

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2018.40554

宋晓彤, 邵小明, 孙宇, 姜炎彬, 宋闪闪, 刘欣超, 王庆刚. 北京东灵山苔藓植物区系研究[J]. 植物科学学报, 2018, 36(4): 554~561  
 Song XT, Shao XM, Sun Y, Jiang YB, Song SS, Liu XC, Wang QG. Research on the bryoflora of Dongling Mountain, Beijing, China[J]. Plant Science Journal, 2018, 36(4): 554~561

## 北京东灵山苔藓植物区系研究

宋晓彤<sup>1,2</sup>, 邵小明<sup>2</sup>, 孙宇<sup>3</sup>, 姜炎彬<sup>4</sup>, 宋闪闪<sup>2,3</sup>, 刘欣超<sup>3</sup>, 王庆刚<sup>2\*</sup>

(1. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏林芝 860000; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 生物多样性与有机农业北京市重点实验室, 北京 100193; 3. 中国农业大学生物学院, 北京 100193; 4. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

**摘要:** 在野外调查和采集标本的基础上, 对北京东灵山苔藓植物区系成分及特点进行研究。结果显示, 该地区共有苔藓植物 27 科 64 属 150 种(含 2 变种), 其中 32 种为北京苔藓植物新记录。优势科为青藓科(*Brachytheciaceae*)、丛藓科(*Pottiaceae*)、灰藓科(*Hypnaceae*)、真藓科(*Bryaceae*)和绢藓科(*Entodontaceae*)5 科; 优势属为青藓属(*Brachythecium*)、绢藓属(*Entodon*)、紫萼藓属(*Grimmia*)、真藓属(*Bryum*)、金灰藓属(*Pylaisia*)、凤尾藓属(*Fissidens*)、美喙藓属(*Eurhynchium*)和毛口藓属(*Trichostomum*)8 属。区系分析表明, 东灵山苔藓植物区系地理成分以北温带成分为主(占 36.7%)、东亚成分次之(占 18.0%)。通过与我国 15 个地区苔藓植物区系谱主成分分析发现, 东灵山苔藓植物区系成分与雾灵山、小五台山与贺兰山相近, 与云蒙山最为接近。

**关键词:** 苔藓植物; 区系; 东灵山; 北京

中图分类号: Q949.35

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2018)04-0554-08

## Research on the bryoflora of Dongling Mountain, Beijing, China

Song Xiao-Tong<sup>1,2</sup>, Shao Xiao-Ming<sup>2</sup>, Sun Yu<sup>3</sup>, Jiang Yan-Bin<sup>4</sup>,  
 Song Shan-Shan<sup>2,3</sup>, Liu Xin-Chao<sup>3</sup>, Wang Qing-Gang<sup>2\*</sup>

(1. Research Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Linzhi, Xizang 860000, China;  
 2. College of Resources and Environmental Sciences, and Key Laboratory of Biodiversity and Organic Farming of Beijing City, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. College of Biological Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 4. College of Resources and Environmental Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The composition and characteristics of the bryoflora of Dongling Mountain in Beijing were studied based on field surveys and specimen collection. Results showed that 150 species of bryophytes (including two varieties) belonging to 64 genera and 27 families were recorded from Dongling Mountain, of which 32 species were newly recorded for Beijing. *Brachytheciaceae*, *Pottiaceae*, *Hypnaceae*, *Bryaceae*, and *Entodontaceae* were the dominant families. *Brachythecium*, *Entodon*, *Grimmia*, *Bryum*, *Pylaisia*, *Fissidens*, *Eurhynchium*, and *Trichostomum* were the dominant genera. Analysis of the geographical elements of the bryophytes showed that the North Temperate element was dominant (36.7%), followed by the East Asia element (18.0%). Based on the principal component analysis (PCA) of the main components of bryophytes in 15 regions of China, we found that the bryophytes of Dongling Mountain were most similar to those of Wuling Mountain, Xiaowutai

收稿日期: 2018-01-17, 退修日期: 2018-02-01。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771054, 31570474)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (41771054, 31570474).

作者简介: 宋晓彤(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向为苔藓生态学(E-mail: songxiao1\_@163.com)。

\* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: wangqg@cau.edu.cn)。

Mountain and Helan Mountain, and closest to those of Yunmeng Mountain.

**Key words:** Bryophyte; Flora; Dongling Mountain; Beijing

植物区系是在一定自然条件下长期演化的结果<sup>[1]</sup>, 植物区系研究可为揭示植物的起源与进化提供基础, 同时也为植物的驯化和多样性保护提供依据。苔藓植物是仅次于被子植物的第二大高等植物类群, 也是植被的重要组成部分<sup>[2]</sup>。新中国成立以来, 我国在苔藓植物研究方面取得了丰硕成果, 先后发表了大量的全国和地方苔藓专著以及多样性、区系方面的论文, 为苔藓植物区系研究提供了重要参考。然而, 我国幅员辽阔且从事苔藓植物研究的人员相对较少, 目前仍有不少地区或山体缺乏对苔藓植物的系统调查和研究。

