

桂南爬树蕨的组织结构研究

黄玉源

(中山大学生命科学院, 广州 510275)

摘要 本文对桂南爬树蕨的主要器官进行了解剖结构的研究, 结果表明: 茎的中柱为仅有两个新月型的维管束, 中柱内及其周围的机械组织形成“8”字形。与爬树蕨相同, 为新的中柱类型, 中柱周围的几层皮层组织特化为机械组织的起始位置为对正维管束长轴的中央。而髓部的机械组织分化的起点是在中轴的中间位置, 呈线形, 同时向两侧分化。木质部分化为沿圆周线方向两端式, 为新的分化方式。叶为等面叶, 与爬树蕨相比, 叶的厚度小, 叶肉细胞层数少且细胞排列紧密, 机械组织明显少。叶缘近圆形。根为二原型, 直径比后者略小些。孢子类型与爬树蕨相同, 孢子囊群无囊群盖。

关键词 桂南爬树蕨; 组织; 结构

Study on organic structure of *Arthropteris guinanensis*

Huang Yuyuan

(School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Abstract The major organ of *Arthropteris guinanensis* were studied on structure. The results showed that the stele of stem only possess two lunate vascular bundles. The mechanical tissue of around vascular bundles for “8” shape. The same with *Arthropteris obliterated*, it is a new stele type. The primary place that cortex cell specializate to mechanical tissue are in the place that directly towards centre of the major axis of each vascular bundles. The primary place that mechanical tissue differentiation of pith is centre of stem, assume line shape, at same time differentiate toward both sides. The differentiating manner of xylem is that primary place in both ends of vascular bundles. Along the circle line direction at same time differentiating toward centre. It is a new differentiation manner of xylem. Leaf is isolateral Leaf, compared with *Arthropteris obliterated*, the thickness is lesser, the layers of mesophyll cell are fewer, the mesophyll cell range more intensive, the mechanical tissue are fewer obviously. The leaf margin near round. Root is diarch, the diameter lesser than *A. obliterated*. Spore possess four dehiscence furrow, arange pattern is that every dehiscence furrow each parallel with major axis and minor axis in both ends of spore. It is a new spore type. The sorus without indusim

Key words *Arthropteris guinanensis*; tissue; structure

爬树蕨属^[1,2,3] (*Arthropteris*), 又名藤蕨属^[4], 在世界上仅有 20 余种, 在我国至今已发现了两种^[1-5], 即爬树蕨 (*Arthropteris obliverata* (R. Br) J. Sm) 和桂南爬树蕨 (*Arthropteris guinanensis* H. G. Zhou et Y. Y. Huang)。爬树蕨的结构特征^[6], 由于在茎中发现了新的中柱类型及其它一些独特的结构, 而引起国内外的广泛关注。本研究对桂南爬树蕨的结构进行研究。对于进一步认识该属的内部结构特点及在系统演化过程中的地位、对环境的适应机制及分布特点等有着重要的意义。

1 材料和方法

1992 年于广西南明县陇瑞保护区山林中取材, 对根、茎、叶等用 FAA 溶液固定, 常规石蜡切片法制片, 切片厚度 11 ~ 15 μm , 番红—苏木精染色, 中性树胶封片; 威尼斯松节油法对孢子进行整体封片; OLYMPUS. AHBS 型万能显微镜观察并拍照。

