

# 苏铁属叉叶苏铁亚组国产种类的 羽片比较解剖学研究

谢建光<sup>1</sup>, 刘念<sup>2\*</sup>

(1. 华南农业大学 生命科学学院, 广州 510642; 2. 仲恺农业工程学院 园艺园林学院, 广州 510225)

**摘要:** 为了比较苏铁属各分类群的异同并为其分类工作提供重要的理论依据, 采用解剖学的方法, 观察并分析了国产叉叶苏铁亚组 5 个分类群: 叉叶苏铁、多羽叉叶苏铁、长柄叉叶苏铁、多歧苏铁和德保苏铁的羽片横切下皮层厚壁细胞、海绵组织含晶细胞、叶缘、中脉区及韧皮部形状、分泌道等特征和羽片小叶柄纵切中管胞类型、直径大小及管胞壁纹饰特征。结果表明: 叉叶苏铁和多羽叉叶苏铁解剖特征非常接近; 长柄叉叶苏铁叶缘弯曲、韧皮部呈“V”形与前二者区分; 多歧苏铁中脉区远轴面半圆形、叶缘弯曲部位变厚、先端锐等特征和德保苏铁中脉区远轴面呈较平缓圆弧形、叶缘弯曲部位变薄、先端钝易区分。5 个分类群在下皮层厚壁细胞、中脉区具分泌道和小叶柄中管胞等解剖特征方面具有一致性, 表明这些分类群可能由共同的祖先演化而来。

**关键词:** 叶片; 结构; 解剖; 苏铁科

中图分类号: Q949.62 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)05-0587-06

## Comparative anatomy of the pinnae of native plants of subsect. *Stangerioides* in *Cycas*

XIE Jian-Guang<sup>1</sup>, LIU Nian<sup>2\*</sup>

(1. College of Biology Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. College of Horticulture, and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** The study was conducted on the anatomy of comparative pinnae of 5 taxa, namely, *Cycas bifida*, *C. multifrondis*, *C. longipetiolula*, *C. multipinnata* and *C. debaoensis*, classified in the subsection *Strangerioides* (T. Smitinand) D. Y. Wang of *Cycas*. The results showed that *C. multifrondis*, *C. bifida*, and *C. longipetiolula* were similar in the shape of midrib region and in the absence of secretory canal, but *C. longipetiolula* was different from the former two with rolling leaf margin abaxially and “V” shape phloem. And the results also indicated that *C. multipinnata* with semicircle shape of abaxial midrib region and thickening acute leaf margin could be distinguished from *C. debaoensis* with arch shape of abaxial midrib region and thinning obtuse leaf margin. All these taxa shared uniform characteristics of hypodermal sclerenchymatous cells, secretory canal and stracheids, probably indicating that they evolved from a common progenitor.

**Key words:** leaf; structure; anatomy; Cycadaceae

我国拥有丰富的苏铁植物资源, 原产苏铁属 (*Cycas*) 植物约 24 种, 其中属于攀枝花苏铁亚属 (subg. *Panzhihuaensis*) 攀枝花苏铁组 (sect. *Panzhihuaensis*) 叉叶苏铁亚组 (subsect. *Stangerioides*)

5 分类群: 叉叶苏铁 (*C. bifida*)、多羽叉叶苏铁 (*C. multifrondis*)、长柄叉叶苏铁 (*C. longipetiolula*)、多歧苏铁 (*C. multipinnata*) 和德保苏铁 (*C. debaoensis*), 主要分布于我国广西西部和南部、云南东

\* 收稿日期: 2012-04-09 修回日期: 2012-07-25

基金项目: 国家自然科学基金 (30070062) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (30070062)]

作者简介: 谢建光 (1975-), 男, 湖南湘潭县人, 博士, 主要从事植物学教学和科研工作, (E-mail) shelljianguang@scau.edu.cn.

\* 通讯作者: 刘念, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为姜科和苏铁科研究, (E-mail) liunian678@163.com.

