

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.02.006

桂味荔枝花器官的发生和发育过程研究

许淑珺^{1,2}, 吴林芳¹, 胡晓颖¹, 徐信兰¹, 沈浩^{1*}, 叶万辉¹

(1. 中国科学院 华南植物园 植物资源保护与可持续利用重点实验室,
广州 510650; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用 SV11 立体显微镜和 JSM-6360LV 型扫描电镜观察‘桂味’荔枝花器官的发生和发育过程。结果表明:花序原基最先发生,然后形成数个大小不等的单花原基;4个萼片原基的发生不同步,其中一侧对位先发生;6~10枚雄蕊原基以轮状方式几乎同时发生;心皮原基最后发生,2~3枚(稀4枚)心皮原基同时出现,随后进行侧向生长,逐渐合拢形成子房。雌花中,花柱、柱头分化明显,雄蕊退化。雄花中,花丝细长,花药饱满,雌蕊退化或发育不完全。两性花中,雌雄蕊发育完全。花粉粒近球形,具3孔沟,表面为条纹状纹饰。

关键词: 荔枝;花器官发生;花发育

中图分类号: Q944.58;S667.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)02-0167-06

Floral organogenesis and development of *Litchi chinensis* Sonn. cv. Guiwei

XU Shu-Jun^{1,2}, WU Lin-Fang¹, HU Xiao-Ying¹,
XU Xin-Lan¹, SHEN Hao^{1*}, YE Wan-Hui¹

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Floral organogenesis and development of *Litchi chinensis* Sonn. cv. Guiwei were studied under an SV11 stereomicroscope and JSM-6360LV scanning electron microscope. The results showed that the inflorescence primordium was initiated firstly, followed by the formation of several unequal flower primordia. Later, the four sepal primordia were formed asynchronously with the initiation of one of the para-positions preceding the other one. Then, six to ten stamen primordia were initiated in whorls simultaneously. Finally, carpel primordia initiated; two or three (rarely four) carpel primordia appeared simultaneously and closed up gradually to form the ovary. In the female flowers, stigma and style were obviously differentiated and the stamens were degenerative. In the male flowers, the stamens grew normally but the ovary was degenerative. In hermaphrodite flowers, stamens and pistil fully developed. The pollen grains were spherical with three germinal furrows and sculptures are striate.

Key words: *Litchi chinensis*; floral organogenesis; floral development

荔枝(*Litchi chinensis*)隶属于无患子科(Sapindaceae)荔枝属,是典型的南亚热带常绿果树,产于

我国西南部、南部和东南部,尤以广东和福建南部栽培最盛(陈封怀,1987),在国内外水果市场上占有重

① 收稿日期: 2011-08-26 修回日期: 2011-12-26

基金项目: 中国科学院青年基金(201012); 中国科学院仪器设备功能开发技术创新项目(yg2010079); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(0921171001)[Supported by Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, CAS(201012); Technology Innovation Program of Functional Development of Instrument and Equipment of Chinese Academy of Sciences(yg2010079); Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences(0921171001)]

作者简介: 许淑珺(1985-),女,山东荣成人,硕士,主要从事植物繁殖生物学和生理生态学研究,(E-mail)xushujun1314@163.com。

*通讯作者: 沈浩,男,博士,主要从事保护生态学和植物生理生态学研究,(E-mail)shenhao@scbg.ac.cn。

要的地位。但其生产上长期存在花多实少、产量低且不稳定的问题,严重制约着荔枝产业的发展。

近年来,国内外关于如何提高荔枝产量的研究取得一定进展,如通过荔枝胚胎发育期内源生长调节物质的动态和植物生长调节剂的应用研究,为提高荔枝座果率提供了理论依据及应用技术(肖华山等,2003,2006;朱广文等,2010);提出以化控为主的保果增产的综合技术措施(黄宏芬等,2009;陈洪民等,2010),收到明显的经济效益。由于荔枝花芽分化时间不易把握以及前期材料处理困难等原因,目前的研究多数停留在花芽分化后期即胚胎发育期上(陈伟等,2001;邓朝军等,2006;张以顺等,2003),而对其早期花芽分化过程与花器官形态结构的研究较少。花芽分化是植物开花多少和质量好坏的基础,是有花植物发育中的关键阶段。花芽的数量和质量则直接影响经济作物的经济价值。掌握花芽分化规律,是调控花期以及确定采收期的基础。

