



五大连池新期火山熔岩 台地维管束植物物种多样性

谢立红^{1,2}, 黄庆阳^{1,2}, 曹宏杰^{1,2}, 倪红伟^{1,2*}

(1 黑龙江省科学院自然与生态研究所, 哈尔滨 150040; 2 湿地与生态保育国家地方联合工程实验室, 哈尔滨 150040)

摘要:在野外调查的基础上,对五大连池新期火山熔岩台地维管束植物物种多样性进行了统计分析,结果表明:(1)五大连池新期火山熔岩台地共有维管束植物 35 科 66 属 82 种,9 个优势科含有的属、种数分别占总属、种数的 51.52% 和 57.32%;该研究区熔岩台地种子植物有 30 科、61 属和 75 种的分布区类型,温带成分占主体;植物资源按其性质和用途分为药用、观赏和蜜源等 12 类。(2)根据 Raunkiaer 生活型分类,以地面芽植物的草本植物最占优势,其次为高位芽植物的乔木和灌木。(3)在水分生态类型中,中生植物是主要生态类型,旱生植物占较高的比例。研究认为,五大连池新期火山熔岩台地熔岩新、风化弱、降水大部分渗流、蒸发强等极不利生态条件形成了火山熔岩石生植物的特有种群。

关键词:新期火山;熔岩台地;维管束植物;物种多样性;植物区系

中图分类号: Q948.15⁺6; Q948.5

文献标志码: A

Species Diversity of Vascular Plants in New Stage Volcanic Lava Plateau in Wudalianchi

XIE Lihong^{1,2}, HUANG Qingyang^{1,2}, CAO Hongjie^{1,2}, NI Hongwei^{1,2*}

(1 Institute of Natural Resources and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040, China; 2 National and Provincial Joint Engineering Laboratory of Wetlands and Ecological Conservation, Harbin 150040, China)

Abstract: Based on field investigation, we statistically analyzed the species diversity of vascular plants in the new stage volcanic lava plateau in Wudalianchi. The results show that: (1) there are 35 families, 66 genera and 82 species in volcanic lava plateau. Dominant families have areal-types of 34 genera and 47 species, which accounted for 51.52% and 57.32% of total genera and total species; There are 30 families, 61 genera and 75 species in seed plants, which is absolute advantage of temperate distribution; Plant resources can be divided into 12 classes on nature and application, such as medicinal, ornamental honey and so on; (2) On classification of Raunkiaer life-form, herb with hemirvphytes is the most dominant, the next are trees and shrubs with phanerophytes; (3) In the ecological types of water, the mesophytes is the most, and the xerophytes is more. Because of unfavorable ecological conditions, such as the new lava, weak weather, rainfall seepage and stronger evaporation, these are lithophytes and specific plants in volcanic lava.

Key words: new volcano; lava plateau; vascular plants; species diversity; plant flora

收稿日期: 2017-02-04; 修改稿收到日期: 2017-03-31

基金项目: 黑龙江省财政基本科研业务费专项(HQY 2016-1)

作者简介: 谢立红(1975—), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事生态学研究。E-mail: xielihong903@163.com

* 通信作者: 倪红伟, 研究员, 博士生导师, 主要从事生态学研究。E-mail: nihongwei2000@163.com

熔岩台地是一种火山地貌,是火山喷发时大规模的熔岩流覆盖所形成的平坦高地,其组成物质主要是玄武岩。五大连池国家级自然保护区共有 14 座火山,其中老黑山和火烧山为新期火山(火山最后一次喷发为 1720~1721 年)^[1]。老黑山和火烧山有多次大量的高钾玄武质熔岩流喷溢活动的发生,形成了面积达 80 km² 的熔岩台地^[2]。火山喷发后,毁灭了原有的植被和土壤条件,原生演替从裸岩上重新开始,火山灰、浮石良好的透水性导致地表径流减少,土壤水分不足,发育相对较慢。目前有关五大连池新期火山熔岩台地的研究主要是矮曲林物种多样性及与土壤因子关系的研究^[3],缺少维管束植物相关的研究。本研究主要讨论五大连池新期火山熔岩台地的维管束植物多样特征,为进一步探讨该区植物的生态适应性及开展该地区熔岩台地植物的保护奠定基础。

