

## 八种青藓科植物蒴齿及孢子的超微形态研究

何红燕<sup>1,3</sup>, 熊源新<sup>1\*</sup>, 石磊<sup>2</sup>, 贾鹏<sup>2</sup>

(1. 山西省襄垣一中, 山西长治 046000; 2. 贵州大学林学院, 贵阳 550025; 3. 贵州大学生命科学学院, 贵阳 550025)

**摘要:** 利用扫描电镜观察了八种青藓科植物孢子及蒴齿的形态, 青藓科植物的孢子纹饰多以芽孢状和瘤状突起为主, 孢子的大小、外壁纹饰的差异显示了不同种之间的遗传分化及系统演化。青藓属外齿层腹面中部分为四种类型: 光滑无疣、颗粒状疣、短刺状小疣、棒状和芽孢状疣, 外齿层中上部的特征属与属之间存在差异, 该研究可为分类鉴定提供一定的依据。

**关键词:** 藓类孢子; 蒴齿; 纹饰; 演化关系

**中图分类号:** Q949.35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)02-0188-06

## Morphological studies on the spores and peristomal teeth of eight moss species in Brachytheciaceae

HE Hong-Yan<sup>1,3</sup>, XIONG Yuan-Xin<sup>1\*</sup>, SHI Lei<sup>2</sup>, JIA Peng<sup>2</sup>

(1. No.1 Middle School of Xiangyuan, Changzhi 046000, China; 2. Institute of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Spores and peristomal teeth morphology of eight species in the moss family Brachytheciaceae was observed by scanning electron microscope (SEM). The surface ornamentations were spore and tuberculate mainly. It showed heredity differentiation and evolution relationship among the different species from spores size and exine ornamentation. The ventral central of exostomes in Brachythecium can be divided into four types: smooth; irregularly tuberculate; short puncture; tuberculate and spore. Differentiation existed among the different genera in the middle and upper of exostome, which provided some basis for taxonomic identification.

**Key words:** spores of mosses; peristomal teeth; Ormentation; evolution relationship

青藓科 (Brachytheciaceae) 植物适应性强, 生于各种不同的基质上, 世界各地均有广泛的分布, 其种类繁多, 目前世界记录有 43 属, 571 种 (Crosby 等, 1999), 我国有记录报道的约 12 属, 120 种 (王幼芳等, 1998, 2000)。苔藓植物的孢子是无性生殖细胞, 由孢子母细胞经减数分裂形成。在形态上具有多样性, 在遗传上具有稳定性。对其形态结构进行研究, 对于探讨苔藓植物的分类和系统演化有着重要意义。目前, 国内外对苔藓植物孢子形态的研究较少, 主要原因是材料不易收集, 孢子体积小, 孢壁很薄,

容易褶皱, 部分种类纹饰不明显, 在光镜下观察相对比较困难。

国外苔藓孢子形态方面研究的专著有 G. Erdtman 的《孢粉形态与植物分类》(II, III), Boros (1993) 的《现代欧洲苔藓孢子图谱》。结合植物分类和演化的研究、专科专属的研究、或者对某地区或国家某些种类的孢子进行研究, Hirohama (1976; 1977a, b; 1978a, b) 对曲尾藓科 (Dicranaceae)、珠藓科 (Bartramiaceae)、Discellaceae、天命藓科 (Ephemeraceae)、葫芦藓科 (Funariaceae) 中一些种类孢子

收稿日期: 2010-09-25 修回日期: 2010-12-13

基金项目: 国家自然科学基金 (30860024) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (30860024)]

作者简介: 何红燕 (1982-), 女, 山西长治人, 硕士研究生, 从事植物学研究, (E-mail) hongyanhebotany@163.com.

\* 通讯作者: 熊源新, 教授, 从事苔藓植物学研究, (E-mail) xiongyx@vip.sina.com.

