

辽宁白石砬子国家级自然保护区植物区系的多样性

张 梅¹, 刘 利², 伊力塔³

(1. 辽东学院 城市建设学院, 辽宁 丹东 118003; 2. 辽东学院 农学院, 辽宁 丹东 118003; 3. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 通过多样性指数、植物区系谱、相关分析和聚类分析等方法, 对辽宁白石砬子国家级自然保护区植物区系多样性进行定量分析。结果表明: 该区植物种类丰富, 以被子植物、双子叶植物为主, 优势科、属现象明显, 单种属和少种属比例较高, 有一定残遗性; 种的分布型多样, 来源较广泛, 特有性不明显, 区系温带属性较强, 热带成分比较少, 表明该区温带植物区系历史起源; 与相邻植物区系多样性比较, Shannon-Wiener 指数差异显著, 其中泰山和昆嵛山较高, 白石砬子和长白山较低, Simpson 指数差异不明显; 不同山地植物区系之间相似程度显著, 相关系数为 0.839~0.995, 聚类分析显示: 东北和华北植物区系的相似性及纬度分布格局, 支持辽东半岛植物小区划归于华北山地植物亚地区的观点。图 3 表 6 参 16

关键词: 植物学; 区系多样性; 数量分析; 多样性指数; 聚类分析; 白石砬子; 辽宁

中图分类号: S718.5; Q948.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2014)02-0210-07

Plant floristic diversity in the Baishilazi National Nature Reserve of Liaoning, China

ZHANG Mei¹, LIU Li², Yilita³

(1. Urban Construction College, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, Liaoning, China; 2. Agricultural College, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, Liaoning, China; 3. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The article objective to study diversity of plant floristic, based on floristic spectra, diversity indexes, correlation analysis, and cluster analysis, plant floristic diversity in the Baishilazi National Nature Reserve (NNR) of Liaoning Province was analyzed and compared to adjacent mountains. Results showed an abundance of species in Baishilazi including angiosperms and dicotyledonous plants. It is obvious in the dominant family and genus, angiosperms having a single-species and species with only a few genera were plentiful were showing some relict phenomenon. Distribution types were diverse and complex in the Baishilazi NNR, endemic genera and species were lacking, and tropical elements were few with a greater proportions of taxa belonging to species with temperate characteristics. Compared with adjacent mountains, the Shannon-Wiener index of the floristics was significantly different, whereas the Simpson index was not. The Shannon-Wiener Indexes of Taishan and Kunyushan were high. Correlation of species diversity for different mountains was highly significant ($P=0.01$) with r between 0.839 and 0.995. The cluster analysis of similarities and latitude patterns for flora of Northeast China, indicated that flora of Liaodong Peninsula in Liaoning Province belonged to the flora of North China. [Ch, 3 fig. 6 tab. 16 ref.]

Key words: botany; floristic diversity; quantitative analysis; diversity index; cluster analysis; Baishilazi; Liaoning

收稿日期: 2013-05-21; 修回日期: 2013-09-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271028); 辽东学院科研项目(2013y015)

作者简介: 张梅, 副教授, 从事生态学和生物多样性保护研究。E-mail: ddzm0201@163.com

植物区系研究能揭示和理解植物物种的分布格局, 物种形成过程的空间反应^[1], 多尺度、数量化分析植物区系更能探索植物分布的纬度、海拔等地理格局以及与气候等之间的关系^[2]。白石砬子国家级自然保护区位于中朝边境鸭绿江下游地区, 沿江、沿海、沿边的地理位置显示其独特的区位优势, 属泛北极植物区、中国—日本森林植物亚区的东北平原山地亚区, 红松 *Pinus koraiensis* 阔叶混交林是该区地带性植被, 其山地森林则是国家安全的重要生态屏障。关于该区研究多见于天然林^[3-4]、植物资源^[5-7]及森林土壤^[8]等, 而对植物区系多样性研究未见报道。本研究采用多种方法数量化研究山地植物区系多样性, 为多地植物区系比较提供了有益的手段, 对植物资源可持续利用、促进人与自然和谐, 维护区域生态安全等方面有重要科学价值和现实意义。

