

肿足蕨的配子体发育研究

郭治友^{1*}, 刘红梅²

(1. 黔南民族师范学院生命科学系, 贵州 都匀 558000; 2. 城市人居环境科学与技术重点实验室, 北京大学深圳研究生院, 深圳 518055)

摘要: 对肿足蕨(*Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn)的孢子进行人工培养,在显微镜下观察其孢子萌发和配子体发育。结果表明,肿足蕨的孢子深褐色,二面体型,单裂缝,具周壁,有密集的褶皱状纹饰。孢子赤道面观为肾形,极面观为椭圆形。孢子萌发类型为书带蕨型(*Vittaria*-type),原叶体发育为叉蕨型(*Aspidium*-type)。成熟原叶体为对称心形,原叶体上毛状体极其发达,有两种不同类型的毛状体,分别为乳头状和长针状。假根分叉,常见膨大。成熟的原叶体为雌雄同株,精子器由3个细胞构成,同一原叶体上同时存在处于不同发育时期的精子器,颈卵器长且较为弯曲。肿足蕨的配子体发育表现出较为进化的特点,同时也形成了对石灰岩生境的高度适应机制。

关键词: 肿足蕨; 孢子萌发; 配子体发育; 分类学意义

中图分类号: Q944.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)03-0245-06

Studies on the Gametophyte Development of *Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn

GUO Zhi-you^{1*}, LIU Hong-mei²

(1. Department of Life Science, Qiannan Normal College for Nationalities, Duyun 558000, China; 2. Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The spores of *Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn were artificially cultured, and the spore germination and gametophyte development were observed under the microscope. Spores were bean-shaped in equatorial view and elliptical in polar view, monolete, perispore with folds, dark brown. The spore germination belonged to the *Vittaria*-type, while the gametophyte development is *Aspidium*-type. The mature prothallium was cordate and bearing two kinds of trichomes (papillary and long needle-like). The rhizoids were bifurcated and enlarged. The mature prothallium is bisexual. The antheridia consist of 3 cells and varied antheridia at different developmental stages occurred on one prothallium. The archegonia are long and always curved to growing point. The characteristics of spore germination and gametophyte development of *H. crenatum* was relatively advanced and showing a highly adaptation to the limestone environment.

Key words: *Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn; Spore germination; Gametophyte development; Taxonomic significance

肿足蕨 (*Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn)为肿足蕨属石灰岩旱生植物,广布于亚洲亚热带地区和非洲,在我国主要分布于云南、广西、甘肃和河南等地,其根状茎可以入药,具清热解毒、利湿消肿之功效^[1]。

目前关于肿足蕨的分类处理和系统位置存在

较大争议。由于其孢子体的形态特征兼有蹄盖蕨类(主要是中柱类型)和金星蕨类的特征(毛被类型),同时又与鳞毛蕨类植物的一些特征较为相似(叶型和染色体数),在分类上曾分别被归入蹄盖蕨科(*Athyriaceae*)^[1]、金星蕨科(*Thelypteridaceae*)^[2]或鳞毛蕨科(*Dryopteridaceae*)^[3]。1975年秦仁昌将其独

收稿日期: 2009-09-27 接受日期: 2009-11-24

基金项目: 贵州省科技厅自然科学基金项目(黔科合J字[2008]2102)资助

作者简介: 郭治友(1973~),男,副教授,主要从事植物学教学和科研工作, email: guozhiyou8888@126.com

* 通讯作者 Corresponding author

立成科,即肿足蕨科(Hypodematiaceae)^[4]。近期基于分子证据和形态学特征对肿足蕨属的系统位置提出了一些不同的观点。Smith 等^[5]在新的世界蕨类分类系统中,建议将肿足蕨属连同与之近缘的大膜盖蕨属(*Leucostegia* Presl)暂时置于鳞毛蕨科,同时还指出两者系统位置有待进一步商榷。Liu 等^[6]依据两个叶绿体基因的分析结果支持 *Didymochlaena* Desvoux、肿足蕨属和大膜盖蕨属近缘,但认为它们与鳞毛蕨科的关系较远,应该从鳞毛蕨科分出作为独立的阶元。