南部、南部等,此外厦门植物园、昆明植物园、华南植物园、深圳植物园和桂林植物园等单位都有引种(王定跃,2000)。不同的苏铁研究者对上述 5 个分类群在分类上的地位有不同的看法,主要存在两种不同的观点。其中王定跃(2000)和黄玉源(2001)均将这些分类群看做独立的种,认为多羽叉叶苏铁羽叶通常 4~10 片,小叶柄长 5~35 mm,大孢子叶顶片较长而细尖和叉叶苏铁区别;长柄叉叶苏铁一回羽片 4~5 次二叉分歧,具 5~8cm 的小叶柄和叉叶苏铁一回羽片多具 2 次二叉分歧,少数为 1 次或 3 次二叉分歧,仅具 2~7 mm 的小叶柄容易区分。Chen & Stevenson (1999)、陈家瑞(2000)和 Whitelock (2002)将多羽叉叶苏铁和长柄叉叶苏铁作为叉叶苏铁的异名处理,认为它们是同一物种,但未给出合并的根据。苏铁属植物的叶既具有裸子植物叶的特点,“比起被子植物,其叶的外部形态和内部结构相对稳定,不易受环境变化的影响”(Esau,1977),同时又表现出形态结构的多样性,比保守性很强的根和茎的形态结构样式复杂得多,可利用这一特点来鉴定本属不同植物并揭示种间亲缘关系。

苏铁属羽片解剖学是研究苏铁属分类、演化等的重要手段之一,一直受到分类学家、植物解剖学家和古植物学家的关注。比如: Pant & Nautiyal (1963a,1963b)研究了 13 种苏铁羽片的角质层、表皮层的解剖特征;Hill(1994)描述了 12 种苏铁羽片解剖特征,其中 9 种为首次报道;李平(1995)研究了攀枝花苏铁的羽片解剖学特征;王玉忠等(1995)研究了我国 13 种苏铁羽片表皮及气孔特征;陈谭清等(1996)研究了 18 种 2 变型苏铁属羽片的解剖结构,其中包括叉叶苏铁和多歧苏铁;黄玉源(2001)研究了包括德保苏铁、叉叶苏铁、多歧苏铁在内 24 种苏铁属植物羽片解剖特征等。这些结果表明,苏铁属植物的羽片比较解剖学研究对区分属内不同种类具有一定的意义,为苏铁属的系统演化和分类研究提供了可靠的证据。本研究旨在通过对叉叶苏铁亚组国产种类的羽片比较解剖学研究,分析各分类群的解剖特征,比较各分类群的异同并为其分类工作提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

叉叶苏铁亚组内 5 个分类群的羽片实验材料采集于 2003 年 6~10 月,凭证标本除王定跃、彭晗

5523 号存深圳仙湖植物园植物标本室(SZG)外,其余存华南植物园标本馆(IBSC)(表 1)。长柄叉叶苏铁由于材料原因仅选取 2 株,其余每分类单位选取 5 株材料,每株材料分别从不同羽片上采集 5 份实验材料进行试验。

