

24 种国产金发藓科植物叶中肋细胞离析后 形态学比较观察

沙伟*, 郑云梅

(齐齐哈尔大学生命科学与工程学院, 黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要: 利用强酸解离的方法对 24 种国产金发藓科植物的叶中肋细胞形态进行了比较观察研究。分别测量了离析后叶中肋细胞的长度、宽度和细胞壁厚度及纹孔场数目。细胞的形态特征在异蒴藓属 (*Lyellia*) 的各种种内变异程度相对小, 而在金发藓属 (*Polytrichum*)、小金发藓属 (*Pogonatum*) 和小赤藓属 (*Oligotrichum*) 等属中种内变异程度相对较大。细胞纹孔场数目较多, 干燥时出现规律性卷缩, 可能更适宜干燥生境。

关键词: 金发藓; 细胞离析; 叶中肋

中图分类号: Q944; Q949.35

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2008)02-0124-05

The Observation of Morphology on Costa of 24 Species of Polytrichaceae after Separating in China

SHA Wei, ZHENG Yun-Mei

(College of Life Science and Engineering, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China)

Abstract: Morphology of the leaf costa of 24 Polytrichaceae in China were studied by measuring with strong acid. The length and width of cells, the thickness of cell walls and numbers of pit fields of the leaf costa were measured. The results showed that variations of the cell structure of *Lyellia* is lower, while the variations of genus of *Polytrichum*, *Pogonatum* and *Oligotrichum* are higher among different species of genus *Lyellia*, *Polytrichastrum*, *Pogonatum* and *Polytrichum* can adapted the drought environment more easily than *Microdendron*, *Oligotrichum*, *Atrichum* according to the numbers of pit field of cells.

Key words: Polytrichaceae; Cells after separating; Leaves medium rib

金发藓科植物为一年生或多年生植物, 全世界有 17 属。据 Redfearn 统计, 我国有金发藓科植物 6 属 55 种 3 亚种 10 变种^[1]。但我国学者将树发藓属单列为一属, 认为有 7 属[小金发藓属 (*Pogonatum*)、金发藓属 (*Polytrichum*)、仙鹤藓属 (*Atrichum*)、小赤藓属 (*Oligotrichum*)、异蒴藓属 (*Lyellia*)、树发藓属 (*Microdendron*) 和拟金发藓属 (*Polytrichastrum*)]^[2], 但 Hyvönen 和 Wu P C 根据孢子体的形态将其移入小金发藓属中^[3], 而 Liu Y 通过分子系统学手段也将其移入到小金发藓属中^[4]。苔藓植物营养体构造简单, 没有真正的维管组织, 其根、茎、叶特称为假根、拟茎和拟叶。其中, 假根由单列细胞组成; 拟叶由单层细胞构成, 中部有类似叶脉的结构, 称中肋; 拟茎有时具有中轴的分化^[5]。长期以来, 对藓类植物输导组织的报道很少。本实验选取了 24 种金发藓科植物的叶中肋细胞进行解离观察研究, 旨在揭示其结构特点及对生长环境的适应性变化。

1 材料和方法

1.1 实验材料

24 种实验材料金发藓科植物主要取自齐齐哈尔大学生命科学与工程学院植物标本馆 (QCT), 具体见表 1。

1.2 实验方法

挑选生长良好的干燥标本。温水浸泡 1 d 后, 洗净, 将叶片放入铬酸 (10%) : 硝酸 (10%) = 1 : 1 的混合液中离析 5 ~ 6 h, 取出材料放入 70% 酒精中保存, 待需要时取出做成水装片。在 Motic Images Advanced 3.0 数码成像系统下观察并照相。

2 实验结果

2.1 叶的离析细胞结构

24 种金发藓科植物叶中肋细胞的离析细胞结

收稿日期: 2007-09-03, 修回日期: 2008-01-14。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30470144)。

作者简介: 沙伟 (1963 -), 女, 教授, 从事植物学、植物遗传学的教学和科研工作。

表 1 24 种金发藓科植物的采集地点及标本号
Table 1 Name, collecting location and specimen codes of 24 species of Polytrichaceae