在整个植物界,蕨类植物是唯一一类在生活史中孢子体和配子体均能独立生活的类群。蕨类植物在孢子萌发和配子体发育过程中所表现出来的一些特征并不是一个过分可塑、易受环境影响而在分类学上毫无用处的东西,这些特征有助于阐明类群之间的亲缘关系^[7-8]。对于肿足蕨属的配子体发育研究,Loyal^[9]、Momose^[10]和 Nayar^[7]曾有简单描述,但仍缺乏详实的配子体发育资料。本研究选取肿足蕨(*Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn)作为代表,采用人工培养方法对其进行孢子培养,并在显微镜下详细观察和记录其孢子萌发和配子体发育各个阶段的形态特征,试图为其系统分类学研究提供配子体方面的证据。同时,由于肿足蕨生长在林下或裸露的石灰岩缝,为旱生和钙质土指示植物^[11],对其进行的配子体发育研究不仅有助于探讨其配子体对石灰岩生境的适应策略,同时也为我国较多地区的石山植物选育和石漠化治理提供资料。

1 材料和方法

肿足蕨 (*Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn)的孢子于 2008 年 2 月 6 日采自贵州省独山县下司镇新场累默,凭证标本(gzy082061)存放于黔南民族师范学院民族生物资源研究所标本室。选取具有成熟孢子的叶片,置洁净、干燥的信封中,带回实验室放于干燥通风处,使其孢子自然散落,收集孢子后置于 4℃ 冰箱保存备用。

分别采用原生境腐殖土和 Knop's 营养液两种培养方法。原生境腐殖土培养是取肿足蕨原生境下的石灰岩隙腐殖土,过细筛后用报纸包好,高压灭菌(120~130℃) 30 min 后,装入用甲醛-高锰酸钾熏蒸过的紫砂花盆内。盆土装至 2/3 处,用手压实浇蒸馏水使盆土湿润,然后将孢子均匀地播撒在盆土表面,以隐约见到孢子材料为播种量。用保鲜

膜封盆口,膜上用针刺孔。暗培养 24 h 后放置于实验室窗台上自然光培养,培养温度为 22~26℃。重复培养 3 次,每次 3 份。Knop's 营养液培养法采用郭治友等^[12]的方法。

依据各发育阶段,定期选取典型而稳定的活体材料做装片,采用 Motic AE32 型倒置显微镜及摄像系统进行观察记录。丝状体发育之前的制片观察为每天 1 次,丝状体后期的制片观察为每 3 天 1 次。颜色描述以肉眼观察色为准,形态结构数据均取随机测得的 10 个数值的平均值,精子用鲁哥氏液染色观察。

2 结果

2.1 孢子及孢子萌发

肿足蕨的孢子深棕褐色,二面体形,单裂缝,赤道面观为肾形(图版 I: 1),极面观呈椭圆形(图版 I: 2),具周壁,形成密集的褶皱纹饰,孢子大小为 46 μm × 56 μm。Knop's 营养液培养 2 周后孢子萌发。孢子萌发时,细胞变长并由裂缝处长出(图版 I: 3),无初生假根,孢子的萌发表现为书带蕨型(*Vittaria-type*)^[7](图版 I: 4)。进入丝状体发育时期后,第一原叶体细胞才分裂出假根。假根分叉,不含叶绿体。在原生境腐殖土培养中,孢子播种 2 个月后才开始萌发,孢子萌发和丝状体时期常无初生假根出现(图版 I: 5)。

2.2 丝状体

土壤培养 9 周或营养液培养 20 d 后,原叶体细胞不断横分裂,发育成 4~12 个细胞的单列丝状体,细胞长柱形,顶部的细胞通常略显膨大(图版 I: 4),丝状体前端叶绿体较丰富(图版 I: 5),偶见二叉分支,但通常仅由其中的一个分枝发育为片状体(图版 I: 6)。

2.3 片状体

土壤培养 10 周或营养液培养 4 周后,孢子由一维生长转为二维生长,进入片状体发育时期(图版 I: 7)。丝状体前端细胞出现乳头状毛状体,后侧的细胞开始行纵分裂,发育成长片状,不对称,宽达 10 多个细胞。此时,在片状体边缘着生有较多的乳头状毛状体。