2 结果

2.1 茎

横切面观近圆形, 直径的 1 399.73 ~ 1 403.87 μm 。

- 2.1.1 表皮 外有角质层, 细胞近圆形, 直径约 19.68 ~ 24.60 μm 。细胞较多的染为红色。
- 2.1.2 皮层 在表皮内接约 14 层皮层薄壁细胞, 有的茎皮层组织厚度不均匀, 如下方为 16 ~ 17 层, 而上方约 11 层细胞。在最外层细胞体积较小, 直径约 12.13 ~ 28.29 μm , 近圆形, 少数的较大, 约 34.38 μm 。内各层体积渐增大, 有的直径达 40.59 ~ 59.03 μm 。但中间有少数小形的细胞; 在近中柱的 3 层皮层细胞明显较小, 整个皮层组织均富含叶绿体; 其中间有些含单宁的细胞。最内一层为内皮层, 细胞为狭长形, 长约 12.3 μm , 宽 4.75 ~ 5.3 μm 。内含丰富的单宁类物质, 细胞围绕每个维管束呈一环排列。在围绕中柱的约 5 ~ 6 层皮层细胞(不含内皮层), 细胞壁明显的木化、纤维化增厚, 两相邻细胞壁厚度之和为 12.3 μm , 即单个细胞壁厚 6.15 μm 。在较幼的茎中, 可见这些机械组织细胞特化的顺序为对正中柱维管束长轴的中部先开始, 同时向两边分化; 在老茎中, 第 6 层机械组织细胞为不完全的一层, 即排列不整齐。而一般最宽的机械组织也在分化的起始处附近, 且强度稍大些。细胞壁厚度大, 单个细胞壁厚度有些可达 7.3 μm 。染为深红色(图版 I : 1, 2)。
- 2.1.3 中柱 直径为 (405.83)799.5 ~ 922.5 μm , 仅由 2 个新月型的维管束组成, 弧形向外, 呈内弯状(图版 I : 1)。在茎的节间各处, 长度为 1.6 ~ 2.8 cm 之间作连续切片观察, 均为两个新月型维管束, 数目及位置上均保持不变。维管束长约 (319.8)673.2 ~ 688.8 μm , 宽 (184.5)319.8 ~ 343.63 μm 。维管束从外向内, 第一层薄壁细胞, 为维管束鞘, 细胞长 (14.76)24.6 ~ 28.29 μm , 宽 11.07 ~ 13.53 μm 。近长方形或近椭圆形, 内含物较多, 染为颗粒状的红色, 细胞从外围绕维管束呈半个环状, 绕过新月形维管束的两个角, 但在内侧的下弯处, 则为 2 层较大的、近圆形的细胞, 且体积大小不一, 长 24.6 ~ 45.51 μm , 宽 15.99 ~ 28.29 μm 。在这 2 层细胞的内侧(对单个维管束而言)为一呈半环状、弧形弯度与维管束同样的、狭长形的小细胞带, 细胞长 8.61 μm , 宽 2.83 μm 。几乎不见明显的内含物, 似形成层样。木质部位于中间位置, 呈条形排列。在径向约 3 层细胞。小的管胞在新月形维管束的两个角, 为原生木质部。在幼茎中(图版 I : 2), 可见到这两个角处的一小群小管胞, 直径仅 7.38 ~ 9.84 μm , 细胞壁已明显地分化, 染为红色, 其中越近角隅处管胞越小, 且染色越深, 而越近维管束中间的管胞直径渐增大, 但染色为淡红色。而在中间大的木质部组织细胞直径大, 可达 65.18 ~ 86.10 μm 。但还未分化, 仍为薄壁细胞。在中等成熟的茎中(图版 I : 3), 可见比幼茎的

木质部管胞增加,在两端向中间的方向已有一些中等大的薄壁细胞直径 $36.9 \sim 51.66 \mu\text{m}$,已分化出新的管胞,但染色仍较浅。而在老的茎中,木质部中间位置大的管胞均已分化成熟(图版 I :1)。韧皮部在木质部的两边,约由 2~3 层及不完全的 4 层细胞组成,大小不一,为五边形、六边形等。直径 $17.47 \sim 28.29 \mu\text{m}$ 。外方的 1.2 层细胞内含物少(指维管束内外两侧),主要为韧皮部的筛胞等成分,而紧贴木质部两侧的细胞,内含物丰富,染为淡紫色。