的研究。Luizi-ponzo(1998, 1999)对巴西的 Bruchiaceae 和曲尾藓科孢子研究, 以及 Miyoshi 对日本的苔藓孢子的研究, Udar(1984)和 Gupta(1986)对印度的某些苔类孢子进行了研究等。关于青藓科(Brachytheciaceae)孢子形态的研究, 1993年 Boros 对欧洲产 8 属 14 种作了详细的报导, 其中两种 *Homalothecium lutescens* 和 *Brachythecium rutabulum* 是在扫描电镜下观察研究的。

中国关于苔藓孢子的研究开展较迟, 从 1978 年吴鹏程和张玉龙等开始孢子形态研究, 并于 2006 年出版了《中国苔藓植物孢子形态》; 于晶等(2001)在扫描电镜下研究 57 科 175 属 390 种藓类植物的孢子, 312 种为初次报道。还有一些孢子形态研究与系统演化的报道(高谦等, 2000; 杜桂森等, 1998, 2001; 于晶等, 2001)。于晶对采自我国 12 省的 17 种青藓科植物进行了研究, 对孢子大小、形态、表面纹饰做了详细的描述。笔者选取 8 种未见报道的青藓科的植物在扫描电镜下进行观察研究, 为探讨藓类的系统分类鉴定提供辅助性的资料和依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

藓类材料由贵州大学生命科学学院植物标本室提供, 凭证标本存放于该标本室。(1)深绿褶叶藓: 多生于林下树干和石头上, 分布于中国、南亚、中亚、及欧洲中部, 标本号 B. M. 008062; (2)斜枝长喙藓: 多生于树干、岩土表面, 分布于中国和日本, 标本号 B. M. 000164; (3)水生长喙藓: 多生于岩石表层, 分布于中国及北半球。标本序号 YH-17-5-1; (4)缩叶长喙藓: 多生于岩土表面, 分布于中国、日本、朝鲜, 标本号 B. M. 001805; (5)青藓: 多生于树干和岩石表面, 分布于中国和日本, 标本号 B. M. 001154; (6)同枝青藓: 多生于岩面薄土表面, 只分布于中国, 为中国特有种, 标本号 TC050922466; (7)林地青藓: 多生于林下岩土表面, 分布于中国、俄罗斯(高加索、西伯利亚)、欧洲、北美, 标本号 B. M. 010801; (8)柔叶青藓: 多生于石头和岩土表面, 分布于中国、日本, 标本号 F081124(胡人亮等, 2005)。

### 1.2 方法

1.2.1 蒴齿的处理方法 将收集的青藓科植物的孢蒴放入小玻璃管里加少许冰醋酸浸泡, 泡软后将孢蒴捣破, 离心沉淀, 倒去冰醋酸, 然后再加入冰醋酸

硫酸(9:1)混合液, 将离心管放入水浴锅中加热, 待分解后, 离心沉淀, 倒去混合液加入蒸馏水洗 2~3 次, 加入 50% 的甘油, 将甘油和孢粉一起倒回小玻璃管里加防腐剂保存, 将材料取出少许, 用甘油胶制片, 以加拿大树胶封边, 制成长久固定观察片(Erdtman, 1952; Afzelius, 1957)。

1.2.2 孢子的处理方法 将采集的青藓科植物的孢子经过变色硅胶干燥处理 24h 后将孢子放在已贴在载玻片上的双面胶纸上, 在显微镜下检查是否有孢子, 再贴于扫描电镜载物台上, 喷金镀膜, 在扫描电镜下观察(Erdtman, 1952; Afzelius, 1957)。

### 1.3 实验仪器

S-3400N 电镜扫描仪, Hitachi E1010 型电子测射仪(由贵州大学南校区分析测试中心提供)。

## 2 研究结果

### 2.1 深绿褶叶藓 *Palamocladium euchloron*

孢子球形或近球形, 大小约 22.8  $\mu\text{m}$ , 在 SEM 下, 近极面和远极面纹饰有明显不同, 近极面是皱块状突起, 远极面是疣状突起, 大疣间均匀分散着小芽孢, 外齿层中部有鹿角状的网纹, 可以看见指状的疣突起(图版 I: 1-4; 图版 II: 1)。

### 2.2 斜枝长喙藓 *Rhynchostegium inclinatum*

孢子椭圆形, 大小约 9.6  $\mu\text{m}$ , 在 SEM 下孢子表面纹饰是芽孢状突起, 大小相近, 部分褶皱处较光滑。外齿层基部有 6~8 层的横纹。外齿层上部排列不规则的刺状突起(图版 I: 5; 图版 II: 2-3)。

