

蕉木(*Oncodostigma hainanense*)内轮花瓣近轴面瘤状突起发育及功能

邵云云^{1,2}, 徐凤霞^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 中国科学院资源保护与可持续利用重点实验室, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 10049)

摘要: 为正确认识蕉木(*Oncodostigma hainanense*)内轮花瓣近轴面瘤状突起的发育和作用, 采用扫描电子显微镜(SEM)观察蕉木内轮花瓣近轴面瘤状突起的形成过程, 并采用光学显微镜(LM)观察经PAS染色反应的蕉木内轮花瓣半薄切片的结构。SEM观察发现, 蕉木花蕾在发育I期和II期其内轮花瓣近轴面无明显瘤状突起形成, III期有明显的瘤状突起形成, IV期瘤状突起发育成熟并布满整个内轮花瓣近轴面; LM观察发现, 多糖类物质随蕉木内轮花瓣近轴面瘤状突起的发育而增多, 并向瘤状突起周边细胞集中; 体视显微镜下观察到有蓟马的幼虫在开放的花瓣瘤状突起间活动, 但并没有发现瘤状突起表面有泌蜜孔及多糖类物质。推测蕉木内轮花瓣近轴面瘤状突起为访花者提供了繁殖、产卵和孵卵的场所并为它们提供了一定的食物来源(多糖物质)。

关键词: 蕉木; 瘤状突起; 发育; 多糖; 繁殖场所

中图分类号: Q944

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2015)05-0595-07

Development and Function of the Strumae on the Adaxial Sides of the Inner Petals of *Oncodostigma hainanense*

SHAO Yun-Yun^{1,2}, XU Feng-Xia^{1*}

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

Abstract: Scanning electron microscope (SEM) and light microscope (LM) were used to examine the development and function of the strumae on the adaxial sides of the inner petals of *Oncodostigma hainanense*. We found that no struma formed at stage I and II of bud development. However, obvious strumae were formed at stage III, which protruded outwards from the plane of tissue. Strumae were fully developed at stage IV. The periodic acid-schiff (PAC) reaction indicated that polysaccharides increased with the formation of strumae and were mainly distributed in cells around the strumae at stage IV. We have observed some thrip larvae among mature strumae, but no secretive opening or secretion on the surface of the strumae was found. We speculated that the strumae on the adaxial sides of the inner petals provided flower visitors a nutritious and safe place for mating, oviposition, brooding and perhaps some food such as polysaccharides.

Key words: *Oncodostigma hainanense*; Strumae; Development; Polysaccharides; Mating site

番荔枝科(Annonaceae)是木兰目(Magnoliales)中最大、最进化的一个科, 并与木兰科(Magnoliaceae)和肉豆蔻科(Myristicaceae)的亲缘关

系较近^[1]。番荔枝科约有108属2400余种, 主要为泛热带分布的乔木、灌木和藤本^[2]。中国约有24属120余种^[3], 主要分布于华南及云南南部地

收稿日期: 2015-05-26, 退修日期: 2015-06-28。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(Y211091001); 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室基金资助项目(201216ZS)。

作者简介: 邵云云(1988-), 女, 博士研究生, 研究方向为植物结构与发育生物学(E-mail: yyshao@scbg.ac.cn)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: xfx@scib.ac.cn)。

区。该科植物花瓣多为6片，分内外2轮^[4]；多数种类的花为黄绿色，成熟时变为橘黄色，最后变为黄白色，少数种类为红色、紫红色或白色花^[5]。花瓣多为肉质，少数为膜质和纸质。肉质花瓣变干后常为革质、纸质或少数为木质^[5]。

番荔枝科蕉木属(*Oncodostigma*)包含4个种，主要分布于马来西亚、印度尼西亚，中国、越南也有少量分布。我国仅有蕉木(*Oncodostigma hainanense*)1种，为常绿乔木，高达15 m，胸径约50 cm，分布于海南和广西部分地区，常散生于山地热带雨林低海拔的沟谷两侧。其小枝、小苞片、花梗、萼片外面、外轮花瓣两面、内轮花瓣外面和果实均被锈色柔毛。该物种为濒危种，因森林砍伐和农垦开发的影响使其分布区域急剧缩小，植株极为稀少，若不加以保护将有灭绝的危险。

