植物学通报 2004, **21** (1): 84~90
Chinese Bulletin of Botany

中国四种卷柏科植物孢子的形态观察①

[1, 2] 刘家熙 [1] 阎秀峰

[1]（东北林业大学 哈尔滨 150040） [2](首都师范大学生物系 北京 100037)

摘 要 利用光学显微镜和扫描电子显微镜对睫毛卷柏（*Selaginella ciliaris* (Retz.) Spring）、甘肃卷柏（*S.kansuensis* Ching）、墨脱卷柏（*S.mutensis* Ching）、毛枝卷柏（*S.trichoclada* Alston）等4种中国产卷柏科（Selaginellaceae）植物的大、小孢子进行了详细的观察。结果表明，4种卷柏的大、小孢子在表面纹饰方面存在明显的差异，而在每一种内，孢子形态是基本稳定的。因此，孢子形态特征可以作为区分种的重要依据。4种卷柏的大、小孢子的孢壁多为混合纹饰类型，且近极面纹饰比远极面的细密。

关键词 卷柏科，孢子形态，扫描电子显微镜

Observations on the Spore Morphology of Four Species of Selaginellaceae from China

[1, 2]LIU Jia-Xi [1]YAN Xiu-Feng

[1](*Northeast Forestry University*, Harbin 150040)
[2](*Department of Biology, Capital Normal University*, Beijing 100037)

Abstract The spores of four species, *Selaginella ciliaris* (Retz.) Spring, *S.kansuensis* Ching, *S. mutensis* Ching and *S.trichoclada* Alston from China were observed under LM and SEM. The spores are tetrahedral-globose, trilete. The morphological characters of them are described in detail. The spore morphology of the four species is different from each other, especially in spore ornamentation. Of the *S.ciliari*s (Retz.) Spring, the megaspores have many narrow ridges on the proximal face, freely anastomosing, especcially on the distal face; the microspores are finely rugulate, with many even bacula. Of the *S.kansuensis* Ching, the surface of the megaspores is rather psilate; the microspores have radiative ridges on the proximal face, lacking micro-ornamentation, and have wide, coarsely verrucate-rugulate ornamentation on the distal face. Of the *S.mutensis* Ching, the megaspores have many dense granules or tubercles on the proximal face, irregular verrucae coalesce to form coarsely cristae on the distal face; the microspores have tubercles on the proximal face, more, bigger and denser tubercles with foveolae on the distal face. Of the *S.trichoclada* Alston, the megaspores have tubercles on the surface, sometimes anastomosing on the distal face; the microspores have short, sharp spinules

① 国家自然科学基金资助项目（39800011）。
作者简介：刘家熙，男，39 岁，理学硕士。首都师范大学生物系副教授，硕士生导师。长期从事植物系统与演化、发育植物学的教学与研究工作。主持国家自然科学基金资助项目、北京市自然科学基金资助项目、教育部高等学校骨干教师资助计划项目以及北京市教委科技发展项目多项，发表科研论文 40 余篇。
收稿日期：2002-11-26 接受日期：2003-06-20 责任编辑：白羽红

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

on the proximal face and wide, flat spinules anastomosing on the distal face, with obtuse apex. The surface ornamentation of spore seems to be stable within species and thus is of important value in the taxonomy of the genus *Selaginella*. The ornamentation of the spore is not easily characterized; however, some types can be recognized. There is generally denser and finer ornamentation on the proximal face than that on the distal face.

Key words Selaginellaceae, Spore morphology, SEM

卷柏科（Selaginellaceae）植物全世界约有750余种（Jermy，1990），我国约有60种左右*，其中20多种为药用植物（江苏省植物研究所和中国医学科学院药物研究所，1990）。卷柏科植物在维管植物中的重要性，是不能用现存植物的经济价值来衡量的。这一类植物在形态上的一致性和在维管植物演化上的意义，早已引起了许多植物分类学家的注意（Foster and Gifford, 1983）。但卷柏科植物是蕨类植物中分类较为困难的一群，因此卷柏种类鉴别和卷柏药材真伪识别工作难度很大。国内研究者在这方面做了不少工作，主要是从叶片特征、气孔形态与结构、孢子囊排列方式等微形态结构方面的特征进行描述与比较（常崇艳等，1999；2000a；赵迎春等，2001），还从小孢子或全株的所含元素方面进行X-射线微区分析（常崇艳等，2000b；2000c；肖新月等，2001a），旨在为卷柏分类和药材鉴定提供各方面有价值的资料。对卷柏科植物孢粉形态的研究在分类和系统发育上具有重要意义，往往能用来区别仅靠孢子体形态等特征难以区分的种类，同时也可以检查现行分类系统中各类群的自然性。刘保东等(1989)、肖新月等（2001b）、刘家熙等（2001）、孙晓红等（2002）在这方面做了很多工作。

