

叉孢苏铁茎的解剖学研究

韦丽君¹, 黄玉源^{2*}, 徐峰³, 伍映辉⁴, 黄爱花⁵

(1. 广西亚热带作物研究所, 南宁 530001; 2. 仲恺农业工程学院 生命科学学院, 广州 510225; 3. 广西大学 林学院, 南宁 530005; 4. 海口市农业科学研究所, 海口 570011; 5. 广西玉米研究所, 南宁 530007)

摘要: 对叉孢苏铁茎的解剖结构进行了仔细的研究, 结果表明: 叉孢苏铁茎具有发达的皮层, 皮层及髓中具有黏液道, 有外韧型和周韧型的维管束分布在皮层中, 但主要以外韧型为主, 在同一切面上能看到横、纵、斜 3 种不同走向的维管束, 所有皮层维管束韧皮部组成成份比较单一。维管组织区由多个生长环组成, 每个生长环都具有木质部、维管形成层和韧皮部组成, 各生长环韧皮部所占比例均大于木质部, 在具 4 生长环的下部茎的维管组织中, 环与环之间间隔 2~10 层不等的薄壁细胞。从纵向变化上看, 从上至下, 维管组织区的厚度及生长环数逐渐递增, 在同一组织中, 含晶及含单宁物质的异细胞呈从无到有, 从少到多的分布趋势。

关键词: 叉孢苏铁; 茎; 解剖结构

中图分类号: Q944.55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)01-0020-08

Study on anatomy of the stem of *Cycas segmentifida*

WEI Li-Jun¹, HUANG Yu-Yuan^{2*}, XU Feng³,

WU Ying-Hui⁴, HUANG Ai-Hua⁵

(1. Biotechnology Center, Guangxi Institute of Subtropical Crops, Nanning 530001, China; 2. College of Life Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 3. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530005, China; 4. Institute of Agricultural Science of Haikou, Haikou 530005, China; 5. Guangxi Maize Research Institute, Nanning 530227, China)

Abstract: The anatomical structure of stem of *Cycas segmentifida* were studied. The results show that stem of *C. segmentifida* possesses of abundant cortex and there are mucilage canals distribute in cortex and pith. Collateral vascular bundle and amphicribal vascular bundle also distribute in cortex, but the most one is collateral vascular bundle. Three kinds of different trends vascular bundle-horizontal, vertical and slanting can be seen in the identical section. Phloem component of all vascular bundle in cortex are singleness. The vascular tissue consists of some growth rings, every growth ring is composed of outer phloem, middle cambium and inner xylem; in every growth ring, the ratio of phloem is more than xylem in vascular tissue. There are four growth rings in vascular tissue of bottom stem and there are 2-10 layers parenchyma cells between the two growth rings. Viewing from vertical variation, the thickness and the number of rings of vascular tissue is increasing from top to bottom. In the same tissue, from top to bottom, distribution trend of crystalliferous parenchyma cells and tannin parenchyma cells are from absence to presence and from few to many.

Key words: *Cycas segmentifida*; stem; anatomical structure

苏铁类植物是自然界现存最古老的种子植物, 在生物多样性保护中扮演着十分重要的角色, 有极高的学术研究价值, 兼食用、药用和造景观赏于一身。长期以来, 由于原生境受破坏及人们肆意盗挖

收稿日期: 2007-07-03 修回日期: 2008-09-20

基金项目: 国家自然科学基金(20360007)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(20360007)]

作者简介: 韦丽君(1979-), 女, 广西柳江县人, 硕士, 从事植物结构与进化及植物组织培养方面的研究。

* 通讯作者(Author for correspondence): 黄玉源, 教授, (E-mail) lqxhy@yahoo.com.cn.

等, 苏铁资源急速锐减, 许多种类濒临灭绝。我国政府于 1999 年将苏铁属所有种列为国家一级保护野生植物, 2001 年正式启动的全国野生动植物保护及自然保护区建设工程将苏铁列为 15 大重点保护物种之一, 并专门组织编制了《全国苏铁保护工程专项规划》(国家林业局等, 1999)。因此, 近年来中国的苏铁植物受到国内外学者的广泛关注, 开展的研究也越来越多, 但主要集中在羽片, 茎的解剖学资料极少, 至今仅见篦齿苏铁 (*Cycas pectinata*) 和奥苏铁 (*C. media*) 有茎结构的简单描述 (Chamberlain, 1935), 苏铁 (*C. revoluta*) 有维管束的部分结构详图 (Foster, 1939, 1940), 刺叶苏铁 (*C. rumphii*) 茎中柱多式木质部和髓部维管束的存在与否 (Stevenson, 1990), *Cycas circinalis*, *C. thuarsii* 和 *C. rumphii* 等 4 个苏铁科种类茎的维管柱的组织结构研究 (Bork, 1990; Terrazas, 1991), 攀枝花苏铁 (*C. pan-zhihuaensis*) 树干解剖 (李平等, 1994) 和四川苏铁 (*C. szechuanensis*) 茎解剖结构的描述 (陈谭清等, 1996), 对于近 300 个种类的苏铁纲植物来说上述茎的研究还是极少的。此外, 由于茎比较粗大, 一些结构的研究要么比较粗和介绍结构的轮廓, 要么仅研究局部的状态, 而系统、全面的茎的研究则十分缺乏。叉孢苏铁目前仅发现分布在中国贵州的册亨县、望谟县及广西的西林县、乐业县和云南的富宁县等处 (邓朝义, 2002), 为我国特有种, 外部形态及羽片的解剖学研究已有相关报道 (陈谭清等, 1996; 黄玉源, 2001), 但对茎的解剖结构缺乏研究, 迄今尚未见报道。本文力图从解剖结构的研究中, 探讨它对环境适应的内在结构机制, 旨在提供有价值的生态解剖学资料, 为叉孢苏铁资源的保护、开发和利用提供科学依据。

