

# 广西石韦属七种植物叶片结构与孢子形态的比较研究

李雁群<sup>1</sup>, 黎颖菁<sup>2</sup>, 黎桦<sup>1</sup>, 黄棉<sup>3</sup>, 黄荣韶<sup>1\*</sup>, 陈超君<sup>1</sup>, 朱柏任<sup>1</sup>

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西优质农产品开发服务中心, 南宁 530022; 3. 广西大明山国家级自然保护区管理局, 广西武鸣 530115)

**摘要:** 利用石蜡切片法研究了石韦属 7 种植物叶片的形态结构。结果显示: 7 种植物的叶片均属异面叶, 且具典型的旱生叶结构; 表皮大多为复表皮, 表皮细胞排列紧密, 主脉表面覆有厚角质膜, 表皮毛为星状毛, 由多细胞组成; 气孔集中分布于下表皮, 气孔类型为围绕型, 气孔器略下陷; 孢子两侧对称, 极面观椭圆形, 赤道面观豆形或超半圆形, 表面饰纹为瘤状饰纹。石韦属 7 种植物的叶表皮细胞形状、表皮毛、表皮细胞垂周壁式样、气孔密度等解剖结构均表现出一定的种间差异, 这些特征可为石韦属植物种间分类提供依据。

**关键词:** 广西; 石韦属; 叶片结构; 孢子

**中图分类号:** S567 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)04-0462-09

## A comparative study on the leaf blade structure and spore of seven *Pyrrosia* species in Guangxi

LI Yan-Qun<sup>1</sup>, LI Ying-Jing<sup>2</sup>, LI Hua<sup>1</sup>, HUANG Mian<sup>3</sup>,  
HUANG Rong-Shao<sup>1\*</sup>, CHEN Chao-Jun<sup>1</sup>, ZHU Bo-Ren<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Guangxi Development and Service Center of Quality Agricultural Products, Nanning 530022, China; 3. Administration of Damingshan National Natural Reserve, Wuming 530115, China)

**Abstract:** The morphology of *Pyrrosia* leaves was observed through the paraffin method. The results were showed that the leaves of studied *Pyrrosia* possessed typical characters of dry plant leaves, cross section to be bifacial leaves. Most leaves were multiple epidermal cells and have thick cuticle. Epidermal hairs were stellate hair and composed of many cells. The stomatas were distributed mainly over lower epidermis and its type was annular cell type. Stomata were sometimes even sunken. The spores were monoletic, bilaterally symmetric, elliptic in polar view and kidney shaped or semirounded in equator view. The spore morphological characters were tuberculate. Some characters of the leaf epidermis of 7 species of *Pyrrosia*, such as shape of epidermis cell, epidermal hair, pattern of anticlinal walls and stomatal density, etc. showed more or less difference among the species. These characters could provide experimental evidences for the division of species of *Pyrrosia*.

**Key words:** Guangxi; *Pyrrosia*; blade structure; spore

水龙骨科(Polypodiaceae)石韦属(*Pyrrosia*)植物 变种 1 变型(王任翔等, 2006)。在广西境内分布较广, 大化、金秀、武鸣、藤县、桂平、梧州、资源和环江等在全世界有 70 多种, 我国约 40 多种, 广西有 17 种 1

收稿日期: 2008-12-22 修回日期: 2009-08-21

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 0718002-3-4)[Supported by Scientific Research and Technology Development Program of Guangxi (0718002-3-4)]

作者简介: 李雁群(1982-), 女, 广西柳州人, 硕士研究生, 主要从事药用植物栽培理论与技术研究, (E-mail)luoge09@126.com.

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: hrshao802@163.com)

地均有分布。石韦属植物常生于石壁或树干上,海拔 100~1 800 m(詹选怀,1999),对外界自然条件的变化具有高度的敏感性,要求富含有机质、疏松透水、微酸性的土壤(王松岳,2005)。石韦属植物具有利尿通淋、清热止血的功效(国家药典委员会,2000)。

秦仁昌(1978)认为孢粉学及细胞学资料是蕨类植物分类的主要依据,即蕨类植物分类是以形态性状的综合为依据的。过去许多蕨类分类学家常采用经典形态学的方法,如以孢子囊群和孢子形态以及叶脉类型和表皮附属物等形态特征对水龙骨科植物进行了研究,解决了该科植物某些系统分类上的问题。由于石韦属种类繁多,变异较大,其属下分类颇为困难。随着中药材市场上其药用需求量的增大,人为采挖日渐增多,致使石韦属植物的野生环境的日渐恶化,在一定程度上造成自然生态系统中石韦属植物天然基因库的人为破坏。而石韦属植物的营养器官(叶片),正是药用的主要部位,同时也是其进行光合作用和蒸腾作用的主要器官,与周围环境有着密切的联系,因而植物对环境的适应也较多地反映在叶片的形态和构造上(章英才等,2003)。近年来,对水龙骨科植物解剖学方面的研究曾有报道(李

胜华,1983;李水福等,1989;刘家熙,1998),但有关石韦属植物叶片解剖结构的研究还很少。本研究通过对广西 7 种石韦属植物叶片结构和孢子形态进行观察和分析,以期为石韦属植物的分类提供依据。

## 1 材料和方法

研究材料均取自广西地区(表 1)。取新鲜成熟叶片,蒸馏水冲洗干净用镊子撕取叶片的下表皮于载玻片上,滴加水合氯醛,按常规装片法制片。在叶背将一个孢子囊群整体剥离下来并置于载玻片上,用探针刺破孢子囊,使孢子散发出来,水合氯醛封片,在 Leica-DMLB 型万能显微镜下观察并拍照。叶片解剖结构制片采用石蜡切片法,选取生长正常的植株上的成熟叶片,将叶片中部至边缘的一部分叶片切成 5 mm×5 mm 小块,立刻用 FAA 固定液固定并保存。系列酒精脱水,石蜡包埋,切片厚度 8~10 μm,番红—固绿染色,中性树胶封片,在 Leica-DMLB 型万能显微镜下观察并拍照。