本文旨在运用扫描电镜技术研究4种卷柏的大孢子和小孢子的形态特征，从而为卷柏科形态学和系统演化的研究提供依据。其中睫毛卷柏 *S.ciliaris* (Retz.) Spring、甘肃卷柏 *S.kansuensis* Ching、墨脱卷柏 *S.mutensis* Ching的大、小孢子形态为国内首次报道。由于毛枝卷柏 *S. trichoclada* Alston有药用价值，肖新月等（2001b）曾经研究过大孢子的形态特征，本文在研究大孢子形态特征的基础上，也对小孢子的形态特征进行了观察与描述，旨在补充卷柏科孢粉学资料，并为卷柏类药材的鉴定提供更为可靠的依据。

1 材料和方法

1.1 材料

4种卷柏的大、小孢子标本均取自中国科学院植物研究所标本馆（PE）腊叶标本（表1）。

1.2 方法

将自然干燥的大孢子在光学显微镜下选取不同的观察面，逐个摆放在贴有透明双面胶带的样品台上，经喷金后置于HITACHIS-800型扫描电子显微镜下观察并照相。小孢子则直接均匀撒到贴有透明双面胶带的样品台上，经喷金后置于HITACHIS-800型扫描电子显微镜下观察并照相。

每种卷柏的大、小孢子各取10~20个，在光学显微镜下测量极轴和赤道轴长，取平均值。除个别孢子外，均以“极轴长度×赤道轴长度”的方法表示孢子的大小，并给出变异幅度。

* 张宪春，未发表资料。

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

表1 实验材料

Table 1 The materials of spores in this experiment

种 名 Species	材 料 Material	采集人 Collector	采集号 No.	采集地 Locality	鉴定人 Identified by
睫毛卷柏 *S. ciliaris* (Retz.)Spring	大孢子 Megaspores 小孢子 Microspores	张宪春	984	深圳仙湖植物园 Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen	张宪春
甘肃卷柏 *S．kansuensis* Ching	大孢子 Megaspores 小孢子 Microspores	徐养鹏	1175	甘肃 Gansu	张宪春
墨脱卷柏 *S．mutensis* Ching	大孢子 Megaspores 小孢子 Mmicrospores	青藏队	4375	西藏墨脱 Motuo, Xizang	秦仁昌
毛枝卷柏 *S．trichoclada* Alston	大孢子 Megaspores 小孢子 Microspores	胡启明 赖书坤	4379 0423	江西瑞金 Ruijin, Jiangxi 江西宜丰 Yifeng, Jiangxi	秦仁昌 张宪春

2 观察结果

2.1 孢子形态描述

2.1.1 睫毛卷柏 *S.ciliaris* (Retz.) Spring (图1, 1~5) 大孢子近球形。极面观为三角圆形，赤道面观为近圆形。大小为248.0(213.3~280.0) μm×257.3(213.3~293.3) μm。三裂缝挺直突出，长度约为孢子半径的3/4左右，末端渐矮与孢壁汇合。近极面有密集的小脊状突起，有的呈小颗粒状。赤道线附近为狭长的脊状突起，密集而均匀，联结成拟网状，远极面也为较均匀的狭长小脊组成的拟网状纹饰。

小孢子扁球形。极面观为三角圆形,赤道面观为扇形。大小为25.9（18.3~31.4）μm×33.3 (22.2~41.8) μm。三裂缝挺直突出，长度几达赤道线。孢子表面粗糙不平，有皱块状突起，孢壁上具棒状纹饰，疏松或稍密集，且棒头与棒柄的宽度较均匀。

