

长白山高山冻原种子植物的调查

周 繇

(通化师范学院 生物系, 吉林 通化 134002)

摘 要: 通过多次对长白山高山冻原的实地考察, 统计得到冻原种子植物共计 34 科、94 属、146 种, 有 6 种属的分布区类型(包括 3 个变型), 北温带分布类型最多, 占总属数的 68.09%。在整个冻原上, 草本有 125 种, 占总数的 85.62%, 其中多年生草本 124 种。高山冻原植物中具有多种生态、生理适应方式, 低矮平卧状植株、极矮小草本、密集丛生是植物的重要适应方式, 细长密集须根是冻原上主要的适应方式, 占植物总数的 54.94%。果实中干果共计 137 种, 其中蒴果 56 种。由于高山冻原上生态环境十分残酷, 极易受人为因素的影响。

关键词: 种子植物; 高山冻原; 长白山

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)02-0152-05

Investigation of the alpine tundra seed plants in Changbai Mountain

ZHOU You

(Department of Biology, Tonghua Teacher's College, Tonghua 134002, China)

Abstract: Seed plant diversity of alpine tundra of Changbai Mountain has been studied based on herbarium and literature records and field investigations. There are 146 seed-plants on the alpine tundra of Changbai Mountains. They are grouped into 94 genera and 34 families. The areal-types of genera have been analyzed. 68.09% of genera belong to the north temperate distribution pattern. The ecoclimatic adaptation in both morphology and physiology of the tundra plants was also investigated. Herbs are dominant in this alpine tundra including 124 perennial herbs. Low and trailing plants, cluster plants, extreme low herb, rhizoma, well developed fleshy or ligneous roots and dominant dehiscent fruits are the important character of the typic alpine tundra which demonstrate the well coevolution between the plants and environment. Meanwhile, the use of the plant resources on tundra has been discussed. Some advices on conservation of the fragile ecosystem of alpine tundra and using the plant resources properly have been suggested.

Key words: seed plant; alpine tundra; Changbai Mountain

高山冻原是高山特有的生态系统, 是极地平原冻原在寒温带与温带山地的类似物。它们是高海拔寒冷、湿润气候与寒冻土壤的植被类型。在我国仅出现于北温带东部长白山与西部阿尔泰山的高山带上(吴征镒, 1995)。

长白山高山冻原通常分布于海拔 1 900 m 以上的高山地带, 由于火山活动及寒冻强烈风化, 基质主

要是火山灰块和苔原土。这一带空气稀薄、日照辐射强烈, 温差明显, 每年有 269 d 刮八级以上的大风, 植被稀疏, 多呈块状、簇状, 零星分布, 植株低矮、匍匐、形体娇小、垫状、肉质、多毛, 地下根系发达, 花瓣硕大而美丽等。植物群落呈褐色调, 仅在 6~8 月份时才呈现明显的绿色。海拔 2 500 m 以上的区域, 植被盖度在 1%~7% 以下(李建东等, 2001), 具

收稿日期: 2005-01-19 修回日期: 2005-06-25

基金项目: 中国科学院科学数据库研究项目[Supported by Data Bank Item of Chinese Academy of Sciences]。

作者简介: 周繇(1962-), 男, 吉林通化市人, 教授, 从事植物资源学教学和科研工作, E-mail: <cbszhouyou@sohu.com>。

有典型的高寒荒漠特征。

高山冻原有典型的高寒生态系统特征,处于生物圈与岩石圈的特殊地带,分布着许多来自于北极和东西伯利亚的寒带植物及长白山区特有的植物。在以前的资料中(曹伟等,2003),仅仅是对植物的种类进行了记述,没有对高山冻原植物种类组成、分布及生态进行系统研究。本文旨在对长白山高山冻原种子植物进行系统的调查,为国内外学者研究高山冻原植物的多样性提供第一手原始资料,为长白山植物资源的保护及开发利用提供较详实的科学依据。

1 高山冻原的自然概况

长白山高山冻原主要位于长白山火山锥体的上部,山体倾斜度为 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$,下与亚高山岳桦林带相接,属季风区山地冰缘气候,年平均气温 -7.3°C ,最热月7月的平均气温为 8.6°C ,最冷月1月的平均气温为 -23.2°C ,极端最高气温为 19.2°C ,极端最低气温为 -44.0°C 。日平均气温稳定通过 0°C 的初日为6月3日,终日为9月17日,年降水量1345.9 mm,空气相对湿度74%,年平均风速11.7 m/s,风速最小的8月,平均风速达6.9 m/s,全年有雾日平均264.8 d,全年日照时数2268 h,土壤主要为火山灰、火山砂砾、浮岩、苔原土等(王季平,1989)。