在两个维管束之间为中髓,约有 6~8 层细胞,近椭圆形,直径在 $12.67 \sim 36.9 \mu\text{m}$ 之间,近中部的较大,在幼茎中,可见髓的中间位置已有少量细胞开始分化为机械组织(图版 I :2);在较成熟的茎中,其中间的位置约有 5 层细胞的细胞壁已明显木化、纤维化增厚,染为深红色,近为一线形。在外方,即上下、左右方向特化的程度还较弱些及未分化,但有的茎已可见这部分机械组织已在一边与外方已分化的皮层机械组织有不完整的连接,而另一边还未相连(图版 I :3)。在老的茎中,髓部的细胞已完全特化成机械组织,并且与外围皮层的机械组织相连成 8 字形。

在节的部位,可见两个维管束中的一个其维管组织在原生木质部处增加其组织量,沿圆周方向与另一个维管束相靠近,很象一个 C 形的中柱。在新增的维管组织与老的维管束的相接处,仍可见原来的原生木质部位于新月形维管束的角处,而新增的维管组织其原生木质部已开始分化形成小管胞,而且位置也在新组织的端角处(图版 I :2),在一些平面可见到在近 C 形的维管组织附近,即两维管束之相连的接口处,有一个叶迹(图版 I :2),这是节处该平面较下方由茎的维管组织分出的一个叶迹,而在 C 形维管组织处,很可能是将分出一个枝迹。在有些节的平面可见到两个新月形维管束和在皮层机械组织的外方一边一个分出的叶迹(图版 I :3),这是在近于对生叶状态的节的情况,因为虽然大多数节间较长,但也有很少数为两节较近的情况。因为叶迹从中柱维管系统中分出至叶柄不是完全垂直的,而是呈一定的锐角、斜向进入皮层,再伸入到叶柄中,所以在上述情况下,如有一个叶迹倾斜度较大时,即可看到上述现象。在节上新形成的分枝的基部约 0.3 mm 长度内,茎中为一个 C 形的维管束,即枝迹,而在其以上的部位即分开为两个维管束。

2. 2 根

横切面观近圆形,直径在 $405.9 \sim 430.5 \mu\text{m}$ 。

2. 2. 1 表皮 细胞近长方形,长 $39.36 \sim 29.15 \mu\text{m}$,宽 $14.76 \mu\text{m}$ 。

2. 2. 2 皮层 药 6 层细胞,近外方的 4 层较大,直径约 $74 \sim 50.43 \mu\text{m}$,中间的最大。近中柱的 2 层较小,近长方形,长 $24.6 \sim 18.54 \mu\text{m}$,宽 $12.3 \sim 18.53 \mu\text{m}$,其中最内一层为内皮层。

2. 2. 3 中柱 从外向内,第一层为排列较整齐的细胞,较大,近方形,长约 $15.45 \mu\text{m}$,宽 $11.43 \mu\text{m}$ 。内为 2 至不完全 3 层的韧皮部细胞,为长方形及多边形,长 $6.79 \mu\text{m}$ 。木质部为二原型,外始式;小管胞直径为 $3.71 \mu\text{m}$,大的在中间,直径约 $14.83 \sim 16.07 \mu\text{m}$ 。约 2 管胞,在中间有的大的薄壁细胞还未分化。中柱直径约 $132.26 \mu\text{m}$ 。在对正后生木质部处,皮层的细胞有 2 层及不完全 3 层分化为机械组织,但在对正原生木质部的皮层处,仅有一层细胞分化为机械组织(图版 I :4)。

2. 3 叶

2. 3. 1 叶柄和羽轴

叶柄 横切面观,近圆形至椭圆形,直径约 $923.87 \mu\text{m}$ 。

表皮细胞近圆形,直径 $19.68 \sim 24.6 \mu\text{m}$;有的细胞内有颗粒状物质。

皮层 在表皮内约 3 层细胞为机械组织,细胞为 5 边形至 6 边形,直径 $(12.3)15.99 \sim 24.6 \mu\text{m}$ 。其内有约 9 层皮层薄壁细胞,呈多边形至圆形,外方及内方的细胞体积较小些,约 $20.91 \sim 28.29 \mu\text{m}$;中间的体积较大,约 $36.9 \sim 43.05 \mu\text{m}$ 。在维管组织外围也有似茎的、富含单宁的狭长形内皮层细胞。

