

福建戴云山国家级自然保护区藓类植物区系研究

吴文英¹, 左勤¹, 王幼芳^{1*}, 涂青云², 黄志森², 陈文伟²

(1. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062; 2. 戴云山国家级自然保护区管理局, 福建德化 362503)

摘要: 通过3次野外实地考察采集得藓类植物标本2198份, 经室内鉴定, 戴云山国家级自然保护区藓类植物共计47科、130属、302种(含种下单位), 其中福建省新纪录3科、11属、74种。经区系成分分析, 戴云山以东亚成分为主, 占总种数的33.33%; 其次是热带亚洲成分和北温带成分, 分别占总种数的22.22%和16.67%, 具亚热带性质。将戴云山与台湾玉山、江西阳际峰、浙江大盘山、广西猫儿山、广西九万山、福建鹭峰山东麓、云南大围山和四川峨眉山的藓类植物区系成分比较发现, 戴云山的藓类植物区系成分更具岭南区特色。聚类分析结果也表明, 戴云山与岭南区的猫儿山、九万山、大围山和毗邻区——云贵区的峨眉山聚在一起, 因此, 建议将岭南区与华东区在福建省内的界限略向北移。

关键词: 藓类植物; 区系; 物种多样性; 戴云山; 福建省

中图分类号: Q948.5

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2012)02-0122-11

Study on the Moss Flora of the Daiyunshan National Nature Reserve, Fujian Province

WU Wen-Ying¹, ZUO Qin¹, WANG You-Fang^{1*}, TU Qing-Yun²,
HUANG Zhi-Sen², CHEN Wen-Wei²

(1. Department of Biology, School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Daiyunshan National Nature Reserve Administration Bureau, Dehua, Fujian 362503, China)

Abstract: Based on field investigation and identification of 2198 collected samples, 302 species (including infraspecific taxa) belonging to 130 genera of 47 families in Daiyunshan National Nature Reserve were identified, among which 3 families, 11 genera, and 74 species were new records to Fujian province. The moss flora of Daiyunshan was characterized by sub-tropical elements. The total elements dominated by East Asia type, representing 33.33% of the entire species, followed by Tropical Asia element (22.22%) and North Temperate element (16.67%). The result showed that Daiyunshan had more characteristics of Linnann Region through the comparison of the moss flora of Daiyunshan with Yushan (Taiwan province), Yangjifeng (Jiangxi province), Dapanshan (Zhejiang province), Maoershan (Guangxi province), Jiuwanshan (Guangxi province), Eastern Jiufengshan (Fujian province), Daweishan (Yunnan province) and Emeishan (Sichuan province). Cluster Analysis of these 9 regions showed that Daiyunshan was closer to Maoershan, Jiuwanshan, Daweishan from Lingnan Region, and nearby Emeishan. Therefore, we suggest that the boundaries between Lingnan Region and East China Region should be slightly moved northward.

Key words: Moss; Flora; Biodiversity; Daiyunshan; Fujian province

收稿日期: 2011-10-08, 修回日期: 2012-02-16。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30810103901, 30770160)。

作者简介: 吴文英(1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事苔藓植物分类学研究。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: yfwang@bio.ecnu.edu.cn)。

戴云山国家自然保护区位于福建省中部德化县境内(北纬 $25^{\circ}38'07'' \sim 25^{\circ}43'40''$,东经 $118^{\circ}05'22'' \sim 118^{\circ}20'15''$),呈东北至西南走向,与武夷山脉平行,是亚热带和中亚热带的过渡区,也是海峡两岸的第一道山脉^[1]。戴云山为福建省第二大山脉,主峰大戴云峰,海拔1856 m,相对落差达1206 m,植被垂直变化明显。戴云山东南坡基带的地带性植被类型是亚热带季风常绿阔叶林,西北坡为常绿阔叶林,处于特殊的过渡带,海拔500 m以上的山地常绿阔叶林的面积最大^[1];其气候属于中、亚热带山地气候,温凉适中,四季分明,小气候突出,雨量充沛,相对湿度较大,年均气温 $12^{\circ}\text{C} \sim 17^{\circ}\text{C}$ 之间,年均降水量1700~2000 mm,相对湿度在80%以上^[2]。

福建省藓类植物物种多样性研究最早可追溯到19世纪中叶,最早的标本由Fortune采集^[3]。从20世纪30年代开始,中国的苔藓植物学家开始在福建省采集藓类植物标本^[3,4]。在本研究前,福建省藓类植物研究主要集中在武夷山^[5-7]和鹫峰山东麓^[8]。而有关戴云山藓类植物研究仅见零星报道^[1,9],针对戴云山自然保护区藓类植物区系的系统研究尚未开展。此外,戴云山自然保护区地处中国苔藓植物地理区划两大理论的争议位置——7大分区理论^[10]中的岭南区和10大分区理论^[11]中的华东区,因此,戴云山苔藓植物区系研究对于中国苔藓植物地理区划研究具有重要意义。

基于此,本文作者对戴云山自然保护区的藓类植物进行了较为全面的野外调查和采集,在此基础上系统研究了戴云山自然保护区的藓类植物物种多样性和区系特点,以期对戴云山自然生态系统的保护提供坚实基础,为中国苔藓植物区系研究增添翔实资料,也为中国苔藓植物地理区划增添新的佐证。

1 材料和方法

1.1 研究材料

2009年10月至2010年7月,作者分3个季节对福建戴云山国家自然保护区藓类植物进行3次野外调查和采集,采集地点见图1。共获得藓类植物标本2198号,标本存放于华东师范大学自然历史