2.1.2 甘肃卷柏 *S.kansuensis* Ching（图1, 6~11） 大孢子近球形。极面观为圆形，赤道面观为近圆形。大小为326.7 μm×337.3(293.3~386.7) μm。（大孢子不足20个，故极轴只取平均值）。三裂缝挺直突出,长度几达赤道线。表面较粗糙，孢壁上有皱块状突起，但十分低矮，且界限不清。

小孢子扁球形。极面观为三角圆形，赤道面观为扇形。大小为36.2（30.1~40.5）μm×40.5(36.6~47.1) μm。三裂缝明显，稍有扭曲,长度几达赤道线。以近极点为中心，近极面外壁皱褶，呈辐射条脊状，表面较光滑。远极面为粗疣块状纹饰，十分不规则。

2.1.3 墨脱卷柏 *S.mutensis* Ching（图1, 12; 图2, 1~6） 大孢子近球形。极面观为三角圆形或近圆形，赤道面观为扁圆形。大小为250.7(226.7~266.7) μm×266.7(213.3~306.7) μm。三裂缝挺直突出，长度几达赤道线。近极面为不规则的瘤状或颗粒状纹饰，较密集。远极面偶有不规则的疣状突起联结成脊，表面粗糙，形状不规则，微细结构为微刺。

小孢子扁球形。极面观为三角圆形，赤道面观为扁圆形。大小为21.6 (18.3~24.8) μm×26.8(22.2~34.0) μm。三裂缝明显，几达赤道线，近极面为瘤状纹饰，四分体痕处孢壁薄，常下

