

## 中国新疆柳叶藓科、青藓科和 灰藓科植物区系研究

魏倩倩<sup>1</sup>, 买买提明·苏来曼<sup>2</sup>, 李敏<sup>3</sup>, 章博远<sup>1</sup>, 王幼芳<sup>1\*</sup>

(1 华东师范大学 生命科学院, 上海 200241; 2 新疆大学 科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046; 3 河北师范大学 生命科学院, 石家庄 050024)

**摘要:**通过对新疆柳叶藓科(Amblystegiaceae)、青藓科(Brachytheciaceae)和灰藓科(Hypnaceae)植物标本的野外采集和室内鉴定,报道了中国新疆地区柳叶藓科 15 属 33 种,青藓科 12 属 51 种,灰藓科 11 属 30 种,共计 38 属 114 种。其中,中国青藓科新记录种 2 种,新疆新记录 4 属 37 种。优势属 10 个,且以青藓属(*Brachythecium* Brush & Schimp.)为代表的北温带成分为主;单种属 19 个,体现了新疆藓类植物区系的古老性和多样性。新疆 3 科藓类植物区系成分可划分为 9 种类型,其中北温带成分居主导地位,占中国新疆 3 科藓类植物总种数的 52.08%,东亚成分次之,占 25.01%,热带成分甚微。对中国新疆与中国内蒙古、中国西藏以及俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、巴基斯坦和印度 7 个邻近地区的区系比较发现,印度物种丰富度最高,俄罗斯和中国新疆次之;中国新疆与中国内蒙古、俄罗斯在物种组成上相似度最高。地理成分区系谱及聚类分析结果表明,中国新疆与中国内蒙古地区的植物区系关系最为接近,而且与俄罗斯密切相关。

**关键词:**藓类植物;区系;柳叶藓科;青藓科;灰藓科;新疆

**中图分类号:** Q949.35; Q948.5

**文献标志码:** A

## Study on the Moss Flora of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae and Hypnaceae of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

WEI Qianqian<sup>1</sup>, MAMTIMIN SULAYMAN<sup>2</sup>, LI Min<sup>3</sup>, ZHANG Boyuan<sup>1</sup>, WANG Youfang<sup>1\*</sup>

(1 School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China; 2 College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3 College of Life Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

**Abstract:** Based on detailed field investigation, collection of specimens and identification of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae and Hypnaceae in Xinjiang, we reported 114 species belonging to 38 genera. Among them, 33 species of 15 genera belong to Amblystegiaceae, 51 species 12 genera to Brachytheciaceae and 30 species of 11 genera to Hypnaceae. There are 4 genera and 37 species new to Xinjiang, among which 2 species reported new to China. The moss flora of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae and Hypnaceae of Xinjiang was divided into 9 areal-types. The total elements were dominated by North Temperate representing 52.08% of the total species, followed by East Asia element, and the tropical element is little. According to comparisons of Xinjiang and 7 neighborhoods (Tibet, Inner Mongolia, Russia, Mongolia, Kazakhstan, Pakistan and India), India has the highest species richness index, followed by Russia and Xinjiang. The values of similarity coefficient of flora between Xinjiang and Inner Mongolia and Russia are higher than that of other

收稿日期: 2013-10-29; 修改稿收到日期: 2013-12-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270255, 31160040); 新疆维吾尔自治区高校科研计划项目(XJEDU2011103)

作者简介: 魏倩倩(1986—), 女, 硕士研究生, 主要从事苔藓植物分类学研究。E-mail: qqwei0429@126.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

regions. Cluster analysis of these 8 regions showed that Xinjiang has the closest relatives of flora with Inner Mongolia, and the moss flora of Xinjiang is closely associated with Russia.

**Key words:** moss; flora; Amblystegiaceae; Brachytheciaceae; Hypnaceae; Xinjiang

新疆维吾尔自治区位于中国西北边陲,约 166 万 km<sup>2</sup>, 占国土总面积的 1/6, 是中国面积最大的省区。同时, 中国新疆与俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、巴基斯坦、印度等国交界, 多种植物区系在这里交融, 由此形成了复杂而独特的区系地理<sup>[1-2]</sup>。中国新疆地势复杂多变, 高山与盆地交错排列, 境内海拔落差高达约 8 700 m。海拔高度的差异使得山地植被呈明显的垂直分布, 以天山为界的南疆和北疆由于降水分布不均植被类型差异甚大。复杂多样的植被类型孕育了新疆丰富的苔藓植物。

然而, 由于受自然地理等条件的限制, 较之国内其他省区, 中国新疆苔藓植物研究仍较为滞后。中国新疆较为全面、系统的苔藓植物研究始于 1985 年, 主要由赵建成和买买提明·苏来曼等学者开展对某一地区或山脉苔藓植物的区系研究, 而对于中国新疆全区范围内的苔藓植物研究尚未进行<sup>[2-9]</sup>。基于此, 本文作者以中国新疆侧蒴藓类中的 3 个物种较为丰富的大科——柳叶藓科、青藓科和灰藓科为研究对象, 对其物种组成、区系成分进行分析, 并选取与中国新疆邻近的 2 省 5 国进行区系比较, 以期探讨中国新疆藓类植物的区系特点及其与邻近地区的关系, 编写《新疆苔藓志》, 乃至中国苔藓植物多样性及区系研究提供基础资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 标本采集和鉴定