维管组织 仅有一个近新月形的维管束,呈弯口向上状,长 $270.68\mu\text{m}$,宽 $172.32\mu\text{m}$ 。但结构与茎的有所改变。维管束鞘细胞很明显而整齐地排成一环,且在内侧还有不完整的第2层同类型的细胞。木质部近呈 180° 排列,但中间明显呈下弯的V形,开口朝上(近轴面)。原生木质部在维管束的两端角处,管胞直径很小,仅 $4.93\sim 6.18\mu\text{m}$,染色较深。向中间逐渐管胞孔径增大,可达 $24.72\sim 27.81\mu\text{m}$ 。韧皮部在木质部之近轴面和远轴面排列呈双韧维管束式。每侧约有4~5层韧皮细胞,细胞较小,较多呈多边形(图版I :5)。

在近茎处,叶柄的基部,其结构大致与上述相同,但机械组织细胞多边形,而主要为圆形的厚壁细胞,且维管束稍小些,近椭圆形样(图版I :6)。

羽轴的结构与叶柄的相似。

2.3.2 叶片 表皮在横切面,上表皮近于长方形,较大,长 $19.68\sim 29.6\mu\text{m}$,宽 $12.3\sim 18.87\mu\text{m}$,大小相间排列。下表皮近长方形,体积比上表皮小,长 $15.45\sim 26.57\mu\text{m}$,宽 $9.88\sim 12.36\mu\text{m}$ 。气孔器几乎与表皮平,孔下室较小,在平周向近狭长形,约 $153\mu\text{m}^{\square}$,保卫细胞近圆形,直径约 $10.82\mu\text{m}$,染色较深。

2.3.3 叶肉组织 为等面叶,即无栅栏组织和海绵组织之分。叶肉细胞的层数有两种情况,在中脉两侧附近,每边(平周向)约长 $565.8\sim 716.82\mu\text{m}$,主要为4层,叶较厚,其中又以最靠近中脉、在平周向约6层细胞长度范围内,为5层,叶厚度为最大, $88.56\sim 102.9\mu\text{m}$ (图版I :7)。而在上述中脉附近以外的部位至叶缘处,每边(以中脉为界线)在平周向约长 $1291.52\sim 1881.93\mu\text{m}$ 的叶片厚度明显减小,细胞仅为3层,且在近叶缘处,仅为2层叶肉细胞(图版I :8,9);叶肉细胞近圆形至椭圆形,大小不等,直径在 $19.68\sim 28.29(36.9)\mu\text{m}$;排列紧密。叶缘呈明显的圆形,仅在约长 $123\mu\text{m}$ 处略有些下弯。

2.3.4 叶脉 中脉的维管束,近圆形,直径约为 $123\mu\text{m}$,外围的一层维管束鞘细胞较大,内有一环状排列的薄壁细胞,但在远轴面的一半呈弧形裂开。木质部管胞约 $18\sim 20$ 个,近呈线形排列,与平周面平行。韧皮部在远轴面较多,约5层细胞,其中3层近木质部的细胞为5边形至多边形,为筛胞等。而近轴面的韧皮部所占比例较小。整个中脉在近轴及远轴面明显膨大,向外呈弧形(图版I :7)。

小的维管束,外围同样有一环状维管束鞘,在下方的几个细胞略有些木化增厚。在其内仅几个管胞及筛分子,而中等大的维管束情况介于两者之间。

在中脉的维管束下方(远轴面)仅1~2层细胞,但分化成厚壁的机械组织,直抵下表皮。上方有2层细胞,但不分化,仍为薄壁细胞;而在其它级的侧脉,未见附近的细胞特化成机械组织的现象(图版I :7)。