东灵山位于北京市西部, 最高峰海拔2303 m, 作为北京西部的天然生态屏障, 东灵山不仅是北京市内最高的山体, 也是华北地区的主要高峰之一<sup>[3]</sup>, 东灵山种子植物区系归属于泛北极植物区系中的中国-日本森林植物亚区<sup>[4]</sup>, 植物区系成分的主要来源是第三纪植物区系的后裔, 温带成分占优势, 也有外地迁移成分和地质史上热带气候条件下起源的成分, 与长白山和小五台山亲缘关系最为密切<sup>[5]</sup>。东灵山是北京市植物种类最为丰富的地区之一<sup>[3]</sup>, 对植物生态或景观方面的相关研究也多关注于种子植物和蕨类植物<sup>[6-9]</sup>, 而对苔藓植物的研究较少, 仅见马克平等<sup>[5]</sup>在调查东灵山植物区系时收集的苔藓植物17科25属30种, 以及孙宇等<sup>[10]</sup>及田晔林等<sup>[11-14]</sup>对苔藓植物多样性及其与环境关系方面的研究报道, 对该地区苔藓植物区系地理成分的系统研究尚未见报道。本研究在对东灵山苔藓植物全面调查采样并进行标本鉴定的基础上, 对东灵山苔藓植物区系进行系统研究, 以期阐明东灵山苔藓植物物种多样性、分布及区系成分特征, 同时为我国苔藓植物研究和多样性保护积累基础资料。

## 1 研究区域及研究方法

### 1.1 研究地区概况

东灵山(40°00'~40°02'N, 115°26'~115°3'E)位于北京市西部门头沟区清水镇, 属太行山系小五台山余脉, 为北京市最高山体, 最高峰海拔2303 m, 区域面积约为110 km<sup>2</sup>。东灵山地处暖

温带大陆性季风气候带, 年平均气温5℃~11℃, 最热月7月平均气温25.1℃, 最冷月1月平均气温-5.7℃, 全年无霜期约195 d。东灵山地区年平均降水量为611.9 mm, 6月至8月降水量约占全年的78%。该地区地质构造上位于华北陆台中部的燕山沉降带, 其中北部属于北京北山隆起构造区的青白口穹隆区, 南部属于北京西山凹陷构造区的西山褶皱隆起区。该区地层主要有元古界震旦系、古生界寒武系、奥陶系、石炭系, 以及中生界侏罗系和新生界第四系等。岩石种类多样, 包括沉积岩、变质岩和火成岩等<sup>[15]</sup>。

### 1.2 标本采集与鉴定

2005年6月至2006年9月, 中国农业大学生物学院孙宇和刘欣超等先后对北京东灵山地区苔藓植物进行了4次野外调查及标本采集, 采集地点包括小龙门林场、小龙门、双塘涧、齐家庄、洪水口、江水河以及东灵山主峰等地不同生境的地面和树生苔藓种类。对采集的标本进行了整理、分类鉴定。标本存放于中国农业大学标本室(BAU)。

### 1.3 数据分析方法

陈邦杰(1958年)对我国苔藓植物的地理分布进行了研究并划分了7个大区: 岭南区、华中区、华北区、东北区、云贵区、青藏区和蒙新区<sup>[16]</sup>。2006年吴鹏程等在陈邦杰划分区域的基础上, 将中国苔藓植物进一步划分为10个分区: 岭南区、华东区、华中区、华北区、东北区、华西区、横断山区、云贵区、青藏区和蒙新区<sup>[17]</sup>。在以上两种划分区域中, 东灵山均处于华北区。本文以吴鹏程等的划分方式为依据。

由于苔藓植物与种子植物的分布密切相关, 因此苔藓植物区系多参照种子植物区系的划分方法。本研究按照吴征镒<sup>[4]</sup>对中国种子植物属的分布类型的界定方法, 将北京东灵山苔藓植物地理分成也划分为世界广布、泛热带分布、旧世界热带分布、热带亚洲分布、北温带分布等15个分布区类型进行统计分析。

为了进一步揭示东灵山苔藓植物区系的特点, 本研究对东灵山和15个山体<sup>[18-32]</sup>的苔藓植物区系谱(Floristic spectrum, FS)进行比较, 研究相

同区系成分所占比重的差异。采用马克平等<sup>[5]</sup>的植物区系谱比率(Floristic Element Ratio, FER)计算公式, 即:  $FER = (FE_i/T) \times 100\%$ , 其中  $FE_i$  为区系中第  $i$  个地理成分的分类群数(属或种),  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $T$  为区系中各地理成分的分类群总数, 即:  $T = \sum_{i=1}^n FE_i$ 。为了直观展示东灵山与其他山体苔藓植物区系的相似性, 采取主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)方法对苔藓植物区系信息进行降维处理, 并将反映苔藓植物区系谱特征的大部分信息在二维空间中直观展示(为充分反映某一特定区系的特点, 在进行区系比较时去除世界广布成分), PCA 排序在 R 软件中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 东灵山苔藓植物区系的基本特征