博物馆植物标本室(HSNU)。

1.2 研究方法

1.2.1 标本鉴定和区系划分

将野外采集所得的标本装入标本袋,自然风干。在实验室内,将每份标本中的每个种均制作水封片,在解剖镜及显微镜下进行镜检,参考相关文献进行分类鉴定及学名和系统位置的核对^[12-32]。形成名录后依据中国种子植物分布区类型^[33-35]的划分标准,对每个种进行区系分布的界定。

1.2.2 数据分析

以物种数和 Gleason 物种丰富度指数 D_{Gl} 作为生物多样性的指标^[36],利用 Kroeber 系数^[37]和区系谱^[38],将福建戴云山与相关山系的藓类植物区系进行比较,并采用 SPSS 13.0 软件对上述区系进行聚类分析:

(1) Gleason 物种丰富度指数

$D_{Gl} = (S - 1) / \ln A$, 式中 S 为藓类植物物种数, 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 均不含世界分布种。

(3) 区系谱

$FER = (FEI / T) \times 100(\%)$, 区系谱为某一特定植物区系中各区系成分百分率的集合; 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

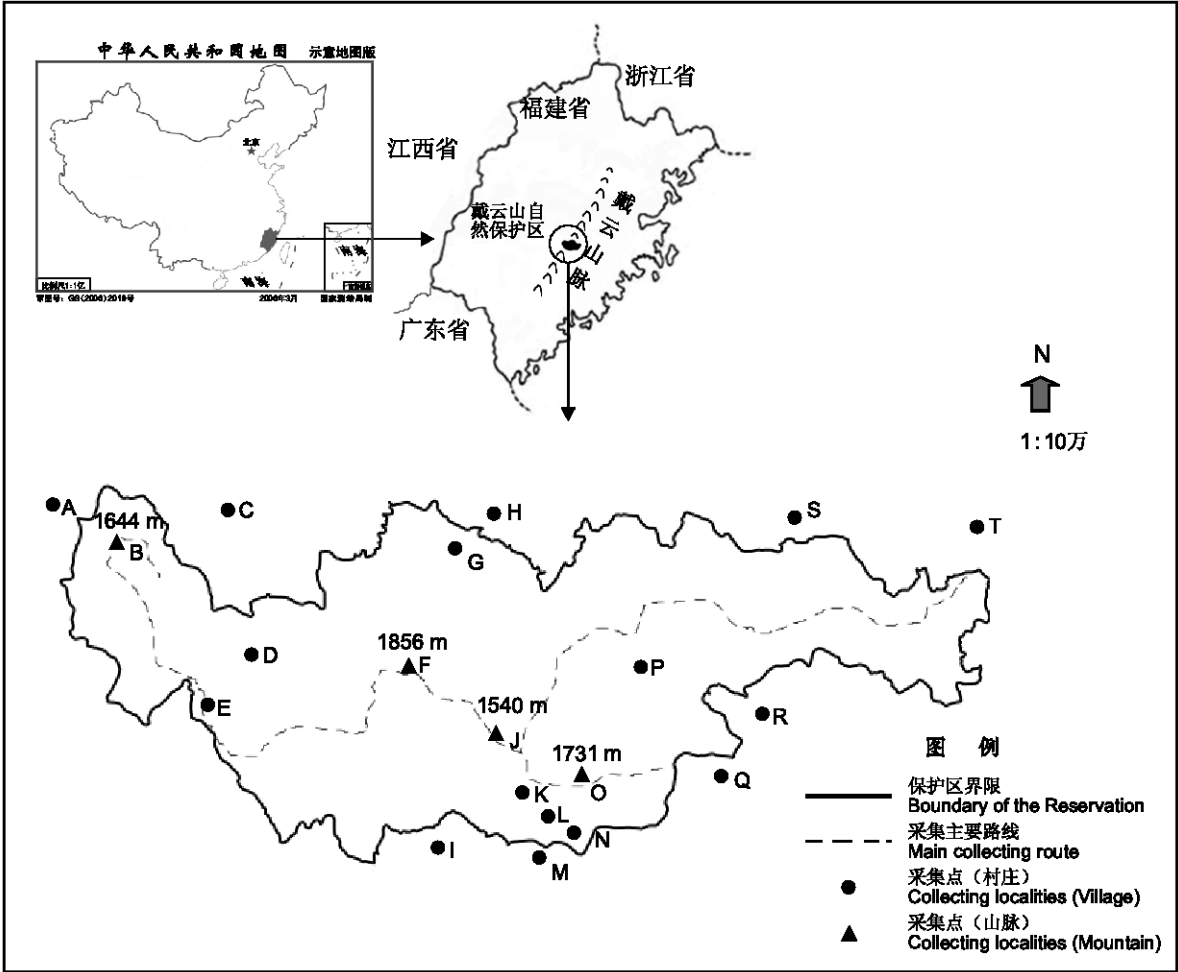
2.1 戴云山国家级自然保护区藓类植物物种多样性

2.1.1 科、属、种的组成

戴云山国家级自然保护区共有藓类植物47科、130属、302种(含种下单位)。

2.1.1.1 优势科

将科内种数 ≥ 15 的科定义为优势科(表1)。戴云山国家级自然保护区有优势科7科,共含55



A. 赤水镇永安岩; B. 九仙山; C. 上涌镇辉阳村; D. 西溪村; E. 罗浮栲样地; F. 戴云山; G. 仁津畲; H. 后宅村; I. 东里村; J. 莲花池; K. 尖岭格; L. 樱寺岭; M. 戴云村; N. 七里洋; O. 小戴云山; P. 双芹村; Q. 荐解村; R. 上寨村; S. 梓安村; T. 水口镇石牛山景区。
A. Yonganyan, Chishui Town; B. Jiuxianshan; C. Huiyang Village, Shangyong Town; D. Xixi Village; E. Sample plot of *Castanopsis fabri* Hance; F. Daiyunshan; G. Renjingshe; H. Houzhai Village; I. Dongli Village; J. Lotus pond; K. Jianlingge; L. Yingsiling; M. Daiyun Village; N. Qiliyang; O. Small Daiyunshan; P. Shuangqin Village; Q. Jianjie Village; R. Shangzai Village; S. Zhian Village; T. Shiniushan Scenic Spot, Shuikou Town.