选取 1983 年至 2012 年间, 采自中国新疆 28 个地区的柳叶藓科、青藓科和灰藓科标本 1 892 份, 参照《中国苔藓志》及近年发表的相关文献逐一进行鉴定<sup>[10-11]</sup>, 并查阅每种植物的分布范围, 确定其区系地理成分。凭证标本存放于华东师范大学博物馆(HSNU)和新疆大学植物标本馆(XJU)。

### 1.2 数据分析

采用物种丰富度指数作为生物多样性的指标。利用 Sprenson 区系相似性系数和区系谱对新疆(XJ)与邻近的中国内蒙古(NM)、中国西藏(XZ)、俄罗斯(RU)、蒙古(MN)、哈萨克斯坦(KAZ)、巴基斯坦(PK)和印度(IN) 7 个地区进行区系地理比较分析, 并采用 SPSS19.0 软件对区系成分进行聚类分析。

$$(1) \text{物种丰富度指数 } S_i = \sum_{j=1}^n \frac{X_{ij} - \overline{X_{ij}}}{\overline{X_{ij}}}$$

式中,  $X_{ij}$  表示第  $i$  个地区  $n$  个分类单元中的第  $j$  个分类单位的数据,  $\overline{X_{ij}}$  表示  $K$  个地区  $n$  个分类单位中第  $j$  个分类单位的数据的平均值<sup>[12]</sup>。

$$(2) \text{区系相似性系数 } S_c = \frac{2c}{A+B} \times 100\%$$

式中,  $A$  表示甲地全部属(种)数,  $B$  表示乙地全部属(种)数,  $c$  为甲乙两地共有属(种)数。  $A$ 、 $B$ 、 $c$  均不包含世界广布类型<sup>[13]</sup>。

$$(3) \text{区系谱 } FER = \frac{FE_i}{T} \times 100\%$$

式中,  $FER$  表示某区系中  $n$  种区系成分的第  $i$  个区系成分的分类群数量(属或种) ( $i=1, 2, 3 \dots, n$ ),  $T$  表示某区系中分类群总数。  $FE_i$ 、 $T$  均不包含世界广布类型<sup>[14]</sup>。

(4) SPSS 软件聚类分析 运用 SPSS 19.0 统计软件, 以类间平均锁链法进行聚类分析, 对间距的测量方法选择皮尔逊相关系数<sup>[15-19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科的物种多样性

**2.1.1 各科属、种组成** 本研究整理鉴定新疆柳叶藓科植物 15 属 33 种, 青藓科植物 12 属 51 种, 灰藓科植物 11 属 30 种, 共计 38 属 114 种。其中, 中国青藓科新记录种 2 种, 分别为糙柄青藓(新拟名) [*Brachytheciastrum trachypodium* (Funck ex Brid.) Ignatov & Huttunen] 和短尖拟青藓 [*Sciurohypnum ornellanum* (Molendo) Ignatov & Huttunen.]<sup>[20-21]</sup>; 新疆新记录属 4 属, 分别为鼠尾藓属 (*Myuroclada* Besch.)、尖喙藓属 [*Oxyrrhynchium* (Schimp.) Warnst.]、鳞叶藓属 (*Taxiphyllum* M. Fleisch.) 和拟腐木藓属 (*Callicladium* H. A. Crum); 新疆新记录种 37 种。

**2.1.2 优势属** 将属内种数大于等于 4 的属定为优势属(表 1)。新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物中优势属总计 10 属, 包括青藓属 (*Brachythecium* Bruch & Schimp.) 25 种、灰藓属 (*Hypnum* Hedw.) 9 种、金灰藓属 (*Pylaisia* Bruch & Schimp.) 7 种、长喙藓属 (*Rhynchostegium* Bruch & Schimp.) 6 种、

表 1 新疆柳叶藓科、青藓科、灰藓科植物属、种组成

Table 1 The Genera and species composition of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae & Hypnaceae in Xinjiang

属内种数 No. of species	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/%
≥4	10	25.64	75	65.22
2~3	10	25.64	21	18.26
1	19	48.72	19	16.52

美喙藓属(*Eurhynchium* Bruch & Schimp.) 5 种、毛灰藓属[*Homomallium* (Schimp.) Loeske] 5 种、湿原藓属[*Calliergon* (Sull.) Kindb.] 5 种、水灰藓属(*Hypogrohypnum* Lindb.) 5 种、拟细湿藓属[*Campyliadelphus* (Kindb.) R. S. Chopra] 4 种以及镰刀藓属[*Drepanocladus* (Müll. Hal.) G. Roth] 4 种, 共计 75 种, 占新疆 3 科植物总种数的 65.22%。优势属以典型的温带成分占绝对优势, 其中仅青藓属一个属占新疆 3 科植物总种数的 21.74%, 是其中种类最丰富的属。