#### 2.1.1 科、属、种的组成

经过对北京东灵山地区苔藓植物 4 次调查, 共采集苔藓植物标本 1550 份, 采用经典植物分类学方法对标本进行分类鉴定, 苔藓植物共计有 27 科 64 属 148 种 2 变种, 其中藓类 18 科 53 属 135 种 2 变种; 苔类 9 科 11 属 13 种, 并编制了北京东灵山苔藓植物名录<sup>1)</sup>。

#### 2.1.2 北京苔藓植物分布新记录

通过对有关北京苔藓植物研究的现有文献<sup>[11-14, 33, 34]</sup>进行分析对比, 发现本研究采集的标本中共有 32 种为北京苔藓植物新记录, 其中藓类 28 种, 隶属于 11 科 20 属; 苔类 4 种, 隶属于 4 科 4 属(见名录)。

#### 2.1.3 优势科、属统计

经统计, 北京东灵山苔藓植物优势科(含 10 种以上)有 5 科, 为: 青藓科(Brachytheciaceae)、丛藓科(Pottiaceae)、灰藓科(Hypnaceae)、真藓科(Bryaceae)和绢藓科(Entodontaceae)(图 1)。这 5 科共有 30 属 91 种, 分别占东灵山苔藓植物总科数(27 科)的 18.5%、总属数(64 属)的 46.8%和总种数(150 种)的 60.7%, 表明这 5 个科是东灵山苔藓植物的优势主体。优势属(含 4 种以上)共有 8 属, 分别为: 青藓属(*Brachythecium*)、

绢藓属(*Entodon*)、紫萼藓属(*Grimmia*)、真藓属(*Bryum*)、金灰藓属(*Pylaisia*)、凤尾藓属(*Fissidens*)、美喙藓属(*Eurhynchium*)和毛口藓属(*Trichostomum*) (图 2)。这 8 个优势属仅占本区苔藓植物总属数的 12.5%, 但其所含种数(61 种)却达到总种数的 40.7%, 说明这 8 个属苔藓植物在东灵山分布较多。

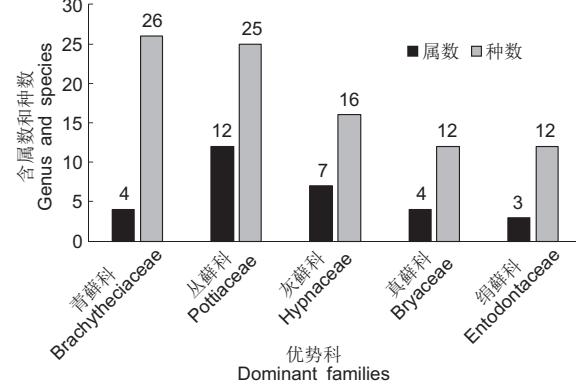


图 1 东灵山苔藓植物优势科统计  
Fig. 1 Dominant families of bryophytes at Dongling Mountain

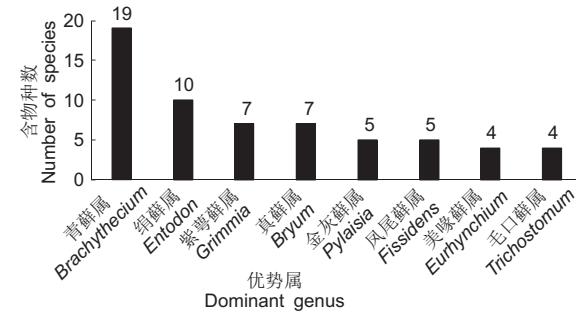


图 2 东灵山苔藓植物优势属统计  
Fig. 2 Dominant genera of bryophytes at Dongling Mountain

### 2.2 种的区系地理成分分析

根据吴征镒对中国种子植物属的分布类型的界定方法, 可将东灵山苔藓植物划分为 12 个分布区类型(表 1)。东灵山苔藓植物区系以北温带成分为主, 种数占该研究区总种数的 36.7%, 其次为东亚成分和中国特有成分, 分别占该研究区总种数的 18.0% 和 13.3%。热带成分(包括泛热带分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布以及热带亚洲(印度-马来西亚)分布, 下同)占 8.1%。

1) 如需查阅“北京东灵山苔藓植物名录”请登录《植物科学学报》网站(<http://www.plantscience.cn>)查看本期文章附录。

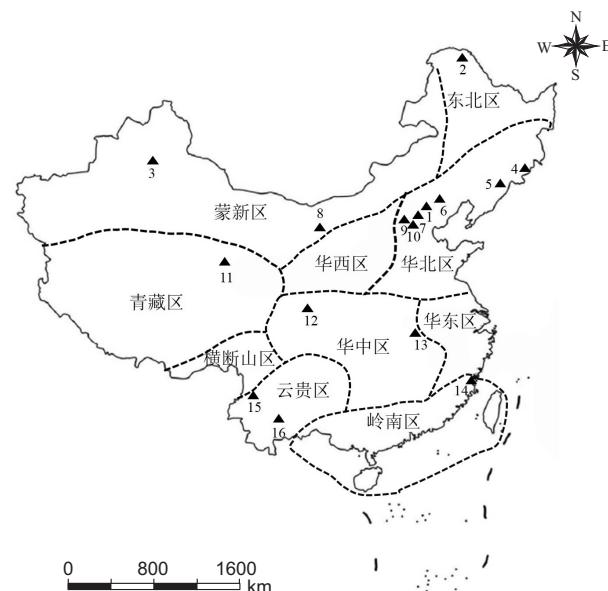
表 1 东灵山苔藓植物种的区系地理成分  
Table 1 Distribution types of bryoflora in Dongling Mountain