1 研究区概况与研究方法

1.1 自然概况

五大连池火山群是国家级自然保护区,位于 E 126°00′—126°45′,N48°30′—48°50′。火山区由新、老两期火山 14 座组成,新期火山活动构成了五大连池火山群的中心区。新期火山熔岩台地上的土壤为火山石质土,熔岩台地破碎低地区分布生草火山灰土^[4]。该区属于温带大陆性季风气候区,年平均气温为 -0.5℃,年平均降雨量 476.33 mm,多年平均相对湿度 69.2%,年均无霜期 121 d。本区位于长白山植物区系和大兴安岭植物区系交汇地带,交错区比较复杂的环境条件导致本植物区系不论种类成分或是植被均有复杂性和过渡性特征^[5]。熔岩台地熔岩新、风化弱,火山灰、浮石良好的透水性导致地表径流减少,降水大部分渗流、蒸发也强,土壤水分不足,发育相对较慢。火山熔岩和浮石密度低、黏性差、营养物质缺乏,尤其是氮缺乏。这种贫瘠的火山基质不能满足植物生长所必需的养分,这一极不利的生态条件形成火山熔岩石生植物的特有种群。

1.2 研究方法

实行定点辐射状普查、线路调查和特殊地区重点调查相结合。按照乔、灌、草群落类型,乔木样方 20 m×20 m,灌木和草本群落以定点辐射状普查为主。在此基础上,分别采用吴征镒^[6-7]和傅沛云^[8]等的标准,对老黑山和火烧山熔岩台地种子植物进行科、属、种地理成分的划分,并分析其区系特征及性质;根据植物对水分的依赖程度和 Raunkiaer 生活型分类系统^[9],对老黑山和火烧山熔岩台地维管束植物进行生态型和生活型划分,并分析其特征。

2 结果与分析

2.1 物种多样性

2.1.1 植物种类组成 根据实地调查统计,老黑山和火烧山熔岩台地共有维管束植物 35 科 66 属 82 种(表 1)。其中蕨类植物 5 科 5 属 7 种;种子植物 30 科 61 属 75 种。种子植物中含裸子植物 1 科 2 属 2 种;被子植物 29 科 59 属 73 种。

2.1.2 优势科属组成 优势科属在本区指含 3 种及 3 种以上物种的科及科里所含的属。本区含有 3 种以上的科有 9 个(表 2),这 9 科占总科数的 25.71%,但所含有的属数占总属数的 51.52%,含有的种数占总种数的 57.32%。在这些优势科中杨柳科(Salicaceae)和忍冬科(Caprifoliaceae)为木本,蔷薇科(Rosaceae)和豆科(Leguminosae)木本、草本皆有,其余科都为草本植物,由此可看出本区草本植物占一定优势,植物集中于几个大科的现象非常明显。

在熔岩台地常见的灌草丛群落中,蔷薇科中绣线菊属(*Spiraea*)的欧亚绣线菊(*S. media*)、珍珠梅属(*Sorbaria*)的珍珠梅(*S. sorbifolia*)、蔷薇属(*Rosa*)的山刺玫(*R. davurica*)、悬钩子属(*Rubus*)的库页悬钩子(*R. sachalinensis*)、委陵菜属(*Potentilla*)的委陵菜(*P. chinensis*)常为群落建群种或优势种。菊科(Compositae)中蒿属(*Artemisia*)的万年蒿(*A. sacrorum*)、山萵苣属(*Lactuca*)的山萵苣(*L. indica*)、苦蕒

表 1 老黑山和火烧山熔岩台地维管束植物种类组成
Table 1 The species composition of vascular plants in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

	纲 Class	科 Family	属 Genus	种 Species
种子植物 Spermatophyte	蕨类植物 Fern	5	5	7
	被子植物 Angiosperm	29	59	73
	裸子植物 Gymnosperms	1	2	2
	总计 Total	35	66	82