2 高山冻原种子植物区系分析

从1999年起,结合中科院植物研究所植物图像库和长白山观赏植物图像库的建设工作,通过多次调查初步统计结果是:长白山高山冻原种子植物共计34科94属146种(表1),其中双子叶植物最丰富,有26科66属99种,占高山冻原种子植物科、属、种的百分比分别为76.47%、70.21%、67.81%;单子叶植物6科25属42种次之,分别占17.65%、25.69%、28.17%;裸子植物2科2属3种,所占比重最小,分别是5.88%、3.19%、2.05%。

从科的统计上可看出:菊科、禾本科、莎草科、石竹科、毛茛科和杜鹃花科6个温带和世界分布科占有极大的比例。6科共有67种,约占高山冻原植物总数的45.89%。其中苔草属植物最为丰富(表2),共有8种,占总数的5.48%。菊科和禾本科的属数最多,2科共有23属,约占总属数的24.47%。

表1 长白山高山冻原种子植物统计

Table 1 Statistics of seed plants on alpine tundra in Changbai Mountain

科名 Family name	属数/ 种数 Genera/ Species	科名 Family name	属数/ 种数 Genera/ Species
菊科 Compositae	12/16	松科 Pinaceae	2/2
禾本科 Gramineae	11/16	桦木科 Betulaceae	2/2
莎草科 Cyperaceae	3/11	豆科 Leguminosae	2/2
石竹科 Caryophyllaceae	4/8	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1/2
毛茛科 Ranunculaceae	6/8	堇菜科 Violaceae	1/2
杜鹃花科 Ericaceae	4/8	鹿蹄草科 Pyrolaceae	1/2
十字花科 Cruciferae	3/6	报春花科 Primulaceae	2/2
蔷薇科 Rosaceae	4/6	唇形科 Labiatae	2/2
灯心草科 Juncaceae	2/6	败酱科 Valerianaceae	1/2
蓼科 Polygonaceae	2/5	柏科 Cupressaceae	1/1
百合科 Liliaceae	5/5	罂粟科 Papaveraceae	1/1
杨柳科 Salicaceae	1/4	岩高兰科 Empetraceae	1/1
景天科 Crassulaceae	3/4	列当科 Orobanchaceae	1/1
虎耳草科 Saxifragaceae	3/4	忍冬科 Caprifoliaceae	1/1
伞形科 Umbelliferae	3/4	桔梗科 Campanulaceae	1/1
玄参科 Scrophulariaceae	3/4	鸢尾科 Iridaceae	1/1
龙胆科 Gentianaceae	1/3	合计:34 科	94/146
兰科 Orchidaceae	3/3		

表2 长白山高山冻原超过3种以上的属及分布类型

Table 2 The genera with more than 3 species and their distribution patterns on alpine tundra in Changbai Mountain

属名 Genus	种数 Species	分布型 Distribution pattern
苔草属 <i>Carex</i>	8	世界分布 Cosmopolitan
柳属 <i>Salix</i>	4	北温带 North Temperate
蓼属 <i>Polygonum</i>	4	世界分布 Cosmopolitan
羊茅属 <i>Festuca</i>	4	北温带 North Temperate
南芥属 <i>Arabis</i>	3	北温带 North Temperate
杜鹃花属 <i>Rhododendron</i>	3	北温带 North Temperate
龙胆属 <i>Gentiana</i>	3	世界分布 Cosmopolitan
风毛菊属 <i>Saussurea</i>	3	北温带 North Temperate
灯心草属 <i>Juncus</i>	3	世界分布 Cosmopolitan
地杨梅属 <i>Luzula</i>	3	世界分布 Cosmopolitan
早熟禾属 <i>Poa</i>	3	世界分布 Cosmopolitan

根据吴征镒(1991)对中国种子植物属的分布区类型划分,高山冻原植物可分6个分布区类型(包括3个变型)(表3),其中以北温带分布和世界分布所占比例最大。分别占总属数和总种数的46.81%、20.21%和50.00%、22.52%,北温带分布中的北温带和南温带间断分布变型也占有相当比例;东亚分布及东亚和北美间断分布型数量最少,仅占总属数和总种数的1.06%和0.68%。松毛翠属(*Phyllodoce*)、林奈木属(*Linnea*)、仙女木属(*Dryas*)、高山蓼属(*Oxyria*)、天炉属(*Arctous*)等从北极带分布

到欧、亚、美三洲温带地区北部及分布于温带地区的高山带与亚高山带植物在高山冻原上具有一定的种群,这与冻原带海拔较高及受第三和第四纪冰川影响许多北极和东西伯利亚植物向南迁移到长白山上有关。