图 1 戴云山国家级自然保护区藓类植物采集点分布示意图
Fig. 1 Map of Daiyunshan National Nature Reserve with moss collection localities

表 1 戴云山国家级自然保护区藓类植物的优势科
Table 1 Dominant families of mosses in Daiyunshan National Nature Reserve

编号 No.	科名 Family	属数 Num. of Genera	占总属数百分比 Percentage (%)	种数 Num. of Species	占总种数百分比 Percentage (%)
1	灰藓科 Hydnaceae	12	9.23	38	12.58
2	青藓科 Brachytheciaceae	8	6.15	32	10.60
3	锦藓科 Sematophyllaceae	10	7.69	23	7.62
4	蔓藓科 Meteoriaceae	11	8.46	18	5.96
5	曲尾藓科 Dicranaceae	7	5.38	18	5.96
6	真藓科 Bryaceae	5	3.85	18	5.96
7	绢藓科 Entodontaceae	2	1.54	15	4.97
合计 Total		55	42.30	162	53.65

属、162 种,分别占总属数的 42. 30% 和总种数的 53. 65%。除广布的灰藓科 Hypnaceae 和真藓科 Bryaceae 外,青藓科 Brachytheciaceae、曲尾藓科 Dicranaceae 和绢藓科 Entodontaceae 以温带分布为主;锦藓科 Sematophyllaceae 和蔓藓科 Me-teoriaceae 以亚热带、热带分布为主。由此,优势科的组成体现了鲜明的温带和亚热带交汇的特色。

此外,戴云山国家级自然保护区仅有单种(属)分布的科有 12 科,分别为白齿藓科 Leucodontace-ae、船叶藓科 Lembophyllaceae、刺果藓科 Sym-phyodontaceae、大帽藓科 Encalyptaceae、黑藓科 Andreaeaceae、虎尾藓科 Hedwigiaceae、花叶藓科 Calymperaceae、鳞藓科 Theliaceae、柳叶藓科 Amblystegiaceae、泥炭藓科 Sphagnaceae、无轴藓科 Archidiaceae 和隐蒴藓科 Cryphaeaceae。

2.1.1.2 优势属

对戴云山国家级自然保护区 130 个属的藓类以属内种数多寡统计,属的组成见表 2。

表 2 戴云山国家级自然保护区藓类植物属的组成
Table 2 Genera diversity of mosses in Daiyushan
National Nature Reserve

属内种数 Num. of species in genus	属数 Num. of genera	占总属数 百分比 Percentage (%)	种数 Num. of species	占总种数 百分比 Percentage (%)
≥10	5	3. 85	60	19. 87
5 ~9	9	6. 92	58	19. 21
2 ~4	46	35. 38	114	37. 75
1	70	53. 85	70	23. 18

属内种数大于 10(包括 10 种)的有 5 属,仅占总属数的 3. 85%。而少种属(种数少于 5)和单种属在戴云山藓类属的组成中占有很高的比例,特别是单种属,其所占比例最高,为 70 属,高达总属数的 53. 85%,如拟白齿藓属 *Felipponea*、拟草藓属 *Okamuraea*、异齿藓属 *Regmatodon*、刺果藓属 *Symphyodon*、黑藓属 *Andreaea*、虎尾藓属 *Hedwigia*、网藓 *Syrrhopodon*、毛灯藓属 *Rhizomnium*、疣灯藓属 *Trachycystis*、无轴藓属 *Archidium* 等,表现出戴云山藓类植物属的多样性和区系的复杂性。

将种数大于等于 5 的属定义为优势属(表 3),该保护区具 14 个优势属,其所含的藓类种数为 118

表 3 戴云山国家级自然保护区藓类植物优势属
Table 3 Dominant genera of mosses in Daiyunshan
National Nature Reserve

序号 No.	属名 Genus	种数 Num. of species	占总种数百分比 Percentage (%)
1	绢藓属 <i>Entodon</i>	14	6. 90
2	青藓属 <i>Brachythecium</i>	13	6. 40
3	凤尾藓属 <i>Fissidens</i>	11	5. 42
4	灰藓属 <i>Hypnum</i>	11	5. 42
5	真藓属 <i>Bryum</i>	11	5. 42
6	曲柄藓属 <i>Campylopus</i>	9	4. 43
7	白发藓属 <i>Leucobryum</i>	7	3. 45
8	长喙藓属 <i>Rhynchostegium</i>	7	3. 45
9	羽藓属 <i>Thuidium</i>	7	3. 45
10	偏蒴藓属 <i>Ectropothecium</i>	6	2. 96
11	小金发藓属 <i>Pogonatum</i>	6	2. 96
12	小锦藓属 <i>Brotherella</i>	6	2. 96
13	树平藓属 <i>Homaliodendron</i>	5	2. 46
14	美喙藓属 <i>Eurhynchium</i>	5	2. 46
合计 Total		118	58. 14