2.4 原叶体

土壤培养 13 周或营养液培养 6 周后,片状体前端的边缘细胞出现倒三角形细胞,由该细胞不断

分裂产生大量细胞,该三角形细胞处内凹为生长点(图版 I: 8),片状体增厚,发育进入原叶体阶段。幼原叶体为不对称心形(图版 I: 9),经生长点细胞的不断分裂调节,最后形成左右对称的原叶体(图版 I: 12)。土壤培养 16 周或营养液培养 9 周后,原叶体上出现精子器,标志着原叶体进入成熟阶段。成熟的原叶体为对称心形(图版 I: 13),其发育方式为叉蕨型(*Aspidium-type*)^[7]。原叶体的生长点上方不重叠,近于平行(图版 I: 14),边缘细胞不平整(图版 I: 15)。进入性成熟阶段后,生长点处的分裂细胞不断向外凸出,形成毛状体(图版 I: 16),多数边缘细胞上均着生有毛状体。随原叶体的发育,假根的数量不断增多,同时伸长。

在幼原叶体发育为成熟原叶体的过程中,幼原叶体边缘细胞在特定情况下(部分被土掩埋等)常发生逆向发育,形成丝状体(图版 I: 10),其前端有毛状体,后逐渐再发育成片状体(图版 I: 11)和原叶体,所以在肿足蕨的一个原叶体上常看到多个或多级的心形原叶体。

2.5 毛状体

毛状体最早于丝状体时期出现,多分布于片状体边缘的前端细胞上,呈乳头状,基径×顶径×高=16 μm×10 μm×45 μm,该毛状体含有叶绿体(图版 I: 16)。成熟的毛状体不含叶绿体,前端有分泌增厚的帽状结构(图版 I: 17)。原叶体发育早期,毛状体数量较多,在原叶体的边缘及背腹面均有分布。性成熟的原叶体边缘及背腹面则出现长针状的毛状体(图版 I: 17),单细胞,该毛状体基径宽 17 μm,长宽比达 15~30。随原叶体的不断发育,毛状体的数量也逐渐增多。毛状体着生于细胞顶端,通常 1 个细胞上着生 1 条毛状体,亦有 1 个细胞上着生两条毛状体的,两条毛状体均为长针状(图版 I: 18)或 1 条乳头状,另 1 条为长针状(图版 I: 19)。在老化的原叶体上,细胞内的叶绿体逐渐解体,但毛状体均不脱落。

2.6 假根

两种培养方式中,假根最早出现的时间不同。土壤培养的假根最早于片状体阶段出现,而营养液培养的最早出现于丝状体阶段。成熟原叶体上的假根基部径粗 15 μm,为多细胞的长丝状。假根分叉(图版 I: 20),不含叶绿体,中部(图版 I: 21)和根尖膨大(图版 I: 22)。

2.7 性器官

土壤培养和营养液培养下分别于播种 17 周和 10 周后出现性器官,雌雄同株。颈卵器产生和成熟的时间较精子器约晚 1 周左右。精子器一般位于原叶体腹面的假根丛及临近区域,数量较多。精子器的出现和成熟极不同步,随原叶体的生长而不断出现和发育,有的已成熟破裂,有的还正在产生和发育中。精子器球形,具短柄,顶径 51 μm,柄高 23 μm(图版 I: 23),成熟时盖细胞开裂,出现圆孔(图版 I: 24),孔径 30 μm,精子由顶孔溢出。精子自精子器中溢出时呈球形,外被薄膜(图版 I: 25),几秒后进行旋转,膜破裂,释放出螺旋形带状具多条鞭毛的成熟精子(图版 I: 26)。精子长 10 μm,宽 7 μm,数量大且十分活跃。在播种密度较大时,原叶体上仅出现精子器,同一区域取材观察到的片状体和丝状体上也有精子器的出现。

颈卵器位于原叶体腹面近生长点处的假根丛及中脉上,接近精子器或有时两者混生。成熟的颈卵器顶面观为铜钱状,顶宽 82 μm,孔径 41 μm。颈卵器侧面观为棒状,7 层细胞,约 110 μm,中部宽 86 μm,颈沟宽 27 μm,多向生长点方向弯曲(图版 I: 27)。