表 1 实验材料的采集情况  
Table 1 Material resources and vouchers

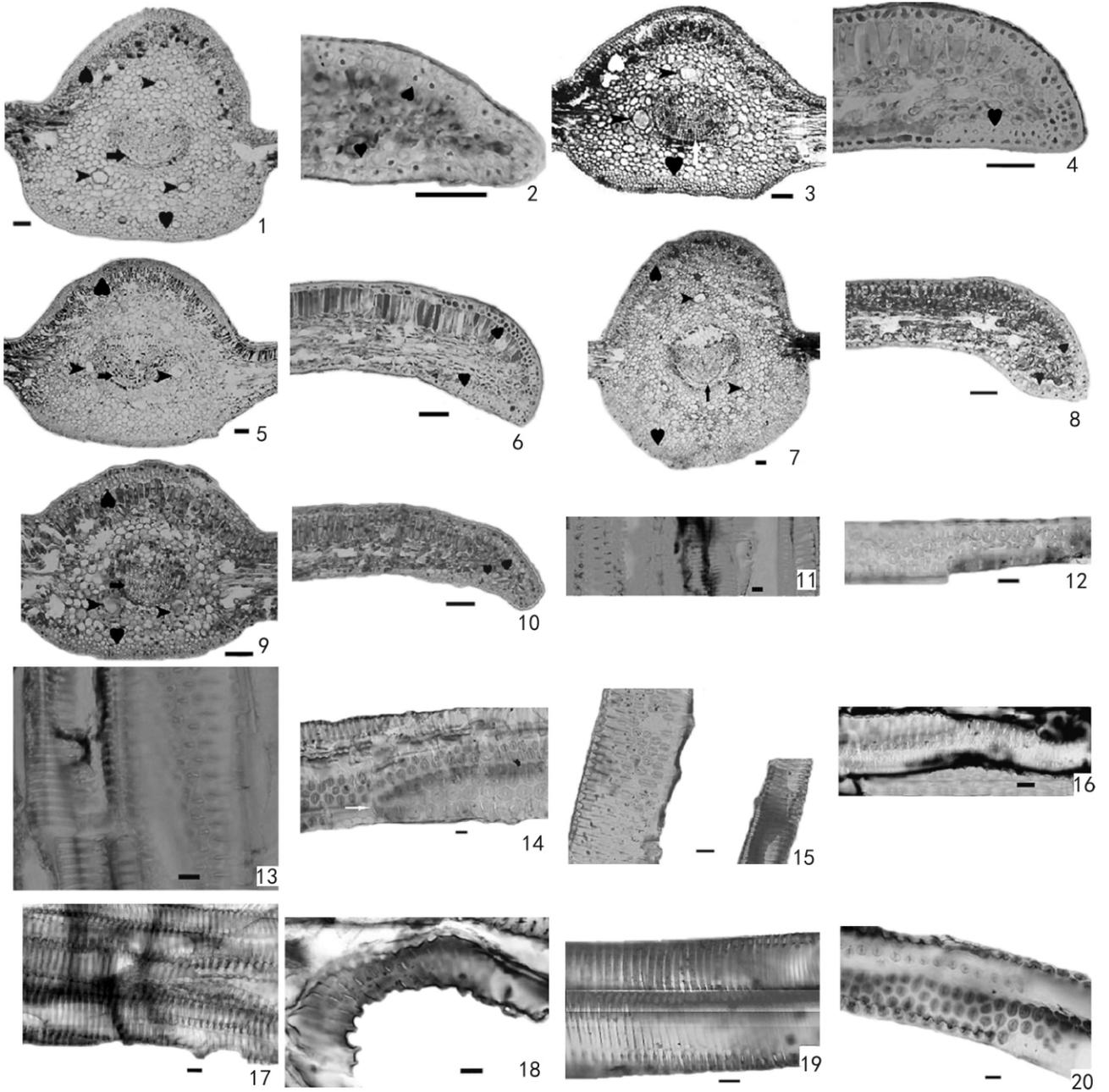
植物名称 Taxon	采集地点 Locality	凭证标本 Voucher
叉叶苏铁 <i>C. bifida</i>	广西龙州县弄岗	谢建光、喻锐 122
多羽叉叶苏铁 <i>C. multifrondis</i>	福建厦门植物园	谢建光 011
长柄叉叶苏铁 <i>C. longipetiolum</i>	广东深圳仙湖植物园	王定跃、彭晗 5523
多歧苏铁 <i>C. multipinata</i>	云南河口县莲花滩	谢建光 005
德保苏铁 <i>C. debaensis</i>	广西德保县扶平	谢建光 020

本研究选取成熟新鲜羽片中部的小羽片固定于 FAA 液中。制片时取小羽片的中部和小羽片基部的小叶柄,爱氏苏木精—番红整体染色,常规石蜡切片法制片。其中小羽片中部横切厚度 20~25  $\mu\text{m}$ ,小叶柄纵切厚度 15~20  $\mu\text{m}$ 。中性树脂封藏,NIKON 显微镜观察拍照,通过显微标尺测量羽片各解剖结构的数量特征,包括角质层厚度、羽片厚度、气孔宽度、栅栏组织细胞长度、管胞直径等,随机提取 50 个数值取平均值。

## 2 观察结果

### 2.1 叉叶苏铁 *C. bifida* 羽片解剖特征

如图版 I :1,2,11,12 所示,叉叶苏铁的羽片横切面近轴面角质层较厚,约 4.4  $\mu\text{m}$ ,远轴面的角质层较薄,约 3.1  $\mu\text{m}$ 。中脉区向两面隆起较明显。叶缘呈鸟喙状,近平直。羽片厚度约 0.27 mm,叶表皮细胞近方形或扁长方形,壁厚,排成整齐的 1 列。气孔仅分布于下表面,宽约 61  $\mu\text{m}$ ,不下陷。下皮层厚壁细胞仅分布于中脉隆起区和叶缘,近轴面和远轴面的下皮层厚壁细胞均为 2~3 列;叶缘厚壁细胞 3 列。栅栏组织为排列整齐的柱状细胞组成,细胞平均长度为 66  $\mu\text{m}$ ,位于近轴面表皮细胞下方,栅栏组织延伸至中脉上方,在中脉两侧连续,只是在中脉隆起处细胞较短。海绵组织不发达,细胞大小不一,分布于副转输组织两侧,每侧约有 1~2 层细胞,含晶细胞未见。副转输组织发达,由伸长的薄壁组织细胞、有具缘纹孔的管胞和分隔纤维组成,厚度达