种,占戴云山藓类总种数的 58. 14%。优势属的组成与优势科有一定程度的相似性,而凤尾藓属 *Fis-sidens*、偏蒴藓属 *Ectropothecium*、小锦藓属 *Bro-therella* 等的大量分布亦体现出该区系较鲜明的亚热带色彩。

2.1.2 福建省新纪录

本研究共得到福建省藓类植物新纪录科 3 科,新纪录属 11 属和新纪录种 74 种。

福建新纪录科包括无轴藓科、大帽藓科和刺果藓科。无轴藓科全世界仅一属——无轴藓属 *Archidium*,多分布于温带地区,此次在戴云山发现的为多态无轴藓 *Archidium ohioense*;大帽藓科是北半球山地及北极地区苔藓植被中具有代表性的类群之一,中国仅有大帽藓属 *Encalypta*,戴云山发现大帽藓 *Encalypta ciliata* 1 种;刺果藓科全世界仅一属,主要分布于热带和亚热带地区,戴云山发现刺果藓 *Symphyodon perrottetii* 1 种。

除福建新纪录科中包含的新纪录属外,另发现新纪录属 8 属,分别是:雀尾藓属 *Lopidium*、瓦叶藓属 *Miyabea*、褶藓属 *Okamuraea*、金灰藓属 *Py-laisiella*、细喙藓属 *Rhynchostegiella*、螺叶藓属 *Sakuraia*、多疣藓属 *Sinskea* 和毛齿藓属 *Tricho-don*。其中瓦叶藓属和褶藓属为东亚特有属,多疣

藓属多分布于热带亚洲地区,毛齿藓属则常见于北半球高山旱地。

2.2 戴云山国家级自然保护区藓类植物区系地理成分的构成及特点

参照王荷生^[33]及吴征镒^[34,35]的观点,戴云山藓类植物区系成分包括13个类型(表4)。

表4 戴云山国家级自然保护区藓类植物区系的地理成分区系谱
Table 4 Floristic spectrum of moss flora in Daiyunshan National Nature Reserve

区系成分 Areal-types	种数 Num. of species	所占百分比 Percentage (%)
世界分布 Wide Spread	14	—
泛热带分布 Pantropic	13	4. 51
热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	6	2. 08
旧大陆热带分布 Old World Tropics	2	0. 69
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia Oceania	18	6. 25
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	5	1. 74
热带亚洲分布 Trop. Asia	64	22. 22
北温带分布 North Temperate	48	16. 67
东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	6	2. 08
旧大陆温带分布 Old World Temperate	2	0. 69
温带亚洲分布 Temp. Asia	4	1. 39
东亚分布 E. Asia	96	33. 33
中国-喜马拉雅成分 Sino-Himalaya	6	2. 08
中国-日本成分 Sino-Japan	62	21. 53
东亚广布成分 East Asia	28	9. 72
中国特有分布 Endemic to China	24	8. 33
总计 Total	302	100

注:世界分布未计入百分比。
Note: Wide Spread species are excluded.

由表4可以看出,戴云山藓类植物区系以东亚成分所占比例最高,占总种数的33.33%(其中中国-日本成分居于首位),其次为热带亚洲成分和北温带成分,分别占总种数的22.22%和16.67%。参照中国植物区系分区系统^[35],戴云山位于东亚植物区系中的中国-日本森林植物亚区,其藓类植物区系成分中较高的中国-日本成分与之有较好的对应。亚热带至温带成分(包括北温带分布、东亚和北美洲间断分布、旧大陆温带分布、温带亚洲分布、东亚分布和中国特有分布)在戴云山藓类植物区系中占

绝对优势,共有180种,达总种数的62.50%;其中曲尾藓科、青藓科、羽藓科等具有代表性的温带性大科在戴云山藓类区系中有大量分布。紧随其后的热带性成分(包括泛热带分布、热带亚洲和热带美洲间断分布、旧大陆热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布、热带亚洲分布)共有108种,为总种数的37.50%。上述特点与该地区的苔类植物区系分析结果一致^[39]。由此可见,戴云山苔藓植物区系在温带成分和热带成分的共同影响下呈现鲜明的亚热带性质,并具有南亚热带向中亚热带过渡的特征。

富含东亚特有属是戴云山藓类植物区系的另一大特点,也从侧面反映出该地区区系的古老性。东亚特有苔藓植物属,指的是属内种的分布范围主要局限在中国、日本和朝鲜半岛的属。这些属适应较温暖湿润的生境,均为单种属或少种属,且存在间断分布现象,被认为可能是一类“第三纪孑遗植物”^[40]。在中国已知的24属29种东亚特有藓类植物中^[11],戴云山分布有8属8种,分别为尖叶拟船叶藓 *Dolichomitriopsis diversiformis*,拟金毛藓 *Eumyurium sinicum*,美灰藓 *Eurohypnum leptothallum*,小蔓藓 *Meteoriella soluta*,瓦叶藓 *Miyabea fruticella*,短枝褶藓 *Okamuraea brachydictyon*,毛枝藓 *Pilotrichopsis dentata*和拟木毛藓 *Pseudospiridentopsis horrida*。