目前对蕉木的研究较少，主要开展了生物多样性调查^[6]、叶片形态观察^[7]以及生物化学活性^[8]等方面的研究。刘永等对蕉木花粉形态观察发现，其为单花粉、花粉小型、覆盖层无穿孔，覆盖下层为过渡层^[9]。有研究发现，蕉木的内轮花瓣较外轮花瓣略厚而短，外被锈色柔毛，内凹呈瓢状，并有多数瘤状突起^[3]，但对蕉木内轮花瓣近轴面瘤状突起的发育及其作用的研究尚无报道。本研究采用扫描电子显微镜(SEM)和光学显微镜(LM)首次对蕉木内轮花瓣瘤状突起的形态和结构进行观察，通过认识内轮花瓣上瘤状突起的发育过程并对其作用机理进行探讨，以期为蕉木花的发育研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

从海南霸王岭自然保护区采集蕉木(*Oncodostigma hainanense*)不同发育阶段的花蕾，储存于70% FAA(70% 酒精：甲醛：冰醋酸=90:5:5)中。蕉木凭证标本(阳桂芳(Yang G.F.)2012051704)保存于中科院华南植物园标本馆(IBSC)。

1.2 实验方法

1.2.1 扫描电镜观察

从FAA中取出不同发育阶段的蕉木花蕾，剥

离出内轮花瓣，并将不同发育时期的内轮花瓣切成2 mm×2 mm的小块。将切好的小块内轮花瓣材料放入2.5%戊二醛中固定3次，每次约6~8 h，置换出材料中的FAA(将离心管中的FAA吸取干净，然后加入戊二醛，6~8 h后将离心管中的戊二醛吸出；再次加入新的戊二醛，并放入真空泵中抽气，目的是抽出材料中的空气，使戊二醛固定液进入到材料内部；6~8 h后再次吸出戊二醛，加入新的戊二醛固定液，以保证实验材料完全由戊二醛固定液固定)。取出经戊二醛固定后的材料，用0.1 mol/L 磷酸缓冲液冲洗3次，每次40 min；经系列酒精脱水；置入叔丁醇冷冻干燥；粘台，用真空喷镀仪喷金镀膜，最后于JSM-6360LV扫描电镜下观察并拍照。

1.2.2 半薄切片法

从FAA中取出不同发育阶段的蕉木花蕾，剥离出内轮花瓣，于不同发育阶段花瓣的中心位置切取1 mm×1 mm的小块。将切好的材料置于2.5%戊二醛溶液固定24 h以上并抽气；取出后用0.1 mol/L 磷酸缓冲液浸泡2 h(期间取出冲洗6次，20 min/次)；经不同浓度酒精(30%、50%、70%、80%、90%各停留20 min；100%停留2次，每次30 min)梯度脱水、环氧丙烷过渡、Spurr树脂包埋，置入70℃烘箱热聚合；最后在半薄切片机上用玻璃刀切成厚度为1~2 μm的半薄切片，用0.1%甲苯胺蓝染色，于徕卡MB5500光学显微镜下观察、拍照。

1.2.3 组织化学染色

参照胡适宜等^[10]的方法，采用PAS染色来检测蕉木内轮花瓣组织中的多糖(检测出红色颗粒表示含多糖，红色颗粒的多少反映多糖含量的高低)，采用徕卡MB5500光学显微镜进行观察、拍照。

2 结果

根据蕉木不同发育阶段花蕾的大小，大致可分为4个时期。I期：花蕾直径约1 mm；II期：花蕾直径约2.5 mm；III期：花蕾直径约4 mm；IV期：花蕾直径约10 mm，即将开放(图版I: B)。植株上盛开花的外轮花瓣平展，内轮花瓣呈竖直状(图版I: A)。

