accumulated more reducing sugars than sucrose and the main sugar accumulating period was in stage IIa for fruit from early bloom and in stage IIb for the fruit from late bloom. There was no significant difference in sugars content between fruits from early and late bloom. The better quality of fruit from early bloom than that from late bloom was because the former had bigger fruit mass, lower total acid (TA) and higher TSS/TA ratio.

Key words litchi (*Litchi chinensis* Sonn.); different female bloom dates; fruit development; sugar accumulation; fruit quality

收稿日期: 2005-04-22

作者简介: 罗 诗 (1963-), 高级农艺师. 通讯作者: 李建国 (1966-), 男, 研究员, 博士;

E-mail: jianli@scau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30370995)

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作为广东、海南、广西等地种植的主要中熟品种之一的‘妃子笑’荔枝，生态适应性广，在福建、台湾、四川等地均能种植，同时在澳大利亚、美国、以色列等国家也有商业化栽培，可以称得上是一个世界性的品种。‘妃子笑’荔枝以其优良品质(如果大肉厚，味清甜带香，果核小等)和成熟期较早等品性，日益受到市场，特别是出口市场的青睐。‘妃子笑’荔枝具有成花容易和多次开花的习性^[1]。每年第 1 批花在 3 月中下旬开放，这次开花雄花多、雌花少，花穗直立徒长旺盛，常遇低温多雨天气，极易发生大量落花落果现象。若第 1 批花坐果太少，就会开第 2 批，甚至第 3 批花，俗称“翻花”。“翻花”一般在 4 月中上旬开放，这批花雌花量大，坐果率高。生产实践表明，第 1 批花所结的果实果大，能达到出口荔枝果实要求，而第 2 批花所结的果实小，不但达不到出口的标准，就是在内销市场也不受欢迎。钟利文^[2]对‘妃子笑’荔枝果实发育和坐果的规律进行了观察，但有关不同花期果实在果实发育和糖组分变化动态以及两者在品质上的差异还少有研究。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究于 1999 和 2000 年在东莞市虎门镇永丰荔枝场进行，本试验结果采用 2000 年的数据。选 10 年生的‘妃子笑’荔枝 1 株，在这株树上出现时间差明显的 2 批雌花，其中早花果(第 1 批花)的雌花盛开期是 3 月 25 日，晚花果(第 2 批花)的雌花盛开期是 4 月 15 日。

1.2 方法

沿东南西北方向共选 20 个花穗，再从每个花穗上选不同花期的果实 2 个，进行挂牌观察。为了连续定期测量的精确度起见，自花后 14 d 起，用漆点标记果实纵横径上的测量点。测量过程中如遇个别果实中途脱落，则根据记录，选择与该落果的大小相近似且着生在同一花穗上的未挂牌果实替补之。每次纵横径测量完毕之后，摘取其他 10 个花穗上与该次测量值相同的早花果或晚花果各 1 个，置于冰壶中带回实验室，拆分果皮、种子和假种皮，称其鲜质量后，在 102℃烘箱中杀酶 15 min 再烘干至恒质量，称其干质量。每个花穗为 1 重复，共重复 10 次。所获干、鲜质量数据用于考察果实发育动态。

烘干的假种皮每 3 个果混合为 1 个重复，用于测定其中糖组分的变化动态。用蒽酮比色法测定果糖、蔗糖和葡萄糖的含量。

在果实采收期，在挂牌花穗上采果 20 个(每个花穗采果 1 个)，每 5 个花穗的 5 个果为 1 个重复，

共重复 4 次。采回实验室后，剥出假种皮，研磨、过滤后作品质分析。果实可溶性固形物测定用手持糖度计测定；总酸含量用 NaOH 滴定法测定；Vc 含量用 2,6-二氯酚酚滴定法测定；单宁的测定采用高锰酸钾滴定法。