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

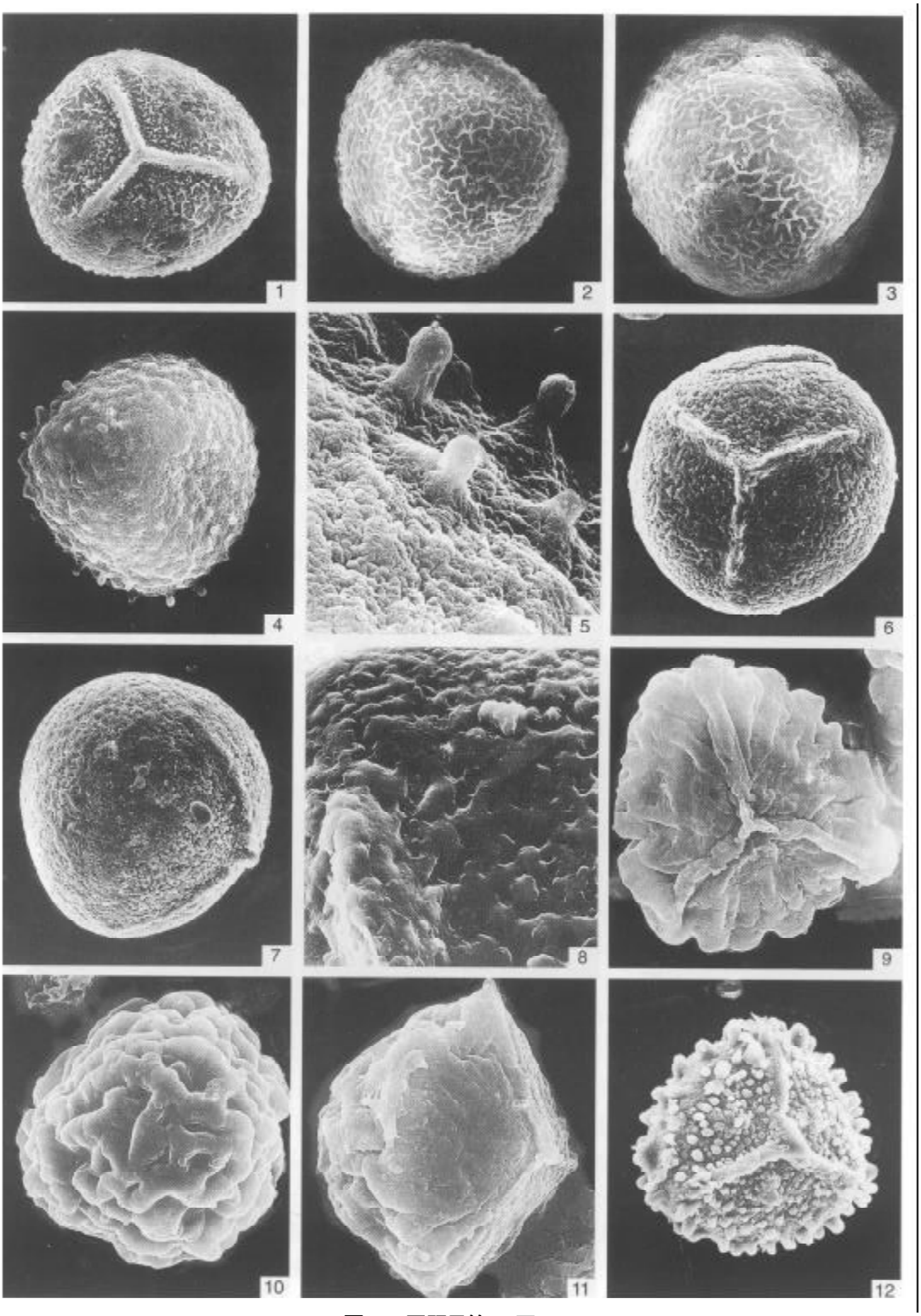


图 1 (图题见第 89 页)
Fig. 1 (The Legend is on the page 89)