本文以桂味荔枝(*Litchi chinensis* Sonn. cv. Guiwei)为研究对象,从显微和亚显微结构水平上观察了其花芽形态分化的具体过程,旨在为人工控制花的性别分化、提高雌花比例、调整开花期等提供形态解剖学依据,同时也为引种栽培和栽培管理措施的制定提供基础数据。

1 材料和方法

于2011年3~4月在广东省东莞植物园荔枝研究基地,采集不同发育时期的桂味荔枝花序及花蕾,于4%戊二醛溶液中固定24h以上(4℃)。发育早期的花芽在体视显微镜下去掉外层苞片以后经0.1mol/L磷酸缓冲液处理,酒精梯度脱水(30%、50%、70%、80%、90%、100%),最后在叔丁醇中冷冻。JFD-310真空冷冻干燥仪干燥后,用双面碳胶带固定在样品台上,JFC-1600离子溅射仪镀金膜,在JSM-6360LV型扫描电镜下观察和拍照。发育后期的花芽直接用SV11立体显微镜观察、拍照。

2 结果与分析

2.1 成熟的花部形态

荔枝的花序为圆锥花序,顶生或侧生,由主轴、侧轴及小穗组成。每三朵小花并生于一小分枝上起始凹陷,两端相对凸起,则凸起的部位即为心皮原

成一小穗,两小穗间常有一朵单花存在(图版I:1),数个小穗构成一个侧轴,多个侧轴着生于花轴上构成花序。荔枝花型小,花瓣退化,花萼合生,盘状,有的边缘反卷。雌蕊及雄蕊着生在花盘上。荔枝多为雌雄异花,着生在同一花穗上,仅有极少数的小穗同是雄花或雌花。

2.2 花序的发生和发育

花芽由成熟结果母枝的顶芽或近顶端的腋芽由营养生长转入生殖生长后形成。花芽形成后分化成花序原基(图版I:2),随即开始进行花序分化:花序主轴不断伸长,其上相继产生各级侧花序。之后单花原基出现(图版I:3),单花花器的分化开始。

2.3 萼片的发生和发育

单花原基出现后首先分化出2个萼片原基(图版I:4),接着在另一侧又分化出2个萼片原基,4个萼片原基包裹着内部的单花原基(图版I:5)。在萼片原基发育的同时,单花原基也开始分化形成球形花顶(floral apex)(图版I:6)。萼片原基发生时上部分离,下部合生。随着细胞分裂活动的加强,分离的萼片部分逐渐合拢,至雄蕊原基出现时萼片已完全合拢,包裹着单花原基。

