

海南岛苔藓植物研究历史、现状与展望

张莉娜

(海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室,海南大学园艺园林学院,海口 570228)

摘要: 综述了海南岛苔藓植物的研究历史和现状。目前海南岛已记录的苔藓植物共有 87 科 227 属 806 种,其中苔类 33 科 71 属 366 种,藓类 51 科 152 属 436 种,角苔类 3 科 4 属 4 种;苔藓植物的区系组成以热带亚洲成分为主,与香港、台湾地区的种属相似性高;对海南岛苔藓植物的研究集中在尖峰岭、霸王岭、吊罗山 3 个国家级自然保护区;叶附生苔是海南热带雨林主要的苔藓生态分布类型之一,共有 7 科 23 属 123 种;初步统计濒危苔藓植物有 15 种。今后应继续开展广泛和持续的物种多样性调查,从生态学、植物化学、分子生物学等领域进行研究,促进合理的开发利用和推动保护工作。

关键词: 海南岛; 苔藓植物; 分类学; 区系; 综述

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2014.06.013

History, Present Situation and Prospect of Bryological Research in Hainan Island, China

ZHANG Li-na

(Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources of Ministry of Education, College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: Hainan Island is a tropical island and the second largest island along the coast of China. The history, present situation of bryological researches in Hainan Island were reviewed. Based on published records, there are 806 species of bryophyte in Hainan Island, belonging to 227 genera of 87 families, of which 366 species in 71 genera of 33 families are liverworts, 436 species in 152 genera of 51 families are mosses, and four species in four genera of three families are hornworts. The Hainan Island bryoflora is dominant by Tropical Asian type, and has high phytogeographical similarity to Hong Kong and Taiwan. Regional studies on bryological investigations focused on Jianfengling, Bawangling and Diaoluoshan Nature Reserves. Epiphyllous liverworts is one of the commonest coenotypes of the tropical rainforests in Hainan Island, with 123 species belonging to 23 genera of seven families. There are 15 species of bryophytes from Hainan Island listed in the national red list of China. In the future, it should be considered to carry out the extensive and sustained diversity investigation, develop the researches in bryological ecology, chemistry and molecular biology, and promote the utilization and conservation of bryophytes.

Key words: Hainan Island; Bryophyte; Taxonomy; Flora; Review

海南岛是隶属于我国最南端海南省北部的岛屿,位于南海西北部,北纬 18°10'~20°10',东经 108°36'~111°3',与我国的广东,以及越南、菲律宾、

马来西亚等国家和地区为邻。面积 $3.39 \times 10^4 \text{ km}^2$,是我国第二大岛,也是我国最大的热带岛屿,占全国热带土地面积的 42.5%。在地形上以中部的五指

收稿日期: 2013-12-17

接受日期: 2014-04-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(30825004, 31170190);海南省自然科学基金项目(30616)资助

作者简介: 张莉娜(1971~),女,副教授,博士研究生,研究方向为苔藓植物学。E-mail: zhulina@2008.sina.com

山、鹦哥岭为最高隆起核心,向外围逐级下降,构成由山地、丘陵、台地、平原等组成的环形层状地貌,岛内山脉众多,河流纵横,海拔超过 1000 m 的山峰有 80 余座,以五指山海拔最高,达 1867.1 m,鹦哥岭、猴猕岭、雅加大岭、吊罗山等海拔超过 1500 m。在气候带划分上,海南岛属东南亚热带北缘,具有较典型的热带岛屿季风气候特点,有明显的干、湿季,热量丰沛,降雨充足,年均气温为 23℃~25℃,年降雨量在 1600 mm 以上,年均相对湿度 80% 以上^[1]。

海南岛复杂多变的地形地貌、长夏无冬、温暖湿润的热带气候,为动植物的生长和繁衍创造了良好的自然条件,发育并保存着我国最大面积的热带雨林及丰富的生物多样性。近年来,为保护自然资源和生态环境,海南岛已建成国家级自然保护区 9 个,这些保护区对海南岛的生态系统和热带生物物种起到了重要的保护和繁育作用,也成为开展生物多样性科考和研究工作的重点区域。

苔藓植物是高等植物中数量仅次于被子植物的第二大门类,全世界约有 18000 种^[2]。虽然它们个体微小,目前被人类直接利用的种类不多,却是大自然生物多样性中重要的组成部分,其科学价值和潜在的应用价值不容忽视。海南岛作为我国最大的热带岛屿,繁衍着丰富的热带苔藓,是我国苔藓植物多样性研究的关键地区之一,开展海南岛苔藓植物的研究对于揭示该区系、中国乃至东南亚苔藓植物的科学价值及促进合理开发利用与保护具有重要意义,也为开展热带生物多样性的研究以及保护热带雨林提供科学依据。

1 研究历史与现状

1.1 分类学研究

海南岛苔藓植物的研究起步于 20 世纪初期,迄今经过了 100 多年的科学发展历史,研究工作以宏观的经典分类和区系调查为主,尤其在分类学领域积累了大量的物种资源和多样性的科研成果。

海南苔藓植物的报道最早可以追溯到 1901 年, Paris^[3]首次报道了海南岛 3 种藓类:海南天命藓(*Ephemerum asiaticum*)、*Hyophila moutieri* [=卷叶湿地藓(*H. involuta*)]和 *Trichostomum orientale* [=小扭口藓(*Barbula indica*)]。30 多年后, Dixon^[4]发表了 2 种藓类:多枝藓(*Macromitrium fasciculare*)、*Pseudoleskeopsis laticuspsis* [=拟草藓(*P. zippelii*)]。

国内最早研究海南苔藓植物的陈邦杰教授,被誉为我国苔藓植物学之父,分别于 1941、1955 年报道了海南岛 6 种苔类、16 种藓类^[5-7],之后陈邦杰等编著了《中国藓类植物属志》(上、下册)(1963 年、1978 年)^[8-9],记载了部分海南藓类植物,对中国苔藓植物的研究极具影响力,也是海南苔藓植物研究的开端。

20 世纪 60 年代后的三十多年中,对海南苔藓植物的调查范围不断扩大,陈邦杰、吴鹏程、林邦娟等苔藓植物学家与国内外学者合作,先后进入海南尖峰岭、吊罗山、五指山、霸王岭、黎母岭和猴猕岭等地十余次,对苔藓植物进行资源调查、分类与鉴定,采集标本近万份,撰写了关于海南苔藓植物区系分析、分类探讨等方面的论著。在此基础上,林邦娟等^[10]发表了《海南岛苔藓植物研究概述》,记录苔藓植物 52 科 140 属 388 种,为海南岛苔藓植物新种属的发现、系统分类和区系研究做出了重要贡献。到 1994 年,已报道海南苔藓植物共 53 科 146 属 414 种^[11-14](不含种以下分类单位,下同),其中藓类 31 科 90 属 231 种,苔类 22 科 56 属 183 种。