1 研究区概况

白石砬子国家级自然保护区位于辽宁东部宽甸县境内, 地处 40°50′~57°12′N, 124°44′07″~124°57′30″E, 面积约为 7 467 hm², 属长白山余脉千山山系。区内岭谷相间, 纵横交错, 地质为震旦系古老变质岩, 褶皱断裂构造较为发育。保护区以主峰四方顶为中心向四周辐射延伸, 最高海拔为 1 270.5 m, 相对高差 866.5 m。该区属温带季风气候, 年均气温为 6.4 ℃, 年均降水量 1 158 mm, 年均蒸发量 885 mm, 年均相对湿度 73%, 无霜期 128 d, 雨热同季, 集中于 7~9 月。植被主要有针叶林、阔叶林、灌丛和草甸等 4 个类型, 海拔 400~1 100 m 中低山地段是该区地带性群落, 以红松 *Pinus koraiensis* 为主, 还有少量沙松 *Abies holophylla* 和紫杉 *Taxus cuspidata*。阔叶树以枫桦 *Betula costata* 为主, 混生色木槭 *Acer mono*, 花曲柳 *Fraxinus rhynchophylla*, 核桃楸 *Juglans mandshurica* 和千斤榆 *Carpinus cordata* 等, 海拔 1 200 m 以上是岳桦 *Betula ermanii* 矮曲林。

2 研究方法

2.1 区系调查与分析

在 2010~2012 年植物生长季, 在收集资料基础上, 采用线路调查、定点辐射状调查、特殊地区重点调查等, 全球定位系统(GPS)定位, 调查以标志点为中心, 辐射状覆盖不同植被生境, 包括针叶林、阔叶林和针阔叶混交林等, 结合山顶、坡地和沟谷等不同地貌和海拔生境。依据区系调查和内业鉴定, 构建研究区植物多样性数据库。采用区系地理的理论和方法^[9-10], 分析白石砬子植物种的区系地理成分。

2.2 植物区系谱及多样性指数

植物区系谱反映各种区系成分在该区系中占有比率或对其区系总体的贡献^[11]。各区系成分所占比率可由 $r_{\text{FEI}} = (q_{\text{FEI}} / T) \times 100\%$ 求得。其中 q_{FEI} 为某区系第 i 个区系成分的分类群数(如属或种, $i=1, 2, 3, \dots, n$); T 为某区系各种地理成分的分类群总数, 即: $T = \sum_{j=1}^M q_{\text{FEI}}$ 。采用以 Shannon-Wiener 指数 (H) 和

Simpson 指数(D)来衡量各山地区系多样性^[11]。 $H = -\sum P_i \ln P_i$; $D = \sum [N_i(N_i-1)] / [N(N-1)]$ 。其中 P_i 为属分布区 i 的相对比例; N_i 为属分布区 i 所在山地森林的各属分布区的比例之和; N 为属分布区 i 的比例。

2.3 区系相关性及聚类分析

区系相关性是计算不同植物区系间相关系数, 并以 99% 的概率保证作为显著性检验指标。以各山地属的地理成分为指标根据聚类模型分析相互关系^[12], 求出类间距离矩阵, 设有 N 个 M 维样本数据 X_{ij} :

$i=1, 2, \dots, N$; $j=1, 2, \dots, M$ 。计算各样本间标准欧氏距离的平方, $D_{ik}^2 = \sum_{j=1}^M (X_{ij} - X_{kj})^2 / S_j^2$, 其中 S_j^2

为第 j 个变量的方差。把每个样本看成一类, 将距离最近的 2 类归并为 1 个新类。采用系统聚类中 Between-group Linkage 法并作图, 聚类谱系图及相关分析均通过运行 SPSS 18.0 软件所得。