2.8 胚的发育

受精后约 8 d 左右,颈卵器的基部膨大,幼胚自颈卵器伸出并开始发育(图版 I: 28)。每个原叶体上仅有 1 个颈卵器能发育成幼胚(图版 I: 29)。随着幼孢子体的生长,原叶体逐渐死亡。肿足蕨的幼孢子体被覆大量的毛和鳞片。

3 结论和讨论

肿足蕨的孢子深棕褐色,单裂缝,具周壁,形成密集的褶皱状纹饰,孢子赤道面观为肾形,极面观为椭圆形。孢子萌发类型为书带蕨型(*Vittaria-type*),原叶体发育为叉蕨型(*Aspidium-type*)。毛状体在成熟的原叶体上十分发达,且有两种类型,分别为乳头状和长针状。在不同的培养方式中,初生假根出现的时期不同。成熟原叶体上的假根为多细胞,多分叉,中部和根尖膨大,不含叶绿体。肿足蕨的精子器由 3 个细胞构成,颈卵器长而弯曲,因此表现出较为进化的配子体发育特征^[3,7-8]。

从配子体发育来看,肿足蕨与蹄盖蕨科和金星蕨科有较多相同的特点,如孢子单裂缝,具周壁,形成密集的褶皱状纹饰;孢子萌发方式为书带蕨型,

成熟的原叶体对称心形;初生假根不具叶绿体,具有乳头状的毛状体;衰老的原叶体边缘细胞仍可以不断发育和伸长,并长出新的原叶体等^[9-10,13-16]。但是,肿足蕨与蹄盖蕨科和金星蕨科植物也有差异,蹄盖蕨科的孢子较小(25~35 μm × 30~55 μm),原叶体发育为铁线蕨型(*Adiantum*-type)或近槲蕨型(*Drynaria*-type),毛状体出现较晚,精子器较为短小等^[10-11,14-16]。相对于肿足蕨,金星蕨科的孢子也较小(26 μm × 40 μm),原叶体发育为槲蕨型(*Drynaria*-type)(其中沼泽蕨属(*Thelypteris*)为叉蕨型)^[10-11,13,17-18]。据此可以看出,虽然在配子体发育特征上,肿足蕨同蹄盖蕨科和金星蕨科有较多相同之处,但也存在差异,反映出他们彼此之间的系统关系较远,这与秦仁昌^[4]、邢公侠^[19]、Smith等^[5]、Liu等^[20]和刘红梅等^[6]分别基于孢子体形态特征和分子证据的观点一致。

对比肿足蕨与鳞毛蕨科植物(复叶耳蕨属 *Arachniodes*、贯众属 *Cyrtomium* 和鳞毛蕨属 *Dryopteris*)的孢子萌发过程,他们的孢子萌发方式均为书带蕨型,原叶体发育为叉蕨型^[8,21-24]。采用原生境土培养肿足蕨的孢子时,孢子萌发时未生成初生假根,发育至丝状体阶段才出现假根的现象在贯众属的培养中也同样存在^[21]。然而,肿足蕨的成熟原叶体具有两种不同类型的毛状体,其着生方式也复杂多样,边缘细胞具有较强的逆向发育能力以及颈卵器较长等特征则同鳞毛蕨科植物存在较大差异。

在蕨类植物的配子体发育过程中,原叶体上是否出现毛状体是判断原始或者进化的一个特征。曾汉元等^[8]认为毛状体的出现是一个进化性状,只有进化地位较高的蕨类植物的原叶体上才具有毛状体。肿足蕨原叶体上不仅有毛状体,而且形态多样,最为常见的是乳头状毛状体,多含有叶绿体,具分泌和代谢功能^[24]。如果单从毛状体的特征分析,本文观察的肿足蕨较接近金星蕨科的星毛蕨属(*Ampelopteris*)和毛蕨类植物(*Cyclosorus*-group),它们除具有乳头状毛状体外,还具有细长的毛状体(圆柱形或棒状)^[7,18]。

