

广西蕨类植物孢子形态的研究Ⅲ. 凤尾蕨科

苏以丽^{1,2}, 赵志国³, 陈江平⁴, 王任翔^{1,2*}, 邓晰朝⁵,
谢强^{1,2}, 陈彦安^{1,2}, 李丽诗^{1,2}

(1. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室, 广西 桂林 541004; 3. 广西壮族自治区 中国科学院 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 4. 广西桂林市 林业科学研究所, 广西 桂林 541004; 5. 河池学院化学与生命科学系, 广西 宜州 546300)

摘要: 利用光学显微镜和扫描电子显微镜对广西产凤尾蕨科及其近缘科蕨科、姬蕨科和碗蕨科 5 属 9 种植物的孢子形态进行了观察研究, 详细描述了 9 种植物孢子的形态及表面纹饰特征。井栏边草、刺齿凤尾蕨、隆林凤尾蕨、剑叶凤尾蕨、林下凤尾蕨、蕨和碗蕨植物的孢子为三裂缝, 辐射对称; 极面观为钝三角形, 赤道面观为半圆形或超半圆形; 栗蕨和姬蕨植物孢子为单裂缝, 两侧对称, 极面观椭圆形, 赤道面观豆形。9 种植物的孢子外壁表面具有脊状、瘤-皱波状、瘤-棒状、丝毛状、疣-穴状、颗粒-条纹状、瘤状和皱状 8 种纹饰类型, 各科属、种间具有一定差异。根据孢粉特征, 讨论了它们的分类学意义。

关键词: 凤尾蕨科; 孢子形态; 扫描电子显微镜; 广西

中图分类号: Q944.56 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)04-0436-05

Spore morphology of pteridophytes from Guangxi III. Pteridaceae

SU Yi-Li^{1,2}, ZHAO Zhi-Guo³, CHEN Jiang-Ping⁴, WANG Ren-Xiang^{1,2*},
Deng Xi-Chao⁵, XIE Qiang^{1,2}, CHEN Yan-An^{1,2}, LI Li-Shi^{1,2}

(1. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004, China; 3. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 4. Forestry Science Institute of Guilin, Guilin 541004, China; 5. Department of Chemistry and Life Science, Hechi University, Yizhou 546300, China)

Abstract: The spore morphology of 9 species, belonging to 5 genera in Pteridaceae, Pteridiaceae, Hypolepidaceae and Dennstaedtiaceae distributing in Guangxi of China, was studied and compared under LM and SEM. The spores of *Pteris multifida*, *P. dispar*, *P. splendida*, *P. ensiformis*, *P. grevilleana*, *Pteridium aquilinum* and *Dennstaedtia scabra* are trilete, radiosymmetrical, subtriangular in polar view and hemispherical in equatorial view. The spore of *Histiopteris incisa* and *Hypolepis punctata* is monolete and bilaterally symmetrical, elliptical in polar view and kidney-shaped in equatorial view. The types of ornamentation are lophate, tuberculate-rugulate, tuberculate-baculate, sericate, verrucate-foveolate, granulate-striate, tuberculate or rugulate. The differences among the spores of these genera

收稿日期: 2011-01-16 修回日期: 2011-05-22

基金项目: 国家自然科学基金(31060030, 30970186); 广西自然科学基金(2011GXNSFA018089); 广西教育厅项目(201010LX070); 省部共建教育部重点实验室研究基金(桂科能 1001Z017)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(31060030); the Natural Science Foundation of Guangxi (2011GXNSFA018089); the Education Department of Guangxi(201010LX070); the Foundation of Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection(Guangxi Normal University), Ministry of Education (1001Z017)]

作者简介: 苏以丽(1984-), 女, 广西玉林人, 硕士研究生, 从事蕨类植物学研究。

* 通讯作者: 王任翔, 博士, 教授, 硕士研究生导师, (E-mail) wrx05@126.com。

and species and their taxonomic significance were discussed.