### 2.3 水生长喙藓 *Rhynchostegium riparioides*

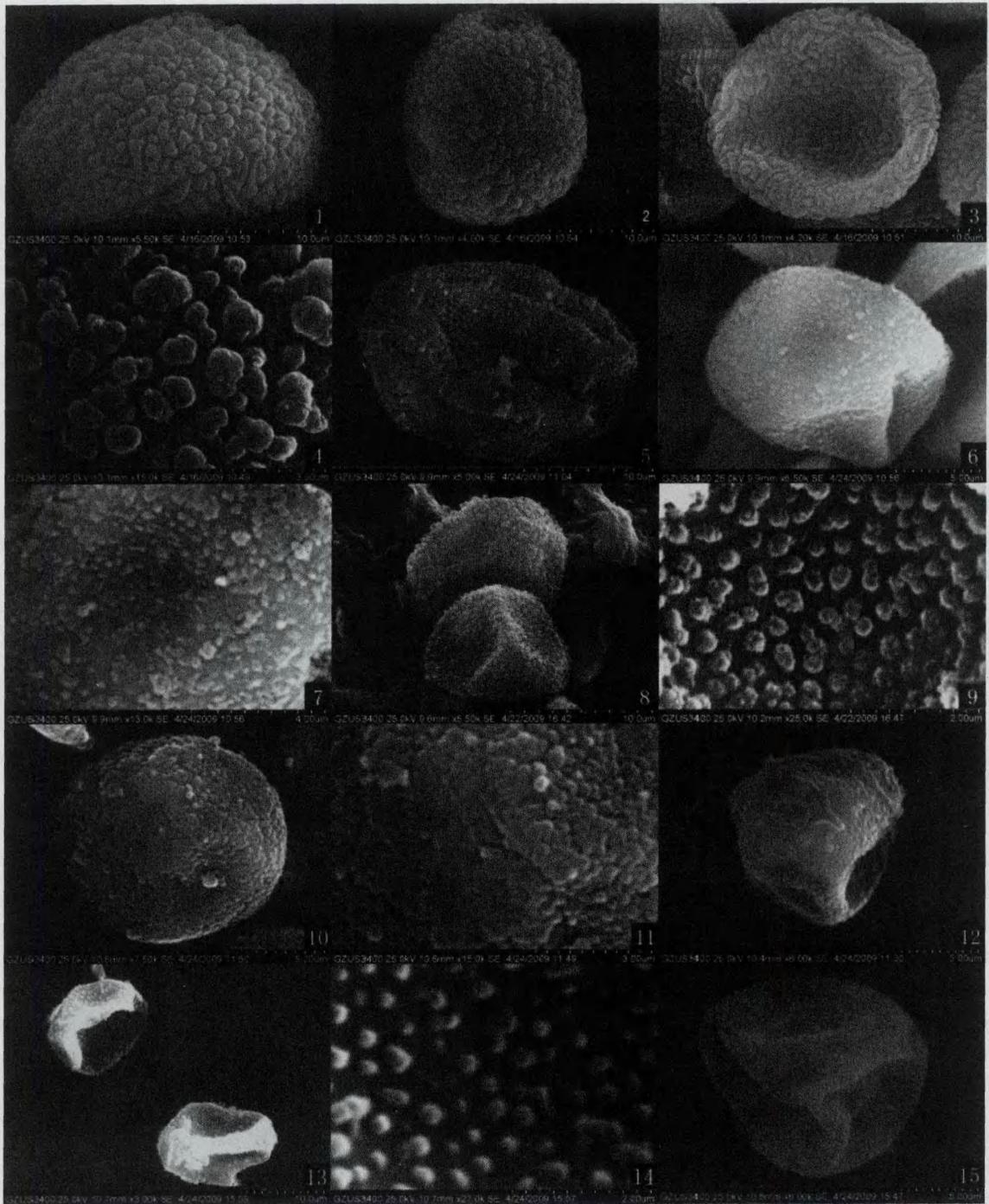
孢子椭圆形, 在 SEM 下孢子表面纹饰密疣状或者稀疏瘤状, 外齿层腹面中上部有排列紧密的棒状突起。内齿层齿条表面较光滑, 可见圆形的微凸起。内齿层的基部愈合, 内齿条具宽阔的穿孔, 齿毛未退化, 齿毛三条较短(图版 I: 6-7; 图版 II: 4-6)。

### 2.4 青藓 *Brachythecium pulchellum*

孢子近球形, 大小约 14.1  $\mu\text{m}$ , 孢子表面是颗粒状突起, 小芽孢上有刺状的微突起, 外齿层基部有 6~7 层的横纹, 外齿层腹面光滑, 尖部有排列稀疏的刺状突起(图版 I: 8-9; 图版 II: 7-10)。