图版 I 照片 1-10 均以上方为叶的近轴面 (标尺为 0.1 mm) 1,2. 叉叶苏铁羽片横切面; 3,4. 多羽叉叶苏铁羽片横切面; 5,6. 长柄叉叶苏铁羽片横切面; 7,8. 多歧苏铁羽片横切面; 9,10. 德保苏铁羽片横切面; 1,3,5,7,9. 中脉区; 2,4,6,8,10. 叶缘。→示韧皮部; ▶示分泌道; ♥示下皮层厚壁细胞。照片 11-20 为小叶柄纵切, 示管胞形态 (标尺为 10 μm) 11,12. 叉叶苏铁的螺纹和孔纹管胞; 13,14. 多羽叉叶苏铁的螺纹和孔纹管胞; 15,16. 长柄叉叶苏铁的螺纹和孔纹管胞; 17,18. 多歧苏铁的螺纹和孔纹管胞; 19,20. 德保苏铁的螺纹和孔纹管胞。图片 14 中→示孔纹管胞末端。

Plate I Adaxial side of the pinnae in picture 1 to 10 on top, showing the transverse section (scale bars = 0.1 mm) 1,2. *C. bifida*; 3,4. *C. multifrondis*; 5,6. *C. longipetirolula*; 7,8. *C. multipinnata*; 9,10. *C. debaoensis*; 1,3,5,7,9. the midrib section; 2,4,6,8,10. the pinna margins; → showing the phloem; ▶ showing the secretory canal; ♥ showing the hypodermal sclerenchymatous cells. Pictures 11 to 20 showing the stracheids of the petiolule by longitudinal cutting (scale bars = 10 μm) 11,12. *C. bifida*; 13,14. *C. multifrondis*; 15,16. *C. longipetirolula*; 17,18. *C. multipinnata*; 19,20. *C. debaoensis*; 11,13,15,17,19. the spiral stracheids; 12,14,16,18,20. the pitted stracheids. → showing the top of the stracheid in 14.

5 层细胞, 在海绵组织的中间横卧排列, 一端与中脉相连, 另一端几达叶缘。转输组织包围维管束两侧。

叶脉仅有中脉, 没有观察到其它细小的分枝。中脉区两面隆起, 近轴面呈半圆形, 远轴面呈盆形。近中

央为维管束;韧皮部在远轴面,呈弧形;木质部在近轴面,管胞聚集或分散,分泌道较多。小叶柄纵切可观察到 2 种管胞:孔纹和螺纹管胞,且平行排列。孔纹管胞较螺纹管胞粗,直径约为  $30\sim 32\ \mu\text{m}$ ,上具有明显清晰的具缘纹孔,纹孔呈椭圆形或圆形,长轴与管胞长轴垂直,直径为  $7\sim 9\ \mu\text{m}$ 。纹孔式为互列纹孔式。螺纹管胞直径较小,约为  $15\sim 21\ \mu\text{m}$ ,螺纹排列较密或较松,在  $10\ \mu\text{m}$  上长度上有  $1.7\sim 3.0$  圈螺纹不等。