区系地理成分 Distribution types	种数(种) Species number	百分比(%) Percentage
世界分布 Cosmopolitan	22	14.7
泛热带分布 Pantropic	3	2.0
旧世界热带分布 Old World Tropic	1	0.7
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia & Trop. Australasia	1	0.7
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	1	0.7
热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	6	4.0
北温带分布 North Temperate	55	36.7
东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	5	3.3
旧世界温带分布 Old World Temperate	5	3.3
温带亚洲分布 Temp. Asia	4	2.7
东亚分布 E. Asia	27	18.0
中国特有分布 Endemic to China	20	13.3
总计 Total	150	100

## 2.2.1 区系成分的主成分分析

为了进一步探讨东灵山苔藓植物区系与我国其他15个山体(图3)苔藓植物区系的亲缘关系, 对16个山体苔藓植物区系谱进行PCA排序, 将区系成分比率(FER)作为变量因子, 对16个山体的数据进行主成分分析。结果可见, 前两个主成分特征值累计贡献率达94.5%(图4), 因此利用前两个主成分对16个山体进行PCA排序, 其结果能基本反映出这些地区间的区系关系。

通过计算16个山体在前两个主成分轴上的得分, 得到16个山体在二维排序图上的位置, 16个山体可分成6组(图4)。其中, 大兴安岭单独为一组(III); 博格达山单独为一组(VI); 鹫峰山、佛坪、龙王山为一组(I); 长白山、白石砬子、管涔山、祁连山为一组(II); 西山、鸡足山为一组(IV); 贺兰山、小五台山、雾灵山、云蒙山、东灵山为一组(V)。



1. 北京东灵山; 2. 黑龙江大兴安岭; 3. 新疆博格达山; 4. 吉林长白山; 5. 辽宁白石砬子; 6. 河北雾灵山; 7. 河北小五台山; 8. 内蒙古贺兰山; 9. 山西管涔山; 10. 河北云蒙山; 11. 甘肃祁连山; 12. 陕西秦岭佛坪; 13. 湖北龙王山; 14. 福建鹫峰山; 15. 云南鸡足山; 16. 云南昆明西山。  
1. Dongling Mountain, Beijing; 2. Greater Khingan Mountains, Heilongjiang; 3. Bogda Mountain, Xinjiang; 4. Changbai Mountain, Jilin; 5. Baishilazi Mountain, Liaoning; 6. Wuling Mountain, Hebei; 7. Xiaowutai Mountain, Hebei; 8. Helan Mountains, Inner Mongolia; 9. Guancen Mountain, Shanxi; 10. Yunmeng Mountain, Hebei; 11. Qilian Mountain, Gansu; 12. Foping Qinling, Shaanxi; 13. Longwang Mountain, Hubei; 14. Jiufeng Mountain, Fujian; 15. Jizu Mountain, Yunnan; 16. Kunming West Mountain, Yunnan.

图3 中国16个苔藓植物地理分布区示意图

Fig. 3 Schematic diagram of 16 bryophytic geographical distribution regions in China

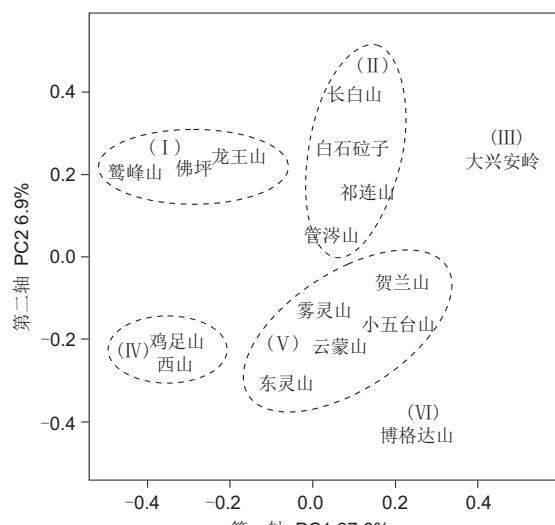


图4 16个山体苔藓植物区系谱的PCA排序

Fig. 4 PCA ordination of the floristic spectra of 16 regions

### 3 讨论

本次对北京东灵山苔藓植物进行调查, 采集标本 1550 份, 共计 27 科 64 属 148 种 2 变种。其中, 新发现北京地区苔藓植物新纪录 32 种, 占本次调查苔藓植物种类的 21.3%, 说明北京市苔藓植物的本底尚未摸清。北京市一半以上地区属于山区, 尽管前人已对北京的百花山<sup>[11-14]</sup>、香山<sup>[35]</sup>、松山<sup>[36]</sup>、鹫峰国家森林公园<sup>[37]</sup>、喇叭沟门林区<sup>[38]</sup>及北京市区<sup>[34, 39]</sup>等地区的苔藓植物进行了调查, 但就整个北京地区而言, 苔藓植物调查仍存在一定空白。今后应加强对北京山区苔藓植物的采集和研究, 为编制完整的北京苔藓植物名录及北京苔藓植物志奠定基础。