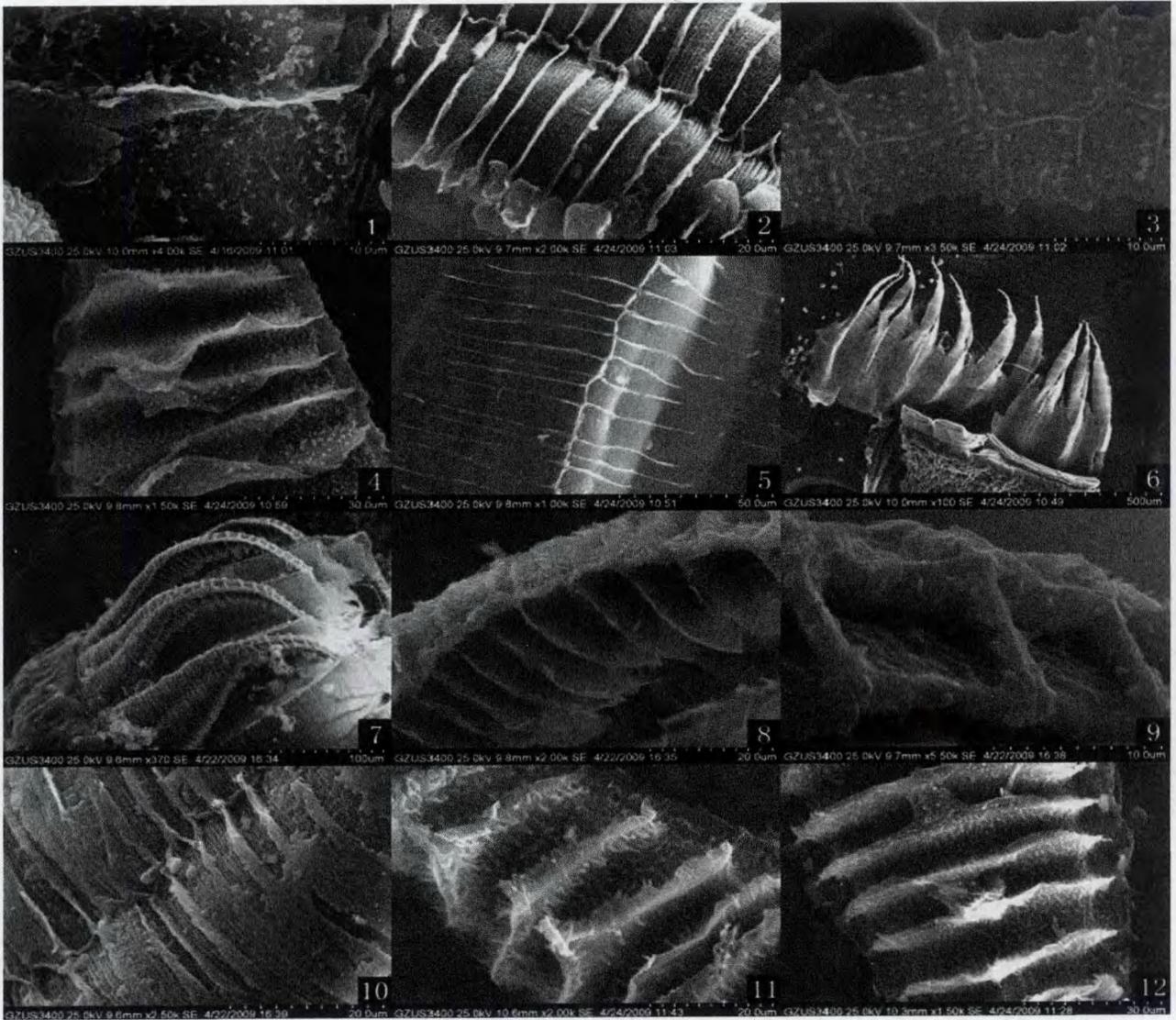
### 2.5 同枝青藓 *Brachythecium homocladum*

孢子球形, 大小约 10.5  $\mu\text{m}$ , 表面纹饰是颗粒状突起, 排列十分紧密, 有些部位连接成一片, 外齿层腹面中部以上有指状的突起, 每个突起的指状分叉