实验中所有制片均在 Leica-DMLB 型万能显微镜下观察、测量并统计,数据均为统计 20 个数值的

表 1 材料来源  
Table 1 Origin of materials

编号 No.	种名 Species	采集地点 Locality	海拔 (m) Ahtitude	环境 Habitation	采集人和采集号 Collector and No.
1	光石韦 <i>P. calvata</i>	广西靖西	876	岩石山	黄荣韶,李雁群 070815
2	绒毛石韦 <i>P. subfur.furacea</i>	广西靖西	876	岩石山	黄荣韶,李雁群 070816
3	石韦 <i>P. lingua</i>	广西藤县	296	乔木林岩石	黄荣韶,李雁群 070720
4	截基石韦 <i>P. subtruncata</i>	广西环江	930	灌木林岩石	黎桦,李雁群 070906
5	庐山石韦 <i>P. shearereri</i>	广西环江	930	灌木林岩石	黎桦,李雁群 070907
6	柔软石韦 <i>P. porosa</i>	广西靖西	876	岩石山	黄荣韶,李雁群 070817
7	平绒石韦 <i>P. porosa var. mollissima</i>	广西那坡	1200	路边岩石	张平刚,李雁群 071016

平均值,选取视野中具有代表性的部分进行拍照。

气孔密度换算为每平方毫米内的气孔个数。气孔指数 =  $100 \times \text{气孔个数} / (\text{气孔个数} + \text{表皮细胞数})$ 。气孔器大小的测量包括 2 个保卫细胞和其间的气孔口,气孔器类型采用 Dilcher(1974), Fryns-Claessens 等(1973)的划分,孢子形态描述参照《中国蕨类植物孢子形态》(张玉龙,1976)。

## 2 观察结果

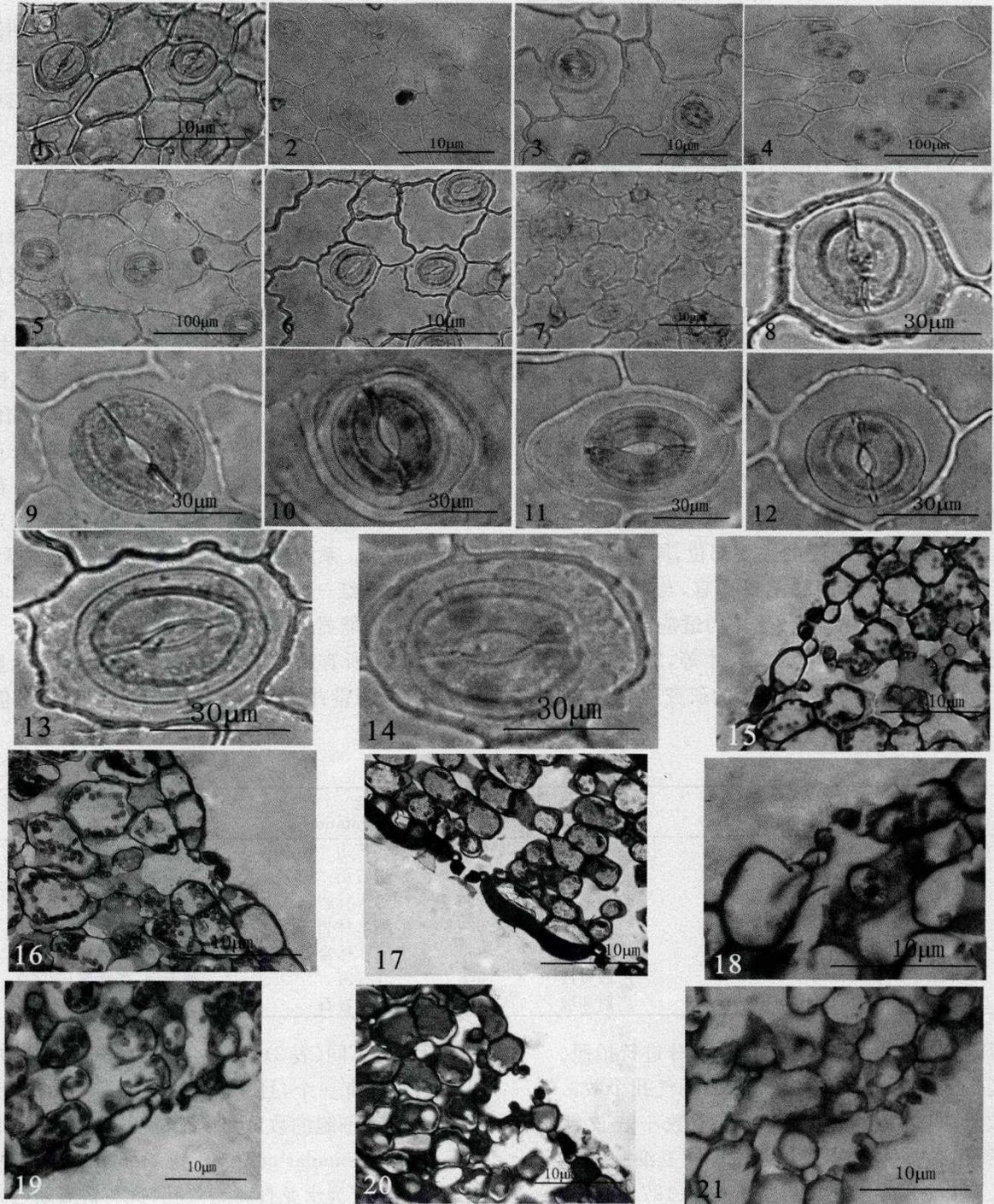
### 2.1 光镜下 7 种石韦属植物叶片下表皮特征

所观察的 7 种石韦属植物的叶片下表皮细胞排列紧密,垂周壁均呈一定程度的波曲,不同种其波曲

的程度略有不同(表 2),均只在下表皮有气孔分布,副卫细胞均只有一个,且为独特的轮胎形状的环状细胞,根据副卫细胞的数目和形态特征界定为单环细胞气孔(simple, annular cell type of stomata),或根据植物的来源界定为水龙骨科型气孔,这与黄海新(1996)研究石韦气孔为单环细胞气孔的结果相一致。张耀甲等(1999)把此类型叫围绕型,即一个副卫细胞完全包围两个保卫细胞,保卫细胞和副卫细胞没有任何垂周壁相联结。不同种类在表皮细胞形状、表皮细胞垂周壁饰样、气孔大小和密度方面存在差异(表 2)。