在花蕾Ⅰ期, 内轮花瓣表面无瘤状突起形成, 表皮细胞较为平滑, 无突起(图版Ⅰ: F、J); 在Ⅱ期, 内轮花瓣表面部分区域开始出现轻微隆起, 表皮细胞仍较平滑, 无突起(图版Ⅰ: G、K)。在Ⅲ期, 内轮花瓣表面出现明显的小瘤状突起, 表皮细胞开始向外突起(图版Ⅰ: H、L)。在Ⅳ期, 内轮花瓣瘤状突起大小不规则, 彼此紧密靠拢, 布满整个近轴面, 表皮细胞呈乳突状(图版Ⅰ: I、M); 同时观察到在刚开放的花朵中有蓟马(Thripidae)等访花昆虫在瘤状突起上活动(图版Ⅰ: C); 在开花过程中, 内轮花瓣瘤状突起由乳白色渐变为深褐色(图版Ⅰ: D), 并在深褐色的瘤状突起之间有多数昆虫幼虫活动(图版Ⅰ: E)。对发育成熟的瘤状突起的纵切面观察发现, 瘤状突起中分布有多支仅由筛分子组成的维管束, 表皮细胞长柱形, 下有一层排列整齐、紧密的细胞, 表皮细胞及皮下多层细胞内含物非常丰富(图版Ⅰ: N、O)。

对蕉木内轮花瓣横切面半薄切片观察结果可见, 成熟的内轮花瓣厚度达2 mm, 可分为: 上表皮、下表皮和中层组织3部分。上表皮细胞较小, 排列紧密、规则; 中层组织细胞排列较疏松, 形状不规则, 体积大小不一致(图版Ⅱ: A~D)。在花蕾发育Ⅰ期, 内轮花瓣表面仅有一层细胞, 近正方形, 较薄壁细胞小, 整齐、紧密排列在最外层(图版Ⅱ: A)。在Ⅱ期, 内轮花瓣表皮细胞开始进行垂周分裂, 表皮细胞数目增加, 同时表皮细胞下层细胞开始进行多次平周分裂, 尤其是在即将形成瘤状突起的区域分裂更加旺盛, 当这些新细胞积累到3层至更多层时, 即形成丘状突起(图版Ⅱ: B)。在Ⅲ期, 当内轮花瓣表皮细胞下层细胞平周分裂产生的细胞积累到一定程度时开始向外突出, 把上表皮向外顶起, 使上表皮细胞由原来的近正方形变为近柱形, 瘤状突起开始形成并增大(图版Ⅱ: C)。在Ⅳ期, 瘤状突起进一步变大, 整个瘤状突起由一层表皮细胞和下层细胞以及只有韧皮部的维管组织构成(图版Ⅱ: D), 此时表皮细胞的细胞核大, 原生质浓厚, 许多细胞具有双核现象; 下层细胞呈现出细胞核较大、原生质浓厚、液泡小而分散的特点(图版Ⅱ: H)。表皮细胞由近正方形变为长柱形, 发育成熟的瘤状突起紧密相接(图版Ⅱ: E~H)。

PAS染色反应后的蕉木内轮花瓣经半薄切片观察可见, 除细胞壁被染成红色外, 蕉木内轮花瓣上表皮细胞及下层细胞内的颗粒状物质为樱红色, 呈PAS阳性反应, 说明这些细胞中含有多糖类物质。不同发育时期蕉木内轮花瓣表皮颗粒状物质的数量差异较大, 在Ⅰ期, 无樱红色颗粒状物质出现(图版Ⅱ: E); Ⅱ期时, 樱红色颗粒状物质主要出现在表皮细胞及下层细胞中, 数量较少(图版Ⅱ: I); Ⅲ期时, 樱红色颗粒状物质主要分布在刚形成的瘤状突起中, 数量较少(图版Ⅱ: J)。在瘤状突起完全成熟的Ⅳ期, 颗粒状物质分布在瘤状突起的外层细胞中, 并集中位于上表皮细胞及下层细胞中(图版Ⅱ: K)。基本薄壁组织中未见樱红色颗粒状物质存在。

