



## 夹竹桃科2种引种植物分泌结构的解剖学研究

赵猛, 刘佳琪

引用本文:

赵猛, 刘佳琪. 夹竹桃科2种引种植物分泌结构的解剖学研究[J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(4): 411-417.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4174>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 缅甸树萝卜和深裂树萝卜, 老挝杜鹃花科植物二新记录种

*Agapetes megacarpa* W. W. Smith and *A. lobbii* C. B. Clarke (Ericaceae), Two New Records from Laos

*热带亚热带植物学报*. 2020, 28(4): 421-424 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4215>

### 多花地宝兰胚囊和胚发育的细胞学研究

Cytology Studies on Embryo Sac and Embryo Development of *Geodorum recurvum*

*热带亚热带植物学报*. 2020, 28(3): 248-254 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4137>

### 尧山国家级自然保护区种子植物区系研究

Floristic Studies of Seed Plants in Yaoshan National Nature Reserve

*热带亚热带植物学报*. 2020, 28(3): 217-226 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4097>

### 植物营养体胎生研究进展

Research Progress of Vegetative Vivipary in Plants

*热带亚热带植物学报*. 2020, 28(2): 209-216 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4124>

### 广义凹唇姜, 中国姜科凹唇姜属一新记录种

*Boesenbergia quangnaiensis* N. S. L., A Newly Recorded Species of Zingiberaceae from China

*热带亚热带植物学报*. 2020, 28(3): 241-244 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4153>

# 夹竹桃科 2 种引种植物分泌结构的解剖学研究

赵猛, 刘佳琪

(山西师范大学生命科学学院, 山西 临汾 041004)

**摘要:** 为了解夹竹桃科(Apocynaceae)植物乳汁管的发生发育, 对爱之蔓(*Ceropegia woodii*)和百万心(*Dischidia ruscifolia*)营养器官中的分泌结构进行了显微观察。结果表明, 爱之蔓和百万心营养器官中均有无节分枝乳汁管的分布, 茎皮层中的乳汁管大部分具有明显的分枝, 叶中乳汁管具明显分枝, 分布与走向多与叶脉维管组织平行。另外, 爱之蔓营养器官中的分泌结构除乳汁管外, 还有分泌腔。这为夹竹桃科植物的系统分类研究提供了解剖学依据。

**关键词:** 夹竹桃科; 爱之蔓; 百万心; 乳汁管; 营养器官; 解剖学

doi: 10.11926/jtsb.4174

## Anatomy Studies on Secretory Structures in Two Species of Apocynaceae

ZHAO Meng, LIU Jia-qi

(College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041000, Shanxi, China)

**Abstract:** In order to understand the origin and development of laticifers in Apocynaceae species, the secretory structures in vegetative organs of *Ceropegia woodii* and *Dischidia ruscifolia* were observed under microscope. The results showed that there were branched laticifer without node in all vegetative organs of *C. woodii* and *D. ruscifolia*. Most of laticifers in stem cortex had distinct branches. The laticifer have distinct branches in leaf, and its distribution and orientation are parallel to vascular bundle of leaf vein. In addition, except for laticifer, there are secretory cavities in vegetative organs of *C. woodii*. So, these would provide an anatomical basis for the systematic classification of Apocynaceae.

**Key words:** Apocynaceae; *Ceropegia woodii*; *Dischidia ruscifolia*; Laticifer; Vegetative organ; Anatomy

夹竹桃科(Apocynaceae)种类繁多, 广泛分布于暖温带至热带地区, 包含 5 亚科 25 族 381 属植物, 在被子植物分类系统的第 4 版中, 原萝藦科(Asclepiadaceae)降级为萝藦亚科(Asclepiadoideae)并全部归入夹竹桃科。多种夹竹桃科植物具乳汁管<sup>[1]</sup>, 乳汁管是一种单个的长形管状细胞, 互相连接成管状, 根据其发生和结构上的特点可分为有节乳汁管和无节乳汁管 2 种, 又可各自细化分为有分枝的和不分枝的乳汁管类型<sup>[2]</sup>。无节乳汁管是多核的, 由单细胞发育而来, 细胞核发生复制, 整个细胞伸长形成无分枝的长形管道(无节不分枝型乳汁管)或复杂

的分枝网络(无节分枝型乳汁管)。相应地, 有节乳汁管起源于一系列细胞, 发育过程中细胞间接触的细胞壁发生部分或全部溶解, 从而形成连通的管道, 这列细胞间侧面的连通与否是判定乳汁管是有节分枝型或是有节不分枝型的关键。乳汁管在多个看似毫无关联的科中都有发现, 其形成方式是多起源的, 由此导致解剖结构的不同; 因此, 乳汁管结构的差异普遍被认为是判断植物亲缘关系的形态学指标<sup>[3]</sup>。植物乳汁管在受到机械损伤后可以渗出乳汁, 乳汁的分泌与初级代谢功能(如能量代谢及氨基酸、蛋白质、核酸的合成等)无关; 由于乳汁中常含

收稿日期: 2019-11-18 接受日期: 2020-03-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(31300157, 41571499)资助

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31300157, 41571499).