区系地理成分分析发现, 东灵山苔藓植物以北温带成分为主(36.7%), 热带成分所占比例较低(8.1%), 而且调查中没有发现平藓科、细鳞苔科等典型热带种类, 反映了东灵山苔藓植物区系具有典型的北温带性质, 这与该区地处于我国华北地区以及北温带气候区相一致。这也与马克平等<sup>[5]</sup>对东灵山种子植物区系的研究结果一致。东灵山地处温带地区, 但苔藓植物区系成分中有一定的热带成分, 这一方面可能是现今国内学者对苔藓植物区系成分的划分多采用吴征镒<sup>[4]</sup>关于中国种子植物属的分布类型的划分方法, 而苔藓植物与种子植物相比对环境的适应性较强, 只要局部小环境适合就可以生长, 故苔藓植物的分布范围较种子植物更为广泛<sup>[40]</sup>。比如, 由于山区湿润小环境的存在, 一些热带种类可以分布到温带地区。另外, 这也可能是因为地质史上的热带气候条件使得起源于热带的成分得以保存。如何根据苔藓植物的分布特点来探讨苔藓植物地理分布是值得研究的问题。我们还发现东灵山地区的苔藓植物区系中东亚成分(18.0%)和中国特有成分(13.3%)也占有较高比例, 这可能与东灵山较古老的地质起源及相对封闭的环境有关。东灵山地质构造基本上完成于中生代末的燕山期, 受第三纪的喜马拉雅运动影响轻微<sup>[14]</sup>, 较古老的起源及相对封闭的环境有利于一些古老种类的保存, 因此东灵山苔藓植物东亚成分及中国特有种类成分比率较高。

本研究通过对 16 个山体苔藓植物区系谱的 PCA 排序, 探讨了东灵山苔藓植物区系的特征及

与其他 15 个地区之间的亲密关系, 研究结果显示, 16 个山体可以分成 6 组, 其中, 东灵山与贺兰山、小五台山、雾灵山、云蒙山为一组, 与云蒙山苔藓植物区系关系最亲近, 与贺兰山最疏远。该分组与各个地区在中国苔藓植物区划中地理位置基本相符。例如: 小五台山、雾灵山、云蒙山、东灵山纬度相近, 且均位于中国苔藓植物区划中的华北区, 苔藓区系地理成分中北温带成分最高, 东亚成分次之, 并有一定的中国特有成分, 苔藓植物区系关系相似度较高, 其中东灵山热带成分所占比例最高、北温带成分比例最低<sup>[22, 23, 26]</sup>。贺兰山位于中国苔藓植物区划中的蒙新区, 与东灵山纬度虽接近, 但地理位置相距最远。与同组其他山体区系地理成分相比, 贺兰山热带成分所占比例最低、北温带成分比例最高<sup>[22-24, 26]</sup>, 这恰好与东灵山相反, 因此在排序图中与东灵山关系最为疏远, 与实际情况基本相符。综合来看, 本组(V)5 个山体苔藓植物区系关系相似度较高, 其在排序图上的位置也相对较近, 可划为一组。同纬度的管涔山与东灵山地理位置虽比较相近, 但排序图中与东灵山相距较远。从区系地理成分来看, 与东灵山相比管涔山热带成分较低而北温带成分较高<sup>[25]</sup>, 这可能是因为管涔山属于吕梁山脉, 而东灵山属于太行山系小五台山余脉, 不同的地理位置、地质构造和起源造成其区系成分较大差异。大兴安岭在排序图中与东灵山及其他地区关系均较疏远, 这一方面是由于大兴安岭与东灵山地理位置相隔较远, 属于寒温带季风区, 植被以寒带针叶林为主, 气候、植被类型均与东灵山差别较大; 另一方面是大兴安岭位于中国苔藓植物区划中的东北区, 苔藓植物区系谱中北温带成分比率达 87.2%<sup>[18]</sup>, 远高于东灵山及其他地区。同处于 IV 组的西山和鸡足山, 地理位置相近, 且在中国苔藓植物区划中同属于云贵区, 苔藓植物区系谱均表现为东亚成分比率最大, 同时北温带成分减少而热带成分增加, 两者苔藓植物区系相似度较高<sup>[31, 32]</sup>, 因此他们在排序图上的位置也相对较近。祁连山、长白山、白石砬子、管涔山分为一组, 祁连山虽然地处青藏高原, 在地理上与同组其他地区相距较远, 但祁连山属于大陆性高寒山地气候, 山地森林草原植被区系成分中北温带和东亚成分较高, 因此与其他 3 个山体苔藓植物区系成分较相似<sup>[20, 21, 25, 27]</sup>。其他地区与实际情况也较相符。