图版 I 1-4. 深绿褶叶藓 1. 孢子( $\times 55\ 000$ ), 2. 远极面( $\times 4\ 000$ ), 3. 近极面( $\times 4\ 200$ ), 4. 孢子纹饰( $\times 15\ 000$ ); 5. 斜枝长喙藓的孢子( $\times 5\ 000$ ); 6-7. 水生长喙藓 6. 孢子( $\times 6\ 500$ ), 7. 孢子纹饰( $\times 13\ 000$ ); 8-9. 青藓 8. 孢子( $\times 5\ 500$ ), 9. 孢子纹饰( $\times 25\ 000$ ); 10-11. 同枝青藓 10. 孢子( $\times 7\ 500$ ), 11. 孢子纹饰( $\times 15\ 000$ ); 12. 林地青藓的孢子( $\times 6\ 000$ ); 13-14. 缩叶长喙藓 13. 孢子( $\times 3\ 000$ ), 14. 孢子纹饰( $\times 27\ 000$ ); 15. 柔叶青藓的孢子( $\times 6\ 000$ )。

Plate I 1-4. *Palamocladium euchloron* 1. spore( $\times 55\ 000$ ), 2. distal face of spore( $\times 4\ 000$ ), 3. proximal face of spore( $\times 4\ 200$ ), 4. spore ornamentation( $\times 15\ 000$ ); 5. *Rhynchoszegium inclinatum* spore( $\times 5\ 000$ ); 6-7. *Rhynchoszegium riparioides* 6. spore( $\times 6\ 500$ ), 7. spore ornamentation( $\times 13\ 000$ ); 8-9. *Brachythecium pulchellum* 8. spore( $\times 5\ 500$ ), 9. spore ornamentation( $\times 25\ 000$ ); 10-11. *Brachythecium homocladum* spore( $\times 7\ 500$ ), 11. spore ornamentation( $\times 15\ 000$ ); 12. *Brachythecium starkei* spore( $\times 6\ 000$ ); 13-14. *Rhynchoszegium contractum* 13. spore( $\times 3\ 000$ ), 14. spore ornamentation( $\times 27\ 000$ ); 15. *Brachythecium moriense* spore( $\times 6\ 000$ ).



图版 II 1. 深绿褶叶藓的外齿层齿片中部( $\times 4\ 000$ ); 2-3. 斜枝长喙藓 2. 外齿层齿片基部( $\times 2\ 000$ ), 3. 外齿层齿片中上部( $\times 3\ 500$ ); 4-6. 水生长喙藓 4. 外齿层齿片腹面中部( $\times 1\ 500$ ), 5. 蒴齿齿片腹面( $\times 140$ ), 6. 内齿层( $\times 100$ ); 7-10. 青藓 7. 蒴齿( $\times 370$ ), 8. 外齿中部( $\times 2\ 000$ ), 9. 外齿层中部( $\times 5\ 500$ ), 10. 外齿层基部( $\times 2\ 500$ ); 11. 同枝青藓的外齿层齿片腹面中部( $\times 2\ 000$ ); 12. 林地青藓的外齿层齿片腹面中部( $\times 1\ 500$ ).

Plate II 1. *Palamocladium euchloron* the middle of exostome( $\times 4\ 000$ ); 2-3. *Rhynchostegium inclinatum* 2. basilar of exostome( $\times 2\ 000$ ), 3. middle and upper of exostome( $\times 3\ 500$ ); 4-6. *Rhynchostegium riparioides* 4. ventral central of exostomes( $\times 1\ 500$ ), 5. ventral of peristomal teeth( $\times 140$ ), 6. endostomium( $\times 100$ ); 7-10. *Brachythecium pulchellum* 7. peristomal teeth( $\times 370$ ), 8. middle of exostome( $\times 2\ 000$ ), 9. middle of exostome orientation tome( $\times 5\ 500$ ), 10. basilar of exostome( $\times 2\ 500$ ); 11. *Brachythecium homocladum* the ventral central of exostomes( $\times 2\ 000$ ); 12. *Brachythecium starkei* the ventral central of exostomes( $\times 1\ 500$ ).