Key words: Pteridaceae; spore morphology; scanning electron microscope; Guangxi

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,因此,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。国外学者在这方面做了大量的工作(Devi, 1988; Large 等, 1991; Tryon 等, 1991; Lelinger 等, 1997)。我国从 20 世纪 90 年代开始广泛将电子显微镜技术应用于蕨类植物孢子形态研究中。据笔者统计,至今国内学者已对 550 余种蕨类植物的孢子进行了扫描电镜观察研究,涉及约 19 科 60 余属(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比较少(王任翔等, 2006; 邓晰朝等, 2006)。广西是我国蕨类植物种类最丰富的地区之一,共有蕨类植物 56 科 158 属约 854 种,在科和种的数量上仅次于云南,名列全国第二(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。

凤尾蕨科(Pteridaceae)约有 10 属 400 余种,分布于世界热带和亚热带地区,尤以热带美洲为多。中国现有凤尾蕨科 2 属 67 种,以华南和西南为其分布中心,少数种类向北到达华东及秦岭南坡(傅立国等, 2008)。国外主要有 Tryon & Lugardon(1991)对本科 34 属 395 种的孢子形态进行了观察和比较,其中 6 种我国有分布。国产凤尾蕨科植物孢子形态的光镜研究工作主要有张玉龙等(1976)和黄增泉(1981);电镜研究工作主要有戴锡玲等(2005)。有关广西产凤尾蕨科孢子形态的扫描电镜研究很少见报道。本文就广西产的凤尾蕨科及其近缘科蕨科(Pteridiaceae)、姬蕨科(Hypolepidaceae)和碗蕨科(Dennstaedtiaceae)5 属 9 种植物孢子形态进行了光学显微镜及扫描电子显微镜观察,旨在为蕨类植物分类和系统演化提供孢粉学方面的依据。

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和广西师范大学标本馆。

1.2 方法

光学显微镜观察的孢子采用 Erdtman 的醋酸酐法,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)所修订的术语。

表 1 广西凤尾蕨科及其近缘科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 Pteridaceae and related families from Guangxi

分类群 Taxon	采集地 Location	凭证标本 Vouchers
井栏边草 <i>Pteris multifida</i>	广西,木论	邓晰朝 31633
刺齿凤尾蕨 <i>P. dispar</i>	广西,桂林	王任翔 045
隆林凤尾蕨 <i>P. splendida</i>	广西,木论	邓晰朝 31770
剑叶凤尾蕨 <i>P. ensiformis</i>	广西,桂林	王任翔 048
林下凤尾蕨 <i>P. grevilleana</i>	广西,大瑶山	王任翔 070
栗蕨 <i>Histiopteris incisa</i>	广西,大瑶山	王任翔 074
蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>	广西,大瑶山	王任翔 038
姬蕨 <i>Hypolepis punctata</i>	广西,桂林	王任翔 032
碗蕨 <i>Dennstaedtia scabra</i>	广西,环江	邓晰朝 31625

2 观察结果

2.1 凤尾蕨属 *Pteris*

本属植物全世界约 300 种,我国约 66 种,广西 36 种 12 变型。

井栏边草 *Pteris multifida* (图版 I:1) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆形。孢子大小为 $35.4(27.3 \sim 38.3) \mu\text{m} \times 44.3(38.9 \sim 43.4) \mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁具加厚的赤道环。孢子外壁表面有脊状突起和一些小颗粒,属脊状纹饰(lophate)。

刺齿凤尾蕨 *P. dispar* (图版 I:2) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆形。孢子大小为 $33.1(29.4 \sim 36.8) \mu\text{m} \times 45.3(39.3 \sim 48.2) \mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁具加厚的赤道环。孢子外壁表面有脊状突起和一些小颗粒,属脊状纹饰(lophate)。

隆林凤尾蕨 *P. splendida* (图版 I:3) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆

形。孢子大小为 $30.2(27.3\sim 34.8)\mu\text{m}\times 41.8(36.9\sim 43.5)\mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁具加厚的赤道环,表面有瘤状或皱波状突起,属瘤-皱波状纹饰(tuberculate-rugulate)。

剑叶凤尾蕨 *P. ensiformis* (图版 I:4) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆形。孢子大小为 $31.6(28.7\sim 35.6)\mu\text{m}\times 43.5(38.3\sim 45.7)\mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁具加厚的赤道环,此外,还具一条念珠状的纹饰环。孢子外壁表面有瘤状或棒状突起,属瘤-棒状纹饰(tuberculate-baculate)。

林下凤尾蕨 *P. grevilleana* (图版 I:5) 孢子辐射对称,极面观为三角形,赤道面观为宽椭圆形。孢子大小为 $29.2(27.6\sim 33.1)\mu\text{m}\times 39.3(35.3\sim 41.2)\mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁不具加厚的赤道环,表面有细丝交织成的网状突起,在突起的末端呈毛状,属丝毛状纹饰(sericate)。

