



文章编号:1000-4025(2016)05-1021-010

doi:10.7606/j.issn.1000-4025.2016.05.1021

滇桂两省中越边境地区藓类物种多样性及区系研究

章博远¹,韦玉梅²,李敏³,魏倩倩¹,朱瑞良¹,王幼芳^{1*}

(1 华东师范大学 生命科学学院,上海 200241;2 中国科学院 广西植物研究所,广西桂林 541006;3 河北师范大学 生命科学学院,石家庄 050024)

摘要:对 2012~2015 年间采集自滇、桂两省中越边境地区的 2 600 余份藓类植物标本进行物种鉴定和文献研究,分析了中越边境地区藓类植物的物种组成和区系特点,并将中越边境地区与邻近地区和国家的藓类植物进行物种丰富度、属种相似性和区系谱的比较及聚类分析。结果表明:(1)滇、桂两省中越边境地区共有藓类植物 51 科、155 属、452 种(含种下单位),其中卷边麻锦藓[*Taxithelium kerianum* (Broth.) Broth.]为中国新记录种。(2)中越边境地区的藓类植物共有优势科 9 科,优势属 12 属。(3)中越边境地区的藓类植物区系以热带亚洲成分所占比例最高,达 31.19%,其次为东亚成分(25.46%)和北温带广布成分(13.76%)。(4)与中越边境地区的藓类植物属及种的相似性最高的分别是越南和中国贵州。(5)中越边境地区的藓类植物区系与贵州、广东、福建及台湾的亲缘关系较近。

关键词:广西;云南;越南;物种多样性;藓类区系;热带

中图分类号:Q949.35; Q948.5 文献标志码:A

Species Diversity and Moss Flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China)

ZHANG Boyuan¹, WEI Yumei², LI Min³, WEI Qianqian¹, ZHU Ruiliang¹, WANG Youfang^{1*}

(1 School of life sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China; 2 Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006, China; 3 College of Life Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract: More than 2 600 moss specimens were collected from Sino-Vietnam border area (Yunnan & Guangxi, China) during 2012 to 2015. Through the specimen identification and literature research, we analyzed the species composition and floristic characteristics of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China), comparisons of moss D_{GI} and similarity index of genera & species along with floristic spectrum and the cluster analysis of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) with adjacent provinces and countries were made. Results are as follows: (1) the moss flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) consist of 452 species (including infraspecific taxa), belonging to 155 genera of 51 families. *Taxithelium kerianum* (Broth.) Broth. was reported new to China. (2) There are nine dominant families and 12 dominant genera in Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China). (3) The moss flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) is dominated by tropical Asia element, which accounts for 31.19% of the entire species. East Asia element (25.46%) and North Temperate element (13.76%) ranked second and third, respectively. (4) Vietnam has the highest similarity in-

收稿日期:2015-10-12;修改稿收到日期:2016-01-17

基金项目:国家自然科学基金(31270255);中国科学院西部之光项目(2013—165);河北省自然科学基金(C2015205074)

作者简介:章博远(1992—),男,在读硕士研究生,主要从事苔藓植物分类学研究。E-mail: zhangboyuan9953@163.com

* 通信作者:王幼芳,教授,博士生导师,主要从事苔藓区系及分子系统学研究。E-mail: yfwang@bio.ecnu.edu.cn

dex of genera with Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China), whereas Guizhou(China) gets the highest similarity index of species within the studied area. (5) The moss flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) is more closely related to Guizhou, Guangdong, Fujian and Taiwan.

Key words: Guangxi; Yunnan; Vietnam; species diversity; moss flora; tropical

滇、桂两省中越边境地区(简写为中越边境地区)是指中国的云南省(滇)和广西壮族自治区(桂)与越南交界的地区。中越两国陆地边界线西起中国、越南、老挝三国的交界点,东至北仑河口止,全长约1 065 km;中国和越南分别位于边界线的北面和南面。中越边境地区的地形地貌特征错综复杂:云南省与越南的交界地区位于该省的东南部,此地区的海拔较该省西北部要低,形成海拔2 000 m左右的高原,河流呈带状分布,河口瑶族自治县附近的元江河谷海拔仅76 m左右,堪称云南海拔最低处,河流发育较好的区域则形成顶部平坦宽阔的山地;广西自治区与越南的交界地区位于该区的西南部,广西南部多山地,包括云开大山、六万大山、十万大山等山脉,虽名为大山,但实际海拔不过1 000 m左右,山间多峡谷、急流,除此之外,还分布有一些岩溶地貌,地理状况亦是相当复杂。

中越边境地区大致位于北回归线(N 23° 26')以南,西南临近北部湾,属于热带范围,但是又处于热带的北缘,紧邻北温带,距离热带的中心区域(赤道附近)较远。故该地区以热带-亚热带季风气候为主,兼受印度洋和太平洋季风的影响,热量充足、雨量充沛,一年可分为明显的旱季和雨季。中越边境地区的气候地理特征使得该地区的生物多样性指数极高,大围山、黄连山、分水岭、十万大山、弄岗等多个国家级自然保护区都位于该区域内。

对于中越边境地区的苔藓植物,研究最多的地区是云南大围山^[1-4],此外云南木洪大山^[5]、广西十万大山^[6-7]以及广西那坡县^[8]和龙州县^[9]也有过调查;韦玉梅^[10]调查了中国广西与越南接壤的岩溶地区的苔藓植物;黄乐乐^[11]则调查了中国境内中越边境地区的苔类植物区系。可见前人开展的关于该地区苔类植物的调查研究都是针对其中的一些片区进行的。到目前为止,关于中越边境地区完整的苔藓植物区系调查还未开展过。

基于该地区苔藓植物的研究现状,本研究首次针对中越边境地区的苔类植物,对其进行较为完整的区系研究,以期完善中国在中越边境地区苔类植物调查的不足之处。另外,在中国苔藓植物十大分区中,该地区位于岭南区内,是中国苔藓植物种类和