明显,有一定的扭曲(图版 I :10-11;图版 II :11)。

## 2.6 林地青藓 *Brachythecium starkei*

孢子球形,孢子表面纹饰是颗粒状突起,外齿层腹面中部有短刺状小突起(图版 I :12;图版 II :12;图版 III :13)。

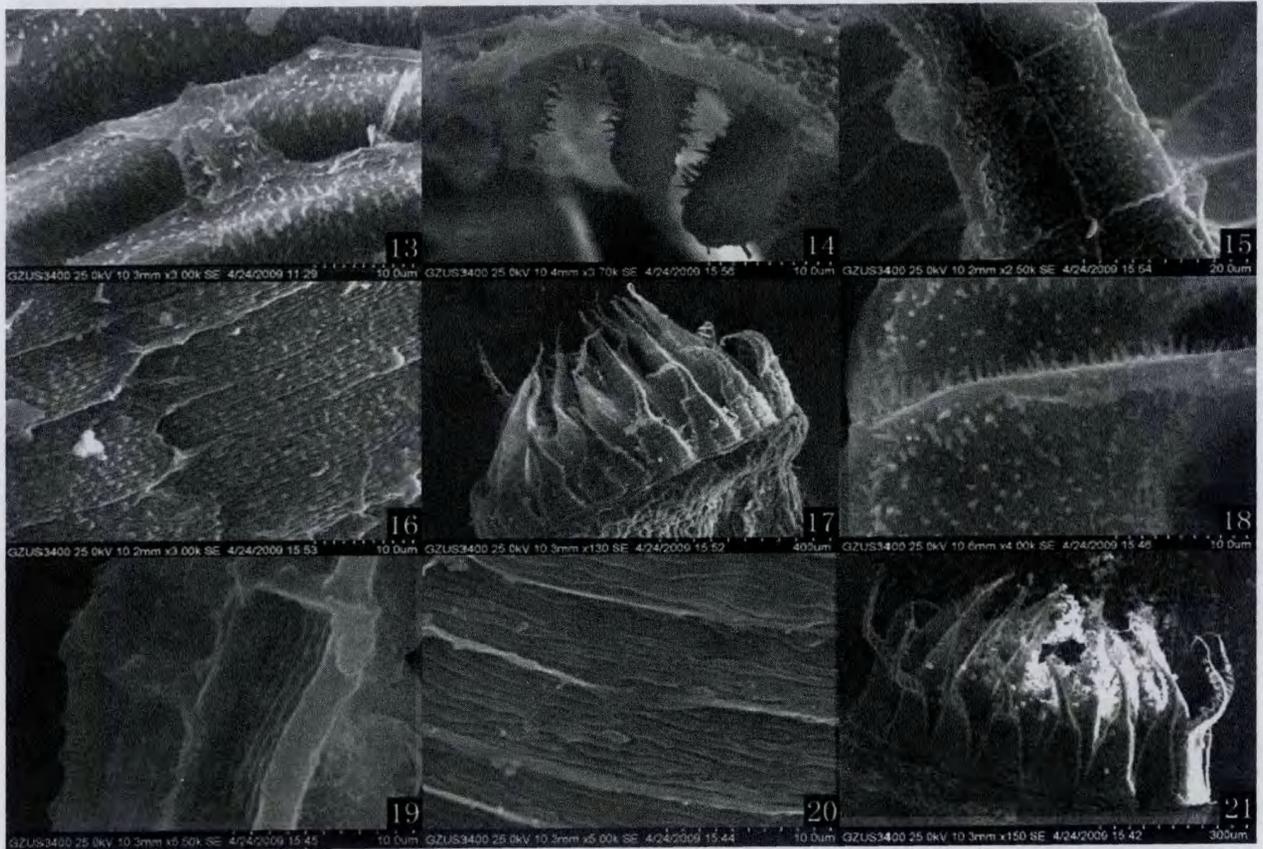
## 2.7 缩叶长喙藓 *Rhynchostegium contractum*

孢子椭圆形,大小约  $13.0\ \mu\text{m}$ ,表面颗粒状突

起,部分褶皱区域纹饰有脱落现象,外齿层腹面中上部有长刺状突起,背面观外齿基部节片有 9~13 的横纹,尖部具刺状突起、鼓槌状,两类混合在一起不易分辨(图版 I :13-14;图版 III :14-17)。

## 2.8 柔叶青藓 *Brachythecium moriense*

孢子近球形,大小约  $12.5\ \mu\text{m}$ ,在 SEM 下,近极面和远极面纹饰有明显不同,近极面是拟网状纹饰,



图版 III 13. 林地青藓的外齿层齿片腹面中部( $\times 3\ 000$ ); 14-17. 缩叶长喙藓 14. 外齿层齿片腹面中部( $\times 3\ 700$ ), 15. 外齿层齿片中上部( $\times 2\ 500$ ), 16. 外齿层齿片基部( $\times 3\ 000$ ), 17. 蒴齿( $\times 130$ ); 18-21. 柔叶青藓 18. 外齿层齿片腹面中部( $\times 4\ 000$ ), 19. 外齿层齿片中上部( $\times 5\ 500$ ), 20. 外齿层齿片基部( $\times 5\ 000$ ), 21. 蒴齿内外齿层( $\times 150$ )。