序号 Sequence number	植物名称 Name of plant	采集地点 Collecting location	采集人 Gatherers	生境 Habit	标本号 Specimen code
1	金发藓 <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	日本会津御药园	沙伟	山坡路边林地	J050001
2	直叶金发藓 <i>Polytrichum strichum</i> Brid.	吉林长白山冰场附近	李登科	潮湿的林地	009931
3	毛尖金发藓 <i>Polytrichum piliferum</i> Schrad. ex Hedw.	黑龙江老黑山	沙伟	路边林下土面	04009
4	球蒴金发藓 <i>Polytrichum sphaerothecium</i> (Besch.) C. Muell.	吉林二道白河长白山黑风口	王幼芳	高寒山区	562
5	小金发藓 <i>Pogonatum aloides</i> (Hedw.) P. Beauv.	广东高要县鼎湖山	吴万春	阴湿土坡	00342011
6	小口小金发藓 <i>Pogonatum microstomum</i> (Schwaegr.) Brid.	云南昆明西山前山	沙伟	林地土坡	56
7	刺边小金发藓 <i>Pogonatum cirratum</i> (Sw.) Brid.	云南小糯有上寨	沙伟	岩面	19
8	东亚小金发藓 <i>Pogonatum japonicum</i> Sull. et Lesq.	广西融水县九万大山	汪楣芝	针叶林林地	00341734
9	川西小金发藓 <i>Pogonatum nudiusculum</i> Mitt.	陕西太白山放羊寺琵琶林	魏志平	山地林下草丛	00342909
10	树发藓 <i>Microdendron sinense</i> Broth.	西茂察隅日东莫拢河边	汪楣芝	阴湿林地	12060
11	异蒴藓 <i>Lyellia crispa</i> R. Brown.	云南贡山县高黎贡山东坡	汪楣芝	潮湿路边林地	027909
12	宽果异蒴藓 <i>Lyellia platycarpa</i> Card. et Ther.	云南丽江白塔土上	汪楣芝	高山潮湿林地	30797
13	钝叶小赤藓 <i>Oligotrichum obtusatum</i> Broth.	西藏巴松湖岛	沙伟	潮湿路边林地	89
14	花柅小赤藓 <i>Oligotrichum crossidioides</i> Chen et Wan ex Xu et Xiong.	西藏半林县派领	汪楣芝	潮湿路边林地	200531
15	镰叶小赤藓 <i>Oligotrichum falcatum</i> Steere.	西藏巴松湖岛	沙伟	潮湿路边林地	91
16	半柅小赤藓 <i>Oligotrichum semilamellatum</i> (Hook. f.) Mitt.	西藏巴松湖岛	沙伟	潮湿路边林地	97
17	仙鹤藓 <i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	西藏巴松湖岛	沙伟	潮湿路边林地	95
18	小仙鹤藓 <i>Atrichum crispulum</i> Schimp. ex Besch.	西藏下察隅	沙伟	潮湿路边林地	128
19	狭叶仙鹤藓 <i>Atrichum angustatum</i> (Brid.) B. S. G.	云南西山前山	沙伟	潮湿路边林地	47
20	小胞仙鹤藓 <i>Atrichum rhystophyllum</i> (C. Muell.) Par.	西藏下察隅	沙伟	潮湿路边林地	129
21	东亚仙鹤藓 <i>Atrichum yakushimense</i> (Horik.) Mizut.	西藏鲁郎贡措湖	沙伟	潮湿路边林地	19
22	拟金发藓 <i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G. Sm.	吉林长白山冰场天池	李登科	高山地区林下	09787
23	厚柅拟金发藓 <i>Polytrichastrum emodi</i> G. Sm.	四川峨眉山十里坡到梅引殿途中	裴林英	路边和林地	073
24	细叶拟金发藓 <i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G. Sm.	小兴安岭白桦林	沙伟	阴湿林地	04020