2 结果与分析

2.1 果实发育动态的比较

由图 1 可看出，无论从鲜质量还是干质量来看，两者果实及其各部分果实发育的生长型相同，基本呈前期缓慢生长，后期快速生长的单 S 型的生长特点。李建国等^[3]最近提出的荔枝果实发育时期划分的看法认为，以果皮和种皮发育为主的果实缓慢生长阶段为第 I 期，以种胚的快速生长为主的阶段为 IIa 期，以假种皮的快速膨大生长的阶段为 IIb 期。根据这一观点，早花果与晚花果的果实发育时期均可以划分为 2 个时期(第 I 期和第 II 期)，第 II 期又可划分为 2 个亚期(IIa 和 IIb)，但每个发育期的长短两者有所不同。早花果第 I 期为花后 0~44 d IIa 期为花后 44~55 d(共 11 d)，IIb 期为花后 55~75 d(共 20 d)；晚花果第 I 期为花后 0~34 d IIa 期为花后 34~45 d(共 11 d)，IIb 期为花后 45~69 d(共 24 d)。说明早花果和晚花果主要差别体现在果实生长的第 I 期持续时间不同，早花果第 I 期比晚花果实要长 10 d

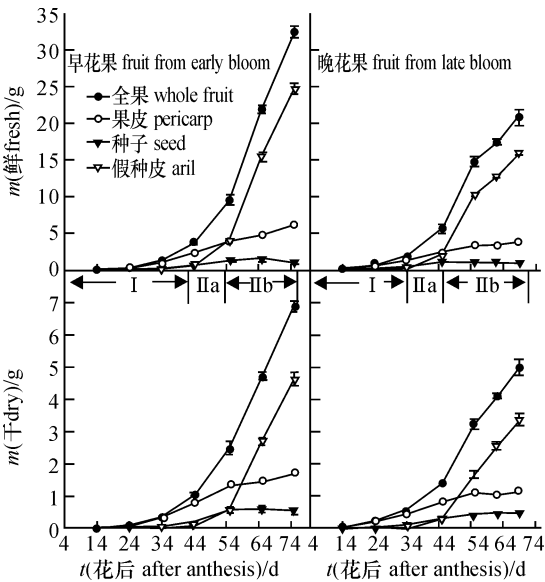


图 1 早花和晚花‘妃子笑’荔枝果实及其各部分干、鲜质量的发育动态(竖线为标准误差, n=10)

Fig 1 Seasonal patterns of fresh and dry mass of whole fruit, pericarp, seed and aril between fruit from early bloom and fruit from late bloom (Vertical bars represent SE value for 10 replicates)

从图 1 中还可看出, 与早花果相比, 在 IIb 期, 特别是花后 55 ~ 69 d 晚花果的全果和假种皮表现较为明显的生长受抑制现象, 导致果实最终大小显著偏小. 采收时, 全果、果皮、假种皮、种子的鲜质量和干质量, 早花果实分别为: 32.41 和 6.88 g, 6.22 和 1.72 g, 24.71 和 4.64 g, 1.19 和 0.52 g. 晚花果实分别为: 20.79 和 5.00 g, 3.94 和 1.14 g, 15.95 和 3.37 g, 1.14 和 0.48 g. 经统计分析 (*t* 检验) 表明, 早花和晚花 2 类果实除种子的干、鲜质量差异不显著外, 全果、果皮和假种皮鲜质量和干质量, 均达到极显著差异水平 ($P<0.01$).

早花果与晚花果在不同果实发育时期的果实及其各部分鲜质量与干质量生长速率的差异比较结果 (表 1) 表明, 果实发育 I 期, 主要是果皮和种子 (主要以种皮为主) 的生长, 此期假种皮的生长量难以测量, 除种子的鲜质量外, 早花果均显著大于晚花果; 果实发育 IIa 期, 果皮和种子的干、鲜质量继续增加, 假种皮也有一定的生长, 除果皮和种子的鲜质量外, 早花果均显著大于晚花果; 果实发育 IIb 期, 种子停止生长, 果皮虽有一定的生长, 但早晚花果之间无显著差异, 假种皮在此期快速生长, 如早花果的假种皮鲜质量生长速率达到 1.03 g/d, 比晚花果的假

种皮生长速率快 78.9%, 达到显著差异水平.

