

26 种丛藓科(Pottiaceae)植物孢子形态及其系统学意义

王晓蕊^{1 2} 李 敏¹ 赵建成^{1*} 李 琳¹

(1. 河北师范大学生命科学学院 石家庄 050016 ;2. 河北师范大学汇华学院 石家庄 050091)

摘 要 通过光学显微镜(LM)和扫描电镜(SEM)观察了 26 种国产丛藓科(Pottiaceae)植物孢子的形态特征 ,从孢子形态学角度佐证了这些类群在系统演化中的密切关系。结果表明 这 26 种植物的孢子在形态、近极面形状及孢壁纹饰等方面有较大的相似性 ,但在孢子大小和表面纹饰的细微结构及其分布等方面又有区别 ,显示了同科不同属、种间遗传的相似性及遗传分化。

关键词 丛藓科 孢子形态 纹饰

中图分类号 :Q949. 35 文献标识码 :A 文章编号 :1673 - 5102(2011)02 - 0139 - 08

Spore Morphology of 26 Species of Family Pottiaceae and Its Systematic Significance

WANG Xiao-Rui^{1 2} LI Min¹ ZHAO Jian-Cheng^{1*} LI Lin¹

(1. College of Life Science ,Hebei Normal University ,Shijiazhuang 050016 ;2. College of Hui Hua ,Hebei Normal University ,Shijiazhuang 050091)

Abstract The spore morphology of 26 species of the family Pottiaceae was observed by light microscope and scanning electron microscope. The results showed that the spore characteristics are similar in shape ,shape of the proximal face and exine ornamentation ,but different in the size and exiguous structure of the ornamentation. It showed heredity similarity and differentiation among the different genus and species in Pottiaceae ,and Pottiaceae may be a natural taxon.

Key words Pottiaceae ,spore morphology ,ornamentation

丛藓科是苔藓植物中较大的一个类群 ,全世界报道有 76 属 ,1 400 余种^[1] ,主要分布于温带地区 ,多生于石灰性基质上 ,土生、石生或墙壁生 ,稀树生 ,多属旱生性藓类。在我国 ,该科植物共报道有 34 属 ,157 种 ,11 变种^[2]。

1974 年 Satio 首先在 SEM 下研究了 14 属 ,19 种本科植物的孢子^[3] ,Boros 研究了 16 属 ,19 种的丛藓科植物孢子 ,其中 7 种在 SEM 下观察^[4]。目前 ,对产于国内不同地区的丛藓科植物孢子形态的研究也有不少报道。东北藓类植物志对酸土藓(*Oxystegus cylindricus*(Brid.) Hilp.) 反叶扭口藓(*Barbula reflexa*(Brid.) Brid.) 等 5 种植物的孢子进行了简单的描述^[5] ;吴鹏程等在研究卵叶盐土藓(*Pterygoneurum ovatum*(Hedw.) Dix.)的生物

学特性时观察了其孢子形态^[6] ;谢树莲等人对扭藓(*Tortella humilis*(Hedw.) Jenn.) 小扭口藓(*Timmia diminula*(Hook.) Spreng.) 等 7 种本科植物的孢子进行过 SEM 观察^[7] ;杜桂森等人先后在 LM、SEM 和 TEM 下观察了卷叶丛本藓(*Anoetangium thomsonii* Mitt.) 小石藓(*Weissia controversa* Hedw.)、云南红叶藓(*Bryoerythrophyllum yunnanense*(Herz.) Chen)及泛生墙藓(*Tortula muralis* Hedw.) 等 8 种本科植物的孢子^[8~11]。笔者在河北省丛藓科植物的整理研究中 ,对 12 属 26 种(含变种)丛藓科植物的孢子进行了 LM 和 SEM 观察 ,以期为丛藓科植物的分类和系统演化研究提供孢子学方面的佐证。

基金项目 河北省自然科学基金项目资助(No .X2010000381) 河北师范大学基金项目资助(No .L2009Y09) ;国家自然科学基金项目资助(No 31070184)

第一作者简介 :王晓蕊(1977—) ,女 ,讲师 ,主要从事植物学教学与研究。

* 通讯作者 :E-mail :zhaojiancheng@ mail. hebtu. edu. cn

收稿日期 2010 - 11 - 17

表 1 26 种丛藓科植物孢子形态特征比较

Table 1 Comparison of morphological characteristics of spores among 26 species of Pottiaceae