构差异较大(见表 2,图版 I:1~22),叶片中肋细胞中各细胞长度差异比较明显,各属相比较异蒴藓属植物叶中肋细胞最长,平均长度为 75.5 μm ,仙鹤藓属植物叶中肋细胞最短,平均长度为 60.76 μm 。变化范围和变异系数为金发藓属、小金发藓属和小赤藓最大,异蒴藓属最小。其中小胞仙鹤藓变异系数最大,为 0.4479,毛尖金发藓的最小,为 0.1072。细胞壁生长时并不是均匀增厚的。在初生壁上具有一些明显的凹陷区域,称为初生纹孔场。叶片中肋细胞纹孔场数目差异很大,各属相比较异蒴藓属植物叶中肋细胞纹孔场数目最多,为 4.54 个。树发藓属植物叶中肋细胞纹孔场数目最少,为 0.33 个。其中拟金发藓纹孔场数目最多,为 5.89 个,球蒴金发藓、半柅小赤藓和狭叶仙鹤藓 3 个种植物叶中肋细胞不具纹孔场。在对 24 种金发藓植物的茎叶细胞进行组织离析实验时,对部分装片进行干旱处理,发现在异蒴藓属、拟金发藓属、小金发藓属和异蒴藓属的叶片细胞中有类似于纤维的细胞在进行干旱处理后出现了规律性的卷曲(图版 I:22~25)。

3 分析与讨论

3.1 叶结构在分类学上的意义

由表 2 分析的叶中肋细胞的变化范围和变异系数可知,细胞的形态特征在异蒴藓属的各种种内变异程度相对小,整齐度好,说明其性状相对稳定,可以作为分类依据之一;而在金发藓、小金发藓属和小赤藓属的各种种内变异程度相对较大,整齐度较差,说明其性状变异程度较大,不适合作为分类学上的依据。

3.2 叶输导组织

金发藓属于内导水型,内部具有特化的传水细胞所组成的传导组织或中部传导束^[6]。金发藓叶子中具有与导管功能相似的中肋细胞。导管腔径较小,长度较短,端壁斜度角较小以及导管内壁的粗糙程度等则是水分运输的阻力,所以导管运输水分的能力与管腔径的大小,与端壁斜度角的大小呈正相关,与导管长度中壁的多少及管壁的粗糙程度成负相关^[7]。有学者认为导管长者原始,短者进化^[8]。由于叶中肋细胞与导管功能相似,所以由表 2 可初步

表 2 24 种金发藓科植物叶中肋细胞长度、宽度和壁厚度特征及其变异程度和纹孔场数目
Table 2 Cell lengths and widths and cell wall thickness, and their variations of the leaves medium rib and pit fields of 24 species of Polytrichaceae