1 材料与方 法

2004 年 8 月 14 日于广西壮族自治区百色市西林县足别乡板桥村天然次生林水沟边取材。所采标本植株高 10 cm, 直径 8 cm, 叶长 1.40 m、宽 50 cm, 取材时按茎的高度平均分成上、中、下三部分, 在每一部分的中间部位取材, 尽量使材料完整, 至少包括皮层、维管组织区和髓, 将材料切成 1 cm × 1 cm 大小固定于 FAA 固定液中。常规石蜡和冰冻制片法制片, 切片厚度 10~15 μm, TO 透明剂透明, 番红-苏木精染色, 中性树胶封片, 在 Leica-DMLB 型万

能显微镜下观察并拍照。

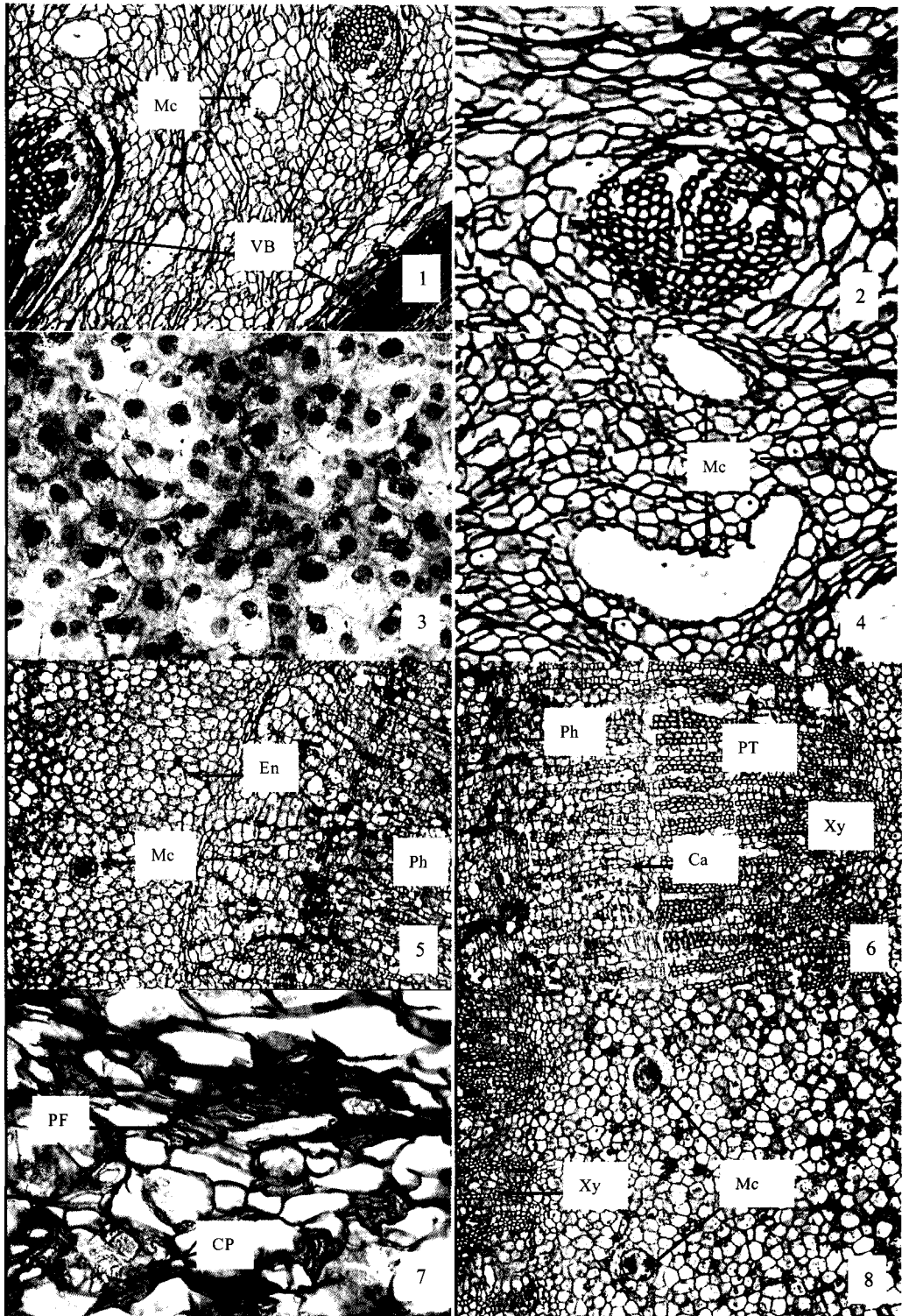
2 结 果

2.1 茎的上部

周皮内为皮层, 皮层中有近圆形、椭圆形的黏液道及皮层维管束分布 (图版 I : 1)。皮层细胞近圆形、椭圆形至多边形, 大部分具细胞核, 且越靠近里层的组织核越大, 含大小不一的淀粉粒, 细胞质浓; 黏液道外通常为 1 层切向延长的黏液细胞包围; 维管束多为外韧维管束, 椭圆形, 径向直径 259.56~743.38 μm, 管状分子近等径多边形, 孔径 7.45~21.35 μm, 约 5 层不等, 排列紧密, 其间多数无薄壁细胞, 极少数间隔有 1 径向列的长形或引长的多边形薄壁细胞; 形成层区和韧皮部区分界不明显, 细胞同为长方形至近等径多边形, 极个别具细胞核, 都溶解了的淀粉 (图版 I : 2)。无论是横切、弦切还是径切面都同时能看到横向、纵向和斜向 3 种走向的维管束, 稍不同的是在径切和弦切面, 纵向和斜向的维管束较多, 而横向的维管束较少 (图版 I : 1)。维管组织区内, 只见靠近髓部有具大小不一的维管束, 呈一环状排列, 在一个四倍镜的视野下最多时能看到 4 个; 与皮层处的相似, 也具横向、纵向和斜向三种不同走向的维管束, 其中横向和斜向的占多数, 多为外韧维管束。髓部半径 0.65 cm。细胞近圆形至等径多边形, 与皮层处相似, 全具浓黑的细胞核和大小不等的淀粉粒, 细胞质浓, 在髓中央区的周围, 也有大量的似皮层处的黏液道分布。髓中央有一染色较深的区, 细胞较小, 近等径多边形, 细胞核更大, 染色更深, 细胞质更浓 (图版 I : 3)。

2.2 茎的中部

皮层细胞近圆形或不规则形, 排列紧密, 少部分细胞具细胞核, 全具淀粉粒, 有的已溶解, 有的还清晰可见淀粉粒。黏液道近圆形、椭圆形和不规则形, 周缘的黏液细胞通常具细胞核。内皮层不明显 (图版 I : 4, 5)。皮层维管束以外韧型为主, 径向直径 393.46~745.83 μm。木质部管状分子近等径多边形, 孔径 7.68~37.34 μm, 排列紧密, 8~15 层不等, 1~4 细胞宽呈径向排列, 列与列间为 1 径向列的径向延长的长多边形薄壁细胞; 形成层区和韧皮部区的细胞长方形、方形至近等径多边形, 走向不定, 部分具细胞核, 都溶解了的淀粉。在同一切面上也似茎上部处的一样, 同时能看到 3 种不同走向