3 结果和分析

3.1 植物组成的多样性

研究区共有维管植物 114 科 442 属 1 056 种(含亚种、变种), 维管植物多样性组成见表 1。

表 1 白石砬子国家级自然保护区植物多样性组成

Table 1 Composition of plant biodiversity in Baishilazi

类别	科数	属数	种数	单属科	单种属	少种属(2~4 种)
蕨类植物	20	31	64	4	11	16
裸子植物	4	8	17	2	3	4
被子植物	90	403	975	21	171	152
双子叶植物	77	332	816	17	138	120
单子叶植物	13	71	159	4	33	32
合计	114	442	1 056	27	185	172

3.1.1 科的多样性组成 科内属的组成见表 2。该区维管植物含 20 属以上科有菊科 Compositae(41 属), 禾本科 Gramineae(27 属), 伞形科 Umbelliferae(25 属), 豆科 Leguminosae(24 属), 唇形科 Labiatae(21 属)和蔷薇科 Rosaceae(20 属), 共 6 科 158 属, 分别占总科数、总属数的 5.26%和 35.75%; 含 10~19 属的科有百合科 Liliaceae (17 属), 毛茛科 Ranunculaceae (15 属), 兰科 Orchidaceae(13 属), 石竹科 Caryophyllaceae(10 属), 共 4 科 55 属, 占总科、属数的 3.50%和 12.44%; 含 5~9 属的有十字花科 Cruciferae(9 属), 虎耳草科 Saxifragaceae(8 属), 莎草科 Cyperaceae(6 属), 茄科 Solanaceae(6 属), 玄参科 Scrophulariaceae (6 属)等 13 科 75 属, 占总科、属数的 11.40%和 16.97%; 只有 1 个属的单属科有 47 科, 占总科数 41.23%, 表示演化终极的科, 属种已经大量消亡, 现存的是残遗种类。科内种的组成见表 3。含种数 ≥ 20 的科有菊科(131 种), 蔷薇科(63 种), 禾本科(52 种), 毛茛科(48 种), 百合科(46 种), 豆科(42 种), 伞形科(39 种), 唇形科(36 种), 蓼科 Polygonaceae(29 种), 莎草科(27 种), 石竹科(24 种), 虎耳草科(21 种), 共 12 科 558 种, 分别占科、种总数的 10.53%和 52.83%; 含种数 10~19 种的科有忍冬科 Caprifoliaceae (16 种), 桔梗科Camulanulaceae (16 种), 罂粟科 Papaveraceae (15 种), 兰科(15)种等 15 科 191 种, 占科、种总数 13.16%和18.09%; 含 2~9 种的计 60 科 280 种, 分别占总科、种数的 52.63%和 26.52%, 有 27 科仅含 1 种, 占总科数 23.68%, 但种数仅占 2.56%。

表 2 白石砬子国家级自然保护区植物科内属的组成

Table 2 Genus from families in Baishilazi

科内属数	科数	占总科数的%	属数	占总属数的%
≥ 20	6	5.26	158	35.75
19~10	4	3.50	55	12.44
5~9	13	11.40	75	16.97
2~4	44	38.60	107	24.21
1	47	41.23	47	10.63
合计	114	100.00	442	100.00

表 3 白石砬子国家级自然保护区植物科内种的组成

Table 3 Species from families in Baishilazi

科内种数	科数	占总科数的%	种数	占总种数的%
≥ 20	12	10.53	558	52.83
10~19	15	13.16	191	18.09
2~9	60	52.63	280	26.52
1	27	23.68	27	2.56
合计	114	100.00	1056	100.00

表 4 白石砬子国家级自然保护区植物属内种的组成

Table 4 Species from genus in Baishilazi

属内种数	属数	占总属数的%	种数	占总种数的%
≥ 20	3	0.68	70	6.63
10~19	9	7.90	106	10.04
5~9	35	7.92	220	20.83
2~4	179	40.50	444	42.05
1	216	48.87	216	20.45
合计	442	100.00	1056	100.00

