

荔枝液态胚乳对果实生长和脱落的影响

李建国^{1, 2} 黄辉白¹

(¹ 华南农业大学园艺学院南方果树生理研究室, 广州 510642; ² 华南农业大学中国荔枝研究中心, 广州 510642)

摘要: 以种子正常型的‘白蜡’荔枝品种为试材, 通过针刺抽取液态胚乳的试验, 考察了液态胚乳对果实生长、脱落和大小的影响。研究表明, 针刺抽乳和不抽乳处理均显著促进落果和抑制果实的生长, 且处理时期越早, 对果实脱落和生长的影响越大, 如花后 30 d 处理后 8 d 的累积落果率达到 93.3%, 花后 36 d 处理后 15 d 的累积落果率介于 73.3%~80% 之间, 对照的累积落果率则均低于 10%。针刺抽乳处理导致形成种子败育的小果实, 针刺不抽乳处理导致形成小核的小果实, 对照则产生正常大核种子的大果实, 说明早期种皮和液态胚乳的发育对荔枝果实坐果、种子和果实发育有重要影响。本研究结果直接证实荔枝果实组织间存在着种皮-果皮-假种皮的顺序性影响的“球皮对球胆效应”理论。

关键词: 荔枝; 液态胚乳; 果实脱落; 果实生长

中图分类号: S 667.1 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 01-0023-05

The Influence of Liquid Endosperm on Fruit Abscission and Growth of *Litchi chinensis* Sonn.

Li Jianguo^{1, 2} and Huang Huibai¹

(¹ Laboratory of Physiology for Southern China Fruits, College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ² China Litchi Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Effects of liquid endosperm on fruit growth, abscission and size were conducted using normal-seeded cultivar ‘Baile’ litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) as a material by puncturing with and without extraction of liquid endosperm within a seed. The results showed that treatments of puncturing with and without abstraction of liquid endosperm obviously increased fruit abscission [the cumulative abscission rate (CAR) treated at the 30th and 36th days after anthesis was 93.3% and 73.3% - 80% respectively, while CAR of the control was lower than 10%] and depressed fruit growth, and these negative effects were aggravated by earlier treatments. Puncturing plus extraction of liquid endosperm treatment induced aborted-seeded small-fruit and puncturing without extraction of liquid endosperm treatment gave rise to small-seeded small-fruit, while the control produced normal-seeded larger-fruit. It implies that the development of seedcoat and endosperm have more important effects on fruit set and the development of seed and fruit. Moreover, the results provided the direct experimental evidence for substantiating the ‘ball-skin versus bladder effect’ notion in during litchi fruit development, in which effects of seedcoat-pericarp-areol in order existed inside a litchi fruit tissue.

Key words: Litchi; *Litchi chinensis* Sonn.; Liquid endosperm; Fruit abscission; Fruit growth

荔枝 (*Litchi chinensis*) 是原产我国的名优水果, 2003 年全国的荔枝种植面积和产量分别达到 55.19 万 hm^2 和 112.38 万 t。近年来荔枝种植效益低, 其原因既与荔枝产量低而不稳有关, 也与果实大小、品质达不到市场要求有一定的关系。严重落果是造成产量低、不稳定的原因之一, 果个偏小降低了商品等级。果实脱落和果实生长 (包括种子和果实大小) 是否会受到液态胚乳的影响, 少有文献报告。吕柳新等^[1, 2] 对荔枝胚胎发育与落果的关系进行过观察, 认为胚胎败育是导致落果的主要原因, 并推测液态胚乳发育受阻是胚胎败育的直接原因。但对液态胚乳与果实发育之间的关系缺乏研究

收稿日期: 2005-06-10; 修回日期: 2005-08-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30370995)

和认识。

黄辉白等^[3,4]研究了荔枝各组织之间的相关性,提出了荔枝果实先长果皮后长果肉的“球皮对球胆效应”理论。此理论指出果皮是具假种皮类果实发育的重要相关因素,并推断果实组织间存在着种皮—果皮—假种皮的顺序性影响,果皮的发育又受控于液态胚乳生命期限。这些推断只是建立在各种直观(如果实各部分干、鲜质量)的相关性测定基础上,尚需通过专门试验加以验证。