### 2.2 叶片表皮毛

所观察的 7 种石韦属植物的叶片表皮均被较多的星状毛,毛体具 4~17 个细胞,成上下两轮作辐射



图版 I 石韦属植物的气孔器 1,8,15. 光石韦; 2,9,16. 绒毛石韦; 3,10,17. 石韦; 4,11,18. 截基石韦;  
5,12,19. 庐山石韦; 6,13,20. 柔软石韦; 7,14,21. 平绒石韦。

Plate I Stomata of *Pyrrosia* 1,8,15. *P. calvata*; 2,9,16. *P. subfurfuracea*; 3,10,17. *P. lingua*; 4,11,18. *P. subtruncata*; 5,12,19. *P. sheareri*; 6,13,20. *P. porosa*; 7,14,21. *P. porosa* var. *mollissima*.

状排列,不同种的表皮毛层数、形状、颜色、分枝个数和长度有所不同(表3)。

### 2.3 光镜下7种石韦属植物叶片的解剖结构

#### 2.3.1 叶表皮 从叶片横切面上观察,光石韦、绒毛

石韦、石韦、庐山石韦、柔软石韦、平绒石韦这6种植物的上表皮均由2~3层细胞组成(图版III:15,16,17,19,20,21),而截基石韦上表皮由一层细胞组成,上表皮细胞类圆形或椭圆形,无气孔分布,但有排水

器,下陷,排水器近圆形或长圆形(图版Ⅲ:13-18)。下表皮由排列紧密的扁圆形或卵圆形的细胞组成,有气孔分布,7种植物都具有明显的较大的孔下室。

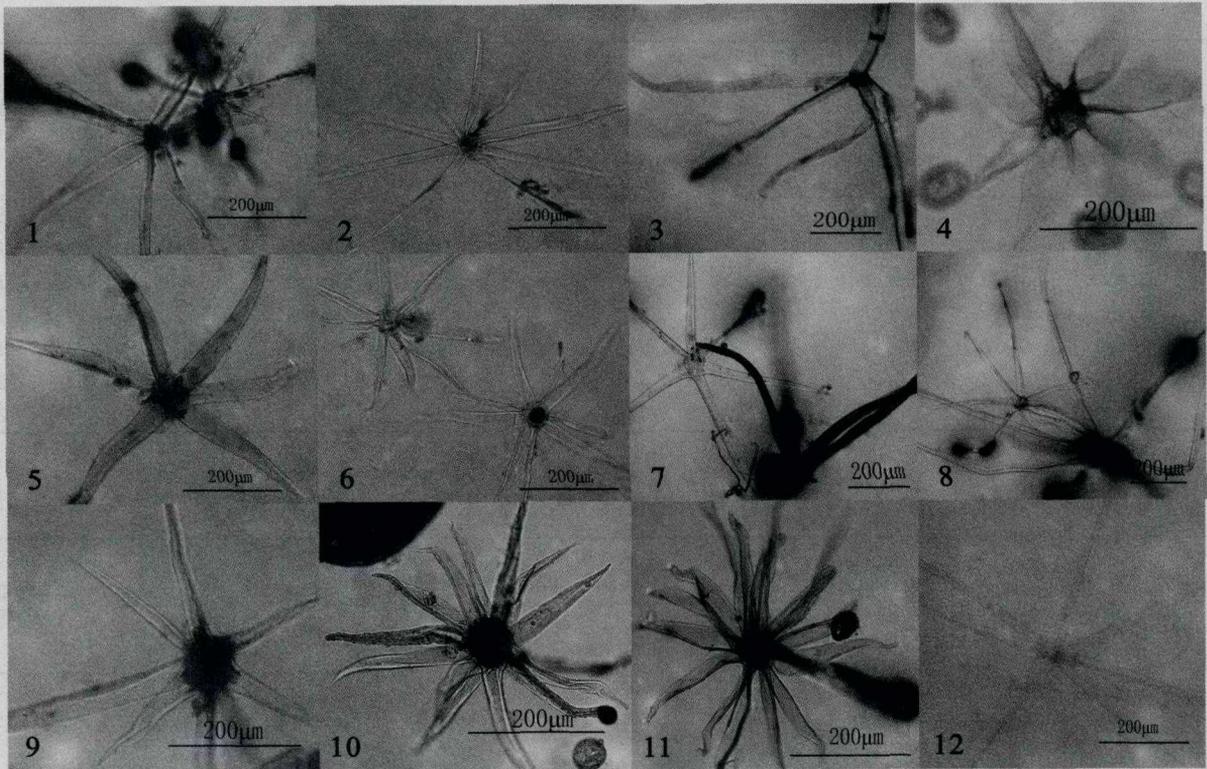
2.3.2 叶肉 叶肉组织中均可区分为栅栏组织和海绵组织,但不同种的叶片厚度、栅栏组织层数和厚度

却不相同(表4),即其分化程度各有不同。7种植物叶均为异面叶。但截基石韦栅栏组织和海绵组织分化很不明显,其栅栏组织与海绵组织的比值最小,为0.33。其余6种石韦叶片较厚,栅栏组织均比较发达,海绵组织细胞较小,排列疏松,占叶肉较少部分。