作者简介: 赵猛, 副教授, 主要从事植物分泌结构研究。E-mail: zhaomeng@sxnu.edu.cn

有多种植物次生代谢产物,如生物碱、多酚和萜类等,对食草动物的口腔(或口器)有刺激作用,并对动物的生存和繁殖表现出毒害性<sup>[4-5]</sup>。

夹竹桃科吊灯花属爱之蔓(*Ceropegia woodii*)和眼树莲属百万心(*Dischidia ruscifolia*),均隶属于萝藦亚科,均是归并至夹竹桃科的新成员。爱之蔓原产于南非、斯威士兰、津巴布韦等地,为蔓生草本植物,叶对生,上表面有灰白色网状纹路,叶背呈紫红色,叶腋处生出块茎用以贮存营养和繁殖。百万心原产于大洋洲,为多年生常绿蔓生草本,茎节常具气生根,叶对生,肉质。爱之蔓和百万心 2 种植物目前我国已成为常见的园艺栽培植物,但其结构植物学、植物化学等相关基础研究尚未见报道。因此,本研究对爱之蔓和百万心营养器官的解剖学构造和分泌结构的类型、存在位置和解剖结构进行观察,为深入研究植物乳汁管的发生、发育,以及乳汁的泌出行为提供解剖学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

本研究所用材料爱之蔓(*Ceropegia woodii*)和百万心(*Dischidia ruscifolia*)皆栽培于江苏省沭阳县(34°06'38.87" N, 118°47'9.77" E)。

### 1.2 方法

分别采集爱之蔓的根、茎、块茎、叶和百万心的根、茎、叶,材料用 2.5%戊二醛于 4℃下固定 6 h 后,用磷酸盐缓冲液冲洗,再用 1.0%锇酸固定 6 h 后,再次用磷酸盐缓冲液冲洗,经系列浓度梯度的丙酮逐级脱水,SPUR 树脂包埋,Leica RM2265 半薄切片机制片,厚度为 1~2 μm,0.2%甲苯胺蓝染色,在 OLYMPUS FSX100 智能生物图像导航仪下观察并拍照。

## 2 结果和分析

### 2.1 爱之蔓的解剖观察

#### 2.1.1 根

从横切面观察,根由表皮、皮层、维管柱构成。最外层方形细胞为表皮细胞,部分表皮细胞外壁延伸形成根毛,表皮以内是由多层薄壁细胞组成的皮层。最靠近表皮的一层皮层细胞为外皮层,排列

紧密,无缝隙,成为连续的一层,细胞形状不规则,直径明显大于表皮细胞和内侧的皮层细胞;中皮层细胞近圆形,排列疏松,细胞间隙明显;内皮层细胞直径小于外侧其它皮层细胞呈椭圆形,排列紧密。维管柱的中柱鞘紧贴内皮层,是一层薄壁细胞;内部的木质部为二原型,细胞壁加厚;2 束韧皮部细胞直径较小,与木质部相间排列(图 1: A)。根中的乳汁管主要存在于皮层细胞中,从横切面看,乳汁管的直径小于周围细胞,细胞形态由三角形至矩形或不规则形,细胞质浓厚,与细胞间隙有明显区别(图 1: B)。从纵切面观察,维管柱中无乳汁管的分布,皮层中乳汁管为狭长的单细胞,乳汁管细胞两端尖锐,呈典型的侵入式生长状态(图 1: C)。

#### 2.1.2 茎

茎由外向内分为表皮、皮层、维管组织 3 部分。从横切面观察,最外层为表皮细胞,呈长方形,排列紧密,外切向壁略厚。皮层位于表皮内侧,最紧贴表皮的一层皮层细胞是体积较小的厚角组织,具少量叶绿体,外切向壁加厚;内层的皮层细胞是基本等径的薄壁细胞,具大量叶绿体。皮层中存在一层不连续的皮层纤维,细胞壁木质化明显,染色较深;维管组织位于皮层以内,由维管束和髓构成;髓位于维管束圈的内部,由大量近等径的薄壁细胞组成;维管束分布在髓的外围,为双韧维管束(图 1: D)。

乳汁管主要存在于茎的皮层和髓中。从茎的横切面看,皮层中的乳汁管呈不规则形,具分枝(图 1: E);髓中的乳汁管呈多边形,比周围的薄壁细胞直径稍小(图 1: F)。从茎纵切面看,皮层中的乳汁管大部分具有明显的分枝,少量乳汁管狭长形,无分枝(图 1: G);在髓中分布的乳汁管管径略小于周围的薄壁组织细胞直径,分枝不明显,为一狭长的单细胞,两端尖锐,呈典型的侵入式生长状态(图 1: H)。

茎中还存在分泌腔结构。在皮层的近表皮部分、皮层纤维部分和髓中部分细胞发生细胞壁破裂、原生质体降解,形成分泌腔,随后分泌腔周围细胞也随之裂解,整个腔体显著扩大,且呈不规则形态(图 1: I)。从茎的纵切面看,茎中的分泌腔长形,长轴与维管束平行(图 1: J)。