生态类型最为丰富的地区^[12],具有很高的研究价值。此外,中国大部分国土位于北温带,该地区是中国境内为数不多的属于热带的地区,因此通过对滇、桂两省中越边境地区苔类植物区系的研究,探讨中国苔藓植物区系与热带苔藓植物区系之间的亲缘关系,同时也为苔藓植物地理分布区的划定提供资料和佐证。

1 材料和方法

1.1 野外考察和标本鉴定

2012年至2015年间,作者对云南省和广西壮族自治区的中越边境地区进行了9次野外考察和标本采集,采集地点(图1)包括:云南的绿春县、元阳县、金平县、屏边县、河口县、马关县、麻栗坡县、西畴县、富宁县,以及广西的那坡县、靖西县、大新县、龙州县、凭祥市(县级)、宁明县、上思县、防城港市防城区,共计17个采集地。共获得苔类植物标本2 612号,标本均存放于华东师范大学标本馆(HSNU)。

将每份标本在解剖镜和光学显微镜下进行镜检,参考相关文献和专著对标本进行物种鉴定^[13-25],具体种名及系统位置以《中国生物物种名录》第一卷的苔藓植物部分^[12]为标准,并参照中国种子植物分布区类型的划分^[26-27]和每个种的分布范围确定其区系成分。

1.2 数据分析

采用物种数和 Gleason 物种丰富度指数 D_{GI} 作为生物多样性的指标^[28],利用 Kroeber 系数^[29]和区系谱^[30]将中越边境地区与邻近地区和国家的苔类植物进行属种相似性及区系的比较,采用 SPSS 19.0 软件^[31-33]对中越边境地区与邻近地区、国家的苔类植物区系地理成分进行聚类分析。

(1) Gleason 物种丰富度指数

$$D_{GI} = (S-1)/\ln A,$$

式中 S 为苔类植物物种数, A 为面积。

(2) Kroeber 相似性系数

$S = c(a + b) / 2ab \times 100\%$, 式中 a, b 为两地各自物种数, c 为共有种数; a, b, c 均不含世界广布种。

(3) 区系谱

区系谱是指某一特定植物区系中各区系成分百

分率的合集。

$FER = (FEi/T) \times 100\%$, 式中 FEi 指某区系中 n 种区系成分的第 i 个区系成分的分类群数量(属或种), T 指某区系中分类群总数; FEi 、 T 均不包括世界分布类型的种类。

(4) SPSS 软件聚类分析

以类间平均锁链法(Between-groups linkage)进行聚类分析,对间距的测量方法选择皮尔逊相关系数(Pearson-correlation)。

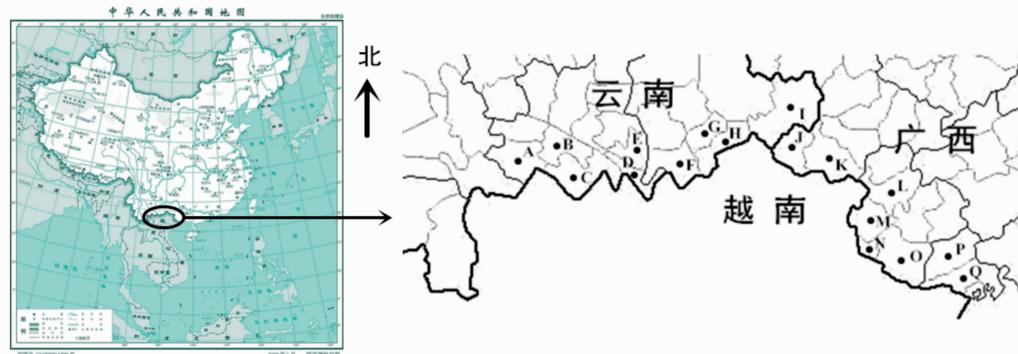
2 结果与分析

2.1 中越边境地区藓类植物物种多样性分析

2.1.1 科、属、种的组成 通过对 2 600 余份标本的显微鉴定,发现中越边境地区共有藓类植物 51 科、155 属、452 种(含种下单位)。其中,卷边麻锦藓

[*Taxithelium kerianum* (Broth.) Broth.]为中国新记录种^[34]。

2.1.2 优势科 将科内种数≥20 种的科定义为优势科(表 1)。中越边境地区共有优势科 9 科,共包含 67 属,251 种,分别占该地区总属数和总种数的 43.23% 和 55.53%。优势科中,除广布的灰藓科(Hypnaceae)和真藓科(Bryaceae)以及温带分布为主的青藓科(Brachytheciaceae)和丛藓科(Pottiaceae)外,主要是以热带、亚热带分布为主的蔓藓科(Meteoriaceae)、平藓科(Neckeraceae)、白发藓科(Leucobryaceae)、凤尾藓科(Fissidentaceae)和毛锦藓科(Pylaisiadelphaceae)。优势科的组成特点体现了中越边境地区藓类植物区系热带和温带成分交汇的特色,并已趋近于热带植物区系。这一结果与该地区所处的纬度位置相一致。此外,中越边境地区



A. 绿春县;B. 元阳县;C. 金平县;D. 河口县;E. 屏边县;F. 马关县;G. 西畴县;H. 麻栗坡县;I. 富宁县;J. 那坡县;K. 靖西县;
L. 大新县;M. 龙州县;N. 凭祥市;O. 宁明县;P. 上思县;Q. 防城港市防城区

图 1 中越边境地区藓类植物采集地分布图

A. Lvchun County; B. Yuanyang County; C. Jinping County; D. Hekou County; E. Pingbian County; F. Maguan County;
G. Xichou County; H. Malipo County; I. Funing County; J. Napo County; K. Jingxi County; L. Daxin County;
M. Longzhou County; N. Pingxiang City; O. Ningming County; P. Shangsi County;
Q. Fangcheng District of Fangchenggang City

Fig. 1 Map of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) with moss collection localities

表 1 中越边境地区藓类植物优势科

Table 1 Dominant families of mosses in Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China)