表2 7种石韦属植物叶片下表皮特征

Table 2 Characteristics of lower epidermis of leaves

种名 Species	垂周壁 Anticlinal wall	细胞形状 Cell shape	气孔器类型 Type of stomatal apparatus	气孔大小(长×宽) Stomatal size (μm)	气孔密度 Stomatal density (No./mm <sup>2</sup> )	气孔指数 Stomatal index	图版 I Plate I
1	平滑	多变	围绕型	38.54×36.13	74.20	14.70	1,8
2	浅波状	不规则	围绕型	39.5×35.27	85.58	18.92	2,9
3	浅波状	不规则	围绕型	38.88×36.36	43.42	17.85	3,10
4	浅波状	不规则	围绕型	46.47×36.30	44.40	16.14	4,11
5	平滑	多边形	围绕型	33.47×38.29	37.92	14.88	5,12
6	波状	不规则	围绕型	41.77×35.23	97.63	23.53	6,13
7	波状	不规则	围绕型	37.75×34.27	73.27	16.54	7,14



图版Ⅱ 石韦属植物的星状毛 1,2. 光石韦; 3. 绒毛石韦; 4. 石韦; 5,6. 截基石韦; 7,8. 庐山石韦; 9,10. 柔软石韦; 11,12. 平绒石韦。

Plate II Stellate hair of *Pyrrosia* 1,2. *P. calvat*; 3. *P. subfurfuracea*; 4. *P. lingua*; 5,6. *P. subtruncata*;  
7,8. *P. sheareri*; 9,10. *P. porosa*; 11,12. *P. porosa* var. *mollissima*

2.3.3 叶脉 光石韦、绒毛石韦、石韦、截基石韦和庐山石韦叶片中栅栏细胞均不通过主脉,柔软石韦和平绒石韦的栅栏组织通过主脉。7种石韦属植物叶片主脉中央均有一个较粗大的、横切面上近似圆形或锥形的周切型维管束,其中,木质部呈三叉状,

木质部管胞呈“丫”字形排列,韧皮部围绕其分布,维管束鞘由薄壁细胞组成。维管束外侧有一圈排列整齐而紧密的内皮层细胞。在维管束外侧有些被染成深红色的已经木化的细胞(图版Ⅲ:8-14)。其中光石韦和绒毛石韦主脉均发达,维管束多且复杂,在大

型的维管束周围都有几个大小相近的小型维管束(图版Ⅲ:1-7)。主脉背腹面的表皮内侧均有厚壁组织,细胞木化(图版Ⅲ:1-7)。

2.4 光镜下几种石韦属植物的孢子形态特征(表6)

野外采集时除未见 *P. subfurfuracea* 的孢子外,其余6种均采集有孢子。6种石韦属植物孢子

表3 叶片星状毛特征  
Table 3 Characters of stellate hairs of leaves

种名 Species	星状毛数目 No. of stellate hairs	层数 No. of Layer	形状 Shape	大小(φ,长) Size(φ,long) (μm)	表面观 View of surface	图版 II Plate II
1	7~13	2	披针形	10.12~32.80,97.74~548.34	黄白色或浅棕色,有不规则纹理或光滑	1,2
2	4~9	1	披针形	22.85~55.57,168.81~1167.32	浅棕色,有不规则纹理或光滑	3
3	8~12	1	长圆状、披针形	18.01~50.23,78.59~186.23	浅棕色,有不规则纹理或光滑,有的可见横隔	4
4	5~9	2	披针形	16.49~47.38,119.22~424.50	黄白色和浅棕色,有不规则纹理或光滑	5,6
5	4~8	2	披针形	19.80~57.28,214.11~926.98	黄白色和浅棕色,有不规则纹理或光滑	7,8
6	5~10	2	披针形	24.41~45.40, 60.67~898.99	黄白色至黄色,多光滑	9,10
7	6~17	2	披针形	11.72~38.20,90.24~821.71	黄白色和浅棕色,有不规则纹理或光滑	11,12

表4 7种石韦属植物叶形态的比较  
Table 4 Comparison on leaf structures in seven species of *Pyrrrosia*