**2.1.3 单种属** 将新疆 3 科藓类植物中仅包含 1 个种的属命名为单种属。新疆单种属有 19 属, 占 3 科植物总属数的 48.72%。例如柳叶藓科的牛角藓属[*Cratoneuron* (Sull.) Spruce]、三洋藓属(*Sanionia* Loeske)、细湿藓属[*Campylium* (Sull.) Mitt.]; 青藓科中的鼠尾藓属(*Myuroclada* Besch.)、尖喙藓属[*Oxyrrhynchium* (Schimp.) Warnst.]、毛青藓属(*Tomentypnum* Loeske) 以及灰藓科的美灰藓属(*Eurohypnum* Ando)、鳞叶藓属(*Taxiphyllum* M. Fleisch.) 和拟腐木藓属(*Calli-cladium* H. A. Crum) 等。

**2.2 新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物区系成分** 参照王荷生及吴征镒对中国植物分布区类型的划分<sup>[22-23]</sup>, 新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科 3 科区系成分可划分为以下 9 种类型(表 2):

(1) 世界广布 指几乎遍布世界各大洲而没有特殊分布中心的种。包括柳叶藓科的牛角藓[*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce]、镰刀藓[*Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.]、三洋藓[*Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske]、青藓科的灰白青藓[*Brachythecium albicans* (Hedw.) Brush & Schimp.]、羽枝青藓[*B. plumosum* (Hedw.) Brush & Schimp.]、溪边青藓(*B. rivulare* Brush & Schimp.)、灰藓科的灰藓(*Hypnum cupressiforme* Hedw.)、鳞叶藓[*Taxiphyllum taxirameum* (Mitt.) M. Fleisch.] 等共计 19 种。世界广布类型对表现植物区系特征不起重要作用,

因此, 在进行区系统计及比较时该成分不计入在内。

(2) 泛热带分布 通常见于环热带及亚热带山地, 甚至在温带也有分布。仅灰藓科中的弯叶金灰藓(*Pylaisia falcata* Schimp.) 属此类型。

(3) 热带亚洲分布 吴征镒对该区系成分的广义定义包括中国境内部分即南岭以南至南海诸岛礁, 境外部分包括喜马拉雅、东南亚诸国, 南不到澳大利亚北部<sup>[23]</sup>。包括褶叶藓[*Palamocladium leskeoides* (Hook.) E. Britton]、泛生金灰藓[*Pylaisia extenta* (Mitt.) A. Jaeger]、南亚毛灰藓[*Homomallium simlaense* (Mitt.) Broth.] 及大灰藓(*Hypnum plumaeforme* Wilson) 4 个种。

(4) 北温带分布 指广布于欧洲、亚洲和北美洲温带地区的种群, 甚至可达南温带地区。这一类型囊括了新疆 3 科中 52.08% 的种, 而且多隶属于该地区的优势属, 这也明显反映出该地区的区系特点。新疆位于北纬 34°15′~49°11′ 之间, 因此, 北温带的许多藓类植物在这里生长良好, 且物种发育也很完全, 尤其以北方为分布中心的柳叶藓科和青藓科植物在该地区较严峻的地域中展开生息繁衍的角逐<sup>[24]</sup>。

(5) 旧世界温带分布 指广布于欧洲、亚洲中高纬度的温带和寒温带的类群。该区系的物种只有青藓科的密叶美喙藓(*Eurhynchium savatieri* Schimp. ex Besch.)、直枝同蒴藓[*Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp.] 和黄色同蒴藓[*H. lutescens* (Hedw.) H. Rob.] 3 个种分布。

(6) 温带亚洲分布 仅限于亚洲温带地区。该区系的物种只有柳叶藓科的弯叶大湿原藓[*Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs]、叉肋湿原藓[*Calliergon richardsonii* (Mitt.) Kindb.] 及仰叶拟细湿藓[*Campyliadelphus stellatus* (Hedw.) Kanda] 3 个种。

(7) 中亚分布 这一类型位于古地中海的东半部, 可以到达西亚, 但绝不到达地中海。其东界在中国新疆、内蒙古、西藏等地。在此分布的种仅青藓科中的深绿褶叶藓[*Palamocladium euchloron* (Bruch ex Müll. Hal.) Wijk & Margad.] 1 种。

(8)东亚分布 该成分的分布范围自东喜马拉雅至日本,包括中国-日本和中国-喜马拉雅两个类型。东亚分布类型在新疆 3 科植物中所占比例仅次于北温带成分,占总种数的 25.01%,位列第二。其中,中国-日本类型占绝大多数,中国-喜马拉雅类型仅有 3 个种。

(9)中国特有分布 该类型的分布中心在云南或西南诸省,由西南向东南呈斜线状,个别种可延伸至邻国边界。新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物中的中国特有分布成分占 3 科总种数的 10.42%。如长枝水灰藓 [*Hygrohypnum fontinaloides* P. C. Chen]、亚灰白青藓 [*Brachythecium subalbicans* Broth. ]、小叶美喙藓 [*Eurhynchium filiforme* (Müll. Hal.) Y. F. Wang & R. L. Hu ]、狭叶长喙藓 [*Rhynchostegium fauriei* Cardot]等。