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

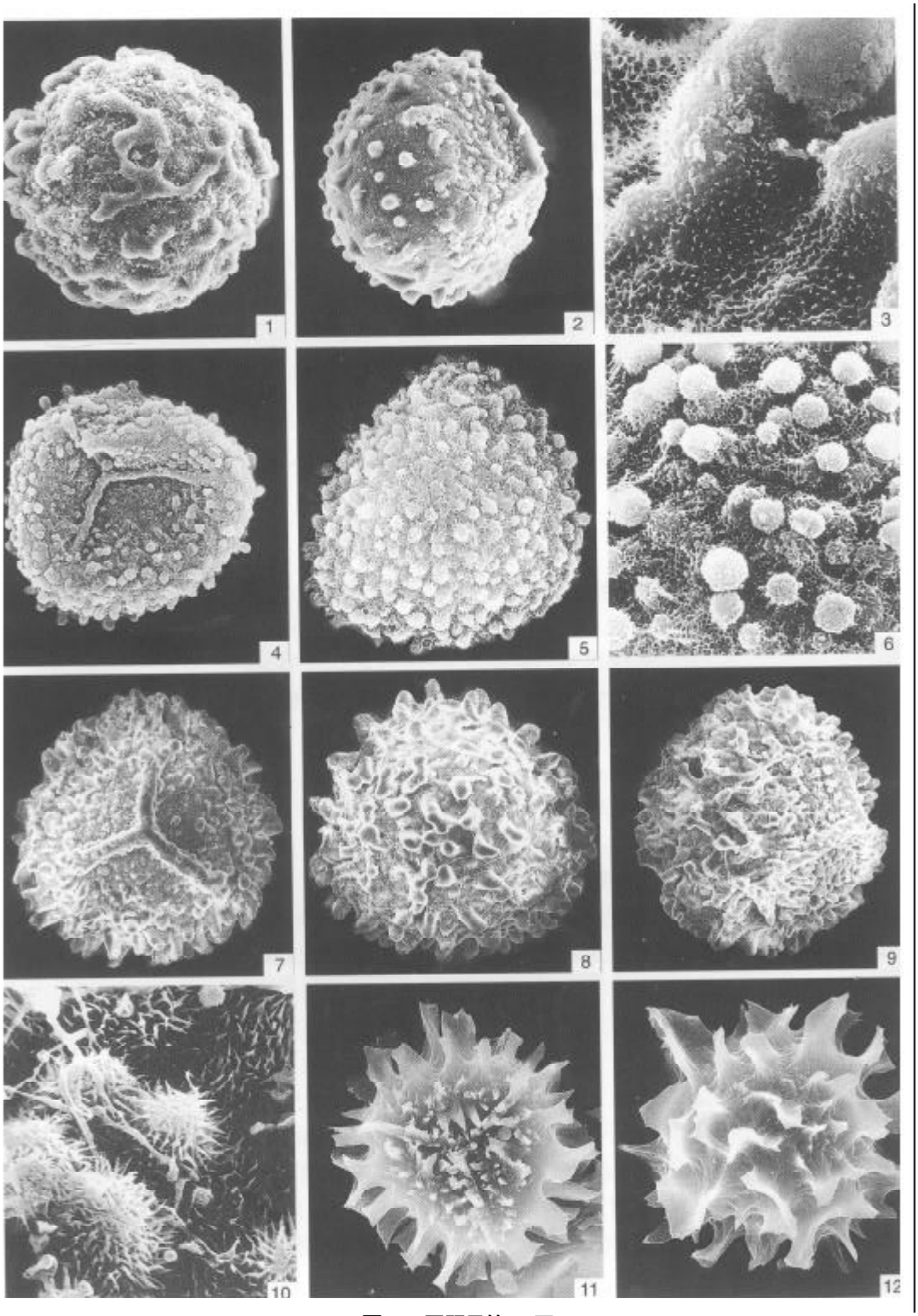


图 2 (图题见第 89 页)
Fig. 2 (The Legend is on the page 89)

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

图1 1~3. **睫毛卷柏的大孢子；**4~5. **睫毛卷柏的小孢子；**6~8. **甘肃卷柏的大孢子；**9~11. **甘肃卷柏的小孢子；**12. **墨脱卷柏的大孢子。**（1.× 150; 2.× 150; 3.× 180; 4.× 1 320; 5.× 7 200; 6.× 90; 7.× 90; 8.× 480; 9.× 1 020; 10.× 900; 11.× 1 200; 12.× 150）

Fig.1 1~3. Megaspores of *Selaginella ciliaris* (Retz.) Spring; 4~5. Microspores of *S.ciliaris* (Retz.) Spring；6~8. Megaspores of *S.kansuensis* Ching；9~11. Microspores of *S.kansuensis* Ching；12. Megaspores of *S. mutensis* Ching.（1.× 150; 2.× 150; 3.× 180; 4.× 1 320; 5.× 7 200; 6.× 90; 7.× 90; 8.× 480; 9.× 1 020; 10.× 900; 11.× 1 200; 12.× 150）

图2 1~3. **墨脱卷柏的大孢子；**4~6. **墨脱卷柏的小孢子；**7~10. **毛枝卷柏的大孢子；**11~12. **毛枝卷柏的小孢子。**(1.× 180; 2.× 132; 3.× 2 100; 4.× 1 500; 5.× 1 800; 6.× 4 800; 7.× 72; 8.× 72; 9.× 72; 10.× 1 320; 11.× 1 020; 12.× 1 200)

Fig.2 1~3. Megaspores of *S.mutensis* Ching; 4~6. Microspores of *S.mutensis* Ching; 7~10. Megaspores of *S. trichoclada* Alston; 11~12. Microspores of *S.trichoclada* Alston. (1.×180; 2.×132; 3.×2 100; 4.×1 500; 5.×1 800; 6.×4 800; 7.×72; 8.×72; 9.×72; 10.×1 320; 11.×1 020; 12.×1 200)

陷。远极面的瘤状纹饰较近极面的大、多而密集，表面粗糙，微细结构为蜂窝状。

2.1.4 毛枝卷柏 *S.trichoclada* Alston（图2, 7~12） **大孢子扁球形。极面观为三角圆形，赤道面观为近椭圆形。大小为**563.3(520.0~626.7) μm×644.0(533.3~720.0) μm**。三裂缝明显，长为孢子半径的**3/4**左右，裂缝上有颗粒。近极面为瘤状纹饰。远极面为瘤块状纹饰，微细结构为小刺，孢壁具细“ 粘丝 ”。**

小孢子扁球形。极面观为近圆形，赤道面观为扇形。大小为27.8(26.2~30.1) μm×31.8(28.8~35.3) μm**。三裂缝明显,长度几达赤道线。近极面为短而尖的刺状纹饰，其间有不规则颗粒。远极面为宽扁刺状纹饰，多联结成脊，较密集，顶端多钝。**