从 20 世纪 90 年代起,随着国内苔藓植物学力量不断加强,海南苔藓植物研究也逐步深入,分类学领域不断有新的记录增加。藓类方面, Tan 与林邦娟^[15]、张力^[16]先后发表海南藓类新记录 1 科 12 属 16 种; Redfearn 等于 1996 年对中国藓类的物种和分布进行了归纳整理^[17],列出了有记载且为国际上接受的中国藓类植物名录,记载海南藓类植物 264 种。其后,又陆续发表了 3 海南新记录种和新种^[18-20]。通过对部分科属的研究及修订^[21-26],海南青毛藓属(*Dicranodontium*)、刺果藓属(*Symphyodon*)、蔓藓属(*Meteorium*)、赤齿藓属(*Erythrodon*)、绢藓属(*Entodon*)、牛毛藓科(*Ditrichaceae*)、珠藓科(*Bartramiaceae*)都有新的记录增加。在苔类和角苔类的分类学研究上, Grolle、苏美灵、朱瑞良教授陆续报道了海南苔类新记录 60 余种^[27-44],这些新记录主要集中在细鳞苔科(*Lejeuneaceae*)和羽苔科(*Plagiochilaceae*)两大类群;白占魁、高谦、孙军等^[45-48]分别研究了中国的紫叶苔科(*Pleuroziaceae*)、细指苔属(*Kurzia*)、假蒴苞苔属(*Notoscyphus*)及挺叶苔属(*Anastrophyllum*)植物,记录了海南有分布的种,并发表 4 海南新记录种和新种。近年来,朱瑞良教授带领学生先后至霸王岭、吊罗山自然保护区采集苔藓植物标本,更新了海南

岛苔类和角苔类植物名录^[49-50]。对苔类和角苔类专科专属的研究也有多个新进展,张娇娇通过修订指叶苔科(Lepidoziaceae)在海南的分布^[26],增加海南新记录 14 种;王健^[51]对中国细鳞苔科植物进行了系统的分类学研究,报道海南细鳞苔科 141 种,占中国该科总种数的 63.5%,其中特有种 26 种,海南是中国细鳞苔科最为丰富的省份。周兰平等^[52]研究了中国及邻近地区鞭苔属(*Bazzania*)的物种组成,发表了 2 新种及 4 中国新记录种,包括海南的 1 新种及 3 中国新记录种。彭涛修订了中国角苔属植物^[53],初步统计海南分布有 3 科 4 属 4 种。此外,《中国苔藓志》(第 1~10 卷)^[54-63]、《云南植物志》(第 17~19 卷)^[64-66]、《中国苔藓植物图鉴》^[67]、《澳门苔藓植物志》^[68]等专著陆续出版,进一步丰富了海南苔藓植物的物种多样性。尤其是 2013 年《广东苔藓志》^[69]、《中国生物物种名录 第一卷 植物,苔藓植物》^[70]的付梓,收录了相关文献中记载的多数海南苔藓植物,同时又补充了新的记录。

截至目前,已记录海南岛苔藓植物共有 87 科 227 属 806 种,含苔类 33 科 71 属 366 种,藓类 51 科 152 属 436 种,角苔类 3 科 4 属 4 种。

1.2 区系研究

1.2.1 区系组成及与邻近地区关系

海南岛位于亚洲热带的北缘,在植物区系划分上,属于古热带植物、马来亚植物亚区,而且和广东陆地在地史上长期连结,直到第四纪初才与大陆分离,又具有华夏区系的亚热带成分与古老成分^[71]。因此,海南岛苔藓植物区系的研究极具科学价值,对于中国以至东亚、东南亚植物区系的研究具有非常重要的地位。

对海南苔类植物区系研究较早的是吴鹏程和林邦娟教授,曾于 1978 年初步探讨了海南苔类植物区系的特点^[72],指出该区系的组成成分丰富多样,而印度-马来西亚成分是其中的重要因素,东亚成分较丰富,并进而提出海南岛是劳亚古陆的一个组成部分。林邦娟等^[10]认为海南岛苔藓植物区系具有以热带成分为主、特有成分和古老成分也颇具特色的区系特点。最近的研究结果表明,海南苔类和角苔类植物区系组成成分可以划分为 13 种地理成分,其中以热带亚洲成分最多(占总种数的 38.98%),其次为东亚成分(20.68%),两者构成了海南苔类与角苔类植物区系的主体^[50]。

对海南藓类植物区系特点的研究则有待于进一步整理和完善。早在 1990 年,Redfearn^[73]在中国苔藓的资源调查和数据报道不足,尤其是热带地区的研究工作尚十分欠缺的基础上,对中国藓类植物区系的热带成分进行了初步分析,认为海南岛和云南西双版纳、台湾恒春半岛的藓类区系地理成分组成接近,海南岛 119 种藓类以东北亚成分(56%)、印度-喜马拉雅成分(57%)及印度尼西亚-马来西亚-菲律宾成分(60%)为主,同时还提出了研究工作评述和展望。

在与其他苔藓植物区系的关系方面,张力等^[74]对比了香港和海南、台湾、湖南、菲律宾等区系的苔藓植物组成,认为海南与香港的种相似性最高,达到 54.7%。师瑞萍^[50]比较了海南苔类与角苔类区系与香港、台湾及日本 3 个邻近岛屿的关系,表明海南与香港、台湾的种、属相似性接近,相似性系数分别大于 50%、70%,都高于与日本的相似性系数。Oluwole 等^[75]对海南霸王岭、王下石灰岩山区与尼日利亚奥贡州的热带雨林苔藓植物生物多样性进行了比较,认为海南岛热带雨林苔藓群落的多样性指数和均一度均高于尼日利亚奥贡州,提出热带雨林苔藓群落的生物多样性与人为干预,如森林采伐有着密切关系。

可见,海南苔藓区系具有以热带成分为主和结构复杂多样的特点。而区系构成中苔类占苔藓总数的 45.4%,远高于我国除台湾(苔类约 37%^[76])以外的其他省区,如河南、内蒙、山东、新疆的苔类占苔藓总数分别为 10.6%、16.2%、20.7%、12.2%^[77-80]。这与苔类植物的形态结构对生境的适应性以及海南岛位于热带北缘的地理位置、气候环境关系密切。海南岛长年温暖湿润的气候及变化多样的微环境为苔类植物生长提供了良好的条件,尤其是热带雨林,高的湿度和树冠郁闭遮阴度,恰是该类群最适宜的生长场所,海南岛可谓我国苔类植物的生物多样性宝库。从目前苔类的物种组成来看,优势科细鳞苔科的比例很大,属的数目占苔类总属数的 33.8%,种数达 43.7%,而该类群也是近年来海南苔藓中被研究最为深入的部分,因此还有更多的苔藓资源有待于进一步开展调查。