2.2 栗蕨属 *Histiopteris*

全世界约 7 种,我国 1 种,广西 1 种。

栗蕨 *Histiopteris incisa* (图版 I:6) 孢子两侧对称,极面观椭圆形,赤道面观豆形。孢子大小为 $24.5(21.1\sim 27.4)\mu\text{m}\times 33.5(30.6\sim 36.3)\mu\text{m}$ 。具单裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁不具加厚的赤道环。孢子外壁表面不平,具疣块状突起,其形状不规则,大小不一致,在疣块状突起之间有大小不一的凹陷,属疣-穴状纹饰(verrucate-foveolate)。

2.3 蕨属 *Pteridium*

全世界约 15 种,我国约 6 种,广西 4 种。

蕨 *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* (图版 I:7-8) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为超半圆形。孢子大小为 $25.8(23.1\sim 29.4)\mu\text{m}\times 36.5(31.6\sim 39.3)\mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁表面不平,有颗粒或颗粒形成的条纹,属颗粒-条纹状纹饰(granulate-striate)。

2.4 姬蕨属 *Hypolepis*

全世界约 50 种,我国约 6 种,广西 2 种。

姬蕨 *Hypolepis punctata* 孢子两侧对称,极面观椭圆形,赤道面观豆形。孢子大小为 $26.5(23.1\sim 30.4)\mu\text{m}\times 37.5(33.2\sim 39.5)\mu\text{m}$ 。具单

裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁不具加厚的赤道环。孢子外壁表面不平,具瘤状突起,其大小不一致,属瘤状纹饰(tuberculate)。

2.5 碗蕨属 *Dennstaedtia*

全世界约 80 种,我国约 9 种,广西 1 种 1 变种。

碗蕨 *Dennstaedtia scabra* (图版 I:9) 孢子辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆形。孢子大小为 $28.6(26.1\sim 31.2)\mu\text{m}\times 40.5(36.2\sim 40.1)\mu\text{m}$ 。具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$ 。孢子外壁表面不平,有一些扁而大小不一的突出物及一些凹陷,属皱状纹饰(rugulate)。