## 4 结论

(1) 东灵山苔藓植物共有 27 科 64 属 148 种 2 变种, 其中优势科有 5 科, 分别为青藓科、丛藓科、灰藓科、真藓科和绢藓科; 优势属有 8 属, 分别为青藓属、绢藓属、紫萼藓属、真藓属、金灰藓属、凤尾藓属、美喙藓属、毛口藓属。发现北京苔藓植物新记录 32 种。

(2) 东灵山苔藓植物区系具有明显的温带性质, 其中北温带成分达 36.7%, 东亚成分次之(18.0%), 同时拥有一定的中国特有成分(13.3%)。与该区地处我国华北地区和北温带气候区一致, 与东灵山种子植物区系研究结果一致。

(3) 通过与我国 15 个地区苔藓植物区系谱主成分分析发现, 东灵山苔藓植物区系成分与云蒙山、雾灵山、小五台山、贺兰山苔藓植物区系相似度较高, 其中与云蒙山关系最亲近, 与贺兰山关系最疏远。

## 参考文献:

- [1] 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理——植物地理: 上册 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 曹同, 郭水良, 娄玉霞. 苔藓植物多样性及其保护 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [3] 娄安如. 北京东灵山地区植物群落及其组成成分特性的分析 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004(4): 507–512.
- Lou AR. Analysis of the plant community and its components characteristics of Dongling Mountain area [J]. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2004(4): 507–512.
- [4] 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.
- Wu ZY. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991 (SIV): 1–139.
- [5] 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(4): 501–515.
- Ma KP, Gao XM, Yu SL. On the characteristic of the flora of Dongling Mountain area and its relationship with a number of the mountainous floras in China [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1995(4): 501–515.
- [6] 陈禹舟, 马克明, 张育新, 张霜, 牛树奎. 北京东灵山森林植物多样性的网络结构特征 [J]. 生态学报, 2015, 35(11): 3702–3709.
- Chen YZ, Ma KM, Zhang YX, Zhang S, Niu SK. Network structure of plant diversity of Dongling Mountain, Beijing [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(11): 3702–3709.
- [7] 张钦弟, 张金屯, 张斌, 程佳佳, 田世广, 苏日古嘎. 东灵山华北落叶松人工林的分布格局及环境解释 [J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(5): 577–582.
- Zhang QD, Zhang JT, Zhang B, Cheng JJ, Tian SG, Suriguga. Pattern of *Larix principis-rupprechtii* plantation and its environmental interpretation in Dongling Mountain [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2010, 28(5): 577–582.
- [8] 向春玲, 张金屯. 东灵山亚高山草甸物种多样性变化及其影响因子 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2009, 45(3): 275–278.
- Xiang CL, Zhang JT. Changes in species diversity and contributing factors in subalpine meadows in Dongling Mountain [J]. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2009, 45(3): 275–278.
- [9] 于顺利. 东灵山地区的蕨类植物区系及其生态特点 [J]. 植物研究, 1997(4): 57–60.
- Yu SL. Flora and ecological characteristics of ferns in Dongling Mountain area [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1997(4): 57–60.
- [10] 孙宇, 邵小明, 刘欣超, 姜炎彬. 北京东灵山主要森林植被中苔藓植物的物种多样性 [J]. 生态学杂志, 2007(11): 1725–1731.
- Sun Y, Shao XM, Liu XC, Jiang YB. Bryophyte species diversity in mainforest vegetations in Dongling Mountain of Beijing [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007(11): 1725–1731.
- [11] 田晔林, 李俊清, 石爱平, 于建军, 王文和. 北京百花山自然保护区树附生苔藓植物物种多样性 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(4): 838–844.
- Tian YL, Li JQ, Shi AP, Yu JJ, Wang WH. Species diversity of epiphytic bryophytes in Baihua Mountain National Nature Reserve, Beijing [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(4): 838–844.
- [12] 田晔林, 王文和, 颜亭玉, 李俊清. 北京百花山自然保护区不同植被地面生苔藓植物物种多样性 [J]. 植物研究, 2013, 33(4): 398–403.
- Tian YL, Wang WH, Yan TY, Li JQ. Species diversity of floor bryophyte in different vegetations in Baihua Mountain National Nature Reserve, Beijing, China [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2013, 33(4): 398–403.
- [13] 田晔林, 王文和, 汪闇. 北京百花山自然保护区地面生苔藓植物与生态环境的关系 [J]. 广西植物, 2014, 34(5): 657–663.
- Tian YL, Wang WH, Wang T. Relationships between terrestrial bryophytes and eco-environmental factors in Baihua Mountain National Nature Reserve in Beijing [J]. *Guizhou Botany*, 2014, 34(5): 657–663.