1.2.2 地区性研究

海南岛苔藓植物的研究并不均衡,地区性的研究目前主要集中在尖峰岭、霸王岭、吊罗山 3 个国家级自然保护区,而且以苔类植物区系研究为主。

尖峰岭地处海南岛西南部,濒临北部湾,面积约 201.7 km²,有我国纬度最低、垂直系统最完整的原始热带雨林,热带植被保存较完好,生物多样性指数高。这一区系的苔藓植物资源是海南苔藓植物的重要组成部分和典型代表,对该保护区的区系研究工作开展最早也最为系统。据载,对尖峰岭较大规模的考察有 4 次,采集标本 2000 多份,林邦娟等于 1992 年发表了 *Bryophyte Flora of Jianfengling Mts, Hainan Island, China*^[81],报道尖峰岭苔藓植物 49 科 125 属 267 种,藓类 28 科 75 属 151 种,苔类 21 科 50 属 116 种,包括 1 中国新记录属,中国新记录苔类 21 种和藓类 21 种。

霸王岭国家级自然保护区位于海南岛中部偏西南地区,面积近 299.8 km²,原始森林植物多达 1400 多种,是国家重点保护的珍贵树种见血封喉 (*Antiaris toxicaria*)、陆均松 (*Dacrydium pierrei*) 等植被及中国唯一的东部黑冠长臂猿 (*Nomascus nasutus*) 自然保护区。对霸王岭苔藓植物开展较大规模的调研和标本采集始于 20 世纪 70 年代,1989 年和 2003 年师雪芹等^[82]采集霸王岭苔类植物 621 号标本,报道霸王岭有苔类植物 23 科 51 属 164 种,角苔类植物 1 科 1 属 1 种。

吊罗山国家级自然保护区位于海南岛东南部,属五指山南麓余脉,面积 183.98 km²,优越的自然环境孕育了丰富的植物资源,是我国热带原始雨林重要分布区之一。同样于 20 世纪 70 年代开始较大规模的苔藓植物调查,师瑞萍等^[50]采集了 662 份苔类和角苔类标本,报道吊罗山有苔类植物 23 科 55 属 203 种,角苔类植物 1 科 2 属 2 种。目前,对霸王岭和吊罗山藓类植物的区系研究还未见专门报道。

1.3 生态学研究

海南苔藓植物的生态分布类型有木生群落、石生群落、土生群落、叶附生群落、水生群落 5 种类型,其中木生群落最为丰富,石生群落和土生群落较丰富,叶附生群落是海南热带雨林苔藓植物的一大特色,水生群落稀见^[10]。霸王岭苔类植物的生态群落中^[82],树生类型的苔类植物比例最高,共有 84 种,占总种数的 50.30%,石生类型、土生类型分别是 23.35%、11.38%,叶附生苔类植物有 40 种,占总种数的 24.2%。

叶附生群落是海南热带雨林主要的苔藓群落

类型之一,一直以来受到苔藓植物学家的关注。自 1941 年陈邦杰^[5]发表 *Leptolejeunea hainanensis* [= 散生薄鳞苔 (*L. maculata*)]^[83]以来,不断有新记录种或新种增加,至 1994 年,海南岛叶附生苔类达到 3 科 20 属 46 种 6 变种,是我国叶附生苔类植物最丰富的地区之一^[11],但该名录中有 39 种 1 变种采自尖峰岭,占全部种数的 76.9%,因而对于海南叶附生苔的资源调查除尖峰岭之外的地区还不够广泛,显示出明显不足。后来,经朱瑞良教授等学者深入研究,2001 年增加至 66 种^[83],约占中国叶附生苔总种数的 39.3%,并将叶附生苔分为 3 种类型:专性叶附生苔、兼性常见叶附生苔和兼性偶见叶附生苔;2008 年,增加至 7 科 23 属 89 种,其中霸王岭自然保护区叶附生苔类 6 科 20 属 59 种^[84],吊罗山自然保护区有 7 科 21 属 74 种^[50]。对中国细鳞苔科的系统研究^[51]也增加了海南叶附生苔的记录,目前海南叶附生苔有 7 科 23 属 123 种,占苔类总种数的 33.6%,细鳞苔科是最大的科,共有 18 属 112 种,占总的叶附生苔种数的 91.1%,种数最多的属是疣鳞苔属 (*Cololejeunea*),共有 42 种,占叶附生苔种数的 34.1%。

1.4 物种多样性保护

海南秀丽的风光、宜人的气候以及得天独厚的自然环境吸引了大批游客、开发商和创业者,使海南旅游业、农业和种植业迅速发展,促进了海南经济及文化水平的提高。与此同时,人口大幅增加、不断扩大的生产活动和经济需求对海南生态系统也带来巨大的不良影响。近几十年来,热带雨林等天然生态系统遭受了严重破坏,森林植被覆盖面积急剧减少,环境污染,生物资源过度开发,使野生生物栖息地逐渐减少、生境发生变化,濒危物种日益增多,海南的生物多样性面临着极大的威胁。

大多数苔藓植物种类对环境变化十分敏感,具有显著的生态局限性,在人类扩张性的生产活动及人为破坏的作用下,其生存状况较之其他类群更令人担忧,尤其是生活在海南岛热带雨林中的苔藓植物,如果热带雨林这一脆弱且难以恢复的生境被破坏,许多苔藓植物物种也会随之消失。分布于海南岛热带雨林中的细鳞苔科管叶苔属 (*Colura*) 以及紫叶苔科紫叶苔属 (*Pleurozia*) 的多种重要苔藓植物在森林采伐之后已难寻踪迹,叶附生苔类习生于热带雨林或非常湿润的亚热带常绿阔叶林的生境中,在