编号 No.	科名 Family	属数 No. of genera	占总属数百分比 Percentage/%	种数 No. of species	占总种数百分比 Percentage/%
1	蔓藓科 Meteoriaceae	17	10.97	41	9.07
2	青藓科 Brachytheciaceae	7	4.52	37	8.19
3	丛藓科 Pottiaceae	12	7.74	31	6.86
4	平藓科 Neckeraceae	9	5.81	27	5.97
5	灰藓科 Hypnaceae	7	4.52	26	5.75
6	白发藓科 Leucobryaceae	3	1.94	23	5.09
7	真藓科 Bryaceae	3	1.94	23	5.09
8	凤尾藓科 Fissidentaceae	1	0.65	23	5.09
9	毛锦藓科 Pylaisiadelphaceae	8	5.16	20	4.42
合计 Total		67	43.23	251	55.53

仅有单种分布的科有 13 科, 分别为短颈藓科 (Diphysciaceae)、紫萼藓科 (Grimmiaceae)、曲背藓科 (Oncophoraceae)、蔓枝藓科 (Bryowijkiaeae)、壺藓科 (Splachnaceae)、稜蒴藓科 (Ptychomniaceae)、油藓科 (Hookeriaceae)、毛枝藓科 (Pilotrichaceae)、碎米藓科 (Fabroniaceae)、万年藓科 (Climaciaceae)、异齿藓科 (Regmatodontaceae)、白齿藓科 (Leucodontaceae) 和金毛藓科 (Myuriaceae)。它们也以暖温带和热带、亚热带成分为主。

2.1.3 优势属 对中越边境地区 155 属藓类进行属内种数多寡的统计, 属的组成见表 2。属内种数 ≥ 10 种的属有 7 属, 仅占该地区总属数的 4.52%; 而少种属(属内种数少于 5 种)和单种属所占比例较高, 尤其以单种属为最, 达 66 属, 占该地区总属数 42.58%, 而种的结构总体上较为均匀。上述结果体现出中越边境地区藓类植物属的多样性及区系的复杂性。

将属内种数 ≥ 7 种的属定义为优势属(表 3)。中越边境地区藓类共有优势属 12 属, 包含 130 种, 占该地区藓类植物总种数的 28.76%。优势属的组成和优势科有一定的相似性, 既包括广布性质的真

表 2 中越边境地区藓类植物属的组成

Table 2 Genera diversity of mosses in Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China)

属内种数 No. of species in genus	属数 No. of genera	占总属数 百分比/ Percentage/%	种数 No. of species	占总种数 百分比/ Percentage/%
≥ 10	7	4.52	91	20.13
5~9	24	15.48	140	30.97
2~4	58	37.42	155	34.29
1	66	42.58	66	14.60

表 3 中越边境地区藓类植物优势属

Table 3 Dominant genera of mosses in Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China)

编号 No.	属名 Genus	种数 No. of species	占总种数 百分比/ Percentage/%
1	凤尾藓属 <i>Fissidens</i>	23	5.09
2	真藓属 <i>Bryum</i>	17	3.76
3	泽藓属 <i>Philonotis</i>	11	2.43
4	青藓属 <i>Brachythecium</i>	10	2.21
5	曲柄藓属 <i>Campylopus</i>	10	2.21
6	绢藓属 <i>Entodon</i>	10	2.21
7	长喙藓属 <i>Rhynchostegium</i>	10	2.21
8	美喙藓属 <i>Eurhynchium</i>	8	1.77
9	白发藓属 <i>Leucobryum</i>	8	1.77
10	拟平藓属 <i>Neckeropsis</i>	8	1.77
11	匐灯藓属 <i>Plagiomnium</i>	8	1.77
12	树平藓属 <i>Homaliodendron</i>	7	1.55
合计 Total		130	28.76

藓属 (*Bryum*), 温带性质的匐灯藓属 (*Plagiomnium*)、青藓属 (*Brachythecium*)、美喙藓属 (*Eurhynchium*) 和绢藓属 (*Entodon*), 也有兼具温、热性质的曲柄藓属 (*Campylopus*)、泽藓属 (*Philonotis*) 和长喙藓属 (*Rhynchostegium*) 以及热带性质的白发藓属 (*Leucobryum*)、凤尾藓属 (*Fissidens*)、树平藓属 (*Homaliodendron*) 和拟平藓属 (*Neckeropsis*)。值得注意的是仅凤尾藓属一属就包含 23 种, 占该地区藓类植物总种数的 5.09%, 是该地区优势性最为明显的属。中越边境地区藓类植物区系的热带性质由此可见一斑。

2.2 中越边境地区藓类植物区系地理成分分析

2.2.1 蕨类植物区系成分的构成 参照中国种子植物分布区类型的划分^[26-27], 中越边境地区藓类植物的区系成分共包括以下 12 种类型(表 4):

(1)世界分布 (Cosmopolitan): 指分布范围几乎遍布世界各个大洲而没有特殊分布中心, 或虽有一个或数个分布中心同时又广布于世界各地的种。属于这一分布类型的种有: 丛生真藓 (*Bryum caespiticium* Hedw.)、曲柄藓 [*Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid.]、鳞叶凤尾藓 (*Fissidens taxifolius* Hedw.)、大羽藓 [*Thuidium cymbifolium* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk.]、长蒴藓 (*Trematodon longicollis* Michx.) 等。

表 4 中越边境地区藓类植物区系成分

Table 4 Areal-types of moss flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China)

区系成分 Areal-types	种数 No. of species	所占百分比 Percentage/%
世界分布 Cosmopolitan	16	—
泛热带分布 Pantropic	20	4.59
热带亚洲和热带美洲洲际间断分布 Trop. As. & Trop. Amer. Disjuncted	18	4.13
旧世界热带分布 OW Trop.	11	2.52
热带亚洲至热带澳大利亚分布 Trop. As. & Trop. Australia	22	5.05
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. As. to Trop. Afr.	6	1.38
热带亚洲分布 Trop. As.	136	31.19
北温带广布 N. Temp.	60	13.76
东亚-北美间断分布 E. As. & N. Amer. Disjuncted	9	2.06
旧世界温带分布 OW Temp.	10	2.29
东亚分布 E. As.	111	25.46
中国特有分布 Endemic to China	33	7.57
总计 Total	436	100

注:世界分布成分未计入总数。

Note: Cosmopolitan Species are excluded.