2.3 新疆与邻近地区柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的区系比较

新疆作为中国面积最大的省区,周边与多国接壤。地理位置的特殊性使得多种植物区系在此交融,进而形成了复杂而独具特色的区系成分。因此,探究新疆与邻近地区间藓类植物的区系关系,能够更深入地了解新疆藓类植物区系特点。

本文选取中国的西藏、内蒙古以及俄罗斯中欧地区(文中简写为俄罗斯)、蒙古、巴基斯坦、哈萨克斯坦和印度境内西喜马拉雅(文中简写为印度)7 个地区的柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物与中国新疆进行比较<sup>[10-11,25-40]</sup>。

2.3.1 中国新疆与邻近地区 3 科藓类植物的组成特点比较 本文分别从属种组成、物种丰富度、共有属种数及共有属种的相似性系数等方面对中国新疆与 7 个邻近地区的 3 科植物进行比较。

由表 3 可见,物种丰富度指数最高的地区为印度,其次为俄罗斯和中国新疆。丰富度指数<0 的

依次为中国内蒙古、中国西藏、哈萨克斯坦、蒙古和巴基斯坦。

就属的相似性而言,除巴基斯坦(64.62%)外,中国新疆同其他地区属的相似性系数均在 75.00%以上,且与俄罗斯的属相似性系数高达 95.77%,其次为中国内蒙古、哈萨克斯坦、中国西藏、印度、蒙古和巴基斯坦。在种的组成方面,中国新疆与中国内蒙古最为相似,种的相似性系数高达 56.50%,其次是俄罗斯、中国西藏、哈萨克斯坦、蒙古,与巴基斯坦和印度的种相似性最低。

2.3.2 新疆与邻近地区 3 科藓类植物地理分区系谱的比较 为更深入地探究新疆与邻近地区藓类植物区系的关系,本研究采用地理分区系谱对新疆与邻近地区的 3 科藓类植物区系成分做进一步比较分析。

由表 4 可知,8 个地区的藓类植物区系中,新疆、内蒙古和西藏3个地区均以北温带成分比例最

表 2 新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物区系成分

Table 2 The areal-types of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae & Hypnaceae in Xinjiang

区系成分 Areal-type	种数 No. of species	所占百分比 Percentage/%
世界广布 Cosmopolitan	19	—
泛热带分布 Pantropic	1	1.04
热带亚洲分布 Trop. Africa	4	4.17
北温带分布 N. Temp.	50	52.08
旧世界温带分布 OW. Temp.	3	3.13
温带亚洲 Temp. Asia	3	3.13
中亚分布 C. Asia	1	1.04
东亚分布 E. Asia	—	—
中国-喜马拉雅 Sino-Himal	3	3.13
中国-日本 Sino-Japan	21	21.88
中国特有分布 Endemic to China	10	10.42
总计 Total	115	100

表 3 中国新疆与 7 个地区的柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的物种多样性及相似性比较

Table 3 Similarity comparison of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae & Hypnaceae among Xinjiang & other 7 regions

项目 Item	XJ	NM	XZ	RU	MN	KAZ	PK	IN
属数 No. of genera	39		35	31	42	31	33	26
种数 No. of species	115	103	87	105	70	74	54	143
物种丰富度 Si	8.23	—3.56	—8.31	16.24	—13.87	—10.86	—29.58	41.72
共有属数 No. of shared genera	—	33	27	34	26	28	21	30
属相似性系数 Similarity index of genera/%	—	81.08	77.14	95.77	74.29	77.78	64.62	75.00
共有种数 No. of shared species	—	50	39	43	33	34	16	24
种相似性系数 Similarity index of species/%	—	56.50	46.15	47.78	44.00	44.44	24.06	21.82

注: XJ. 新疆; NM. 内蒙古; XZ. 西藏; RU. 俄罗斯; MN. 蒙古; KAZ. 哈萨克期坦; PK. 巴基斯坦; IN. 印度; 下同。  
Note: XJ. Xinjiang; NM. Inner Mongolia; XZ. Tibet; RU. Russia; MN. Mongolia; KAZ. Kazakhstan; PK. Pakistan; IN. India; The same as below.

表 4 新疆与 7 个邻近地区柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物地理成分区系谱  
Table 4 The foristic spectrum of Amblystegiaceae, Brachytheciaceae &  
Hypnaceae among Xinjiang & other 7 regions

