

广西蕨类植物孢子形态的研究 II. 铁角蕨属

邓晰朝^{1,2}, 陆树刚², 王任翔³, 张义正⁴

(1. 河池学院 化学与生命科学系, 广西 宜州 546300; 2. 云南大学 生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091;
3. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004; 4. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064)

摘要: 利用光学显微镜和扫描电子显微镜对广西产 9 种铁角蕨属植物即拟狭翅铁角蕨、黑柄铁角蕨、剑叶铁角蕨、长生铁角蕨、岭南铁角蕨、石生铁角蕨、阴湿铁角蕨、半边铁角蕨和细裂铁角蕨植物的孢子形态进行了观察, 对每个种的形态特征进行了详细描述, 其中 5 种铁角蕨属植物孢子的表面纹饰为首次报道。结果如下: 9 种铁角蕨属植物孢子都为单裂缝, 两侧对称, 极面观为椭圆形或近圆形, 赤道面观为肾形、椭圆形或近圆形。主要纹饰类型有翅脊状纹饰、翅状纹饰和脊状纹饰类型。讨论了各种间的差异。为铁角蕨属的分类和系统演化研究提供孢粉学的资料。

关键词: 铁角蕨属; 孢子形态; 扫描电子显微镜; 广西

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)06-0592-05

Spore morphology of pteridophytes from Guangxi II. *Asplenium* L.

DENG Xi-chao^{1,2}, LU Shu-gang², WANG Ren-xiang³,
ZHANG Yi-zheng⁴

(1. Department of Chemistry and Life Sciences, Hechi University, Yizhou 546300, China; 2. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China; 3. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 4. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: The spores of nine species of *Asplenium* L. distributing in Guangxi of China which were *A. pseudowrightii*, *A. subtoramanum*, *A. ensiforme*, *A. prolongatum*, *A. sampsonii*, *A. saxicola*, *A. unilaterale* Lam. var. *decurrens*, *A. unilaterale* and *A. tenuifolium* were observed and compared under light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM). Five surface ornamentations were reported for the first time. The spore morphological characters of each species were described in detail. The spores were monolete, bilaterally symmetric, elliptic or subrounded in polar view and kidney-shaped, elliptic or subrounded in equatorial view. The surface ornamentations were alar-lophate, pterate or lophate. The differences among the spores of these species were discussed. It will provide basic references contributing to systematics of *Asplenium* L.

Key words: *Asplenium* L.; spore morphology; scanning electron microscope; Guangxi

蕨类植物孢子形态可作为分类的依据之一, 并在系统演化研究和区分疑难种等方面具有一定的意义。利用扫描电子显微镜, 人们能够看到许多在光学显微镜下看不清的孢子外壁纹饰。近年来, 扫描

电子显微镜技术在蕨类植物孢粉学研究上得到了广泛应用。国外不少学者在这方面做了大量的工作 (Lellinger 等, 1997; Devi, 1988; Lugardon, 1974)。我国从 20 世纪 90 年代开始也进入了电子显微镜研

收稿日期: 2005-11-24 修回日期: 2006-05-23

基金项目: 教育部高等学校重点实验室西部地区高级访问学者基金资助 [Supported by the Western Scholarship Foundation of the Chinese Education Commission]

作者简介: 邓晰朝 (1969-), 女, 讲师, 在职硕士, 主要从事植物学教学及植物分类研究工作, (E-mail) dxchcz@yahoo.com.cn.

究蕨类植物孢子形态的高潮。据笔者统计,至今已对国产 500 余种蕨类植物的孢子进行了扫描电镜观察研究,涉及 19 科 60 余属;其中海金沙科(Lygodiaceae)、中国蕨科(Sinopteridaceae)、金星蕨科(The-lypteridaceae)和铁角蕨科(Aspleniaceae)的孢子形态有了较系统的扫描电子显微镜研究工作(王全喜等,2001;于晶等,2001;戴绍军,2002,2005;戴锡玲等,2005)。但有关广西产蕨类植物孢子形态的扫描电子显微镜研究则很少。广西是我国蕨类植物种类较多的地区之一,有蕨类植物 56 科 158 属约 854 种,在科和种的数量上仅次于云南,名列第二(周厚高等,2000)。对广西蕨类植物孢子形态进行电镜水平的研究工作,有着重要意义。从 2004 年开始,我们对广西木论国家级自然保护区和九万山自然保护区等地产的一些蕨类植物孢子进行了扫描电镜观察研究(王任翔等,2006),本文是其一系列报道的继续。