- [14] 田晔林, 邓立红, 王文和, 等. 苔藓植物多样性: 北京百花山自然保护区[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [15] 陈灵芝, 黄建辉. 暖温带森林生态系统结构与功能的研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 56–57.
- [16] 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.  
Chen BJ. Preliminary report of the biocenological and geographical study of Chinese moss flora [J]. *Journal of Systematics and Evolution*, 1958, 7(4): 271.
- [17] 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(1): 1–8.  
Wu PC, Jia Y. The regionalization and distribution types of the bryophytes in China [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2006(1): 1–8.
- [18] 周瑞昌, 张芸惠, 金凤新. 黑龙江省地衣苔藓植物的区系研究 [J]. 国土与自然资源研究, 1998(3): 73–77.  
Zhou RC, Zhang YH, Jin FX. A research on lichen flora and bryoflora in Heilongjiang Province, China [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 1998(3): 73–77.
- [19] 赵建成. 新疆博格达山苔藓植物的研究 [J]. 新疆大学学报, 1993, 10(1): 74–92.  
Zhao JC. A research on bryophytes at Bogeda Mountain, Xinjiang, China [J]. *Journal of Xinjiang University*, 1993, 10(1): 74–92.
- [20] 曹同, 郭水良. 长白山主要生态系统苔藓植物的多样性研究 [J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 50–59.  
Cao T, Guo SL. A study on bryophytes diversity in the main ecosystems in Changbai Mountain [J]. *Biodiversity Science*, 2000, 8(1): 50–59.
- [21] 曹同, 贾学乙, 袁永孝, 丁云瑞. 辽宁白石砬子苔藓植物群落及其区系成份的研究 [J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 1990(4): 40–46.  
Cao T, Jia XY, Yuan YX, Ding YR. A research on bryophytes biocenology and bryoflora of Baishilazi Mountain, Liaoning, China [J]. *Journal of Liaoning Normal University: Natural Science Edition*, 1990(4): 40–46.
- [22] 纪俊侠, 陈阜东. 河北雾灵山苔藓植物研究 [J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 1986(1): 49–59.  
Ji JX, Chen FD. A research on bryophytes of Wuling Mountain, Beijing, China [J]. *Journal of Capital Normal University: Natural Science*, 1986(1): 49–59.
- [23] 李敏, 赵建成, 王立宝. 小五台山自然保护区苔藓植物研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2004(2): 109–112.  
Li M, Zhao JC, Wang LB. A preliminary study on bryophytes of Xiaowutai Mountain Nature Reserve, Hebei Province, China [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2004(2): 109–112.
- [24] 王先道. 贺兰山苔藓植物分类及区系研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2005: 1–62.  
Wang XD. The study on the bryoflora and its classification of Helan Mountain [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2005: 1–62.
- [25] 王文和. 管涔山苔藓植物研究 [D]. 长春: 东北师范大学, 1991: 1–72.  
Wang WH. Study of bryophytes in Mt. Guancenshan [D]. Changchun: Dongbei Normal University, 1991: 1–72.
- [26] 唐伟斌. 河北省云蒙山及其邻近山区苔藓植物的初步研究 [D]. 石家庄: 河北师范大学, 2001: 1–89.  
Tang WB. A preliminary study on bryophytes in Yunmeng Mountains and its adjacent mountains area in Hebei, China [D]. Shijiazhuang: Hebei Normal University, 2001: 1–89.
- [27] 杨海英. 祁连山苔藓植物分类及区系研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2004: 1–53.  
Yang HY. A study on taxonomy and flora of bryophytes in Qilian Mountain [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2004: 1–53.
- [28] 李粉霞. 佛坪国家自然保护区苔藓植物的物种及生态系统多样性 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006: 1–142.  
Li FX. Species and ecosystem diversity of bryophytes in Foping Nature Reserve, China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006: 1–142.
- [29] 王小琴, 项俊, 王巧燕, 马红云, 刘胜祥. 黄冈龙王山藓类植物区系初步研究 [J]. 黄冈师范学院学报, 2004(3): 65–69.  
Wang XQ, Xiang J, Wang QY, Ma HY, Liu SX. A study on moss resource on Longwangshan in Huanggang City [J]. *Journal of Huanggang Normal University*, 2004(3): 65–69.
- [30] 朱俊, 王幼芳. 从鹫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, 2004(3): 115–120.  
Zhu J, Wang YF. Several issues of east-asiatic bryophytic immigration route by the characteristics of the bryoflora of eastern Jiufeng Mt. Fujian, China [J]. *Journal of East China Normal University*, 2004(3): 115–120.
- [31] 崔明昆, 王跃华. 云南鸡足山苔藓植物区系的研究 [J]. 云南大学学报, 1998(S4): 535–539.  
Cui MK, Wang YH. A study on the bryoflora of Jizu Mountain, Yunnan, China [J]. *Journal of Yunnan University*, 1998(S4): 535–539.
- [32] 李志敏. 云南昆明西山苔藓植物的分类、分布及区系的研究 [J]. 云南师范大学学报, 1988(4): 69–77.  
Li ZM. A study on taxonomy, distribution and flora of bryophytes of West Mountain, Kunming, Yunnan, China [J]. *Journal of Yunnan Normal University*, 1988(4): 69–77.
- [33] 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.
- [34] 宋闪闪, 邵小明. 城市习见苔藓植物——以北京为例 [J]. 生物学通报, 2012, 47(3): 19–21.  
Song SS, Shao XM. Common bryophytes in urban, taking