2.4 孢不囊及孢子

在叶的横切面观,在近叶缘一侧的小叶脉之下方有孢子囊群,孢子囊大小不一,幼小的柄约由6~7层单列细胞组成,长度约 $68\sim 79\mu\text{m}$,囊的直径为 $86.1\sim 73.80\mu\text{m}$;成熟的孢子囊,柄由10多个单列细胞组成,长约 $196.8\sim 228.78\mu\text{m}$,囊的直径为 $147.6\sim 175.73\mu\text{m}$,为纵向环带。基部囊群托约5~6层细胞厚,高约 $9.3\mu\text{m}$,直径约 $54.2\sim 56\mu\text{m}$ 。在孢子囊群中没有囊群盖(图版I :9)。孢子装在片及切片的显微结构观察表明,为椭圆形,至近圆形,长轴 $16.38\sim 24.72\mu\text{m}$,短轴为 $13.51\sim 19.46\mu\text{m}$ 。在长轴的两端各有1条裂缝与长轴平长,在短轴的两端也各有1条裂缝与之平行排列。即为4条裂缝孢子,但也见少数孢子为5条裂缝,极少数还出现6条裂缝的。表面纹饰为浅凹穴状(图版I :10)。

3 讨 论

桂南爬树蕨的茎在直径大小、表皮细胞的大小及皮层组织细胞层数上与爬树蕨相似。但最外一层皮层的细胞体积变化范围大, 明显较后者要大和多。与爬树蕨的结构相同^[6], 皮层中也含大量的叶绿体。

中柱为仅有两个维管束的类型, 而且是在引长的节间之间, 均保持两个维管束不变, 这正如在文献^[6]中研究的一样, 与蕨类植物其它种乃至维管植物中所发现的所有的中柱类型^[7-6]有着本质的不同, 是一种独立的新的中柱类型。

桂南爬树蕨的中柱周围及中间的薄壁细胞也特化为厚壁的机械组织, 且相连为 8 字形, 与爬树蕨的一致。而且本研究进一步发现这些机械组织分化的过程, 即在皮层处为对正两维管束长轴的中部处的最内一层皮层细胞先分化, 然后向两端及外方分化; 中髓部为在中轴的中间位置先分化, 然后成一细线形, 向两端及内外分化, 而在两维管束的两个角处为最后分化成厚壁细胞的位置, 而且是皮层处与中髓处两部分机械组织相汇合的位置, 这在文献^[6]未见有报道。上述这些是与该种对其生长特性的一种结构上的适应。因为其茎为地上茎, 细长, 且可攀援到树上及其它附着物, 因而在较老的茎中为适应其机械支持力, 中柱附近及中间特化为机械组织, 但又在左右两侧方向为最迟地进行机械组织的分化成熟, 这样就有利于其在较幼嫩时, 仍保持一定的可弯曲, 以便适应于附着物的形状, 而形成最佳的攀援方位。而待上部幼茎已较长时, 该部位已基本保持位置、方向不变时, 在两侧最后分化为厚壁的机械组织, 而增强其刚度。

在木质部的分化方式上, 为沿圆周线方向两端式, 这也与爬树蕨一致, 且本研究更加细致地观察了各发育时期茎的木质部分化过程。且在节处, 幼茎的一个可增加维管组织量的维管束中, 可见原生木质部也在端角处, 染为深红色, 与新增加的维管束组织的近中间处的薄壁细胞形成明显的对比; 而新的维管组织的木质部也是在端角处先分化出原生木质部。这也是与其茎的生长特性及对环境的适应密切相关的, 因为桂南爬树蕨与爬树蕨的茎与其它大多数为地下茎及树状茎的蕨类植物茎明显不同, 为引长的攀爬类的地上茎, 而且不象其它属蕨类植物的管状及星状、编织形及网状等多种中柱类型那样有较丰富的维管组织, 而是仅有两个维管束, 因而经过漫长的地质时期的演化, 成为这种木质部的分化方式, 就可以保证两侧的管胞先形成, 最大限度地满足着生叶及枝的两侧有足够的水分及矿物质等的输送; 同时, 也保证了能在一边一个维管束早些形成新的叶迹和枝迹, 以适应叶及茎的快速生长及对干旱的抵御能力, 另外, 木质部分化的方向是从两端沿圆周线方向同时向中间分化, 这又与上述皮层机械组织分化成熟的方向恰好相反, 正好弥补了两端及中间机械应力的平衡作用。