郭治友和俞筱桢^[21]对同为石山分布的低头贯众(*Cyrtomium nephrolepioides*)进行配子体发育研究后认为,孢子萌发较慢但萌发后生长发育迅速,假根根尖膨大和被毛状体等特征可能是该类石山植物对石灰岩生境的一种生态适应策略。本研究

的肿足蕨配子体培养过程中,肿足蕨相邻原叶体之间可以通过长针状的毛状体相互交织,联结成牢固的片层,可以遮罩土壤。据此我们推测,由于肿足蕨多生长于干旱的石灰岩缝,此种结构可以减少水分的散失,具有一定的抗旱作用。同时,石灰岩穴隙的腐殖土往往土壤颗粒结构好,较为疏松,在雨水多时常能积蓄一定的水量,由于原叶体形成较大的团块,又能漂浮于水面,因此可以正常地接受光照,防止被水长期淹没坏死。因此,原叶体上的长针状毛状体又具有一定程度的防涝作用。而且,一旦有雨水冲刷时,被疏松土壤掩埋的原叶体,只要有部分裸露在土壤表面,就会由此再长出新的原叶体。因此,肿足蕨的配子体营养繁殖已经形成对石灰岩生境的高度适应。除此之外,精子器随原叶体的继续生长(或再生)而不断形成与成熟,精子多而活跃等特点,都是对其较为恶劣的石灰岩生境的一种适应。

肿足蕨配子体在原生境腐殖土培养和 Knop's 营养液培养的发育速度不同,前者慢于后者,说明液体培养更有利于其孢子萌发和配子体的生长发育,但营养液培养孢子成苗率较低,仅为 47.5%,移栽成活率为 60% 以上,而土壤培养的孢子成苗率达 84% 以上,移栽成活率达 93% 以上。采用原生境腐殖土培养最为接近肿足蕨在自然状态下的配子体发育过程。因此,可以通过原生境腐殖土培养法繁育肿足蕨种苗,为保护性开发利用该植物资源奠定基础,且该法较为简单、经济和高效。

参考文献

- [1] Pichi S R E G. Tentamen pteridophytorum genera in taxonomicum ordinem redigendi [J]. Webbia, 1977, 31: 313-512.
- [2] Ching R C (秦仁昌). A reclassification of the family Thelypteridaceae from the mainland of Asia [J]. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 1963, 8(4): 289-335. (in Chinese)
- [3] Wu Z H (吴兆洪), Ching R C (秦仁昌). Fern Families and Genera of China [M]. Beijing: Science Press, 1991: 45-46, 314-316. (in Chinese)
- [4] Ching R C (秦仁昌). Two new fern families [J]. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 1975, 13(1): 96-98. (in Chinese)
- [5] Smith A R, Pryer K M, Schuettpelz E, et al. A classification for extant ferns [J]. Taxon, 2006, 55: 705-731.
- [6] Liu H M, Zhang X C, Wei W, et al. Molecular phylogeny of the fern family Dryopteridaceae inferred from chloroplast *rbcL* and *atpB* genes [J]. Inter J Plant Sci, 2007, 168(9): 1311-1323.
- [7] Nayar B K, Kaur S. Gametophytes of homosporous ferns [J]. Bot Rev, 1971, 37(3): 295-396.