#### 2.1.3 块茎

块茎由外向内分为表皮、皮层、环髓区和心髓区;新形成的块茎由皮层细胞通过内起源的方式发

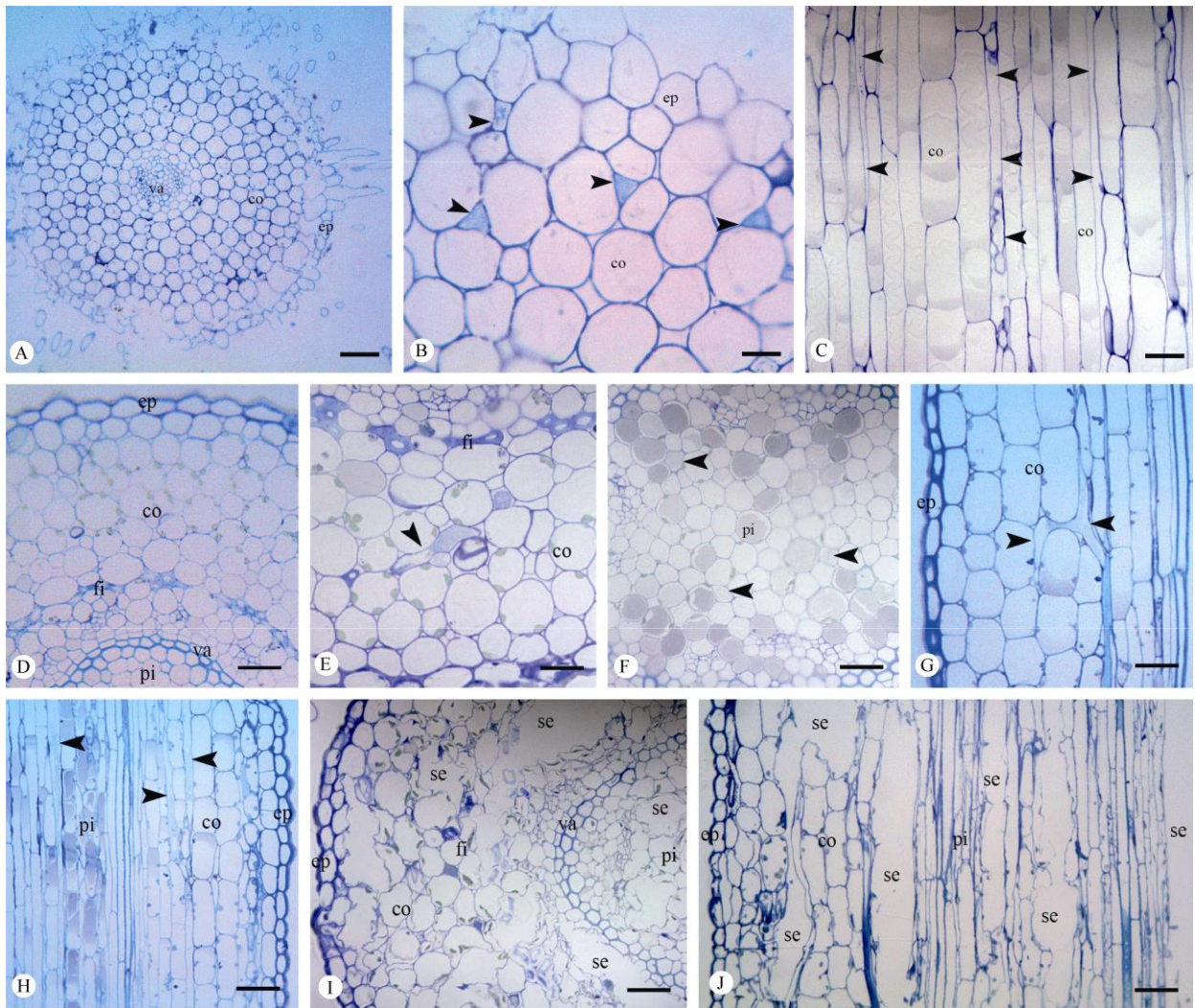


图1 爱之蔓根和茎的结构。co: 皮层; ep: 表皮细胞; va: 维管束; fi: 纤维; pi: 髓; se: 分泌腔, 下同。A: 根横切面; B: 根皮层横切面; C: 根皮层纵切面。D: 茎横切面; E: 茎皮层横切面, 示乳汁管(箭头); F: 茎髓横切面, 示乳汁管(箭头); G: 茎皮层纵切面, 示乳汁管(箭头); H: 茎纵切面, 示乳汁管(箭头); I: 茎横切面, 示分泌腔; J: 茎纵切面, 示分泌腔。标尺: A, I=100  $\mu\text{m}$ ; B=30  $\mu\text{m}$ ; C, E=110  $\mu\text{m}$ ; D, G=75  $\mu\text{m}$ ; F=140  $\mu\text{m}$ ; H=125  $\mu\text{m}$ ; J=165  $\mu\text{m}$