种名 Species	颜色 Color	形状 Shape	直径 Size(μm)	近极面观 Proximal face view(SEM)	表面纹饰 Ornamentation(SEM)	凭证标本 Voucher specimen
高山大丛藓 <i>Molendoua sendanensis</i> (B. S. G.) Limpr.	黄棕色 Yellowish-brown	球形 Round	9.0 ~ (12.9) ~ 13.8	圆形(图版 I : 1) Circular(Plate I : 1)	疣状, 有的聚集成簇, 疣表面光滑(图版 I : 2) Smooth clavate with some clustering(Plate I : 2)	河北驼梁, 韩留福 99032 Mt. Tuoliang, Hebei, Han Liufu 99032
扭叶丛本藓 <i>Anoctangium stracheyanum</i> Mitt.	棕色 Brown	近球形 Sub round	10.6 ~ (13.8) ~ 16.6	圆形(图版 I : 3) Circular(Plate I : 3)	大小不等的云团状圆疣, 分布密集且均匀(图版 I : 4) Different size cloud-built clavate, densely and uniformly distributed(Plate I : 4)	河北驼梁, 赵建成 99204 Mt. Tuoliang, Hebei, Zhao Jiancheng 99204
钝叶小石藓 <i>Weissia netcomeri</i> (Barr.) Saito	红棕色 Reddish-brown	近球形 Sub round	16.4 ~ (19.6) ~ 21.9	圆形(图版 I : 5) Circular(Plate I : 5)	具多个柄的瘤状纹饰, 瘤状表面附有多个不规则的颗粒(图版 I : 5) Pestles with multi-handle and irregular granules on surface(Plate I : 5)	河北云蒙山, 唐伟斌 00055-a Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 00055-a
缺齿小石藓 <i>Weissia edentula</i> Mitt.	黄棕色 Yellowish-brown	球状四面体形 Round tetrahedron	15.1 ~ (17.5) ~ 20.3	圆形(图版 I : 7) Circular(Plate I : 7)	具多个柄的瘤状纹饰, 瘤小且表面附有不规则颗粒(图版 I : 8) Pestles with multi-handle and irregular granules on surface(Plate I : 8)	河北云蒙山, 唐伟斌 000372 Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 000372
皱叶小石藓 <i>Weissia crispata</i> (Hedw.) Mitt.	红棕色 Reddish-brown	圆球形 Round	29.1 ~ (26.4) ~ 23.6	圆形(图版 I : 9) Circular(Plate I : 9)	具多个柄的瘤状纹饰, 瘤大且表面附有大小不等的圆疣, 柄上有棒状突起(图版 I : 10) Large pestles with clubbed multi-handle and different size clavate on surface(Plate I : 10)	河北天梯山, 唐伟斌 010152 Mt. Tianti, Hebei, Tang Weibin 010152
反扭藓 <i>Timmiella anomala</i> (B. S. G.) Limpr.	绿色 Green	球形 Round	11.3 ~ (12.9) ~ 15.8	圆形(图版 I : 11) Circular(Plate I : 11)	疣状纹饰, 分布较均匀稀疏, 疣状表面附有大小不等的颗粒(图版 I : 12) Clavate with irregular granules on surface, sparsely and well-distributed(Plate I : 12)	河北驼梁, 李秀芹 029 Mt. Tuoliang, Hebei, Li Xueqin 029
小反扭藓 <i>Timmiella diminuta</i> (C. Muell.) Chen	绿色 Green	球形 Round	12.6 ~ (15.1) ~ 17.4	圆形(图版 I : 13) Circular(Plate I : 13)	大小不等的粗疣状纹饰, 分布稀疏, 疣状纹饰较低, 表面不平滑(图版 I : 14) Different size dumpy clavate with lower and unsmooth surface, sparsely distributed(Plate I : 14)	河北承德避暑山庄, 赵建成 97158 Chengde Mountain Resort, Hebei; Zhao Jiancheng 97158
卷叶湿地藓 <i>Hyophila involuta</i> (Hook.) Jaeg.	深绿色 Dark green	球状四面体形 Round tetrahedron	8.5 ~ (10.2) ~ 12.6	近圆形(图版 I : 15) Sub-circular(Plate I : 15)	大小不等的瘤状纹饰, 分布密集, 瘤状表面不平滑(图版 I : 16) Different size pestles with unsmooth surface, densely distributed(Plate I : 16)	河北云蒙山, 唐伟斌 000456 Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 000456
四川湿地藓 <i>Hyophila setchuwanica</i> (Broth.) Hilp ex Chen	棕色 Brown	椭圆形 Spheroidicity	16.5 ~ (19.4) ~ 21.6	椭圆形(图版 I : 17) Elliptic(Plate I : 17)	大小不等的瘤状纹饰, 分布密集, 部分地状膨大成云团状, 表面具低疣且柄较长(图版 I : 18) Different size pestles, densely distributed, some pestles with lower clavate and long handle on surface cloud-built(Plate I : 18)	河北云蒙山, 唐伟斌 00184 Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 00184
扭口藓 <i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	绿色 Green	球形 Round	11.9 ~ (12.9) ~ 13.8	近圆形(图版 I : 19) Sub-circular(Plate I : 19)	密被低疣状纹饰, 疣状结构简单——(图版 I : 20) Low clavate densely distributed with simple structure(Plate I : 20)	河北云蒙山, 唐伟斌 00055-b Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 00055-b
小扭口藓 <i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng.	绿色 Green	球形 Round	13.9 ~ (15.7) ~ 16.1	近圆形(图版 II : 1) Sub-circular(Plate II : 1)	低疣状纹饰, 分布稀疏, 疣状结构简单(图版 II : 2) Low clavate sparsely distributed with simple structure(Plate II : 2)	河北云蒙山, 唐伟斌 000421 Mt. Yumeng, Hebei, Tang Weibin 000421
硬叶对齿藓长尖变种 <i>Didymodon rigidulus</i> var. <i>ditrichoides</i> (Broth.) Zand.	棕色 Brown	球形 Round	10.5 ~ (12.8) ~ 15.9	近圆形(图版 II : 3) Sub-circular(Plate II : 3)	密被大小不等的瘤状纹饰, 瘤表面附有颗粒(图版 II : 4) Different size hurls densely distributed with granules on surface(Plate II : 4)	河北小五台山, 李敏 97041 Mts. Xiaowutai, Hebei, Li Min 97041
尖叶对齿藓 <i>Didymodon constrictus</i> (Mitt.) Saito	黄绿色 Yellowish green	球形 Round	9.8 ~ (10.3) ~ 13.2	近圆形(图版 II : 5) Sub-circular(Plate II : 5)	大小不等的瘤状纹饰, 瘤表面附有许多不规则的颗粒(图版 II : 5) Different size hurls with irregular granules on surface(Plate II : 5)	河北崇礼县小/小梨沟, 张家树 980825-a Chongli County, Hebei, Zhang Jia Shu 980825-a

