

中国蕨类植物孢子形态的研究IV. 金星蕨科²

^{1,3}戴绍军 ²王全喜* ^{1,2}包文美 ³张宪春 ¹张大维

¹(哈尔滨师范大学生命与环境科学学院 哈尔滨 150080)

²(上海师范大学生命与环境科学学院 上海 200234)

³(中国科学院植物研究所 北京100093)

Spore morphology of pteridophytes from China IV. Thelypteridaceae 2

^{1,3}DAI Shao-Jun ²WANG Quan-Xi* ^{1,2}BAO Wen-Mei ³ZHANG Xian-Chun ¹ZHANG Da-Wei

¹(College of Life and Environmental Sciences, Harbin Normal University, Harbin 150080, China)

²(Life and Environmental College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

³(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract The spore morphology of 50 species of 14 genera of Thelypteridaceae from China was investigated under scanning electron microscope (SEM). The spores are monolete and bilaterally symmetric, elliptic, broadly elliptic or subrounded in polar view and kidney-shaped or rounded in equatorial view. The polar axes are 16.8-40.5 μm long, and the equatorial axes are 12.8-58.0 μm . On the basis of their ornamentation pattern, the spores are divided into seven types. (1) Psilate. Spores of *Phegopteris decursive-pinnata* belong to this type. (2) Retate. Spores of *Pseudophegopteris* belong to this type. (3) Circinate. Spores of *Glaphyopteridopsis*, *Macrothelypteris oligophlebia* belong to this type. (4) Fimbriate-alate. Spores of *Parathelypteris subimmersa*, *P. japonica*, *P. angulariloba*, *Cyclogramma auriculata*, most species of *Macrothelypteris*, and some species of *Cyclosorus* belong to this type. (5) Perforate-lophate. Spores of *Parathelypteris*, *Mesopteris*, *Metathelypteris* and *P. connectilis* belong to this type. (6) Cristate. Spores of *Cyclosorus* belong to this type. (7) Echinate. Spores of *Leptogramma*, *Dictyocline*, *Thelypteris*, *Pseudocyclosorus subochthodes*, most species of *Cyclogramma*, and some species of *Cyclosorus* belong to this type. The relationships of some genera in the Thelypteridaceae are discussed based on spore morphology.

Key words Spore morphology, Thelypteridaceae, Pteridophyta, China.

摘要 利用扫描电镜对中国产生金星蕨科Thelypteridaceae 14属50种植物孢子形态进行了研究。孢子单裂缝,两侧对称,极面观为椭圆形、阔椭圆形或近圆形,赤道面观为肾形或圆形。极轴长为16.8-40.5 μm ,赤道轴长为12.8-58 μm 。根据表面纹饰,孢子可分为7种类型。(1)平滑:周壁表面光滑,少纹饰,如延羽卵果蕨 *Phegopteris decursive-pinnata*。(2)网状纹饰:周壁外层形成绳索状条纹交织成网,如紫柄蕨属 *Pseudophegopteris*。(3)环状纹饰:周壁外层形成由绳索状丝构成的环,排列在周壁表面呈网状、不规则网状或分散的网状。如方秆蕨属 *Glaphyopteridopsis*和针毛蕨属 *Macrothelypteris*的针毛蕨 *M. oligophlebia*。(4)具流苏的翅状纹饰:周壁向外形成薄片状翅,翅的边缘流苏状或具齿,片连接成网状或拟网状。如金星蕨属 *Parathelypteris*的海南金星蕨 *P. subimmersa*、光脚金星蕨 *P. japonica*、钝角金星蕨 *P. angulariloba*、钩毛

2003-09-19 收稿, 2004-04-07 收修改稿。

基金项目: 国家自然科学基金(C39470067); 哈尔滨师范大学科研基金(Supported by the National Natural Science Foundation of China (C39470067) and Science Foundation of Harbin Normal University)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: wangqx@shtu.edu.cn)。

蕨属 *Cyclogramma* 的耳羽钩毛蕨 *C. auriculata*, 针毛蕨属 *Macrothelypteris* 的大部分种类和毛蕨属 *Cyclosorus* 的部分种类。(5)具穿孔的脊状纹饰:周壁向外形成高或低、窄或宽的脊状纹饰连接成网状或拟网状,脊上具大小不一的穿孔。如金星蕨属、龙津蕨属 *Mesopteris*、凸轴蕨属 *Metathelypteris* 和卵果蕨 *P. connectilis*。(6)鸡冠状纹饰:周壁形成的短翅或短的片状脊,呈鸡冠状。如毛蕨属 *Cyclosorus* 的大部分种类。(7)刺状纹饰:周壁表面形成各种刺状纹饰,如茯蕨属 *Leptogramma*、圣蕨属 *Dictyocline*、沼泽蕨属 *Thelypteris*、普通假毛蕨 *Pseudocyclosorus subochthodes*、钩毛蕨属的大部分种类和毛蕨属 *Cyclosorus* 的部分种类。根据孢子形态特征,对本科的一些属的关系进行了探讨。

关键词 孢子形态;金星蕨科;蕨类植物;中国

蕨类植物孢子形态作为种内稳定的特征,在区分种类等方面具有重要的意义(张玉龙等, 1976)。国内外有关蕨类植物孢子形态的大量研究工作的总结见王全喜等(2001)和于晶等(2001)。近年来,我们利用扫描电镜和透射电镜对我国产蕨类植物孢子形态进行了较为系统的研究,并对真蕨目孢子的表面纹饰类型进行了分类(王全喜,于晶, 2003)。本文是其系列报道的继续。

金星蕨科 *Thelypteridaceae* 约20余属,近1000种,广布于世界热带和亚热带,少数种类产于温带,尤以亚洲最多(邢公侠, 1999)。多生于低海拔地区,极少热带产种类分布达海拔4500 m处。中国有18属,365种,主产长江以南各省低山区,尤以华南及西南的亚热带地区为多,其中有些属可能起源于我国或以我国西南为分布中心(吴兆洪,秦仁昌, 1991; 邢公侠, 1999)。

