

# 波温苏铁(*Bowenia spectabilis*)营养器官的解剖结构研究

肖德兴

(仲恺农业技术学院, 广州 510225)

**摘要:**报道了波温苏铁(*Bowenia spectabilis* Hook. ex Hook. f)根、茎、叶的解剖结构。根的初生结构由表皮、皮层和中柱三部分组成,为二原木质部。茎具大量薄壁组织,薄壁细胞富含淀粉粒,维管束为外韧并生。叶柄中含有5-8束维管束,呈弧形排列。羽片叶角质层厚,有小叶脉产生,气孔主要分布在下表皮。根、茎、叶木质部中的管胞主要是螺旋和孔纹管胞,有少量纤维分化;茎中管胞的侧壁呈现凹凸不平,部分管胞具有分枝或分叉现象。

**关键词:**波温苏铁;营养器官;解剖结构;管胞

中图分类号:Q944.53

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2005)06-0507-04

## The Anatomy of Vegetative Organs of *Bowenia spectabilis* Hook. ex Hook. f

XIAO De-xing

(Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** The anatomy of the roots, stems and leaves of *Bowenia spectabilis* Hook. ex Hook. f were studied. The primary structure of roots consists of epidermis, cortex and stele. Primary xylem is diarch. There are a large number of parenchyma cells with abundant starch grains in stems. The vascular bundles are collateral bundle. There are 5-8 vascular bundles in petioles and arranged in the shape of arch. Cuticle of the upper epidermis is thicker than that of the lower one, and stomata are restricted to the lower epidermis. There are small veins in mesophyll of pinnae. The xylem in roots, stems and leaves mainly consists of spiral and reticulated or pitted tracheids, and small amount of fibers. The tracheid wall in stems appears convexo-concave, and some tracheids are forked or branched.

**Key words:** *Bowenia spectabilis*; Vegetative organ; Anatomical structure; Tracheid

苏铁是裸子植物中最古老的植物类群,至今大多数种类已经灭绝,现存苏铁类植物均为珍稀濒危物种,被国内外列为重点保护植物<sup>[1,2]</sup>。研究苏铁类植物对了解种子植物的起源和演化,植物区系的演化、发展和古地理的变迁均有重要的意义;同时苏铁类植物又是优良的庭园观赏植物,具有重要的开发、利用价值。有学者曾对其形态学<sup>[2]</sup>、染色体<sup>[3-7]</sup>、解剖学<sup>[8-12]</sup>和生殖生物学<sup>[13-15]</sup>等进行了研究。有关苏铁

类植物营养器官解剖结构的研究,较多是以羽片叶为研究对象<sup>[9-12]</sup>。近年有报道认为在苏铁类植物中有相当进化的导管存在<sup>[17-19]</sup>。对波温苏铁 *Bowenia spectabilis* Hook. ex Hook. f 营养器官解剖学的观察研究未见报道,本文为了解原产澳大利亚的波温苏铁中是否有导管的存在,对其根、茎、叶的解剖结构进行了初步的观察研究,为进一步研究苏铁的系统演化、保护和开发利用提供资料。

## 1 材料和方法

供试材料采自中国科学院华南植物园苏铁园, 供解剖结构观察用的根、茎、叶取自二年生植物, 初生结构根取自根毛区, 次生结构取紧靠成熟区上端; 茎取主茎中段; 叶取成熟羽片叶的中部。材料经 FAA 固定液固定 48 h 后, 转入 70% 乙醇中保存, 按石蜡制片程序制成永久片, 切片厚度 12  $\mu\text{m}$ , 番红-固绿染色。用于观察管胞、纤维的根、茎、叶被分割成长 1 cm 左右、宽约 1 mm 见方, 经蒸馏水多次冲洗, 2% 果胶酶或 5% 铬酸-硝酸液处理, 蒸馏水冲洗番红染色后, 用压片法制成临时片。Nikon 生物显微镜观察、摄影。

## 2 结果

### 2.1 根的结构

根的初生结构: 由表皮层、皮层和中柱三部分组成(图版 I:1)。表皮: 由一层排列紧密的表皮细胞组成, 部分表皮细胞的外切向壁向外突起, 产生呈管状的根毛。皮层: 由数十层细胞组成, 其中靠表皮细胞内方数层细胞细胞腔小、细胞形态不规则; 其内方的皮层细胞呈近球形或椭圆形, 细胞形态较规则、多数细胞被染成深褐色。在根的纵切面, 这些被染成深褐色的皮层细胞中含有大量的簇晶(图版 I:3); 皮层细胞中没有明显内皮层分化(图版 I:1-3)。中柱: 中柱位于根的中心, 二束木质部相对排列于中柱的中央, 韧皮部小, 位于木质部两侧, 没有明显的中柱鞘细胞分化(图版 I:1)。根中没有髓部分化。