3.1.2 属的多样性组成 属内种的组成见表 4。该区含种数最多的属为莧菜属 26 种, 其他含 20 种以上的有蓼属 *Polygonum* (24 种), 蒿属 *Artemisia* (20 种), 含 10~19 种的有藎草属 *Carex* (17 种), 委陵菜属 *Potentilla* (13 种), 延胡索属 *Corydalis* (12 种), 凤毛菊属 *Saussurea* (11 种), 蒲公英属 *Taraxacum* (11 种), 李属 *Prunus* (10 种), 槭属 *Acer* (10 种), 早熟禾属 *Poa* (10 种), 沙参属 *Adenophora* (10 种); 含 5~9 种的属有杨属 *Populus*, 柳属 *Salix*, 乌头属 *Aconitum*, 铁线莲属 *Clematis*, 老鹳草属 *Geranium*, 黄精属 *Polygonatum* 等 35 属, 占该区属、种总数的 7.92%和 20.83%。含 2~4 种的少种属有 179 个, 占总种数 42.05%, 单种属有 216 属, 占总属数 48.87%, 少种属和单种属含种数占总种数 62.5%, 说明该区植物种类组

成较分散，分化程度较低，其中泥胡菜属 *Hemistepta*，白屈菜属 *Chelidonium*，桔梗属 *Platycodon* 和防风属 *Saposhnikovia* 等为世界单型属。

3.2 植物区系成分的多样性

根据傅沛云关于中国东北部种子植物种的分布区类型划分，该区可分为 20 种类型(表 5)。

表 5 白石砬子国家级自然保护区种子植物种的分布区类型
Table 5 Distribution types of seed plants in species from Baishilazi

分布类型	分布区类型	种数	占总种数%
世界分布型	1. 世界分布	17	
亚寒带—寒带性质分 布/占总种数 10.98%	2. 北温带—北极分布	40	4.31
	3. 西伯利亚分布	62	6.67
	4. 北温带分布	58	6.24
	5. 旧世界温带分布	58	6.24
	6. 亚洲—北美分布	17	1.83
	7. 温带亚洲分布	53	5.71
	8. 东亚分布	62	6.67
	10. 中国—日本分布	233	25.08
温带性质分布/ 占总种数 84.80%	11. 中国东部分布	32	3.44
	12. 东北—华北分布	70	7.53
	13. 华北—朝鲜分布	5	0.54
	14. 东北分布	164	17.65
	15. 华北分布	21	2.26
	17. 中亚分布	3	0.32
	19. 达乌里—蒙古分布	12	1.29
	22. 北温带—热带分布	35	3.77
热带性质分布/ 占总种数 4.21%	23. 泛热带分布	2	0.22
	25. 旧世界热带分布	1	0.11
	26. 热带亚洲—热带大洋洲分布	1	0.11

说明：* 计算各类型百分比，不包括世界分布型。

该地区共有世界广布种 17 种，大都是一些典型的湿生、水生植物及杂草。如狭叶香蒲 *Typha angustifolia*，芦苇 *Phragmites australis*，浮萍 *Herba spirodelae* 等。常见杂草有藜 *Chenopodium album*，马齿苋 *Portulaca oleracea* 和狗尾草 *Setaria viridis* 等。种的分布型中亚寒带—寒带性质成分 102 种，占 10.98%(世界分布不计)，其中北温带—北极分布型有广布野豌豆 *Vicia cracca*，莫石竹 *Moehringia lateriflora* 和柳叶绣线菊 *Spiraea salicifolia* 等。西伯利亚分布型有岳桦 *Betula ermanii*，狭叶荨麻 *Urtica angustifolia* 刺玫蔷薇 *Rosa davurica* 和毛百合 *Lilium dahuricum* 等。