2.4 雄蕊的发生和发育

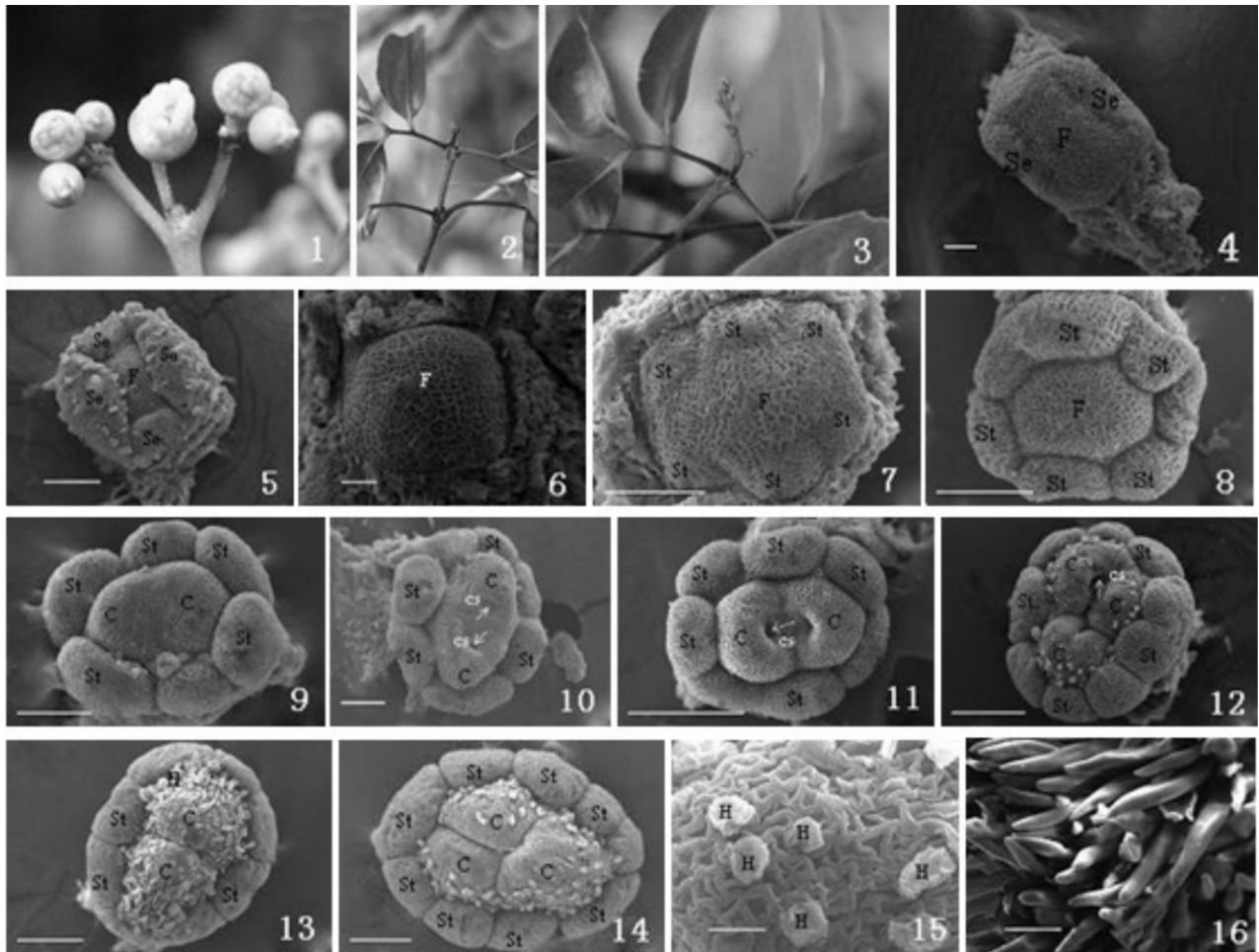
单花原基进一步膨大后,6~10枚雄蕊原基以轮状的方式几乎同时发生(图版I:7)。雄蕊原基发生后,迅速发育,在心皮原基发生前雄蕊已经发育成半球形或椭圆形(图版I:8)。

2.4.1 雄花中雄蕊的发育 在心皮合拢的过程中,雄蕊分生组织的活动加强。其在不断伸长的同时,也逐渐变的饱满。当心皮表面布满茸毛时,花药雏形已经形成,且花药的高度要高于心皮(图版II:3),但此时还未见花丝的发育。随着雄蕊的继续分化,花丝缓慢伸长,花药也趋于成熟。发育完全的雄蕊中,花丝细长被覆茸毛;花药充实饱满,药壁细胞呈棱形,纹饰排列整齐,多四室,纵裂(图版II:12)。

2.4.2 雌花中雄蕊的发育 在心皮原基靠拢的过程中,花药亦进行着发育,但速度缓慢。当花柱伸长时,花药的大部分仍包裹在合生的萼片内,此时花药四室尚未形成,也未见到花丝的发育。当雌蕊发育成熟时,花药仍呈不充盈状态,紧贴于子房基部,花丝极短(图版II:7)。