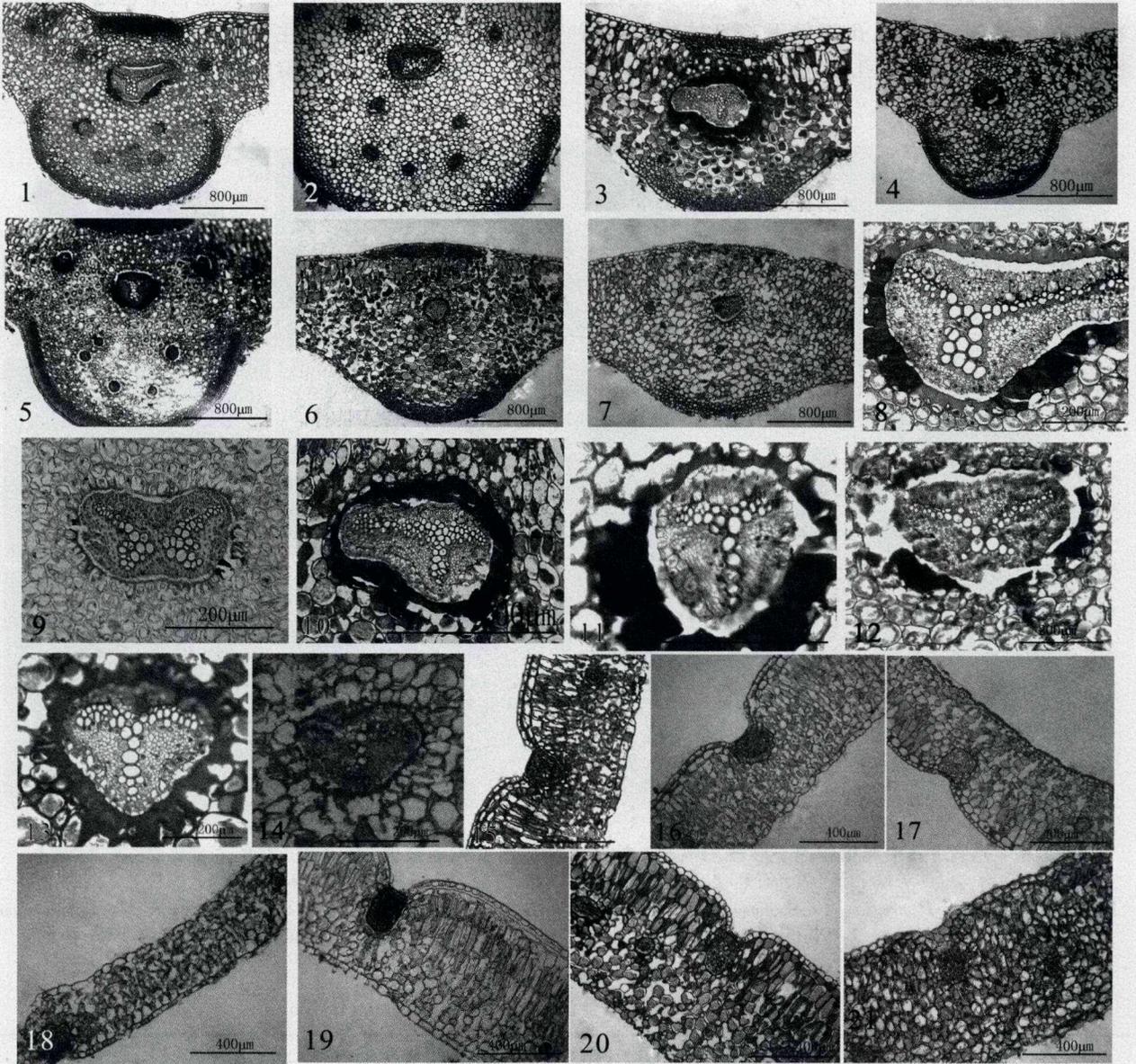
种名 Species	叶片厚度 Thickness of leave (μm)	上表皮细胞层数 Layer of epicuticle	上表皮厚度 Thickness of upper epidermis (μm)	下表皮厚度 Thickness of lower epidermis (μm)	排水器直径 Hydathode diameter	栅栏组织层数 No. of palisade tissue layer	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue (μm)	海绵组织厚度 Thickness of sponge tissue (μm)	栅/海比 Ratio of palisade to sponge tissue	叶肉分化程度 Mesophyll differentiation degree	图版 III Plate III
1	683.65	2~3	61.31	34.76	186.27	3~5	298.85	261.45	1.14	分化明显	15
2	620.29	2~3	67.59	35.58	170.94	3~4	273.33	233.28	1.17	分化明显	16
3	528.29	2~3	58.59	24.22	173.00	2~3	181.91	224.39	0.81	分化明显	17
4	347.42	1	38.08	51.11	155.31	1~2	97.33	294.48	0.33	分化不明显	18
5	706.97	2~3	32.63	45.52	159.24	3~4	277.98	308.42	0.90	分化明显	19
6	756.23	2~3	66.00	29.17	215.06	2~4	312.32	292.90	1.07	分化明显	20
7	810.32	2~3	74.42	40.61	182.31	2~4	343.11	310.13	1.10	分化明显	21

表5 七种石韦属植物叶片中脉的解剖结构特征  
Table 5 Anatomy characteristics of midrib of seven species of *Pyrrrosia*

种名 Species	主脉厚度 Thickness of midrib (μm)	主脉维管束数量(个) No. of vascular bundle in midrib	主脉背腹面角质层厚度 Thickness of cuticle (μm)		栅栏组织是否通过主脉 Whether or no palisade tissue through midrib	图版 III Plate III
			上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis		
1	1854.11	7-11	196.00	130.23	不通过	1
2	2104.00	8-12	205.26	146.49	不通过	2
3	1807.43	2-8	122.04	86.09	不通过	3
4	1476.66	5-7	94.19	98.00	不通过	4
5	1996.02	6-12	152.47	152.01	不通过	5
6	1694.10	3-8	69.03	66.64	通过	6
7	1958.00	3-7	174.73	151.26	通过	7

囊含1柄和1囊,环带是1列细胞,起生于柄,经囊顶达到另一边。孢子囊裂开时呈金黄色,孢子囊群无盖。环带内壁较厚,外壁较薄而柔软,这种对孢子囊开启有很大作用,环带与柄之间有几个薄壁细胞,其中有两个相对较细长的细胞,为唇细胞,孢子成熟

时就在这两个细胞间开裂。这6种石韦孢子具周壁,周壁较薄且透明,比较容易脱落,有些在孢子成熟后期周壁就完全脱落了。透过周壁可以清楚地看见孢子外壁上有许多瘤状纹饰,而且孢子裂缝两端具明显的加厚现象。



图版 III 叶片的内部结构 1,8,15. 光石韦叶；2,9,16. 绒毛石韦叶；3,10,17. 石韦叶；4,11,18. 截基石韦叶；5,12,19. 庐山石韦叶；6,13,20. 柔软石韦叶；7,14,21. 平绒石韦叶；1-7. 主脉；8-14. 维管束；15-21. 叶肉。

Plate III Internal structure of leaf 1,8,15. Leaf of *P. calvata*; 2,9,16. Leaf of *P. subfurfuracea*; 3,10,17. Leaf of *P. lingua*; 4,11,18. Leaf of *P. subtruncata*; 5,12,19. Leaf of *P. sheareri*; 6,13,20. Leaf of *P. porosa*; 7,14,21. Leaf of *P. porosa* var. *mollissima*; 1-7. Major vein; 8-14. Vascular bundle; 15-21. Mesophyll.