菜属(*Ixeris*)的苦蕒菜(*I. denticulata*)、蓟属(*Cirsium*)的刺儿菜(*C. segetum*); 鬼针草属(*Bidens*)的小花鬼针草(*B. parviflora*)。禾本科(Gramineae)中拂子茅属(*Calamagrostis*)的小叶章(*C. angustifolia*)和野青茅(*C. arundinacea*)、早熟禾属(*Poa*)的硬质早熟禾(*P. sphondylodes*)、赖草属(*Leymus*)的赖草(*L. secalinus*)、狗尾草属(*Setaria*)的狗尾草(*S. viridis*)等;石竹科(Caryophyllaceae)中石竹属(*Dianthus*)的兴安石竹(*D. versicolor*)、女娄菜属(*Melandrium*)的女娄菜(*M. apricum*)、麦瓶草属(*Silene*)的旱麦瓶草(*S. jennisensis*);豆科中胡枝子属(*Lespedeza*)中的胡枝子(*L. bicolor*)和兴安胡枝子(*L. davurica*),岩蕨科(Woodsiaceae)中岩蕨属(*Woodsia*)的岩蕨(*W. ilvensis*)和中岩蕨(*W. intermedia*)等均为常见属种。

在小乔木群落中,豆科中马鞍树属(*Maackia*)的榿槐(*M. amurensis*)常为建群种,蔷薇科中花楸属

(*Sorbus*)的花楸树(*S. pohuashanensis*)为常见属种。

在落叶阔叶林群落中,杨柳科中杨属(*Populus*)的山杨(*P. davidiana*)和香杨(*P. koreana*)为群落建群种,蔷薇科中珍珠梅属的珍珠梅和蔷薇属的山刺玫、豆科中胡枝子属的兴安胡枝子为灌木层的优势属种,菊科中蒿属的万年蒿、蔷薇科中委陵菜属的委陵菜、禾本科中早熟禾属的硬质早熟禾为草本层的优势属种。

2.1.3 种子植物科属种区系成分 老黑山和火烧山熔岩台地种子植物有 30 个科的分布区类型(表 3),其中温带分布 9 科,占本区种子植物总科数的 69. 23%(世界分布不计,下同),明显地表现出本区的温带性质。

本区种子植物有 61 个属的分布区类型(表 4),其中北温带分布及变型 35 属,旧世界温带分布及变型 6 属,本区种子植物中温带属(8~14)49 属,占本区种子

表 2 老黑山和火烧山熔岩台地优势科属组成

Table 2 The composition of dominant families, genera in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

序号 Serial number	科名 Family	属数 No. of genera	占总属数 Percentage in total genera/%	种数 No. of species	占总种数比例 Percentage in total species/%
1	蔷薇科 Rosaceae	7	10. 61	11	13. 41
2	菊科 Compositae	8	12. 12	11	13. 41
3	禾本科 Gramineae	4	6. 06	5	6. 10
4	石竹科 Caryophyllaceae	4	6. 06	4	4. 88
5	豆科 Leguminosae	3	4. 55	4	4. 88
6	岩蕨科 Woodsiaceae	1	1. 52	3	3. 66
7	杨柳科 Salicaceae	2	3. 03	3	3. 66
8	唇形科 Labiatae	3	4. 55	3	3. 66
9	忍冬科 Caprifoliaceae	2	3. 03	3	3. 66
	合计 Total	34	51. 52	47	57. 32

表 3 老黑山和火烧山熔岩台地种子植物科的分布区类型

Table 3 The areal-types of seed plant families in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

分布区类型 Areal-type	科数 No. of families	占总科数比例 Percentage in total families/%
1 世界广布 Cosmopolitan	17	— —
2 泛热带(热带广布)Pantropic	3	23. 08
8 北温带分布 N. Temp.	4	30. 77
8—4 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted	5	38. 46
9 东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	1	7. 69
合计 Total	30	100

注:分布区类型序号为原文序号;下同
Note: The serial number of areal-type is the original serial number; The same as below