图版 I 叉孢苏铁茎横切面图 1-3. 茎的上部; 1. 示皮层维管束和黏液道 ($\times 40$); 2. 示皮层中的外韧型维管束 ($\times 80$); 3. 示髓薄壁细胞的细胞核 ($\times 90$); 4-8. 茎的中部; 4. 示皮层中的黏液道 ($\times 60$); 5. 示内皮层和韧皮部外方 ($\times 30$); 6. 示维管组织区 ($\times 30$); 7. 示韧皮部的纤维和晶细胞 ($\times 120$); 8. 示髓和内方木质部 ($\times 30$).

Plate I The transverse section of stem of *Cycas segmentifida* 1-3. Top stem; 1. showing cortex vascular bundle and mucilage ($\times 40$); 2. showing collateral vascular bundle in the cortex ($\times 80$); 3. showing nucleus of parenchyma cell in the pith ($\times 90$); 4-8. middle stem; 4. showing mucilage in cortex ($\times 60$); 5. showing endodermis and outer phloem ($\times 30$); 6. showing vascular tissue ($\times 30$); 7. showing phloem fiber and crytalliferous parenchyma cell ($\times 120$); 8. showing pith and inter xylem ($\times 30$).

的维管束,其情况也与茎上部处的相似。

在中部较上部位的维管组织区厚 0.33 cm,具 1 整齐的生长环,木质部厚 1 577.31 μm ,管状分子近等径多边形,孔径 8.20~34.24 μm ,约 40 层,1~3 细胞宽呈径向排列,列与列间通常为 1~2 薄壁细胞宽,11~30 列呈一带,带与带间间隔有 4~15 薄壁细胞宽不等的薄壁组织区,在较宽的区域通常具起源于髓或与生长环的木质部相对应的区域的斜切式的管状分子束(图版 I:6,8)。形成层约 5~9 层不等,厚约 173.54 μm ,接木质部管状分子的细胞较小,近等径多边形,接木质部管状分子列间的区域细胞较大,长方形至椭圆形,似薄壁细胞状(图版 I:6)。韧皮部厚 1 737.41 μm ,由筛胞分子、纤维、薄壁细胞和含晶异细胞组成,筛胞分子近等径多边形,纤维近四方形,多数被挤压成扁长形,孔径 10.17~21.87 μm ,与筛胞分子相间,接形成层的近多边形细胞也呈径向排列;含晶异细胞多呈团状分布在外方韧皮部径向列间的薄壁组织中,多为簇晶,极个别为方晶或粒晶(图版 I:5,6,7)。维管组织区的薄壁细胞长方形至椭圆形,通常为切向延长,约 1/2 具细胞核,全具淀粉。