### 3 分析与讨论

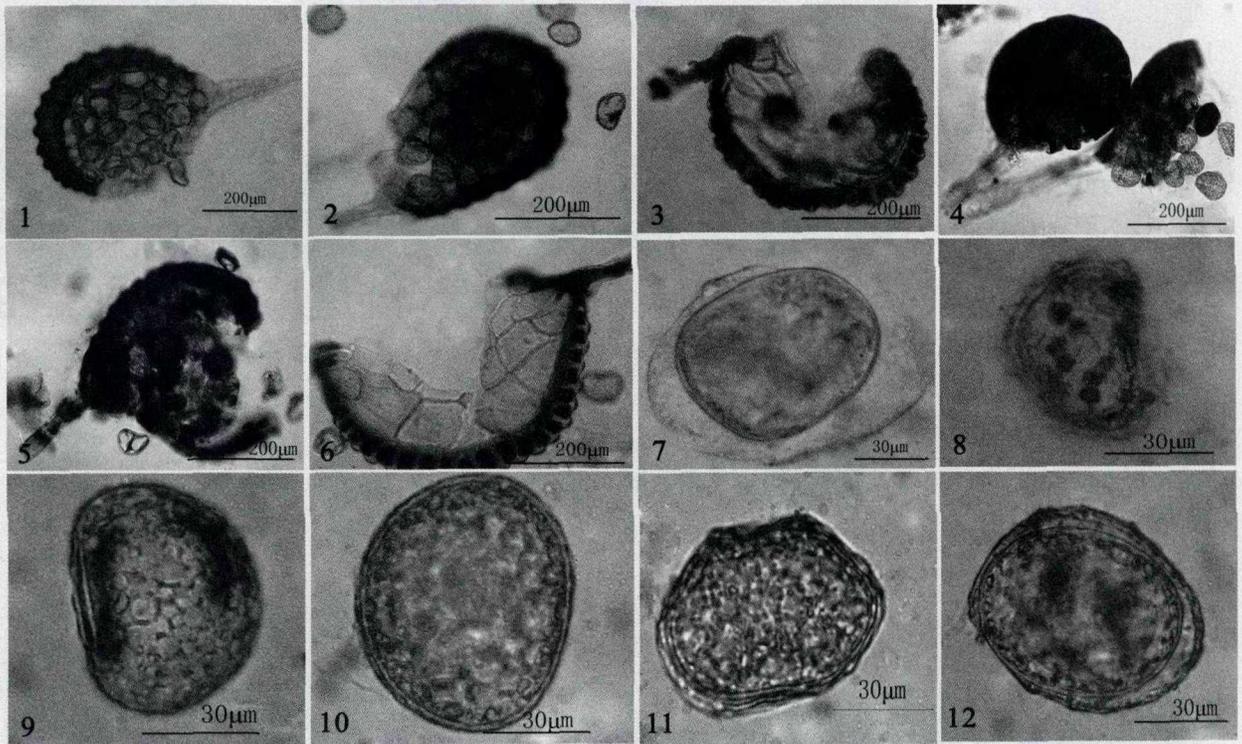
#### 3.1 叶表皮

广西的光石韦、绒毛石韦、石韦、庐山石韦、柔软石韦和平绒石韦等六种石韦属植物叶片的表皮为复表皮，由两层细胞构成，第一层表皮细胞的外形较规则，呈近圆形或方形；与栅栏组织相邻的内层表皮细胞呈长扁形，较第一层细胞大，表皮细胞排列紧密，

而截基石韦上表皮由一层细胞组成。发达的表皮组织不仅与同科的其他种属构成明显的区别，在一定程度上也能起到减少叶肉组织的水分蒸腾、加固叶片整体的机械性能、防止病菌侵入等保护作用(陆万时等,1991)。此外,其外表面均有加厚的角质膜,这种适应同样有利于减少水分蒸腾,以适应其所生长的旱生环境(祝建等,1992)。气孔是叶片与外界环境进行气体、水分交换的主要通道,对植物的光合、呼吸、蒸腾等生理活动起着重要的调节作用(马丁,

1987)。广西的这7种石韦属植物的气孔类型较独特,均属围绕型,这些气孔不仅下陷且结构非常特殊,表皮细胞不规则,气孔分布一般不均匀,其特殊

的围绕型气孔在高等植物其他科中也是极少见的。气孔密度和气孔大小主要受光照、温度和降水的影响。在所观察7种石韦属植物中,石韦、截基石韦和



图版 IV 光镜下石韦属植物孢子形态 1-6. 孢子囊 1. 光石韦; 2. 石韦; 3. 截基石韦; 4. 庐山石韦; 5. 柔软石韦; 6. 平绒石韦。 7-12. 孢子 7. 光石韦; 8. 石韦; 9. 截基石韦; 10. 庐山石韦; 11. 柔软石韦; 12. 平绒石韦。

Plate IV Spores of *Pyrrosia* 1-6. Sporangium 1. *P. calvata*; 2. *P. lingua*; 3. *P. subtruncata*; 4. *P. shearerii*; 5. *P. porosa*; 6. *P. porosa* var. *mollissima*. 7-12. Spores 7. *P. calvata*; 8. *P. lingua*; 9. *P. subtruncata*; 10. *P. shearerii*; 11. *P. porosa*; 12. *P. porosa* var. *mollissima*.

表 6 六种石韦属植物的孢子形态特征

Table 6 Characteristics of spores of six species of *Pyrrosia*

种名 Species	孢子囊形状 Sporangiform	孢子囊(直径 ×长度)( $\mu\text{m}$ ) Sporangium (diameter×length)	孢子柄长 Length of cauli-spore ( $\mu\text{m}$ )	环带数目 No. of clitellums	周壁表面纹饰 Surface sculpture on of perine	孢子大小(直径×长度) Size(diameter×length) ( $\mu\text{m}$ )	图版 IV Plate IV
1	椭圆形或球状梨形	309.73×346.77	165.49	17~22	瘤状	51.26(35.68~60.25)× 68.10(60.91~78.50)	1,7
2	椭圆形或球状梨形	245.82×336.47	203.39	15~19	瘤状	39.52(29.89~45.72)× 54.84(43.32~62.40)	2,8
3	椭圆形或球状梨形	279.25×334.74	178.61	19~25	瘤状	46.75(38.49~54.38)× 66.68(53.85~74.79)	3,9
4	椭圆形或倒卵形	307.05×404.31	115.16	21~25	瘤状	55.78(44.24~65.02)× 71.22(61.06~77.86)	4,10
5	椭圆形或球状梨形	255.41×318.90	318.33	19~21	瘤状	45.43(41.20~49.74)× 63.29(58.72~69.23)	5,11
6	椭圆形或球状梨形	309.73×346.77	165.49	18~20	瘤状	53.87(44.66~58.77)× 72.01(68.08~76.07)	6,12