2.3 戴云山国家级自然保护区与邻近地区藓类植物区系的比较及其对中国苔藓植物地理区划的意义

陈邦杰等^[10]在总结我国苔藓植物属种的分布规律后,初步划分了7个苔藓植物的地理分区,包括华北区、华中区、东北区、青藏区、云贵区、岭南区和蒙新区。在全国苔藓植物区系分类工作逐步深入的基础上,吴鹏程和贾渝^[11]提出10大分区系统,增加了华东区、华西区 and 横断山区,并调整了其余各区的界限。戴云山地处7大分区系统的岭南区,10大分区系统的华东区与岭南区的交汇地带,因此,对戴云山自然保护区与邻近地区藓类植物区系的关系进行探讨将为中国苔藓植物地理区划提供佐证。本研究选取台湾玉山^[41,42]、江西阳际峰^[43]、浙江大盘山^[44]、广西猫儿山^[45]、广西九万山^[46,47]、福建鹭东麓^[48]、云南大围山^[49]和四川峨眉山^[50]的藓类植物

进行比较。在 7 大分区系统中,猫儿山、九万山、大围山、戴云山、玉山都属于岭南区,阳际峰和大盘山属于华中区,鸢东麓地处岭南区和华中区交界处,峨眉山位于云贵区;在 10 大分区系统中,猫儿山、九万山、大围山、玉山属于岭南区,阳际峰、大盘山、鸢东麓、戴云山属于华东区,峨眉山位于云贵区和横断山区交界处。上述 9 个地区地理位置和气候类型见表 5。

2.3.1 藓类植物物种丰富度的比较

分别从物种数、物种丰富度、共有科属种数和共有属种的相似性系数等角度将戴云山和其它 8 个地区的藓类植物进行比较,结果见表 6。

苔藓植物的分布与陆地分布格局、气候变迁和

环境条件息息相关^[51]。而根据生态系统的边缘效应理论,在不同类型或不同特点的生态系统或生物群落邻近的地域,由于环境的复杂性和各种生态流特别是物种流动频繁,往往表现出较高的异质性和物种多样性^[48]。9 个地区中物种丰富度最高的 3 个地区分别是峨眉山、大围山和戴云山。峨眉山海拔跨度大,地处 7 大分区系统的云贵区以及 10 大分区系统的云贵区、横断山区交汇处,是我国苔藓植物物种最为丰富且特有性较高的地区之一。位于中越边境的大围山地处岭南区,并与云贵区较为接近,各种气候条件和生态要素互相渗透、互相影响,在物种水平上也体现了物种丰富度较高的过渡地带性质。戴云山地处中、南亚热带的过渡区,在中国种子植物

表 5 9 个地区地理位置和气候类型
Table 5 Geographical location and climate zones of nine sites

地点 Sites	地理位置 Geographical location	最高峰(m) Peak	面积(km ²) Area	气候带 Climate zones
戴云山 DYS	25°38′~25°43′N, 118°05′~118°20′E	1856	134.724	中亚热带和南亚热带海洋性季风气候
玉山 YS	23°28′N, 120°57′E	3952	1054.9	亚热带海岛型气候
阳际峰 YJF	27°51′~28°02′N, 117°11′~117°28′E	1540.9	109.46	亚热带湿润季风气候
大盘山 DPS	28°57′~29°01′N, 120°28′~120°33′E	1245	45.58	亚热带季风气候
猫儿山 MES	24°48′~25°58′N, 110°20′~110°35′E	2141.5	170.09	中亚热带季风湿润气候
九万山 JWS	25°10′~22°25′N, 108°27′E	1693	1200	南亚热带季风气候
鸢东麓 JDL	26°33′~27°09′N, 119°13′~119°51′E	1479	5400	中亚热带海洋性季风气候
大围山 DWS	22°28′~22°45′N, 103°39′~103°51′E	2363	153.65	亚热带、南亚热带海洋性气候
峨眉山 EMS	29°16′~29°43′N, 103°10′~103°37′E	3099	115.4	亚热带季风气候

Notes: DYS – Daiyunshan; YS – Yushan; YJF – Yangjifeng; DPS – Dapanshan; MES – Maershan; JWS – Jiuwanshan; JDL – Jiudonglu (Eastern Jiufengshan); DWS – Daweishan; EMS – Emeishan. The same below.

表 6 戴云山与其它 8 个地区藓类植物物种丰富度比较
Table 6 Comparisons of moss species abundance between Daiyunshan and the other eight sites

地点 Sites	科数 Num. of families	属数 Num. of genera	物种数 Num. of species	物种丰 富度 DGI	共有科数 Num. of shared families	共有属数 Num. of shared genera	属相似性 系数(%) Similarity index of genera	共有种数 Num. of shared species	种相似性 系数(%) Similarity index of species
戴云山 DYS	47	130	302	61.39	—	—	—	—	—
玉山 YS	35	103	205	29.31	34	65	56.55	70	27.87
阳际峰 YJF	33	94	206	43.66	31	71	65.07	103	41.23
大盘山 DPS	29	89	202	52.63	29	60	56.78	95	38.12
猫儿山 MES	39	109	265	51.40	38	84	70.84	146	52.24
九万山 JWS	35	101	189	26.52	34	82	72.13	102	42.27
鸢东麓 JDL	41	125	352	40.84	40	87	68.26	152	46.75
大围山 DWS	36	129	323	63.96	35	89	68.73	126	41.04
峨眉山 EMS	46	161	349	73.29	40	90	62.57	128	38.37

区系分区系统中是岭南山地地区的闽北山地亚地区和南岭东段亚地区的分界之一^[35],其地势起伏不平,地形错综复杂,山丘连绵,高山、河谷纵横交隔,从而孕育和保持了该区藓类植物的物种多样性。相比而言,玉山和九万山的物种丰富度较低,可能是由于两者面积较大,区系调查尚未完全。