(2)泛热带分布(Pan tropic):指广泛分布于环球的热带地区的种,通常有亚、澳、非、印和中南美三大分布中心。属于这一分布类型的种有:蕊形真藓(*Bryum coronatum* Schwägr.)、短肋凤尾藓(*Fissidens gardneri* Mitt.)、长柄蓑藓[*Macromitrium microstomum* (Hook. & Grev.) Schwägr.]、黄色斜齿藓[*Mesonodon flavescens* (Hook.) W. R. Buck]、匍网藓[*Mithyridium fasciculatum* (Hook. & Grev.) H. Rob.]等。

(3)热带亚洲和热带美洲洲际间断分布(Tropical Asia & Tropical America Disjuncted):指间断分布于美洲和亚洲温暖地区的热带种,在东半球可延伸到澳大利亚东北部或西南太平洋岛屿。属于这一分布类型的种有:近高山真藓(*Bryum paradoxum* Schwägr.)、梯网花叶藓(*Calymperes afzelii* Sw.)、锦叶藓[*Dicranoloma dicarpum* (Nees) Paris]、网孔凤尾藓(*Fissidens polypodioides* Hedw.)、狭叶白发藓(*Leucobryum bowringii* Mitt.)等。

(4)旧世界热带分布(Old World Tropics):指分布范围在亚洲、大洋洲、非洲三大洲的热带地区的种。属于这一分布类型的种有:宽叶短月藓[*Brachymenium capitulatum* (Mitt.) Paris]、尾枝藓[*Caduciella mariei* (Besch.) Enroth]、穗枝赤齿藓[*Erythrodontium julaceum* (Hook. ex Schwägr.) Paris]、丝带藓[*Floribundaria floribunda* (Dozy & Molk.) M. Fleisch.]、小树平藓[*Homaliodendron exiguum* (Bosch & Sande Lac.) M. Fleisch.]等。

(5)热带亚洲至热带澳大利亚分布(Tropical Asia to Tropical Australia):指分布范围在热带亚洲和大洋洲的种,西端可达马达加斯加,但不见于非洲大陆。属于这一分布类型的种有:灰气藓[*Aerobryopsis wallichii* (Brid.) M. Fleisch.]、拟悬藓[*Barbellopsis trichophora* (Mont.) W. R. Buck]、疏网曲柄藓(*Campylopus laxitextus* Sande Lac.)、大麻羽藓(*Claopodium assurgens* (Sull. & Lesq.) Cardot)、淡色同叶藓[*Isopterygium albescens* (Hook.) A. Jaeger]等。

(6)热带亚洲至热带非洲分布(Tropical Asia to Tropical Africa):指分布范围在热带非洲至印度—马来西亚的种,部分种也可分布到斐济等南太平洋岛屿,但不见于澳大利亚大陆。属于这一分布类型的种有:短月藓(*Brachymenium nepalense* Hook.)、刀叶树平藓[*Homaliodendron scalpellifolium* (Mitt.) M. Fleisch.]、阔叶桧藓[*Pyrrho-*

bryum latifolium (Bosch & Sande Lac.) Mitt.]、南亚火藓(*Schlotheimia grevilleana* Mitt.)、矮刺果藓[*Symphyodon pygmaeus* (Broth.) S. He & Snider]等。

(7)热带亚洲分布(Tropical Asia):该分布型在中国境内的分布范围从南岭以南至南海诸岛,境外的分布范围则包括热带喜马拉雅、东南亚诸国,东达新几内亚、西太平洋,南不到澳大利亚北部的热带部分。属于这一分布类型的种有:针叶顶胞藓[*Acroporium diminutum* (Brid.) M. Fleisch.]、毛扭藓[*Aerobryidium filamentosum* (Hook.) M. Fleisch.]、气藓(*Aerobryum speciosum* Dozy & Molk.)、爪哇扭口藓(*Barbula javanica* Dozy & Molk.)、赤茎小锦藓[*Brotherella erythrocaulis* (Mitt.) M. Fleisch.]等。

(8)北温带广布(North Temperate):指分布在欧洲、亚洲和北美洲温带地区的种,有些种甚至跨入南温带或两极地区。属于这一分布类型的种有:柳叶藓[*Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.]、灰白青藓[*Brachythecium albicans* (Hedw.) Schimp.]、高山红叶藓[*Bryoerythrophyllum alpinum* (Venturi) P. C. Chen]、卵蒴真藓(*Bryum blindii* Bruch & Schimp.)、辛氏曲柄藓(*Campylopus schimperi* Milde)等。

(9)东亚-北美间断分布(East Asia & North America Disjuncted):指分布中心在东亚和北美洲温带及亚热带的种。属于这一分布类型的种有:中华曲柄藓[*Campylopus sinensis* (Müll. Hal.) J.-P. Frahm]、羊角藓[*Herpetineuron toccae* (Sull. & Lesq.) Cardot]、黄边孔雀藓(*Hypopterygium flavolimbatum* Müll. Hal.)、扭叶小金发藓(*Pogonatum contortum* (Menzies ex Brid.) Lesq.)、凸尖鳞叶藓(*Taxiphyllum cuspidifolium* (Cardot) Z. Iwats.)等。

(10)旧世界温带分布(Old World Temperate):亦称欧亚温带分布,指广泛分布在欧洲、亚洲中高纬度的温带和寒温带的种。属于这一分布类型的种有:小疣毛藓[*Leratia exigua* (Sull.) B. Goffinet]、深绿褶叶藓[*Palamocladium euchloron* (Bruch ex Müll. Hal.) Wijk & Margad.]、偏叶泽藓[*Philonotis falcata* (Hook.) Mitt.]、日本立碗藓(*Physcomitrium japonicum* (Hedw.) Mitt.)、阔叶棉藓(*Plagiothecium platiphyllum* Mönk.)等。

(11)东亚分布(East Asia):指分布范围在亚洲

东北部的种,北以中国内蒙古的阴山和狼山为界,南到泰国东北部、老挝和越南的北部。属于这一分布类型的种有:小牛舌藓[*Anomodon minor* (Hedw.) Lindb.]、东亚仙鹤藓[*Atrichum yakushimense* (Horik.) Mizush.]、柔叶青藓(*Brachythecium moriense* Besch.)、弯叶真藓[*Bryum recurvulum* Mitt.]、毛叶梳藓[*Ctenidium capillifolium* (Mitt.) Broth.]等。