3 分析与讨论

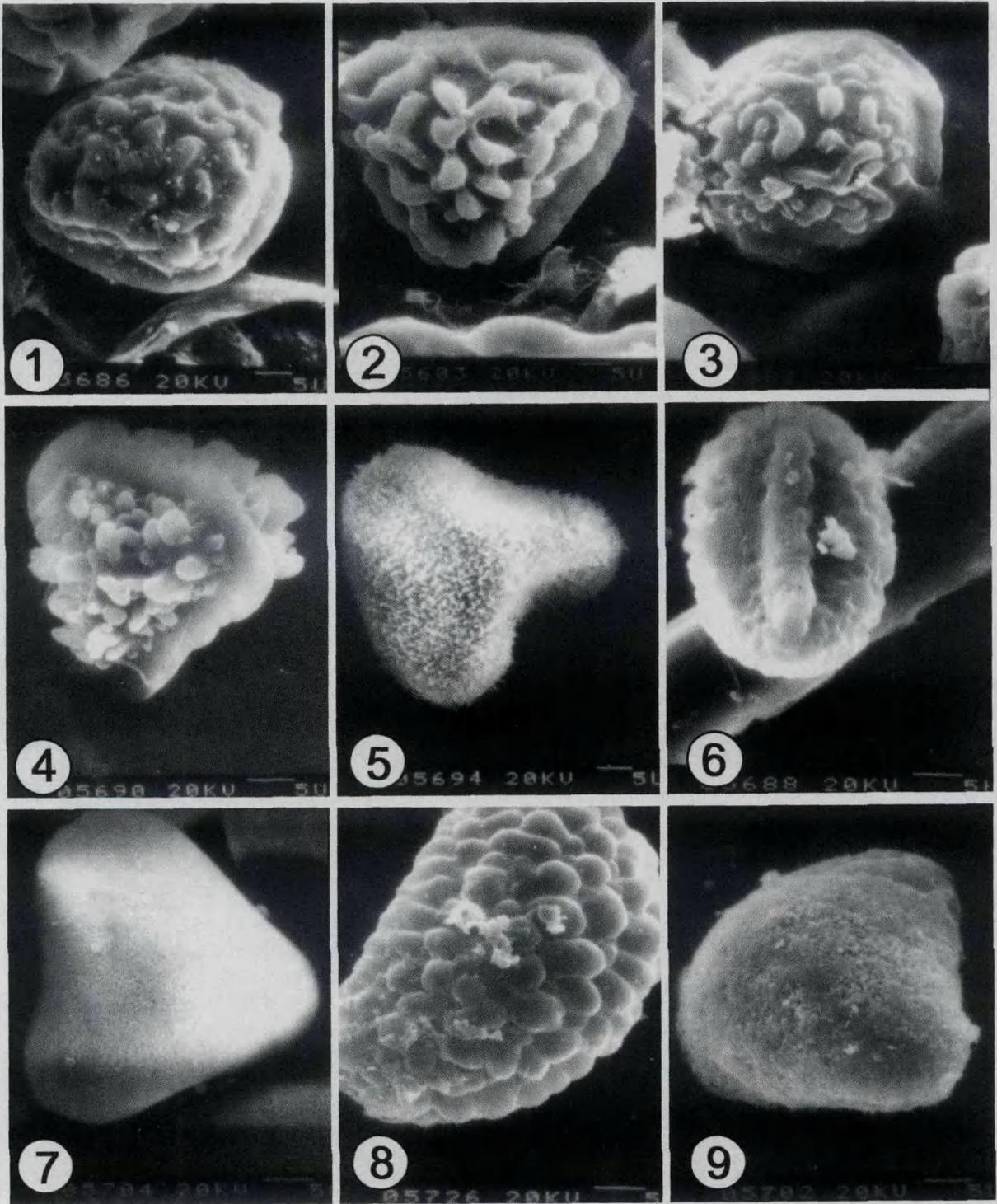
3.1 凤尾蕨科的孢子形态

凤尾蕨属 5 种植物孢子为辐射对称,极面观为钝三角形,赤道面观为宽椭圆形;均具三裂缝,裂缝长度约为孢子长度的 $3/4$;除林下凤尾蕨孢子无赤道环外,其余 4 种植物孢子外壁具加厚的赤道环。这与张玉龙等(1976)、黄增泉(1981)和戴锡玲等(2005)报道的一致。凤尾蕨属 5 种植物孢子的共同特征是主要的,这说明凤尾蕨属植物是一个亲缘关系较接近的自然类群。

5 种凤尾蕨植物的孢子外壁表面纹饰有一些差别,井栏边草和刺齿凤尾蕨(*P. dispar*)为脊状纹饰,隆林凤尾蕨为瘤-皱波状纹饰,剑叶凤尾蕨为属瘤-棒状纹饰,林下凤尾蕨为丝毛状纹饰且孢子外壁不具加厚的赤道环。孢子外壁表面纹饰的差别为 5 种凤尾蕨植物的分类提供了孢粉学上的证据。

3.2 栗蕨属的分类位置

栗蕨属的分类地位一直有争议,有的将它放在姬蕨科(Pichi-Sermolli, 1977),也有的将它归属于碗蕨科(Tryon & Lugardon, 1991)。栗蕨属和凤尾蕨属形态十分相近,栗蕨最初也是作为凤尾蕨属的新种发表的,但后来据其横走的根状茎、叶背面灰白色和叶脉网状等而被独立成属,放在凤尾蕨科(秦仁昌, 1978)。我们观察到栗蕨属植物孢子两侧对称,极面观椭圆形,赤道面观豆形,具单裂缝,孢子外壁不具加厚的赤道环,孢子外壁纹饰为疣-穴状纹饰;这些特征与凤尾蕨属的孢子形态和外壁纹饰差异很大,从孢粉学角度看,不支持把它归属于凤尾蕨科。栗蕨属的染色体基数 $n=48$ (王中仁, 1989),与凤尾蕨科(染色体基数 $n=29$ (王中仁等, 1984)有很



图版 I 广西凤尾蕨科及其近缘科植物孢子扫描电镜照片 1. 井栏边草; 2. 刺齿凤尾蕨; 3. 隆林凤尾蕨; 4. 剑叶凤尾蕨; 5. 林下凤尾蕨; 6. 栗蕨; 7. 蕨; 8. 姬蕨; 9. 碗蕨; 标尺=5 μm。

Plate I Spore the Pteridaceae and related families under SEM 1. *Pteris multifida*; 2. *P. dispar*; 3. *P. splendida*; 4. *P. ensiformis*; 5. *P. grevilleana*; 6. *Histiopteris incisa*; 7. *Pteridium aquilinum*; 8. *Hypolepis punctata*; 9. *Demstaedtia scabra*. scale bar=5 μm.