3 讨论

花瓣结构与叶片相似, 也可分为表皮、基本薄壁组织和维管束3部分, 但花瓣的构造较叶片更为简单。一般花瓣的上下表面覆有表皮层, 表皮层细胞的细胞壁都比较薄, 表皮层内由数层排列疏松或紧密的薄壁组织细胞构成(不同于叶片的叶肉组织有栅栏组织和海绵组织之分)^[11]。而蕉木的内轮花瓣比其他植物花瓣要厚(图版Ⅰ: A), 近轴面内有多数瘤状突起(图版Ⅰ: D), 较为坚硬。

经PAS组织化学显色反应, 蕉木花瓣表皮细胞壁被染成红色, 说明含有多糖类物质, 其内轮花瓣瘤状突起的多数细胞内具有樱红色颗粒状物质, 可以推测这些颗粒物内含有多糖类物质。在花瓣不同发育时期, 瘤状突起呈樱红色的颗粒数量会发生变化, 说明多糖类物质含量有所不同, 随着花瓣进一步发育, 多糖类物质增多, 且当发育完全成熟时, 瘤状突起中形成由韧皮部构成的维管组织(图版Ⅱ: K), 而韧皮部一般是维管植物中运输光合产物蔗糖的组织。前人研究发现植物蜜腺中的蜜汁来源途径之一是: 维管组织韧皮部的液汁运输到泌蜜组织中并经过加工形成蜜汁后再泌出体外, 蜜汁中的多糖类物质可先以淀粉粒的方式存储于泌蜜组织中, 在开花之前再分解泌出^[12]。我们观察发现, 蕉木内轮花瓣瘤状突起中具有发达的、只具韧皮部筛分子的维管组织, 且表皮及下层细胞在花期前后

含有大量多糖类物质，同时表皮细胞核较大且存在双核现象(类似于绒毡层细胞)；表皮下层细胞具有细胞核较大、胞质浓厚、液泡小而分散的特点，这与蜜腺中的泌蜜组织细胞特点相似，但在突起的表皮细胞外并没发现有分泌的蜜汁及分泌孔存在。前人研究发现在被子植物基部类群中，蜜腺并不常见，即使存在也不能产生大量花蜜^[13,14]。我们认为蕉木内轮花瓣上的瘤状突起在结构上虽然具有蜜腺的结构特点，但并不具有蜜腺的功能。实验表明花瓣或与花瓣类似结构(如花被片等)的基本薄壁组织或一些特殊的腺状表皮细胞内可以产生具挥发性香气成分的、不溶性的多糖类物质或其他储藏物质^[15,16]。蕉木的花苞在开花前并不散发出花气味，只在内轮花瓣打开后有微弱的清香味，且多糖类物质主要分布在瘤状突起的表皮细胞及下层细胞中，基本薄壁组织细胞中几乎没有，因此这些多糖类物质并不是构成蕉木花香味的物质基础。进一步进行PAS显色反应可见，蕉木内轮花瓣瘤状突起中含有丰富的多糖类物质，虽然无明显的蜜汁分泌，但可为访花昆虫提供一定的食物，尤其是在雌性花期开始阶段，因没有花粉散出(蕉木为雌蕊先熟，柱头在花粉散出之前就具有可授性)，这些糖类营养物质成为访花昆虫的主要食源^[17]。肉眼及体视显微镜下观察到多数访花昆虫及其幼虫在蕉木内轮花瓣瘤状突起上活动，肉质、肥厚的瘤状突起成为访花昆虫交配、产卵和孵卵的场所。有研究认为，花瓣除了具有保护雌、雄蕊免受外界环境的影响外，还具有吸引昆虫传粉的功能，鲜艳的色泽或释放的香气是花瓣吸引昆虫传粉的两种主要的信息表达方式^[18,19]。蕉木的花瓣无鲜艳的颜色，当花朵开放时，外轮花瓣水平展开，内轮花瓣近乎垂直于外轮花瓣，在雌雄蕊周围形成一个半封闭的传粉室，厚重的内轮花瓣使得花部具有一定的保温作用，这个半封闭的传粉室不仅为访花昆虫提供了一个温暖的环境，而且使花气味在花部周围浓度提升，起到类似于“气味向导”^[20]的作用，吸引更多昆虫到来。同时，这些瘤状突起增加了内轮花瓣的厚度，使花部生殖器官免受机械损伤和来访昆虫的破坏，同时为来访昆虫提供一个稳定的落脚点。