铁角蕨属(*Asplenium* L.)在中国约有 110 种,分布全国各地(吴兆洪,1999),其中广西约有 46 种 2 变种(周厚高等,2000)。有关本属孢子形态的研究,国内仅见张玉龙等(1976)对本属 54 种在光学显微镜下观察结果的报导。戴锡玲等(2005)对国产 46 种铁角蕨属植物的孢子形态进行了扫描电镜研究,涉及到 4 种广西产的铁角蕨属植物。本文对广西产 9 种铁角蕨属的孢子形态(其中 5 种孢子扫描电镜下的表面纹饰为首次报道)进行了光学显微镜及扫描电子显微镜观察,旨在为蕨类植物系统学和孢粉学研究提供资料。

1 材料和方法

1.1 材料

研究材料均取自野生。材料来源见表 1,凭证标本存于云南大学标本馆(YUN)。

表 1 广西铁角蕨属植物孢子形态研究的实验材料及凭证标本

Table 1 Materials and voucher specimens of spore morphology of *Asplenium* from Guangxi

分类群 Taxon	采集地 Location	凭证标本 Vouchers
拟狭翅铁角蕨 <i>Asplenium pseudowrightii</i>	广西九万山 Jiuwanshan, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31684
黑柄铁角蕨 <i>A. subtoramanum</i>	广西宜州 Yizhou, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31672
剑叶铁角蕨 <i>A. ensiforme</i>	广西九万山 Jiuwanshan, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31679
长生铁角蕨 <i>A. prolongatum</i>	广西木论 Mulun, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31677
岭南铁角蕨 <i>A. sampsonii</i>	广西宜州 Yizhou, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31671
石生铁角蕨 <i>A. saxicola</i>	广西木论 Mulun, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31682
阴湿铁角蕨 <i>A. unilaterale</i> var. <i>decurrens</i>	广西九万山 Jiuwanshan, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31683
半边铁角蕨 <i>A. unilaterale</i>	广西木论 Mulun, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31673
细裂铁角蕨 <i>A. tenuifolium</i>	广西九万山 Jiuwanshan, Guangxi	邓晰朝等 Deng Xi-chao 31778

1.2 方法

孢子的大小在光学显微镜下测得,孢子采用 Erdtman 的醋酸酞法,每种孢子测量 20 粒,变异幅度以最小值和最大值及常见值表示。扫描电子显微镜观察样品的制备方法是:将干燥成熟的孢子直接均匀地撒在双面胶带上,然后固定在样品台上,真空镀膜后置于 S-450 型扫描电子显微镜下观察,选择有代表性的孢子进行照相。孢子的形态描述参照张玉龙等(1976)和王全喜等(2003)所修订的术语。

2 观察结果

2.1 拟狭翅铁角蕨 *A. pseudowrightii* Ching

孢子两侧对称,极面观为椭圆形,赤道面观为近圆形。孢子大小为 37.6(33.1~39.5) μm \times 43.5

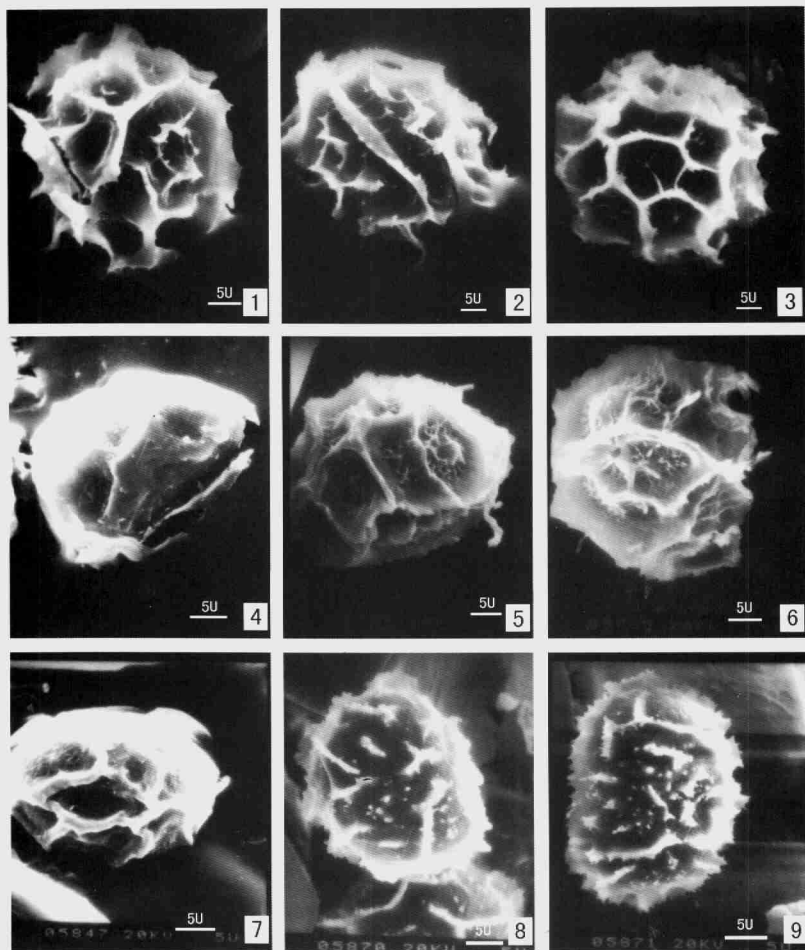
(39.7~46.7) μm 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具粗细不等脊,脊连成拟网状或网状,在脊的顶端具矮的翅,翅的边缘及网眼部位常具疏密不一的刺,属翅脊状纹饰(alar-lophate)(图版 I:1)。