我们利用扫描电镜观察了金星蕨科15属101种植物的孢子形态,其中毛蕨属 *Cyclosorus* Link 51种已在前面报道(戴绍军等, 2002),本文报道其余14属50种的孢子形态。在我们研究的15属中,其孢子形态前人曾有过一些报道。张玉龙等(1976)在《中国蕨类植物孢子形态》一书中报道了其中11属78种植物孢子光镜下的形态,其中46种为《中国植物志》收录。黄增泉(1981)报道了其中产自台湾的10属20种植物孢子光镜下的形态。Tryon和Lugardon (1991)报道了产自美国、印度、日本、马来西亚、厄瓜多尔、加纳和中国安徽的7属20种植物孢子扫描电镜下的形态和3种植物孢子透射电镜下的形态。由于研究手段和采集地点的差异,他们的研究结果也不尽相同。本文研究的种类虽也不全,但结合前人的报道已基本上能够反映本科植物孢子的基本形态类型。

1 材料和方法

孢子主要取自中国科学院植物研究所标本馆(PE),一部分取自贵州科学院生物研究所植物标本室(HGAS),材料来源见表1。将适当大小的双面胶带固定到样品铜台上,然后将干燥的孢子均匀地粘到双面胶带上,在EIKO IB-3离子溅射仪上喷金,厚度为15 nm。在Hitachi S-520电镜下观察并照相。分别在光镜和电镜下测量孢子的大小,每个种测量5-10个孢子,计算平均值和标准差。孢子纹饰描述主要参照Tryon和Lugardon(1991)、Lellinger和Taylor(1997)的术语,以及王全喜和于晶(2003)修订的术语。

表1 金星蕨科14属50种植物的孢子形态特征

Table 1 Spore characteristics of 50 species of 14 genera in Thelypteridaceae

孢子编号 Spore No.	种 Species	大小 Size (μm)	表面纹饰 Ornamentation	采集地 Locality	凭证标本 Voucher	图号 Figure
980061	耳状紫柄蕨 <i>Pseudophegopteris aurita</i> (Hook.) Ching	23.8 \pm 1.8 \times 38.8 \pm 3.4	网状纹饰 retate	江西南坪 Nanping, Jiangxi	江西队 (Jiangxi Exped.) 1938 (PE)	1
980066	紫柄蕨 <i>P. pyrhorachis</i> (Kunze) Ching	27.8 \pm 2.6 \times 39.5 \pm 3.5	网状纹饰 retate	四川大相岭 Mt. Daxiangling, Sichuan	孔宪需 (H. S. Kong) 3725 (PE)	2
980062	星毛紫柄蕨 <i>P. levingei</i> (Clarke) Ching	28.5 \pm 2.7 \times 41.3 \pm 3.8	网状纹饰 retate	四川西部 W Sichuan	王启无 (C. W. Wang) 66324 (PE)	3
980063	禾秆紫柄蕨 <i>P. microstegia</i> (Hook.) Ching	28.5 \pm 2.2 \times 43.5 \pm 3.1	网状纹饰 retate	云南贡山 Gongshan, Yunnan	冯国楣 (K. M. Feng) 8393 (PE)	4
980020	方秆蕨 <i>Glaphyopteridopsis</i> <i>erubescens</i> (Hook.) Ching	27.6 \pm 2.1 \times 36.0 \pm 3.7	环状纹饰 circinate	四川峨眉 Emei, Sichuan	方文培 (W. P. Fang) 2558 (PE)	5, 6
980022	灰白方秆蕨 <i>G. pallida</i> Ching & W. M. Chu ex Y. X. Lin	22.8 \pm 1.2 \times 36.0 \pm 2.3	环状纹饰 circinate	云南永善 Yongshan, Yunnan	朱维明 (W. M. Chu) 5067 (PE)	7
980025	大叶方秆蕨 <i>G. splendens</i> Ching	22.5 \pm 2.3 \times 33.8 \pm 3.6	环状纹饰 circinate	四川峨眉 Emei, Sichuan	郑学经 (X. J. Zheng) 10016 (PE)	8
980023	柔弱方秆蕨 <i>G. mollis</i> Ching & Y. X. Lin	24.0 \pm 1.9 \times 33.8 \pm 2.7	环状纹饰 circinate	四川峨眉 Emei, Sichuan	邢公侠 (K. H. Shing) 1118 (PE)	9
980024	粉红方秆蕨 <i>G. rufostaminea</i> (Christ) Ching	21.0 \pm 1.8 \times 34.8 \pm 3.0	环状纹饰 circinate	湖南石门 Shimen, Hunan	壶瓶山考察队 (Mt. Huping Exped.) 0991 (PE)	10, 11
980031	针毛蕨 <i>Macrothelypteris</i> <i>oligophlebia</i> (Bak.) Ching	24.8 \pm 2.2 \times 36.0 \pm 3.4	环状纹饰 circinate	安徽黄山 Mt. Huangshan, Anhui	傅书遐 (S. H. Fu) 2293 (PE)	14, 19
980034	树形针毛蕨 <i>M. ornata</i> (Bedd.) Ching	26.3 \pm 2.1 \times 40.5 \pm 3.7	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	云南瑞丽 Ruili, Yunnan	滇西调查组 (W Yunnan Exped.) 10919 (PE)	13
980033	普通针毛蕨 <i>M. torresiana</i> (Gaud.) Ching	22.5 \pm 1.8 \times 38.4 \pm 3.2	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	湖南岳麓山 Mt. Yuelushan, Hunan	张志光 (Z. G. Zhang) 51 (PE)	12, 15
980035	翠绿针毛蕨 <i>M. viridifrons</i> (Tagawa) Ching	21.5 \pm 1.3 \times 34.5 \pm 2.5	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	裘佩鸾 (P. S. Chiu) 5271 (PE)	16
980057	狭脚金星蕨 <i>Parathelypteris borealis</i> (Hara) Shing	30.0 \pm 2.8 \times 20.3 \pm 1.9	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	四川峨眉 Emei, Sichuan	方文培 (W. P. Fang) 3030 (PE)	17, 18
980054	中日金星蕨 <i>P. nipponica</i> (Franch. & Sav.) Ching	37.5 \pm 3.3 \times 23.3 \pm 1.8	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	河南嵩县 Song Xian, Henan	秦仁昌 (R. C. Ching) 34728 (PE)	20
980059	秦岭金星蕨 <i>P. qinlingensis</i> Ching ex Shing	30.0 \pm 2.6 \times 18.0 \pm 1.4	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	甘肃文县 Wen Xian, Gansu	夏玮琪 (W. Y. Hsia) 5972 (PE)	21
980052	海南金星蕨 <i>P. subimmersa</i> (Ching) Ching	27.8 \pm 2.5 \times 39.8 \pm 3.4	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	海南琼中 Qiongzong, Hainan	236-6 队 (236-6 Exped.) 1778 (PE)	22