表 4 老黑山和火烧山熔岩台地种子植物属的分布区类型

Table 4 The areal-types of seed plant genera in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

分布区类型 Areal-type	属数 No. of genera	占总属数比例 Percentage in total genera/%
1 世界分布 Cosmopolitan	9	— —
2 泛热带分布 Pantropic	2	3.85
7 热带亚洲分布 Trop. Asia	1	1.92
8 北温带分布 NorthTemperate	25	48.08
8—1 环极 Circumpolar	1	1.92
8—4 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted	8	15.38
8—5 欧亚和南美洲温带间断 Eurasia & Temp. S. Amer disjuncted	1	1.92
9 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	3	5.77
10 旧世界温带分布 Old World Temperate.	5	9.62
10—3 欧亚和南非洲间断 Eurasia & S. Africa disjuncted	1	1.92
11 温带亚洲分布 Temp. Asia	1	1.92
14 东亚分布 E. Asia	3	5.77
14—2 中国-日本分布 Sino-Japan	1	1.92
合计 Total	61	100

植物总属数的 94.13%，这更明显地表现出本区的温带性质。

本区种子植物有 75 个种的分布区类型(表 5),温带分布(4~16)共 55 种,占本区种子植物总种数的 75.34%。其中东北分布及变型 13 种,占本区种子植物总种数的 17.81 %;中国-日本及变型分布 12 种,占本区种子植物总种数的 16.44%;温带亚洲分布 10 种,占本区种子植物总种数的 13.70%。

2.1.4 资源植物的多样性 老黑山和火烧山熔岩台地植物资源按其性质和用途主要分为 12 类^[10](表 6)。

药用植物达 45 种,主要有五味子(*Schisandra chinensis*)、合掌消(*Cynanchum amplexicaule*)、鹤虱(*Lappula squarrosa*)等;材用植物 7 种,如黄檗(*Phellodendron amurense*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)等;蜜源植物 18 种,主要有香薷、胡枝子等;观赏植物 21 种,如辣蓼铁线莲(*Clematis manshurica*)、长柱金丝桃(*Hypericum ascyron*)等;食用植物 9 种,如东北蒲公英(*Taraxacum ohwianum*)、茜草(*Rubia cordifolia*);纤维植物 7 种,如狭叶荨麻(*Urtica angustifolia*)、小叶章等;饲料植物 29 种,如狗尾草、硬质早熟禾等;淀粉植物 2 种,玉竹(*Polygonatum odoratum*)、蒙古栎;鞣料植物 8 种,如蒙古栎、落叶松(*Larix gmelini*)等;油脂植物 3 种,如藜(*Chenopodium album*)、东北接骨木(*Sambucus manshurica*);芳香植物 6 种,黄花蒿(*Artemisia annua*)、香薷等;树脂和树胶植物 3 种,如榧槐、落叶

松等^[5]。

2.1.5 珍稀濒危植物及火山地貌特征植物 本区黄檗被列为国家 3 级珍稀濒危植物^[11],是第三纪孑遗植物,渐危。熔岩台地熔岩新、风化弱、降水大部分渗流、蒸发也强,台地上土壤贫瘠或无土壤,非常干旱,这些极不利的生态条件常生长着一些在其他生境下不易见到的植物,形成火山熔岩石生植物的特有种群,如旱生草本刚毛委陵菜(*Potentilla asperrima*)、粘委陵菜(*Potentilla viscosa*);多浆植物钝叶瓦松(*Orostachys malacophyllus*)、费菜(*Sedum aizoon*);还有香鳞毛蕨(*Dryopteris fragrans*)、岩败酱(*Patrinia rupestris*)等;石生木本植物库页悬钩子、珍珠梅等。香杨、山杨和白桦(*Betula platyphylla*)这些树种在温带针阔混交林和寒温带针叶林中通常长成十几米至几十米高的高大乔木,但生长在火山熔岩生境高度矮化,形成 2~5 m 高的矮曲林,其中以香杨矮化特征最为明显^[3],是五大连池新期火山的植物景观的特色之一。