致谢：感谢中国科学院华南植物园公共实验室胡晓颖

和邓汝芳工程师在制片和拍照工作中的耐心指导。

参考文献：

- [1] The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III [J]. *Bot J Linn Soc*, 2009, 161(2): 105–121.
- [2] Chatrou LW, Pirie MD, Erkens RH, Couvreur TL, Neubig KM, Abbott JR, Mols JB, Mass JW, Saunders RMK, Chase MW. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics [J]. *Bot J Linn Soc*, 2012, 169 (1): 5–40.
- [3] 蒋英, 李秉滔, 李延辉. 中国植物志: 第30卷, 第2分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 10–174.
- [4] van Heusden ECH. *Flowers of Annonaceae: Morphology, Classification, and Evolution* [M]. Blumea Supplement 7. Leiden, Netherlands: Rijksherbarium/Hortus Botanicus Leiden University, 1992: 1–218.
- [5] 侯学良. 中国番荔枝科植物分类学研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2003.
- [6] 黄波. 蕉木群落在崇左发现 [J]. 广西林业, 1996 (6): 21.
- [7] 孙同兴, 陈新芳. 中国番荔枝科8属植物叶的扫描电镜观察 [J]. 电子显微学报, 2002, 21 (2): 146–152.
- [8] Wang T. Effects of traditional Chinese medicinal herbal extracts on HIV-1 replication [D]. Faculty of the University Graduate School in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Science in the Department of Microbiology and Immunology, Indiana University, 2010.
- [9] 刘永, 徐凤霞. 四种番荔枝科植物花粉形态 [J]. 植物分类与资源学报, 2012, 34 (5): 443–452.
- [10] 胡适宜, 徐丽云. 显示环氧树脂厚切片中多糖、蛋白质和脂类的细胞化学方法 [J]. 植物学报, 1990, 32 (11): 841–846.
- [11] 刘穆. 种子植物形态解剖学导论 [M]. 第5版. 北京: 科学出版社, 2010: 298–299.
- [12] 宁熙平, 吴鸿, 罗诗, 赖永超. 龙眼花蜜腺的形态结构和发育 [J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 11–16.
- [13] Thien LB, Azuma H, Kawano S. New perspectives on the pollination biology of basal angiosperms [J]. *Int J Plant Sci*, 2000, 161 (Suppl): 225–235.
- [14] Sakai S. A review of brood-site pollination mutualism in flowering plants [J]. *Int J Plant Sci*, 2000, 161 (Suppl): 236–245.

- lism: plants providing breeding sites for their pollinators [J]. *Plant Res*, 2002, 115(1119): 161–168.
- [15] Effmert U, Große J, Röse US, Ehrig F, Kägi R, Piechulla B. Volatile composition, emission pattern, and localization of floral scent emission in *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae) [J]. *Am J Bot*, 2005, 92(1): 2–12.
- [16] Kolosova N, Sherman D, Karlson D, Dudareva N. Cellular and subcellular localization of S-adenosyl-L-methionine: Benzoic acid carboxyl methyltransferase, the enzyme responsible for biosynthesis of the volatile ester methylbenzoate in snapdragon flowers[J]. *Plant Physiol*, 2001, 126 (3): 956–964.
- [17] Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G, Webber AC. Morphological and functional flower characteristics of New and Old World Annonaceae with respect to their mode of pollination [J]. *Taxon*, 2003, 52(4): 701–718.
- [18] 李正理, 张新英. 植物解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984: 282.
- [19] 周仪, 王慧, 张述祖. 植物学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987: 110.
- [20] Fahn A. Plant Anatomy[M]. 3rd ed. Oxford: Pergamon Press, 1982: 434–443.