20世纪60年代之前尖峰岭的叶附生苔类植物还十分丰富,但到了90年代日渐贫乏^[85]。

2004年在上海召开的中国苔藓植物多样性保护国际研讨会讨论通过了首批中国濒危苔藓植物红色名录^[86],名录中包括藓类29科47属50种,苔类12科26属31种,角苔类1科1属1种,共82种。海南苔藓植物在名录中有15种,分别为6种极危(CR):高苞藓(*Braunfelsia enervis*)、*Horikawaea redfearnii* [=双肋拟兜叶藓(*Pseudocryptogonium tjibodensis*)(新拟)]^[87]、气生管叶苔(*Colura ari*)、粗管叶苔(*C. karstenii*)、长齿双鳞苔(*Diplasiolejeunea rudolphiana*)、中华细指苔(*Kurzia sinensis*);6种濒危(EN):南亚圆网藓(*Cyclodictyon blumeinum*)、滇蕨藓(*Pseudopterobryum tenuicuspis*)、刺网藓(*Syrropodon armatispinosus*)、拟扭柄藓(*Campylopodiella himalayana*)、大瓣疣鳞苔(*Cololejeunea magnilobula*)、*Caudalejeunea recurvistipula* [=肾瓣尾鳞苔(*Caudalejeunea reniloba*)]^[88];3种易危(VU):东亚虫叶苔(*Zoopsis liukuensis*)、大紫叶苔(*Pleurozia gigantea*)、钝尖光萼苔(*Porella obtusiloba*)。中国濒危苔藓植物红色名录的诞生对海南苔藓植物的保护工作具有理论和现实的指导意义,但是由于海南苔藓植物的调查工作还缺乏系统和持续性,因而近年来随着旅游岛的快速建设和开发,许多苔藓植物随生境的变化遭受破坏的实际情况以及濒危程度尚未知,更令人担忧的是,该类群还没有得到海南当地政府及科研部门的重视,进一步开展实际和有效的保护工作看来依然十分遥远和艰巨。

1.5 微观领域的研究

自20世纪70年代,从苔藓植物中提取了具有抗肿瘤、抗微生物、杀寄生虫、昆虫拒食、抗氧化、植物生长调节等多种活性物质,可作为新药研究的良好先导化合物。国内已开展了苔藓对细菌和真菌的抑菌性研究,对少数苔藓植物进行了活性成分的提取分离与鉴定,筛选具有药用价值或潜力的苔藓植物种类。海南的硬须苔(*Mastigophora diclados*)、福氏羽苔(*Plagiochila fordiana*)对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌均有较明显的抑菌效果,具有广谱抑菌性^[89],可以对其化学成分开展更进一步的研究。5种苔藓植物的水提液可不同程度地促进黄瓜(*Cucumis sativus*)幼苗根和芽的生长,或提高幼苗叶绿素和可溶性糖的含量^[90]。因此可以从苔藓植物

中筛选对作物萌发和栽培有促进作用的种类。

孢子在苔藓植物体的生命周期中具有重要地位,用光镜和电镜观察苔藓植物的孢子形态特征,可以为苔藓植物的系统分类与进化提供资料。《中国苔藓植物孢子形态》^[91]是我国首部研究苔藓植物孢子形态的专著,共记载和描述了83科177属约270种苔藓植物的孢子形态特征,在海南岛有分布记录的苔藓植物68种。此外,成熟孢子体释放孢子的产量可以用来探究苔藓植物种群延续的机制、孢子散播的方式和生活史,以及作为分类和系统发育的依据。贺琼等^[92]研究了细鳞苔科11属26种苔类的孢子产量,海南分布的有拉氏唇鳞苔(新拟)(*Cheilolejeunea larsenii*)(中国和海南新记录种)、南亚细鳞苔(新拟)(*Lejeunea apiculata*)、暗绿细鳞苔(*L. obscura*),相较于其他茎叶体苔类而言,细鳞苔科的孢子产量更低和更为稳定。

此外,对采于海南的13科27属44种苔类植物的染色体进行了观察和分析^[93],是迄今为止对海南苔藓植物染色体研究最多的报道。此后,郑敏等^[94-97]报道了产自海南的对羽苔(*Plagiochilon oppositum*)的染色体核型及油体形态,并对3种羽苔属(*Plagiochila*)植物、带叶苔(*Pallavicinia lyellii*)及溪苔(*Pellia epiphylla*)等,以及齿边扁萼苔(*Radula anceps*)与台湾扁萼苔(*R. formosa*)等8种扁萼苔属植物进行了核型研究,为海南苔藓植物的染色体研究提供了科学依据。于传梅等^[98]探讨了膨叶唇鳞苔(*Cheilolejeunea ventricosa*)的孢子萌发、原丝体和油体发育及配子体发生的过程,通过改良培养基成分、孢子的消毒时间等条件,成功以孢子培养出植物体,可为苔藓植物组织培养提供参考。

综上所述,目前海南苔藓植物的研究主要集中在分类及区系方面,而其他的领域如植物化学、生理、生态、细胞学、分子生物学及开发利用尚处于起步阶段甚至还是空白。

2 存在的问题

全球范围内生物多样性的研究和保护大多强调要以热带地区和海洋珊瑚礁区域作为重点,在我国,也应着力加强热带地区生物资源包括苔藓植物的研究和保护工作。海南是我国为数不多的几个热带区域之一,有大面积的原始森林,生物多样性和植被完整性尤为明显,丰富的苔藓植物资源兼具

热带和岛屿区系的特色。虽然国内近些年已对海南苔藓植物进行了大量的调查和研究工作,但与国内其他省区相比仍有一定差距。

我国的苔藓植物研究大约始于20世纪40年代,起步虽较晚,然而在陈邦杰教授及一代代苔藓植物学者的努力下,仍取得了一系列显著成果。一方面出版了一批学术水平高的中英文专著,如中国苔藓志(第1~10卷)、*Moss Flora of China* (第1~8卷)、中国苔藓植物图鉴、*Epiphyllous liverworts of China*、*Monograph of Lopholejeunea (Lejeuneaceae, Hepaticae) in Asia*等。另一方面,国内许多省区,如台湾、香港、云南、内蒙古、山东、西藏、东北地区、秦岭地区、横断山区、澳门、广东(含海南)等相继出版了专门的地方苔藓植物志(或包含于地方植物志中),还有许多省区,如河北、河南、湖南、四川、浙江、广西、新疆等,也在持续地开展苔藓植物研究,积累了丰富的成果和资料。

海南岛地处祖国的南海边陲,经济和文化发展一直比较落后,对苔藓植物的研究也受到影响,目前依然存在诸多问题,需要继续努力。

(1) 已考察和研究的区系集中在中部和西南部的吊罗山、霸王岭和尖峰岭,区系研究覆盖面还不够广泛,同时热带雨林区系本身地貌、气候、生物资源的复杂与多样性又为深入开展科考工作产生一定难度,短时间内的调查难以摸清一个区系资源的种类和分布情况。在开展海南细鳞苔科植物的初步调查中就发现了1新种和7个中国新记录种(王健,待发表),随着调研工作的开展,必然还会有新的物种记录出现。因而以上地区及岛内其他区域还需要继续开展持续的或有专门针对性的工作,如专科专属研究。此外,在吊罗山、霸王岭已经开展了苔类植物区系调查,但缺乏藓类植物区系的系统研究,五指山、鹦哥岭或黎母岭、雅加大岭等区系还有待于深入考察和研究。