区系成分 Areal-type	XJ FE(FER,%)	NM FE(FER,%)	XZ FE(FER,%)	RU FE(FER,%)	MN FE(FER,%)	KAZ FE(FER,%)	PK FE(FER,%)	IN FE(FER,%)
泛热带分布 Pantropic	1(1.04)	0(0)	3(4.11)	1(1.25)	0(0)	0(0)	0(0)	7(5.65)
热带亚洲分布 Trop. Asia	4(4.17)	4(4.94)	4(5.48)	1(1.25)	1(1.85)	0(0)	11(29.73)	69(55.65)
北温带分布 N. Temp.	50(52.08)	40(49.38)	25(34.25)	63(78.75)	39(72.22)	25(43.86)	5(13.51)	25(20.16)
东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	0(0)	1(1.23)	0(0)	1(1.25)	2(3.70)	15(26.32)	6(16.22)	0(0)
旧世界温带分布 OW. Temp.	3(3.13)	2(2.47)	2(2.74)	2(2.50)	0(0)	2(3.51)	5(13.51)	1(0.81)
温带亚洲分布 Temp. Asia	3(3.13)	5(6.17)	2(2.74)	9(11.25)	9(16.67)	9(15.79)	4(10.81)	9(7.26)
中亚分布 C. Asia	1(1.04)	1(1.23)	1(1.37)	1(1.25)	1(1.85)	6(10.53)	3(8.11)	3(2.42)
东亚分布 E. Asia	24(25.00)	18(22.22)	23(31.51)	2(2.50)	2(3.70)	0(0)	3(8.11)	10(8.06)
中国特有分布 Endemic to China	10(10.42)	10(12.35)	13(17.81)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)

注:FE 表示某一特定区系成分所包含的种数,FER 为该区系成分百分比。  
Note:FE means the number of species of a particular areal-types,and FER means the percentage of the areal-types.

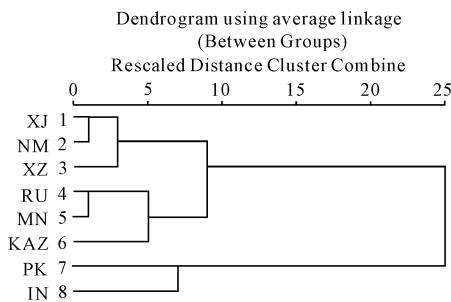


图 1 8 个地区的柳叶藓科、青藓科和灰藓科  
植物地理成分区系谱聚类分析  
Fig. 1 Cluster analysis of the floristic spectrum of  
Amblystegiaceae, Brachytheciaceae  
& Hypnaceae among 8 regions

高,其次是东亚分布和中国特有分布。新疆与内蒙古在藓类植物区系成分的组成上呈现出较高的一致性。西藏热带成分比重较内蒙古和新疆高,此外西藏地区的中国特有成分也高于新疆和内蒙古两地。俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦则均以北温带及温带亚洲成分为主,且哈萨克斯坦藓类植物区系的中亚成分占有较高比例。巴基斯坦和印度则均以热带成分为主。

2.4 新疆与其他 7 个地区间藓类植物区系关系

运用 SPSS19.0 软件对包括新疆在内的 8 个地区的 3 科藓类植物地理成分区系谱进行聚类分析,结果见图 1。8 个地区聚为两大类群:新疆、内蒙古、西藏、俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦 6 个地区聚为一支,属于温带类群;巴基斯坦和印度 2 个地区为一支,为南亚热带类群。其中新疆、内蒙古和西藏 3 个国内省区聚为温带类群中的第一支,俄罗斯、蒙古和哈萨克斯坦 3 个国家为温带类群中的第二支。

3 讨 论

3.1 新疆 3 科藓类植物的物种多样性

柳叶藓科、青藓科和灰藓科作为侧蒴藓类植物中的主要代表科,其属、种的组成能够准确反映一个地区的物种多样性和区系特点。新疆 3 科藓类植物所含属、种数分别占中国 3 科植物总属数的 73.58%,总种数的 47.92%<sup>[10-11]</sup>。由此可见,新疆地区是中国柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的分布中心地区之一。

新疆 3 科藓类植物中的优势属以北温带类型为主,尤以青藓属为典型代表,该属占 3 科总种数的 21.74%。它们构成新疆藓类植物区系的主体。

值得注意的是,新疆 3 科藓类植物中的单种属占有很大比例,其属数为新疆 3 科藓类植物总属数的 48.72%。单种属的存在反映了植物科进化过程中两个相反的方向,一个是新产生的科,其属种尚未分化,反映出一地区较高的进化水平;另一个是演化终极的科,属种已大量消亡,现存的是残遗种类,反映区系的古老性<sup>[41]</sup>。新疆植物区系属泛北极植物区,与欧洲的西伯利亚、中亚的黑海地区相比,中国植物并未遭受到第四纪冰期北方大陆冰盖的直接破坏,是第三纪图尔盖植物区系的残遗<sup>[42-43]</sup>。因此,其植物区系保留了较古老的种群。此外,新疆北部阿尔泰山位于欧亚森林亚区交汇处,由于自然地理条件的历史变迁,多种植物区系成分在此交融,由此形成了新疆丰富的物种多样性<sup>[15]</sup>。总之,单种属在新疆 3 科藓类植物组成中占据将近一半的比例,很好地体现了新疆藓类植物区系的古老性和复杂性。

### 3.2 新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物区系特点

新疆 3 科藓类植物的区系组成中北温带成分占主导地位。这是因为柳叶藓科和青藓科是中国北方分布的优势科,也是东亚北部的代表科,其中大部分种类的区系类型为北温带成分。