2.2 糖积累动态的比较

如图 2 示, 早花果实在 IIa 期 (花后 44 ~ 55 d), 总糖和果糖快速积累, 蔗糖和葡萄糖则是缓慢上升, 至花后 55 d, 果糖、葡萄糖和蔗糖含量占总糖比例分别为 62.8%、24.4% 和 12.8 mg/g. 在 IIb 期, 果糖积累速度明显变缓, 葡萄糖则快速积累, 蔗糖则是先升后降, 因此, 此阶段总糖的继续快速上升主要是葡萄糖含量增加的结果. 晚花果实在 IIa 期 (花后 34 ~ 45 d), 各种糖的积累较低, 经统计表明, 除葡萄糖外, 总糖、果糖和蔗糖的含量均显著低于此期早花果, 如至 IIa 末期总糖的含量只有 33.88 mg/g, 是成熟时总糖含量的 24%, 而此期早花果的总糖含量达到 97.06 mg/g, 已完成了成熟时 71% 总糖积累; IIb 期是晚花果糖分积累最主要的时期, 与早花果不同的是, 此期果糖含量持续快速积累直至成熟, 葡萄糖只是在花后 45 ~ 55 d 有个快速上升的阶段, 此后基本较少增加, 蔗糖则是一直维持在较低的水平. 但在成熟时, 早花果与晚花果中总糖和各类糖组分的含量经统计分析, 并没有显著的差异.

因此, 可以认为, 早花果的糖分积累主要发生在 IIa 期, 晚花果的糖分积累则主要发生在 IIb 期.

表 1 ‘妃子笑’早花果和晚花果在果实发育期间的果实及各部分干、鲜质量生长率 ¹⁾												
Tab 1 The growth rate of fresh and dry mass of whole fruit pericarp seed and aril between fruit from early bloom and fruit from late bloom during fruit development												
果实类型 fruit type	全果鲜质量 fruit fresh mass			果皮鲜质量 pericarp fresh mass			假种皮鲜质量 aril fresh mass			种子鲜质量 seed fresh mass		
	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb
早花果 early	84.8 a	537.3 a	1138.5 a	56.3 a	132.0 a	114.5 a		325.2 a	1033.0 a	17.7 a	63.0 a	0 a
晚花果 late	57.1 b	340.0 b	629.6 b	39.7 b	100 a	62.1 a		177.0 b	577.0 b	13.2 a	62.7 a	0 a

果实类型 fruit type	全果干质量 fruit dry mass			果皮干质量 pericarp dry mass			假种皮干质量 aril dry mass			种子干质量 seed dry mass		
	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb	I	IIa	IIb
早花果 early	23.8 a	131.3 a	219.5 a	17.9 a	50.3 a	19.0 a		48.6 a	202.0 a	4.4 a	32.4 a	0 a
晚花果 late	16.5 b	76.4 b	150.0 b	12.9 b	33.6 b	13.8 a		23.8 b	128.8 b	2.9 b	19.4 b	0 a

1) 表中数值为 10 个果的平均值, 同一列数字后不同英文字母表示差异显著 ($P<0.05$ *t* 检验)

2.3 果实品质比较

由表 2 可知, 早花果和晚花果相比, 在品质方面最明显的差异主要是果实大小、酸的含量以及可溶

性固形物 (TSS) 和酸的比值, 表现为早花果显著高于晚花果, 而在 Vc 和单宁含量、TSS、可食率等方面两者则无明显的差异.