种名 Species	细胞长度 (μm) Cell length			细胞宽度 (μm) Cell width			细胞壁厚度 (μm) Thickness of cell wall			纹孔场数目 Numbers of pit fields	
	均值 Mean value	范围 Range	变异系数 Coefficient variance	均值 Mean value	范围 Range	变异系数 Coefficient variance	均值 Mean value	范围 Range	变异系数 Coefficient variance	均值 Mean value	范围 Range
金发藓 <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	66.18	30.16 ~ 113.64	0.4139	13.22	8.45 ~ 16.71	0.2171	1.08	0.76 ~ 1.75	0.2903	1.60	0 ~ 10
直叶金发藓 <i>Polytrichum strichum</i> Brid.	92.70	63.20 ~ 127.86	0.2717	13.10	8.49 ~ 18.20	0.2526	1.93	1.20 ~ 2.75	0.2090	2.63	0 ~ 8
毛尖金发藓 <i>Polytrichum piliferum</i> Schrad. ex Hedw.	48.88	42.55 ~ 54.97	0.1072	12.29	9.34 ~ 15.97	0.2628	0.92	0.78 ~ 1.02	0.1087	1.25	0 ~ 4
球蒴金发藓 <i>Polytrichum sphaerothecium</i> (Besch.) C. Muell.	50.64	30.09 ~ 87.42	0.4171	8.71	6.36 ~ 18.35	0.4607	1.41	0.86 ~ 2.36	0.3544	0	
小金发藓 <i>Pogonatum aloides</i> (Hedw.) P. Beauv.	86.52	55.58 ~ 120.64	0.2527	12.24	7.61 ~ 14.85	0.1770	1.22	1.00 ~ 1.46	0.1409	3.40	0 ~ 8
小口小金发藓 <i>Pogonatum microstomum</i> (Schwaegr.) Brid.	71.61	30.97 ~ 107.83	0.3658	12.82	9.50 ~ 17.12	0.2141	1.01	0.57 ~ 1.48	0.2608	3.92	0 ~ 9
刺边小金发藓 <i>Pogonatum cirratum</i> (Sw.) Brid.	79.28	45.88 ~ 98.36	0.2070	9.54	8.45 ~ 11.60	0.1694	1.26	0.78 ~ 1.84	0.2788	0.80	0 ~ 3
东亚小金发藓 <i>Pogonatum japonicum</i> Sull. et Lesq.	92.89	57.86 ~ 143.92	0.2539	11.82	8.33 ~ 15.46	0.1797	1.76	1.25 ~ 2.51	0.2186	2.91	0 ~ 10
川西小金发藓 <i>Pogonatum nudiusculum</i> Mitt.	105.09	74.11 ~ 122.15	0.1481	14.13	8.00 ~ 20.67	0.2772	1.85	1.25 ~ 2.80	0.2589	1.00	0 ~ 5
树发藓 <i>Microdendron sinense</i> Broth.	64.07	31.49 ~ 90.74	0.2517	10.99	8.24 ~ 16.06	0.2686	1.23	0.89 ~ 1.63	0.2143	0.33	0 ~ 2
异蒴藓 <i>Lyellia crispa</i> R. Brown.	88.21	59.79 ~ 133.23	0.2345	13.27	9.58 ~ 16.40	0.1623	2.02	1.35 ~ 3.29	0.2408	4.07	1 ~ 8
宽果异蒴藓 <i>Lyellia platycarpa</i> Card. et Ther.	86.88	38.87 ~ 121.03	0.3444	12.00	8.13 ~ 17.50	0.2647	1.46	1.02 ~ 1.70	0.2126	5.00	1 ~ 11
钝叶小赤藓 <i>Oligotrichum obtusatum</i> Broth.	64.72	43.60 ~ 89.03	0.2664	11.12	8.06 ~ 14.76	0.2199	1.56	1.04 ~ 2.64	0.3505	1.38	0 ~ 4
花栉小赤藓 <i>Oligotrichum crossidioides</i> Chen et Wan ex Xu et Xiong.	56.97	29.66 ~ 107.34	0.4271	10.84	7.22 ~ 13.87	0.1903	1.47	0.76 ~ 2.12	0.3404	0.9	0 ~ 3
镰叶小赤藓 <i>Oligotrichum falcatum</i> Steere.	52.08	35.98 ~ 96.61	0.3512	9.61	5.26 ~ 14.99	0.2713	1.45	1.14 ~ 1.98	0.1855	0.45	0 ~ 3
半栉小赤藓 <i>Oligotrichum semilamellatum</i> (Hook. f.) Mitt.	63.81	44.27 ~ 129.78	0.5557	10.22	9.14 ~ 15.49	0.4309	1.45	0.78 ~ 2.32	0.5054	0	
仙鹤藓 <i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	58.60	29.50 ~ 104.59	0.3875	16.69	12.04 ~ 21.07	0.1848	1.86	1.20 ~ 2.31	0.2074	0.63	0 ~ 2
小仙鹤藓 <i>Atrichum crispulum</i> Schimp. ex Besch.	46.77	32.95 ~ 64.12	0.1864	15.39	10.00 ~ 20.00	0.1997	1.37	0.81 ~ 2.28	0.4007	1.50	0 ~ 4
狭叶仙鹤藓 <i>Atrichum angustatum</i> (Brid.) B. S. G.	69.22	42.48 ~ 111.07	0.3112	9.69	8.52 ~ 12.91	0.1449	1.46	1.17 ~ 1.71	0.1607	0	
小胞仙鹤藓 <i>Atrichum rhytophyllum</i> (C. Muell.) Par.	53.45	25.59 ~ 78.49	0.4479	13.08	8.04 ~ 16.57	0.2435	1.32	0.67 ~ 2.28	0.3847	0.60	0 ~ 4
东亚仙鹤藓 <i>Atrichum yakushimense</i> (Horik.) Mizut.	75.76	51.18 ~ 132.15	0.3082	14.99	11.72 ~ 18.87	0.1425	2.20	1.72 ~ 3.40	0.2325	0.78	0 ~ 2
拟金发藓 <i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G. Sm.	68.34	36.76 ~ 112.50	0.4232	13.60	11.64 ~ 17.25	0.1401	1.74	1.12 ~ 2.36	0.2433	5.89	5 ~ 11
厚栉拟金发藓 <i>Polytrichastrum emodi</i> G. Sm.	68.23	45.05 ~ 84.30	0.2270	14.77	10.50 ~ 20.57	0.1962	1.25	1.08 ~ 2.38	0.3250	2.00	0 ~ 4
细叶拟金发藓 <i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G. Sm.	68.92	34.01 ~ 113.90	0.3654	12.52	8.92 ~ 15.95	0.1734	1.38	0.21 ~ 2.18	0.4029	1.70	0 ~ 8