## 2.2 多羽叉叶苏铁 *C. multifrondis* 羽片解剖特征

如图版 I :3,4,13,14 所示,多羽叉叶苏铁的羽片横切面角质层较厚,约  $4.0\ \mu\text{m}$ ,远轴面的角质层较薄,约  $3.6\ \mu\text{m}$ 。中脉区向两面隆起较明显。叶缘呈鸟喙状,平直。羽片厚度为  $0.32\ \text{mm}$ ,叶表皮细胞近方形或扁长方形,壁厚,排成整齐的 1 列。气孔仅分布于下表面,宽约  $85\ \mu\text{m}$ ,不下陷。下皮层厚壁细胞仅分布于中脉隆起区和叶缘,近轴面和远轴面的下皮层厚壁细胞均为 2~3 列;叶缘厚壁细胞 2~3 列,仅喙尖处稍厚。栅栏组织为排列整齐的柱状细胞组成,细胞平均长度为  $93\ \mu\text{m}$ ,位于近轴面表皮细胞下方,栅栏组织延伸至中脉上方,在中脉两侧连续,在中脉隆起处的细胞较短。海绵组织的细胞大小不一,分布于副转输组织两侧,每侧仅有 2~3 层细胞,含晶细胞未见。副转输组织发达,多达 5 层,由伸长的薄壁组织细胞、有具缘纹孔的管胞和分隔纤维组成,分布于海绵组织的中间横卧排列,一端与中脉相连,另一端几乎达到叶缘。转输组织包围维管束两侧。叶脉区仅有中脉,没有观察到其它细小的分枝。中脉在叶片两面隆起,近轴面呈半圆形,远轴面呈浅盆形。近中央为维管束;韧皮部在远轴面,呈弧形;木质部在近轴面,管胞聚集或分散,分泌道较多。小叶柄纵切可观察到 2 种管胞:孔纹管胞和螺纹管胞,且平行排列。孔纹管胞较螺纹管胞粗,直径约为  $30\sim 38\ \mu\text{m}$ ,上具有明显清晰的具缘纹孔,纹孔呈椭圆形或圆形,长轴与管胞长轴垂直,大小约为  $7\sim 11\ \mu\text{m}$ 。纹孔式为互列纹孔式。螺纹管胞直径较小,约为  $25\sim 27\ \mu\text{m}$ 。不同的螺纹管胞螺纹密度不同,在  $10\ \mu\text{m}$  上长度上有  $2.1\sim 2.7$  圈螺纹不等。

## 2.3 长柄叉叶苏铁 *C. longipetiolum* 羽片解剖特征

如图版 I :5,6,15,16 所示,长柄叉叶苏铁的羽片横切面角质层较厚,约  $4.8\ \mu\text{m}$ ;远轴面的角质层较薄,约  $3.8\ \mu\text{m}$ 。中脉区向两面隆起较明显。叶缘

呈鸟喙状,向远轴面明显弯曲。羽片厚度约  $0.36\ \text{mm}$ ,叶表皮细胞近方形或扁长方形,壁厚,排成整齐的 1 列。气孔仅分布于下表面,不下陷,气孔直径平均为  $65\ \mu\text{m}$ 。下皮层厚壁细胞仅在中脉隆起区和叶缘,近轴面和远轴面的下皮层厚壁细胞均为 2~3 列;叶缘厚壁细胞 2~3 列。栅栏组织为排列整齐的柱状细胞组成,细胞平均长度为  $96\ \mu\text{m}$ ,位于近轴面表皮细胞下方,栅栏组织延伸至中脉上方,中脉两侧连续,中脉隆起处的细胞较短。海绵组织的细胞大小不一,分布于副转输组织两侧,每侧仅有 1~2 层细胞,含晶细胞未见。副转输组织发达,多达 5~6 层,由伸长的薄壁组织细胞、有具缘纹孔的管胞和分隔纤维组成,分布于海绵组织的中间横卧排列,一端与中脉相连,另一端几达叶缘。转输组织包围维管束两侧。叶脉仅有中脉,没有观察到其它细小的分枝。中脉区于叶片两面隆起,近轴面呈半圆形,远轴面呈浅盆形。近中央为维管束;韧皮部在远轴面,呈宽 V 形;木质部在近轴面,管胞聚集或分散,分泌道 3~4 个。小叶柄纵切可观察到 2 种管胞:孔纹和螺纹管胞,且平行排列。孔纹管胞较螺纹管胞粗,直径约为  $34\ \mu\text{m}$ ,上具有明显清晰的具缘纹孔,纹孔呈椭圆形,长轴与管胞长轴垂直,大小约为  $8\ \mu\text{m}\times 10\ \mu\text{m}$ 。纹孔式为互列纹孔式。螺纹管胞直径较小,约为  $21\ \mu\text{m}$ 。不同的螺纹管胞螺纹密度不同,在  $10\ \mu\text{m}$  上长度上约 2.3 圈螺纹。