这种木质部的分化方式, 在文献^[6]以前也是从未有报道过的^[7-16], 为新的木质部分化方式。

此外, 桂南爬树蕨的皮层特化为机械组织的细胞层数比爬树蕨的多, 而外围呈不完整形。

在节处的情况与爬蕨相同。

根的结构与爬树蕨的情况基本一致, 但直径较小些, 且木质部及韧皮部各组织的细胞体积也较小些, 而较明显不同处还在于前者中柱外围的皮层特化为机械组织的层数比后者少约 1~3 层。

叶的结构与爬树蕨有较大的不同, 首先, 叶的厚度, 桂南爬树蕨在中脉处左右(平周方向)各约有 565.8~716.82 μm 的长度其厚度明显较大, 叶肉细胞层数多 1~2 层; 而从该处至叶缘处, 厚度明显地小, 叶肉细胞层数仅 3 层。而爬树蕨的叶厚度无上述变化, 且整个叶的厚度均比前者大, 同时叶肉细胞层数多, 为 6 层, 至叶缘处也无明显的改变, 且胞间隙比前者大得多。此外, 叶缘结构,

桂南爬树蕨为近圆形,且叶肉细胞仅为2层。而爬树蕨的叶缘处相当厚,且边缘为明显的尖头状。

在中脉处,桂南爬树蕨的中脉明显向外膨大近圆形,仅在下方有1~2层叶肉细胞分化为机械组织,而上方仍为薄壁细胞;其它各级侧脉上下及周围的细胞均不分化为机械组织,而为薄壁的。但爬树蕨的中脉不但不膨大,上、下两面还向内凹,而且中脉其上、下方薄壁细胞均特化为很发达的机械组织,直抵上下表皮。