续表 Continued table

种名 Species	颜色 Color	形状 Shape	直径 Size(μm)	近极面观 Proximal face view(SEM)	表面纹饰 Ornamentation(SEM)	凭证标本 Voucher specimen
红叶藓 <i>Bryoerythrophyllum recurvistrum</i> (Hedw.) Chen	棕色 Brown	近球形 Sub round	17.6-(18.3)~19.9	近圆形(图版 II : 7) Sub-circular(Plate II : 7)	密被方形或多边形的低疣状纹饰 疣顶部具 1~3 个大小不等的半圆形突起(图版 II : 8) Square or polygon clavate densely distributed with 1~3 different size arch protuberance on surface(Plate II : 8)	河北十瀑峡 范庆书 95-103 Shipu gorge, Hebei Fan Qingshu 95-103
无齿红叶藓 <i>Bryoerythrophyllum gymnostomum</i> (Broth.) Chen	棕色 Brown	近球形 Sub round	15.2-(17.2)~19.0	近圆形(图版 II : 9) Sub-circular(Plate II : 9)	疣状纹饰, 一些疣 2~4 个连接成短脊 构成似脑回状条纹 疣表面具数个小颗粒(图版 II : 10) Clavate with some granules on surface 2~4 clavate connecting into insula-like elements(Plate II : 10)	河北驼梁 韩留福 20916 Mt. Tuoliang, Hebei Han Liufu 20916
云南红叶藓垫状变种 <i>Bryoerythrophyllum yunnanense</i> var. <i>pulvium</i> (Herz.) Chen	棕色 Brown	近球形 Sub round	12.9-(14.7)~16.9	近圆形(图版 II : 11) Sub-circular(Plate II : 11)	近方形或多边形的低疣状纹饰 分布比较稀疏 大小不均 疣顶部具 1~2 个大小不等的半圆形突起(图版 II : 12) Subsquare or polygon low clavate with 1~2 irregular semicircular protuberance on the top surface sparsely distributed(Plate II : 12)	河北云雾山 李孟军 980491 Mt. Yunwu, Hebei Li Mengjun 980491
大红叶藓 <i>Bryoerythrophyllum rubrum</i> (Jur.) Chen	棕色 Brown	球形 Round	9.8-(13.9)~15.7	圆形(图版 II : 13) Circular(Plate II : 13)	高疣状纹饰 分布密集均匀 疣状顶部膨大并具数个大小的颗粒, 一些疣 2~3 个连接成短脊(图版 II : 14) High clavate with irregular granules on the top surface densely distributed 2~3 clavate connecting into short ridge(Plate II : 14)	河北驼梁 李秀芹 20714 Mt. Tuoliang, Hebei Li Xueqin 20714
褶叶小端藓 <i>Wesiopsis anomala</i> (Broth. et Par.) Broth.	绿色 Green	近球形 Sub round	7.9-(8.2)~10.6	近圆形(图版 II : 15) Sub-circular(Plate II : 15)	脑回状条纹纹饰 条纹均由近光滑而规则的低圆疣连接而成(图版 II : 16) Insula-like elements with regular smooth and low clavate(Plate II : 16)	河北承德避暑山庄 赵建成 97251 Chengde Mountain Resort, Hebei; Zhao Jiancheng 97251
芦荟藓 <i>Alcina rigida</i> (Hedw.) Limpr.	深绿色 Dark green	球形 Round	12.2-(14.0)~15.7	近圆形(图版 II : 17) Sub-circular(Plate II : 17)	疣状纹饰 疣表面较平 具数个小颗粒, 一些疣 3~5 个连接成短脊(图版 II : 18) Clavate with some granules on complanate surface 3~5 clavate connecting into short ridge(Plate II : 18)	河北白石山 范庆书 95-156 Mt. Baishi, Hebei Fan Qingshu 95-156
芦荟藓斜叶变种 <i>Alcina rigida</i> var. <i>obliquifolia</i> (C. Muell.) Delgad.	绿色 Green	球形 Round	9.1-(10.9)~14.7	近圆形(图版 II : 19) Sub-circular(Plate II : 19)	大小不等的圆疣状纹饰 分布不规则 一些圆疣 3~5 个连接成短脊(图版 II : 20) Different size round clavate irregularly distributed 3~5 of them connecting into short ridge(Plate II : 20)	河北小五台山 赵建成 98050-a Mt. Xiaowutai, Hebei Zhao Jiancheng 98050-a
脆尖赤藓 <i>Syntrichia fragilis</i> (Tayl.) Ochyra	红棕色 Reddish brown	球形 Round	13.0-(16.5)~18.7	圆形 具薄壁区(图版 III : 1) Circular with leptoma (Plate III : 1)	具稀疏、单一光滑的低疣状纹饰(图版 III : 2) Smooth and low clavate with simple structure sparsely distributed(Plate III : 2)	河北驼梁 刘宝臣 20144 Mt. Tuoliang, Hebei Liu Baochen 20144
疏齿端藓 <i>Syntrichia norvegica</i> Web.	绿色 Green	球形 Round	15.3-(16.2)~18.0	近圆形 具薄壁区(图版 III : 3) Sub-circular with leptoma (Plate III : 3)	大小不等的瘤状纹饰 瘤表面粗糙(图版 III : 4) Different size burls with rough surface(Plate III : 4)	河北驼梁 韩留福 20032 Mt. Tuoliang, Hebei Han Liufu 20032
高山赤藓 <i>Syntrichia sinensis</i> (C. Muell.) Ochyra	绿色 Green	球形 Round	14.9-(16.5)~17.7	近圆形(图版 III : 5) Sub-circular(Plate III : 5)	大小不等的瘤状纹饰 瘤表面附有颗粒(图版 III : 6) Different size burls with granules on surface(Plate III : 6)	河北驼梁 赵建成 99185 Mt. Tuoliang, Hebei Zhao Jiancheng 99185
泛生链齿藓 <i>Tortula laurii</i> (Schultz.) Lindb.	黄棕色 Yellowish-brown	球形 Round	28.4-(30.3)~36.2	近圆形(图版 III : 7) Sub-circular(Plate III : 7)	稀疏、大小不等的瘤状纹饰 瘤不光滑, 上面附有突起(图版 III : 8) Different size burls with protuberance on surface sparsely distributed(Plate III : 8)	河北云雾山 张家树 980345-b Mt. Yunwu, Hebei Zhang Jia Shu 980345-b
灰白端藓 <i>Tortula leucostoma</i> (R. Brown) Hook. et Grev.	棕色 Brown	球形 Round	19.9-(23.4)~25.1	近圆形(图版 III : 9) Sub-circular(Plate III : 9)	密被高瘤状纹饰 瘤的侧面相连呈片 顶部具细小颗粒(图版 III : 10) Burls with little granules on surface side of burls connecting(Plate III : 10)	河北小五台山 李敏 97066-b Mt. Xiaowutai, Hebei Li Min 97066-b
无疣端藓 <i>Tortula mucronifolia</i> Schwagr.	绿色 Green	球形 Round	11.1-(12.6)~14.8	近圆形(图版 III : 11) Sub-circular(Plate III : 11)	具稀疏、单一且光滑的乳突状低圆疣(图版 III : 12) Simple and smooth mammary clavate sparsely distributed(Plate III : 12)	河北阳场 赵建成 030221 Weichang County, Hebei Zhao Jiancheng 030221