图版说明

图版 I: 花部形态及扫描电子显微镜下不同发育时期内轮花瓣近轴面形态。A: 蕉木花朵外观; B: 不同时期的花朵; C: 功能性雌花阶段访花昆虫在瘤状突起上活动; D: 功能性雌花阶段瘤状突起呈乳白色, 有幼虫活动。F~I: 扫描电镜下的内轮花瓣近轴面表面观, F: 示 I 期, 无瘤状突起; G: 示 II 期, 表面有轻微隆起; H: 示 III 期, 瘤状突起出现; I: 示 IV 期, 瘤状突起发育成熟。J~M: 示不同发育时期白色方框(F, G, H, I)内的放大结构, 即瘤状突起表面观。J: 示 I 期, 表皮细胞不突出; K: 示 II 期, 表皮隆起, 细胞不突出; L: 示 III 期, 表皮细胞开始突出; M: 示 IV 期, 表皮细胞乳突状。N, O: 示 IV 期, 瘤状突起纵切面, N: 瘤状突起中分布有维管束; O: 表皮细胞柱状, 细胞质浓厚。

图版 II: 不同发育时期内轮花瓣横切面。A~D: 用甲苯胺蓝染色的半薄切片; E~H: 示不同发育时期黑色方框内的放大结构。E, I~K: PAS 反应染色的半薄切片。A: 示 I 期上表皮仅一层细胞; B: 示 II 期上表皮下层开始积累细胞; C: 示 III 期瘤状突起形成; D: 示 IV 期瘤状突起发育成熟; E: 示 I 期无樱红色颗粒及表皮细胞具大的细胞核; F: 示 II 期多层表皮细胞具有大的细胞核和浓厚的细胞质; G: 示 III 期构成瘤状突起的细胞具有大的细胞核和浓厚的细胞质; H: 示 IV 期成熟的瘤状突起表皮细胞及下层细胞, 表皮细胞出现双核现象(黑色箭头)。I: 示 II 期有少量樱红色颗粒(黑色箭头); G: 示 III 期樱红色颗粒分布在瘤状突起中(黑色箭头); K: 示 IV 期樱红色颗粒大量分布在成熟瘤状突起中(黑色箭头)。