Fig. 1 Root and stem structure of *Ceropogia woodii*. co: Cortex; ep: Epidermal cell; va: Vascular bundle; fi: Fiber; pi: Pith; se: Secretory cavity. The same is following Figures. A: Transection section of root; B: Transection section of root cortex; C: Longitudinal section of root cortex; D: Transection section of stem; E: Transection section of stem cortex, showing laticifer (arrow); F: Transection section of stem pith, showing laticifers (arrow); G: Longitudinal section of stem cortex, showing laticifers (arrow); H: Longitudinal section of stem, showing laticifers (arrow); I: Transection section of stem, showing secretory cavities; J: Longitudinal section of stem, showing secretory cavities. Bars: A, I=100  $\mu\text{m}$ ; B=30  $\mu\text{m}$ ; C, E=110  $\mu\text{m}$ ; D, G=75  $\mu\text{m}$ ; F=140  $\mu\text{m}$ ; H=125  $\mu\text{m}$ ; J=165  $\mu\text{m}$

生(图 2: A)。块茎中的乳汁管集中分布于环髓区, 呈狭长形, 两端尖锐, 为典型的侵入式生长方式(图 2: B); 皮层可见有分枝的乳汁管(图 2: C)。新形成的块茎即有乳汁管的分布, 且平行于其发生方向(图 2: D)。

#### 2.1.4 叶

爱之蔓叶片为等面叶, 由表皮、分化不明显的叶肉组织和叶脉组成, 双韧维管束(图 2: E)。从中脉的纵切面可看出, 乳汁管的分布与走向多与叶脉

维管组织平行(图 2: F); 从平行于叶片上下表皮的切面来看, 叶片中乳汁管具明显分支(图 2: G)。部分紧贴表皮的叶肉细胞壁破裂、原生质体降解, 形成分泌腔(图 2: H)。