Plate III 13. *Brachythecium starkei* the ventral central of exostomes( $\times 3\ 000$ ); 14-17. *Rhynchoszegium contractum* 14. ventral central of exostomes( $\times 3\ 700$ ), 15. middle and upper of exostome( $\times 2\ 500$ ), 16. basilar of exostome( $\times 3\ 000$ ), 17. peristomal teeth( $\times 130$ ); 18-21. *Brachythecium moriense* 18. ventral central of exostomes( $\times 4\ 000$ ), 19. middle and upper of exostome( $\times 5\ 500$ ), 20. basilar of exostome( $\times 5\ 000$ ), 21. peristomal teeth( $\times 150$ ).

远近面是颗粒状突起, 外齿层腹面中上部是棒状、芽孢状突起。外齿正面观上部排列稀疏的芽孢状突起。内齿层基部愈合, 具穿孔, 齿毛未退化(图版 I: 15; 图版 III: 18-21)。

### 3 讨论

杜桂森等(1998, 2001a, b)和本实验观察结果发现: 青藓科植物的孢子纹饰多以芽孢状和瘤状突起为主。颗粒状、芽孢状(有的称瘤状)纹饰在系统演化上也近乎处于同一水平, 从孢子角度看是一个自然类群, 它们在科级水平上具有很高的相似性, 整个科在孢子形态可以与其它科分开, 这与 Clake (1979)的观点相符。但属之间、种之间有纹饰有差

别(Boros 等, 1993)。青藓属的青藓、同枝青藓、林地青藓、柔叶青藓均是颗粒状纹饰, 与于晶(2001)研究的青藓属 4 种 (*Brachythecium brotheri*, *B. buchananii*, *B. plumosum*, *B. populeum*) 结果一致, 说明青藓属中多数种孢子表面是颗粒状纹饰。深绿褶叶藓纹饰近极面和远极面纹饰有明显不同, 近极面是皱块状突起, 远极面是疣状突起, 大疣间均匀的分散着小芽孢突起, 是否是褶叶藓属代表特征还有待进一步的讨论研究。

苔藓孢壁纹饰由简单向复杂方向演化, 突起上面有微突起和小颗粒的是较进化类型(张玉龙等, 1998)。从种的水平观察本实验选取的 8 种青藓科藓类植物, 青藓、同枝青藓、林地青藓、缩叶长喙藓和柔叶青藓的孢壁纹饰相近, 皆为颗粒状突起; 深绿褶

叶藓和水生长喙藓的孢壁纹饰为疣状突起;因此,不可能仅凭孢子特征将这些种分开,这一结果与 Ignatov & Koponen (1996)的研究结果具有相似性。

青藓属植物外齿层齿片下部具有横纹,上部有疣,具密生的横隔,本次实验改变传统的观察角度在 SEM 下研究了青藓、同枝青藓、林地青藓和柔叶青藓外齿腹面中部分别是光滑无疣、颗粒状疣、短刺状小疣、棒状和芽孢状疣;为分类鉴定提供依据。

外齿层齿片的中部或上部在属与属之间存在差异,青藓属(*Brachythecium*)与长喙藓属(*Rhynchoszegium*)在本次实验中较明显,青藓与柔叶青藓外齿中部疣突起少;相反,斜枝长喙藓与缩叶长喙藓外齿中部疣突起较多且密集。