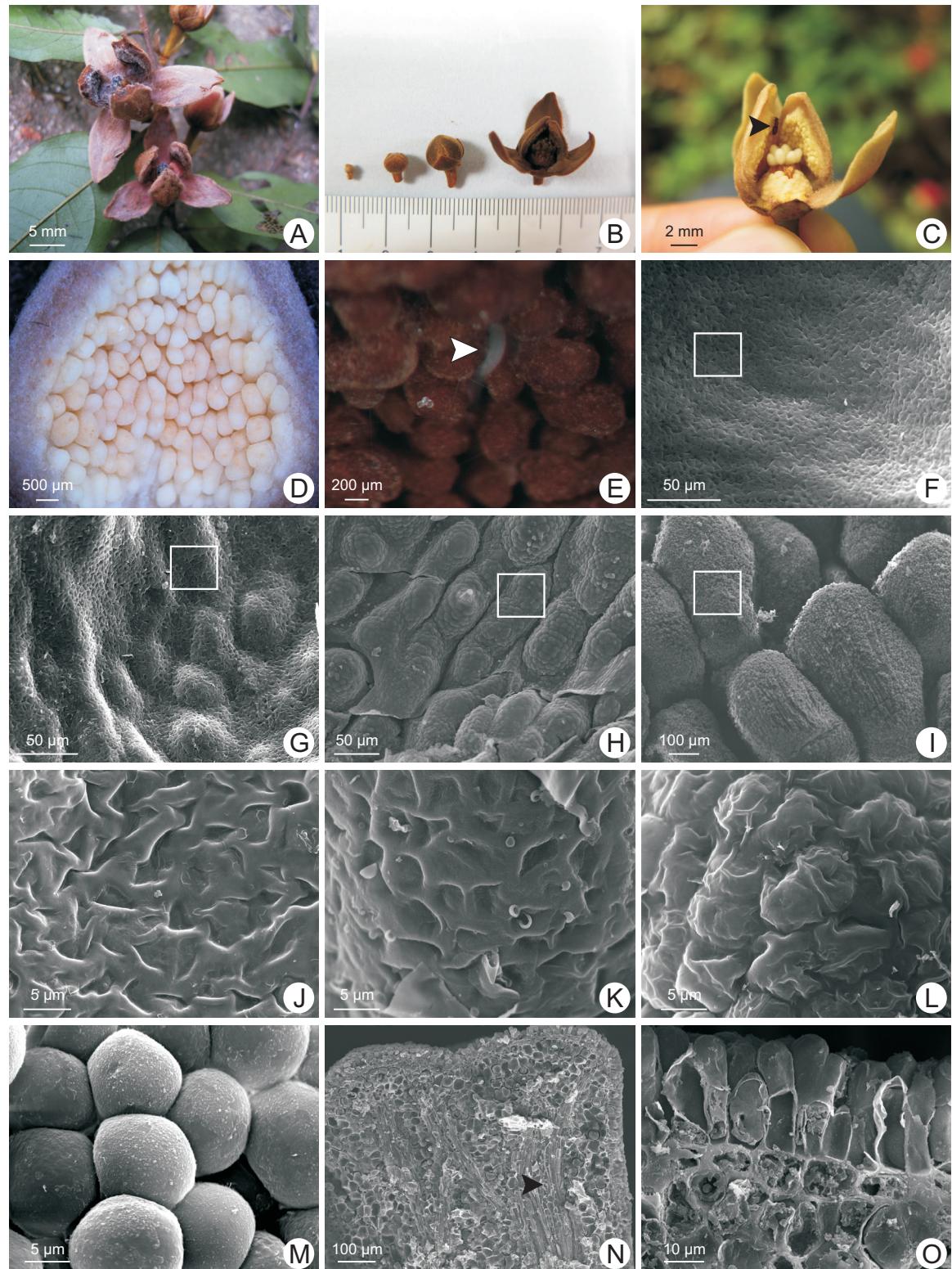
Explanation of plate

Plate I: The flower morphology and the adaxial side of the inner petal under scanning electron microscope. A: The flowers of *Oncodostigma hainanense*; B: The flowers at different stages; C: Insects were found on the strumae during the initial, female flowering stage; D: The colour of strumae is cream in the pistillate phase; E: The colour of strumae is dark brown at the staminate phase and some larvae were found on the strumae; F~I: SEM views of the adaxial sides of the inner petals. F: No strumae at stage I; G: Slight bulges at stage II; H: The strumae appeared at stage III; I: The mature strumae at stage IV. J~M: SEM views of the surface of the strumae, and magnified image show the area indicated by the white box in F, G, H, I. J, K: No papillate cells form at stage I and II; L: The papillate cells start to form at stage III; M: The adaxial surface cells of the strumae are papillate. N, O: SEM views of the longitudinal section of the strumae at stage IV. N: Vascular tissue containing only phloem elements in the strumae; O: The adaxial surface cells are columnar with dense cytoplasm.

Plate II: The cross sections of the inner petals under light microscope. A~D: Stained with toluidine blue; E~H: The details of every stage, magnified image in the black box; E, I~K: Stained with periodic acid-schiff. A: Only one layer cells of adaxial surface at stage I; B: Cells accumulated under adaxial surface at stage II; C: Little strumae form at stage III; D: The mature strumae form at stage IV; E: No cherry red particle at stage I and the adaxial surface cells with big nucleus; F: More than one layer of adaxial surface cells with big nucleus and dense cytoplasm at stage II; G: The cells that constituted the strumae with big nucleus and dense cytoplasm at stage III; H: The cells that constituted the epidermis of the matured strumae with big nucleus and dense cytoplasm at stage IV, even two nucleus in one adaxial surface cell (black arrow); I: Few cherry red particles at stage II (black arrow); J: Cherry red particles mainly distribute in the strumae at stage III (black arrow); K: Cherry red particles mainly distribute around the strumae at stage IV (black arrow).