## 2.2 百万心的解剖观察

### 2.2.1 根

从横切面观察, 百万心的根由表皮、皮层、维管柱构成。最外一层为表皮细胞, 部分表皮细胞外



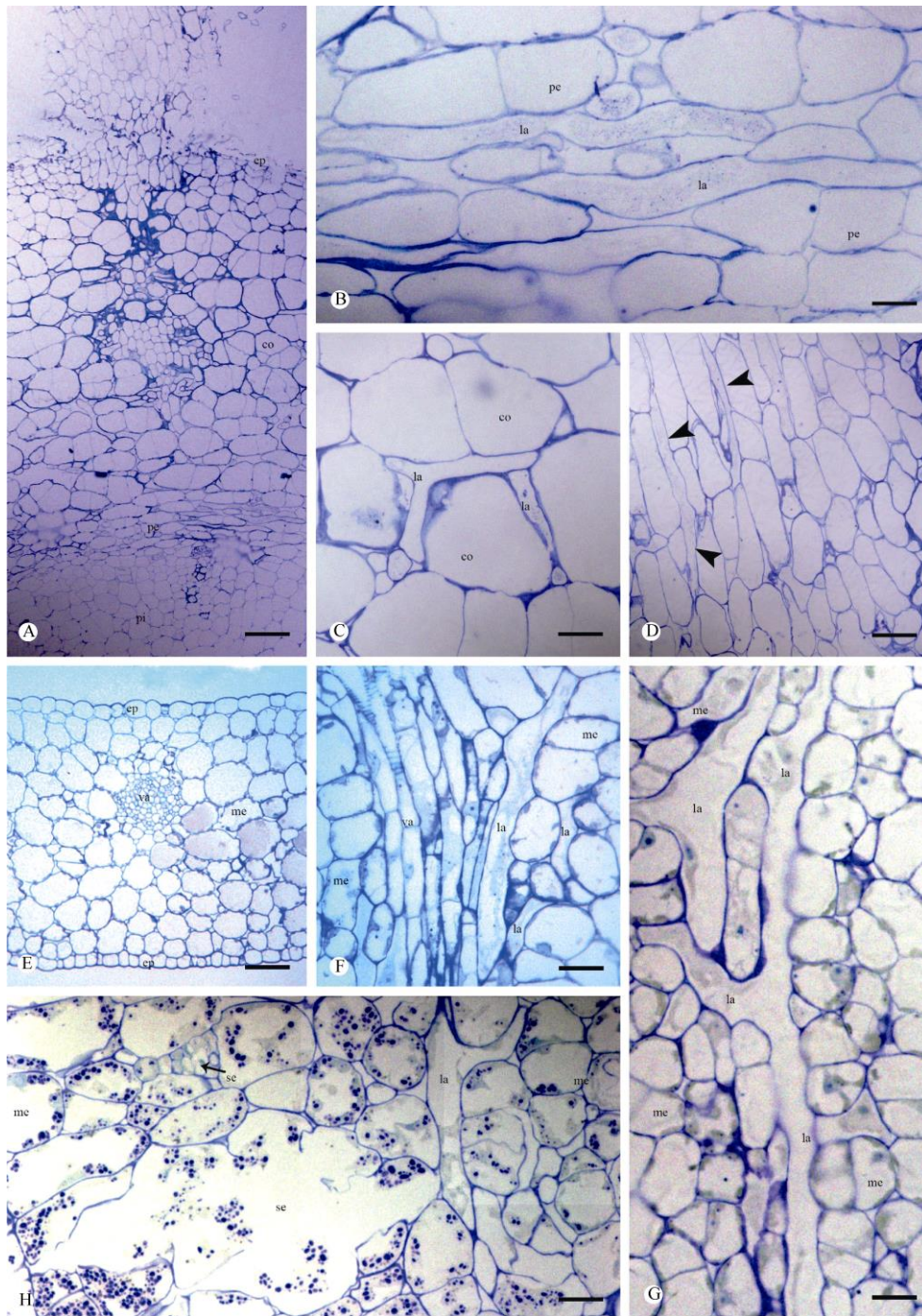


图 2 爱之蔓块茎和叶片的结构以及乳汁管(箭头)的分布; me: 叶肉。A: 块茎横切面; B: 块茎环髓区横切面; C: 块茎皮层横切面; D: 块茎新形成块茎纵切面; E: 叶片横切面; F: 叶片中乳汁管与中脉平行; G: 叶片中分支的乳汁管; H: 叶片中乳汁管和分泌腔。标尺: A=125  $\mu\text{m}$ ; B=40  $\mu\text{m}$ ; C=60  $\mu\text{m}$ ; D=80  $\mu\text{m}$ ; E=110  $\mu\text{m}$ ; F=35  $\mu\text{m}$ ; G=100  $\mu\text{m}$ ; H=120  $\mu\text{m}$

Fig. 2 Tube, leaf structure and distribution of laticifers (arrows) of *Ceropogia woodii*. A: Transection section; B: Transection section of perimedullary region; C: Transection section of cortex; D: Longitudinal section of new tuber; E: Transection section; F: Laticifers are parallel to midvein; G: Branched laticifers; H: Laticifers and secretory cavities. Bars: A=125  $\mu\text{m}$ ; B=40  $\mu\text{m}$ ; C=60  $\mu\text{m}$ ; D=80  $\mu\text{m}$ ; E=110  $\mu\text{m}$ ; F=35  $\mu\text{m}$ ; G=100  $\mu\text{m}$ ; H=120  $\mu\text{m}$