从物种组成的角度看,与戴云山藓类植物属相似性系数较高的藓类植物区系依次是九万山、猫儿山和大围山,与戴云山藓类植物种相似性系数较高的藓类植物区系依次为猫儿山、鹧东麓和九万山。中国的三条苔藓植物迁移路线中^[11],位于南部的两条主线之一为喜马拉雅经滇西北、川西,沿长江流域向东到达中国东南部沿海山区,其二为喜马拉雅、横断山区和台湾之间。除海拔、纬度和气候的相似之处以外,大围山、猫儿山、九万山和戴云山分别位于上述第二条路线的中部偏西段、中部偏东南和终点附近,由其物种组成的近似也可看出该分布路线自西向东的一脉相承。鹧东麓虽然位于另一条迁移路线的东侧,海拔略低,其环境受人类活动干扰也略大,但其直线距离距戴云山最近,与戴云山藓类植物的物种组成也有较高的相似度。此外,在7大分区系统和10大分区系统中,九万山、猫儿山均属岭南区,可见在藓类植物物种组成方面与之近似的戴云山更具岭南区色彩。

2.3.2 与邻近地区藓类植物地理成分区系谱的比较

将戴云山藓类植物区系与8个邻近地区的藓类植物区系进行比较可知(表7),9个地区的藓类植物区系均以东亚分布、热带亚洲分布和北温带分布的比例最高,这三种主要分布成分在9个藓类植物区系中所占比例见图2。

从地理坐标来看,纬度由大盘山、阳际峰、峨眉山、鹧东麓、猫儿山、戴云山、九万山、大围山依次降低(玉山由于其资料较陈旧且其特殊的岛屿地理环境,在此不作比较),这8个地区的北温带成分也随纬度的降低而减少;而热带亚洲成分在各区系中所占比例并不与其纬度的变化趋势完全对应。从东经最低的峨眉山、大围山到东经最高的大盘山来看,其

东亚成分也并未与经度的变化趋势完全对应。可见藓类植物地理成分区系谱及其中的代表性成分并非简单地取决于经纬度变化,而是与各地区的地质演化历史、气候变迁、海拔、地势、环境以及人为干扰程度等多种因素相关,由此也体现出中国藓类植物区系的复杂性。

2.4 中国苔藓植物地理区系划分的讨论

运用SPSS 13.0软件对上述9个地区的藓类植物地理成分区系谱进行聚类分析,结果见图3。

7大分区系统和10大分区系统在中国东南地区的差异在于,7大分区系统仅包括华中区和岭南区,10大分区系统在增加华东区的基础上南移了华中、华东区与岭南区的界限,原本完全属于岭南区的台湾省的北端被归入华东区。由图3可知,9个地区聚为两大类群——广西猫儿山、四川峨眉山、福建戴云山、云南大围山和广西九万山这5个地区聚成一大类群,浙江大盘山、福建鹧东麓、台湾玉山、江西阳际峰聚为另一大类群。聚类分析中与戴云山最为相近的大围山和九万山在7大分区系统和10大分区系统中均属岭南区,同一个大类中的猫儿山亦属岭南区,峨眉山则位于7大分区系统中的云贵区和10大分区系统中的华西、云贵交界地带。参照两种分区系统,另一大类的阳际峰和大盘山为较典型的华东区成员,鹧东麓在7大分区系统中地处岭南和华中的交界处,在10大分区系统中则被纳入华东区。

尽管上述地区中戴云山和鹧东麓的直线距离最短,其物种组成也颇为相近,基于地理成分区系谱的聚类结果却将二者归入不同类群。鹧东麓为鹧峰山脉向东降至海边,以宁德地区部分县市为主的中山-丘陵地带,其地理位置与浙江省南部临近,气候属中亚热带海洋性季风气候,在中国种子植物区系分区系统^[35]中位于华东地区的浙南山地亚地区与岭南山地地区的闽北山地亚地区的过渡地带;而戴云山则是种子植物区系分区系统中岭南山地地区的闽北山地亚地区和南岭东段亚地区的分界。上述自然地理因子可能是鹧东麓藓类植物区系与浙江大盘山最为近似的原因之一。

综合聚类分析和前文中属、种相似度比较结果,本研究结果支持将戴云山归入岭南区,并建议参考

表 7 戴云山自然保护区与其它地区的藓类植物地理成分区系谱
Table 7 Floristic spectrum of the moss flora of Daiyunshan National Nature Reserve and other sites