庐山石韦生长在林分郁闭度大、低温、高湿、土壤肥沃的环境中,其叶片上气孔密度小,这与 Carpenter

等(1975)和 Strobel 等(1984)认为随着温度的增加和水分的减少,气孔器密度增加,但气孔器长度、宽

度则向小型化发展的结论相一致。在所研究的 7 种石韦属植物中,气孔指数都不稳定,规律性不明显,在分类上则意义不大,气孔指数的分类学意义仍有待进一步研究。7 种石韦属植物的叶片下表皮均具有较多的表皮毛(多细胞腺毛),表皮毛是保护植物在强光照射下减少蒸腾并反射强光。其下的气孔如在遮盖物下,从而可减少水分从气孔的蒸发(Fahn, 1986)。石韦和绒毛石韦表皮毛为一层,其余 5 种石韦均为二层,再者石韦表皮毛矩圆状,其余 6 种植物均为披针形,可见,以表皮毛作为划分种的依据是可行的。

### 3.2 叶肉

广西的 7 种石韦属植物的叶片横切面中,均可以观察到有海绵组织与栅栏组织的分化,且栅栏组织细胞多层,这体现出旱生植物具备的特征,可能是因为旱生植物需要靠消耗海绵组织而增加栅栏组织(张泓等,1992)。光照对蕨类植物的生长具有重要的影响,这种影响涉及到蕨类的整个生活周期。其中,石韦、截基石韦和庐山石韦的栅/海比值较小,这可能与其生长环境的温度和湿度有关,这三种植物均采自沟边石壁或山坡阴处岩石上,呈出对弱光照及湿生的环境等适应性较弱的解剖结构特征(Bone 等,1985)。而绒毛石韦、光石韦、柔软石韦和平绒石韦栅/海比值较高,这 4 种石韦生长环境周围没有高大乔木的覆盖,太阳直射时间较长,偏向阳生植物的生长环境,故亦均呈现出叶片较厚、栅栏组织较发达、海绵组织退化、栅栏组织细胞长柱形且排列紧密,呈适应略为干燥(Esau 等,1977)和较强光照(Lee 等,1990)的叶片解剖结构。发达的栅栏组织有利于增加光的吸收量,可以极大地提高光合效率,这是旱生植物适应生长的旱性结构。

### 3.3 叶脉

发达的维管束可保证水分及营养物质的良好运输,增强叶片抵御逆境的能力和减少因失水萎蔫而造成的不良影响。灌丛和灌草丛中分布的石韦种,其叶片表皮角质膜的增厚和发达的输导组织,能够防止植物体内水分的过分蒸腾。而乔木林下分布的石韦种,具薄的叶片表皮和角质膜则是对较弱光照环境或中生环境的,如光石韦叶脉机械组织比较发达,而石韦、柔软石韦和平绒石韦叶脉机械组织均不发达。叶片主脉的粗度可能与其中所贯穿的维管束的数目有关,叶柄越细,进入叶片主脉的维管束的条数越少,反之就多,绒毛石韦、光石韦、截基石韦和

庐山石韦的叶片主脉都比较粗壮,主脉维管束条数比石韦、柔软石韦和平绒石韦多,因此,维管束的数目可能不宜作为划分种的主要特征。本研究发现,从叶片横切面上观察,7 种石韦属植物叶片主脉上出现了大型维管束相互融合的现象,而且融合方式是:从叶基到叶尖,主脉的维管束先是由两个小维管束慢慢合并成一个横切面上呈类圆形轮廓的维管束(图版 III:9,11,12,13,14),在叶片约中部位置又有一个小维管束在该刚合并的维管束附近出现,形成一个横切面上呈近似锥形轮廓的周韧维管束,其中的木质部有三束,整体呈雁翅状(图版 III:8,10)。

### 3.4 孢子形态

同一种植物中孢子纹饰类型比较稳定,但由于分布的地域不同,受气候、地理环境等的影响,同一种植物中,孢子表面纹饰基本相同,仅在大小上有所差异(张碧波等,2006)。本研究中的 6 种石韦属植物的孢子的表面饰纹较为一致,孢子均具周壁,亦均为瘤状饰纹,前人也有的将其他地区所产的石韦属植物的孢子饰纹描述为疣状饰纹(王任翔等,2006)。孢子表面饰纹是一个保守的性状,可作为石韦属植物分类的特征,但在属内也同样存在差异,其中光石韦、截基石韦、庐山石韦、柔软石韦和平绒石韦周壁表面均具较小的圆球状突起,而石韦孢子周壁表面具较大瘤状突起,且裂缝较短,为孢子长度的 1/3。孢子周壁或外壁所呈现的颜色在遗传上具有相对稳定性,可能与生活环境、孢壁密度、孢子体积、叶绿体数量和贮存物质有关(杜桂森等,2000)。孢子周壁或外壁所呈现的颜色在该属的分类和系统发育上的意义还有待于观察和探讨。

综上所述,广西的 7 种石韦属植物在外界生态因素的影响下逐渐形成了形态结构的差异,这些差异对它们适应其各自所处的环境具有积极作用。这种差异往往也是鉴定物种的性状和研究植物种间亲缘关系及进化关系的重要依据(马继雄,1996),尤其是叶片表皮细胞形状、表皮层数、表皮细胞垂周壁式样、气孔密度、表皮毛分枝的长短和形状、叶肉组织分化程度等在属下各组间虽无系统差异,但可作为同组植物种间的分类依据,例如截基石韦上表皮为 1 层细胞,其余 6 种植物均为复表皮;光石韦和庐山石韦表皮细胞为多边形,垂周壁直或稍弯曲;而柔软石韦表皮细胞不规则形,垂周壁波状;光石韦、绒毛石韦和柔软石韦表皮毛呈披针形,而石韦表皮毛呈长圆状披针形且较短,这些特征对石韦属的属下等