(2) 在以往的海南苔藓资源或植物资源考察活动中采集的大量标本,均存放于中国科学院华南植物园、中国科学院植物研究所等标本馆,尚有不少标本没有进行鉴定和分类处理,也是目前海南苔藓资料信息不足而有待整理完善的原因之一。

(3) 海南苔藓植物的研究长期以宏观领域为主,在苔藓植物生理、生态、发育、遗传学、超微结构、活性成分、分子生物学等方面的研究非常缺乏,而且多数领域还是空白。

(4) 一些热带及岛屿特有成分、古老成分、有重要科学意义或潜在应用价值的种类、分布范围极窄或具有强烈的生境依赖性的种类,由于环境的改变与人为的破坏可能濒临灭绝甚至已消失不见,但这些类群还未得到当地科研部门和政府的重视,苔藓植物的保护工作明显滞后。如果不尽快加强政府和公众对这些类群的保护意识和采取保护措施,随着国际旅游岛的建设 and 大量旅游项目的推进,更多的苔藓植物也势必面临着迅速濒危或者灭绝的处境。

(5) 海南自1988年建省以来,省内迄今没有一家科研单位专门从事苔藓植物的研究和保护工作,甚至没有较为系统的苔藓植物标本以供教学和科研之需,本地科研力量的缺乏严重制约了海南苔藓植物科研和保护工作的开展。

3 前景展望

苔藓植物是生态系统中重要的组成部分,具有广阔的应用前景,其重要性也日渐受到重视。除在监测环境污染、园林绿化及药物治疗等方面有应用价值外,目前已开展苔藓植物的抗逆基因克隆、对抗胁迫机制以及某定点基因的功能或代谢途径等进行探索,其科学研究和开发潜力巨大。

海南岛是我国热带苔藓多样性最丰富的地区之一,应充分利用海南优良的自然条件,加强苔藓植物物种多样性和区系分布的基础研究,对采集的标本进行全面分类整理和开展区系的分析探讨,这将使海南苔藓植物的物种多样性进一步得到充实,并逐步揭示区系地理分布及演化意义。

逐步加强苔藓植物生态学、分子生物学、生理学、植物化学等领域的研究,为深入开展苔藓植物生物多样性的研究、保护和开发利用奠定科学的基础;建立海南省的苔藓植物标本库、遗传基因库;积极寻找和研究具有重要科学价值和经济价值的种类,如特有种、系统进化中的关键种,在监测环境污染、园林绿化、绿色农药、人类疾病治疗等方面利用价值较大的种类,对这些种类进行深入研究和保护,进行合理的开发和推广应用。

利用海南长夏无冬、温暖湿润的气候条件,在研发苔藓植物组培和快繁技术的基础上,可进一步尝试建设苔藓植物园或构建苔藓植物培养基地,作为苔藓植物的迁地保护地、种质基因库,或为苔藓

的研究与开发利用提供原材料。

通过各种渠道包括开展科研项目、加强苔藓植物科普等方式逐渐唤起当地政府和民众对苔藓植物的关注和重视,使保护工作真正落到实处;在“中国濒危苔藓植物红色名录”的基础上补充海南岛濒危苔藓植物名录,制定相应的保护措施;加强濒危苔藓植物的保育工作,可在自然保护区内设立定点科研区域开展苔藓植物保护的研究。

发展海南苔藓植物科研机构和队伍,加大科研资助力度,培养专门人才,是提高海南苔藓植物研究水平和保护工作的关键所在,同时加强与国内苔藓植物学家之间的交流与沟通,得到兄弟省区专家学者对海南苔藓植物研发工作更多的支持。

将海南岛建设成为生态良好、环境优美的绿色之岛是海南国际旅游岛发展的战略目标之一,加强苔藓植物的基础研究和保护工作,进而实现苔藓植物资源的可持续利用,对海南岛生态环境和经济文化的发展必将起到明显的促进作用。