(12) 中国特有分布(Endemic to China):指分布范围在中国境内的种,有些种则越出国界达到邻国边界。属于这一分布类型的种有:云南灰气藓(*Aerobryopsis yunnanensis* X. J. Li & D. C. Zhang)、带叶耳平藓(*Calyptothecium phyllogonioides* Nog. & X. J. Li)、宝岛绢藓(*Entodon taiwanensis* C. K. Wang & S. H. Lin)、小叶美喙藓[*Eurhynchium filiforme* (Müll. Hal.) Y. F. Wang & R. L. Hu]、中华细枝藓[*Lindbergia sinensis* (Müll. Hal.) Broth.]等。

2.2.2 蕨类植物区系成分的特点 由表4可知,中越边境地区蕨类植物区系所包含的12种地理成分中,热带亚洲成分所占比例最高,达31.19%,其次为东亚成分和北温带广布成分,分别占25.46%和13.76%,由此可知中越边境地区的蕨类植物区系已具明显的热带亚洲特色。亚热带至温带成分(包括

北温带广布、东亚-北美间断分布、旧世界温带分布、东亚分布和中国特有分布)的总和所占比例达51.15%,而所有的热带成分(包括泛热带分布、热带亚洲和热带美洲洲际间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带澳大利亚分布、热带亚洲至热带非洲分布和热带亚洲分布)总和所占的比例亦达到48.85%,即亚热带至温带成分和热带成分这两大类成分在中越边境地区蕨类植物区系中近于持平,温带性质的青藓科、丛藓科等科植物以及热带、亚热带性质的蔓藓科、平藓科、凤尾藓科、毛锦藓科等科植物在该地区有较多的分布,表明该地区的蕨类植物区系兼具温带和热带特色。在中国植物区系分区系统中,中越边境地区属于古热带植物区中马来西亚亚区内的北部湾地区^[27],是北温带植物区系和热带植物区系相互交融和影响的区域,并且是亚热带植物区系向热带植物区系过渡的一个关键地带。

2.3 中越边境地区与邻近地区蕨类植物区系比较

为进一步探明中越边境地区蕨类植物区系的特点,本研究选取了中国境内的贵州^[35]、广东^[36]、海南^[36]、福建^[37]和台湾^[38]5省以及地处南亚热带地区的缅甸^[39]、泰国^[40]、越南^[41]和菲律宾^[42]4国的蕨类植物与之进行比较分析。

2.3.1 蕨类植物组成的比较 表5为本研究从物种数、物种丰富度、共有科属种数和属种相似性系数等

表5 中越边境地区与邻近地区蕨类植物物种丰富度及属种相似性的比较

Table 5 Comparisons of moss D_{GI} and similarity index of genera & species between Sino-Vietnam Border Area

(Yunnan & Guangxi, China) and adjacent regions

地点 Sites	科数 No. of families	属数 No. of genera	种数 No. of species	物种丰富度 D_{GI}	共有科数 No. of shared families	共有属数 No. of shared genera	属相似性 系数 Similarity index of genera/%	共有种数 No. of shared species	种相似性 系数 Similarity index of species/%
中国 China	ZYBJ	51	155	452	42.14	—	—	—	—
	GZ	69	286	1 106	91.48	50	140	69.64	374
	GD	51	170	467	38.52	44	116	71.54	241
	HN	48	135	366	34.85	43	100	69.30	180
	FJ	59	216	634	53.97	46	129	71.47	279
	TW	72	283	826	78.60	50	138	68.90	270
	MD	44	142	304	22.57	41	95	64.10	110
	TG	55	201	623	47.31	46	118	67.42	185
	YN	61	224	816	64.14	51	137	74.77	292
	FLB	62	246	696	55.11	47	125	65.73	183
									34.36

注:世界分布成分未计人。ZYBJ. 中越边境;GZ. 贵州;GD. 广东;HN. 海南;FJ. 福建;TW. 台湾;MD. 缅甸;TG. 泰国;YN. 越南;FLB. 菲律宾;下同。

Note: Cosmopolitan Species are excluded. ZYBJ. Sino-Vietnam border; GZ. Guizhou; GD. Guangdong; HN. Hainan; FJ. Fujian; TW. Taiwan; MD. Burma; TG. Thailand; YN. Vietnam; FLB. Philippines; The same as below.

方面将中越边境地区的藓类植物与上述 9 个地区进行比较结果。

(1) 物种丰富度比较:包括中越边境地区在内的 10 个地区中,物种丰富度较高的 3 个地区分别是 中国贵州(91.48)、中国台湾(78.60)以及越南(64.14),而中越边境地区(42.14)位于第 7 位,仅高于中国广东、中国海南和缅甸。

在中国苔藓植物七大分区中^[43],中国贵州省主要位于云贵区;而在最新的十大分区中^[12, 44],贵州省则位于云贵区和华中区,邻近横断山区和岭南区;该省地形地貌特征复杂多样,而且分布有大面积的喀斯特地貌,气候温暖湿润,降雨充足,非常适合植物的生长;此外,贵州省还分布有较多的当地特有属种^[12]。中国台湾在十大分区中分属于华东区和岭南区^[12],为温带和热带的交汇地带,也给植物生长提供了良好的条件,且为岛屿,相对独立,孕育了较多的特有属种。越南地处南亚,位于中南半岛的最东部,国土狭长,纵跨超过 15 个纬度,海岸线较长,境内地形地貌也甚为复杂,特有属种比例也较高^[41]。因此,这 3 个地区表现出较高的藓类植物物种丰富度是由其特殊的地理位置、地质和地貌等特征所决定的。而本研究所调查的中越边境地区虽处于中国苔藓植物种类最丰富的地区——岭南区^[12],但由于调查的区域面积有限,仅为岭南区内的一小部分,且纬度跨越较小,因此,虽然表现出一定的物种丰富度,但不甚显著。