Tukey^[5]用针刺法杀死桃和樱桃的胚(固态胚乳),发现在果实发育的早期之前杀胚会影响到果实发育和导致落果,而在后期之后杀胚则不影响果实正常发育,证明桃和樱桃果实后期发育成熟不依赖于胚乳。本研究中拟参照上述方法,以“种子正常型”荔枝果实为试材,进行针刺和抽掉液态胚乳的试验,考察液态胚乳对胚的发育、果实脱落和果实生长发育的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

10年生种子正常型品种‘白蜡’荔枝(*Litchi chinensis* Sonn ‘Baila’)取自华南农业大学荔枝试验园。分别在两个时期(花后30 d和36 d)在同一株树上选15个果穗,每个果穗用游标卡尺选3个纵横径大体一致的果实挂牌,其余的果实均疏除。每个果穗为1个试验单元,作为1次重复,共15次重复。每试验单元的3个果分别进行以下3种不同处理。1.针刺抽乳:用9号医用注射器针头从果顶部插入,刺破种皮进入种皮腔,把液态胚乳吸出,用凡士林封住针孔口;2.针刺不抽乳:用9号医用注射器针头在果顶部插入,刺破种皮进入种皮腔,但不抽出液态胚乳,拔出针头后用凡士林封住针孔口;3.对照:不作任何处理。

1.2 数据收集与统计

每个果实用红色漆点标记纵横径测量位置,每时期处理开始时及其后间隔2~3 d统计坐果数和测量果实的纵横径。荔枝果实鲜质量与纵横径的平均值呈极显著的曲线相关($R^2 = 0.9983$)^[6],因此,果实生长以纵横径的平均值来表示。果实脱落以累积落果率(cumulative abscission rate, CAR)计算, $CAR(\%) = (N_0 - N_t) / N_0 \times 100$,其中 N_0 为处理0 d调查时的果实总数, N_t 为处理后t d调查时的果实总数。用SPSS 11.50统计分析软件进行数据统计。

2 结果与分析

2.1 不同发育时期针刺抽乳与不抽乳处理对落果的影响

针刺抽乳和针刺不抽乳处理均造成大量落果,处理后2~4 d,前者落果率略高,总体而言两者无甚差异,但均明显高于对照(图1)。从两个处理时期来看,花后30 d处理的落果严重,至处理后8 d的累积落果率达到93.3%(图1, A),而花后36 d处理的至处理后15 d的累积落果率为73.3%~80%(图1, B)。说明早期(花后40 d之前)种子中种皮和液态胚乳的发育对坐果非常重要,越早伤害种皮造成的落果越严重。

2.2 不同发育时期针刺抽乳与不抽乳处理对果实生长的影响

在花后30 d(图2, A),两种针刺处理均严重抑制果实的发育,处理后2 d,针刺抽乳和针刺不抽乳处理以及对照果实纵横径均值的增量分别为 $0.22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $0.32 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $0.81 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,经邓肯氏新复极差检验,两处理显著低于对照,处理间差异不显著,处理后4 d,两处理的果实基本停止发育,对照果实则正常生长。对于花后36 d的处理(图2, B),处理后2 d果实纵横径均值的增量与花后30 d处理的果实相比较为相近,但其后的果实还能维持一定的生长,即随后果实生长受抑制的程度比花后30 d处理的轻,说明早期(花后40 d之前)液态胚乳和种皮的发育对果实生长的作用更大。