- Beijing as an example [J]. *Bulletin of Biology*, 2012, 47 (3): 9–21.
- [35] 田晔林, 王文和, 李小英, 张冰峰, 冷平生. 北京香山苔藓植物分类及区系研究 [J]. 北京农学院学报, 2009, 24 (3): 46–49, 62.
- Tian YL, Wang WH, Li XY, Zhang BF, Leng PS. On taxonomy and bryoflora in Fragrance Hill Beijing [J]. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 2009, 24 (3): 46–49, 62.
- [36] 王文和, 贾俞, 姚倩, 汪楣芝, 李小英. 松山自然保护区苔藓植物生存状况调查 [J]. 北京农学院学报, 2008 (1): 54–60.
- Wang WH, Jia Y, Yao Q, Wang MZ, Li XY. Bryophytes' survival status in Songshan Natural Reserve [J]. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 2008 (1): 54–60.
- [37] 王文和, 于同泉, 徐红梅, 张丽珍. 鸳峰国家森林公园苔藓植物研究 [J]. 北京农学院学报, 2006 (2): 5–8.
- Wang WH, Yu TQ, Xu HM, Zhang LZ. Study on bryo-
- phyte in Jiufeng's National Forest Park [J]. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 2006 (2): 5–8.
- [38] 路端正, 成克武, 王建中, 崔国发. 北京喇叭沟门林区苔藓植物新资料 [J]. 北京林业大学学报, 2000 (4): 118–122.
- Lu DZ, Cheng KW, Wang JZ, Cui GF. Labagoumen forest region in Beijing [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2000 (4): 118–122.
- [39] 刘欣超, 邵小明, 姜炎彬, 孙宇, 胡伟毅. 北京市区苔藓植物空间分布与环境关系的研究 [J]. 武汉植物学研究, 2010, 28 (2): 171–178.
- Liu XC, Shao XM, Jiang YB, Sun Y, Hu WY. Relationship between bryophytes distribution and environmental factors in urban Beijing [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2010, 28 (2): 171–178.
- [40] Zhang L, Corlett RT. Phytogeography of Hong Kong bryophytes [J]. *Journal of Biogeography*, 2003, 30 (9): 1329–1337.

(责任编辑: 张平)

## 欢迎订阅 2019 年《植物科学学报》

双月刊 大 16 开 国内定价 50 元 全年 300 元  
 邮发代号 38-103(国内) BM872(国外)  
 刊号 CN 42-1817/Q ISSN 2095-0837

《植物科学学报》是中国科学院主管、中科院武汉植物园主办、科学出版社出版、国内外公开发行的植物学综合性学术期刊, 主要刊载植物学及各分支学科的原始研究论文。栏目设置: 系统与进化、生态与生物地理、遗传与育种、生理与发育、资源与植物化学、技术与方法、专题综述、研究快报、学术讨论、重要书刊评介和学术动态等。读者对象: 科研院所和高等院校从事植物科学的研究的科研人员、教师和研究生, 以及相关学科、交叉学科的科技工作者。

《植物科学学报》为中国自然科学核心期刊, 已被中国科学引文数据库核心库、《中文核心期刊要目总览》、中国科技论文与引文数据库、中国生物学文献数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国知识资源总库《中国科技期刊精品数据库》、中国期刊全文数据库、《中国药学文摘》、美国《化学文摘》、美国《生物学文摘》、美国《剑桥科学文摘: 自然科学》、俄罗斯《文摘杂志》、日本《科学技术文献速报》、英国《国际农业与生物科学研究中心》文摘)、波兰《哥白尼索引》、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)、超星期刊域出版平台和中文科技期刊数据库等国内外检索期刊、数据库作为核心期刊或统计源期刊收录。本刊相继获全国优秀科技期刊奖、中国科学院优秀期刊奖、湖北省优秀期刊奖。

本刊已开通了网站和远程稿件管理系统 (<http://www.plantscience.cn>), 所有过刊及现刊全部上网, 欢迎广大新老作者和读者在线投稿、查询下载使用过刊, 继续关注和支持本刊。

订阅方式: ①全国各地邮局均可订阅(邮发代号: 38-103); ②直接与本刊编辑部联系订阅(免收邮挂费)。

通讯地址: 武汉市东湖高新区九峰一路 201 号(九峰一路与光谷七路路口以北)中科院武汉植物园内《植物科学学报》编辑部, 邮编: 430074, 电话: 027-87700820, QQ: 424353337

E-mail: [editor@wbgcas.cn](mailto:editor@wbgcas.cn), [zwkxbjb@wbgcas.cn](mailto:zwkxbjb@wbgcas.cn); <http://www.plantscience.cn>

欢迎赐稿! 欢迎订阅!