判断金发藓各属由原始到进化的排列顺序为: 异蒴藓属、小金发藓属、金发藓属、树发藓属、小赤藓属、拟金发藓属、仙鹤藓属。解离后的叶中肋细胞中明显观察到了部分细胞的端壁呈斜度角。推测其功能一方面是使叶中肋的纵向细胞牢固嵌合, 增强了机械固着作用; 另一方面, 扩大了细胞端壁的接触表面积, 细胞间增强了联系。这些结构特点是对于干旱环境的一种适应。有文章报道了细胞解离后细胞的端尾数目, 在本实验中并没有观察到细胞端尾^[9]。

生长在不同生境中的植物表现出结构的差异, 这通常被认为是特定生境的进化适应; 但不同的植物可以采取不同方式适应相同或相似的生境, 叶片直接暴露于空气中, 是植物体营养器官中对环境变化最为敏感的器官^[10]。长期以来, 认为纹孔上的胞间连丝是细胞原生质体进行物质和信息间直接联系的桥梁, 它使多细胞植物体成为一个结构和功能上统一的有机体^[11]。但绝大多数藓类植物由于缺乏良好的内部传导组织, 主要依赖植物体外部从大气中得到并传导水分^[2], 且水生藓类整个植株能长期从水中直接得到水分和养料, 而旱生藓类很少有湿润的小气候, 因此, 旱生藓类植物细胞上纹孔场的大量存在就为其获得水分后快速运输水分和传递信息提供了保障, 以适应干旱的环境。各种金发藓植物的侧壁纹孔场数目有所差异(见表2), 异蒴藓属、拟金发藓属、小金发藓属、金发藓属植物叶中肋细胞纹孔场数目相对较多; 树发藓属、小赤藓属、仙鹤藓属植物叶中肋细胞纹孔

场数目相对较少。异蒴藓属、拟金发藓属、小金发藓属和异蒴藓属的叶片细胞经干燥后出现的规律性的卷曲与苔藓植物叶片紧贴、伸展、略卷或强烈卷曲的特征表现出强烈的一致性, 亦为藓类植物适应干旱环境的特征。因此, 可知异蒴藓属、拟金发藓属、小金发藓属、金发藓属植物可能更适应干旱的环境。

参考文献:

- [1] Redfearn P L J, Tan B C, He S. A newly updated and annotated checklist of Chinese mosses [J]. *Journ Hattori Bot Lab*, 1996, 79: 163–357.
- [2] 陈邦杰, 万宗玲, 高谦, 等. 中国藓类植物属志(上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [3] Hyvönen J, Wu P C. The identity of *Microdendron sinense* (Polytrichaceae) [J]. *The Bryologist*, 1993, 96: 631–634.
- [4] Liu Y, Jia Y, Wang W, Chen Z D, Qiu Y L. A taxonomic reassessment of *Microdendron* inferred from molecular and morphological evidence [J]. *The Bryologist*, 2005, 108: 591–599.
- [5] 胡人亮. 苔藓植物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 15–19.
- [6] 吴鹏程. 苔藓植物生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 9–10.
- [7] Takhtajan A. Morphological evolution of the angiosperms [M]. Moscow: Agricultural Press, 1984.
- [8] 詹琪芳, 王幼芳, 李粉霞, 徐波. 两种生境下的 8 种藓类植物茎结构的比较解剖学研究 [J]. *西北植物学报*, 2006. 26(2): 0217–0225.
- [9] 杨晓杰, 常水晶, 顾秀艳. 两种植物叶结构特征及其与湿生生境关系的研究 [J]. *黑龙江环境通报*, 2003. 27(2): 81–83.
- [10] 陆时万, 徐祥生, 沈敏建. 植物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991. 29–32.