温带分布是该区植物种的分布区类型的主要成分，共计 788 种，占区内总种数 84.8%，其中以中国—日本分布型(233 种)种数最多，占本区野生植物总种数的 25.08%，如春榆 *Ulmus japonica*，黄檗 *Phellodendron amurense*，榛子 *Corylus heterophylla*，胡枝子 *Lespedeza bicolor* 等；其次是东北分布(164 种)占 17.65%，有紫花槭 *Acer pseudosieboldianum*，东北山梅花 *Philadelphus schrenkii* 和大叶芹 *Spurlopimpinella brachycarpa* 等。东北—华北分布(70 种)占 7.53%，东亚分布(62 种)占 6.67%，北温带分布和旧世界温带分布各 58 种，各占 6.24%；温带亚洲分布(53 种)占 5.71%，其余成分则较少，所占比例为 0.32%~3.44%。该区热带性质成分 39 种，仅占 4.21%，如鸭跖草 *Commelina communis*，香薷 *Elshotzia ciliata*，鳢肠 *Eclipta prostrata*，泥胡菜 *Hemistepta lyrata* 等。

3.3 植物区系谱多样性及相似性

从与白石砬子国家级自然保护区临近地区选取 8 个代表性山地植物区系^[13-15]，比较植物区系谱的多样性(图 1)。该区植物属的分布型包含 15 个分布区类型和 9 个变型，地理成分来源广泛，优势现象显

著，其中，热带分布有 6 个分布型和 2 个变型；温带分布有 4 个分布型和 4 个变型。泛热带分布成分(F2)白石砬子和长白山明显低于其他地区，而北温带分布成分(F8)又明显高于其他地区，可见该区系具有明显的温带属性。在所有分布型中，北温带分布型及其变型占首位。