2.3 针刺抽乳与不抽乳处理对果实及其各部分鲜质量的影响

处理后13 d和35 d测定的结果(表1)表明,两种处理的全果、果皮、假种皮、种皮和胚的鲜

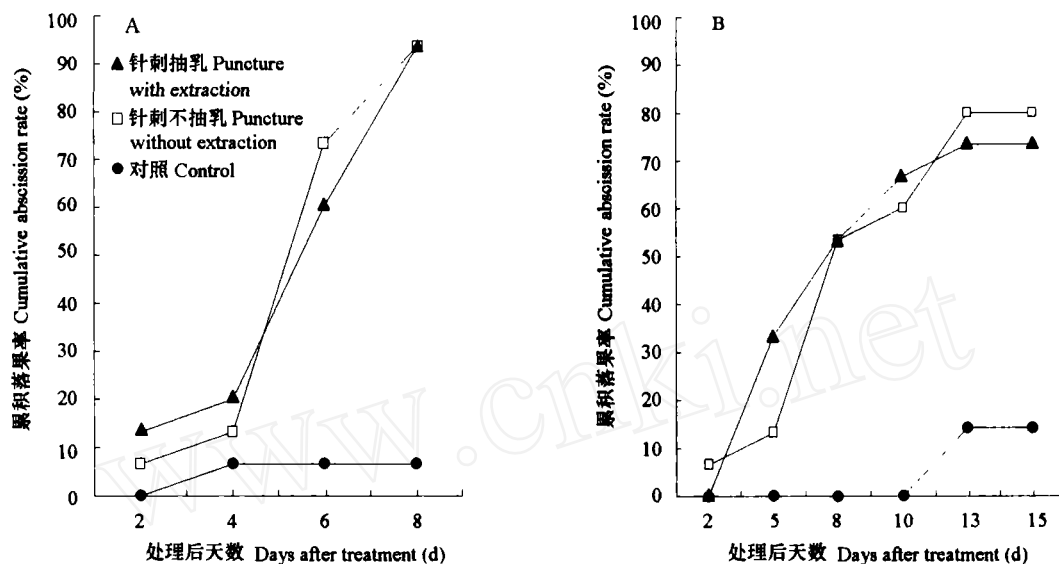


图 1 花后不同时期抽乳与不抽乳处理对 '白蜡' 荔枝果实落果的影响

A: 花后 30 d; B: 花后 36 d.

Fig 1 Effects of puncture with and without extraction of liquid endosperm within a seed on fruit drop rate of 'Baik' litchi at different days after anthesis

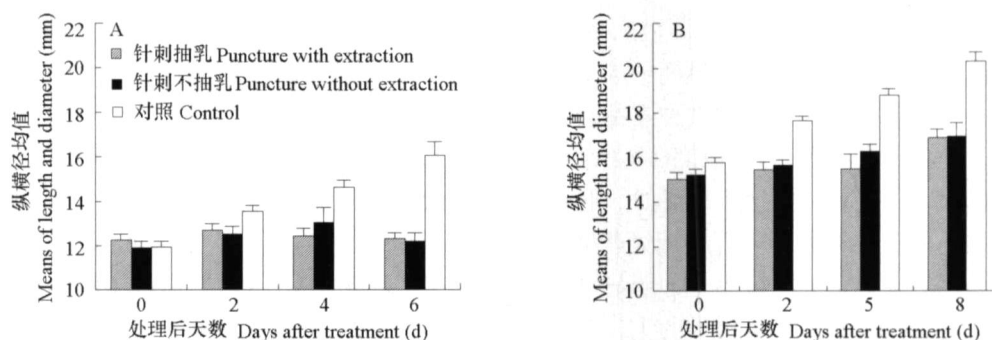
A: The treatment at the 30th DAA; B: The treatment at the 36th DAA.

图 2 花后不同时期抽乳与不抽乳处理对 '白蜡' 荔枝果实生长的影响

A: 花后 30 d; B: 花后 36 d; 竖线柱表示标准误, $n=7 \sim 15$ 。

Fig 2 Effects of puncture with and without extraction of liquid endosperm within a seed on fruit growth of 'Baik' litchi at different days after anthesis (DAA)

A: The treatment on the 30th DAA; B: The treatment on the 36th DAA; Vertical bars are SE, $n=7 \sim 15$.