2.5 雌蕊的发生和发育

当雄蕊发育成半球形或椭圆形时,花顶中部开基,数量2~3枚(稀4枚)(图版I:9),随后心皮原



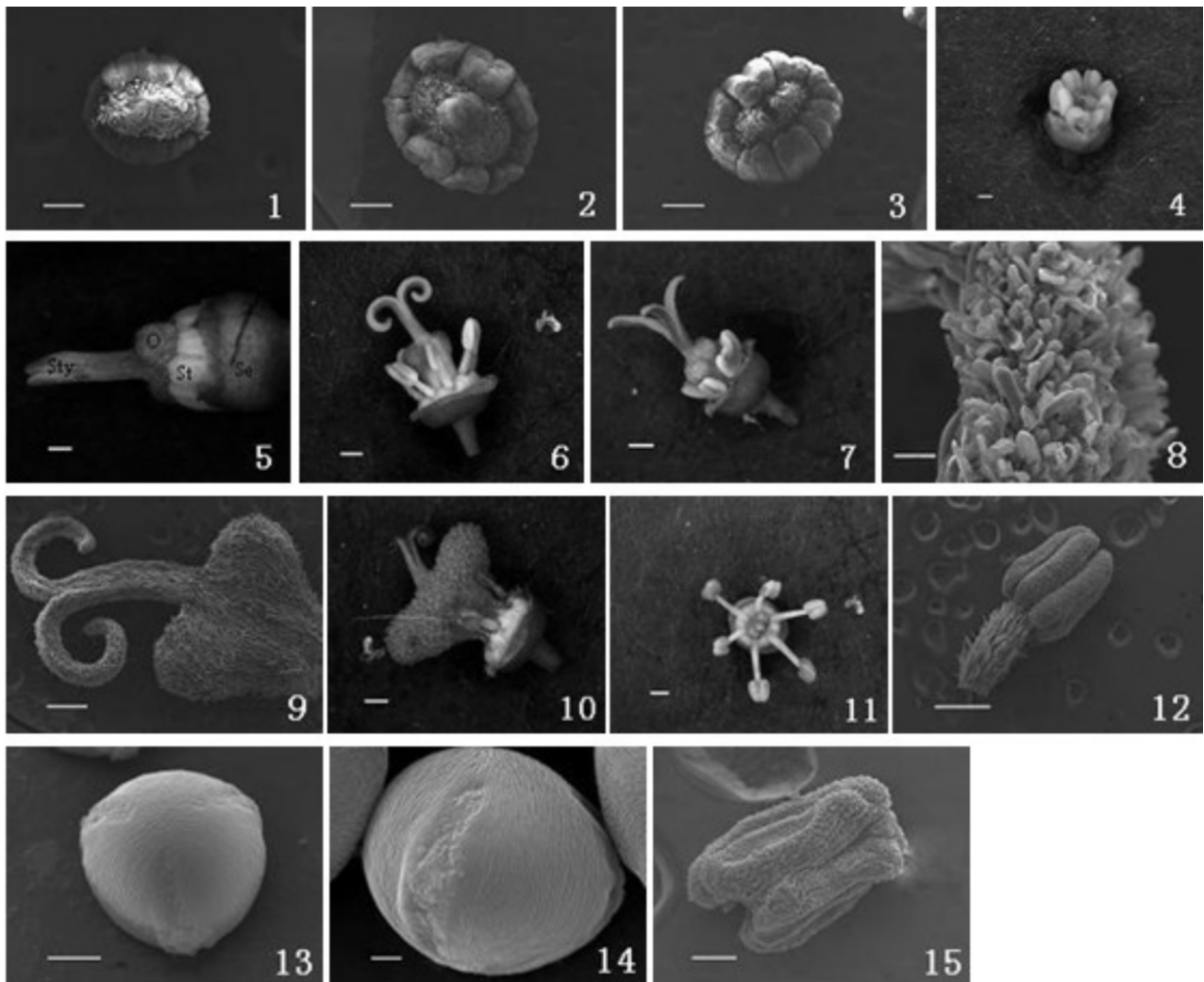
图版 I 1. 两小穗间的单花; 2. 花序原基出现; 3. 花序原基发育过程, 示花序主轴伸长, 各级侧花序形成, 单花原基出现; 4. 5. 萼片原基发生和发育; 6. 球形花顶; 7. 8. 雄蕊原基的发生和发育; 9. 花顶中部凹陷, 心皮原基发生; 10. 心皮原基近轴面出现浅凹(箭头所指); 11-12. 心皮变细长, 凹槽进一步加深(箭头所指); 13-14. 心皮逐步合拢, 形成子房; 15. 心皮茸毛发生; 16. 发育成熟的心皮茸毛。Se: 萼片; F: 花顶; St: 雄蕊原基; C: 心皮原基; CS: 凹槽结构; H: 茸毛。标尺 4, 6=20 μm ; 标尺 5, 7, 8, 9, 10, 16=50 μm ; 标尺 11, 12, 13, 14=100 μm ; 标尺 15=10 μm 。