1 材料和方法

取成熟孢蒴的部分孢子在 MoticBA-400 生物数码显微镜下观察其颜色及形状。取同一孢蒴内的另一部分孢子用醋酸酐分解法处理后,放在双面胶带上,用离子溅射仪喷金镀膜,在日立 S-570 扫描电镜下观察照相。每种植物的孢子均随机选取 20 个,测量其直径,统计最小到最大的变化幅度并计算其平均值。凭证标本保存于河北师范大学植物标本室(HBNU)。

2 实验结果

丛藓科植物的孢子绿色至深棕色,多为球形或近球形,具近极薄壁区或无萌发孔,近极面观多为圆形或近圆形。孢子表面的一级纹饰大体相近,一般为疣状或瘤状,少数为槌状;二级和三级纹饰多样。26 种丛藓科植物孢子的观察测定结果详见表 1 及图版 I ~ III。

3 讨论

(1) 26 种藓类植物分属于丛藓科 12 属^[1,2,12,13]。研究表明,丛藓科植物的孢子多为球形或近球形,孢子的近极面观多为圆形或近圆形,孢子表面的一级纹饰多为疣状或瘤状,少数为槌状;不同属间的植物在孢子形态、近极面形状及孢壁纹饰上具有一定的相似性。从孢子的形态、近极面观及表面纹饰看,丛藓科 26 种藓类孢子与杜桂森、裴林英^[14]等人所观察的其他科藓类植物的孢子差异显著,表明这 26 种藓类植物在系统演化

中的密切关系,也从孢子形态学角度佐证了丛藓科是一个自然分类群。于晶等人将中国藓类植物孢子划分为 9 个类型^[15],其中,丛藓科孢子属于真藓型。本文所观察的结果基本符合于晶等对真藓型孢子的描述。

(2) 26 种丛藓科植物的孢子都是单细胞的,体积一般都很小,直径平均值在 10 ~ 27 μm 之间,大小变化幅度不大,只有褶叶小墙藓的孢子直径小于 10 μm 。与 Boros 等人^[4]的观察结果相比,本文 26 种藓类的孢子体积偏大,少数种类与杜桂森的测量结果相近,这表明孢子大小是不稳定的,易受环境的影响。

Jovet-Ast 曾提出具有大孢子的藓类植物常常是闭蒴的或缺乏蒴齿的^[16]。本文报道的 26 种植物中小石藓属(*Weissia* Hedw.)内的 3 种藓类植物体相对较小,其孢子的体积却较大,在 17 ~ 27 μm 之间。其中,纯叶小石藓和缺齿小石藓都是无蒴齿的,而皱叶小石藓的孢蒴是闭蒴型,无蒴盖分化且蒴柄极短,其孢子的直径最大,可达 29 μm 。因此,孢子的大小不仅是孢子的一个显著特征,而且在苔藓植物系统分类中起重要作用,与其孢子体的形态和孢子的散布方式之间有一定的联系。

(3) 孢子纹饰不受孢子膨胀程度的影响,其形态比较稳定,通常是一个比孢子形状、大小更有意义的分类特征。本文所报道的 26 种藓类植物的孢子表面纹饰的形态、分布及其顶部特征等在不同属间有明显差异,而属内则具有相似性,表明孢子纹饰可以作为属间分类的重要依据之一。根据孢子特征对文中 12 属做分属检索表如下:

分属检索表

1. 孢子表面一级纹饰为瘤状或疣状	2
1. 孢子表面一级纹饰为槌状	11
2. 瘤状纹饰表面密被大小不等的颗粒或小疣	3
2. 疣状纹饰表面平滑或具二级纹饰	5
3. 瘤状纹饰密集,表面极不平滑,密被大小不等的颗粒	对齿藓属 <i>Didymodon</i> Hedw.
3. 瘤状纹饰稀疏或稍密集,表面平滑或粗糙	4
4. 孢子较小,直径在 16 μm 左右	赤藓属 <i>Syntrichia</i> Brid.
4. 孢子较大,直径多在 20 μm 以上	墙藓属 <i>Tortula</i> Hedw.
5. 疣状纹饰表面平滑,无二级纹饰	6
5. 疣状纹饰顶部多具大小不等的突起或小颗粒	9
6. 纹饰为大小不等的云团状圆疣	丛本藓属 <i>Anoetangium</i> Schwaegr.
6. 纹饰不为云团状	7
7. 由近光滑的低圆疣连接成脑回状条形纹饰	小墙藓属 <i>Weisiopsis</i> Broth.
7. 纹饰不为脑回状	8
8. 低疣状纹饰结构单一	扭口藓属 <i>Barbula</i> Hedw.

8. 高疣状纹饰聚集成簇 大丛藓属 *Molendoa* Lindb.
9. 孢子绿色,球形,疣表面具不明显突起 10
9. 孢子棕色,近球形,疣顶部具数个小颗粒或圆形突起 红叶藓属 *Bryoerythrophyllum* Chen
10. 3-5 圆疣常连接成短脊 芦荟藓属 *Aloina* Kindb.
10. 低疣分布稀疏 反扭藓属 *Timmiella*(De Not.) Limpr.
11. 槌状纹饰具多个柄,槌表面附圆疣或颗粒 小石藓属 *Weissia* Hedw.
11. 槌状纹饰具单个柄,槌表面疣或突起不明显 湿地藓属 *Hyophila* Brid.

早年,扭口藓属曾包括很多的丛藓科植物属及种,如芦荟藓属即从其独立成属。Hilper 将原对齿藓属中的亚属 *Erythrophyllum* 独立成属,即现在的红叶藓属,而将对齿藓属中其余种类归并入扭口藓属^[17]。Saito 则仍将 对齿藓属单独列为一属^[3]。笔者认为,孢子表面纹饰上的差异支持芦荟藓属独立为一属,并支持 Hilper 的观点,将红叶藓属独立成属,但对齿藓属应按照 Saito 和 Zander^[18]的观点从扭口藓属中独立出来成为一属;同时, *Semibarbula* 应归并入扭口藓属内。

不同属间孢子表面纹饰的差异显示了丛藓科内不同属间的遗传分化,同时也表明孢子纹饰在属级水平上可以做为一个分类特征,在亚显微水平为丛藓科植物的分类提供资料和佐证。虽然同一属内的不同种之间的孢子表面纹饰有一些微小差别,但更具较大的相似性,差异不明显。因此,属内孢子形态特征只能作为辅助的分类特征。

丛藓科的 12 属中,反扭藓属隶属于 *Timmielloideae*,红叶藓属隶属于 *Merceoideae*,这两属孢子的特征与其他属有明显区别;丛本藓属、扭口藓属和对齿藓属同属于 *Barbuleae*,但后两者孢子特征相似,而与前者明显不同;大丛藓属、湿地藓属、小石藓属、芦荟藓属、小墙藓属、赤藓属和墙藓属同属于 *Pottioideae*,其中,湿地藓属和小石藓属的孢子特征相似,与其他几属差异较大,芦荟藓属和小墙藓属孢子特征相似,与大丛藓属又相差很大。赤藓属和墙藓属植物孢子纹饰变化很大,其孢子表面纹饰的稳定性有待进一步研究。上述结果表明,孢子纹饰特征在亚科水平上只能作为辅助特征。

参 考 文 献

1. Zander R H. Genera of the Pottiaceae :mosses of harsh environments[J]. Bull Buffalo Soc Nat Sci ,1993 ,32 :112 - 117.

2. 黎兴江. 丛藓科[M].//高谦. 中国苔藓志 :第 2 卷. 北

京 :科学出版社 ,1996 :133 - 244.

3. Saito K ,Hirohama T. A comparative study of the spores of taxa in Pottiaceae by use of the scanning electron microscope[J]. J Hattoori Bot Lab ,1974 ,38 :475 - 488.

4. Boros A ,Júrai-komlódi M. An atlas of recent Europaen bryophyte spores(second edition) [M]. Budapest :Academic Press(Akademiai Nuyomda) ,1993.

5. 辽宁省林业土壤研究所. 东北藓类志[M]. 北京 :科学出版社 ,1977 :94 - 105.

6. 吴鹏程,王虹. 卵叶盐土藓的生物学观察[J]. 植物学报 ,1994 ,36(增刊) :230 - 232.

7. 谢树莲,凌元洁,裴建文,等. 7 种丛藓科孢子形态的研究[J]. 武汉植物学研究 ,1994 ,12(1) :7 - 12.

8. 杜桂森,张玉龙,汪楣芝. 中国丛藓科六种植物孢子形态的研究[J]. 植物学通报 ,1998 ,15(3) :57 - 60.

9. 杜桂森,汪洪杰. 五种中国藓类孢子的形态研究[J]. 电子显微学报 ,1997 ,16(1) :6 - 10.