表 1 抽乳和不抽乳处理对 '白蜡' 荔枝果实、果皮、假种皮、种皮和胚鲜质量的影响

Table 1 Fresh mass of fruit, pericarp, aril, seedcoat and embryo as affected by the puncture with and without extraction of liquid endosperm within a seed of 'Baik' litchi

处理 Treatment	处理后 (After treatment) 13 d					处理后 (After treatment) 35 d				
	全果	果皮	假种皮	种皮	胚	全果	果皮	假种皮	种皮	胚
	Fruit	Pericarp	Aril	Seedcoat	Embryo	Fruit	Pericarp	Aril	Seedcoat	Embryo
针刺抽乳 Puncture with extraction	1.21 b	0.76 b	0.14 b	0.31 b	0 c	14.8 b	2.6 b	11.8 b	0.4 b	0 c
针刺不抽乳 Puncture without extraction	1.77 b	1.00 b	0.34 b	0.33 b	0.10 b	15.7 b	2.8 b	12.0 b	0.42 b	0.48 b
对照 Control	5.26 a	1.95 a	1.38 a	0.74 a	1.19 a	22.8 a	4.0 a	16.0 a	0.81 a	1.99 a

注: 处理在花后 36 d 进行, 同一列数字后不同英文字母表示差异显著性达到 $\alpha=0.05$ 水平 (DMRT, $n=3 \sim 10$)。Note: Treatments were conducted on the 36th day after anthesis. Means within a column followed by different letters differ significantly at $\alpha=0.05$ (DMRT, $n=3 \sim 10$).

质量均显著低于对照,两处理间的显著差异主要体现在对胚发育的影响,针刺抽乳处理由于液态胚乳被抽出导致胚败育,而针刺不抽乳处理则有胚的部分发育,虽然针刺不抽乳处理的果实及各部分鲜质量一般略大于针刺抽乳处理,但未达到统计上的显著水平。处理后 35 d 的果实已接近成熟,经分析各部分质量发现:针刺抽乳处理导致形成种子败育、小果皮的小果实;针刺不抽乳处理导致形成小核(胚发育极不充分)、小果皮的小果;对照则产生正常大核种子的正常大小的果实。由此可以看出,即使抽掉液态胚乳,果实只要能生长成熟,假种皮仍可以充满果皮提供的生长空间,说明至少在处理时起(花后 36 d)假种皮的发育不依赖于液态胚乳和胚的存在,其果实变小则应该是由于果皮发育受限制引起,而果皮的正常发育受种皮正常发育的影响大于受胚发育程度的影响。本结果直接证明荔枝液态胚乳的正常发育是保证胚发育的必要条件。

3 讨论

荔枝受精后的极核在花后 3~6 d 内开始分裂,发育成胚乳,胚乳为核型,不能形成胚乳细胞,只有胚乳核^[7]。因其胚乳成液体状,故称之为液态胚乳。荔枝焦核品种‘绿荷包’在授粉后 10 d,胚囊内只见极少量液态胚乳^[1];叶秀彝等^[8]观察到种子完全败育型‘糯米糍’的胚乳核 26 个左右时即停止分裂;作者在花后 17~24 d 徒手切开‘糯米糍’的种皮只观察到液态胚乳的痕迹,无法用滤纸吸出称量。这些观察结果说明完全败育型品种的液态胚乳期限极短,数量极少,以致不能够启动合子的分裂。在荔枝生产中,焦核品种(如‘糯米糍’)的落果严重现象远胜于大核品种(如‘淮枝’)。作者对同一果园同一花期的‘糯米糍’和‘淮枝’(正常种子品种)的调查表明,花后 7~35 d (35 d 为‘淮枝’液态胚乳盛期)的落果率,前者比后者少 2.3 倍。此时切开新鲜或即将落果的‘淮枝’种皮发现,种皮腔内的液态胚乳大多已干枯,而正常未落果的种腔内则充满着液态胚乳。本研究的针刺抽乳试验进一步证实,早期(花后 40 d 之前)种子中液态胚乳和种皮发育对果实的坐果非常重要,所以越早抽乳处理或刺破种皮都会造成落果越严重。