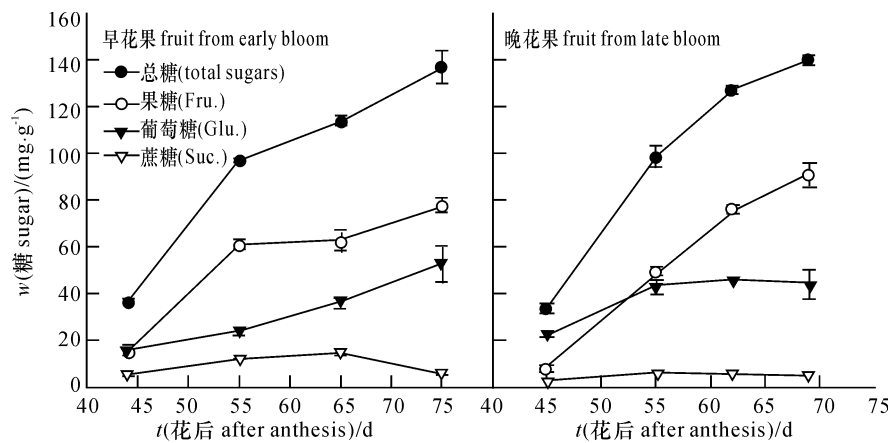


图 2 ‘妃子笑’早花果和晚花果假种皮中总糖、蔗糖、葡萄糖和果糖的含量(w)变化(竖线为标准误)

Fig 2 Changes of the contents (w) of sugars sucrose glucose and fructose in aril between fruits from early and late bloom of ‘Feizixiao’ litchi (Vertical bars represent SE)

表 2 ‘妃子笑’早花果和晚花果的果实品质¹⁾

Tab 2 Qualities of fruits from early and late bloom of ‘Feizixiao’ litchi

果实类型 fruit type	m (鲜 fresh) /g	w(可溶性固形物 TSS) /%	w(总酸 total acid) /%	固 酸 TSS /TA	w(Vc) (μg·g ⁻¹)	可食率 aril percentage /%	w(单宁 tannin) / (μg·g ⁻¹)
早花果 early	32 41 a	18 86 a	0 022 a	869 a	491. 8 a	74. 38 a	160 a
晚花果 late	20 79 b	18 40 a	0 029 b	647 b	559. 6 a	74. 03 a	180 a

1) 同列数字后不同英文字母表示差异显著 (P<0.05 t检验)

3 讨论

同一品种在同一果园开花期有早有晚的现象较为普遍,但有关不同花期对果实发育的影响报道较少。如 Cruz Castillo等^[4]对花期相差约 10 d 的猕猴桃果实观察认为,不同开花期既不改变果实发育的双 S 型特点,对不同阶段发育时期也无显著的影响;而对‘白玫瑰香’葡萄而言,同一株树上开花期早晚对果实生长的周期有一定的影响,表现为早开花的果穗第一个生长周期的缓慢生长到来迟,而且生长停滞期短,开花晚的缓慢生长期出现早,生长停滞期相对长^[5]。荔枝果实及其各部分组织(果皮、种子和假种皮)的生长型被认为是属于单 S 型^[6]。本研究发现不同花期的‘妃子笑’果实及其各部分组织的生长型均属于单 S 型,说明开花期对果实的生长型没有影响。无论早花果还是晚花果,其果实发育时期均可划分为 I 期和 II 期,第 II 期又可划分 IIa 期和 IIb 期。所不同的是,早花果的 I 期比晚花果要长 10 d 而 IIa 期和 IIb 期两者相差不大。这与 Huang 和 Xu^[6]指出的荔枝早熟品种的前期(第 I 期)生长延续时间短,晚熟品种延续时间长的特点较为相似。这也说明荔枝果实发育第 I 期的长短影响着荔枝果实的

熟性,如果要调控荔枝果实的成熟期,应该考虑从调控果实发育的第 I 期长短来着手。

IIb 期的特点是假种皮快速膨大和成熟,假种皮 70%~80%,果实 50%~60% 的生长量均是在此期完成^[3]。本研究结果表明在 IIb 期,晚花果的全果和假种皮的干质量,特别是鲜质量的生长受到明显抑制。假种皮鲜、干质量的生长速率只有早花果的 55.8% 和 63.7%,这样就直接导致晚花果的果实大小显著低于早花果。那么,晚花果的发育为什么会在 IIb 期受到如此明显的抑制呢? Huang 和 Xu^[6]指出荔枝的果实发育受到种皮-果皮-假种皮的顺序性的影响,果皮为假种皮提供生长空间,又限制其生长。种皮的发育主要在第 I 期,果皮的生长主要在第 I 期和 IIa 期。本研究结果表明:在第 I 期,早花果果皮干、鲜质量和种子干质量均显著大于晚花果,在 IIa 期,早花果的果皮和种子的干质量均显著大于晚花果。因此,根据荔枝果实发育遵循的“球皮对球旦效应”的规律^[6],可以推测,晚花果假种皮在 IIb 期生长受抑的现象主要还是由于前期(I 期和 IIa 期)果皮和种子(主要是种皮)生长受到抑制的结果。那么,晚花果的果皮和种皮发育与早花果相比,为什么又会受到抑制呢? 李建国等^[7-9]从内源激素、果实发

育期所遭受的温度状况以及营养竞争等角度进行了分析.