10. 杜桂森,汪楣芝,张玉龙. 23 种顶蒴藓类孢子形态的观察[J]. 云南植物研究 ,2000 ,22(3) :277 - 281.

11. 杜桂森,汪洪杰,汪楣芝. 藓类孢子形态观察[J]. 电子显微学报 ,2001 ,20(4) :503 - 504.

12. 白学良. 内蒙古苔藓志[M]. 呼和浩特 :内蒙古大学出版社 ,1997 :199 - 226.

13. 黎兴江. 丛藓科[M]. //中国科学院云南植物研究所. 云南植物志 :第 18 卷. 北京 :科学出版社 ,2002 :224 - 311.

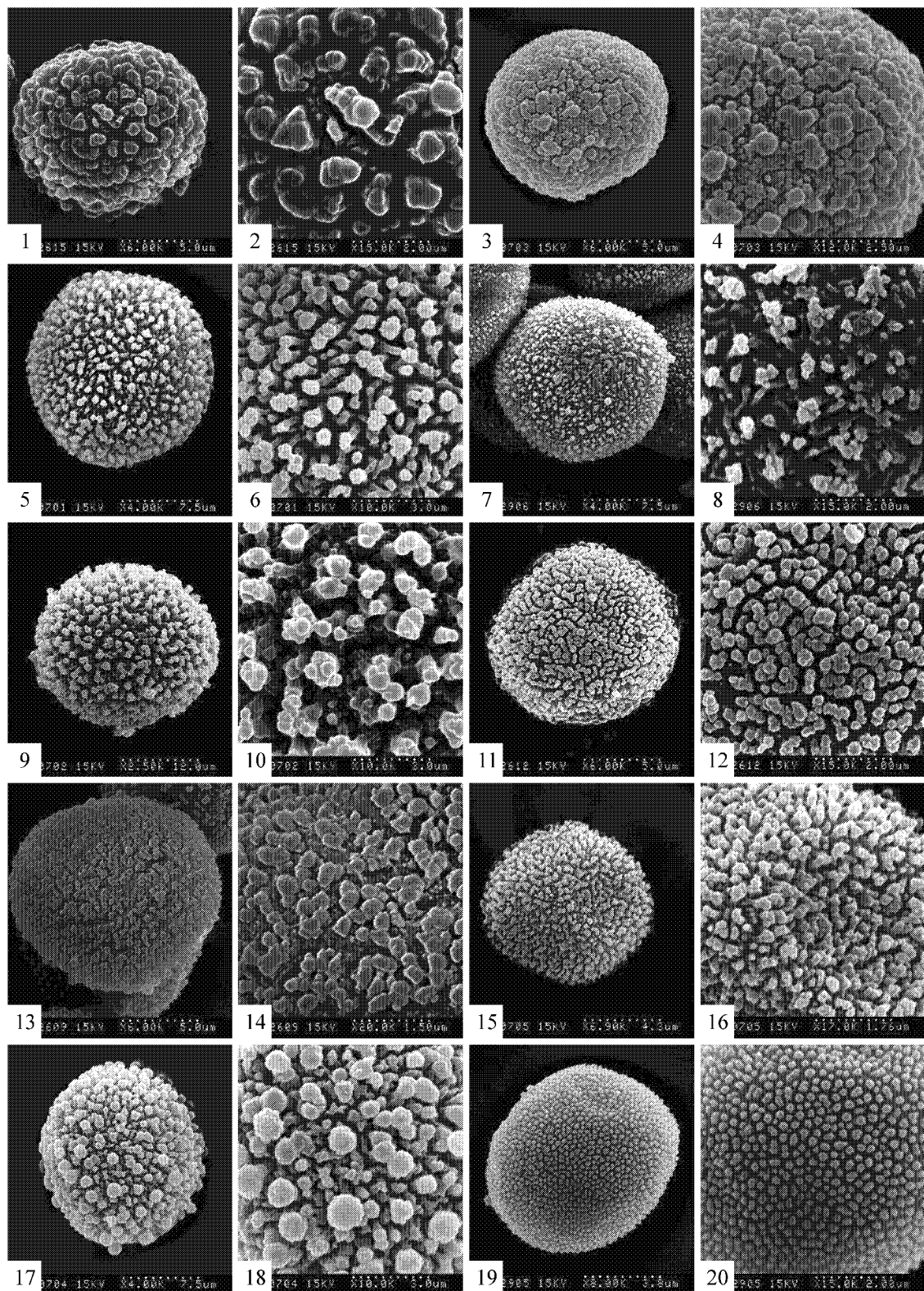
14. 裴林英,贾渝,赵遵田. 七种中国珠藓科植物孢子形态研究[J]. 云南植物研究 ,2006 ,28(5) :481 - 487.

15. Yu J ,Wang Q X ,Cao T. Preliminary study of spore types of Chinses mosses[J]. Bulletin of Botanical Research ,2003 ,23(3) :312 - 316.

16. 吴鹏程. 苔藓植物生物学[M]. 北京 :科学出版社 ,1998 :48 - 60.