2.2 生活型的多样性

根据 Raunkiaer 生活型分类系统,老黑山和火烧山熔岩台地有高位芽植物 16 种(表 7),占总种数的 19.51%,主要有山杨、香杨、白桦、珍珠梅、长白忍冬等乔木及灌木,山杨、香杨、白桦在台地上形成矮曲林,他们是台地矮曲林的优势物种;地上芽植物 6 种,占总种数的 7.32%,主要有红花鹿蹄草(*Pyrola incarnata*)、单侧花(*Orthilia secunda*)、乌苏里

表 5 老黑山和火烧山熔岩台地种子植物种的分布区类型

Table 5 The areal-types of seed plant species in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

分布区类型 Areal-type	种数 No. of species	占总种数比例 Percentage in total species/%
1 世界分布 Cosmopolitan	2	— —
2—1 旧世界温带-北极分布 Old World Temp. -Arctic	2	2.74
2—3 亚洲-温带-北极分布 Asia Temp. -Arctic	1	1.37
3 西伯利亚分布 Sibelia	3	4.11
3—1 东部西伯利亚分布 E. Sibelia	7	9.59
4 北温带分布 NorthTemp.	4	5.48
5 旧世界温带分布 Old World Temp.	6	8.22
6 亚洲-北美分布 Asia-N. Amer	2	2.74
7 温带亚洲分布 Temp. Asia	10	13.70
8 东亚分布 E. Asia	4	5.48
10 中国-日本分布 Sino-Japan	9	12.33
10—1 东北-日本中北部分布 N. E. China-C. & N. Japan	2	2.74
10—2 中国-日本-蒙古草原分布 China-Japan-Mongolia Steppe	1	1.37
12 东北-华北分布 N. E. China-N. China	2	2.74
14 东北分布 N. E. China	6	8.22
14—1 东北-俄罗斯远东区分布 N. E. China-Far East Russia	3	4.11
14—2 东北-达乌里分布 N. E. China-Dahuria	4	5.48
16 大兴安岭分布 Da Xinganling	1	1.37
16—1 大兴安岭-俄罗斯远东区分布 Da Xinganling-Far East Russia	1	1.37
22 北温带-热带分布 N. Temp. -Trop	1	1.37
22—3 亚洲温带-热带分布 Asia Temp. -Trop	4	5.48
合计 Total	75	100

表 6 老黑山和火烧山熔岩台地资源植物

Table 6 The resource plants in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

类别 Type	种数 No. of species
药用植物 Medicinal plants	45
食用植物 Edible plants	9
材用植物 Timber plants	7
观赏植物 Ornamental plants	21
油脂植物 Oiliness plants	3
鞣料植物 Tannic plants	8
淀粉植物 Starch plants	2
芳香植物 Aromatic plants	6
纤维植物 Fibre plants	7
饲料植物 Forage plants	29
蜜源植物 Honey plants	18
树脂、树胶植物 Resin, gum plants	3

表 7 老黑山和火烧山熔岩台地维管束植物生活型组成

Table 7 The composition of Raunkiaer life-form of vascular plants in lava plateau of Laoheishan and Huoshaoshan

生活型类别 Life-form Type	种数 No. of species	占总种数比例 Percentage in total species/%
高位芽 Phanerophytes	24	29.27
地上芽 Chamaephytes	6	7.32
地面芽 Hemiphytes	36	43.90
地下芽 Gyptophytes	8	9.76
一年生 Therophytes	8	9.76
合计 Total	82	100

苔草 (*Carex ussuriensis*)、黑龙江百里香 (*Thymus amurensis*)等,均为草本植物;地面芽植物最占优势,共有 36 种,占总种数的 43.90%,主要有野火球 (*Trifolium lupinaster*)、小花花旗竿 (*Dontostemon micranthus*)等草本植物;地下芽植物共有 8 种,占总种数的 9.76%,主要有茜草 (*Rubia cordifolia*)、齿

表 8 老黑山和火烧山熔岩台地维管束植物生态类型
Table 8 The ecotype of vascular plants in lava plateau
of Laoheishan and Huoshaoshan