图版说明

图版 I: 1. 金发藓叶中肋离析细胞($\times 100$); 2. 毛尖金发藓叶中肋离析细胞($\times 170$); 3. 球蒴金发藓叶中肋离析细胞($\times 170$); 4. 小金发藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 5. 小口小金发藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 6. 刺边小金发藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 7. 东亚小金发藓叶中肋离析细胞($\times 160$); 8. 树发藓叶中肋离析细胞($\times 120$); 9. 异蒴藓叶中肋离析细胞($\times 120$); 10. 宽果异蒴藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 11. 钝叶小赤藓叶中肋离析细胞($\times 180$); 12. 花栉小赤藓叶中肋离析细胞($\times 230$); 13. 半栉小赤藓叶中肋离析细胞($\times 150$); 14. 仙鹤藓叶中肋离析细胞($\times 150$); 15. 小仙鹤藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 16. 狭叶仙鹤藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 17. 小胞仙鹤藓叶中肋离析细胞($\times 150$); 18. 东亚仙鹤藓叶中肋离析细胞($\times 80$); 19. 拟金发藓叶中肋离析细胞($\times 240$); 20. 厚栉拟金发藓叶中肋离析细胞($\times 110$); 21. 细叶拟金发藓叶中肋离析细胞($\times 120$); 22. 金发藓叶中肋卷曲细胞($\times 100$); 23. 小金发藓叶中肋卷曲细胞($\times 120$); 24. 宽果异蒴藓中肋卷曲细胞($\times 100$); 25. 拟金发藓中肋卷曲细胞($\times 90$)

Explanation of Plates

Plate I: 1. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichum commune* ($\times 100$); 2. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichum piliferum* ($\times 170$); 3. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichum sphaerothecium* ($\times 170$); 4. Separated cells of the leaves medium rib of *Pogonatum aloides* ($\times 110$); 5. Separated cells of the leaves medium rib of *Pogonatum microstomum* ($\times 110$); 6. Separated cells of the leaves medium rib of *Pogonatum cirratum* ($\times 110$); 7. Separated cells of the leaves medium rib of *Pogonatum japonicum* ($\times 160$); 8. Separated cells of the leaves medium rib of *Microdendron sinense* ($\times 120$); 9. Separated cells of the leaves medium rib of *Lyellia crispa* ($\times 120$); 10. Separated cells of the leaves medium rib of *L. platycarpa* ($\times 110$); 11. Separated cells of the leaves medium rib of *Oligotrichum obtusatum* ($\times 180$); 12. Separated cells of the leaves medium rib of *O. cros-sidioides* ($\times 230$); 13. Separated cells of the leaves medium rib of *O. semilamellatum* ($\times 150$); 14. Separated cells of the leaves medium rib of *Atrichum undulatum* ($\times 150$); 15. Separated cells of the leaves medium rib of *A. crispulum* ($\times 110$); 16. Separated cells of the leaves medium rib of *A. angustatum* ($\times 110$); 17. Separated cells of the leaves medium rib of *A. rhystophyllum* ($\times 150$); 18. Separated cells of the leaves medium rib of *A. yakushimense* ($\times 80$); 19. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichastrum alpinum* ($\times 240$); 20. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichastrum emodi* ($\times 110$); 21. Separated cells of the leaves medium rib of *Polytrichastrum longisetum* ($\times 120$); 22. Curly cells of the leaves medium rib of *Polytrichum commune* ($\times 120$); 23. Curly cells of the leaves medium rib of *Pogonatum aloides* ($\times 120$); 24. Curly cells of the leaves medium rib of *Lyellia platycarpa* ($\times 100$); 25. Curly cells of the leaves medium rib of *Polytrichastrum alpinum* ($\times 90$)

沙伟等:图版 I

SHA Wei *et al.*: Plate I