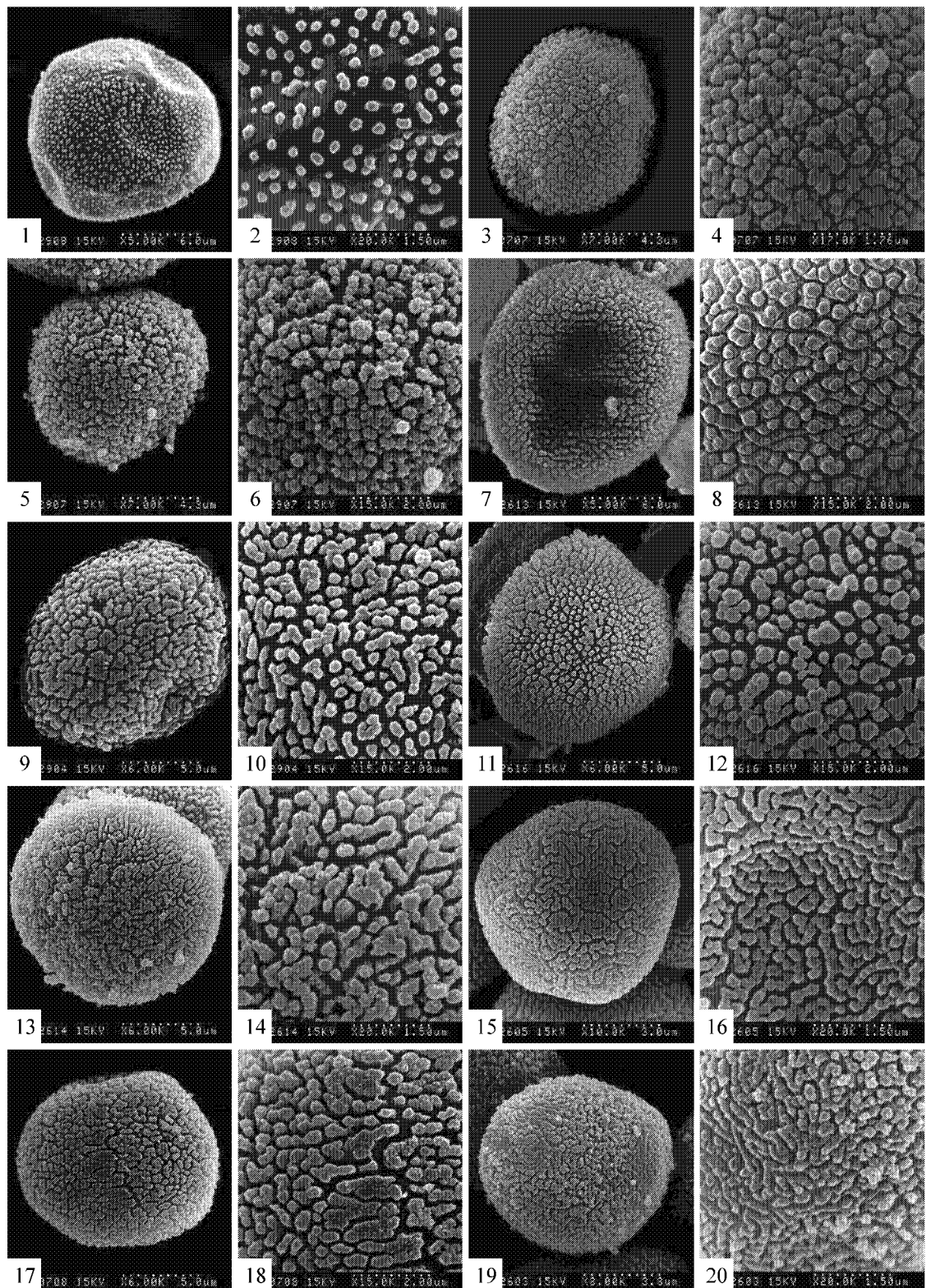
17. Hilpert F. Studien zur Systematik der Trichostomaceae[J]. Bot Centralb Beih ,1933 ,50(2) :585 - 592.

18. Zander R H. A synopsis of *Bryoerythrophyllum* and *Morinia* (Pottiaceae) in the New World[J]. Bryologist ,1978 ,81(4) :539 - 560.