- [8] Zeng H Y(曾汉元), Ding B Y(丁炳扬). Studies on the gametophyte development in ferns [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 2003, 23(2): 154-158.(in Chinese)
- [9] Loyal D S. Some observations on the gametophyte of *Hypodematum crenatum* (Forssk.) Kuhn, with a note on the phyletic affinities [J]. *J Ind Bot Soc*, 1960, 39: 133-139.
- [10] Momose S. Prothallia of the ferns from Thailand [J]. *Tonan Ajia Kenkyu (The Southeast Asian studies)*, 1968, 6(1): 73-167.
- [11] Wang P S(王培善), Wang X Y(王筱英). Pteridophyte Flora of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2001: 371-373.(in Chinese)
- [12] Guo Z Y(郭治友), Zhang X C(张宪春). A study on gametophyte development of *Arthromeris lungtaoensis* [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 2009, 29(5): 513-516.(in Chinese)
- [13] Bao W M(包文美), Wang Q X(王全喜), Ao Z W(敖志文). Studies on the development of gametophytes of ferns from North-eastern China VII. Thelypteridaceae [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 1994, 14(4): 409-415.(in Chinese)
- [14] Lin X H(林孝辉), Wang Q X(王全喜), Bao W M(包文美), et al. Studies on the development of gametophytes of ferns from North-eastern China IX. Athyriaceae [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 1996, 16(3): 322-335.(in Chinese)
- [15] Zeng H Y(曾汉元), Ding B Y(丁炳扬). Observations on the spore germination and prothallium development of fern [J]. *J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)*, 2004, 22(4): 368-371.(in Chinese)
- [16] Dai X L(戴锡玲), Cao J G(曹建国), Zhang Y(张莹), et al. Studies on the development of gametophyte in *Diplazium subsinuatum* [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 2007, 27(3): 26-28.(in Chinese)
- [17] Zhang K M(张开梅), Shi L(石雷), Li D(李东). Observation on the gametophyte development of *Macrothelypteris torresiana* [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 2006, 26(1): 70-73.(in Chinese)
- [18] Xie B Q(谢标琴), Wang Y(王玥), Zhao J B(赵金博), et al. Comparative observation of the development of gametophytes of three species in *Cyclosorus* [J]. *J Harbin Norm Univ (Nat Sci)(哈尔滨师范大学自然科学学报)*, 2008, 24(2): 91-95.(in Chinese)
- [19] Shing K H(邢公侠). Flora of Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 7 [M]. Beijing: Science Press, 1999: 3-4.(in Chinese)
- [20] Liu H M(刘红梅), Wang L(王丽), Zhang X C(张宪春), et al. Advances in the studies of lycophytes and monilophytes with to systematic arrangement of families distributed in China [J]. *J Syst Evol(植物分类学报)*, 2008, 46(6): 808-829.(in Chinese)
- [21] Guo Z Y(郭治友), Yu X Y(俞筱押). Development of gametophyte of *Cyrtomium nephrolepioides* (Christ) Cop. in limestone area [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin(西北植物学报)*, 2009, 29(6): 1144-1148.(in Chinese)
- [22] Wang Q X(王全喜), Shao C W(邵成文), Cao J G(曹建国), et al. Studies on the development of gametophytes of ferns from North-Eastern China XI. Dryopteridaceae [J]. *J Harbin Norm Univ (Nat Sci)(哈尔滨师范大学自然科学学报)*, 1995, 11(4): 83-89.(in Chinese)
- [23] Ouyang C J(欧阳婵娟), Tang Y J(唐源江), Wang R J(王瑞江). Spore culture and gametophyte development of *Dryopteris varia* (L.) Kuntze [J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 2008, 16(4): 344-349.(in Chinese)
- [24] Zong Q(宗琦), Tan L Y(檀龙颜), Liu B D(刘保东). Cultivation and observation of gametophyte development of *Cyrtomium caryotideum* and *C. fortunei* [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin(西北植物学报)*, 2009, 29(1): 30-35.(in Chinese)