致谢 感谢华东师范大学朱瑞良教授在本论文写作过程中给予的指导和帮助。

参考文献

- [1] Archives Administration of Hainan Province. Collection of Facts of Hainan [M]. Jilin: Jilin People's Publishing House, 1991: 236-252.
海南省档案局. 海南省况大全 [M]. 吉林: 吉林人民出版社, 1991: 236-252.
- [2] Goffinet B, Shaw A J. Bryophyte Biology [M]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009: 1-565.
- [3] Paris E G. Muscinees de Quang Tscheou Wan [J]. Rev Bryol, 1901, 28: 37-38.
- [4] Dixon H N. Mosses of Hong Kong (with other Chinese mosses) [J]. Hong Kong Nat, 1933(Suppl 2): 1-31.
- [5] Chen P C. Beitrage zur moosflora von Hainan-Insel [J]. Sunyatsenia, 1941, 6(2): 185-194.
- [6] Chen P C. Studien uber die Ostasiatischen Arten der Pottiaceae: I, II [J]. Hedwigia, 1941, 80: 1-76, 141-322.
- [7] Chen P C. Bryophyta Nova Sinica [J]. Fedd Rep, 1955, 58: 23-52.
- [8] Chen P C. Genera Muscorum Sinicorum, Pars Prima [M]. Beijing: Science Press, 1963: 1-304.
陈邦杰. 中国藓类植物属志, 上册 [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1-304.
- [9] Chen P C. Genera Muscorum Sinicorum, Pars Secunda [M]. Beijing: Science Press, 1978: 1-331.
陈邦杰. 中国藓类植物属志, 下册 [M]. 北京: 科学出版社, 1978: 1-331.
- [10] Lin P J, Zhang L, Wu P C, et al. A survey of bryological research activities in Hainan, China [J]. Chenia, 1994, 2: 47-73.
林邦娟, 张力, 吴鹏程, 等. 海南岛苔藓植物概述 [J]. 隐花植物生物学, 1994, 2: 47-73.
- [11] Wu P C, Lin P J. Studies on the epiphyllous liverworts of China: VI. The epiphyllous liverworts of Hainan Island [J]. Chenia, 1994, 2: 115-120.
吴鹏程, 林邦娟. 中国叶附生苔类植物的研究(六)——海南岛的叶附生苔类 [J]. 隐花植物生物学, 1994, 2: 115-120.
- [12] Zhang L. Notes on Chinese bryophytes II [J]. Ann Bot Fenn, 1994, 31: 117-120.
- [13] Zhang L. The genera *Pinnatella* (Thamnobryaceae, Musci) and *Caduciella* (Leptodontaceae, Musci) in south China [J]. J Trop Subtrop Bot, 1994, 2(3): 22-27.
张力. 华南地区羽枝藓属(平藓科)和凋叶藓属(薄齿藓科)植物研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2(3): 22-27.
- [14] Redfeam P L JR, Allen B, He S. New distributional records for Chinese mosses [J]. Bryologist, 1994, 97(3): 275-276.
- [15] Tan B C, Lin P J. Three new and remarkable species of mosses from China and the Philippines [J]. Trop Bryol, 1995, 10: 55-63.
- [16] Zhang L. Additions to the bryophyte flora of Hainan Island, China [J]. J Bryol, 1996, 19(1): 143-147.
- [17] Redfeam P L Jr, Tan B C, He S. A newly updated and annotated checklist of Chinese mosses [J]. J Hatt Bot Lab, 1996, 79: 163-357.
- [18] He S, Zhang L. *Symphysodontella siamensis* (Pterobryaceae), a moss genus confirmed for China [J]. Bryologist, 2008, 111(3): 501-504.
- [19] Guo S L, He S. A new species of *Macromitrium* (Orthotrichaceae) from Hainan, China [J]. Bryologist, 2008, 111(3): 505-509.
- [20] He S, Shevock J R, Redfeam P L Jr. *Dixonia orientalis* and *Trismegistia korthalsii* new to mainland China, Taiwan and Hainan Islands [J]. Trop Bryol, 2009, 30: 72-76.
- [21] Frahm J P. A taxonomic revision of *Dicranodontium* (Musci) [J]. Ann Bot Fenn, 1997, 34: 179-204.
- [22] Majestyk P. A taxonomic revision of *Erythrodonium* (Entodontaceae) [J]. Bryologist, 2009, 112(4): 804-822.
- [23] He S, Snider J A. A taxonomic revision of *Symphiodon* (Musci Symphyodontaceae) [J]. Bryologist, 2000, 103(1): 52-81.
- [24] Zhu Y Q, Buck W R, Wang Y F. A revision of *Entodon* (Entodontaceae) in East Asia [J]. Bryologist, 2010, 113(3): 516-589.
- [25] Pei L Y. Taxonomic revision of *Meteorium* (Meteoriaceae, Musci) [D]. Shanghai: East China Normal University, 2010: 1-210.
裴林英. 蔓藓属(*Meteorium*)的分类学修订 [D]. 上海: 华东师范大学, 2010: 1-210.
- [26] Zhang J J. The study on Ditrichaceae, Batramiaceae, and

- Lepidoziaceae in Gangdong and Hainan Province [D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2010: 1–96.
张娇娇. 广东和海南牛毛藓科、珠藓科及指叶苔科植物研究 [D]. 上海: 上海师范大学, 2010: 1–96.
- [27] So M L, Zhu R L. Two newly recorded species of the genus *Cheilolejeunea* (Lejeuneaceae, Hepaticae) in Hong Kong and China [J]. Bot Bull Acad Sin, 1996, 37(4): 275–280.
- [28] Zhu R L, So M L. A new record of the genus *Otolejeunea* (Hepaticae, Lejeuneaceae) in subtropical China [J]. Ann Bot Fenn, 1997, 34: 285–289.
- [29] Grolle R, So M L. Studies on *Plagiochila* in China: I [J]. Bryologist, 1997, 100(4): 467–477.
- [30] So M L, Zhu R L. On six species of the genus *Lejeunea* in China including one new species [J]. Bryologist, 1998, 101(1): 137–143.
- [31] Grolle R, So M L. Studies on *Plagiochila* in China: II [J]. Bryologist, 1998, 101(2): 282–294.
- [32] Grolle R, So M L. Studies on *Plagiochila* in China: III [J]. Bryologist, 1999, 102(2): 200–207.
- [33] Grolle R, So M L. Studies of *Plagiochila* sect. *Subtropicae* in Asia [J]. Bryologist, 1999, 102(1): 67–75.
- [34] Zhu R L, So M L. Additions of Lejeuneaceae taxa to the hepatic flora of Yunnan, China [J]. Ann Bot Fenn, 1999, 36(3): 219–229.
- [35] Zhu R L, So M L. New records of *Cololejeunea* (Lejeuneaceae, Hepaticae) for China and Vietnam [J]. Bot Bull Acad Sin, 1999, 40: 165–171.
- [36] Grolle R, So M L. Studies on *Plagiochila* sect. *Contiguae* in East and South Asia [J]. Bryologist, 1999, 102(2): 294–303.
- [37] Zhu R L, So M L. Additions and correction for Chinese Lejeuneaceae (Hepaticae) [J]. Bot Bull Acad Sin, 2000, 41(3): 243–250.
- [38] Zhu R L, So M L. The genus *Tuyamaella* (Hepaticae, Lejeuneaceae) in China [J]. Nova Hedw, 2000, 70(1/2): 185–192.
- [39] So M L. *Plagiochila* (Hepaticae, Plagiochilaceae) in China [J]. Syst Bot Monogr, 2001, 60: 1–214.
- [40] Zhu R L. *Cololejeunea aequabilis* (Sande Lac.) Schiffn. (Jungermanniopsida: Lejeuneaceae), the correct name for *Cololejeunea yulensis* (Steph.) Benedix [J]. J Bryol, 2005, 27(4): 357–358.
- [41] Zhu R L, Zheng M, Nan Z, et al. The genus *Ceratolejeunea* (Lejeuneaceae, Hepaticae) in China [J]. Cryptog Bryol, 2005, 26(1): 91–96.
- [42] Zhu R L. Taxonomy and distribution of *Cheilolejeunea krakamkamae* (Lejeuneaceae, Jungermanniopsida, Marchantiophyta), with a description and illustrations of *Cheilolejeunea laevicalyx* from Bolivia, Colombia and Ecuador [J]. Nova Hedw, 2006, 83(1/2): 187–198.
- [43] Shi X Q, Zhu R L. A range extension for *Haplomitrium mnioides* (Lindb.) R. M. Schust [J]. Trop Bryol, 2006, 27: 87–90.
- [44] Shi R P, Zhu R L. Notes on the taxonomy and distribution of *Telaranea semperiana* (Steph.) Del Ros. and *Telaranea octoloba* Del Ros. (Lepidoziaceae, Marchantiophyta) [J]. Cryptog Bryol, 2008, 29(2): 127–134.
- [45] Bai Z K, Li D K. A study on Pleuroziaceae (Hepaticae) of China [J]. Acta Bot Yunnan, 1998, 20(2): 174–178.
白占魁, 李登科. 中国紫叶苔科研究 [J]. 云南植物研究, 1998, 20(2): 174–178.
- [46] Li D K, Bai Z K. A new species of *Kurzia* (Lepidoziaceae, Hepaticae) from China [J]. Bull Bot Res, 1999, 19(4): 368–370.
李登科, 白占魁. 中国细指苔属一新种 [J]. 植物研究, 1999, 19(4): 368–370.
- [47] Gao C, Jia X Y, Cao T. A taxonomic study of *Notoscyphus* Mitt. (Hepaticae) in China [J]. Bull Bot Res, 1999, 19(4): 361–367.
高谦, 贾学乙, 曹同. 中国假蒴苞苔属的分类研究 [J]. 植物研究, 1999, 19(4): 361–367.
- [48] Sun J, Gao Q, Cao T. A new record of genus *Anastrophyllum* (Hepaticae) from China [J]. Bull Bot Res, 2002, 22(2): 131–132.
孙军, 高谦, 曹同. 中国挺叶苔属 [*Anastrophyllum* (Hepaticae)] 一新记录种 [J]. 植物研究, 2002, 22(2): 131–132.
- [49] Shi X Q. Liverwort flora of Bawangling Nature Reserve and the correlations between the liverwort flora of Hainan Island and adjacent Islands [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006: 1–67.
师雪芹. 海南霸王岭自然保护区苔类植物区系以及海南苔类植物区系与临近岛屿的关系 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006: 1–67.
- [50] Shi R P. Species diversity and distribution of liverworts and hornworts in Hainan Island, China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008: 1–83.
师瑞萍. 海南苔类和角苔类植物的物种多样性和分布 [D]. 上海: 华东师范大学, 2008: 1–83.
- [51] Wang J. Taxonomic studies on Chinese Lejeuneaceae [D]. Shanghai: East China Normal University, 2010: 1–321.
王健. 中国细鳞苔科植物的分类学研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2010: 1–321.
- [52] Zhou L P, Zhang L, Xing F W. The genus *Bazzania* in China and adjacent regions: I. New species [J]. J Bryol, 2012, 34(1): 22–31.
- [53] Peng T. Taxonomic revision and molecular phylogeny of hornwort in China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2013: 1–133.
彭涛. 中国角苔植物的分类修订和分子系统发育 [D]. 上海: 华东师范大学, 2013: 1–133.
- [54] Gao C. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 1 [M]. Beijing: Science Press, 1994: 1–368.
高谦. 中国苔藓志, 第1卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 1–368.
- [55] Gao C. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 2 [M]. Beijing: Science Press, 1996: 1–293.