区系成分 Areal-types	戴云山 Daiyunshan		玉山 Yushan		阳际峰 Yangjifeng		大盘山 Dapanshan		猫儿山 Maershan		九万山 Jiuwanshan		鹰东麓 Jiudonglu		大围山 Daweishan		峨眉山 Emeishan	
	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)	FE	FER (%)
世界分布 Wide Spread	14	0.00	19	0.00	14	0.00	13	0.00	21	0.00	11	0.00	16	0.00	26	0.00	25	0.00
泛热带分布 Pantropic	13	4.51	8	4.30	8	4.17	4	2.12	14	5.74	6	3.37	13	3.87	14	4.71	16	4.94
热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	6	2.08	6	3.23	3	1.56	5	2.65	5	2.05	3	1.69	7	2.08	2	0.67	3	0.93
旧大陆热带分布 Old World Tropics	2	0.69	2	1.08	5	2.60	1	0.53	2	0.82	2	1.12	3	0.89	2	0.67	4	1.23
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia	18	6.25	7	3.76	6	3.13	5	2.65	6	2.46	8	4.49	16	4.76	16	5.39	5	1.54
Oceania																		
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	5	1.74	2	1.08	4	2.08	6	3.17	6	2.46	5	2.81	9	2.68	1	0.34	4	1.23
热带亚洲分布 Trop. Asia	64	22.22	44	23.66	45	23.44	29	15.34	62	25.41	55	30.90	77	22.92	69	23.23	59	18.21
北温带分布 North Temperate	48	16.67	46	24.73	42	21.88	57	30.16	39	15.98	21	11.80	67	19.94	28	8.75	73	22.53
东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	6	2.08	6	3.23	7	3.65	14	7.41	10	4.10	9	5.06	13	3.87	11	3.7	12	3.70
旧大陆温带分布 Old World Temperate	2	0.69	4	2.15	4	2.08	4	2.12	2	0.82	2	1.12	7	2.08	1	0.34	3	0.93
温带亚洲分布 Temp. Asia	4	1.39	2	1.08	3	1.56	2	1.06	0	0.00	1	0.56	3	0.89	2	0.67	0	0.00
地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranea, W. Asia to C. Asia	0	0.00	0	0.00	1	0.52	0	0.00	0	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-
中亚分布 C. Asia	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.67	0	0.00
东亚分布 E. Asia	96	33.33	44	23.66	53	27.60	53	28.04	88	36.07	55	30.90	99	29.46	105	35.35	105	32.41
中国特有分布 Endemic to China	24	8.33	12	6.45	11	5.73	9	4.76	10	4.10	5	2.81	21	6.25	44	14.81	35	10.80

注：FE - 指某区系成分数；FER - 指某区系成分所占比率。
Notes: FE - Floristic element; FER - Floristic element ratio.

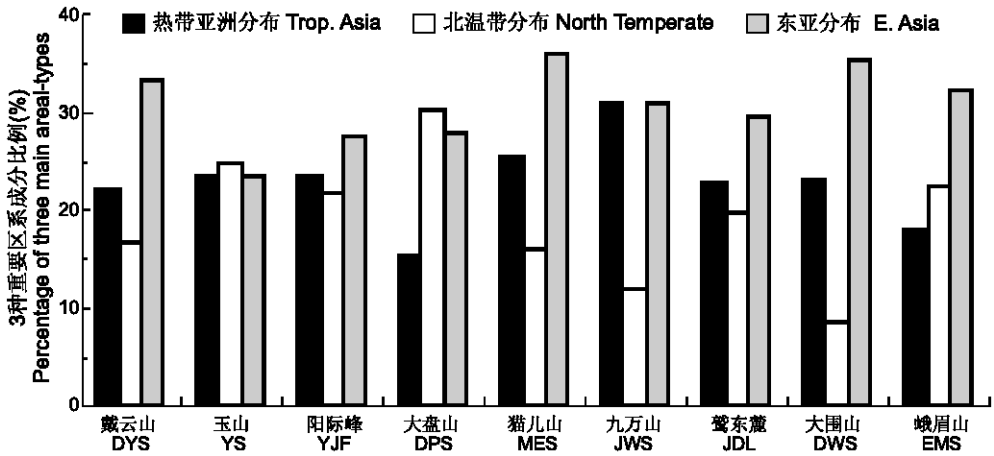


图2 9个地区的3种主要区系成分比较
Fig.2 Comparison of three main areal-types of nine sites

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

Rescaled Distance Cluster Combine

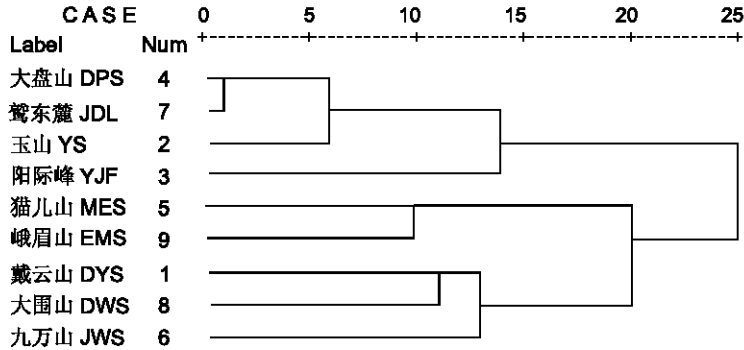


图3 9个地区的藓类植物地理成分区系谱聚类分析
Fig.3 Cluster analysis of the floristic spectrum of moss flora of nine sites

7大分区系统,在10大分区系统中将岭南区与华东区在福建省内的界限略向北移。而玉山虽与华东区成员聚为一个大类,但因其藓类植物区系调查尚不完善,可信度仍需商榷,因此岭南区与华东区在台湾省的界限尚需进一步研究。鸢东麓藓类植物区系虽然与华东区成员更为近似,但其不能完全代表鸢峰山脉的整体状况,故判断鸢峰山脉所处区划及岭南区北界尚需更多佐证。

致谢:感谢戴云山自然保护区管理局的大力支持和热心帮助,感谢河北师范大学赵建成教授、刘永英老师和牛玉璐老师对真藓科植物鉴定的指导和帮助,感谢上海师范大学郭水良教授对木灵藓科植物鉴定的指导和帮助,感谢本研究室李敏、裴林英、刘倩、汪岱华等在野外采集和标本鉴定

上给予的帮助。

参考文献:

[1] 林鹏. 福建戴云山自然保护区综合科学考察报告[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2003.

[2] 郭明丽. 戴云山自然保护区野生动物资源现状与管理对策[J]. 林业勘察设计, 2000, 2: 53-56.