表 1 (续) Table 1 (continued)

孢子编号 Spore No.	种 Species	大小 Size (μm)	表面纹饰 Ornamentation	采集地 Locality	凭证标本 Voucher	图号 Figure
951104	光脚金星蕨 <i>P. japonica</i> (Bak.) Ching	36.0 \pm 3.1 \times 26.3 \pm 2.5	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	贵州贵阳 Guiyang, Guizhou	王培善 (P. S. Wang) 78390 (PE)	23
980047	钝角金星蕨 <i>P. angulariloba</i> (Ching) Ching	46.0 \pm 3.8 \times 31.0 \pm 2.3	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	福建龙渡 Longdu, Fujian	裘佩熹 (P. S. Chiu) 1636 (PE)	24
980069	狭叶金星蕨 <i>P. angustifrons</i> (Miq.) Ching	30.0 \pm 2.1 \times 45.0 \pm 3.7	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	浙江南雁荡山 Mt. South Yandangshan, Zhejiang	金方, 张华 (F. Jin & H. Zhang) 81913 (PE)	25
951101	长根金星蕨 <i>P. beddomei</i> (Bak.) Ching	44.0 \pm 4.9 \times 26.0 \pm 2.5	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	贵州赫章 Hezhang, Guizhou	王锋 (F. Wang) 90127 (PE)	26, 27
981102	中华金星蕨 <i>P. chinensis</i> (Ching) Ching	42.2 \pm 3.9 \times 28.2 \pm 2.6	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	贵州赫章 Hezhang, Guizhou	王锋 (F. Wang) 90116 (PE)	28
951103	金星蕨 <i>P. glanduligera</i> (Kze.) Ching	37.7 \pm 4.0 \times 20.5 \pm 2.3	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	贵州修文 Xiuwen, Guizhou	王锋 (F. Wang) 0120 (PE)	29, 30
980051				江西庐山 Mt. Lushan, Jiangxi	秦仁昌 (R. C. Ching) 05147 (PE)	
980036	龙津蕨 <i>Mesopteris tonkinensis</i> (C. Chr.) Ching	26.0 \pm 2.5 \times 39.0 \pm 3.3	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	广西龙津 Longjin, Guangxi	李树刚 (S. K. Lee) 200496 (PE)	31
980042	疏羽凸轴蕨 <i>Metathelypteris laxa</i> (Franch. & Sav.) Ching	29.0 \pm 2.3 \times 42.2 \pm 3.7	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	安徽黄山 Mt. Huang- shan, Anhui	裘佩熹 (P. S. Chiu) 4006 (PE)	32
980037	微毛凸轴蕨 <i>M. adscedens</i> (Ching) Ching	35.0 \pm 3.1 \times 47.5 \pm 4.2	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	江西南坪 Nanping, Jiangxi	程景福 (J. F. Cheng) 40288 (PE)	33
980041	林下凸轴蕨 <i>M. hattorii</i> (H. Ito) Ching	27.3 \pm 3.0 \times 41.4 \pm 4.2	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	浙江龙泉 Longquan, Zhejiang	张朝芳 (C. F. Zhang) 4270 (PE)	34
980040	凸轴蕨 <i>M. gracilescens</i> (Bl.) Ching	31.0 \pm 2.4 \times 48.0 \pm 4.1	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	台湾, 具体地点 不详 Without precise locality, Taiwan	徐永椿 Y. C. Hsu) 331864 (PE)	35
980045	乌来凸轴蕨 <i>M. uraiensis</i> (Rosenst.) Ching	19.2 \pm 2.1 \times 32.0 \pm 3.3	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	广东乐昌 Lechang, Guangdong	黄志 (C. Wang) 31573 (PE)	36
980058	卵果蕨 <i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt	38.0 \pm 4.3 \times 57.8 \pm 4.6	穿孔的脊状纹饰 perforate-lophate	吉林扶松 Fusong, Jilin	傅书遐 (S. H. Fu) 627 (PE)	37
981279	延羽卵果蕨 <i>P. decursive-pinnata</i> (van Hall) Fée	24.8 \pm 2.5 \times 41.3 \pm 4.3	平滑 psilate	贵州贵阳 Guiyang, Guizhou	王全喜 (Q. X. Wang) 950701 (HGAS)	38

表 1 (续) Table 1 (continued)