髓部半径 0.70 cm,细胞近圆形、椭圆形,少部分具细胞核,全具淀粉粒。有含晶异细胞呈散状分布,平均约 10 个细胞有 1 个为含晶异细胞,晶体多为簇晶或方晶,少数为粒晶。在靠近维管组织区,与维管组织区距 506.57 μm ,两两相距约 1 705.57 μm ,有似皮层处的近圆形或椭圆形的黏液道呈环带状分布(图版 I:8)。

从纵向看,越往上维管柱的生长环带数越少,靠近茎端部则只有相当于一半的环带,这是最外围的维管形成层活动分化的次生结构的量还较少所形成的。说明次生长形成的生长环带(或生长环)是从上到下,越老的部位形成的环带越多,维管形成层形成的次生结构的量越大。观察中发现,其中每个次生的环带中均具有次生木质部、维管形成层和次生韧皮部。在较低处中柱部分已经形成 3 环的生长环带(生长环),其中每个次生的环带中均具有次生木质部、维管形成层和次生韧皮部。

2.3 茎的下部

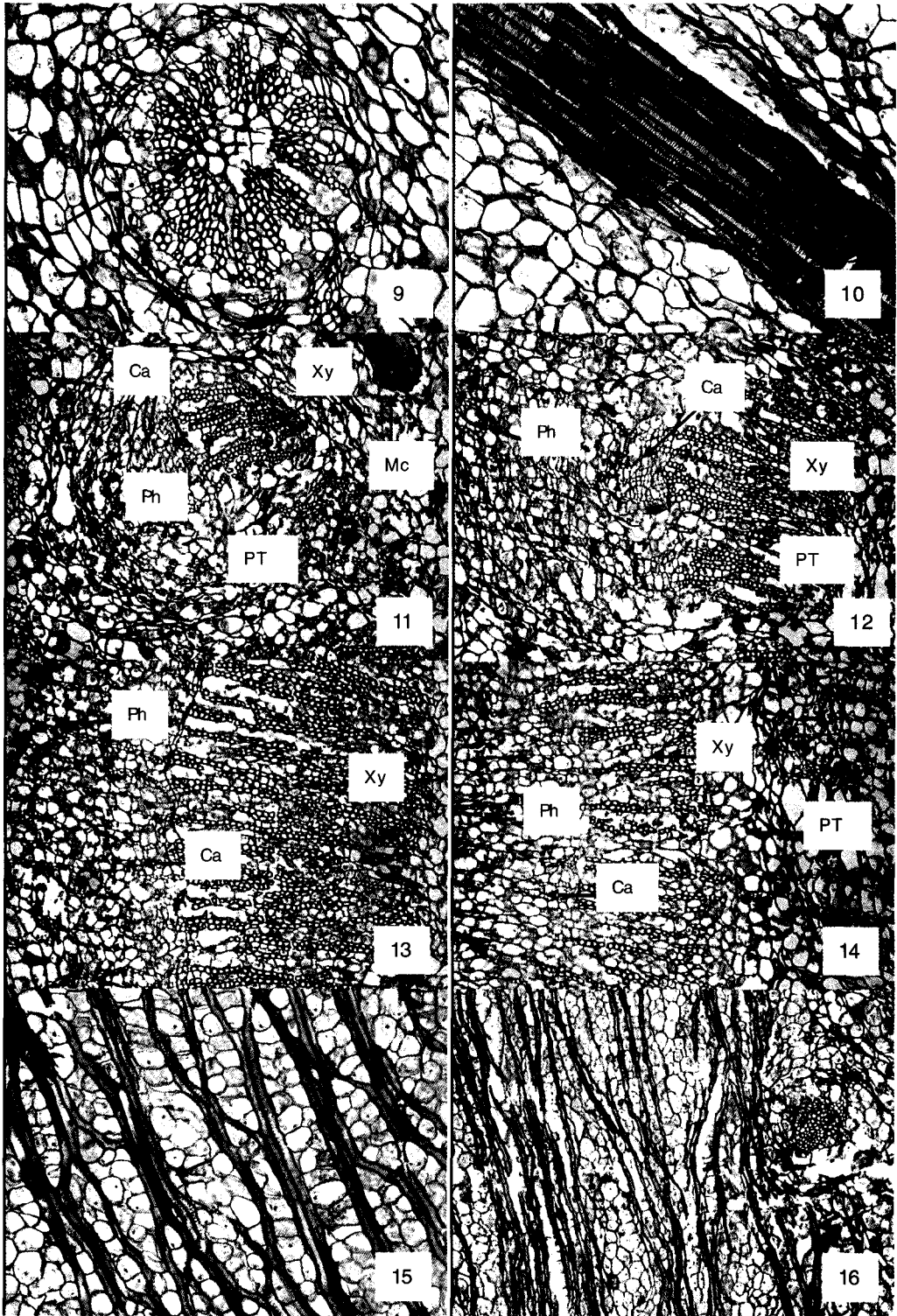
整体轮廓不规则,包括周皮、皮层、维管组织区和髓。周皮外表面宿存有大量的叶柄基部残余物,木栓组织外层部分不连续。木栓形成层细胞长椭圆形,切向延长,1 层,少部分还有淀粉粒。栓内层细

胞近圆形、长椭圆形或不规则形,也为切向延长,2~10 层不等。几乎每个细胞都具有淀粉粒,少的 1~2 粒,多的 40~50 粒,10 个细胞约 2.5 个具簇状晶体,有少数还含有红棕色单宁物质。