(2) 属种组成的比较:从属种组成来看,所选取的国内外 9 个对比地与中越边境地区藓类植物属的相似性系数均达到 60% 以上。其中,越南(74.77%)、中国广东(71.54%)、中国福建(71.47%)3 地达到 70% 以上,是与中越边境地区藓类植物属的相似性系数最高的对比地;而中国贵州则以 69.64% 的相似性系数位居第四。种的相似性系数较高的对比地分别为中国贵州(60.22%)、福建(54.79%)和广东(54.42%),而属的相似性系数最高的越南种的相似性系数仅为 52.01%,位居第四。

单就属种组成而言,中越边境地区的藓类植物与中国的贵州、广东、福建以及邻国越南关系较近。从属的水平来看,越南与之最为接近;从种的水平来看,中国贵州与之表现出的相似性最高。越南位于北回归线以南,是南亚的热带国家;中国贵州则位于北回归线稍北,为典型的亚热带地区。由此可知,中越边境地区的藓类植物具有显著的热带、亚热带相互交汇融合的特色。

2.3.2 蕨类植物地理成分区系谱的比较

与邻近地区进行地理成分区系谱的比较,能更为准确地揭示出中越边境地区蕨类植物区系的本质。为便于比较,本研究将包括中越边境地区在内的 6 处中国境内的对比地所包含的中国特有成分并入东亚成分内,对比结果见表 6。

包括中越边境地区在内的 6 处中国境内的对比地,其蕨类植物区系均以东亚成分、热带亚洲成分和北温带成分为主,而国外的 4 处对比地的蕨类植物区系则主要以热带亚洲成分、旧世界热带成分、热带亚洲至热带澳大利亚成分等一些热带成分为主。东亚成分、热带亚洲成分和北温带成分在 10 个蕨类植物区系中所占的比例如图 2 所示。

东亚成分在中国境内对比地(除海南外)的蕨类植物区系中均占有最高的比例,其中贵州(38.00%)、福建(34.64%)和台湾(33.50%)3 地蕨类区系的东亚成分所占比例较高,东亚成分在中越边境地区蕨类区系中所占的比例为 33.03%,高于广东(31.78%),表明中越边境地区蕨类区系的东亚色彩不如贵州、福建、台湾等地浓厚。热带亚洲成分在中越边境地区蕨类区系中所占的比例为 31.19%,在中国境内的对比地中,这一比例仅低于海南(40.45%),高于贵州(18.81%)、福建(21.73%)、台湾(27.48%)和广东(29.33%),表明中越边境地区蕨类区系的热带特色相较于贵州、福建、台湾等地更为显著。东亚成分和热带亚洲成分的差值与对比地所处的纬度位置形成了较好的对应关系,即随着纬度逐渐降低,贵州、福建、台湾、广东以及中越边境地区的东亚成分和热带亚洲成分的差值随之逐渐变小,表明该地区蕨类植物区系的热带性质更趋显著;而海南,其热带亚洲成分所占比例则已超过东亚成分,这是由于海南位于 $N20^{\circ}10' \sim 18^{\circ}10'$ 之间,地处较为典型的热带地区,其蕨类植物区系的热带色彩较为浓厚。

中国境外的缅甸、泰国、越南和菲律宾,因其地处南亚热带地区,因此热带亚洲成分在其蕨类植物区系中占有绝对优势。这 4 国中,仅有越南的东亚成分所占比例稍高,这是因为越南与中国接壤,其植物区系受到以中国为代表的东亚植物区系的影响。而同与中国接壤的缅甸,其东亚成分所占比例仅为 6.44%,究其原因,可能是因为缅甸的蕨类植物名录资料较为陈旧,调查不够完善所导致,此点可从缅甸国土面积为越南的 2 倍以上,而蕨类植物的物种丰富度却不足越南的一半看出。

表 6 中越边境地区与邻近地区藓类植物地理成分区系谱

Table 6 Floristic spectrum of the moss flora of Sino-Vietnam Border Area (Yunnan & Guangxi, China) and adjacent regions

区系成分 Areal-types	中国 China												MD	TG	YN	FLB
	ZYBJ		GZ		GD		HN		FJ		TW					
	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%	FE	FER /%
世界分布 Cosmopolitan	16	0.00	27	0.00	17	0.00	9	0.00	22	0.00	29	0.00	9	0.00	11	0.00
泛热带分布 Pantropic	20	4.59	34	3.15	20	4.44	20	5.62	20	3.27	35	4.39	27	9.15	39	6.37
热带亚洲和热带美洲洲际间断分布 Trop. As. & Trop. Amer. Disjuncted	18	4.13	26	2.41	12	2.67	15	4.21	14	2.29	24	3.01	9	3.05	18	2.94
旧世界热带分布 OW Trop.	11	2.52	12	1.11	8	1.78	15	4.21	8	1.31	18	2.26	9	3.05	21	3.43
热带亚洲至热带澳大利亚分布 Trop. As. & Trop. Australia	22	5.05	35	3.24	24	5.33	24	6.74	25	4.08	36	4.52	24	8.14	49	8.01
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. As. to Trop. Afr.	6	1.38	17	1.58	12	2.67	11	3.09	12	1.96	10	1.25	9	3.05	22	3.59
热带亚洲分布 Trop. As.	136	31.19	203	18.81	132	29.33	144	40.45	133	21.73	219	27.48	168	56.95	398	65.03
北温带广布 N. Temp.	60	13.76	268	24.84	69	15.33	31	8.71	140	22.88	143	17.94	20	6.78	25	4.08
东亚-北美间断分布 E. As. & N. Amer. Disjuncted	9	2.06	39	3.61	20	4.44	6	1.69	26	4.25	32	4.02	6	2.03	10	1.63
旧世界温带分布 OW Temp.	10	2.29	35	3.24	10	2.22	2	0.56	22	3.59	13	1.63	4	1.36	3	0.49
东亚分布 E. As.	144	33.03	410	38.00	143	31.78	88	24.72	212	34.64	267	33.50	19	6.44	27	4.41
															106	13.45
															28	4.09

注: FE 表示某一特定区系成分所包含的种数, FER 为该区系成分所占的百分比。

Note: FE means the number of species of a specific areal-types, FER means the percentage of the areal-types.