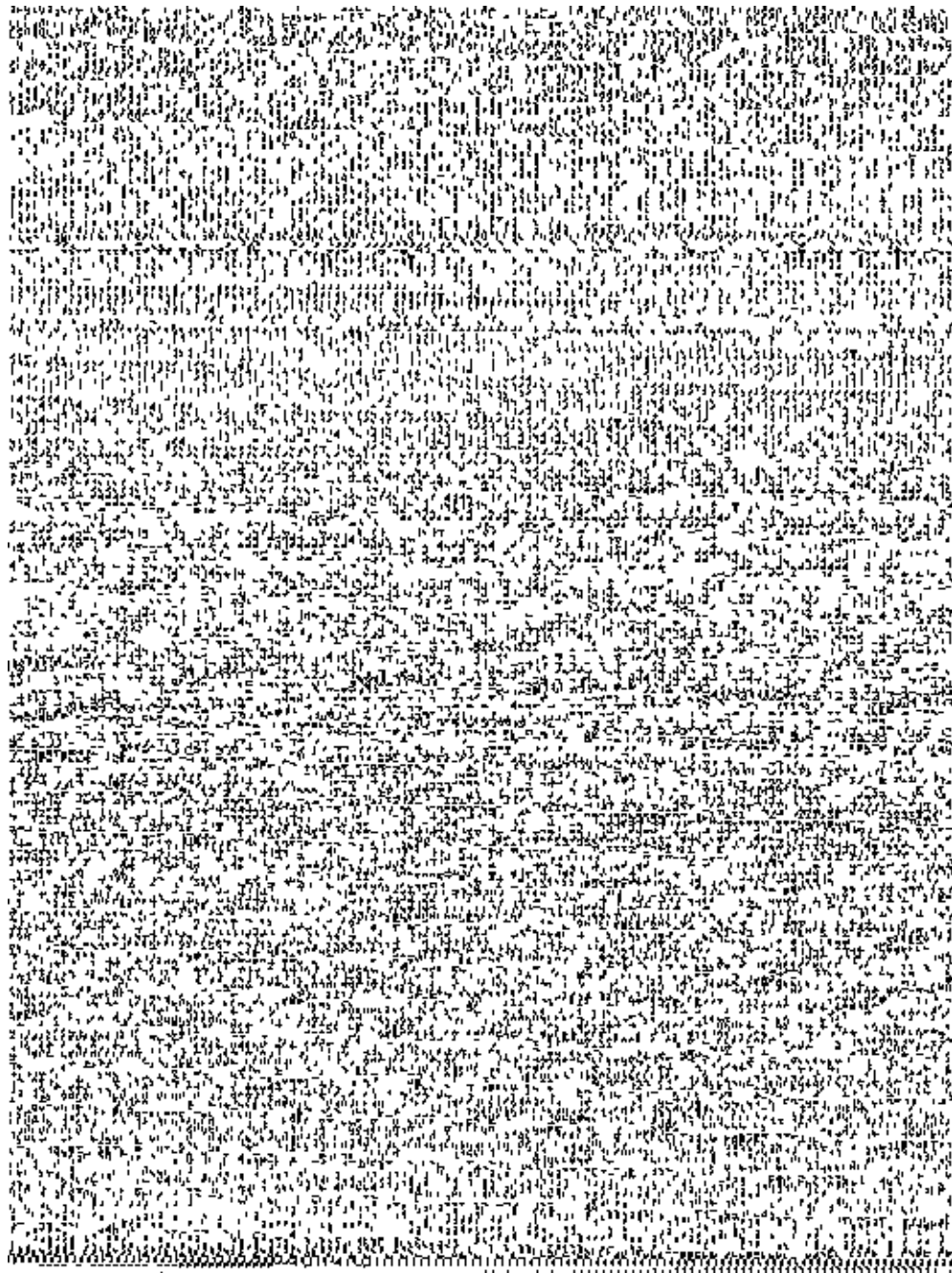
桂南爬树蕨孢子类型与爬树蕨的一致,从其形状、裂缝数和独特的排列方式分析,均与过去已发表的所有约22个孢子类型不同^[7,8,17,18],当然也与过去在已发表的所有蕨类植物的两个孢子类型:两侧对称单裂缝和辐射对称三裂缝的类型^[2,7,8,17,18]有着本质的不同,应单独列为一个孢子类型。

可见,虽然桂南爬树蕨和爬树蕨为同一属中在地理分布位置上相对较近,前者在桂南,后者在桂西北、云南、海南等地。因而在大的结构组成上是一致的,但由于小区域环境的不同,因而在各时期的演化过程中,各自在种的遗传物质的组成上发生了较大的变化^[19,20],以致在种的性状上出现了稳定的、可遗传的变异^[19~22],不仅表现在外部形态上,而且在内部结构上存在着很大的不同,尤其象叶的结构等变化最大。而叶在结构上是相当稳定的,不象形态上那样较易出现环境饰变的现象^[19],而又不象根、茎的结构那样保守,较易在对外部环境的适应过程中,由于遗传物质结构的改变,而形成可遗传的结构性状,为鉴定属内种的重要依据之一^[15,20,22]。而且在被认为是相当保守的茎和根的结构上,上述两个种都已具有了较明显的变化。而象孢子囊群是否有盖,更不是短时期能形成的,而是经过了漫长的地质年代的演化而成为种、乃至属及类群的所固有的重要特性^[7,8],大量研究表明,无囊群盖的类群原始,有囊群盖的类群为进化的类群^[8]。

周厚高副教授在实验材料方面提供了方便,潘洵操高级工程师在实验设备上给予了支持。在此表示感谢!