皮层约 500 个细胞层,厚约 2.80 cm。外围的约 30 层细胞被挤成切向延长的狭长带,部分细胞中有单宁。往里的皮层薄壁细胞椭圆形、长卵圆形或不规则形,切向延长,绝大部分细胞含淀粉粒,少的几粒,多的近百粒,极个别细胞具簇晶。有圆形、近圆形、鞋底状、镰刀形、不规则形黏液道和周韧型维管束、外韧型维管束分布在皮层薄壁组织中。径切面和弦切面也能看到这几种类型的黏液道。在横切面上也能看到 3 种不同走向的维管束,所不同的是有周韧维管束分布(图版 II:9)。维管束由 5~13 个管状分子列不等径向辐射状排列成完整的花环状周韧型维管束,或不完整的扇形、弧形和椭圆形的外韧型维管束,这些管状分子共同起源于环的中心或扇形、弧形和椭圆形的端部,是内始式,有少量的薄壁细胞分布在端部。端部的管状分子列最初是 1~3 细胞宽,随着向外辐射范围不断加大而细胞数逐渐增多,细胞数不增的或少增的,最后则呈分叉状,中部的管状分子口径较大,达 30.04 μm ,两头较小,仅 11.19 μm 。通常紧接管状分子顶端的 1~3 层细胞较小,排列较紧密,为多边形,其余的细胞较大,为韧皮薄壁细胞。纵向的维管束管状分子横卧着,有螺旋纹、环纹、梯纹、网纹和孔纹式,管状分子外侧或两侧是 3~8 层长柱形的细胞,长轴与横卧着的管状分子平行(图版 II:10)。斜走向的维管束走向没有规律,各个方向均有。这 3 种排列方式的管状分子在径切面及弦切面上也能看到,稍不同的是在这两种切面上没有看到花环式的周韧维管束,而是各种类型的外韧维管束;内皮层不明显。此处维管柱的结构已形成 4 个同心圆的生长环(带),各个环带及各组织的宽度见表 1。

维管组织区由数目众多的维管束组成。排列成环状,直径约 1.35 cm。具 4 生长环,各环都是由木质部、形成层和韧皮部组成。由内至外,依次为第一环、第二环、第三环和第四环。

第一环木质部的管状分子近方形,孔径 7.17~34.00 μm ,约 40 层,1~3 细胞宽呈径向排列,列与列间间隔有 1~2 薄壁细胞宽,8~15 列不等呈一带,带与带间间隔约 5~10 薄壁细胞宽不等(图版 II:11)。形成层紧接木质部管状分子的细胞为近等



图版 II 叉孢苏铁茎的下部的横切面图 9. 示皮层周围维管束, 箭头处为韧皮部($\times 70$); 10. 示皮层管状分子束($\times 70$); 11. 示第一生长环的部分维管组织($\times 30$); 12. 示第二生长环的部分维管组织($\times 30$); 13. 示第三生长环的部分维管组织($\times 30$); 14. 示第四生长环的部分维管组织, 第三生长环的韧皮部外方和该两环间的薄皮组织($\times 30$)。叉孢苏铁茎维管组织区纵切面图, 15. 径切面, 示木质部($\times 60$); 16. 弦切面, 示韧皮部、韧皮部与木质部间的横向维管束($\times 30$)。Mc: 黏液道; VB: 维管束; En: 内皮层; Xy: 木质部; Ca: 形成层; Ph: 韧皮部; PF: 韧皮纤维; CP: 含晶薄壁细胞; PT: 薄壁组织。

Plate II The transverse section of bottom stem of *Cycas segmentifida* 9. Showing peripheral vascular bundle in the cortex($\times 70$); 10. Showing tubular molecular beam in the cortex($\times 70$); 11. Showing vascular tissue in the first growth ring($\times 30$); 12. Showing vascular tissue in the second growth ring($\times 30$); 13. Showing vascular tissue in the third growth ring($\times 30$); 14. Showing vascular tissue in the fourth growth ring, the third growth ring of outer phloem and parenchyma cells between the two rings($\times 30$). The vertical section of vascular tissue area of stem of *C. segmentifida*; 15. Radial section, showing xylem($\times 60$); 16. String section, showing phloem and transverse vascular tissue between phloem and xylem($\times 30$). Mc: Mucilage canal; VB: Vascular bundle; En: Endoderm; Xy: Xylem; Ca: Cambium; Ph: Phloem; PF: Phloem fibre; CP: Crystal parenchyma; PT: Parenchyma tissue.