胚乳是营养和激素中心,胚乳和胚的关系在绝大多数被子植物中均表现为初生胚乳迅速分裂时,合子处于静止状态,胚乳生长速度减慢时,胚的生长才加快,即胚的生长速度与胚乳不断供应营养有关^[8]。针刺抽乳处理和针刺不抽乳处理显著减少坐果率和降低果实的生长,且花后 30 d 比花后 36 d 处理的落果和果实生长受抑的现象更加明显(图 1 和图 2)。两种处理虽然均抑制了种皮和果皮的发育,但假种皮还是充满了果皮所提供的生长空间,其主要差别体现在对胚发育的影响方面,针刺抽乳处理导致产生焦核种子的小果,针刺不抽乳处理导致产生小核种子的小果,不作任何处理的对照则正常发育成大核的正常大小果实(表 1)。因此,本研究为以下观点提供了直接的证据:(1)液态胚乳的正常发育是保证胚和果实正常发育的重要前提;(2)荔枝果实发育期间各部分存在“种皮 果皮 假种皮”顺序性影响关系^[3];(3)胚的存在对假种皮的发育无直接的影响^[4]。

参考文献:

- 1 吕柳新,陈荣木,陈景录.荔枝胚胎发育过程的观察.亚热带植物通讯,1985,5(1):1~5
L ÜL X, Chen R M, Chen J L. Observation on the embryo development in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Subtropical Plant Research Communication, 1985, 5 (1): 1~5 (in Chinese)
- 2 吕柳新,余小玲,叶明志,肖振通.荔枝胚胎发育机制的探讨.福建农学院学报,1989,8(2):149~155
L ÜL X, Yu X L, Ye M Z, Xiao Z T. Studies on the mechanism of the embryonic development in litchi. Journal of Fujian Agricultural University, 1989, 8 (2): 149~155 (in Chinese)
- 3 Huang H B, Xu J K. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. Sci Hort, 1983, 19: 335~342
- 4 Huang H B, Qiu Y X. Growth correlations and assimilate partitioning in the arillate fruit of *Litchi chinensis* Sonn. Aust J. Plant Physiol, 1987, 14: 181~188
- 5 Tukey H B. Development of cherry and peach fruits as affected by destruction of the embryo. Bot Gazette, 1936, 98 (1): 1~24

- 6 李建国, 黄旭明, 黄辉白. 荔枝果实生长数学模型. 见: 雷建军, 陈日远, 陈厚彬主编. 园艺学进展. 广州: 广州出版社, 2002. 190 ~ 196
- Li J G, Huang X M, Huang H B. Optimum mathematical model for litchi fruit growth. In: Lei J J, Chen R Y, Chen H B ed. Advances in Horticulture. Guangzhou: Guangzhou Press, 2002. 190 ~ 196 (in Chinese)
- 7 叶秀彝, 王伏雄, 钱南芬. 荔枝的胚胎学研究. 云南植物研究, 1992, 14 (1): 59 ~ 65
- Ye X L, Wang F X, Qian N F. Embryological studies on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Acta Botanica Yunnanica, 1992, 14 (1): 59 ~ 65 (in Chinese)
- 8 Nitsch J P, Pratt C, Nitsch C. Natural growth substance in Concord and Concord seedless grapes in relation to berry development. Am. J. Bot., 1960, 47: 566 ~ 576

一个三倍体杂种含笑植株的细胞学观察

王亚玲^{1,2} 张寿洲^{2*} 张文辉¹ (¹西北农林科技大学, 杨凌 712100; ²深圳仙湖植物园, 深圳 518004)

A Cytological Observation on Triploidy Hybridized Plant of *Michelia*

Wang Yaling^{1,2}, Zhang Shouzhou^{2*}, and Zhang Wenhui¹ (¹Northwest Sci-Tech University of Agricultural and Forestry, Yangling 712100, China; ²Shenzhen Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen 518004, China)