参考文献

- 1 中国科学院植物研究所. 中国高等植物科属检索表. 北京: 科学出版社, 1979
- 2 吴兆洪, 秦仁昌. 中国蕨类植物科属志. 北京: 科学出版社, 1991
- 3 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴. 北京: 科学出版社, 1972
- 4 钱崇澍, 陈焕镛主编. 中国植物志(第二卷). 北京: 科学出版社, 1959
- 5 周厚高, 黎 桦, 黄玉源. 广西石灰岩地区蕨类新植物. 广西植物, 1996, 16(3): 203~208
- 6 黄玉源, 周厚高, 黎 桦等. 爬树蕨的解剖学研究. 广西植物, 1994, 14(3): 241~245
- 7 [美]福斯特 A S, 小吉福德 E M 著. 维管植物比较形态学, (李正理等译). 北京: 科学出版社, 1983
- 8 杨关秀主编. 古植物学. 北京: 地质出版社, 1994
- 9 张芝玉. 原始莲座蕨属的形态研究及与莲座蕨属的关系探讨. 植物学报, 1973, 15(2): 261~270
- 10 Holtum R E, Sen U, Mitter D. Studies in the family Thelypteridaceae II. A comparative study of the type-species of *Thelypteris* Schmidell, *Cyclosorus* Link, and *Ampelopteris* Kunze. *Blumea*, 1970, 18(1): 195~215
- 11 黄玉源, 周厚高. 龙津蕨的解剖学研究. 广西农业大学学报, 1994, 13(3): 204~210
- 12 Arthur Cronquist. Basic botany (Second edition). Harper & Row, Publishers. New York, 1982
- 13 东北师范大学, 华东师范大学. 植物学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1982
- 14 Shigeyuki Mitsuta, Masahiro kato, Kunto Iwatsuki. Stellar structure of *Asplenaceae*. Bot, May Tokyo, 1980, (93): 275~289
- 15 伊肖. 卡. 种子植物解剖学(第二版), (李正理译). 上海: 上海科学技术出版社, 1982
- 16 [以色列]Fahn A. 植物解剖学(吴树明等译). 上海: 南开大学出版社, 1990.
- 17 中国科学院北京植物研究所古植物研究室孢粉组. 中国蕨类植物孢子形态. 北京: 科学出版社, 1976
- 18 王开发, 王宪曾. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社, 1983
- 19 陈家宽, 杨继主编. 植物进化生物学. 武汉: 武汉大学出版社, 1994
- 20 [英]斯特里特 H E. 植物分类学简论(石铸等译). 北京: 科学出版社, 1986
- 21 张福锁主编. 环境胁迫与植物育种. 北京: 农业出版社, 1993
- 22 [英]海吾德 V H. 植物分类学(柯植芬译). 北京: 科学出版社, 1979



1. 老茎的横切面, (× 50); 2. 幼茎的横切面, 为节的结构 (× 26.4); 3. 幼茎的横切面, 示在皮层中的叶迹及逐渐分化成熟的机械组织 (× 20); 4. 根的横切面 (× 100); 5. 叶柄中部的横切面 (× 40); 6. 叶柄基部的横切面 (× 40); 7. 叶中脉处的横切面 (× 100); 8. 叶缘的横切面 (× 132); 9. 带孢子囊群的叶片横切面 (× 66); 10. 孢子 (× 1000)

Fig. 1 Transverse section of old stem. (× 50); Fig. 2 Transverse section of young stem, showing the structure of node. (× 26.4); Fig. 3 Transverse section of more mature stem, showing leaf trace of node and the mechanical tissue that gradually differentiating mature. (× 20); Fig. 4 Transverse section of root. (× 100); Fig. 5 The structure of intermediary petiole. Transverse Section. (× 40); Fig. 6 The structure of base petiole. (× 40); Fig. 7 Transverse section that through leaf midrib. (× 100); Fig. 8 Transverse section of leaf margin. (× 132); Fig. 9 Transverse section of leaf that possessed sorus. (× 66); Fig. 10 Spore. (× 1000).