## 2.4 多歧苏铁 *C. multipinnata* 羽片解剖特征

如图版 I :7,8,17,18 所示,多歧苏铁的羽片横切面角质层较厚,约  $4.8\ \mu\text{m}$ ;远轴面的角质层较薄,约  $3.5\ \mu\text{m}$ 。中脉区向两面隆起非常明显。叶缘呈鸟喙状,向远轴面弯曲,且弯曲部位羽片变厚,顶端尖。羽片厚约  $0.26\ \text{mm}$ ,叶表皮细胞近方形或扁长方形,壁厚,排成整齐的 1 列。气孔仅分布于下表面,不下陷,气孔直径平均为  $70\ \mu\text{m}$ 。下皮层厚壁细胞仅在中脉隆起区或叶缘,近轴面和远轴面的下皮层厚壁细胞均为 2~3 列;叶缘厚壁细胞 2 列。栅栏组织为排列整齐的柱状细胞组成,位于近轴面表皮细胞下方,栅栏组织延伸至中脉上方,在中脉两侧连续,在中脉隆起处的细胞较短。海绵组织的细胞大小不一,分布于副转输组织两侧,不很发达,含晶细胞较少。副转输组织发达,多达 5 层,由伸长的薄壁组织细胞、有具缘纹孔的管胞和分隔纤维组成,分布于海绵组织的中间横卧排列,一端与中脉相连,另一端几达叶缘。转输组织包围维管束两侧。叶脉区仅

有中脉,没有观察到其它细小的分枝。中脉于叶片两面隆起,近轴面呈半圆形,远轴面亦呈半圆形。近中央为维管束;韧皮部在远轴面,呈弧形;木质部在近轴面,管胞聚集或分散。分泌道 3~4 个。小叶柄纵切可观察到 2 种管胞:孔纹管胞和螺纹管胞平行排列,孔纹管胞数量远较螺纹管胞多。孔纹管胞较螺纹管胞粗,直径约为 36  $\mu\text{m}$ ,壁具有明显清晰的具缘纹孔,纹孔呈椭圆形,长轴与管胞长轴垂直,大小约为 8  $\mu\text{m}$ ×10  $\mu\text{m}$ 。纹孔式为互列纹孔式。螺纹管胞直径较小,约为 25  $\mu\text{m}$ 。不同的螺纹管胞螺纹密度不同,在 10  $\mu\text{m}$  上长度上约 2.5 圈螺纹。

### 2.5 德保苏铁 *C. debaoensis* 羽片解剖特征

如图版 I :9,10,19,20 所示,德保苏铁的羽片横切面角质层较厚,约 4.3  $\mu\text{m}$ ;远轴面的角质层较薄约 3.5  $\mu\text{m}$ 。中脉区向两面隆起非常明显。叶缘呈鸟喙状,先端钝,向远轴面弯曲。羽片厚约 0.36 mm,叶表皮细胞近方形或扁长方形,壁厚,排成整齐的 1 列。气孔仅分布于下表面,不下陷或稍下陷,

气孔直径平均为 98  $\mu\text{m}$ 。下皮层厚壁细胞仅在中脉隆起区或叶缘,近轴面和远轴面的下皮层厚壁细胞均为 2~3 列;叶缘厚壁细胞 2 列。栅栏组织为排列整齐的柱状细胞组成,细胞平均长度为 85  $\mu\text{m}$ ,位于近轴面表皮细胞下方,栅栏组织延伸至中脉上方,中脉两侧连续,在中脉隆起处的细胞较短。海绵组织不发达,细胞大小不一,分布于副转输组织两侧,每侧仅 1~2 层细胞,含晶细胞偶见。副转输组织发达,多达 6 层,由伸长的薄壁组织细胞、有具缘纹孔的管胞和分隔纤维组成,分布于海绵组织的中间横卧排列,一端与中脉相连,另一端几达叶缘。转输组织包围维管束两侧。叶脉区仅有中脉,没有观察到其它细小的分枝。中脉于叶片两面隆起,近轴面呈半圆形,远轴面呈较大的圆弧形。近中央为维管束;韧皮部在远轴面,呈弧形;木质部在近轴面,管胞聚集或分散。分泌道 3~4 个。小叶柄纵切可观察到 2 种管胞:孔纹管胞和螺纹管胞,且平行排列,孔纹管胞数量远较螺纹管胞多。孔纹管胞较螺纹管胞