Plate I 1. Single flower between two spikelets; 2. Initial stage of inflorescence primordia; 3. Development of the inflorescence primordia, showing the elongation of inflorescence axis, the formation of lateral inflorescence and the initiation of single floral primordium; 4. 5. Initiation and development of sepal primordia; 6. Dome shaped floral apex; 7. 8. Initiation and development of stamen primordia; 9. Center of floral apex is sunken and carpel primordia initiate; 10. Slight concaves on the adaxial side of carpels (arrows); 11-12. Spindly carpels and concaves forming grooves (arrows); 13-14. Carpels close up gradually and ovary is formed; 15. Initiation of carpel hairs; 16. Mature carpel hairs. Se: sepal primordia; F: floral apex; St: stamen primordia; C: carpel primordia; CS: concave structure; H: hair. Scale bars: 4, 6=20 μm ; 5, 7, 8, 9, 10, 16=50 μm ; 11, 12, 13, 14=100 μm ; 15=10 μm .

基近轴面出现浅凹(图版 I :10; 箭头)。此后原基开始进行侧向生长, 原基在增高的同时也逐渐变长, 进而在近轴面出现凹槽(图版 I :11~12; 箭头)。

2.5.1 雌花中雌蕊的发育 心皮原基在发生的开始是分离的。随着发育的进行, 2~3 枚心皮原基逐渐合拢共同构成一个 2 室或 3 室的子房(图版 I :13-14)。当心皮原基合拢后, 心皮表面逐渐长出茸毛。刚萌动的茸毛细胞体形状不规则, 多扁平状, 颜色为白色近似透明(图版 I :15)。随着子房的发育, 茸毛也逐渐伸长。成熟的茸毛饱满坚挺, 圆柱状, 顶端尖

锐, 表面有白色的小乳突(图版 I :16)。当子房表面完全被茸毛覆盖时, 子房的高度高于花药(图版 II :1)。随后子房中部的茸毛出现了向中央聚集生长的现象。随着一段时间的聚集生长, 在子房的中央部位出现一个明显的突起(图版 II :2), 这一突起即为花柱和柱头的原基。突起出现后, 继续分化, 伸长形成花柱(图版 II :5)。成熟的花柱顶端开裂(2 裂或 3 裂), 向外卷曲形成柱头(图版 II :6-7)。柱头近轴面白色, 为一些柱状体细胞(图版 II :8); 远轴面浅绿色, 密布有茸毛。在子房发育初期, 整个雌蕊的表面



图版 II 1. 子房表面布满茸毛,且子房的高度高于花药; 2. 花柱和柱头原基出现; 3. 心皮并未合拢,表面布满茸毛,花药的高度高于心皮; 4. 雄花中子房中央的突起; 5. 花柱伸长; 6. 成熟的两性花; 7. 成熟的雌花; 8. 柱头近轴面柱状体细胞; 9. 雌蕊表面密布茸毛; 10. 子房表面的瘤状物; 11. 成熟的雄花,其雌蕊停止发育; 12. 成熟的雄蕊,示花药和花丝; 13. 花粉粒极面观及花粉纹饰; 14. 萌发沟结构; 15. 败育的花药。Se: 萼片; St: 雄蕊; O: 子房; Sty: 花柱。标尺 1=200 μm ; 标尺 2,3,4,5,9,12=500 μm ; 标尺 6,7,10,11=1 mm; 标尺 8=50 μm ; 标尺 13=5 μm ; 标尺 14=2 μm ; 标尺 15=100 μm 。