径多边形,接木质部径向列间的细胞近椭圆形至长方形,似薄壁细胞状(图版 II:12)。韧皮部由筛胞分子、纤维、薄壁细胞和含晶异细胞组成,筛胞分子长方形至不等径多边形,通常与纤维分子相间,紧接形成层的多边形细胞也呈径向列排列;纤维近四方形,孔径 14.83~22.43 μm ,薄壁细胞间隔在径向列间,含晶异细胞多分布在径向列中部间的薄壁细胞中,多为簇晶,少数为方晶(图版 II:11)。该环中的薄壁细胞及形成层处似薄壁状细胞为椭圆形,通常径向延长,只有在韧皮部径向列间较宽的地方为切向延长,少数细胞具细胞核,全都含有淀粉粒。

第二环与第一环间隔有 3~5 层厚约 200.42 μm 的薄壁组织,细胞椭圆形,排列不规则。木质部管状分子近圆形或椭圆形,径向孔径 9.16~37.74 μm ,约 35 层,1~3 细胞宽呈径向列排列,列与列间间隔有 1~2 个薄壁细胞宽,8~20 列不等呈一带,带与带间间隔有约 5~15 薄壁细胞宽不等(图版 II:12)。形成层接木质部管状分子的细胞为近等径多边形,接木质部径向列间的细胞近椭圆形至长方形,

表 1 茎下部维管部次生结构各部分厚度指标 (μm)

Table 1 Thickness of different parts of secondary structure in vascular tissue of bottom stem

各部分名称 Different parts	第一环 First ring	第二环 Second ring	第三环 Third ring	第四环 Fourth ring
环带厚 Ring belt	2 806.4	2 782.21	2 945.46	1 740.03
木质部 Xylem	1 280.59	1 207.11	1 286.05	819.96
形成层 Cambium	137.47	142.26	190.11	146.91
韧皮部 Phloem	1 398.71	1 471.14	1 362.19	841.84

似薄壁细胞状。韧皮部由筛胞分子、纤维、薄壁细胞和含晶异细胞组成,筛胞分子近等径多边形至不等径多边形,通常与纤维分子相间,接形成层的多边形细胞也呈径向列排列;纤维近四方形,孔径 9.71~24.51 μm ,列与列间为薄壁细胞,含簇晶及方晶异细胞多分布在径向列中部间的薄壁细胞中。该环中的薄壁细胞及形成层的似薄壁状细胞为椭圆形,通常径向延长,只有在韧皮部区的为切向延长,具细胞核和具少量的淀粉(图版 II:12)。

第三环与第二环间隔约 10 层薄壁细胞,共厚 808.90 μm ,椭圆形,排列不规则,通常不具细胞核,少数细胞具少量的淀粉。木质部管状分子椭圆形至多边形,径向孔径 8.70~38.15 μm ,约 30 层,1~3 细胞宽呈径向列排列,列与列间间隔有 1~2 薄壁细胞宽,7~15 列不等呈一带,带与带间间隔有约 5~15 薄壁细胞宽不等,在较宽带间的薄壁细胞区中,

有纵切时看到的管状分子束,径向横卧着,或者是斜切时看到的被切断成一节节的,贯穿于各环的各个部分,甚至达外方的皮层中(图版 II:14)。形成层紧接木质部管状分子的细胞为近等径多边形,紧接木质部径向列间的细胞近椭圆形至长方形,似薄壁细胞状,形成层细胞 1/3~1/2 具细胞核(图版 II:13)。韧皮部由筛胞分子、纤维、薄壁细胞和极个别的含晶异细胞组成,筛胞分子近长多边形,和纤维分子相间,接形成层的多边形细胞也呈径向列排列;纤维近四方形至圆形,孔径 9.31~28.92 μm ;极个别的含簇晶及方晶异细胞星散状分布在径向列中部间的薄壁细胞中;该环中的所有薄壁细胞为椭圆形至长方形,或不规则状多边形,通常径向延长,约 1/5 具细胞核,通常都具淀粉(图版 II:13)。

第四环与第三环间隔约 4 层薄壁细胞,共厚 413.45 μm ,细胞椭圆形,排列不规则,通常不具细胞核,具少量的淀粉(图版 II:14)。第四环木质部厚 819.96 μm ,管状分子近椭圆形至多边形,径向孔径 7.54~43.20 μm ,约 24 层,1~3 细胞宽呈径向列排列,列与列间间隔有 1~2 薄壁细胞宽,6~23 列不等呈一带,带与带间间隔有约 6~15 薄壁细胞宽不等。形成层紧接木质部管状分子的近等径多边形细胞(图版 II:14)。韧皮部由筛胞分子、纤维、薄壁细胞和极个别的含晶异细胞组成,筛胞分子近方形至长方形,或不规则状多边形,和纤维分子相间,紧接形成层的多边形细胞也呈径向列排列;纤维近四方形至圆形,孔径 11.11~25.94 μm ;极个别的簇晶和方晶异细胞星散状分布在韧皮部径向列间的薄壁细胞中;该环中的所有薄壁细胞长方形至长多边形,通常径向延长,个别具细胞核,全具少量的淀粉(图版 II:14)。

髓部发达,半径约 1.0 cm,约占茎 1/5,细胞椭圆形或不规则形,大小不等,长轴走向不定,细胞内含丰富的淀粉粒,少的 20~30 粒,多的达 120 粒,极个别为含晶异细胞,有大小不等的黏液道分布在髓部。

维管组织区的管状分子有环纹、螺旋纹、梯纹、网纹和孔纹式。径切面观同一径向列的管状分子在纵向系统往往不呈完全的直线状行走,两两之间的侧壁相互紧密接触;射线细胞即径向列间的薄壁细胞椭圆形或四方形,在木质部处通常为纵向延长,在韧皮部处通常为径向延长;弦切面观同一径向带内的两两管状分子的侧壁在某些部位相接触,在某些部位又相互分开,断断续续的接触又分开状行走,其间