孢子编号 Spore No.	种 Species	大小 Size (μm)	表面纹饰 Ornamentation	采集地 Locality	凭证标本 Voucher	图号 Figure
980071	耳羽钩毛蕨 <i>Cyclogramma auriculata</i> (J. Sm.) Ching	33.0 \pm 3.5 \times 46.5 \pm 1.7	流苏的翅状纹饰 fimbriate-alate	云南贡山 Gongshan, Yunnan	冯国楣 (K. M. Feng) 7479 (PE)	39
980096	西藏钩毛蕨 <i>C. tibetica</i> Ching & S. K. Wu	24.0 \pm 1.5 \times 31.5 \pm 2.1	刺状纹饰 echinate	西藏墨脱 Médog, Xizang	青藏队 74 (Qinghai- Xizang Exped. 74) 5091 (PE)	40
980095	滇东钩毛蕨 <i>C. neauriculata</i> (Ching) Tagawa	24.8 \pm 2.7 \times 31.5 \pm 3.5	刺状纹饰 echinate	云南马关 Maguan, Yunnan	王中仁 (Z. R. Wang) 772 (PE)	41
980136	狭基钩毛蕨 <i>C. leveillei</i> (Christ) Ching	27.0 \pm 2.2 \times 39.8 \pm 3.7	刺状纹饰 echinate	重庆北碚 Beibei, Chongqing	刘承举 (C. J. Liu) 100127 (PE)	42
980134	峨眉钩毛蕨 <i>C. omeiensis</i> (Bak.) Tagawa	27.0 \pm 1.1 \times 37.5 \pm 1.6	刺状纹饰 echinate	四川宝兴 Baoping, Sichuan	张秀实 (S. S. Chang) 07613 (PE)	43
980135	小叶钩毛蕨 <i>C. flexilis</i> (Christ) Tagawa	24.8 \pm 2.1 \times 39.8 \pm 2.2	刺状纹饰 echinate	四川洪雅 Hongya, Sichuan	孙仲光 (Z. G. Sun) 4274 (PE)	44
981248	普通假毛蕨 <i>Pseudocyclosorus subochthodes</i> (Ching) Ching	33.0 \pm 3.1 \times 22.5 \pm 2.4	刺状纹饰 echinate	贵州麻江 Majiang, Guizhou	王锋 (F. Wang) 90380 (HGAS)	45, 46
980028	中间茯蕨 <i>Leptogramma intermedia</i> Ching ex Y. X. Lin	16.8 \pm 1.2 \times 30.6 \pm 2.3	刺状纹饰 echinate	福建建阳 Jianyang, Fujian	裘佩熹 (P. S. Chiu) 2285 (PE)	47
980027	喜马拉雅茯蕨 <i>L. himalaica</i> Ching	28.5 \pm 2.1 \times 38.3 \pm 3.5	刺状纹饰 echinate	云南贡山 Gongshan, Yunnan	秦仁昌 (R. C. Ching) 7366 (PE)	48
980026	金佛山茯蕨 <i>L. jinshananensis</i> Ching & Z. Y. Liu	19.8 \pm 1.3 \times 28.8 \pm 2.0	刺状纹饰 echinate	四川南川 Nanchuan, Sichuan	刘正宇, 张近伦 (Z. Y. Liu & J. L. Zhang) 4356 (PE)	49
951099	峨眉茯蕨 <i>L. scallanii</i> (Christ) Ching	28.5 \pm 2.4 \times 37.5 \pm 3.1	刺状纹饰 echinate	贵州毕节 Bijie, Guizhou	王锋 (F. Wang) 78360 (PE)	50
951100	小叶茯蕨 <i>L. tottooides</i> H. Ito	34.8 \pm 3.5 \times 33.0 \pm 3.4	刺状纹饰 echinate	贵州松桃 Songtao, Guizhou	中美队 (Sino-Amer Exped.) 2367 (PE)	51
980018	戟叶圣蕨 <i>Dictyocline sagittifolia</i> Ching	37.5 \pm 3.3 \times 24.8 \pm 2.6	刺状纹饰 echinate	福建建宁 Jianning, Fujian	李振宇 (Z. Y. Li) 10825 (PE)	52
951098	圣蕨 <i>D. griffithii</i> Moore	40.5 \pm 3.6 \times 24.0 \pm 1.9	刺状纹饰 echinate	贵州赤水 Chishui, Guizhou	田建洲 (J. Z. Tian) s.n. (PE)	53
980019	羽裂圣蕨 <i>D. wilfordii</i> (Hook.) J. Sm.	33.8 \pm 2.0 \times 30.0 \pm 4.5	刺状纹饰 echinate	广东龙门 Longmen, Guangdong	曾怀德 (W. T. Tsang) 20484 (PE)	54, 55
980067	沼泽蕨 <i>Thelypteris palustris</i> (L.) Schott	31.0 \pm 2.9 \times 48.0 \pm 4.3	刺状纹饰 echinate	新疆准噶尔盆地 Junggar Basin, Xinjiang	秦仁昌 (R. C. Ching) 3093 (PE)	56
951105	披针新月蕨 <i>Pronephrium penangianum</i> (Hook.) Holtt.	37.5 \pm 3.1 \times 23.3 \pm 2.3	脊状纹饰 lophate	贵州赤水 Chishui, Guizhou	王培善 (P. S. Wang) 04088 (HGAS)	57
951226	大羽新月蕨 <i>P. nudatum</i> (Roxb.) Holtt.	30.8 \pm 3.2 \times 19.5 \pm 2.4	刺状纹饰 echinate	贵州望谟 Wangmo, Guizhou	王锋 (F. Wang) 221 (PE)	58, 59
951218	星毛蕨 <i>Ampelopteris prolifera</i> (Retz.) Cop.	22.5 \pm 3.3 \times 37.5 \pm 4.6	短刺状纹饰 echinate	贵州望谟 Wangmo, Guizhou	王锋 (F. Wang) 152 (PE)	60

2 观察结果

2.1 金星蕨科植物的孢子形态特征

孢子极面观为椭圆形、宽椭圆形或近圆形,赤道面观为肾形或圆形。极轴长为16.8-40.5 μm ,赤道轴长为12.8-58.0 μm 。单裂缝,裂缝长为孢子全长的1/2至几达孢子全长。周壁厚薄不一,在不同属种中呈现各种不同的纹饰。根据孢子壁表面的纹饰可将本科孢子分为以下几种类型:

(1)平滑(psilate):周壁表面近光滑或稍凸凹不平,具少数小颗粒状纹饰,如延羽卵果蕨(图38)。

(2)网状纹饰(retate):周壁外层形成绳索状条纹,在孢子表面交织成网,如紫柄蕨属 *Pseudophegopteris* Ching 的种类(图1-4)。

(3)环状纹饰(circinate):周壁外层形成由绳索状丝构成的环,排列在周壁表面呈网状、不规则网状或分散的网状,如方秆蕨属 *Glaphyroidopsis* Ching 的种类(图5-11)和针毛蕨属 *Macrothelypteris* (H. Ito) Ching 中的针毛蕨(图14,19)。

(4)具流苏的翅状纹饰(fimbriate-alate):周壁向外形成薄片状翅,翅的边缘流苏状或具齿,片连接成网状或拟网状,如针毛蕨属的部分种类(图12,13,15,16),金星蕨属 *Parathelypteris* (H. Ito) Ching 的海南金星蕨(图22)、光脚金星蕨(图23)、钝角金星蕨(图24),钩毛蕨属 *Cyclogramma* Tagawa 的耳羽钩毛蕨(图39)和毛蕨属 *Cyclosorus* Link 的部分种类(戴绍军等, 2002)。

(5)具穿孔的脊状纹饰(perforate-lophate):周壁向外形成高或低、窄或宽的脊连接成网状或拟网状,脊上具大小不一的穿孔。如金星蕨属部分种类(图17,18,20,21,25-30)、龙津蕨(图31)、凸轴蕨属 *Metathelypteris* (H. Ito) Ching 的种类(图32-36)和卵果蕨(图37)。

(6)鸡冠状纹饰(cristate):周壁形成的短翅或短的片状脊,呈鸡冠状。如毛蕨属的大部分种类(戴绍军等, 2002)。

(7)刺状纹饰(echinate):此类型孢子的周壁表面形成各种刺状纹饰。刺长短、粗细、疏密程度不一,圆锥状,钝尖、渐尖或急尖,或为片状刺,刺基部周围多分叉。如茯蕨属 *Leptogramma* J. Sm. 的种类(图47-51),圣蕨属 *Dictyocline* Moore 的种类(图52-55),沼泽蕨(图56),钩毛蕨属的大部分种类(图40-44),普通假毛蕨(图45,46)和毛蕨属的部分种类(戴绍军等, 2002)。