壁延伸形成根毛, 表皮以内是由多层薄壁细胞组成的皮层。最靠近表皮的一层细胞, 直径稍小于内侧皮层细胞, 排列紧密, 此为外皮层; 内皮层细胞大

致呈圆形, 排列松散, 细胞间隙明显。维管柱呈菱形, 内部的木质部为四原型, 细胞壁加厚; 4束韧皮部细胞直径较小, 与木质部相间排列(图 3: A)。



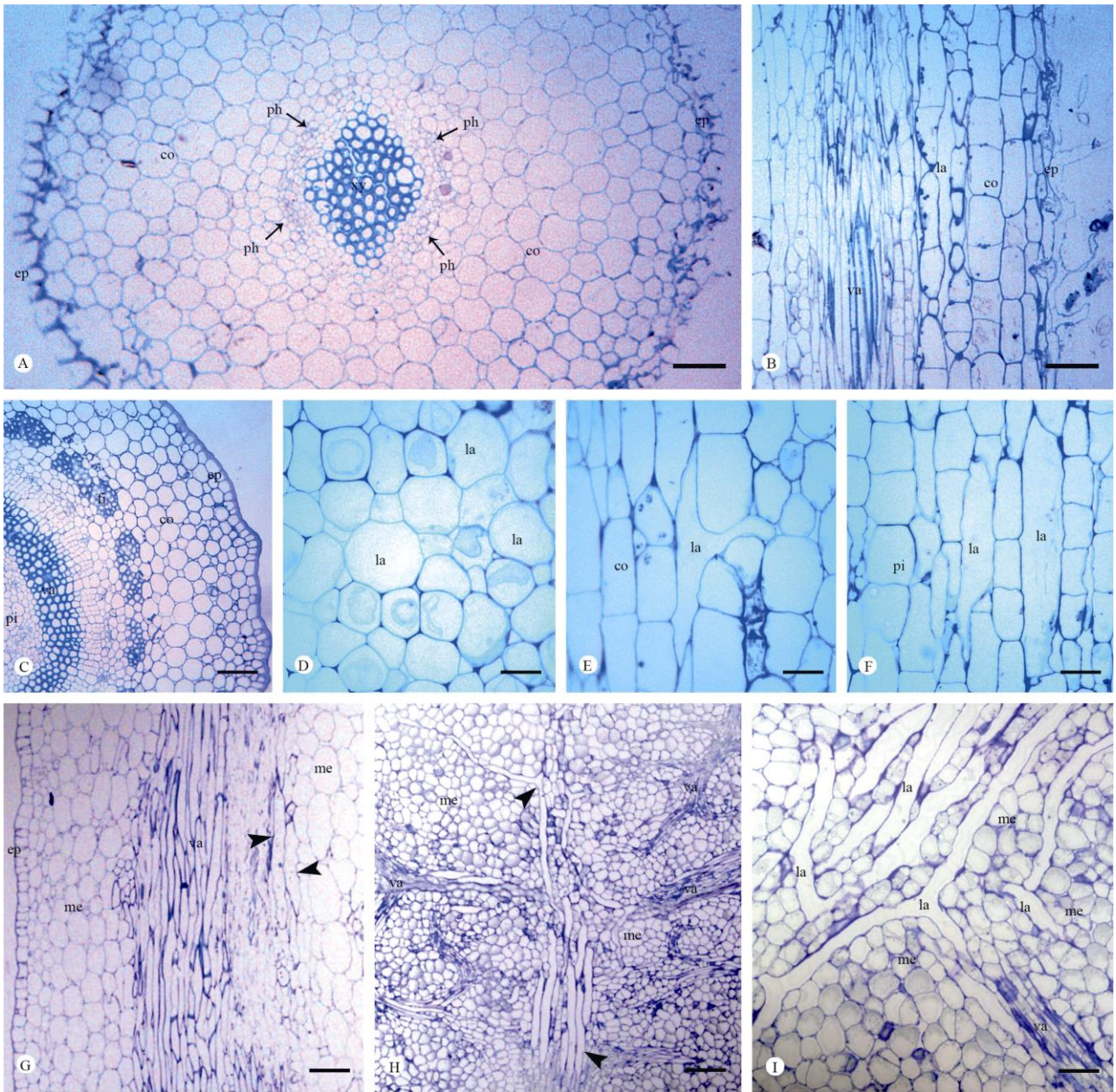


图 3 百万心根、茎和叶片的结构。Ph: 韧皮部; xy: 木质部; A: 根横切面; B: 根纵切面, 示乳汁管; C: 茎横切面; D: 茎髓中的乳汁管; E: 茎皮层中的乳汁管; F: 茎髓纵切面, 示乳汁管; G: 叶片中脉纵切; H: 叶脉中的乳汁管(箭头); I: 叶肉组织中的乳汁管。标尺: A=95  $\mu\text{m}$ ; B=120  $\mu\text{m}$ ; C=135  $\mu\text{m}$ ; D, E, F=35  $\mu\text{m}$ ; G, I=170  $\mu\text{m}$ ; H=415  $\mu\text{m}$

Fig. 3 Root, stem and leaf structure of *Dischidia ruscifolia*. ph: Phloem; xy: Xylem; A: Transection section of root; B: Longitudinal section of root, showing laticifer; C: Transection section of stem; D: Laticifers in stem pith; E: Laticifers in stem cortex; F: Longitudinal section of stem pith, showing laticifers; G: Longitudinal section of leaf midvein; H: Laticifers in vein; I: Laticifers in mesophyll. Bars: A=95  $\mu\text{m}$ ; B=120  $\mu\text{m}$ ; C=135  $\mu\text{m}$ ; D, E, F=35  $\mu\text{m}$ ; G, I=170  $\mu\text{m}$ ; H=415  $\mu\text{m}$

根中的乳汁管主要存在于皮层细胞中, 从纵切面观察, 乳汁管细胞质浓厚, 细胞形状狭长, 两端尖锐, 呈典型的侵入式生长方式(图 3: B)。

### 2.2.2 茎

百万心的茎横切面由外向内分为表皮、皮层、

维管柱 3 部分, 最外层为表皮细胞, 呈长方形, 排列紧密, 外切向壁明显加厚。皮层位于表皮内侧, 皮层细胞由近等径的近圆形薄壁细胞组成。皮层中存在多束皮层纤维细胞, 染色较深。维管柱位于皮层以内, 椭圆形, 由维管组织和髓构成。维管束为

双韧型,即木质部内外两侧均有韧皮部的存在,髓由薄壁细胞组成(图 3: C)。与周围细胞相比,乳汁管管径较大(图 3: D)。从茎纵切面观察,乳汁管两端尖锐,呈典型的侵入式生长状态,主要存在于茎的皮层和髓中(图 3: E, F):皮层中部分乳汁管具明显分支(图 3: E),髓中乳汁管的管径略大于周围的薄壁组织细胞直径(图 3: F)。

### 2.2.3 叶

百万心的叶片为等面叶,由表皮、分化不明显的叶肉组织和叶脉组成。从叶的横切面观察,乳汁管两端尖锐,呈典型的侵入式生长状态。从叶脉纵切面观察,乳汁管的分布和走向多与叶脉维管组织平行;叶脉中分布的乳汁管无分支(图 3: G)。叶肉组织中的乳汁管长轴方向平行于叶片上下表皮,大部分乳汁管与维管组织平行(图 3: H),少量维管组织埋嵌于叶肉细胞中(图 3: I)。