Plate II 1. Surface of the ovary is covered with hairs and the ovary is higher than the anthers; 2. Initiation of the style and stigma; 3. Surfaces of carpels are covered with hairs but the carpels do not close up. The anthers are higher than the carpels; 4. Protuberance in the center of the ovary in male flower; 5. Development of the style; 6. Hermaphrodite flower; 7. Female flower; 8. Columnar cell on the adaxial side of the stigmas; 9. Surface of the pistil is covered with hairs; 10. Orbicular structures on the surface of the ovary; 11. Pistil stop developing in male flower; 12. Mature stamens, showing the anther and the filament; 13. Pollen grain, showing the shape and the sculpture in the proximal face; 14. Groove structure; 15. Abortive anthers. Se: sepals; St: stamens; O: ovary; Sty: style. Scale bars: 1=200 μm ; 2,3,4,5,9,12=500 μm ; 6,7,10,11=1 mm; 8=50 μm ; 13=5 μm ; 14=2 μm ; 15=100 μm .

都密布有茸毛(图版 II :9),随着子房的成熟,子房表面的茸毛逐渐稀疏,瘤状物清晰可见(图版 II :10)。
2.5.2 雄花中雌蕊的发育 心皮原基在发生的开始是分离的。在心皮合拢的过程中,心皮表面逐渐长出茸毛。当心皮表面布满茸毛时,心皮原基并未完全合拢(图版 II :3)。随着雄蕊的发育,心皮原基逐渐合拢,子房的中央也出现了一个小的突起(图版

II :4)。但在随后的发育中,突起停止发育或发育缓慢,在花柱尚未伸长时即停止分化,并停留在此状态(图版 II :11)。

2.6 花粉粒形态

在扫描电镜下观察,花粉粒近球形,极面观为具角状三角形(图版 II :13),具3孔沟,沟缘不整齐,沟内具少量瘤状突起(图版 II :14)。花粉粒表面为条

纹状纹饰。条纹细而长,排列较为密集。纹饰分布较为均匀。

2.7 不同类型花的发育趋势

扫描电镜下我们观察到心皮合拢的速度以及心皮表面茸毛的生长情况与花药的发育出现了不同步的现象,这可以作为花性判断的一个依据。在雌花中,当心皮合拢时,心皮表面的茸毛刚开始萌动,花药尚未发育成熟(图版 I:13-14);而在雄花中,当心皮还未合拢时,心皮表面已经布满茸毛,花药也已成形成(图版 II:3)。另外,花药的形态特征也可作为判断雌雄花的依据:雄花中,花药充实饱满,药壁细胞呈棱形,纹饰排列整齐(图版 II:12)。雌花中,花药不呈充盈状态,药壁细胞塌陷(图版 II:15)。

2.8 开花顺序

从开花的方位来说,树体阳面的花先开,阴面的花后开;顶部的花先开,中部和下部的花后开。这可能与树体接受光照的时间长短及温度有关,从理论上说,充足的阳光有利于植株枝、叶碳水化合物的积累,从而促进细胞分裂素形成,促进开花。研究表明荔枝在 10℃ 以上才开花,在 18~24℃ 开花最盛(陶忠良等,2001)。

就不同植株而言,同一时期开放花的类型存在差异。在所观察的树体中,有一半的树体按照雄花—雌花—雄花的开放顺序开花,个别树体出现了只开两期花的现象,开花顺序为雌花—雄花或雄花—雌花。我们推测这可能与树体的营养状况、内源激素含量以及开花枝条的老熟程度有关,具体原因有待进一步研究。

3 讨论

3.1 花的分类

对于荔枝花的分类,不同的学者有不同的分类方法。1984 年 Menzel 将荔枝花分为 3 种类型:功能性雄花(具有败育子房的两性花)、功能性雌花(具有不开裂花药的两性花)、雄花。陈杰忠(1998)将荔枝花分为 5 种类型:雌能花(子房、花柱、柱头分化明显,雄蕊退化)、不育雌花(子房和花柱分化,但较发育正常的雌花略小,柱头不分叉开裂或略微分叉,不分泌粘液,子房里没有胚珠或只有退化的胚珠,不能结实)、雄能花(雌蕊完全退化或雌蕊发育不完全的雄花,花丝长,花药壮,花粉饱满)、两性花(雌雄蕊发育完全,能授粉和受精结果的完全花,但此类花极