根开始进行次生生长期时, 周皮的起源与其它裸子、双子叶植物不一样, 在初生木质部和初生韧皮部周围未见中柱鞘细胞进行分裂产生周皮的活动, 周皮起源于靠表皮内方的第 4-6 层皮层细胞(图版 I:2)。图版 I:2 中皮层破裂之处不是人为所致, 经观察不同根不同制片, 其破裂之处是根中形成周皮过程中部分皮层细胞解体所导致的一种自然现象。木质部主要含有螺旋、网纹和少量的孔纹管胞、纤维及薄壁细胞, 管胞的纵向壁光滑整齐, 两端锐尖或斜尖, 无穿孔板及穿孔现象; 纤维细胞两端尖, 细胞壁较薄、细胞腔大, 其侧壁未见有纹孔的产生(图版 I:4)。韧皮部占中柱的体积很小(图版 I:1,2)。

### 2.2 茎的结构

由于茎比较粗大, 内含大量薄壁细胞, 仅对中柱之内的结构进行了解剖学观察。多数维管束在薄

壁细胞之中排列成环状, 少量维管束呈星散状分布, 茎中具有明显髓部(图版 I:5)。由于是从外至内分段取材, 在同一制片中难以全部显示以上结构。横切面、径切面和弦切面薄壁细胞呈圆球形或球状多面体形(图版 I:5-7)。薄壁细胞中富含淀粉粒, 淀粉粒呈球形, 中央具一被染成深蓝色的脐点(图版 I:6,7)。维管束为外韧并生型, 由木质部、韧皮部和形成层三部分组成(图版 I:5)。木质部朝向心面, 由管胞、薄壁细胞和极少量的纤维构成。管胞多为螺旋和孔纹管胞, 管胞纵向壁常呈现凹凸不平, 部分管胞具有分枝或分叉现象, 端壁斜尖, 无穿孔板和穿孔的产生(图版 I:8)。韧皮部位于木质部的外侧, 主要由筛胞和韧皮薄壁细胞构成, 紧靠韧皮部外侧的细胞含有较丰富的单宁。

### 2.3 叶柄和叶片的结构

叶柄横切面呈半圆弧形, 由表皮、基本组织、维管束和髓部组成。表皮由一层排列紧密、整齐的表皮细胞构成, 表皮细胞的径向壁长于切向壁, 外切向壁具有较厚的角质层。基本组织发达位于表皮内方, 由形状、大小不等的薄壁细胞组成, 近表皮数十层细胞较小, 角隅处存在不同程度的加厚形成厚角组织, 其中多数细胞中含叶绿体(图版 I:10); 基本组织中含 5-8 个维管束排列呈弧形, 为外韧并生型维管束(图版 I:9)。木质部中除薄壁细胞和少量木纤维外, 主要由管胞组成, 管胞的种类为螺旋和孔纹, 孔纹管胞多具二至多列纹孔, 每一管胞分子末端常为斜尖状(图版 I:10,11)。

羽片叶由表皮、叶肉和叶脉三部分组成。上表皮细胞排列较整齐, 其外切向壁覆盖的角质层较厚, 通常没有或很少有气孔的分化; 下表皮细胞的形态大小不一, 覆盖在其外壁的角质层较薄, 气孔主要分布在下表皮, 气孔缘突出于表皮层。羽片叶中有小叶脉产生, 但韧皮部和木质部中仅有很少的筛胞和管胞分子, 叶肉没有明显的栅栏组织和海绵组织分化(图版 I:12)。

## 3 讨论

苏铁类植物是种子植物中现存最原始的种类, 在裸子植物中除买麻藤物外, 木质部中只有管胞而无导管<sup>[6]</sup>。近年来有研究者在鳞秕泽米铁(*Zamia furfuracea*)、越南蓖齿苏铁(*Cycas elonga*)、托叶铁 [*Stangeria eriopus*(Kunze) Baillon] 等植物的叶、根中