2.2 黑柄铁角蕨 *A. subtoramanum* Ching ex S. H. Wu

孢子两侧对称。极面观为近圆形,赤道面观为椭圆形。孢子大小为 31.4(28.1~35.4) μm \times 40.5(37.5~43.3) μm 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具薄而高的长条形纹饰,呈薄的翅状,翅边缘具流苏状刺或齿,边缘较尖锐,属翅状纹饰(alate)(图版 I:2)。

2.3 剑叶铁角蕨 *A. ensiforme* Wall. ex Hook.

孢子两侧对称,极面观为椭圆形,赤道面观为近圆形。孢子大小为 35.2(31.6~38.8) μm \times 41.8(38.7~44.7) μm 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子



图版 I 铁角蕨属植物孢子扫描电镜照片 1. 拟狭翅铁角蕨; 2. 黑柄铁角蕨; 3. 剑叶铁角蕨; 4. 长生铁角蕨; 5. 岭南铁角蕨; 6. 石生铁角蕨; 7. 阴湿铁角蕨; 8. 半边铁角蕨; 9. 细裂铁角蕨。标尺=5 μm。

Plate I Photographs of spores of *Asplenium* L. under SEM 1. *A. pseudowrightii* Ching; 2. *A. subtoramanum* Ching ex S. H. Wu; 3. *A. ensiforme* Wall. ex Hook.; 4. *A. prolongatum* Hook.; 5. *A. sampsonii* Hance; 6. *A. saxicola* Ros.; 7. *A. unilaterale* Lam. var. *decurrens* (Bedd.) H. S. Kung; 8. *A. unilaterale* Lam.; 9. *A. tenuifolium* D. Don. Scale bar=5 μm.

外壁表面具粗细不等脊,脊连成网状或拟网状,在脊的顶端具矮的翅,翅的边缘及网眼部位常具疏密不一的刺,属翅脊状纹饰(alar-lophate)(图版 I :3)。

2.4 长生铁角蕨 *A. prolongatum* Hook.

孢子两侧对称,极面观为近圆形,赤道面观为半圆形。孢子大小为 $31.8(27.6\sim33.7)\mu\text{m}\times37.7(35.2\sim40.2)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具平卧的长条形纹饰,脊较矮且较宽,顶缘较平滑,长短和厚薄不一,常弯曲成拟网状,脊可能是由周壁外壁隆起形成或周壁加厚形成,属脊状纹饰(lophate)(图版 I :4)。

2.5 岭南铁角蕨 *A. sampsonii* Hance

孢子两侧对称,极面观为近圆形,赤道面观为肾形。孢子大小为 $33.4(29.6\sim35.2)\mu\text{m}\times38.6(35.8\sim41.6)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具平卧的长条形纹饰,脊较矮且较窄,长短不一,常弯曲连接成网状,网眼部位常具疏密不一的刺,脊可能是由外壁隆起的褶皱形成,属脊状纹饰(lophate)(图版 I :5)。

2.6 石生铁角蕨 *A. saxicola* Ros.