关键词: 含笑; 三倍体; 细胞学鉴定

中图分类号: S 685 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 01-0027-01

含笑属 (*Michelia*) 约 50 余种, 有 38 种进行过细胞学研究, 都为二倍体, 即 $2n = 2x = 38$, 染色体数目稳定, 没有多倍体和非整倍性的变化。2002 年作者通过常规人工杂交获得了一批木兰科植物杂交实生苗, 在对杂交后代进行细胞学鉴定时, 发现了 1 株含笑属的三倍体杂交实生苗 [兰屿含笑 *M. compressa* (Maxim.) Sargent var. *lanyuensis* S. Y. Lu × 金叶含笑 *M. foveolata* Merr. ex Dandy]。细胞学研究结果见图 1。

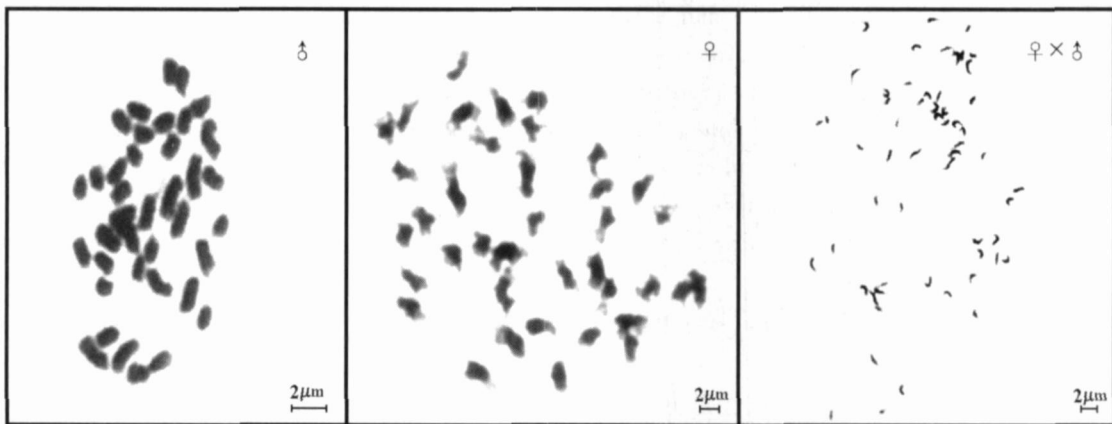


图 1 杂种含笑及其父母本有丝分裂中期染色体

Fig. 1 Micrographs somatic chromosomes at metaphase of hybridized plant and its parents

杂交后代的形态特征 该杂种叶椭圆形、倒卵状椭圆形, 长 9 ~ 15 cm, 宽 4 ~ 7 cm, 先端骤尖到小凸尖, 基部宽楔形, 侧脉在叶面上略凹, 或平, 网脉不明显, 叶柄长 1.2 ~ 2.0 cm, 无托叶痕, 芽、小枝、叶柄具金褐色柔毛, 小枝绿色具白色皮孔。杂种叶形类似母本兰屿含笑, 但先端骤尖, 与父本金叶含笑相同。该杂种生长速度快, 具有极高的杂种优势, 2.5 年生苗高达到 170 cm, 地径达 2.4 cm。

杂交后代的染色体 母本兰屿含笑和父本金叶含笑的染色体均为 $2n = 2x = 38$, 为二倍体, 但它们杂交后代不是父母本染色体数目一半之和的二倍体, 而是 $2n = 3x = 57$, 为三倍体。可能由于父本的花粉母细胞在减数分裂时出现异常, 形成了二倍体的可育孢子, 交配后形成三倍体植株。

不同植物未减数配子的发生频率是不同的, 一般营养繁殖的多年生植物具有较高的未减数配子的发生频率。自然界中含笑属都为有性繁殖, 形成二倍体配子的几率极低, 所以至今在含笑属中还未有三倍体植株的报道, 但可以推断, 自然界中存在过含笑属的三倍体或其他倍性的个体。

收稿日期: 2005 - 06 - 20; 修回日期: 2005 - 09 - 07

*通讯作者 Author for correspondence. 仙湖植物园何子灿研究员为本试验提供技术指导, 在此深表谢意。