邵云云等: 图版 I

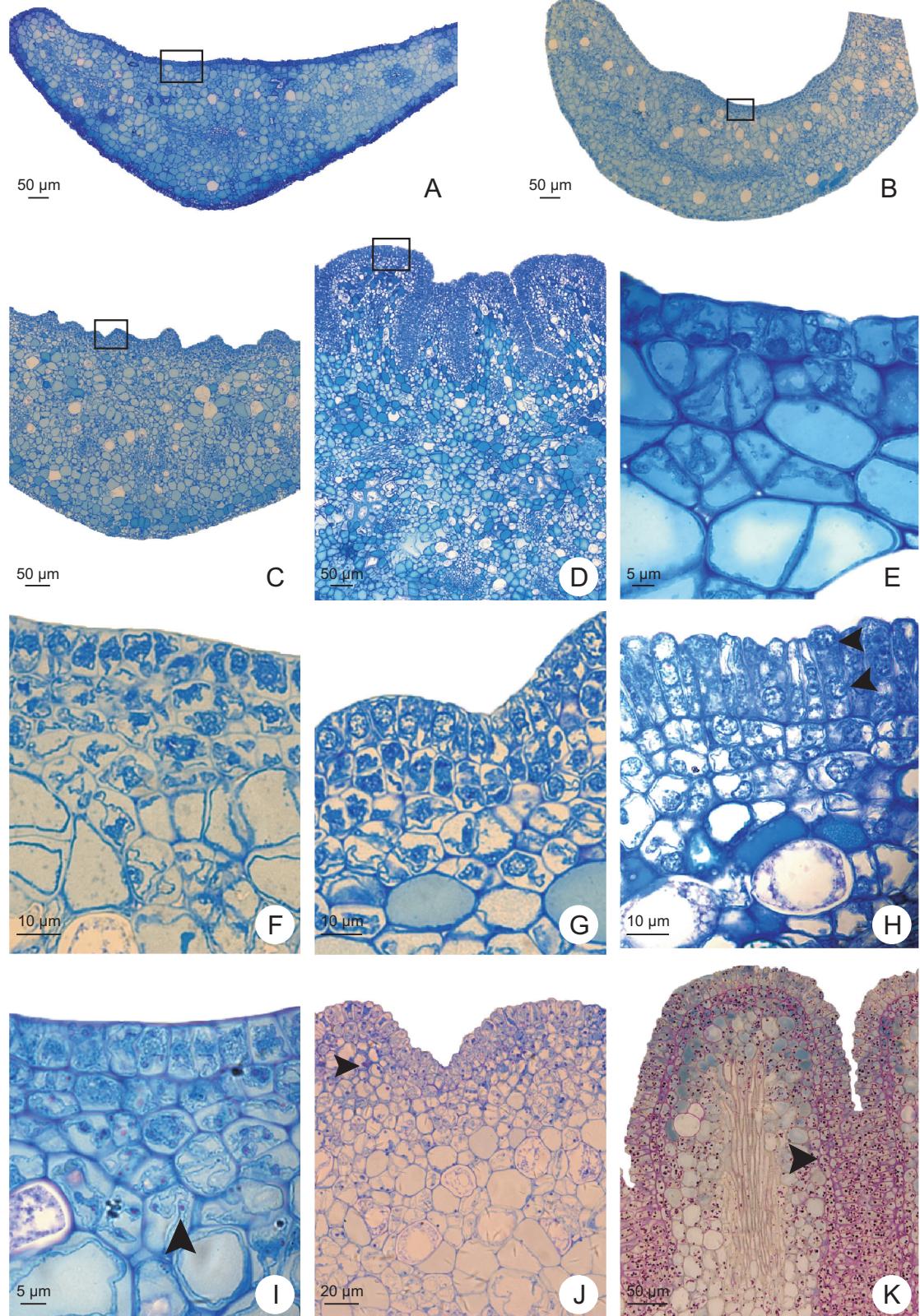
SHAO Yun-Yun et al.: Plate I



See explanation at the end of text

邵云云等: 图版 II

SHAO Yun-Yun et al.: Plate II



See explanation at the end of text

(责任编辑: 张平)