生态类型 Ecotype	种数 No. of species	占总种数比例 Percentage in total species/%
旱生植物 Xerophyte	20	24.39
中生植物 Mesophyte	57	69.51
湿生植物 Hygrophyte	5	6.10
合计 Total	82	100

叶风毛菊等;一年生植物共有 8 种,占总种数的 9.76%,此类植物皆为草本,主要有刺藜(*Chenopodium aristatum*)、小花鬼针草等。

2.3 生态类型的多样性

根据对水分的依赖程度,可将本区维管束植物分为旱生植物、中生植物、湿生植物 3 个类型(表 8)。

旱生植物共有 20 种,占总种数的 24.39%。主要物种有鹤虱(*Lappula squarrosa*)、过山蕨(*Camptosorus sibiricus*)等;本区中生植物具有明显的优势,共有 57 种,占总种数的 69.51%,主要物种有苦蕒菜(*Ixeris denticulata*)、野青茅(*Calamagrostis arundinacea*)、花楸树等;湿生植物仅有 5 种,占总种数的 6.10%。火山喷发使原来的土壤层被火山灰、火山熔岩、火山碎屑等喷发物覆盖,火山灰、浮石良好的透水性导致地表径流减少,土壤水分不足,这也体现了火山熔岩地貌对植物的直接影响,主要物种有齿叶风毛菊、细叶繁缕(*Stellaria filicaulis*)等。

3 结论与讨论

老黑山和火烧山熔岩台地共有维管束植物 35 科 66 属 82 种,其中蕨类植物 5 科 5 属 7 种,裸子植物 1 科 2 属 2 种,被子植物 29 科 59 属 73 种。蔷薇科、菊科、禾本科、石竹和豆科等 9 科优势作用明显,所含有的属数占总属数的 51.52%,含有的种数占总种数的 57.32%,多数植物种类在各种群落类型中为建群种或优势种。

本区熔岩台地种子植物有 30 个科的分布区类型,其中温带分布 9 科,占本区种子植物总科数的 69.23%;有 61 个属的分布区类型,温带属 49 属,占本区种子植物总属数的 94.13%;有 75 个种的分布区类型,温带分布 55 种,占本区种子植物总种数的 75.34%,这些突显本区的温带性质,符合本区位于大兴安岭植物区系与长白山植物区系交错地带,具有两个区系植被混交过渡特性,植物种群属温带北部针阔叶混交林亚地带^[12]。

本区熔岩台地植物资源按其性质和用途分为 12 类,药用植物达 45 种,观赏植物 21 种,蜜源植物 18 种。

在生活型上,地面芽植物的草本植物最占优势,其次为高位芽植物的乔木和灌木,这与五大连池新期火山植被类型以草本、灌木和乔木为主相符合^[13]。

本区植物具有旱生、中生、湿生不同的水分生态类型,中生植物是主要水分生态类型,旱生植物占有较高的比例,是由火山熔岩地貌和本区的降水特点所决定,符合五大连池地区生态型分配比例^[14],同时这些是与镜泊湖自然保护区的物种组成的结果一致^[15]。

从上述分析可以看出,老黑山和火烧山熔岩台地地貌物种多样性不丰富,只有 35 科 66 属 82 种,没有中国特有属种,而镜泊湖熔岩台地有野生种子植物 81 科 270 属 493 种^[15]。地理成分较少,温带区系性质明显。受水分条件限制只有 3 种生态类型,物种变化的脆弱性较大。老黑山和火烧山熔岩台地是保存最为完好的新期火山熔岩地貌,形成了独特的生态特征,该地以不同植物区系的混合、植被演替过程和物种对这种恶劣环境的适应应受到特别关注,该区域是研究火山干扰和植被演替与生物多样性系统发育等诸多科学问题的宝贵资源库^[16],因此应加强五大连池火山植物进化和群落演替的研究,为火山喷发所形成的原生演替情况下生态系统的研究提供重要的科学依据。

参考文献:

[1] 任锦章,陈洪洲.论五大连池老黑山和火烧山火山喷发过程和喷发类型[J].地质评论,1999,45(增刊):378-382.