[3] 王启无. 关于中国苔藓类植物之研究及其文献[J]. 中国植物学杂志, 1935, 1(4): 415-427.

[4] Koponen T. A historical review of Chinese bryology [C]// Proceedings of the Third Meeting of the Bryologists from Central and East Europe. Praha, 1982, 14th-18th June. Praha: Univ Karlova Praha, 1984: 283-313.

[5] 吴鹏程, 李登科, 高彩华. 武夷苔藓植物新分布(一)

- [J]. 武夷科学, 1981, 1: 16–18.
- [6] 吴鹏程, 李登科, 高彩华. 武夷苔藓植物新分布(二)[J]. 武夷科学, 1982, 2: 14–16.
- [7] 吴鹏程, 李登科, 高彩华. 黄岗山黄杨矮林苔藓植物的初步调查[J]. 武夷科学, 1984, 4: 9–11.
- [8] 朱俊, 王幼芳. 从鹭峰山东麓苔藓区系论东亚苔藓分布路线[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2004, 3: 115–120.
- [9] 黄榕辉, 黄志森, 曹祖宁. 戴云山自然保护区发现泥炭藓植物[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(3): 267–268.
- [10] 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.
- [11] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓植物的地理分区及分布类型[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(1): 1–8.
- [12] Gao C, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 1 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1999.
- [13] Li X J, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 2 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2001.
- [14] Gao C, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 3 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2003.
- [15] Wu P C, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 6 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2001.
- [16] Hu R L, Wang Y F, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 7 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2008.
- [17] Wu P C, Crosby M R. Moss Flora of China English Version; Volume 8 [M]. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden, 2005.
- [18] Noguchi A. Illustrated Moss Flora of Japan; Part 1 [M]. Nichinan: The Hattori Botanical Laboratory, 1987.
- [19] Noguchi A. Illustrated Moss Flora of Japan; Part 2 [M]. Nichinan: The Hattori Botanical Laboratory, 1988.
- [20] Noguchi A. Illustrated Moss Flora of Japan; Part 3 [M]. Nichinan: The Hattori Botanical Laboratory, 1989.
- [21] Noguchi A. Illustrated Moss Flora of Japan; Part 4 [M]. Nichinan: The Hattori Botanical Laboratory, 1991.
- [22] Noguchi A. Illustrated Moss Flora of Japan; Part 5 [M]. Nichinan: The Hattori Botanical Laboratory, 1994.
- [23] Tomio Yamaguchi. A revision of the genus *Leucobryum* (Musci) in Asia [J]. *J Hattori Bot Lab*, 1993, 73: 1–123.
- [24] Tran Ninh. A revision of Indochinese *Homaliodendron* [J]. *J Hattori Bot Lab*, 1984, 57: 1–39.
- [25] Zhu Y Q, Buck W R, Wang Y F. A review of *Entodon* in East Asia [J]. *Bryologist*, 2010, 113(3): 516–589.
- [26] 高谦. 中国苔藓志: 第一卷[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [27] 高谦. 中国苔藓志: 第二卷[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [28] 黎兴江. 中国苔藓志: 第三卷[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [29] 黎兴江. 中国苔藓志: 第四卷[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [30] 吴鹏程. 中国苔藓志: 第六卷[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [31] 胡人亮, 王幼芳. 中国苔藓志: 第七卷[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [32] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志: 第八卷[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [33] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 150–162.
- [34] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991(增刊IV): 1–139.
- [35] 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 李德铎, 彭华. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [36] Gleason H A. On the relations between species and area [J]. *Ecology*, 1922, 3: 158–162.
- [37] 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.
- [38] 马克平, 高贤明, 于顺利. 东灵山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.
- [39] 张晓青. 福建戴云山自然保护区苔类植物的物种多样性[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [40] 吴鹏程, 李登科, 高彩华. 武夷山苔藓植物区系及其与邻近地区的关系[J]. 植物分类学报, 1987, 25

- (5): 340–349.
- [41] 林善雄. 玉山国家公园苔藓植物之调查(一)[M]. 台湾: 内政部营建属玉山国家公园管理处, 南投水里, 1990.
- [42] 林善雄. 玉山国家公园苔藓植物之调查(二)[M]. 台湾: 内政部营建属玉山国家公园管理处, 南投水里, 1991.
- [43] 严雄梁, 季梦成, 吴璐璐. 阳际峰自然保护区苔藓植物分类及区系研究[D]. 浙江临安: 浙江林学院, 2009.
- [44] 陈家伟. 大盘山国家级自然保护区藓类植物区系和生态学研究[D]. 浙江金华: 浙江师范大学, 2009.
- [45] 左勤, 刘倩, 王幼芳. 广西猫儿山自然保护区藓类植物区系研究[J]. 广西植物, 2010, 30(6): 850–858.
- [46] 贾渝, 吴鹏程, 罗健馨. 广西九万山藓类植物区系分析及其对划分热带、亚热带分界线的意义[J]. 植物分类学报, 1995, 33(5): 461–468.
- [47] 贾渝, 吴鹏程, 罗健馨. 广西九万山藓类植物区系分析及其对划分热带、亚热带分界线的意义(续)[J]. 植物分类学报, 1995, 33(6): 556–571.
- [48] 朱俊. 福建鹭峰山东麓苔藓植物初步研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2001.
- [49] 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.
- [50] 裴林英. 峨眉山藓类植物区系的研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2006.
- [51] 姜炎彬, 邵小明. 苔藓植物分布及其物种多样性的研究评述[J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(3): 385–390.

(责任编辑: 王豫鄂)