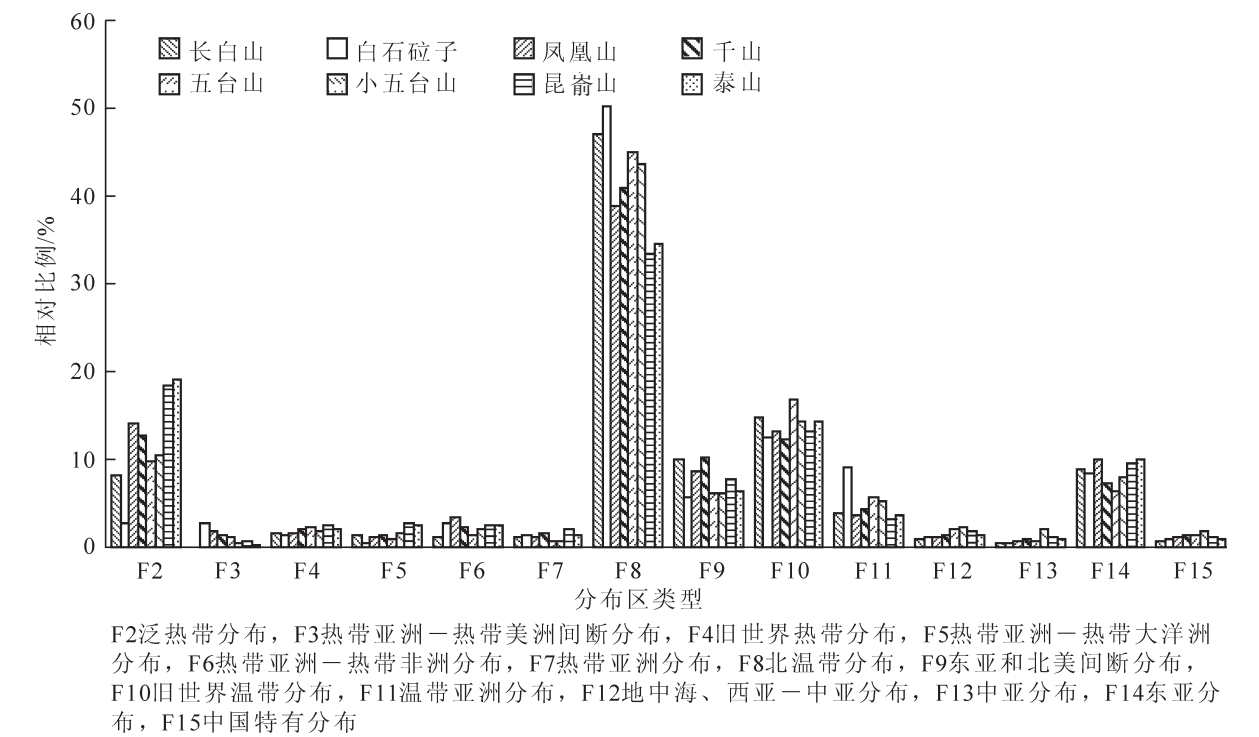


图 1 白石砬子国家级自然保护区与邻近植物区系谱多样性的比较

Figure 1 Floristic spectrum of Baishilazi and its adjacent mountains

8 个相邻的代表性山地植物区系多样性指数略有不同(图 2)，Shannon-Wiener 指数差异较为显著(1.736 0~2.072 0)，其中昆崙山和泰山较高，白石砬子和长白山较低；而 Simpson 指数差异不大(0.711 4~0.827 7)。各山地植物区系进行聚类(图 3)，当距离取 15 时，可划为 2 组(凤凰山和千山、五台山和小五台山、昆崙山和泰山为一组；长白山和白石砬子为一组)，也即：长白植物区系与华北植物区系。当距离取 10 时，可划为 4 组(凤凰山、千山、五台山和小五台山为一组，泰山和昆崙山为一组，长白山、白石砬子各为一组)，凤凰山、千山和五台山、小五台山聚为一组同属华北植物区系，泰山和昆崙山为山东丘陵亚地区，而白石砬子与长白山位于东北植物区系南北两地，就其种类组成而言较为接近，总体反映了东北、华北植物区系从北到南相似性变化的纬度分布格局。相关分析显示不同植物区系之间相似程度，相关系数 0.839~0.995，其中白石砬子和泰山、昆崙山、千山相关性较小，而与长白山相关性较大。凤凰山与千山、小五台山相关性较大，与白石砬子相关性较小(表 6)。

表 6 白石砬子与邻近植物区系的相关性矩阵

Table 6 Floristic correlation matrix of Baishilazi and its adjacent mountains

	凤凰山	白石砬子	长白山	千山	泰山	昆崙山	小五台山	五台山
凤凰山	1							
白石砬子	0.939**	1						
长白山	0.970**	0.972**	1					
千山	0.994**	0.934**	0.974**	1				
泰山	0.980**	0.870**	0.920**	0.982**	1			
昆崙山	0.971**	0.839**	0.902**	0.969**	0.994**	1		
小五台山	0.991**	0.957**	0.977**	0.993**	0.971**	0.952**	1	
五台山	0.985**	0.950**	0.977**	0.990**	0.970**	0.950**	0.995**	1