2.2 金星蕨科14属50种植物的孢子形态特征

毛蕨属51种孢子的形态已在前文(戴绍军等, 2002)作了报道,本文报道其余14属50种植物的孢子形态特征,各种植物孢子的大小和表面纹饰特征见表1。

3 讨论

金星蕨科植物是一个高度自然的类群,长期以来被作为广义鳞毛蕨属 *Dryopteris*

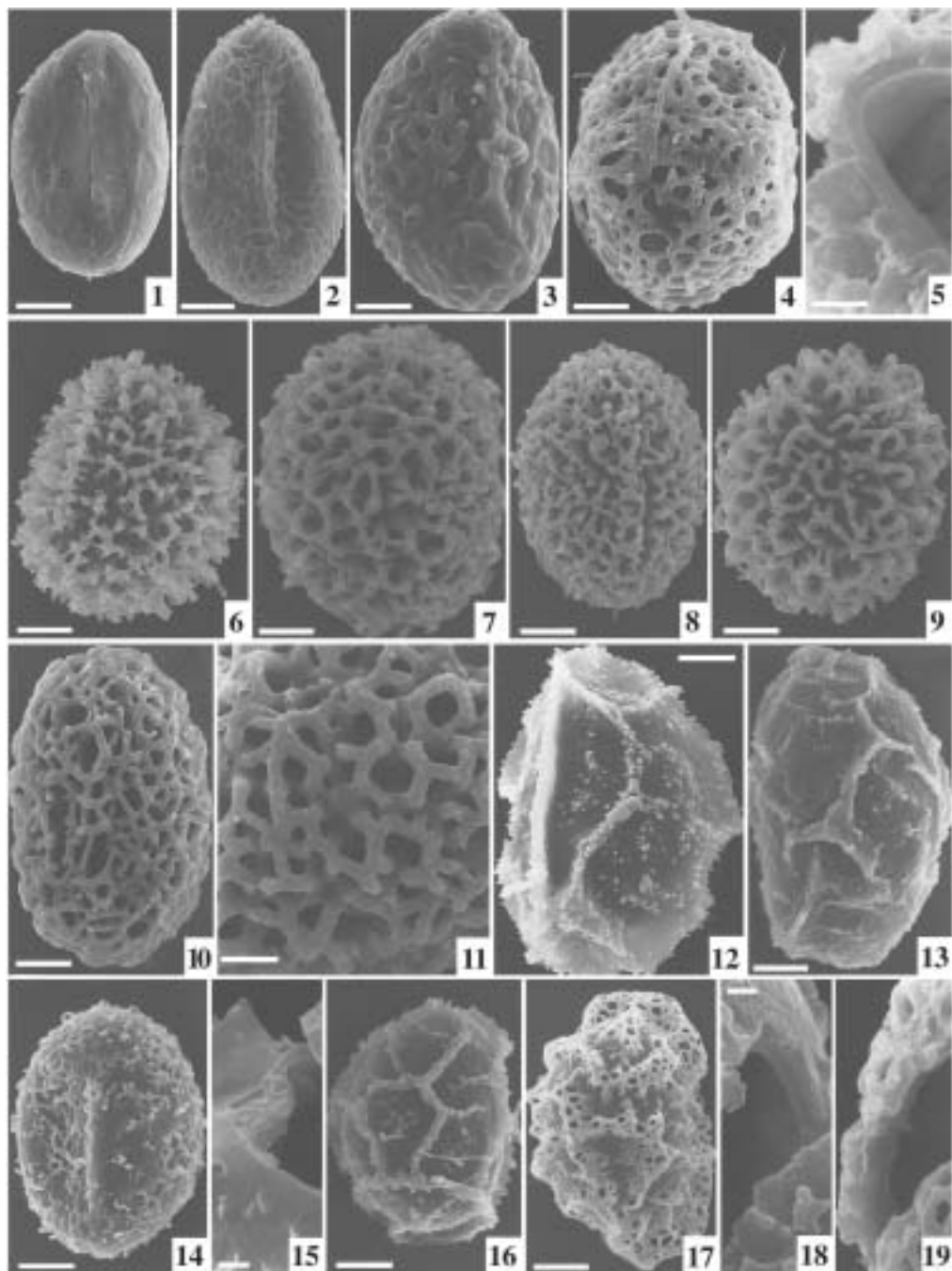


图 1-19 扫描电镜下金星蕨科植物孢子形态 1. 耳状紫柄蕨。2. 紫柄蕨。3. 星毛紫柄蕨。4. 禾秆紫柄蕨。5, 6. 方秆蕨。7. 灰白方秆蕨。8. 大叶方秆蕨。9. 柔弱方秆蕨。10, 11. 粉红方秆蕨。12, 15. 普通针毛蕨。13. 树形针毛蕨。14, 19. 针毛蕨。16. 翠绿针毛蕨。17, 18. 狭脚金星蕨。

Figs. 1-19. SEM photographs of spores in Thelypteridaceae. 1. *Pseudophegopteris aurita*. 2. *P. pyrhorachis*. 3. *P. levingei*. 4. *P. microstegia*. 5, 6. *Glaphyopteridopsis erubescens*. 7. *G. pallida*. 8. *G. splendens*. 9. *G. mollis*. 10, 11. *G. rufostaminea*. 12, 15. *Macrothelypteris torresiana*. 13. *M. ornata*. 14, 19. *M. oligophlebia*. 16. *M. viridifrons*. 17, 18. *Parathelypteris borealis*.

Scale bar: 4, 8, 10, 12-14, 16, 17, 710 μm ; 5, 180 μm ; 6, 7, 570 μm ; 11, 350 μm ; 15, 19, 140 μm ; 18, 90 μm .