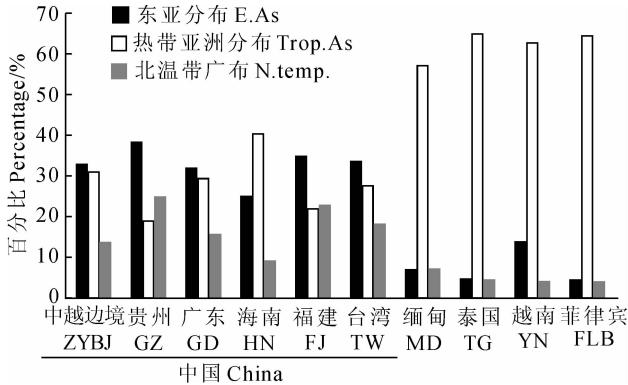


图 2 10 个地区 3 种主要区系成分比较

Fig. 2 Comparison of three main areal-types of ten regions

总体来看,各区系成分所占的比例与该地所处的地理位置有较为明显的对应关系:纬度越高,其温带成分的比例越高;随着纬度的降低,温带成分逐渐减少,热带成分比例相应升高。

2.4 中越边境地区与邻近地区藓类植物区系关系

运用 SPSS 19.0 软件对包括中越边境地区在内的 10 个地区的藓类植物地理成分区系谱进行聚类分析。

由图 3 可知,10 个地区被聚为两大分支:中国的贵州、福建、广东、台湾以及中越边境地区聚为一

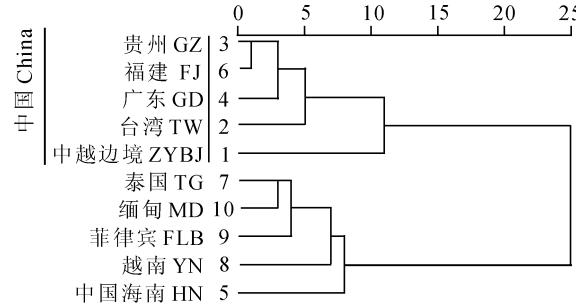


图 3 10 个地区藓类植物地理成分区系谱聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis of the floristic spectrum of moss flora of ten regions

支,为亚热带至热带区系类群,缅甸、泰国、菲律宾、越南以及中国海南聚为一支,为典型热带区系类群。其中中国贵州、福建、广东、台湾 4 地的藓类植物区系关系较近,中越边境地区虽与它们聚为一支,但是距离相去较远。由此可见,中越边境地区的藓类植物区系与中国贵州、福建、广东、台湾 4 地关系不甚亲密。而中国海南则与缅甸、泰国、菲律宾和越南这些南亚热带国家聚为一支,表明中国海南是中国境内的典型热带地区。从整体来看,中越边境地区虽主要位于北回归线以南,在地理上属于热带地区的范围,但是由于其地处热带的北缘,紧邻北温带,植物区系受到温带植物区系的影响较大。因此,该地

区的藓类植物区系与贵州、福建、台湾等地相比虽已表现出其热带特色,但却不如中国海南、泰国、越南等地所呈现的热带色彩浓厚。

综上所述,中越边境地区的藓类植物区系是热

带和温带藓类植物区系相互交汇和影响的结果,兼具温热特色;中越边境地区是亚热带植物区系向热带植物区系过渡的地区。

参考文献:

- [1] 杨比伦,肖银松. 大围山自然保护区苔藓植物资源[J]. 西南林学院学报, 2003, 23(2): 5-12.
YANG B L, XIAO Y S. The resources of bryophyte in Daweishan Nature Reserve[J]. *Journal of Southwest Forestry College*, 2003, 23(2): 5-12.
- [2] 杨丽琼. 云南屏边大围山自然保护区藓类植物区系研究[D]. 上海:华东师范大学, 2004.
- [3] 翟德逞,王幼芳. 云南大围山自然保护区的叶附生苔类植物[J]. 西北植物学报, 2005, 25(9): 1 854-1 858.
Zhai D C, Wang Y F. Epiphyllous liverworts in the Daweishan Nature Reserve of Yunnan province[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalis Sinica*, 2005, 25(9): 1 854-1 858.
- [4] 翟德逞,杨丽琼,朱瑞良. 云南大围山常绿阔叶林内苔藓植物的研究[J]. 华东师范大学学报·自然科学版, 2005, (5/6): 188-197.
Zhai D C, Yang L Q, Zhu R L. Study on bryophytes in evergreen broadleaved forests of Daweishan Nature Reserve, Yunnan Province, China[J]. *Journal of East China Normal University*, (Nat. Sci. Edi.), 2005, (5/6): 188-197.
- [5] 徐力,熊源新,王美会,等. 云南富宁县木洪大山苔藓植物区系研究[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(6): 475-481.
Xu L, Xiong Y X, Wang M H, et al. Bryoflora at Mu-hong mountain of Funing Yunnan, China[J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2010, 29(6): 475-481.
- [6] ZHU R L, SO M L. Liverworts and hornworts of Shangsi county of Guangxi(Kwangsi), with an updated checklist of the hepatic flora of Guangxi Province of China[J]. *Cryptogamie, Bryologie*, 2003, 24(4): 319-334.
- [7] 唐艳雪. 广西十万大山自然保护区苔藓植物区系及地理分布研究[D]. 上海:上海师范大学, 2014.
- [8] 贾鹏,熊源新,王美会,等. 广西那坡县苔藓植物初步研究[J]. 广西植物, 2011, 31(5): 627-635.
Jia P, Xiong Y X, Wang M H, et al. Preliminary study on the bryoflora in Napo County of Guangxi[J]. *Guizhou Journal of Botany*, 2011, 31(5): 627-635.
- [9] 只佳增. 广西龙州县苔藓植物初步研究[D]. 武汉:华中师范大学, 2013.
- [10] 韦玉梅. 桂西南中越边境石灰岩地区苔藓植物的初步研究[D]. 桂林:广西师范大学, 2009.
- [11] 黄乐乐. 中国境内中越边境地区苔类植物的区系研究[D]. 上海:华东师范大学, 2015.
- [12] 贾渝,何思. 中国生物物种名录第1卷(苔藓植物)[M]. 北京:科学出版社, 2013.
- [13] 高谦. 中国苔藓志(第1卷)[M]. 北京:科学出版社, 1994.
- [14] 高谦. 中国苔藓志(第2卷)[M]. 北京:科学出版社, 1996.
- [15] 黎兴江. 中国苔藓志(第3卷)[M]. 北京:科学出版社, 2000.
- [16] 黎兴江. 中国苔藓志(第4卷)[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [17] 吴鹏程,贾渝. 中国苔藓志(第5卷)[M]. 北京:科学出版社, 2011.
- [18] 吴鹏程. 中国苔藓志(第6卷)[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [19] 胡人亮,王幼芳. 中国苔藓志(第7卷)[M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [20] 吴鹏程,贾渝. 中国苔藓志(第8卷)[M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [21] NOGUCHI A, IWATSUKI Z. Illustrated Moss Flora of Japan(Part 1)[M]. Nichinan-shi: the Hattori Botanical Laboratory, 1987.
- [22] NOGUCHI A, IWATSUKI Z. Illustrated Moss Flora of Japan(Part 2)[M]. Nichinan-shi: the Hattori Botanical Laboratory, 1988.
- [23] NOGUCHI A, IWATSUKI Z. Illustrated Moss Flora of Japan(Part 3)[M]. Nichinan-shi: the Hattori Botanical Laboratory, 1989.
- [24] NOGUCHI A, IWATSUKI Z, YAMAGUCHI T. Illustrated Moss Flora of Japan(Part 4)[M]. Nichinan-shi: the Hattori Botanical Laboratory, 1991.
- [25] NOGUCHI A, IWATSUKI Z, YAMAGUCHI T. Illustrated Moss Flora of Japan(Part 5)[M]. Nichinan-shi: the Hattori Botanical Laboratory, 1994.
- [26] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京:科学出版社, 1992.
- [27] 吴征镒,孙航,周浙昆,等. 中国种子植物区系地理[M]. 北京:科学出版, 2011.
- [28] GLEASON H A. On the relations between species and area [J]. *Ecology*, 1992, 3: 158-162.
- [29] 胡晓云,吴鹏程. 四川金佛山藓类植物区系的研究[J]. 植物分类学报, 1991, 29(4): 315-334.