说明：** 相关显著性水平 0.01(双尾检验)。

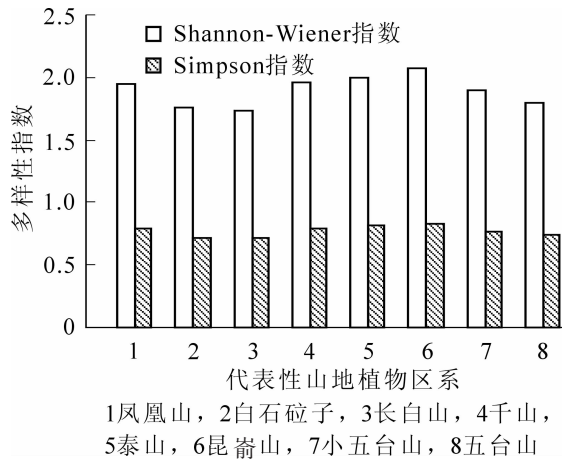


图 2 白石砬子国家级自然保护区与邻近植物区系多样性指数

Figure 2 Floristic diversity index of Baishilazi and its adjacent mountains

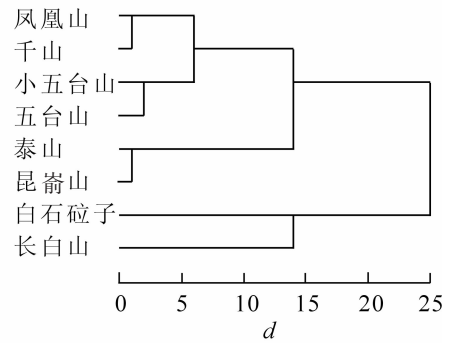


图 3 白石砬子国家级自然保护区与邻近植物区系聚类分析

Figure 3 Cluster analysis of Baishilazi and its adjacent mountains

4 结论及讨论

辽宁白石砬子国家级自然保护区是东北植物区系南缘植物种类较丰富的山地，以被子植物、双子叶植物为主。植物组成优势科现象明显，单种属和少种属比率较高，表现出一定残遗性，科、属组成表现出明显优势性，较少的大科含有较多的属种，较多的小科含有较少的属种；种的地理成分丰富多样，以温带分布种为主，其中中国—日本分布(233种)最多，占本区野生植物总种数 25.08%，其次，东北分布(164种)占 17.65%，亚寒带—寒带成分占 10.98%，热带成分仅占 4.21%，这和长白山植物区系性质类似^[14]。

区系多样性指数能反映地区植物种类多样性及属间均匀程度，邻近各山地的植物区系 Shannon-Wiener 指数差异明显(1.736 0~2.072 0)，其中昆嵛山和泰山较高，白石砬子和长白山较低；而各山地区系 Simpson 指数差异并不明显(0.711 4~0.827 7)。不同山地区系间相似程度显著($P < 0.01$)，相关系数达 0.839~0.995，白石砬子和泰山、昆嵛山、千山相关性较小，而与长白山的相关性较大。聚类结果显示了东北和华北植物区系的纬度分布格局及相似性关系，随着纬度的降低，温带属成分依次降低，而热带属成分逐渐升高^[15]。朱立涛等^[16]认为千山划归华北植物区系比较合理。本研究以辽东、山东半岛以及华北代表山地区系为例，进一步证明了千山和凤凰山与五台山、小五台山的相似性，千山和凤凰山划入华北植物区系，而白石砬子属东北植物区系，支持辽东半岛植物小区划归华北植物区系的观点。

致谢：感谢白石砬子国家级自然保护区郭元涛工程师等对野外工作的大力支持。

参考文献：

- [1] AXELROD D I, AL SHEHBAZ I, RAVEN P H. History of the modern flora of China [G]//ZHANG Aoluo, WU Sugong. *Floristic Characteristics and Diversity of East Asian Plants*. Beijing: China Higher Education Press, 1998: 43 – 55.
- [2] QIAN Hong, WANG Silong, HE Jinsheng, et al. Phytogeographical analysis of seed plant genera in China[J]. *Ann Bot*, 2006, **98**(5): 1073 – 1084.
- [3] 周永斌, 殷有, 殷鸣放, 等. 白石砬子国家级自然保护区天然林的自然稀疏[J]. *生态学报*, 2011, **31**(21): 6469 – 6480.
ZHOU Yongbin, YIN You, YIN Mingfang, et al. Self-thinning of natural broadleaved forests in Baishilazi National Nature Reserve [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, **31**(21): 6469 – 6480.
- [4] 吴可, 殷鸣放, 周永斌, 等. 白石砬子自然保护区林木直径分布及其动态变化[J]. *东北林业大学学报*, 2010, **38**(5): 20 – 23.
WU Ke, YIN Mingfang, ZHOU Yongbin, et al. Diameter distribution and dynamic changes of trees in Baishilazi Na-