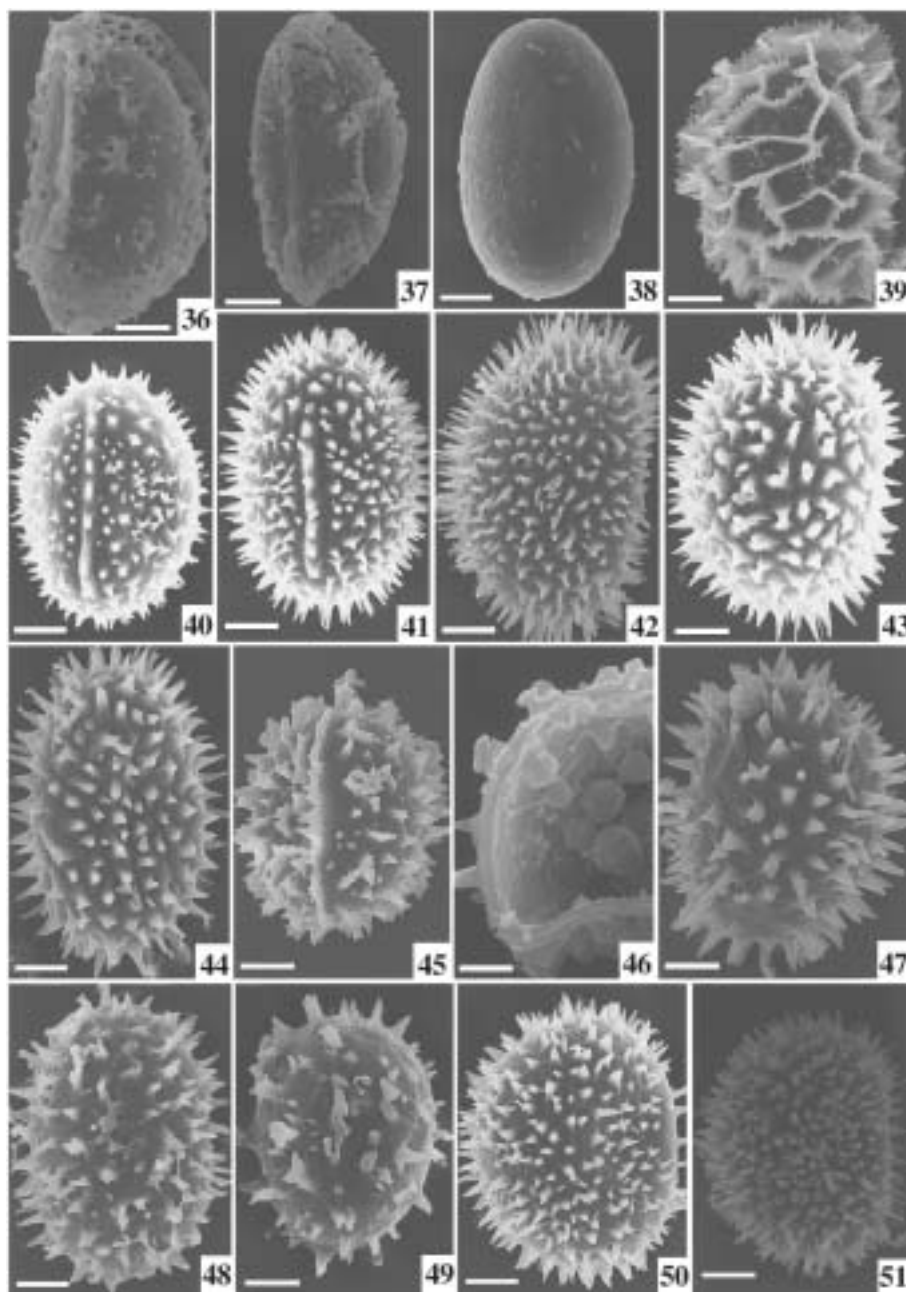


图 36-51 扫描电镜下金星蕨科植物孢子形态 36. 乌来凸轴蕨。37. 卵果蕨。38. 延羽卵果蕨。39. 耳羽钩毛蕨。40. 西藏钩毛蕨。41. 滇东钩毛蕨。42. 狭基钩毛蕨。43. 峨眉钩毛蕨。44. 小叶钩毛蕨。45, 46. 普通假毛蕨。47. 中间茯蕨。48. 喜马拉雅茯蕨。49. 金佛山茯蕨。50. 峨眉茯蕨。51. 小叶茯蕨。

Figs. 36-51. SEM photographs of spores in Thelypteridaceae. 36. *Metathelypteris uraiensis*. 37. *Phegopteris connectilis*. 38. *P. decursive-pinnata*. 39. *Cyclogramma auriculata*. 40. *C. tibetica*. 41. *C. neoauriculata*. 42. *C. leveillei*. 43. *C. omeiensis*. 44. *C. flexilis*. 45, 46. *Pseudocyclosorus subochthodes*. 47. *Leptogramma intermedia*. 48. *L. himalaica*. 49. *L. jinshoshanensis*. 50. *L. scallanii*. 51. *L. tottoides*.

Scale bar: 36, 47, 49, 570 μm ; 37, 110 μm ; 38, 40-45, 48, 50, 51, 710 μm ; 39, 100 μm ; 46, 280 μm .