3 讨 论

通过扫描电镜观察发现，虽然上述4**种卷柏的大、小孢子的纹饰类型都是比较典型的，但由于颗粒状、瘤状、疣状纹饰有时并非截然分开，扁刺状、脊状纹饰彼此十分相似，区分起来有一定难度，**4**种卷柏的大、小孢子常常是几种纹饰混合分布的。值得注意的是无论是大孢子或是小孢子，其纹饰多是近极面与远极面纹饰不甚相同，往往近极面的纹饰细小而密集，赤道线附近和远极面的则较粗大而稀疏，如本次所研究的睫毛卷柏 *S.ciliaris* (Retz.) Spring的大、小孢子，墨脱卷柏 *S.mutensis* Ching的大孢子，毛枝卷柏 *S.trichoclada* Alston的大、小孢子就比较典型，而甘肃卷柏 *S.kansuensis* Ching的小孢子，墨脱卷柏 *S.mutensis* Ching的小孢子的近极面相对来说较光滑，突起不明显，远极面则为较明显而粗大的纹饰。**

综合以往的研究成果和本次的观察结果，可以得出卷柏科植物的孢子在形态上比较一致，如均为三裂缝辐射对称。同时在孢子微形态方面也表现出丰富的多样性，如外壁纹饰特征在同一种内是一定的，但4**种卷柏科植物之间各不相同：睫毛卷柏的大孢子表面有狭长的脊状突起，较密集，联结成拟网状；小孢子表面较粗糙，有密集或稍疏松的棒状突起，且棒头与棒柄的宽度较均匀。甘肃卷柏大孢子表面较粗糙，有皱块状突起；小孢子以近极点为中心，近极面外壁皱褶，呈辐射条脊状，表面较光滑，远极面为粗疣块状纹饰。墨脱卷柏大孢子近极面有不规则的瘤状纹饰，远极面偶有疣状突起联结成脊，微细结构为微刺；小孢子表面为瘤状纹饰，孢壁粗糙，微细结构为蜂窝状。毛枝卷柏大孢子近极面为瘤状纹饰，远极面为瘤块状纹饰，微细**

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148

结构为小刺；小孢子近极面为短而尖的刺状纹饰，远极面为宽而扁的刺状纹饰，多联结成脊，顶端多钝。从以上描述，我们不难看出，孢子形态特征的不同，可以作为区分种的重要依据。

参 考 文 献

江苏省植物研究所，中国医学科学院药物研究所，1990.新华本草纲目.第3卷. 上海：上海科技出版社，626

刘保东，包文美，敖志文，1989.中国卷柏孢子形态的研究. 植物研究，9(3)：113～122

刘家熙，张宪春，孙晓红，姜怡，2001.中国卷柏科植物孢粉学新资料.电子显微学报，20：511～512

孙晓红，张静梅，姜怡，刘家熙，张宪春，2002.中国卷柏科植物的研究(III)——三种卷柏小孢子形态的观察。首都师范大学学报(自然科学版)，23(1)：48～51

肖新月，常崇艳，周固，陈晓瑞，林瑞超，2001a. 4种卷柏属植物的电镜X-射线微区分析. 电子显微学报，20：509～510

肖新月，林瑞超，常崇艳，林晓瑞，2001b.13种卷柏属植物大孢子形态学研究.药物分析杂志，21：286～290

赵迎春,刘全儒,张宪春，2001.中国卷柏科植物的研究(II)——卷柏属孢子囊排布规律的初步观察．北京师范大学学报(自然科学版)，37：105～110

常崇艳，肖新月，陈晓瑞，1999.卷柏属10种卷柏微形态学特征比较. 北京师范大学学报(自然科学版)，35：403～407

常崇艳，陈晓瑞，肖新月，林瑞超，2000a. 卷柏属植物微形态学特征及其在分类学和药材鉴定上的意义探讨. 药物分析，20(2)：75～79

常崇艳，陈晓瑞，周固，肖新月，2000b.四种中药卷柏孢子微形态结构及元素成分分析. 电子显微学报，19：351～352

常崇艳，肖新月，周固，陈晓瑞，刘金英，林瑞超，2000c.卷柏属12种卷柏植物孢子的元素成分分析. 北京师范大学学报(自然科学版)，36：688～690

Foster A S, Gifford Jr E M著（李正理等译），1983.维管植物比较形态学. 北京：科学出版社，138

Jermy A C，1990.Selaginellaceae. In: Kramer K U, Green P S eds. The Families and Genera of Vascular Plants I: Pteridophytes and Gymnosperms. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 39～45

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t22-148