## 3 结论和讨论

据统计,目前约 22 科 12 500 种植物中有分泌结构的存在<sup>[6]</sup>;另有研究估计,理论上应有约 40 科 20 000 种植物具分泌结构<sup>[7]</sup>。乳汁管主要存在于双子叶植物中,如夹竹桃科、大戟科(Euphorbiaceae)、菊科(Asteraceae)、桑科(Moraceae)、罂粟科(Papaveraceae)、旋花科(Convolvulaceae)、桔梗科(Campanulaceae)、荨麻科(Urticaceae)等<sup>[2]</sup>。但在泽泻科(Alismataceae)和天南星科(Araceae)中,超过半数的属也具有乳汁管<sup>[8]</sup>,另外,乳汁管在百合科(Liliaceae)和芭蕉科(Musaceae)植物中也有零星分布,甚至在裸子植物如买麻藤科(Gnetaceae)的显轴买麻藤(*Gnetum gnemon*)<sup>[9]</sup>、蕨类植物蘋科(Marsileaceae)二叶蘋属(*Regnellidium*)个别种类中存在乳汁管<sup>[3,10]</sup>。乳汁管分为有节和无节乳汁管 2 种,各自又分为有分枝的和不分枝的。夹竹桃科植物多具乳汁管结构,长春花属(*Catharanthus*)植物具典型的无节不分枝乳汁管;而无节分枝型乳汁管存在于夹竹桃属(*Nerium*)、马利筋属(*Asclepias*)和桉叶藤属(*Cryptostegia*)等植物中。本研究中,爱之蔓和百万心的营养器官中均有无节分枝型乳汁管的分布,与夹竹桃科植物杠柳(*Periploca sepium*)和鹅绒藤(*Cynanchum chinense*)<sup>[11]</sup>乳汁管结构的研究结果一致。

植物乳汁中常含有多种次生代谢产物,如生物碱、多酚和萜类等<sup>[4,12-14]</sup>,具有重要的药用价值和

经济价值,而对乳汁管结构的研究是实现其应用价值的必要基础。夹竹桃科植物的次生代谢产物和乳汁具较高利用价值。夹竹桃科牛角瓜属白花牛角瓜(*Calotropis procera*)乳汁中的黄酮类物质,萝芙木(*Rauwolfia verticillata*)的生物碱利血平、育亨宾等,可用于治疗高血压、心血管疾病<sup>[15]</sup>;从爱之蔓乳汁中共鉴定出萜烯、紫杉烷、黄酮类等 24 种物质,其中部分萜烯对于多种细菌表现出良好的抑制性<sup>[16]</sup>。百万心乳汁的成分和价值尚有待研究。

本研究结果表明,爱之蔓和百万心营养器官中均存在分支型无节乳汁管,在乳汁管类型、分布位置等方面均具有相似性,但爱之蔓除具有乳汁管外还存在一种溶生型分泌腔的分泌结构。溶生型分泌腔存在于锦葵科(Malvaceae)陆地棉(*Gossypium hirsutum*)<sup>[17]</sup>、芸香科(Rutaceae)白鲜(*Dictamnus dasycarpus*)<sup>[18]</sup>、木通科(Lardizabalaceae)猫儿屎(*Decaisnea insignis*)<sup>[19]</sup>和姜科(Zingiberaceae)生姜(*Zingiber officinale*)<sup>[20]</sup>等植物中,但尚未在夹竹桃科植物中报道。本研究首次在夹竹桃科植物爱之蔓中报道有分泌腔的分布,但同科植物百万心却未见。夹竹桃科不同亚科中,分泌结构类型的差异是一个重要的分类学特征<sup>[21]</sup>,本研究结果可为夹竹桃科植物的分类提供解剖学依据。

## 参考文献

- [1] LENS F, ENDRESS M E, BAAS P, et al. Vessel grouping patterns in subfamilies Apocynoideae and Periplocoideae confirm phylogenetic value of wood structure within Apocynaceae [J]. Amer J Bot, 2009, 96(12): 2168-2183. doi: 10.3732/ajb.0900116.
- [2] HU Z H. Anatomy of Plant Secretory Structure [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2012: 13-16.  
胡正海. 植物分泌结构解剖学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012: 13-16.
- [3] HAGEL J M, YEUNG E C, FACCHINI P J. Got milk? The secret life of laticifers [J]. Trends Plant Sci, 2008, 13(12): 631-639. doi: 10.1016/j.tplants.2008.09.005.
- [4] NENAAH G E. Potential of using flavonoids, latex and extracts from *Calotropis procera* (Ait.) as grain protectants against two coleopteran pests of stored rice [J]. Ind Crops Prod, 2013, 45(2): 327-334. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.12.043.
- [5] AGRAWAL A A, KONNO K. Latex: A model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory [J]. Annu Rev Ecol Evol Syst, 2009, 40(1): 311-331. doi: 10.1146/