- HU X Y, WU P C. Study on the mossflora of Mt. Jinfu, Sichuan Province[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1991, **29**(4): 315-334.
- [30] 马克平,高贤明,于顺利.东灵山地区植物区系的基本特征与若干山区植物区系的关系[J].植物研究,1995, **15**(4): 501-515.
- MA K P, GAO X M, YU S L. On the characteristics of the flora of Dongling mountain area and its relationship with a number of other mountainous floras in China[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1995, **15**(4): 501-515.
- [31] 陆志波,陆雍森.环境监测数据分析和监测网设计中SPSS 10.0的应用[J].环境监测与技术,2002, **14**(3): 12-16.
- LU Z B, LU Y S. Application of SPSS 10.0 to environmental monitoring data analysis and network design[J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2002, **14**(3): 12-16.
- [32] 吴文英,左勤,王幼芳,等.福建戴云山国家级自然保护区藓类植物区系研究[J].植物科学学报,2012, **30**(2): 122-132.
- WU W Y, ZUO Q, WANG Y F, et al. Study on the moss flora of the Daiyunshan national nature reserve, Fujian Province [J]. *Plant Science Journal*, 2012, **30**(2): 122-132.
- [33] 魏倩倩,买买提明·苏莱曼,李敏,等.中国新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物区系研究[J].西北植物学报,2014, **34**(2): 379-386.
- WEI Q Q, SULAYMAN M, LI M, et al. Study on the moss flora of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae and Hypnaceae of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China[J]. *Acta Botanica Boreall-Occidentalia Sinica*, 2014, **34**(2): 379-386.
- [34] 章博远,魏倩倩,韦玉梅,等.毛锦藓科中国新记录种——卷边麻锦藓[J].西北植物学报,2015, **35**(8): 1690-1693.
- ZHANG B Y, WEI Q Q, WEI Y M, et al. *Taxithelium kerianum* (Broth.) Broth. (Pylaisiadelphaceae, Bryophyta) reported new to China[J]. *Acta Botanica Boreall-Occidentalia Sinica*, 2015, **35**(8): 1690-1693.
- [35] 熊源新.贵州苔藓植物志(第1卷、第2卷)[M].贵阳:贵州科技出版社,2014.
- [36] 吴德邻,张力.广东苔藓志[M].广州:广东科技出版社,2013.
- [37] WU W Y, WANG Y F, ZUO Q, et al. An updated checklist of mosses of Fujian Province, China[J]. *CHENIA*, 2013, 11: 144-182.
- [38] 蒋镇宇,许再文,牟善杰,等.台湾藓类植物新名录[M].南投:中国生物学会,2001.
- [39] TAN B C, IWATSUKI Z. A checklist of Indochinese mosses [J]. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1993, **74**: 325-405.
- [40] HE S. An annotated checklist and atlas of the mosses of Thailand [DB/OL]. <http://www.mobot.org/MOBOT/moss/Thailand/welcome.shtml>
- [41] HE S, NGUYEN S K. New records and an updated checklist of the mosses of Vietnam[J]. *Tropical Bryology*, 2012, **34**: 32-88.
- [42] TAN B C, IWATSUKI Z. A new annotated Philippine moss checklist[J]. *Harvard Papers in Botany* 1991, 3: 1-64.
- [43] 陈邦杰.中国苔藓植物生态群落和地理分布的初步报告[J].植物分类学报,1958, **7**(4): 271-293.
- CHEN P C. Preliminary report of the cenological and geographical study of Chinese moss flora[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1958, **7**(4): 271-293.
- [44] 吴鹏程,贾渝.中国苔藓植物的地理及分布类型[J].植物资源及环境学报,2006, **15**(1): 1-8.
- WU P C, JIA Y. The regionalization and distribution types of the bryophytes in China [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2006, **15**(1): 1-8.

(编辑:潘新社)