级分类具有一定的参考价值。

### 参考文献:

- 马丁. 1987. 气孔[M]. 张崇浩译. 北京:科学出版社:1-73
- 国家药典委员会. 2000. 中华人民共和国药典(2000年版一部)[M]. 北京:化工出版社:68
- 张玉龙. 1976. 中国蕨类植物孢子形态[M]. 北京:科学出版社:343-370
- 陆万时,徐祥生,沈敏健. 1991. 植物学(上)[M]. 北京:高等教育出版社:155-161,167-168
- Bone RE, Lee D, Norman JM. 1985. Epidermal cells function in gas exchange in leaves of tropical rain-forest shade plants[J]. *Appl Optics*, **24**:1 408-1 412
- Carpenter SB, Smith NB. 1975. Stomatal distribution and size in southern Appalachian hard woods[J]. *Can J Bot*, **53**:1 153-1 155
- Dilcher DL. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains[J]. *Bot Rev*, **40**(1):1-157
- Du GL(杜桂森), Wang MZ(汪楣芝), Zhagn YL(张玉龙). 2000. Observations of spore morphology of some acrocarpus mosses in China(23种顶蒴藓类孢子形态的观察)[J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **22**(3):277-281
- Esau K. 1977. *Anatomy of Seed Plants*[M]. New York:John Wiley and Sons Press:351-372
- Fahn A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves[J]. *Ann Bot*, **57**:631-637
- Fryns-Claessens E, Van Cotthem WRJ. 1973. A new classification of the ontogenetic types of stomata[J]. *Bot Rev*, **39**(1):71-138
- Lee DW, Bone RA, Tersis S, et al. 1990. Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme shade plants[J]. *Am J Bot*, **77**:370-380
- Li SH(李胜华). 1989. Morphology and histology of the traditional Chinese medicine *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farwell(中药石韦的形态组织学研究)[J]. *Chin J Pharm Analysis* (药物分析杂志), **9**(3):143-146
- Li SF(李水福), Zhong YF(朱筱芬). 1989. Microscope identification of medicinal parts between *Pyrrosia lingua* and *P. mollis* (石韦与柔软石韦的显微鉴别)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), **12**(6):22-23
- Liu JX(刘家熙). 1998. Studies on the shore morphology of polypodiaceae from Beijing(北京水龙骨科孢子形态的研究)[J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), **15**(1):68-71
- Lu CT(鲁翠涛), Mei XG(梅兴国), Zhong F(钟凡). 2002. Studies on factors of pteridophyte spore germination(蕨类植物孢子萌发影响因素的研究进展)[J]. *Guihaia* (广西植物), **22**(6):503-508
- Ma JX(马继雄). 1996. An anatomical study and taxonomical significance on eight species of *Pediculoa*(八种马先蒿属植物叶的解剖学研究及分类学意义)[J]. *J Qinghai Normal Univ: Nat Sci Edi* (青海师范大学学报·自然科学版), (1):28-34
- Qin RS(秦仁昌). 1978. Fern families and genera in China: Their system of arrangement and historical origin(中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **16**(3):1-35, **16**(4):16-37
- Strobel DM, Sundberg MD. 1984. Stomatal density in leaves of various xerophytes preliminary studies[J]. *J Minnesota Academy Sci*, **49**:729
- Wang HX(黄海欣). 1996. Research of *Pyrrosia linguas* stomata (石韦中气孔的观察研究)[J]. *Primary J Chin Mat Med* (基层中药杂志), **10**(4):43
- Wang RX(王任翔), Lu SG(陆树刚), Deng XC(邓晰朝) et al. 2006. Spore morphology of pteridophytes from Guangxi I: Polypodiaceae(广西蕨类植物孢子形态的研究 I:水龙骨科)[J]. *Guihaia* (广西植物), **26**(5):565-569
- Wang SL(王松岳). 2005. *Pyrrosia lingua* (石韦)[J]. 第6版. *China Flowering Plants J* (中国花卉报):1
- Zhan XH(詹选怀). 1999. Studies on propagation methods for *Pyrrosia sheareri* (截基石韦繁殖技术的研究)[J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), **18**(4):49-50
- Zhang YC(章英才), Yan TZ(闫天珍). 2003. Study on relationship between anatomical structure of leaves of *Karelinia capsia* (pall) less and ecological environment(花花柴叶片解剖结构与生态环境关系的研究)[J]. *J Ningxia Agric Coll* (宁夏农学院学报), **24**(1):31-33
- Zhang BB(张碧波), Wang RX(王任翔), Chang YF(常艳芬), et al. 2006. Studies on the spore morphology of *Polypodiodes* (Polypodiaceae) from Southwest, China(中国西南地区水龙骨科植物(水龙骨科)孢子形态研究)[J]. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), **24**(2):113-118
- Zhang H(张泓), Chen LC(陈丽春), Hu ZH(胡正海). 1992. Xeromorphic characters in the vegetative organs of *Peganum harmala* (骆驼蓬营养器官的旱生结构)[J]. *Acta Phytocologica Geobotanica Sin* (植物生态学与地植物学丛刊), **16**(3):243-246
- Zhang YJ(张耀甲), Yu HF(于海峰), Lu YX(卢云霞). 1999. Stomatal apparatus of Chinese Polypodiaceae and its systematic significance(国产水龙骨科植物的气孔器类型及其系统学意义)[J]. *J Lanzhou Univ: Nat Sci Edi* (兰州大学学报·自然科学版), **35**(1):130-139
- Zhong GY(钟国跃). 1991. Species distribution and pharmacological state of *Pyrrosia lingua* Farwell in Sichuan Province(四川省石韦属植物的种类分布及药用状况)[J]. *Chin Trad Herbal Drugs* (中草药), **22**(7):321-323
- Zhu J(祝建), Zhang H(张泓), Ma DZ(马德滋). 1992. Anomalous secondary structure and growth in the stem of xerophytes, *Gera-toides latens* (旱生植物驼绒藜茎的异常次生结构及其发育)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), **12**(2):135