表 2 叉叶苏铁复合体的羽片解剖结构比较

Table 2 Comparative anatomy of the pinnae of *C. micholitzii* complex

分类群名称 Taxa	下皮层厚壁细胞 Hypodermal sclerenchymatous cells (HTW)	海绵组织含晶细胞 Crystal cells in spongy tissue	叶缘 Leaf margin	中脉区 Midrib region			小叶柄中管胞 Stracheids in petiolule	
				形状 Shape	韧皮部 Phloem	分泌道 Secretory canal	大小 Sizes ( $\mu\text{m}$ )	纹孔式 Pitting of stracheid
叉叶苏铁 <i>C. bifida</i>	中脉区 2~3 列和叶缘 3 列	未见	鸟喙状,近平直	近轴面半圆形,远轴面盆形	弧形	有	螺纹 15~21,孔纹 30~32	互列
多羽叉叶苏铁 <i>C. multifrondis</i>	中脉区 2~3 列和叶缘 2~3 列	未见	鸟喙状,平直	近轴面半圆形,远轴面浅盆形	弧形	有	螺纹 25~27,孔纹 30~38	互列
长柄叉叶苏铁 <i>C. longipetiolula</i>	中脉区 2~3 列和叶缘 2~3 列	未见	鸟喙状	近轴面半圆形,远轴面浅盆形	V 形	有	螺纹管胞 21,孔纹管胞 34	互列
多歧苏铁 <i>C. multipinnata</i>	中脉区 2~3 列和叶缘 2 列	较少	鸟喙状,向远轴面弯曲	近轴面半圆形,远轴面半圆形	弧形	有	螺纹管胞 25,孔纹管胞 36	互列
德保苏铁 <i>C. debaoensis</i>	中脉区 2~3 列和叶缘 2 列	偶见	鸟喙状,钝圆,向远轴面弯曲	近轴面半圆形,远轴面较大圆弧形	弧形	有	螺纹管胞 28,孔纹管胞 30	互列

粗,直径约为 30  $\mu\text{m}$ ,壁具有明显清晰的纹孔,纹孔呈椭圆形,长轴与管胞长轴垂直,大小约为 8  $\mu\text{m}$ ×11  $\mu\text{m}$ ,中间呈一狭缝。纹孔式为互列纹孔式。螺纹管胞直径较小,约为 28  $\mu\text{m}$ ,在 10  $\mu\text{m}$  上长度上约 2.6~2.8 圈螺纹。

## 3 结论与讨论

通过对上述 5 个分类群的叶解剖特征比较(表

2),叉叶苏铁、多羽叉叶苏铁和长柄叉叶苏铁在中脉区形状相似,均为近轴面呈半圆形,远轴面呈盆状;海绵组织中都没有发现含晶细胞。三者也有区分:羽片边缘远轴面前二者均平直,在近轴面叉叶苏铁呈锐角状尖头,多羽叉叶苏铁呈圆弧状尖头,而长柄叉叶苏铁羽片边缘远轴面弯曲,在近轴面呈圆弧状尖头;叉叶苏铁和多羽叉叶苏铁叶脉中维管束韧皮部形状均为弧形,形状十分接近,而长柄叉叶苏铁叶脉中韧皮部呈典型的阔“V”字形。叉叶苏铁和多羽

叉叶苏铁在上述形态解剖特征均十分接近,甚至很难区分,表明二者关系非常密切;长柄叉叶苏铁特征与前二者明显区分,支持将长柄叉叶苏铁作为单一分类群处理。多歧苏铁和德保苏铁二者在海绵组织中都出现了含晶细胞,韧皮部形状相似;但中脉区前者远轴面半圆形,叶边缘弯曲部位变厚,先端尖;后者韧皮部呈较平缓圆弧形,叶边缘弯曲部位变薄,先端钝,可以区分。

陈谭清等(1996)的研究中包含了叉叶苏铁和多歧苏铁的羽片解剖,与之相比,测定的结果稍有不同,例如本项研究叉叶苏铁的气孔直径为  $61\ \mu\text{m}$ ,相比较较小( $75\ \mu\text{m}$ );多歧苏铁气孔大小十分接近。黄玉源(2001)研究中包含叉叶苏铁、多歧苏铁和德保苏铁的羽片解剖,与之相比,有些许细微差别。德保苏铁羽片叶肉中海绵组织细胞层数稍不同,在本研究中海绵组织在副转输组织上下各有 1~2 层细胞,排列不规则,而与黄玉源(2001)的海绵组织在副转输组织上下只有一层细胞的描述不同。造成这些细微差别的原因可能是由于材料的个体差异造成。