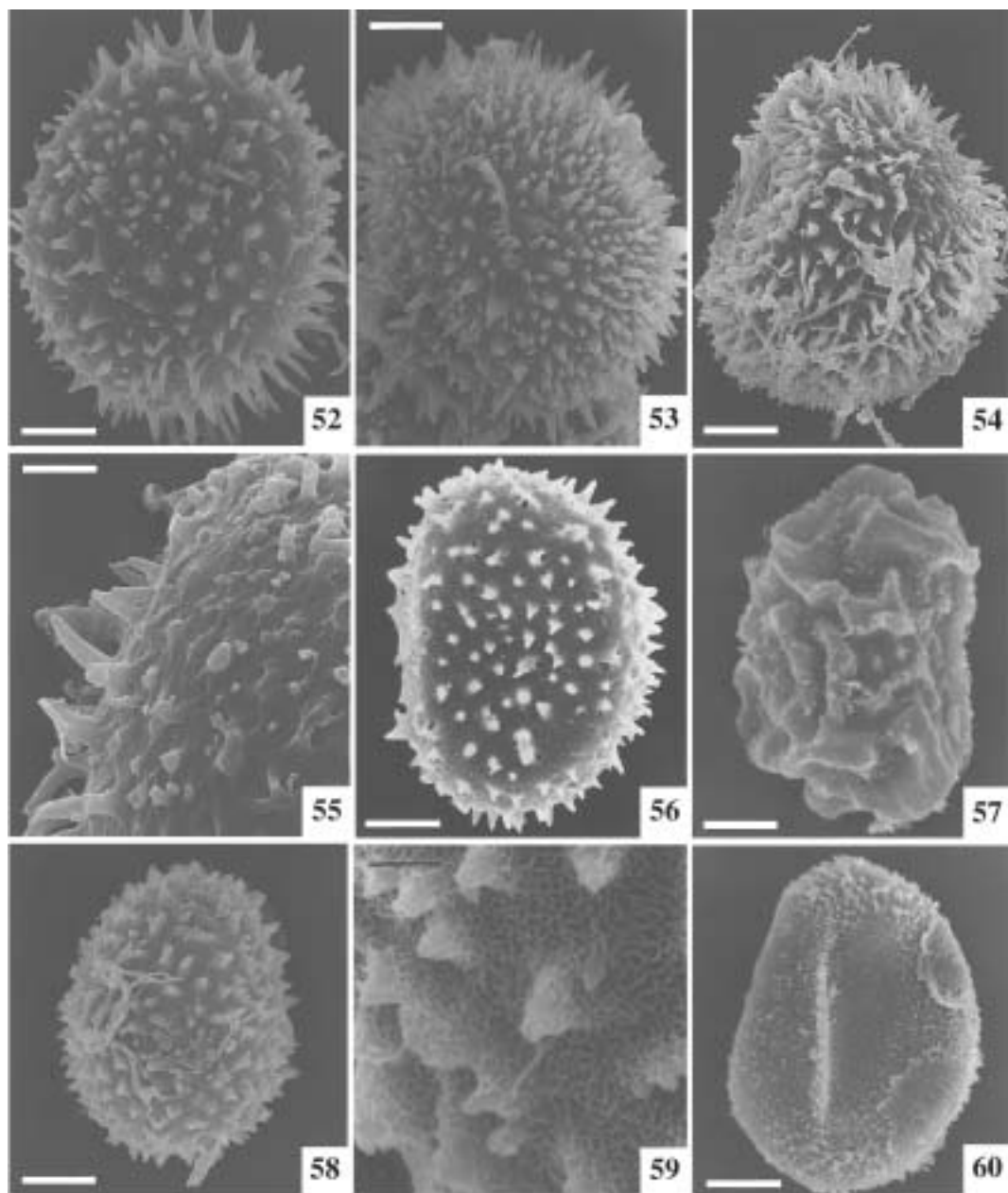


图 52-60 扫描电镜下金星蕨科植物孢子形态 52. 戟叶圣蕨。53. 圣蕨。54, 55. 羽裂圣蕨。56. 沼泽蕨。57. 披针新月蕨。58, 59. 大羽新月蕨。60. 星毛蕨。

Figs. 52-60. SEM photographs of spores in Thelypteridaceae. 52. *Dictyocline sagittifolia*. 53. *D. griffithii*. 54, 55. *D. wilfordii*. 56. *Thelypteris palustris*. 57. *Pronephrium penangianum*. 58, 59. *P. nudatum*. 60. *Ampelopteris prolifera*.

Scale bar: 52, 53, 57, 58, 60, 710 μm ; 54, 110 μm ; 55, 410 μm ; 56, 100 μm ; 59, 140 μm .

Adans的成员(吴兆洪,秦仁昌, 1991)。秦仁昌(1936)第一次将广义的沼泽蕨属*Thelypteris* Schmidel(当时称金星蕨属)和其他一些相近的属从鳞毛蕨属中分出,并初步确定了各属的概念。秦仁昌(1940)正式确立了金星蕨科,以后大多数蕨类学家采用了这个分类方法,但对金星蕨科内的成员,各学者的分歧却极大, Morton(1963)和Smith(1971)认为该科是单属科;而Holttum(1971)和Pichi-Sermolli(1977)分别认为该科含23属和32属。此后,秦仁昌(1978)再次对其系统做了修订,邢公侠(1999)也做了个别调整,但近年来分类学家仍然在为其中一些种属的归属寻找证据。

本科中亲缘关系相近的种类具有相似的孢子形态,在一些情况下,孢子形态可以反映特殊类群的特点(Smith, 1980)。在有亲缘关系的类群中,不同染色体倍性的植物孢子形态也存在差异(Smith, 1971)。孢子形态及表面纹饰可以作为讨论分类和类群演化关系的证据(张玉龙等, 1976)。因此,在对本科大多数种类的孢子形态进行了观察的基础上,我们下面试图讨论该科各属之间的亲缘和系统演化关系。

3.1 卵果蕨属、针毛蕨属、紫柄蕨属、方秆蕨属和凸轴蕨属的关系

Pichi-Sermolli(1977)认为卵果蕨属、针毛蕨属和凸轴蕨属是金星蕨科中最原始的类群,卵果蕨属和针毛蕨属之间的关系比这两属与凸轴蕨属的关系更密切一些。有的学者将紫柄蕨属作为一个独立的属(Holttum, 1969; 吴兆洪,秦仁昌, 1991),也有的学者将紫柄蕨属归入针毛蕨属中(Pichi-Sermolli, 1970)或卵果蕨属中(Ito, 1938)。我们的观察发现,方秆蕨属与紫柄蕨属植物孢子表面纹饰相近,为环状或网状纹饰。正是由于这5个属在分类位置上的关系,我们将其放在一起,试图从孢子纹饰的角度探讨它们之间的亲缘关系。

本文的观察结果表明:在卵果蕨属中,卵果蕨周壁表面为具穿孔的脊状纹饰(图37),延羽卵果蕨周壁表面近光滑(图38);针毛蕨属多数植物的孢子表面纹饰为具流苏状的翅状纹饰(图12,13,15,16),只有针毛蕨孢子表面为近环状纹饰(图14,19);紫柄蕨属的4个种孢子表面均为网状纹饰(图1-4);凸轴蕨属植物的孢子表面则为具穿孔的脊状纹饰(图32-36);而方秆蕨属植物孢子的表面均为环状纹饰,外壁具突起或有小颗粒,纹饰主要由周壁形成(图5-11)。这些结果与Tryon和Lugardon(1991)所观察到的有关结果大致相同。

从孢子表面纹饰上看,紫柄蕨属植物孢子表面网状纹饰与针毛蕨属的近环状纹饰以及卵果蕨属的光滑表面或表面具脊状纹饰明显不同,这支持将紫柄蕨属作为一个独立属的观点。紫柄蕨属与方秆蕨属孢子表面纹饰相似,都是由周壁外层形成的网状或环状纹饰,两者的亲缘关系可能较近。凸轴蕨属在孢子体形态特征上与金星蕨属相近,在分类位置上与针毛蕨属最为接近(吴兆洪,秦仁昌, 1991),但从孢子纹饰上看,该属具穿孔的脊状纹饰与金星蕨属的大多数种类一致,与针毛蕨属多数具流苏状翅状纹饰的种类有明显区别。针毛蕨属中只有针毛蕨孢子表面具环状纹饰,与方秆蕨属纹饰相似,多数种孢子表面为具流苏的翅状纹饰,与金星蕨的部分种类和毛蕨属的许多种类(戴绍军, 2002)相近。卵果蕨属的两个种的孢子形态差异较大,一种表面光滑,一种表面为具穿孔的脊状纹饰,很难从孢子形态上对其亲缘关系做出明确的结论。