- 高谦. 中国苔藓志, 第2卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 1-293.
- [56] Li X J. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 3 [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-157.
黎兴江. 中国苔藓志, 第3卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-157.
- [57] Li X J. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 4 [M]. Beijing: Science Press, 2006: 1-263.
黎兴江. 中国苔藓志, 第4卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1-263.
- [58] Wu P C, Jia Y. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 5 [M]. Beijing: Science Press, 2011: 1-493.
吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志, 第5卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 1-493.
- [59] Wu P C. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 6 [M]. Beijing: Science Press, 2002: 1-290.
吴鹏程. 中国苔藓志, 第6卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1-290.
- [60] Hu R L, Wang Y F. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 7 [M]. Beijing: Science Press, 2005: 1-288.
胡人亮, 王幼芳. 中国苔藓志, 第7卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-288.
- [61] Wu P C, Jia Y. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 8 [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-482.
吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志, 第8卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-482.
- [62] Gao C. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 9 [M]. Beijing: Science Press, 2003: 1-323.
高谦. 中国苔藓志, 第9卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1-323.
- [63] Gao C, Wu Y H. Flora Bryophytorum Sinicorum, Vol. 10 [M]. Beijing: Science Press, 2008: 1-464.
高谦, 吴玉环. 中国苔藓志, 第10卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-464.
- [64] Institutum Botanicum Kunmingense Academiae Sinicae. Flora Yunnanica, Vol. 17 (Bryophyta: Hepaticae, Anthocerotae) [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-650.
中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志, 第17卷 (苔藓植物: 苔纲, 角苔纲) [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-650.
- [65] Institutum Botanicum Kunmingense Academiae Sinicae. Flora Yunnanica, Vol. 18 (Bryophyta: Musci) [M]. Beijing: Science Press, 2005: 1-525.
中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志, 第18卷 (苔藓植物: 藓纲) [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-525.
- [66] Institutum Botanicum Kunmingense Academiae Sinicae. Flora Yunnanica, Vol. 19 (Bryophyta: Musci) [M]. Beijing: Science Press, 2005: 1-681.
中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志, 第19卷 (苔藓植物: 藓纲) [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-681.
- [67] Gao C, Lai M J. Illustrations of Bryophytes of China [M]. Taipei: SMC Publishing Inc., 2003: 1-1313.
高谦, 赖明洲. 中国苔藓植物图鉴 [M]. 台北: 南天书局, 2003: 1-1313.
- [68] Zhang L. Bryophyte Flora of Macao [M]. Macao: Department of Gardens and Green Areas, Civic and Municipal Affairs Bureau of Macao Special Administrative Region, 2010: 1-361.
张力. 澳门苔藓植物志 [M]. 澳门: 澳门特别行政区民政总署园林绿化部, 2010: 1-361.
- [69] Wu D L, Zhang L. Bryophyte Flora of Guangdong [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2013: 1-552.
吴德邻, 张力. 广东苔藓志 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2013: 1-552.
- [70] Jia Y, He S. Species catalogue of China, Volume 1. Plants, Bryophytes [M]. Beijing: Science Press, 2013: 1-525.
贾渝, 何思. 中国生物物种名录, 第1卷 植物, 苔藓植物 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 1-525.
- [71] Chang H T. The diversity of the Hainan flora [J]. Ecol Sci, 2001, 20(1/2): 1-10.
张宏达. 海南植物区系的多样性 [J]. 生态科学, 2001, 20(1/2): 1-10.
- [72] Wu P C, Lin P J. A preliminary observation on the Hepaticae of the Island Hainan, China and their phytogeographical relationships [J]. Acta Phytotax Sin, 1978, 16(2): 56-71.
吴鹏程, 林邦娟. 海南苔类植物区系与地理分布的初步讨论 [J]. 植物分类学报, 1978, 16(2): 56-71.
- [73] Redfearn P L Jr. Tropical component of the moss flora of China [J]. Trop Bryol, 1990, 2: 201-222.
- [74] Zhang L, Corlett R T. Phytogeography of Hong Kong bryophytes [J]. J Biogeogr, 2003, 30(9): 1329-1337.
- [75] Oluwole O O, Jia Y, Wu P C, et al. Comparative biodiversity of tropical rainforest bryoflora in Hainan Island China and Qgun State Southwestern Nigeria [J]. Chenia, 2011, 10: 1-9.
- [76] Wang J, Lai M Z, Zhu R L. Liverworts and hornworts of Taiwan: An updated checklist and floristic accounts [J]. Ann Bot Fenn, 2011, 48: 369-395.
- [77] Yuan Z L. The floristic geography and ecological distribution of bryophytes in Henan [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2008: 50-51.
袁志良. 河南苔藓植物区系与生态分布 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2008: 50-51.
- [78] Bai X L. Flora Bryophytorum Intramongolicarum [M]. Hohhot: Typis Universitatis Intramongolicae, 1997: 1-8.
白学良. 内蒙古苔藓植物志 [M]. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1997: 1-8.
- [79] Yi Y J. The present situation and prospect of bryophyte research in Shandong Province [J]. Terr Nat Resour Study, 2004(3): 90-91.