发现了丰富的环纹、螺旋纹、梯纹、网纹、孔纹等类型的导管。认为“螺旋纹和梯纹导管较多,每个导管分子的端壁具1个或几个较大的穿孔;一般环纹、螺旋纹导管多为1个穿孔的单穿孔板,而网纹和孔纹导管则多为具有几个穿孔的复穿孔板,梯纹导管则单穿孔板和复穿孔板两种类型的数量相近。端壁一部分为扁平的倾斜状,一部分为与侧壁垂直呈水平状,尤其是网纹导管等”。并且认为这些导管具有相当进化、发达的结构,比被子植物中许多较为原始种类的导管类型更为进化<sup>[17-19]</sup>。如上述情况属实,现存的分类系统将受到挑战,但从所报道的图片大小、图片质量与放大倍数的关系来看,这些结果有值得商榷之处。

波温苏铁根、茎、叶的木质部中主要是管胞,有少量的纤维,未观察到导管分子,与李平等<sup>[9]</sup>和王发祥等<sup>[4]</sup>的研究结果基本一致。管胞主要是螺旋纹、孔纹或由螺旋纹向孔纹过渡的网纹型。管胞两端斜尖或锐尖,少数端部斜平,无穿孔板和穿孔。根、叶柄中的管胞壁平滑,但茎中大多数管胞的侧壁呈现凸凹不平。管胞腔大小不一,通常根中的最小,茎中次之,叶柄中的最大。

苏铁类植物根周皮的起源,王发祥等认为:“由次生韧皮部的部分薄壁细胞恢复分裂能力,成为木栓形成层形成周皮;四川苏铁周皮仅由次生韧皮部外方的部分薄壁细胞恢复分生能力形成”<sup>[4]</sup>,或产生于表皮下方的皮层细胞或外皮层<sup>[9]</sup>。本研究结果(图2)显示,波温苏铁根的周皮起源于靠表皮内方的第5-7层皮层细胞。

苏铁类植物初生根的木质部属几原型,如四川苏铁等为二原型<sup>[4]</sup>,攀枝花苏铁等为三原、四原型<sup>[9,10]</sup>。徐峰等在尖尾苏铁的肉质根中观察到九原型,“在同一条肉质根的中柱内,原生木质部束的数目由肉质根的根尖向根基部位增加”<sup>[20]</sup>,但此处的根基部具体指的是根的哪个部位,根尖的成熟区还是包括了根的次生结构,有必要加以说明,否则容易导致误判或误解。