孢子两侧对称,极面观为近圆形,赤道面观为超半圆形。孢子大小为 $36.7(32.6\sim39.4)\mu\text{m}\times40.6(38.2\sim44.3)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具平卧的长条形纹饰,脊的宽窄不一,长短不一,常弯曲连接成拟网状,网眼部位常具疏密不一的刺,脊可能是由外壁隆起的褶皱形成,属脊状纹饰(lophate)(图版 I :6)。

2.7 阴湿铁角蕨 *A. unilaterale* Lam. var. *decurrens* (Bedd.) H. S. Kung

孢子两侧对称,极面观为椭圆形,赤道面观为近圆形。孢子大小为 $30.6(26.3\sim35.4)\mu\text{m}\times37.6(35.2\sim40.4)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具平卧的长条形纹饰,脊的宽度和高度较均一,顶缘为半圆形或圆滑,象绳索,常弯曲连接成大网状,网眼部位常有凹陷,脊可能是由外壁隆起的褶皱形成,属脊状纹饰(lophate)(图版 I :7)。

2.8 半边铁角蕨 *A. unilaterale* Lam.

孢子两侧对称,极面观为椭圆形,赤道面观为半圆形。孢子大小为 $31.7(26.1\sim39.5)\mu\text{m}\times37.8(34.7\sim41.2)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具粗细不等脊,脊的长短不一,不连成拟网状或网状,在脊的顶端具矮的翅,翅的边缘具较多的刺,表面具疏密不一的颗粒,属翅脊状纹饰(alar-lo-

phate)(图版 I :8)。

2.9 细裂铁角蕨 *A. tenuifolium* D. Don

孢子两侧对称,极面观为椭圆形,赤道面观为肾形。孢子大小为 $33.4(30.2\sim36.5)\mu\text{m}\times40.5(36.7\sim45.7)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝不明显。孢子外壁表面具粗细不等脊,脊连成拟网状或网状,在脊的顶端具矮的翅,翅的边缘具较多的刺,表面具疏密不一的刺及网眼部位常具疏密不一的颗粒,属翅脊状纹饰(alar-lophate)(图版 I :9)。

3 分析与讨论

铁角蕨属是铁角蕨科中最大的一个属,我国有 110 余种(吴兆洪,1999)。该属植物的形体变化很大,按其形态特征可分为 4 个组,其中铁角蕨组又分为 5 个系(吴兆洪,1999)。本研究涉及铁角蕨组 sect. *Asplenium*、单叶组 sect. *Holophyllum* 和薯叶组 sect. *Darea* 共 3 个组以及铁角蕨组中的披针羽系 ser. *Wrightiana*、变异叶系 ser. *Variantia*、隆脉系 ser. *Falcata* 和半边羽系 ser. *Unilateralia* 共 4 个系。从结果看出,9 种铁角蕨属植物孢子都为单裂缝,两侧对称,极面观为椭圆形或近圆形,赤道面观为肾形、椭圆形或近圆形。光学显微镜下的孢子形态并不像它们的外部形体变化那样大,因此从孢粉学上说明铁线蕨属是一个亲缘关系上很自然的类群。

铁线蕨属的孢子在扫描电子显微镜下的纹饰类型则变化较大,有翅脊状纹饰、翅状纹饰和脊状纹饰 3 种类型。它们所属的纹饰类型并不与它们所属的组和系相一致,如同属铁角蕨组的拟狭翅铁角蕨、黑柄铁角蕨和阴湿铁角蕨,它们的纹饰类型分别为翅状纹饰、脊状纹饰和翅脊状纹饰。而不同组的长生铁角蕨(薯叶组)和石生铁角蕨(铁角蕨组)则有着同一类型的纹饰——脊状纹饰。在同组不同系或同组同系的类群中,其纹饰类型有的相同有的不同。另外,我们报道的 9 种铁角蕨属植物的纹饰类型分别在铁角蕨科中的巢蕨属、水鳖蕨属、对开蕨属、苍山蕨属和细辛蕨属(戴锡玲等,2005)中也存在。这一方面说明铁角蕨属内部以及铁角蕨科的其它属的孢子外壁纹饰形态变化大,特征重叠,属及属下分类困难;另一方面则提醒我们在进行铁角蕨属植物的分类鉴定和系统演化研究工作时不能仅仅依据孢子的外壁纹饰特征,而是要结合形态学、解剖学及其它学