据笔者观察蒴齿超微形态方面的特征,可为青藓科的分类鉴定提供一些依据,蒴齿超微形态特征在种或种以上单位的分类中起到一定作用。

#### 参考文献:

- 张玉龙,吴鹏程. 1998. 苔藓植物生物学[M]. 北京:北京科学出版社:48-60
- 张玉龙,吴鹏程. 2006. 中国苔藓植物孢子形态[M]. 青岛:青岛出版社:15-16
- 胡人亮,王幼芳. 2005. 中国苔藓志:第七卷:灰藓目[M]. 北京:科学出版社:82-182
- Afzelius, BM. 1957. On new methods in physical cell research and their application in studies of pollen grains and spores[M]//Uppsala; Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy, vol. 1
- Boros AM, Járjai-Komlódi, Z. Toth, et al. 1993. An atlas of recent european bryophyte spores (Second Edition) [M]. Academic Press(Akadémiai Nyomda), Budapest: 1-321
- Clarke GCS. 1979. Spore morphology and bryophyte systematics [M]//Clarke GCS, Duckett AE(eds). Bryophyte Systematics. London: Academic Press, II: 231-250
- Crosby MR. 1999. A checklist of the mosses[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden.
- Du GS(杜桂森), Zhang YL(张玉龙), Wang MZ(汪楣芝). 1998. Study on spore morphology of 6 species of the family Pottiaceae in China(中国丛藓科六种植物孢子形态的研究)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), 15(3): 57-60
- Du GS(杜桂森), Wang MZ(汪楣芝), Bai XL(白学良), et al. 2001. Morphology and structure studies on the spores of eight species of mosses in China(八种藓类孢子的形态结构研究)[J]. *J Capital Normal Univ*(首都师范大学学报), 22(4): 41-47
- Du GS(杜桂森), Wang HJ(汪洪杰), Wang MZ(汪楣芝). 2001. Observation on spores morphology of mosses(藓类孢子形态的观察)[J]. *J Chinese Electron Microscopy Society*(电子显微学报), 20(4): 503-50
- Erdtman G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy: Angi-nas[J]. *Sperms*, 2: 127-128
- Gao C(高谦), Cao T(曹同), Fu X(付星). 2000. Types of spore dispersal of mosses in relation to evolution system(藓类植物孢类型及其系统演化关系)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 22(3): 268-276
- Gupta AR, Udar. 1986. Palyno-taxonomy of selected Indian liver-worts[J]. *Bryophytorum Bibliotheca*, 29: 7-116
- Hirobama T. 1976. Spore morphology of bryophytes observed by scanning electron microscopy, I. Dicranaceae[J]. *Bull Nat Sci Mus Tokyo, ser. B Bot*, 2: 61-72
- Hirobama T. 1977a. Spore morphology of bryophytes observed by scanning electron microscopy, II. Bartramiaceae[J]. *Bull Nat Sci Mus Tokyo, ser. B Bot*, 3: 37-44
- Hirobama T. 1977b. Spore morphology of bryophytes observed by scanning electron microscopy, III. Orthotrichaceae[J]. *Bull Nat Sci Mus Tokyo, ser. B. Bot*, 3: 113-122
- Hirobama T. 1978a. Spore morphology of bryophytes observed by scanning electron microscopy, IV. Grimmiaceae[J]. *Bull Nat Sci Mus Tokyo, ser. B Bot*, 4: 33-42
- Hirobama T. 1978b. Spore morphology of bryophytes observed by scanning electron microscopy, V. Discolaceae, Ephemeraceae and Funariaceae[J]. *Bull Nat Sci Mus Tokyo, ser. B Bot*, 4: 33-42
- Ignatov MS, Koponen T. 1996. On the taxonomy of some East Asian Brachythecium (Brachytheciaceae, Musci) [J]. *Ann Bot Fenn*, 33: 285-301
- Luizi-Ponzo AP, Barth OM. 1998. Spore morphology of some Bruchi-aceae species(bryopyta) from Brazil[J]. *Grana*, 37(4): 222-227
- Luizi-Ponzo, AP, Barth OM. 1999. Spore morphology of some Dicra-naceae species(bryopyta) from Brazil[J]. *Grana*, 38(1): 42-49
- Udar R, Srivastava SC. 1984. Scanning electron microscopy of spores of some Indian liverworts[J]. *J Hattori Bot Lab*, 56: 97-103
- Wang YF(王幼芳), Hu RL(胡人亮). 1998. Notes on Chinese Brachytheciaceae(I)(中国青藓科研究资料(I))[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 36(3): 255-267
- Wang YF(王幼芳), Zhu J(朱俊), Hu RL(胡人亮). 2000. Notes on the Chinese Brachytheciaceae(II)(中国青藓科研究资料(II))[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 38(5): 472-485
- Yu J(于晶), Wang YF(王幼芳), Wang QX(王全喜), et al. 2001. Study on spore morphology of Brachytheciaceae in China(中国青藓植物孢子形态的研究)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), 19(4): 85-92