的薄壁细胞长椭圆形,长方形或细窄的长形,纵向延长;无论是径切还是弦切面,在木质部或木质部与韧皮部间的区域都能看到横向或斜向的维管束,有时还见有近圆形的黏液道(图版 II:15,16)。

4 讨论

从茎的解剖结构看,皮层和髓所占的比例大,贮藏有大量的水分和淀粉,保证着植株对营养的需要。另外,皮层和髓中存在着数量众多、形状不等的(分泌道)黏液道,当茎部受到损伤时,从伤口处流出的黏液,可能就是由黏液道周的黏液细胞分泌出来的。此外,叉孢苏铁茎的外围存在着许多含晶和含单宁物质的异细胞,这与叉孢苏铁的抗逆性有关。众多含晶异细胞的存在,可改变细胞的渗透压,维持植物体内离子的平衡,提高吸水力和保水力,同时还可加强各轴器官中的机械性能(李广义等,1995)。单宁可保护植物免于脱水、腐烂或遭受动物伤害,同时,对提高植物抵御寒冷和生理干旱方面也有着积极的意义(李正理等,1981;王为义,1985)。

关于皮层中的维管束,有研究者(A. S. 福斯特等,1983)认为是叶进入叶柄基的叶迹,呈环带状分布,而对叉孢苏铁的研究结果,并不是所有皮层中的维管束都呈环带状分布。它们的类型多样,大小不等,分布在皮层的各个部位中,通常是靠近周皮的外方皮层及靠近维管组织区的内方皮层中分布频率高于皮层中部,在同一切面上(不管是横切、径切还是弦切)都能看到横走向、纵走向和斜走向的维管束,主要为2个大类型,即外韧型和周韧型,但以外韧型为主。据胡正海(1993)报道,在双子叶植物某些种类的茎内,除正常维管束以外,还有异常的皮层或髓维管束,作者认为苏铁类植物皮层中星散分布的维管束似双子叶植物茎中的皮层维管束一样,是一种异常的皮层维管束。而不是通常所认为的那样,皮层中的所有维管束都笼统地称为叶迹。但无论是异常维管束还是叶迹都是发达皮层中水分和溶质运转的主要通道。

从研究结果中看出,茎的越老部位,维管组织区越厚,生长环数也越多。在大泽米属的 *Macrozamia fraseri* 的老茎中,正常维管束的外侧有2~3轮异常维管束或连续的维管组织,并指出,由于异常形成层分化韧皮部和木质部的方向与正常维管束形成层相反,因此其正常维管束的次生韧皮部与

第一轮异常维管束的韧皮部相邻接,两者间缺乏明显的界限。从 Woradell 的观点看,苏铁类植物只有最里面的一环是正常生长形成,其余的全都是异常生长形成的,且异常生长形成的第一轮,即韧皮部在内,木质部在外,两轮之间没有明显的界限,而从作者的研究中发现,叉孢苏铁的每一生长环都是韧皮部在外,木质部在内,环与环之间有大小不等的薄壁细胞层相间隔,这明显的与 Woradell 的观点不符。

而 Bork(1990)和 Terrazas(1991)对 *Cycas circinalis* 和 *C. thurstonii*, *C. rumphii* 等4个苏铁科种类的研究结果在茎的大致结构组成上与本研究有相似之处,都显示出苏铁纲植物茎的结构有次生长,但其维管形成层的活动与木质部韧皮部的排列组成与其它裸子植物和被子植物不同,并不是只有一条维管形成层环带一直在活动,而是从内到外,维管形成层活动形成一个由次生木质部、形成层和次生韧皮部组成的环带状结构后,在其外围形成约15~25层的薄壁细胞组织,然后维管形成层再次活动形成新的一个由次生木质部、形成层和次生韧皮部组成的环带状结构,然后再重复上述组织结构构建过程,不断向外形成新的环带结构,每个环带之间都有10多层以上薄壁细胞相分隔。这种不断有新的维管形成层形成,且形成新的次生木质部和次生韧皮部环的结构是苏铁类植物具有强的生命力和更大的输导功能的特征。因为在大部分被子植物和裸子植物的次生结构中间的心材占大部分比例,由于色素、单宁等物质的侵填作用,只有支持功能,而无输导功能,只靠外围的边材的木质部行使输导功能;而韧皮部也只是分布在最外围的一环,只有此处还具备输导有机物的作用。因此苏铁纲植物茎这种特殊的次生结构的类型,就具备了内部和外部的木质部都具有输送水溶液的功能,内部也有韧皮部,就同时也具有了输送有机营养物的功能,而中间和外部(径向)每一环都能够行使输导功能的木质部和韧皮部,就能保证整个茎从内到外各部位组织都有无机盐、水分和有机物的供应,而且还有一部分横走向和倾斜的横走向的维管束,担负这连接这些纵向排列的环柱(对于横切面为环带),就构成了纵向、横向和倾斜走向的四通八达的水溶液和有机物供给、输送渠道,保证苏铁植物能够有强大的生命力和抵御干旱、贫瘠和炎热等逆境的能力。此外在每一个环带之间都有几十层薄壁细胞相隔,而这些组织其实是行使着大量淀粉及部分晶体和单宁等物质贮藏的功能,所