科进行综合分析研究。

本研究是在四川大学生物技术与分子生物学重点实验室完成的,孢子的扫描电镜工作得到了四川大学东区分析测试中心曾家玉老师的悉心指导及热情帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- 吴兆洪. 1999. 中国植物志[M]. 第四卷第二分册. 北京: 科学出版社.
- 张玉龙, 席以珍, 张金谈, 等. 1976. 中国蕨类植物孢子形态[M]. 北京: 科学出版社.
- 周厚高, 黎桦, 黄玉源, 等. 2000. 广西蕨类植物概览[M]. 北京: 气象出版社.
- Dai SJ(戴绍军), Wang QX(王全喜), Bao WM(包文美), et al. 2002. Spore morphology of pteridophytes from China III. Thelypteridaceae 1. *Cyclosorus* Link(中国蕨类植物孢子形态的研究 III. 金星蕨科 1. 毛蕨属)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 40: 334-344.
- Dai SJ(戴绍军), Wang QX(王全喜), Bao WM(包文美), et al. 2005. Spore morphology of pteridophytes from China IV. Thelypteridaceae 2(中国蕨类植物孢子形态的研究 IV. 金星蕨科 2)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 43: 233-245.
- Dai XL(戴锡玲), Wang QX(王全喜), Bao WM(包文美). 2005. Spore morphology of pteridophytes from China V. Aspleniaceae(中国蕨类植物孢子形态的研究 V. 铁角蕨科)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 43(3): 246-261.
- Devi S. 1988. Spores of pteridophytes[J]. *Indian Fern J*, 5: 28-57.
- Lellinger DB, Taylor W C. 1997. A classification of spore ornamentation in the Pteridophyta[M]. Royal Botanic Gardens Kew, Holttum Memorial Volume. 33-42.
- Lugardon B, 1974. La structure fine de l'exospore et de la perispore II. Filicales Commentaires[J]. *Pollen et Spores*, 16(2): 161-226.
- Wang QX(王全喜), Yu J(于晶). 2003. Classification of spore ornamentation in Filicales under SEM(扫描电镜下真蕨目孢子表面纹饰的分类)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 25: 313-320.
- Wang QX(王全喜), Yu J(于晶), Zhang XC(张宪春), et al. 2001. Spore morphology of pteridophytes from China I. Lygodiaceae(中国蕨类植物孢子形态的研究 I. 海金沙科)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报) 39: 38-44.
- 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.
- Yu J(于晶), Wang QX(王全喜), Bao WM(包文美). 2001. Spore morphology of pteridophytes from China II. Sinopteridaceae(中国蕨类植物孢子形态的研究 II. 中国蕨科)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 39: 24-233.

(上接第 637 页 Continue from page 637)

3 讨论

(1)在大尺度上,遥感技术在植被的覆盖率估算中得到了广泛应用(Lauri 等, 2002);在小尺度上,数字化技术在植被的盖度或层盖度的测定应用较少(宋雪峰等, 2004; 朱教君等, 2005)。本文所提供的计算森林群落乔木层盖度的方法操作简单,且具有良好的精度。图像中乔木层枝叶与天空背景的亮度值有足够的差异是应用本计算方法的前提条件。

(2)将 RGB 模式下的 JPEG 图像转换为单通道的灰度模式图像,在不影响结果的情况下,减少了运算的复杂性。不同亮度值的像素数目分布并不均匀,计算乔木层盖度时应取位于像素在第二分布集中区域的左侧的亮度值,由于此值在像素计测曲线及像素数目累计百分比曲线中位置的特殊性,不同的研究者可以获得较为一致的计算结果。因此本方法在很大程度上可以避免研究者的主观因素造成的估计值差异,可以作为计算森林群落乔木层盖度的有效途径。

(3)可以利用本方法分析森林群落乔木层盖度在不同尺度上的差异性,从而反映下木层及草本层的光照分布情况,为下木层及草本层的植物进行更为详尽的研究提供参考。可靠的计算方法为不同地区(或不同演替阶段)森林群落的乔木层盖度数据进行对比分析提供了可信赖的技术手段,而以往的盖度数据则因为研究者主观因素的掺入而难以进行系统的分析。

参考文献:

- 宋雪峰,董永平,单丽燕,等. 2004. 用数码相机测定草地盖度的研究[J]. 内蒙古草业, 16(4): 1-6.
- 姜汉侨,段昌群,杨树华,等. 2004. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社: 49-72.
- Lauri Kurvonen, Jouni Pulliainen, martti hallikainen. 2002. Active and passive microwave remote sensing of boreal forests[J]. *Acta Astronautica*, 51(10): 707-713.
- Zhu JJ(朱教君), Kang HZ(康宏樟), Hu LL(胡理乐). 2005. Estimation on optical porosity or canopy closure for a forest stand with hemispherical images(应用全天空照片估计林分透光孔隙度(郁闭度))[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 24(10): 1234-1240.