王荷生将中国特有属的分布划分为 5 组,新疆归属于西北组<sup>[42]</sup>。中国特有成分的存在,主要是同中国复杂的地质史有关,第四纪冰川的来临,使得欧亚大陆的许多苔藓植物惨遭灭绝,而中国则因为由北向南的一系列山脉的屏障保护,一些古老的物种得以幸存,这些古老物种历经地史变迁,进而演化为新生类群而成为特有种<sup>[22,25]</sup>。特有成分的存在,反映了中国植物区系的古老性和独特性。

值得关注的是,新疆虽地处中亚与东亚交界处,但就本研究中的柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物而言,中亚成分微乎其微,这与研究对象的地域性分布特点密切相关。由于柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物主要分布于针叶林下阴湿环境或沼泽、水流等环境,而中亚成分大多以耐旱的顶蒴藓类为主<sup>[45]</sup>。因此,柳叶藓科、青藓科和灰藓科并不能很好地体现出新疆藓类植物区系的中亚色彩。

### 3.3 新疆与邻近地区柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的区系比较

综合新疆与邻近 7 地区间属、种的组成、物种丰富度系数、属种相似性系数的比较以及区系成分的聚类分析发现,新疆与 7 个地区间的区系关系亲疏有别,大致与地理位置的远近相一致。一般来说,相距越近的区系,其共有属或种的数量越多,相似性就越大,亲缘关系也越接近<sup>[22]</sup>。本文所得结果较好地体现了这一理论。新疆与不同地区间区系关系详述如下。

**3.3.1 新疆与内蒙古和西藏柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的区系关系** 新疆与内蒙古在物种组成、属、种相似性及区系成分组成方面均表现出较高的相似性,且在区系成分聚类分析中表现出两地亲缘关系最为接近。在中国苔藓植物地理分区的划分中新疆与内蒙古同属于蒙新区<sup>[44-45]</sup>。本研究结果也进一步印证了陈邦杰、吴鹏程等植物学家对中国苔藓植物地理分区划分的科学性和合理性。

相对新、蒙两地,西藏的植物区系中的热带和亚热带成分比重有所增加。西藏分属于青藏区和横断山区,其东南部处于喜马拉雅山系的墨脱、察隅等地是西藏植物区系中热带和亚热带成分的集中地<sup>[46]</sup>,也是中国现代藓类植物区系物种形成及分布的中心

之一。山脉、沙漠等地貌是植物传播和迁移的主要通道或障碍<sup>[22]</sup>,新疆同西藏两地大致以昆仑山系为界,其北部的塔克拉玛干沙漠是世界第二大沙漠,它的阻隔使得新疆与西藏间植物区系的交流大为减弱。因此,新疆与西藏虽在地理位置上相距很近,但由于受地势等的影响两地间区系并没有达到较高的相似性。区系成分聚类分析的结果显示,新疆、内蒙古和西藏 3 地聚为温带类群中的第一支,在一定程度上体现了中国不同省区间藓类植物的近缘关系。

**3.3.2 新疆与俄罗斯、蒙古和哈萨克斯坦柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的区系关系** 新疆与俄罗斯以阿尔泰山作为植物区系的重要纽带。阿尔泰山为新疆的多雨中心,同时也是新疆藓类植物最为丰富的分布区,该地区的藓类植物的物种组成在很大程度上偏向于欧洲。例如,青藓科中的糙柄青藓、短尖拟青藓、高山青藓 [*Brachytheciastrum collinum* (Schleich. ex Müll. Hal.) Ignatov & Huttunen] 以及直枝同蒴藓在中国的分布现仅见于新疆, Ignatov 等也曾报道了这 4 个种在俄罗斯阿尔泰山及欧洲其他国家和地区的分布<sup>[35]</sup>。新疆与俄罗斯的属的相似性高达 95.77%,种的相似性也仅次于内蒙古。由此可见,新疆与俄罗斯间藓类植物区系存在很大的交流互融,使得两地间区系近缘关系十分亲密。

哈萨克斯坦地处中亚,东南与中国新疆接壤,是中亚国家中最重要的生物多样性分布区,其植物区系具典型的中亚色彩<sup>[47]</sup>。新疆柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物区系的中亚成分比重虽较轻,但通过两地 3 科侧蒴藓类植物属、种相似性的比较发现,新疆与哈萨克斯坦间的藓类植物区系仍存在较大的联系,另一方面也在一定程度上体现出蒙新区与中亚地区间植物区系的关联性。

蒙古属于东亚五国之一,地处蒙古高原,与中国新疆、内蒙古和黑龙江省接壤,西部以阿尔泰山为连接带,是典型北温带内陆国。因该地区藓类植物研究相对薄弱,其属、种组成和物种丰富度均较低,与新疆的属、种相似性低于内蒙古、俄罗斯和西藏。

在地理位置上,蒙古和哈萨克斯坦北部地区均与俄罗斯接壤。河流的共享加之没有高大山脉的阻隔,使得这些处于欧亚大陆腹地的地区间植物区系自由交融,体现了极为亲密的近缘关系。另外,根据 Heer(1868)提出的迁移学说,认为北极地区是各植物区系起源的单一的始生中心。自白垩纪末或第三纪初,由于气候开始分化成带,北极植物区系一批接着一批向南迁移,至第四纪冰期,温度急剧下降,引