荔枝假种皮中主要含有蔗糖、果糖和葡萄糖^[10], 但不同品种所含的这 3 种糖的比率有很大的差异, 如王惠聪等^[11]测定认为, ‘糯米糍’荔枝以积累蔗糖为主, 蔗糖 还原糖比值约为 1.5, ‘妃子笑’荔枝以积累还原糖为主, 蔗糖 还原糖比值约为 0.4. 本研究也进一步证实, ‘妃子笑’荔枝是以积累还原糖为主, 因为无论早花果还是晚花果, 蔗糖在假种皮发育期间的含量一直较明显低于还原糖 (果糖 + 葡萄糖), 在成熟时, 蔗糖 还原糖比值约为 0.04, 比王惠聪等^[11]测定结果低近 10 倍. 本研究虽然未发现成熟时早花果与晚花果总糖及其各组分之间的显著差别, 但发现它们在糖分积累的时期上有较大的区别, 早花果的糖分积累主要发生在 IIa 期, 晚花果的糖分积累则主要发生在 IIIb 期. 糖的积累和转化与糖代谢酶活性有关, ‘妃子笑’糖代谢中的主要酶类有中性转化酶和蔗糖合成酶^[11], 它们是否是造成早花果和晚花果在糖分积累方面差异的原因还有待于进一步探讨.

从不同花期果实品质比较可以发现, 早花果比晚花果除要大 50% 以上外, 内部品质的差异主要体现在晚花果的酸含量显著高于早花果, 固酸比显著低于早花果, 使得早花果实在口感、风味上均比晚花果实要好. 因此, 晚花 ‘妃子笑’的品质与早花果相比, 大大降低.

参考文献:

[1] 吴定尧, 张海岚. 妃子笑荔枝的特性[J]. 中国南方果

树, 1997 26(5): 26 – 27.

[2] 钟利文. 妃子笑荔枝果实生长发育及坐果规律的研究 [J]. 热带农业科学, 1998 5: 12 – 16

[3] 李建国, 黄旭明, 黄辉白. 荔枝果实发育时期的新划分 [J]. 园艺学报, 2003 30(3): 307 – 310

[4] CRUZ CASTILLO J G, LAWES G S, WOOLLEY D J. The influence of the time of anthesis seed factors and the application of a growth regulator mixture on the growth of kiwifruit [J]. Acta Hort 1991 (297): 475 – 480

[5] TAKAGI N, NOUE J. Seasonal changes in berry growth and photosynthetic rate of leaves of ‘Muscat of Alexandria’ grapes [J]. J Japan Soc Hort Sci 1982 51(3): 286 – 292

[6] HUANG H B, XU J K. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn [J]. Sci Hort 1983 19: 335 – 342

[7] 李建国, 周碧燕, 黄旭明, 等. ‘妃子笑’荔枝不同花期果实大小与激素含量的关系 [J]. 园艺学报, 2004 31 (1): 73 – 75

[8] 李建国, 黄辉白, 黄旭明. 妃子笑荔枝早花果和晚花果大小不同与温度的关系 [J]. 果树学报, 2004 21(1): 37 – 41.

[9] 李建国, 黄辉白, 黄旭明. 妃子笑荔枝早花大果和晚花小果与营养竞争的关系 [J]. 果树学报, 2003 20(3): 195 – 198

[10] CHAN H T, KWOK S C M, LEE C W Q. Sugars composition and invertase activity in lychee [J]. Journal Food Science 1975 40: 722 – 744

[11] 王惠聪, 黄辉白, 黄旭明. 荔枝果实的糖积累与相关酶活性 [J]. 园艺学报, 2003 30(1): 1 – 5.

【责任编辑 柴 焰】