## 参考文献

- [1] Wang F X(王发祥), Liang H B(梁惠波). *Cycads in China* [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1996. 143-189.(in Chinese)
- [2] Whitelock L M. *The Cycads* [M]. Oregon Portland: Timber Press, 2002.
- [3] Tanaka M, Hezume R C. Banding treatment for the chromosome of some gymnosperms [J]. *Bot Mag Tokyo*, 1980, 93:167-170.
- [4] Yang D Q(杨涤清), Zhu X F(朱燮桴). Karyotype analysis of *Cycas panzhihuaensis* [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 1985, 23(5):352-354.(in Chinese)
- [5] Tian B(田波), Gong X(龚洵), Zhang Q T(张启泰). Karyotypes of five species in *Cycas* [J]. *Acta Bot Yunan*(云南植物研究), 2002, 24(3):370-376.(in Chinese)
- [6] Zheng F Q(郑芳勤), Zhang X P(张晓萍), Pan A F(潘爱芳), et al. Karyotypes and karyotypical evolution in five *Cycas* species of China [J]. *Sci Sil Sin*(林业科学), 2002, 38(3):49-52.(in Chinese)
- [7] Huang X X(黄向旭), Wu M(吴梅), Song J J(宋娟娟), et al. Karyotype analysis of *Cycas debaoensis* [J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 2003, 11(3):260-262.(in Chinese)
- [8] Li P(李平), Wu X J(吴先军), Zhao Z J(赵振锯), et al. Studies in the biological characteristics of *Cycas panzhihuaensis* I. Morphology and anatomy of vegetative organs [J]. *J Sichuan Univ (Nat Sci)* (四川大学学报自然科学版), 1994, 31(4):546-555.(in Chinese)
- [9] Tang Y J(唐源江), Liao J P(廖景平). Studies on comparative anatomy of the pinnae of six species of *Cycas* [J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), 2001, 18(5):615-622.(in Chinese)
- [10] Tang Y J(唐源江), Liao J P(廖景平). Anatomical studies on pinnae of *Cycas miquelii* and *C. ferruginea* [J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 2001, 9(3):205-208.(in Chinese)
- [11] Xie Z Y(谢中誉), Tang Y J(唐源江), Liu N(刘念), et al. Venation and pinnae anatomy in Stangeriaceae (Cycadales) [J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 2002, 10(4):301-305.(in Chinese)
- [12] Tang Y J(唐源江), Liu N(刘念), Liao J P(廖景平), et al. Systematic implications of pinna venation and pinna anatomy in Zamiaceae [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 2004, 42(4):365-374.(in Chinese)
- [13] Li P(李平), Li X F(李旭峰), Du L F(杜林方), et al. Studies on reproductive biology of *Cycas panzhihuaensis* L. Zhou et S. Y. Yang - I. Megasporeogenesis and Female gametophytic archegonium on the before of fertilization [J]. *J Sichuan Univ (Nat Sci)*(四川大学学报自然科学版), 1998, 35(5):769-775.(in Chinese)
- [14] Wu X J(吴先军), Li P(李平), Huang R(黄荣). Studies on the fertilization, embryogenesis and differentiation of *Cycas panzhihuaensis* L. Zhou et S. Y. Yang [J]. *J Sichuan Univ (Nat Sci)* (四川大学学报自然科学版), 1999, 36(6):1130-1137.(in Chinese)
- [15] Ouyang H B(欧阳海波), Li Y(李勇), Zhang S Z(张寿洲), et al. Microsporogenesis of *Cycas elongate* and its systematic implication [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 2004, 42(6):500-512.(in Chinese)
- [16] Zhang J Y(张景钺), Liang J J(梁家骥). *Systematic Botany* [M]. Beijing: Higher Education Press, 1965. 252-302.(in Chinese)
- [17] Huang Y Y(黄玉源), Zhang H D(张宏达). The brief report on first discovery of vessel in Cycads [J]. *J Guangxi Agri Biol Sci*(广西农业生物科学), 1999, 18(2):161-162.(in Chinese)
- [18] Lin J Z(林鉴钊), Huang Y Y(黄玉源). Discovered vessel in

Cycads again [J]. *J Guangxi Agri Biol Sci* (广西农业生物科学), 1999, 18(3):233-235. (in Chinese)

[19] Huang Y Y (黄玉源), Wei L J (韦丽君). Discovered vessel in the plant of Stangeriaceae of Cycadopsida [J]. *J Guangxi Agri Boil Sci* (广西农业生物科学), 2004, 23(1): 86. (in Chinese)

[20] Xu F (徐峰), Huang Y Y (黄玉源), Lu Y F (陆媛峰), et al. Research on root types and anatomical structure of *Cycas acuminatissima* [J]. *J Guangxi Agri Boil Sci* (广西农业生物科学), 2004, 23(3):210-213. (in Chinese)

图版说明

EP: 表皮 Epidermis; CO: 皮层 Cortex; PH: 韧皮部 Phloem; XY: 木质部 Xylem; PE: 周皮 Periderm; CR: 晶体 Crystal; STR: 螺旋纹管胞 Spiral tracheid; FI: 纤维 Fiber; STG: 淀粉粒 Starch grain; RTR: Reticulated tracheid; PTR: 孔纹管胞 Tracheid; VE: 细脉 Veinlet; ST: 气孔 Stoma.

图版 I

1-2. 根的横切面, 1. 根的初生结构; 2. 具次生结构初期的根; 3. 根的纵切面; 4. 示根中的管胞和纤维分子; 5. 茎横切, 示其中的薄壁组织和维管束; 6. 茎的径切面; 7. 茎的弦切面; 8. 示茎中的管胞分子; 9. 叶柄的横切面; 10. 叶柄纵切面, 示孔纹管胞; 11. 示叶柄中的管胞和纤维分子; 12. 羽片叶横切. 标尺=75 μm.

Explanation of plates

Plate I

1-2. Transverse section of root; 1. Primary structure of root; 2. The root with early secondary structure; 3. Longitudinal section of root; 4. Tracheids and fiber cell in root; 5. Transverse section of stem, showing parenchyma and vascular bundle in stem; 6. Radial section of stem; 7. Tangential section of stem; 8. Tracheids in stem; 9. Transverse section of petiole; 10. Longitudinal section of petiole, showing the pitted tracheids; 11. Spiral tracheids and fiber cell in petiole; 12. Transverse section of pinnae. Bar=75 μm.