3.2 沼泽蕨属、金星蕨属和龙津蕨属的关系

过去的沼泽蕨属定义十分广泛,包括近300多种,现在只包含3-4个种(吴兆洪,秦仁昌, 1991),中国有2种1变种(邢公侠, 1999)。金星蕨属是从广义的沼泽蕨属中的一个组独立出

来的一个属,约有85种(吴兆洪,秦仁昌, 1991)。龙津蕨属是秦仁昌(1978)从大金星蕨属 *Amphineuron* Holttum 中分出的单种属,此前,该种被列入广义的沼泽蕨属(Holttum, 1971)。

从孢子形态上看,金星蕨属大多数种孢子表面为具穿孔的脊状纹饰(图17,18,20,21, 25-30),少数种类孢子的表面为翅状纹饰(图22,23,24);沼泽蕨属的孢子表面为刺状纹饰(图56)。孢子纹饰特征支持将沼泽蕨属与金星蕨属分开的观点。而龙津蕨属的孢子表面纹饰和金星蕨属的大多数种类一致,为具穿孔的脊状纹饰(图31),因此,不能从孢粉学上找到龙津蕨属独立成属的证据。

3.3 茯蕨属、钩毛蕨属和圣蕨属的关系

茯蕨属为土生中型蕨类,约有15种,我国有10种,为该属分布中心(邢公侠, 1999);钩毛蕨属约有10种,主产我国,在系统位置上接近茯蕨属(吴兆洪,秦仁昌, 1991);圣蕨属早期一直被认为是单种属,经秦仁昌(1978)研究,认为现有4种,主产于我国长江以南(邢公侠, 1999),Pichi-Sermolli(1977)认为圣蕨属与茯蕨属的关系较近。我们观察了5种茯蕨属、6种钩毛蕨属和3种圣蕨属植物的孢子形态,除耳羽钩毛蕨外,孢子表面纹饰均为刺状纹饰(图40-55)。孢粉特征支持这几个属亲缘关系较近的观点。

致谢 中国科学院植物研究所邢公侠先生和贵州科学院生物研究所王培善先生在材料的采集方面给予了很大帮助,谨此致谢。

参 考 文 献

- Chang Y-L (张玉龙), Xi Y-Z (席以珍), Zhang C-T (张金谈), Gao G-Z (高桂珍), Du N-Q (杜乃秋), Sun X-J (孙湘君), Kong Z-C (孔昭宸). 1976. Spore Pteridophytorum Sinicorum (中国蕨类植物孢子形态). Beijing: Science Press.
- Ching R-C (秦仁昌). 1936. A revision of the Chinese and Sikkim Himalayan *Dryopteris* with reference to some species from neighbouring region. Bulletin of the Fan Memorial Institute of Biology 6: 237-352.
- Ching R-C (秦仁昌). 1940. On natural classification of the family "Polypodiaceae". Sunyatsenia 5: 201-268.
- Ching R-C (秦仁昌). 1978. The Chinese fern families and genera: Systematic arrangement and historical origin. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 16 (3): 1-9; 16 (4): 16-37.
- Dai S-J (戴绍军), Wang Q-X (王全喜), Bao W-M (包文美), Shing K-H (邢公侠). 2002. Spore morphology of pteridophytes from China III. Thelypteridaceae 1. *Cyclosorus* Link. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 40: 334-344.
- Holttum R E. 1969. Studies in the family Thelypteridaceae. The genera *Phegopteris*, *Pseudophegopteris* and *Macrothelypteris*. Blumea 17: 5-32.
- Holttum R E. 1971. Studies in the family Thelypteridaceae III. Blumea 19: 17-52.
- Huang T-C (黄增泉). 1981. Spore Flora of Taiwan. Taipei: Meitai Color Print Co. Ltd.
- Ito H. 1938. Polypodiaceae-Dryopteroideae. I. In: Nakai T, Honda M eds. Nova Flora Japonica. Tokyo, Osaka: The Sanseido Co., Ltd. 4: 152.
- Lellinger D B, Taylor W C. 1997. A classification of spore ornamentation in the Pteridophyta. In: Johns R J ed. Kew Holttum Memorial Volume. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew. 33-42.
- Morton C V. 1963. The classification of *Thelypteris*. America Fern Journal 53 (4): 149-154.
- Pichi-Sermolli R E G. 1970. Fragmenta Pteridologiae. Webbia 24: 715-717.
- Pichi-Sermolli R E G. 1977. Tentamen pteridophytorum genera in taxonomicum ordinem redigendi. Webbia 31: 313-512.
- Shing K-H (邢公侠). 1999. Thelypteridaceae. In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志). Beijing: Science Press. 4 (1): 15-317.

- Smith A R. 1971. Systematics of the neotropical species of *Thelypteris*, section *Cyclosorus*. University of California Publications in Botany 59: 1-143.
- Smith A R. 1980. Taxonomy of *Thelypteris*, subgenus *Steiropteris*, including *Glaphyopteris* (Pteridophyta). University California Publications in Botany 76: 1-38.
- Tryon A F, Lugardon B. 1991. Spores of the Pteridophyta. New York: Springer-Verlag.
- Wang Q-X (王全喜), Yu J (于晶), Zhang X-C (张宪春), Zhang D-W (张大维), Bao W-M (包文美), Wang P-S (王培善). 2001. Spore morphology of pteridophytes from China I. Lygodiaceae. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 39: 38-44.
- Wang Q-X (王全喜), Yu J (于晶). 2003. Classification of spore ornamentation in Filicales under SEM. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 25: 313-320.
- Wu S-H (吴兆洪), Ching R-C (秦仁昌). 1991. Fern Families and Genera of China (中国蕨类植物科属志). Beijing: Science Press.
- Yu J (于晶), Wang Q-X (王全喜), Bao W-M (包文美). 2001. Spore morphology of pteridophytes from China II. Sinopteridaceae. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 39: 224-233.