- 衣艳君. 山东苔藓植物的研究现状与展望 [J]. 国土与自然资源研究, 2004(3): 90–91.
- [80] Dilnur • Anwar, Sayida • Eziz, Rizwangul • Ezez, et al. Progress of researches on bryophytes diversity of Xinjiang [J]. J Xinjiang Norm Univ (Nat Sci), 2010, 29(4): 83–86.
迪力努尔•艾尼玩, 沙依旦•艾孜孜, 热孜玩故•艾则孜, 等. 新疆苔藓植物资源多样性研究进展 [J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2010, 29(4): 83–86.
- [81] Lin P J, Piippo S, Koponen T, Wu P C. Bryophyte flora of Jianfengling Mts, Hainan Island, China [J]. Bryobrothera, 1992, 1: 195–214.
- [82] Shi X Q. Studies on liverwort flora in Bawangling Nature Reserve of Hainan Province [J]. J Anhui Norm Univ (Nat Sci), 2008, 31(1): 57–61.
师雪芹. 海南霸王岭自然保护区苔类植物区系研究 [J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2008, 31(1): 57–61.
- [83] Zhu R L, So M L. Epiphyllous liverworts of China [J]. Nova Hedw Beih, 2001, 121: 1–418.
- [84] Shi X Q. Epiphyllous liverworts of the Bawangling Nature Reserve, Hainan, China [J]. J Anhui Norm Univ (Nat Sci), 2008, 31(3): 265–268.
师雪芹. 海南霸王岭自然保护区叶附生苔类植物 [J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2008, 31(3): 265–268.
- [85] Jia Y, Wu P C. Types of the endangered bryophytes and their conservation prospect [C]// Qian Y Q, Zhen R D. Advances of Biological Diversity. Beijing: China Science and Technology Press, 1995: 215–220.
贾渝, 吴鹏程. 中国濒危苔藓植物的类型及其保护对策 [C]// 钱迎倩, 甄仁德. 生物多样性研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 215–220.
- [86] Cao T, Zhu R L, Guo S L, et al. A brief report of the first red list of endangered bryophytes in China [J]. Bull Bot Res, 2006, 26(6): 756–762.
曹同, 朱瑞良, 郭水良, 等. 中国首批濒危苔藓植物红色名录简报 [J]. 植物研究, 2006, 26(6): 756–762.
- [87] Akiyama H, Tan B C. The new synonymy of *Horikawaea* with *Cryptogonium* and a proposal of *Pseudocryptogonium*, gen. nov. (Musci, Pterobryaceae) [J]. Phytotaxa, 2013, 98(1): 16–22.
- [88] Zhu R L, Wei Y M, He Q. *Caudalejeunea tridentata*, a remarkable new species of Lejeuneaceae (Marchantiophyta) from China [J]. Bryologist, 2011, 114(3): 469–473.
- [89] Zhu R L, Wang D, Xu L, et al. Antibacterial activity in extracts of some bryophytes from China and Mongolia [J]. J Hatt Bot Lab, 2006, 100: 603–615.
- [90] Sun Y, Zhang L N, Yang H W, et al. Effect of extracting liquor from five species of bryophytes on seed germination and seedling physiological characteristics of cucumber [J]. J Guizhou Norm Univ (Nat Sci), 2010, 28(4): 25–28.
孙悦, 张莉娜, 杨好伟, 等. 5种苔藓植物水提液对黄瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2010, 28(4): 25–28.
- [91] Zhang Y L, Wu P C. Spore morphology of Chinese bryophytes [M]. Qingdao: Qingdao Press, 2006: 1–339.
张玉龙, 吴鹏程. 中国苔藓植物孢子形态 [M]. 青岛: 青岛出版社, 2006: 1–339.
- [92] He Q, Zhu R L. Spore output in selected species of Lejeuneaceae (Marchantiophyta) from China [J]. Cryptog Bryol, 2011, 32(2): 107–112.
- [93] Zheng M. Cytological studies on liverworts from China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2007: 1–199.
郑敏. 中国苔类植物染色体研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2007: 1–199.
- [94] Zheng M, So M L, Zhu R L. Chromosomes and oil bodies of *Plagiochilion* (Plagiochilaceae, Hepaticae) [J]. Cryptog Bryol, 2005, 26(1): 109–115.
- [95] Zheng M, Zhu R L. Cytological observation on some Chinese species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta) [J]. Cryptog Bryol, 2008, 29(1): 39–47.
- [96] Zheng M, Zhu R L. Karyological studies on some liverworts from China and Singapore [J]. Fieldiana Bot, 2008, 47: 81–87.
- [97] Zheng M, Zhu R L. Karyological studies on some species of *Radula* (Radulaceae, Jungermanniopsida, Marchantiophyta) [J]. Nova Hedw, 2009, 88(1/2): 229–244.
- [98] Yu C M, Zheng M, Zhu R L. Protonema development and observation on oil bodies of *Cheilolejeunea ventricosa* (Schiffn.) X. L. He [J]. J E China Norm Univ (Nat Sci), 2008(2): 85–91.
于传梅, 郑敏, 朱瑞良. 膨叶唇鳞苔原丝体发育及油体的观察 [J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2008(2): 85–91.