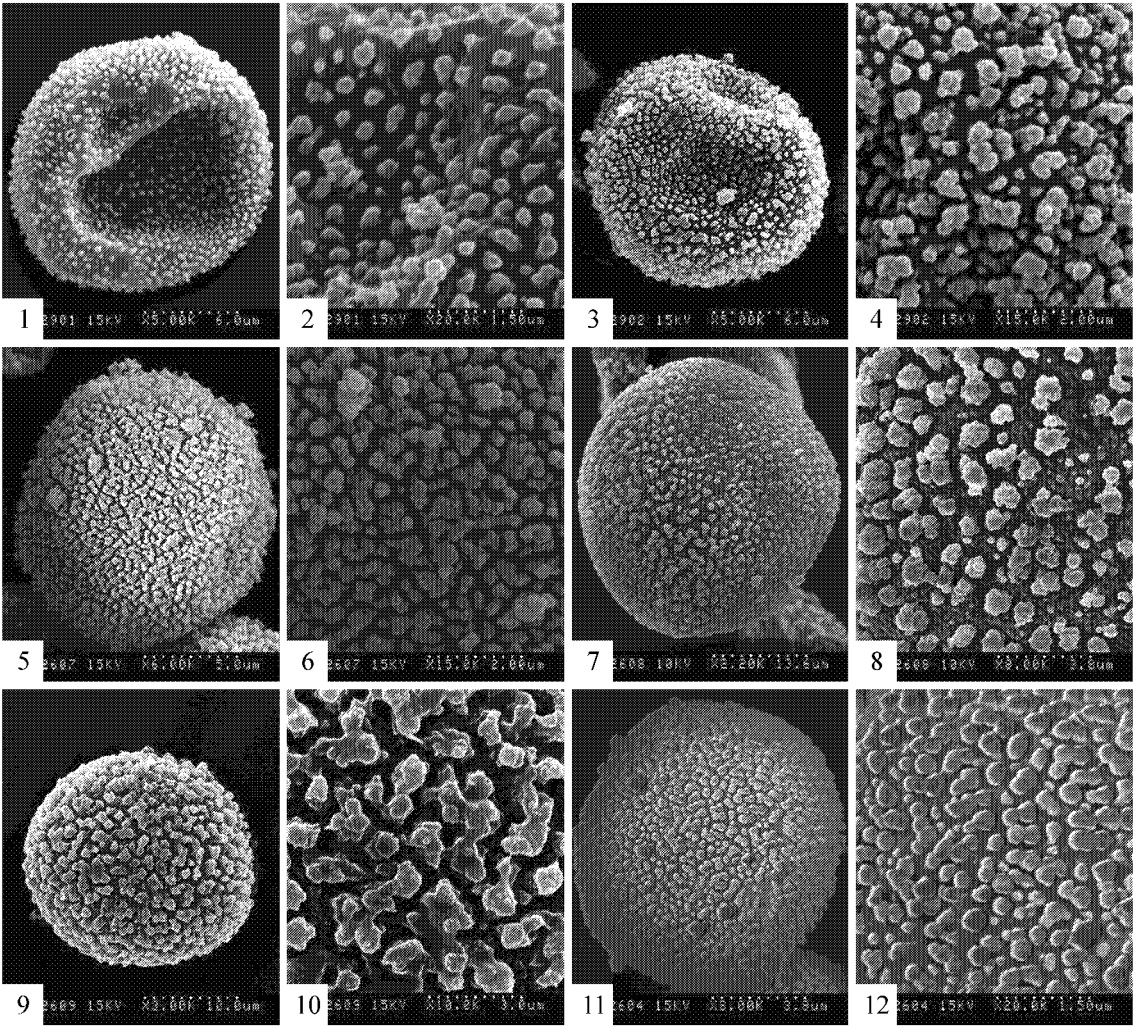
图版 I 1 2. 高山大丛藓 3 4. 扭叶丛本藓 5 6. 钝叶小石藓 7 8. 缺齿小石藓 9 10. 皱叶小石藓 11 12. 反扭藓 13 14. 小反扭藓 15 16. 卷叶湿地藓 17 18. 四川湿地藓 19 20. 扭口藓 (1 3 5 7 9 11 13 15 17 19. 孢子形态 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20. 表面纹饰)

Plate I 1 2. *Molendia sendtneriana* (B. S. G.) Limpr. ; 3 4. *Anoetangium stracheyanum* Mitt. ; 5 6. *Weissia newcomeri* (Bartr.) Saito ; 7 8. *Weissia edentula* Mitt. ; 9 10. *Weissia crispa* (Hedw.) Mitt. ; 11 12. *Timmiella anomala* (B. S. G.) Limpr. ; 13 14. *Timmiella diminuta* (C. Muell.) Chen ; 15 16. *Hyophila involuta* (Hook.) Jaeg. ; 17 18. *Hyophila setschwanica* (Broth.) Hilp ex Chen ; 19 20. *Barbula unguiculata* Hedw. (1 3 5 7 9 11 13 15 17 19. Shape of spore ; 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20. Exine ornamentation of spore)



图版 II 1 2. 小扭口藓 3 4. 硬叶对齿藓长尖变种 5 6. 尖叶对齿藓 7 8. 红叶藓 9 10. 无齿红叶藓 11 12. 云南红叶藓垫状变种 13 , 14. 大红叶藓 15 16. 褶叶小墙藓 17 18. 芦荃藓 19 20. 芦荃藓斜叶变种 (1 3 5 7 9 11 13 15 17 19. 孢子形态 2 4 6 8 10 12 , 14 16 18 20. 表面纹饰)

Plate II 1 2. *Barbula indica* (Hook.) Spreng. ; 3 4. *Didymodon rigidulus* var. *ditrichoides* (Broth.) Zand. ; 5 6. *Didymodon constrictus* (Mitt.) Saito ; 7 8. *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) Chen ; 9 10. *Bryoerythrophyllum gymnostomum* (Broth.) Chen ; 11 12. *Bryoerythrophyllum yunnanense* var. *pulvianx* (Herz.) Chen ; 13 14. *Bryoerythrophyllum rubrum* (Jur.) Chen ; 15 16. *Weisiposis anomala* (Broth. et Par.) Broth. ; 17 18. *Aloina rigida* (Hedw.) Limpr. ; 19 20. *Aloina rigida* var. *obliquifolia* (C. Muell.) Delgad. (1 3 5 7 9 11 13 15 , 17 19. Shape of spore ; 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20. Exine ornamentation of spore)



图版Ⅲ 1 2. 脆尖赤藓 3 4. 疏齿墙藓 5 6. 高山赤藓 7 8. 泛生链齿藓 9 10. 灰白墙藓 11 12. 无疣墙藓 (1 3 5 7 9 11. 孢子形态 2 4 6 8 10 12. 表面纹饰)

Plate III 1 2. *Syntrichia fragilis*(Tayl.) Ochyra ; 3 4. *Syntrichia norvegica* Web. ; 5 6. *Syntrichia sinensis*(C. Muell.) Ochyra ; 7 8. *Tortula laureri*(Schultz.) Lindb. ; 9 10. *Tortula leucostoma*(R. Brown) Hook. et Grev. ; 11 12. *Tortula mucronifolia* Schwaegr. (1 3 5 7 9 11. Shape of spore ; 2 4 6 8 10 12. Exine ornamentation of spore)