本实验观察了叉叶苏铁复合体小叶柄的纵切,发现均含有螺旋管胞和孔纹管胞,其中孔纹管胞均为互列纹孔式;与葫芦苏铁比较,管胞类型、大小、纹孔式等特征很相似。陈谭清等(1996)研究的四川苏铁的茎解剖结构木质部管胞比较,四川苏铁除螺旋、孔纹管胞外,还出现梯纹管胞、对列纹孔(作者仔细研究了其图版 XLV4,实为互列型);管胞长度和直径变化较大,有  $100\ \mu\text{m}\times 90\ \mu\text{m}$ ,也有  $2\ 300\ \mu\text{m}\times 50\ \mu\text{m}$ 。周崑等(1994)研究四川苏铁茎的解剖结构表明其纹孔式为南洋杉型,其管胞直径多数在  $23\sim 46\ \mu\text{m}$  之间。本研究的管胞大小、纹孔式样接近周崑等(1994)的研究结果;管胞种类出现两种,接近陈谭清等(1996)的结果。

从羽片解剖结构来看,多羽叉叶苏铁和叉叶苏铁的解剖特征非常一致,二者很难区分开来,表明 2 个分类群之间亲缘关系非常密切;而长柄叉叶苏铁和前二者可以明显区分开来,支持作为单一分类群处理;多歧苏铁和德保苏铁的羽片解剖特征可以根据中脉区形状和叶缘形状得到较好区分,支持将二者分开作为 2 个种的处理。

5 个分类群羽片解剖结构中有着某些重要的共同特征:羽片下皮层厚壁细胞层数基本相同,中脉区基本组织都具有明显的分泌道,小叶柄中都具有

螺旋管胞和孔纹管胞,两种管胞中部直径在不同的分类群也基本一致;孔纹管胞壁上纹孔式均为南洋杉型,具缘纹孔基本成椭圆形,大小十分接近。这些共同的特征表明由共同的祖先演化而来的可能性极大,从而支持将它们归入一个亚组(王定跃,1996),或是一个组(黄玉源,2001)。这 5 个分类群的解剖特征如分泌道的有无、韧皮部的形态等与贵州苏铁(*C. guizhouensis*)、宽叶苏铁(*C. balansae*)、单羽苏铁(*C. simplicipinna*)、滇南苏铁(*C. diannanensis*)有较大的不同(黄玉源,2001),从而不支持 Hill(2004)将上述分类群置于叉叶苏铁组。

### 参考文献:

- 王玉忠,陈家瑞. 1995. 中国苏铁属的叶表皮特征及其分类学意义[J]. 植物学通报, 12: 47-51
- 王定跃. 1996. 苏铁科的系统分类与地理分布[M]//王发祥,等. 中国苏铁. 广州:广东科技出版社:12-32
- 王定跃. 2000. 苏铁科形态结构、系统分类与演化研究[D]. 博士学位论文:68-145
- 陈家瑞. 2000. 苏铁科[M]//傅立国,陈谭清,郎楷永,等. 中国高等植物. 青岛:青岛出版社, 3: 1-10
- 李平,吴宪军,赵振锯,等. 1995. 攀枝花苏铁的生物学特性研究——营养器官的形态解剖研究[J]. 四川大学学报·自然科学版, 32(专辑): 53-625
- 陈谭清,王定跃,廖景平,等. 1996. 中国苏铁羽片形态解剖学研究[M]//王发祥,等. 中国苏铁. 广州:广东科技出版社, 143-169
- 周崑,姜笑梅. 1994. 中国裸子植物材的木材解剖学及超微构造[M]. 北京:中国林业出版社:196-201
- 黄玉源. 2001. 中国苏铁科植物的系统分类与演化研究[M]. 北京:气象出版社:11-83
- 黄玉源,张宏达. 1999. 首次在苏铁类植物中发现导管[M]. 广西农业生物科学, 18(2): 161-162
- Chen CJ, Stevenson DW. 1999. Cycadaceae[M]//Wu ZY, Peter HR(eds). Flora of China. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 4: 1-8
- Esau K. 1977. Anatomy of Seed Plant[M]. 2nd ed. New York: Wiley
- Hill KD. 1994. *Cycas rumphii* complex (Cycadaceae) in New Guinea and the Western Pacific[J]. *Aus Sys Bot*, 7: 543-567
- Hill KD. 2004. The world list of cycads[J]. *Bot Rev*, 70(2): 274-298
- Pant DD, Nautiyal DD. 1963a. On the anatomical structure of the pinnae of some species of *Cycas* (Cycadaceae)[J]. *Curr Sci*, 32(5): 232-234
- Pant DD, Nautiyal DD. 1963b. Cuticular and epidermal studies of some modern Cycadean leaves, sporangia and seeds[J]. *Senck Boil*, 44(4): 257-347
- Whitelock LM. 2002. The Cycads[M]. Portland, Oregon: Timber Press: 11-158