少)、变态花(雌蕊和雄蕊表现多样性的变态,不能授粉和受精结果)。通过观察我们倾向于将荔枝的花分为 3 类:雄花、雌花以及少数的两性花。雄花:花蕾较雌花小,雌蕊发育不完全或完全退化,花丝细长,花药饱满有弹性(图版 II:11);雌花:子房成熟圆润,花柱、柱头分化明显,雄蕊退化,花药紧贴子房,没见明显的花丝(图版 II:7);两性花:数量少,雌雄蕊都发育,柱头的位置高于花药,花丝比雄花的花丝短(图版 II:6)。

3.2 荔枝花芽分化特点

荔枝花芽分化是由叶芽的生理和组织状态转化为花芽的生理和组织状态,其中包括生理分化和形态分化。桂味荔枝的生理分化约在 9~11 月,是荔枝树体内生理机制的转化,这时受外界影响相对较弱。形态分化约在 11 月至翌年 4 月,从花序原基形成到整个花序分化完成,大约需要 4~5 个月时间,这段时间是连续进行的,中间没有休眠期,这时外界环境会直接影响花芽分化。研究证实,此时荔枝树暴露于冷而不结冰的温度下一定时间是诱导荔枝开花的最重要的环境因素(Batten 等,1995;Menzel 等,1995)。因此,在此阶段,栽培管理上应注意气候的变化,及时采取相应的措施,避免或减轻恶劣气候条件的危害。

本研究中观察到,桂味荔枝不同类型的花在发育初期是同步的,均有两性体原基的发育,但在雌雄蕊原基出现后存在不同步发育的现象,产生了雌雄蕊的特化和性别的歧异。这一结果与吕柳新等(1990)观察的‘蓝竹’荔枝花发育一致。因此,在雌雄蕊特化之前及时采取措施控制花性的可能性是存在的。荔枝俗有“十花一子”的称号,雌花量低、雌雄花期不相遇是造成荔枝低产的原因之一。针对荔枝花器官的发生与发育过程,本文采用扫描电镜技术,按照桂味荔枝花发育的时间先后顺序对不同类型的花的发育过程进行了研究,较为完整的描述了荔枝花整个发育过程中的组织学和细胞学变化,掌握了其形态建成规律,同时也明确了荔枝花的分类,了解了其开花顺序。另外,本研究还通过对比不同类型花同一器官的发育过程,初步掌握了不同类型花的发育趋势。系统了解荔枝花器官的发生和发育过程,对于人工控制花的性别分化,提高雌花比例,调整开花期,具有重要的理论和实践价值。

致谢 东莞植物园卓书斌在材料采集过程中给予了很大的帮助,中国科学院华南植物园曹洪麟老

师在论文写作过程中给予帮助,特此致谢。

参考文献:

- 吕柳新,陈景录. 1990. 荔枝雌雄性器官发育的相互消长[J]. 中国果树,1:9-12
- 陈杰忠,罗孝政. 1998. 荔枝花性调控研究进展[J]. 中国南方果树,27(6):26-27
- 陈洪民,方凯华,余丹青. 2010. “果保”对妃子笑荔枝果实产量和品质的影响[J]. 广东农业科学,(1):47-48
- 陈封怀. 1987. 广东植物志[M]. 广州:广东科技出版社,246
- 陶忠良,高爱平,周兆德. 2001. 气象条件对荔枝产量的影响研究综述[J]. 中国南方果树,30(4):29-31
- 黄宏芬,吕烈武. 2009. 多效唑在几种热带果树上的应用进展[J]. 现代农业科技,(6):25-26
- Batten DJ, McConchie CA. 1995. Floral induction in growing buds of Lychee(*Litchi chinensis*) and Mango(*Mangifera indica*) [J]. *Funct Plant Biol*, 22(5):783-791
- Chen W(陈伟), Lü LX(吕柳新), Huang CM(黄春梅), et al. 2001. Studies on ‘Wuye’ Litchi specific proteins in the embryo development stages(‘乌叶’荔枝胚胎发育过程特异蛋白的变化)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 28(6):504-508
- Deng CJ(邓朝军), Yi GJ(易干军), Zeng JW(曾继吾), et al. 2006. Cytologic observation of somatic embryogenesis in litchi(荔枝体胚发生过程中的细胞学观察)[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 23(5):760-762
- Menzel CM, Simpson DR. 1995. Temperatures above 20 degrees C reduce flowering in lychee(*Litchi chinensis*) [J]. *J Hort Sci*, 70(6):981-987
- Xiao HS(肖华山), Lü LX(吕柳新), Chen ZT(陈志彤). 2003. Dynamic changes of endogenous hormone in Litchi (*Litchi Chinensis*Sonn.) pistil and stamen during flower development(荔枝花发育过程中雌雄蕊内源激素的动态变化)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 9(1):11-15
- Xiao HS(肖华山), Lu LX(吕柳新), Chen ZT(陈志彤). 2006. Dynamic changes in polyamine, nucleic acid and proteins during the differentiation of Litchi(*Litchi chinensis*Sonn.) floral bud(荔枝花芽分化过程中多胺,核酸和蛋白质的动态)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 12(5):640-642
- Zhang YS(张以顺), Xiang X(向旭), Huang SZ(黄上志), et al. 2003. Changes in endogenous hormone and protein content during embryo abortion in Litchi(荔枝胚败育过程中内源激素与蛋白质含量的变化)[J]. *J Plant Physiol Mol Biol*(植物生理与分子生物学学报), 29(3):233-238
- Zhu GW(朱广文), Zhou T(周天), Yao S(姚石). 2010. Advances in the use of exogenous plant growth regulator on Litchi(植物调节剂在荔枝上的应用)[J]. *Agri Sci Tech*(农业科学与技术:英文版), 11(6):65-70
- 147(2):419-428
- Hou YL(侯义龙), Yu YJ(于亚军), Zhang LJ(张立娟), et al. 2006. The detection of PDV in Xiema Apricot by RT-PCR(逆转录-聚合酶链式反应技术检测“歇马杏”李矮缩病毒)[J]. *Guihaia*(广西植物), 26(6):626-627
- Kanyuka KV, Vishnichenko VK, Levay KE, et al. 1992. Nucleotide sequence of shallot virus X RNA reveals a 5'-proximal cistron closely related to those of potexviruses and a unique arrangement of the 3'-proximal cistrons[J]. *J Gen Virol*, 73(10):2553-2560
- Lu YW(鲁宇文), Shen JL(沈嘉乐), Wei CB(韦传宝), et al. 2006. Prokaryotic expression of OYDV and LYSV CP gene and preparation of the antisera against their CP(洋葱黄矮病毒和非葱黄条病毒外壳蛋白基因的原核表达及抗血清制备)[J]. *Bull Sci Tech*(科技通报), 22(5):638-641
- Ryabov EV, Generozov EV, Vetten HJ, et al. 1996. Analysis of the 3'-region of the mite borne filamentous virus genome testifies its relation to the shallot virus X group[J]. *Mol Biol*, 30:103-110 (Russia)
- Sumi S, Matsumi T, Tsuneyoshi T. 1999. Complete nucleotide sequences of garlic viruses A and C members of the newly ratified genus *Allexivirus*[J]. *Arch Virol*, 144(9):1819-1826
- Tsuneyoshi T, Matsumi T, Deng TC, et al. 1998. Differentiation of *Allium carlaviruses* isolated from different parts of the world based on the viral coat protein sequence[J]. *Arch Virol*, 143(6):1093-1107
- Tsuneyoshi T, Matsumi T, Natsuaki KT, et al. 1998. Nucleotide sequence analysis of virus isolates indicates the presence of three potyvirus species in *Allium* plants[J]. *Arch Virol*, 143(1):97-113
- Yao W(姚伟), Duan ZZ(段真珍), Chen YQ(陈义强), et al. 2007. Effects of virus infection on the photosynthetic rate and reactive oxygen metabolism of transgenic sugarcane with SCMV-CP gene(病毒侵染对转 SCMV-CP 基因甘蔗光合速率和活性氧代谢的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(1):95-99

(上接第 237 页 Continue from page 237)