图版说明

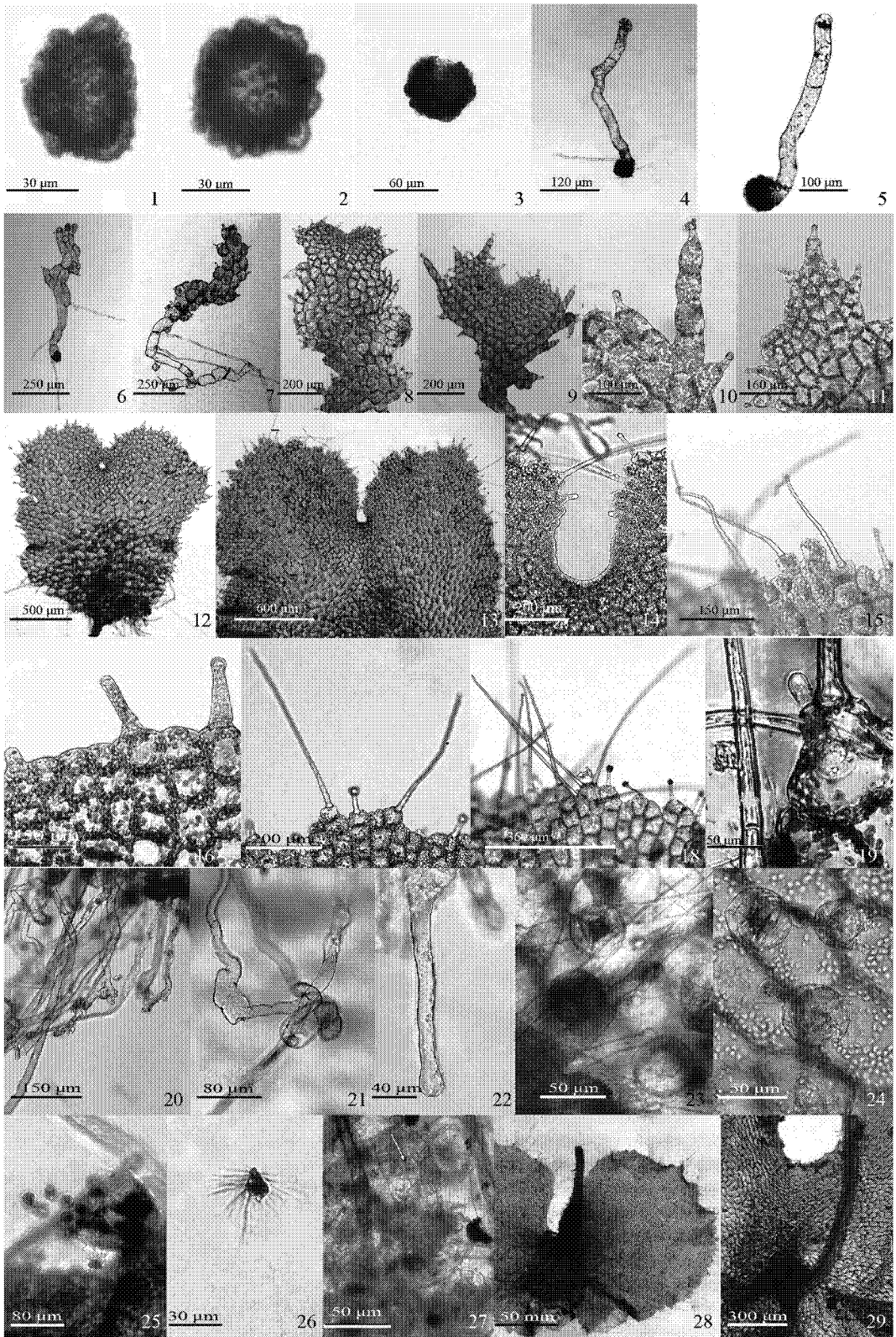
图版 I

1. 孢子赤道面观; 2. 孢子极面观; 3. 孢子萌发; 4~5. 丝状体; 6~7. 片状体; 8~9. 幼原叶体; 10~11. 幼原叶体边缘细胞; 12. 幼原叶体; 13. 成熟原叶体; 14. 生长点; 15. 成熟原叶体边缘细胞; 16. 乳头状毛状体; 17. 针状毛状体; 18~19. 毛状体着生位置; 20~22. 假根; 23~24. 精子器; 25. 精子释放过程; 26. 精子; 27. 颈卵器(箭头示颈沟部); 28. 胚; 29. 幼孢子体。

Explanation of plate

Plate I

1. Equatorial view of spore; 2. Polar view of spore; 3. Spore germination; 4~5. Filament; 6~7. Prothallial plate; 8~9. Young prothallium; 10~11. Marginal cells of the young prothallium; 12. Young prothallium; 13. Mature prothallium; 14. Growing point; 15. Marginal cells of the adult prothallium; 16. Papillate hairs; 17. Needle-like hairs; 18~19. Location of hairs; 20~22. Rhizoid; 23~24. Antheridium; 25. Sperm release; 26. Sperm; 27. Archegonium (arrow showing neck ditch); 28. Embryo; 29. Young sporophyte.



郭治友等: 图版 I

GUO Zhi-you, et al.: Plate I