以我们认为, 苏铁类植物茎是同时承担着贮藏、运输、和支持三大功能的, 尤其是从内到外均贮藏有具有活性作用, 可以随时共水解提供生长发育需要的淀粉等糖类物质及水分, 这就保证了苏铁植物能够更好地抵御干旱和贫瘠的季节或时期; 这让我们认识到苏铁类植物茎在每一个环带都有次生韧皮部特殊结构的重要作用。

苏铁植物分布于热带亚热带, 光照较强, 在高光强下发育植物的旱生结构强, 因此, 大多数学者认为苏铁植物属于旱生型, 而旱生型植物输导系统的特点是木质部发达, 韧皮部退化, 在横切面上体现出的是木质部所占的面积强于韧皮部。所研究的叉孢苏铁, 维管组织区的每一生长环韧皮部都强于木质部。木质部中维管分子的孔径有大有小, 最大差值可达 4 倍以上。Zimmermana(1983)认为, 水分和溶质运输的安全性和有效性是由维管分子孔径大小和频率决定, 宽孔径输导效率高, 但较脆弱, 易挤坏, 而窄孔径输导效率低, 但抗抗压能力强, 因此分子的输导能力以及抗断裂与分子孔径大小有关。木质部中的大小维管分子, 在提高输导的安全性与抗挤压性的同时, 也体现了由大的连续维管分子提供的有效传导率和小的维管分子提供的防止气泡阻塞之间的进化上的协调(宋玉霞等, 1996)。韧皮部中有少量的韧皮纤维, 可以担负支持作用的同时, 又保护了其内部的形成层。

一般认为, 在植物茎的节间区域, 输导系统的结合网才复杂, 而所研究的叉孢苏铁茎则不一样, 在哪个部位维管束均不是严格地平行走向, 不仅是大部分的维管组织成多环的柱状, 而且在任何一个区域都有横向、倾斜及平周向等各个方向的小的维管束形成部分在某处相接触, 在另一处又重新分开, 呈分枝走向, 这能保证水分在维管系统中的侧向和对面移动, 此外, 在维管组织区横切面上的较宽的带状射线带中存在着少量横卧着的管状分子束及在纵切面上存在少量的横切向和斜切向的管状分子束, 加上短的、叠成横向排列的射线细胞, 也保证了水分等物质在轴器官中呈辐射方向的运输。

参考文献:

- 王为义. 1985. 高山植物结构特异性的研究[J]. 高原生物学集刊, (4): 19—32
- 邓朝义. 2002. 贵州苏铁属植物资源[J]. 黔西南民族师范高等专科学校学报, (2): 86—90
- 陈潭清, 王定跃, 廖景平, 等. 1996. 中国苏铁—苏铁属植物的形态解剖学研究[M]. 广州: 广东科学出版社, 143—169
- 国家林业局, 农业部. 1999. 国家重点保护野生植物名录(第一批)[J]. 植物杂志, 151(5): 4—11
- 胡正海. 1993. 植物的异常结构[J]. 植物学通报, 10(增刊): 70—80
- 福斯特 A S. 小吉福德 E M. 1983. 维管植物比较形态学[M]. 科学出版社
- 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
- Bork J. 1990. Developmental cycles in shoot growth of male *Cycas circinalis*[J]. *American J Bot*
- Chamberlain C. 1935. *Gymnosperms*[M]. Structure and evolution; University of Chicago Press, 160—164
- Foster A S. 1939. Structure and growth of the shoot apex of *Cycas revolute*[J]. *Amer J Bot*, 26: 372—385
- Foster AS. 1940. Further studies on zonal structure and growth of the shoot apex in *C. revolute*[J]. *Amer J Bot*, 27: 487—501
- Lec CL(李正理), Li RA(李荣敖). 1981. Anatomical observation of assimilating branches of nine Xerophytes in Gansu(我国甘肃九种旱生植物同化枝的解剖观察)[J]. *J Int Plant Biol(植物学报)*, 23(3): 81—185
- Li GY(李广义), Gao GX(高国雄), Yin ZD(尹忠东), et al. 1995. A study on anatomical structure of leaves and resistance of *Atriplex canescens* (灰毛滨藜叶解剖结构与抗逆性研究)[J]. *J Northwest Fore Coll(西北林学院学报)*, 10(1): 48—51
- Li P(李平), Wu XJ(吴先军), Zhao ZJ(赵振璐), et al. 1994. Studies in the biological characteristics of *Cycas panzhihuaensis* II morphology and anatomy of vegetative organs(攀枝花苏铁的生物学特性研究II. 营养器官的形态解剖研究)[J]. *J Sichuan Univ (Nat Sci Edi)(四川大学学报·自然科学版)*, 31(4): 546—555
- Song YX(宋玉霞), Yu WP(于卫平), Wang LY(王立英), et al. 1996. Anatomy of xeromorphic shrubs living in different habitats of Helan Mountain(贺兰山不同生境旱生灌木的解剖学研究)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin(西北植物学报)*, 16(5): 67—76
- Stevenson DW. 1990. Morphology and Systematics of the Cycadales [M]. *Memoirs of the Now York Botanical Garden* 57: 8—55
- Terrazas T. 1991. Origin and activity of successive Cambia in *Cycas*(Cycadales)[J]. *Amer J Bot*, 1 335—1 344
- Zimmermann MH. 1983. Xylem Structure and the Ascent of Sap [M]. Berlin: Springer-Perlag, 2—20