- tional Nature Reserve [J]. *J Northeast For Univ*, 2010, **38**(5): 20 – 23.
- [5] 丛欣欣, 曹伟, 王金菊. 辽宁白石砬子保护区早春类短命植物研究[J]. 生态科学, 2011, **30** (5): 525 – 530.
CONG Xinxin, CAO Wei, WANG Jinju. Research on spring ephemerals in the Baishilazi Nature Reserve, Liaoning [J]. *Ecol Sci*, 2011, **30**(5): 525 – 530.
- [6] 迟雁鹏, 梁春胜, 王军, 等. 白石砬子野生兰科植物资源调查及利用研究[J]. 辽宁林业科技, 2005(2): 20 – 22.
CHI Yanpeng, LIANG Chunsheng, WANG Jun, *et al.* Survey and utilization of wild orchid resources in Baishilazi areas [J]. *J Liaoning For Sci Technol*, 2005(2): 20 – 22.
- [7] 周繇, 郭元涛, 曲再春, 等. 白石砬子国家级自然保护区观赏树木多样性及经济价值的研究[J]. 林业科学研究, 2005, **18**(5): 601 – 608.
ZHOU You, GUO Yuantao, QU Zaichun, *et al.* Ornamental tree sources and their diversity and economic value in Baishilazi National Nature Reserve [J]. *For Res*, 2005, **18**(5): 601 – 608.
- [8] 周永斌, 张飞, 殷鸣放, 等. 白石砬子自然保护区不同森林类型土壤化学性质与养分状况分析[J]. 中国农学通报, 2010, **26**(11): 118 – 122.
ZHOU Yongbin, ZHANG Fei, YIN Mingfang, *et al.* Analysis of the different forest types on soil chemical property and nutrient status in National Nature Reserve of Baishilazi [J]. *Chin Agricul Sci Bull*, 2010, **26**(11): 118 – 122.
- [9] 吴征镒. 中国种子植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 傅沛云, 曹伟. 中国东北部种子植物种的分布区类型[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2003.
- [11] 周世强, 古晓东, 黄金燕. 不同山系大熊猫栖息地植物区系特征的定量分析[J]. 四川林业科技, 2006, **27** (1): 14 – 18.
ZHOU Shiqiang, GU Xiaodong, HUANG Jinyan. Quantitative analysis of the floristic characteristics of giant pandas' habitats in different mountains [J]. *J Sichuan For Sci Technol*, 2006, **27**(1): 14 – 18.
- [12] 刘利, 韩海荣, 张梅. 中国鸭绿江口滨海湿地植物区系的组成、性质和特征[J]. 东北林业大学学报, 2010, **38** (2): 27 – 29, 37.
LIU Li, HAN Hairong, ZHANG Mei. Floristic composition, characteristics and features of vascular plants in Yalu River estuarine wetlands [J]. *J Northeast For Univ*, 2010, **38**(2): 27 – 29, 37.
- [13] 刘利, 张梅. 辽宁凤凰山植物区系的研究[J]. 辽宁林业科技, 2007(4): 24 – 27.
LIU Li, ZHANG Mei. Studies on flora in Liaoning Fenghuang Mountain Natural Reserve [J]. *J Liaoning For Sci Technol*, 2007(4): 24 – 27.
- [14] 傅沛云, 李冀云, 曹伟, 等. 长白山种子植物区系研究[J]. 植物研究, 1995, **15**(4): 491 – 500.
FU Peiyun, LI Jiyun, CAO Wei, *et al.* Studies on the flora of seed plants from Changbai Mountain [J]. *Bull Bot Res*, 1995, **15**(4): 491 – 500.
- [15] 闫双喜, 闫丽君, 张志翔. 河南薄山种子植物区系特征及其与邻近地区的关系[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28** (3): 391 – 399.
YAN Shuangxi, YAN Lijun, ZHANG Zhixiang. Spermatophyte flora of Boshan Mountain in Henan Province [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(3): 391 – 399.
- [16] 朱立涛, 于文光, 王善娥, 等. 辽宁千山植物区系与邻近几个区系的比较研究[J]. 热带与亚热带植物学报, 2007, **15**(1): 77 – 81.
ZHU Litao, YU Wenguang, WANG Shan'e, *et al.* A comparison of the floras of Qian Mountain and adjacent mountains [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2007, **15**(1): 77 – 81.