RENG J Z,CHEN H Z. On the eruption process and special eruptive type of the Laoheishan and Huoshaoshan volcanoes in Wudalianchi[J]. *Geological Review*, 1999,45(S):378-382.

[2] 秦海鹏,刘永顺.五大连池新期火山区自然景观分类[J].首都师范大学学报(自然科学版),2009,30(5):58-62.

QIN H P,LIU Y S. The natural landscape classification of the new period of Wudalianchi Volcano Area[J]. *Journal of Cap-*

ital Normal University (Natural Science Edition), 2009, **30** (5):58-62.

[3] 魏晓雪,姜明月,方振兴,等. 五大连池地区矮曲林物种多样性及与土壤因子关系[J]. 安徽农业科学,2016,**44**(1):14-17.
WEI X X, JIANG M Y, FANG Z X, *et al.* Diversity of elfin forest species in Wudalianchi and the relationship between diversity and soil factors[J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.* 2016, **44**(1):14-17.

[4] 张树民,陈黎明,邢润贵,等. 五大连池火山区土壤和植被分布与特征[J]. 国土与自然资源研究,2005,(1):86-87.
ZHANG S M, CHEN L M, XING R G, *et al.* Distribution and features on soil and vegetation of Five-linked-great-pool Lake volcano district. [J]. *Territory & Natural Resources Study*. 2005,(1):86-87.

[5] 刘艳华,王洪兴,石秋生,等. 五大连池火山群野生植物资源调查研究与应用[J]. 中国园艺文摘,2011,(3):53-54.
LIU A H, WANG H X, SHI Q S, *et al.* Investigation and application of wild plant resources in Wudalianchi volcano group [J]. *Chinese Horticulture Abstracts*, 2011,(3):53-54.

[6] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究,2003,**25**(3):245-257.
WU Z Y, ZHOU Z K, LI D Z, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003,**25**(3):245-257.

[7] WU Z Y. The areal-types of genera on seed plants in China[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991,**13**(SIV):1-139.

[8] 傅沛云. 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.

[9] 祝延成,钟章成,李建东. 植物生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1988:78-83.

[10] 王宗训. 中国资源植物利用手册[M]. 北京:中国科学技术出版社,1989.

[11] 中国植物红皮书-稀有濒危植物(第一册)[M]. 北京:科学出版社,1987.

[12] 沈海滨,王小德,董立军. 黑龙江五大连池风景区主要植被类型特征[J]. 北方园艺,2011,(1):108-111.
SHEN H B, WANG X D, DONG L J. Characteristics of main vegetation types in Wudalianchi scenic spot of Heilongjiang Province [J]. *Northern Horticulture*, 2011,(1):108-111.

[13] 潘 林,刘士山,吕洪彦. 五大连池新期火山的植被类型及群落特征的研究[J]. 生物学杂志,1998,**15**(81):24-26.
PAN L, LIU S S, LÜ H Y. The study of the vegetation series and its ecological charalter on the last period volcano in Wudalianchi[J]. *Journal of Biology*, 1998,**15**(81):24-26.

[14] HUANG Q Y, ZHU D G, YAN Q Y, *et al.* Study on spermatophyte diversity in Wudalianchi[J]. *Advanced Materials Research*, 2013, 726-731:4 442-4 445.

[15] 于 爽,曲秀春,尹 航,等. 黑龙江镜泊湖熔岩台地种子植物多样性[J]. 西北植物学报,2010,**30**(2):385-390.
YU S, QU X C, YIN H. *et al.* Diversity of plants in lava plateau of Jingbo Lake in Heilongjiang[J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident Sin*, 2010,**30**(2):385-390.

[16] 周志强,徐丽娇,张玉红,等. 黑龙江五大连池的生态价值分析[J]. 生物多样性,2011,**19**(1):63-70.
ZHOU Z Q, XU L J, ZHANG Y H, *et al.* An analysis of the ecological value of Wudalianchi, Heilongjiang Province, China[J]. *Biodiversity Science*, 2011,**19**(1):63-70.

(编辑:潘新社)