起全球植被和植物区系的自北向南迁移<sup>[22]</sup>。由此看来,新疆植物区系的起源可能是由北极地区出发的始生植物区系途径欧洲、西伯利亚地区向南部的扩散。同时也解释了新疆特有的中国藓类植物为欧洲广布种的缘由。

**3.3.3 新疆与巴基斯坦、印度柳叶藓科、青藓科和灰藓科植物的区系的关系** 喜马拉雅山脉的隆起将欧亚大陆板块划分成了两个完全不同的南北世界,来自南部印度洋的热带海洋季风孕育了包括巴基斯坦和印度在内的南亚诸国典型的热带成分;而北部由于远离海洋,加之山脉的屏障作用,使得海洋气候对其影响鞭长莫及,由此形成了喜马拉雅南北地区间迥然不同的植物区系。

印度的物种丰富度居 8 个地区之首,尤其是灰

藓科中的某些属或种仅在印度分布,这些属、种大多具热带性质。就种的相似性而言,新疆与巴基斯坦和印度的相似性均低于 30%。图 1 可见,巴基斯坦和印度两地植物区系是独立于其他 6 个地区的另一支。巴基斯坦和印度同属南亚,其气候类型为亚热带和热带季风气候,其藓类植物区系是以热带亚洲和泛热带成分为主的热带类群,自然与新疆和其他北温带地区关系疏远。

综上所述,新疆是柳叶藓科、青藓科和灰藓科在中国的分布中心之一。其区系成分以北温带成分和东亚成分为主。与邻近 7 个地区的比较发现,新疆藓类植物区系与内蒙古最为接近,与俄罗斯之间密切相关,而与热带地区的巴基斯坦和印度相去较远。

## 参考文献:

- [1] ZHANG Y M(张元明),CAO T(曹 同),PAN B R(潘柏荣). The present situation and prospect of bryophyte research in Xinjiang[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究),2001,18(2):38—41(in Chinese).
- [2] ZHAO J CH(赵建成). History of Bryophyte research in Xinjiang[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究),1991,3:12—14(in Chinese).
- [3] SULAYMAN M(买买提明·苏来曼),ZHAO J CH(赵建成). Some new records of bryophytes in Tianshan Mts. and their geographical distributions[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究),1996,13(1):32—35(in Chinese).
- [4] SULAYMAN M(买买提明·苏来曼),ZHAO J CH(赵建成),LI M(李 敏),et al. A preliminary investigation of the Bryoflora of the Kunlun Mountain Area,Hotan,Xinjiang[J]. *Journal of Xinjiang University*(新疆大学学报),1999,2:81—85(in Chinese).
- [5] SULAYMAN M(买买提明·苏来曼),WANG D P(王德萍). A preliminary study on musci in pamir area of Xinjiang[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究),1999,16(1):8—13(in Chinese).
- [6] ZHANG Y M(张元明),CAO T(曹 同),PAN B R(潘柏荣). A study on Bryophyte associated with formation of soil crust in south fringe of Gurban Tunggut Desert in Xinjiang[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报),2002,22(2):18—23(in Chinese).
- [7] ZHANG Y M(张元明),CAO T(曹 同),PAN B R(潘柏荣). Species diversity of floor Bryophyte communities in Bogda Mountains,Xinjiang[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*(应用生态学报),2003,14(6):887—891(in Chinese).
- [8] GONG Z SH(龚佐山),ABLIZ H(吾尔叶提·阿布力孜),ABLA G(古丽娜尔·阿布拉),et al. Study on the Bryoflora in the Mushishan Mounta in,Hotan,Xinjiang[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究),2010,27(4):578—584(in Chinese).
- [9] SULAYMAN M(买买提明·苏来曼),NIMAT R(热西丹·尼格买提),GONG Z SH(龚作山),et al. The eco-geographical distribution pattern of Bryophytes from Karakorum-West Korum Area in Xinjiang[J]. *Journal of Xinjiang University*(Nat. Sci. Edi.)(新疆大学学报·自然科学版),2012,29(2):229—239(in Chinese).
- [10] 胡人亮,王幼芳. 中国苔藓植物志(第 7 卷)[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [11] 吴鹏程,贾 渝. 中国苔藓植物志(第 8 卷)[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [12] 左家甫,等. 植物区系的数值分析[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [13] ZHANG Y L(张德铨). Coeficient of similarity-an important parameter in floristic gengraphy[J]. *Geographical Research* (地理研究),1998,17(4):429—434(in Chinese).
- [14] MA K P(马克平),GAO X M(高贤明),YU SH L(于顺利). 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* (植物研究),1995,15(4):501—515(in Chinese).
- [15] SULAYMAN M(买买提明·苏来曼),GONG Z SH(龚作山),ABDURREHIM A(艾尼瓦尔·阿不都热衣木),et al. Bryoflora and species diversity in Kanas Natural Reserve,Xinjiang[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究),2010,28(4):424—430(in Chinese).
- [16] WU W Y(吴文英),ZUO Q(左 勤),WANG Y F(王幼芳),et al. Study on the moss flora of the Daiyunshan National Nature Reserve' Fujian Province[J]. *Plant Science Journal*(植物科学学报),2012,30(2):122—132(in Chinese).