大差异,因此放在凤尾蕨科是不合适的。姬蕨的孢子具单裂缝,与栗蕨的一样,但姬蕨孢子外壁表面纹

饰为属瘤状纹饰,碗蕨的孢子为三裂缝,孢子外壁表面纹饰属瘤状纹饰;它们与栗蕨的相差较大,从孢子

形态上看,也不支持将它放在姬蕨科或碗蕨科。有关栗蕨属的分类地位需进一步的研究。

3.3 蕨科、姬蕨科和碗蕨科与凤尾蕨科的关系

Copeland(1947)认为凤尾蕨科应包括蕨科、姬蕨科和碗蕨科等。我们观察到蕨的孢子外壁不具加厚的赤道环,外壁表面纹饰属颗粒-条纹状纹饰;蕨科和凤尾蕨科在孢子囊群靠边生这一点是相似的。但蕨科根状茎长而横走,密被锈棕色、有节的长柔毛,无鳞片,囊群盖双层,染色体基数 $x=26$ (王中仁,1989);姬蕨的孢子具单裂缝,外壁表面纹饰为属瘤状纹饰,染色体基数 $x=26$ (王中仁等,1984);碗蕨的孢子外壁表面纹饰属瘤状纹饰,染色体基数 $x=33$ (Tsai,1983);由于它们在植株形态、孢粉表面纹饰和染色体基数上(凤尾蕨科的染色体基数 $x=29$)有很大差异,因此,支持秦仁昌(1975,1978)把蕨科、姬蕨科和碗蕨科等类群独立出去的观点。

刘红梅等(2008)利用 *rbcL* 基因序列所构建的系统则将秦仁昌系统(1978)的中国蕨科(*Sinopteridaceae*)、书带蕨科(*Vittariaceae*)、铁线蕨科(*Adiantaceae*)、裸子蕨科(*Hemionitidaceae*)等科的大部分属种又重新归入到凤尾蕨科中。因此,有关凤尾蕨科的分类还需进一步的研究。

致谢 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宝贵指导及热情帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- 吴兆洪,秦仁昌. 1991. 中国蕨类植物科属志[M]. 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,黎华,黄玉源,等. 2000. 广西蕨类植物概览[M]. 北京:气象出版社
- 傅立国,陈潭清,郎楷永,等. 2008. 中国高等植物(第2卷)[M]. 青岛:青岛出版社
- Ching RC(秦仁昌). 1978. The Chinese fern families and genera: systematic 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):1-19
- Copeland EB. 1947. Genera filicum[M]. Waltham Mass: The Chronia Botanica Company,1-82
- Dai XL(戴锡玲),Wang QX(王全喜),Bao WM(包文美). 2005a. 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
- Dai XL(戴锡玲),Wang QX(王全喜),Yu J(于晶),et al. 2005b. Spore morphology of pteridophytes from China VI. Pteridaceae(中国蕨类植物孢子形态的研究VI. 凤尾蕨科)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究),27(5):489-500
- Deng XC(邓晰朝),Lu SG(陆树刚),Wang RX(王任翔),et al. 2006. Spore morphology of pteridophytes from Guangxi II. Asplenium(广西蕨类植物孢子形态的研究II. 铁角蕨属)[J]. *Guihaia*(广西植物),26(6):592-596
- Devi S. 1988. Spores of pteridophytes[J]. *Indian Fern J*,5:28-57
- Huang TC(黄增泉). 1981. Spore Flora of Taiwan[M]. Taipei: Meitai Color Print Co. Ltd
- Large MF,Bruggin JE,1991. Spore atlas of New Zealand ferns & fern allies[M]. New Zealand,Wellington
- Lellinger DB, Taylor WC. 1997. A classification of spore ornamentation in the Pteridophyta[M]. Royal Botanic Gardens Kew, Holttum Memorial Volume,33-42
- Liu HM(刘红梅),Wang L(王丽),Zhang XC(张宪春),et al. 2008. Advances in the studies of lycophytes and monilophytes with reference to systematic arrangement of families distributed in China(石松类和蕨类植物研究进展:兼论国产类群的科级分类系统)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报),46(6):808-829
- Pichi-Sermolli REG. 1977. Tentamen pteridophytorum genera, in taxonomicum ordinem redigendi[J]. *Webbia*,31(2):313-512
- Tryon AF, Lugardon B, 1991. Spores of the Pteridophyta[M]. New York:Springer-Verlag
- Tsai JL, Shieh WC. 1983. A cytotoxic survey of the pteridophytes in Taiwan[J]. *J Sci Engineering*,20:137-158
- 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 ZR(王中仁),Xia Q(夏群),Zhang ZX(张志宪). 1984. Cytological observations on 25 species of Chinese ferns(25种中国蕨类植物的细胞学观察)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报),26:595-604
- Wang ZR(王中仁). 1989. A preliminary study on cytology of Chinese *Pteris*(中国凤尾蕨属细胞学的初步研究)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报),27:421-438