- annurev.ecolsys.110308.120307.
- [6] EVERT R F. *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development* [M]. Hoboken (New Jersey): Wiley-Interscience, 2006: 551–575.
- [7] LEWINSON T M. The geographical distribution of plant latex [J]. *Chemoecology*, 1991, 2(1): 64–68. doi: 10.1007/BF01240668.
- [8] KEATING R C. Leaf anatomical characters and their value in understanding morphoclines in the Araceae [J]. *Bot Rev*, 2002, 68(4): 510–523. doi: 10.1663/0006-8101(2002)068[0510:LACATV]2.0.CO;2.
- [9] TOMLINSON P B, FISHER J B. Development of nonlignified fibers in leaves of *Gnetum gnemon* (Gnetales) [J]. *Amer J Bot*, 2005, 92(3): 383–389. doi: 10.3732/ajb.92.3.383.
- [10] FAHN A. Secretory tissues in vascular plants [J]. *New Phytol*, 1988, 108(3): 229–257. doi: 10.1111/j.1469-8137.1988.tb04159.x.
- [11] BAI C Y, CAO J Y, WANG N B. Study of laticifer on two kinds of plants of asclepiadaceae [J]. *J Yan'an Univ (Nat Sci)*, 2012, 31(2): 90–94. doi: 10.3969/j.issn.1004-602X.2012.02.029.
- 白重炎, 曹娟云, 王宁勃. 萝藦科2种植物乳汁管的解剖结构研究 [J]. *延安大学学报(自然科学版)*, 2012, 31(2): 90–94. doi: 10.3969/j.issn.1004-602X.2012.02.029.
- [12] WANG J, WANG X J, JIANG S, et al. Cytotoxicity of fig fruit latex against human cancer cells [J]. *Food Chem Toxicol*, 2008, 46(3): 1025–1033. doi: 10.1016/j.fct.2007.10.042.
- [13] TIAN W M, SHI M J, TAN H Y, et al. *Structure and Development of Rubber Tree Bark* [M]. Beijing: Science Press, 2015: 7–20.
- 田维敏, 史敏晶, 谭海燕, 等. 橡胶树树皮结构与发育 [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 7–20.
- [14] TAN D G, SUN X P, ZHANG J M. Advance of plant laticifers [J]. *Plant Physiol J*, 2011, 47(11): 1033–1038. doi: 10.13592/j.cnki.ppj.2011.11.002.
- 谭德冠, 孙雪飘, 张家明. 植物乳管研究进展 [J]. *植物生理学报*, 2011, 47(11): 1033–1038. doi: 10.13592/j.cnki.ppj.2011.11.002.
- [15] LI Y J, CAO F X, LI M. Research progresses of alkaloids pharmacological effects and extraction methods on *Rauvolfia* [J]. *Chem Life*, 2015, 35(2): 258–263. doi: 10.13488/j.smhx.20150219.
- 李雅娟, 曹福祥, 李萌. 萝藦木生物碱的药理作用与分离提取方法的研究进展 [J]. *生命的化学*, 2015, 35(2): 258–263. doi: 10.13488/j.smhx.20150219.
- [16] MENG X, WANG Z Y, LV H. Constituents and bacteriostatic activity of volatile matter from four flower plant species [J]. *Ind J Agric Sci*, 2010, 44(3): 157–167.
- [17] JIAO Z J, LIU W Z, HU Z H. Anatomy study on the development of secretory cavities of *Gossypium hirsutum* L. [J]. *J NW Univ (Nat Sci)*, 2011, 41(2): 258–260. doi: 10.16152/j.cnki.xdxzbz.2011.02.017.
- 焦铸锦, 刘文哲, 胡正海. 陆地棉分泌腔的发育解剖学研究 [J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2011, 41(2): 258–260. doi: 10.16152/j.cnki.xdxzbz.2011.02.017.
- [18] ZHOU Y F, MAO S L, LI S F, et al. Programmed cell death: A mechanism for the lysigenous formation of secretory cavities in leaves of *Dictamnus dasycarpus* [J]. *Plant Sci*, 2014, 225: 147–160. doi: 10.1016/j.plantsci.2014.06.007.
- [19] HU Z H, ZHAO G F, TIAN L X. Studies on relations between rubber synthesis and microstructure and ultrastructure of laticiferous canals of *Decaisnea fargesii* in fruit development [J]. *J NW Univ (Nat Sci)*, 1991, 21(2): 45–54.
- 胡正海, 赵桂仿, 田兰馨. 猫屎瓜乳汁道形成过程中显微和超微结构变化以及与橡胶产生的关系 [J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 1991, 21(2): 45–54.
- [20] MU N, LIU H F, KUANG Y F, et al. Developmental processes of rhizome and ultrastructure of secretory cavities in *Zingiber officinale* Roscoe [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2015, 23(2): 151–159. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.02.006.
- 木楠, 刘焕芳, 匡延凤, 等. 生姜根茎的发育过程及分泌腔的超微结构 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2015, 23(2): 151–159. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.02.006.
- [21] LOPES K L B, THADEO M, AZEVEDO A A, et al. Articulated laticifers in the vegetative organs of *Mandevilla atropurpurea* (Apocynaceae, Apocynoideae) [J]. *Botany*, 2009, 87(2): 202–209. doi: 10.1139/B08-126.