- [17] 李秀芹. 河北省侧蒴藓类植物研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2002.
- [18] LU ZH B(陆志波), LU Y S(陆雍森). Application of SPSS 10.0 to environmental monitoring data analysis and network design[J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring* (环境监测与技术), 2002, **14**(3): 12–16(in Chinese).
- [19] GU Y J(辜云杰), LUO J X(罗建勋), WU Y W(吴远伟), *et al.* Phenotypic diversity in natural populations of *Picea balfouriana* in Sichuan, China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), 2009, **33**(2): 291–301(in Chinese).
- [20] WEI Q Q(魏倩倩), LI M(李敏), LI X Q(李晓芹), *et al.* Notes on Brachytheciaceae (Bryophyta) of China[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2013, **33**(7): 1 481–1 486(in Chinese).
- [21] LI M(李敏), W Q Q(魏倩倩), LI X Q(李晓芹), *et al.* *Scuiro-hypnum ornellanum* (Molendo) Ignatov & Huttunen (Brachytheciaceae, Bryophyta) reported new to China[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2013, **33**(10): 2 136–2 140(in Chinese).
- [22] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [23] 吴征镒. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [24] PAN X L(潘晓玲). Floristic analysis of seed plant genera in Xinjiang[J]. *Bulletin of Botanical Research* (植物研究), 1999, **19**(3): 250–258(in Chinese).
- [25] 陈邦杰. 中国苔藓植物属志(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [26] TAN B C, ZHAO J C, HU R L. An updated checklist of Xinjiang, China[J]. *Arctoa*, 1995, 4: 1–14.
- [27] SULAYMAN M. A checklist of bryophytes of Xinjiang, China[J]. *Chenia*, 2011, 10: 33–53.
- [28] 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.
- [29] 张明丽. 内蒙古柳叶藓科(Amblystegiaceae)系统分类及区系研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2008.
- [30] 李琴琴. 内蒙古灰藓科(Hypnaceae)系统分类及区系研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2008.
- [31] 王红梅. 内蒙古青藓科(Brachytheciaceae)植物区系及系统分类学研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2010.
- [32] 黎兴江等. 西藏苔藓植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [33] MICHAEL S. IGNATOV, E. A. IGNATOVA. Moss flora of the middle european russia. II. Fontinalaceae-Amblystegiaceae[M]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. P., 2003, 609–944.
- [34] MICHAEL S. IGNATOV. Relationship of moss flora of the Altai Mts[J]. *Bryobrothera*, 1992, 1: 63–72.
- [35] MICHAEL S. IGNATOV. Bryophyte flora of Altai Mountains. VIII. Brachytheciaceae[J]. *Arctoa*, 1998, 7: 85–152.
- [36] MICHAEL S. IGNATOV, E. A. IGNATOVA. Bryophyte flora of Altai Mountains. VII. Hypnaceae and related pleurocarps with bi- or ecostate leaves[J]. *Arctoa*, 1996, 6: 21–112.
- [37] AFORZ A. Moss flora of Western Himalayas, India-An updated Checklist[J]. *Archive for Bryology*, 2013, 168: 1–28.
- [38] NISHIMURA N, HIGUCHI M. A list of mosses reported from Pakistan[J]. *Cryptogamic Flora of Pakistan*, 1993, (2): 276–299.
- [39] MICHAEL S I, AFONINA O M, IGNATOVA E A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia[J]. *Arctoa*, 2006, 15: 1–130.
- [40] TSOGIIN TSEGMED. Checklist and distribution of mosses in Mongolia[J]. *Arctoa*, 2001, 10: 1–18.
- [41] 王荷生. 华北植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [42] WANG H SH(王荷生). The basic features of Chinese flora[J]. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 1979, **34**(3): 224–237(in Chinese).
- [43] CHEN W L(陈文俐), YANG CH Y(杨昌友). A floristic study on the seed plant in Mts. Altay of China[J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 2000, **22**(4): 371–378(in Chinese).
- [44] WU P CH(吴鹏程), JIA Y(贾渝). The regionalization and distribution types of the Bryophytes in China[J]. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境学报), 2006, **15**(1): 1–8(in Chinese).
- [45] PAN-CHIEH CH(陈邦杰). Preliminary report of the cenological and geographical study of Chinese Moss Flora[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1958, **7**(4): 271–293(in Chinese).
- [46] WU P CH(吴鹏程), LUO J X(罗健馨). The characteristics and possible origin of the Bryoflora of the Southern Flank of the East Himalayas[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1982, **20**(4): 392–401(in Chinese).
- [47] ZHANG X Y(张小云), WU M(吴淼), CHEN X(陈曦), *et al.* Biological diversity in Kazakhstan and Xinjiang[J]. *Arid Land Geography* (干旱区地理), 2010, **33**(2): 183–188(in Chinese).