3 高山冻原植物的生态适应

高山冻原是高山特有的生态系统,是长白山植物垂直分布的特殊地带,由于日照时间长,紫外线

多,气候条件十分恶劣,温度极低,温差变化极大,经常出现 10 级以上的大风、冰雹和霜冻,植被稀少,特别是在海拔 2 500 m 以上的地方,盖度还不到 10%,土壤主要是由火山喷发时形成的火山灰和火山砾组成,一年植物生长的时间仅有 60~70 d。植物具有多种生态适应方式,如块状、零星、植株低矮被毛等。木本种类少,灌木有 16 种,占总数的 10.96%,乔木有 4 种,占总数的 2.74%,仅分布在海拔 2 200 m 以下并呈灌木状。半灌木 1 种,占总数的 0.68%。草本中多年生地上芽、半地上芽、地下芽等占有明显的

表 3 长白山高山冻原属的分布区类型

Table 3 The areal-types of genera on alpine tundra in Changbai Mountain

分布区类型 Areal-type	属数 Number of genera	占总属数百分比 Percentage of total genera(%)	种数 Number of species	占总种数百分比 Percentage of total species(%)
1. 世界分布 Cosmopolitan	19	20.21	33	22.52
8. 北温带分布 North Temperate	44	46.81	73	50.00
8-1. 环北极分布 Circumpolar (Circumarctic)	3	3.19	3	2.06
8-2. 北极—高山分布 Arctic-alpine	5	5.32	7	4.79
8-4. 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted.	12	12.81	17	11.64
9. 东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	1	1.06	1	0.68
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	5	5.32	6	4.11
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	4	4.26	5	3.42
14. 东亚分布 E. Asia	1	1.06	1	0.68
总 计 Total	94	100	146	100

优势,共有 124 种,占总数的 84.93%,二年生草本仅有钝叶瓦松(*Orostachys malacophyllus*)1 种,占总数的 0.68%,无一年生植物。

高山冻原适于生长季节短的植物生长,它们常利用宿存叶和其它宿存凋落物对新组织进行保护,以保证在 60~70 d 的时间内完成生长、发育、繁衍。有的种类如珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)依靠花序上的珠芽直接发育、生长,缩短繁衍的时间。冬季时除了牛皮杜鹃(*Rhododendron chrysanthum*)、越桔(*Vaccinium vitis-idaea*)等少量种类常绿外,大部分的种类地上部分枯死,仅留根、根状茎、块根、块茎和鳞茎等在土壤中休眠。

高山冻原年降水量为 1 349.5 mm 左右,但由于温度低、风力大、土壤保水性差,没有高大乔灌木的庇阴等,植物经常出现生理性干旱和物理性干旱。生长在这里的植物具有明显的旱生型,如牛皮杜鹃、倒根蓼(*Polygonum ochotense*)、多腺柳(*Salix polyadenia*)等叶片革质。长白红景天(*Rhodiola angusta*)、高山红景天(*R. sachalinensis*)等叶片肥厚气孔下陷。宽叶仙女木(*Dryas octopetala*)叶片

向后反卷。白山罂粟(*Papaver pseudo-radicalum*)、肾叶高山蓼(*Oxyria digyna*)、扭果葶苈(*Draba kamtschatica*)、斑点虎耳草(*Saxifraga punctata*)、长白虎耳草(*S. laciniata*)、高山龙胆(*Gentiana algida*)等,株丛浓密,减少水分的散失。长白岩菖蒲(*Tofieldia coccinea*)、长白婆婆纳(*Veronica stelleri*)等植株矮小,降低蒸腾作用的面积等。

高山冻原植物的地下部分发达,根冠比明显高于海拔 1 700~1 900 m 亚高山岳桦林带的植物。有利于固着和吸收石砾层下水分及营养物质。通过多次调查统计分析:93.84%高山冻原植物具有发达的根部,并且根的类型多样。最常见的是细长密集的须根,这一根系类型占植物总数的 54.94%,如圆叶柳(*Salix rotundifolia*)、白山毛茛(*Ranunculus paishanensis*)、高山梯牧草(*Phleum alpinum*)等。它们可穿过石隙较深的土壤中固着及获取养料。其次是普通须根或是主根系,这一根系类型占植物总数的 34.93%(表 4),如长白棘豆(*Oxytropis anertii*)、大白花地榆(*Sanguisorba stipulata*)、长白糙斗菜(*Aquilegia japonica*)等。块根有 4 种,占总数

的 2.74%, 如高山乌头(*Aconitum monanthum*)、高山红景天等。纺锤形须根有 2 种, 占总数的 1.37%, 如长白老鹳草(*Geranium baishanense*) 等。发达的地下部分是冻原植物, 特别是砾石不完全固

定流石滩上生长植物的主要适应方式。发达的地下部分不仅有效地贮存光合作用积累的养分, 同时也可减少山体滑坡带来的伤害, 保证了植物在不良条件下能存活较长的时间。

表 4 长白山高山冻原种子植物地下部分的特殊形态特征

Table 4 Special underground morphological characters of plants on alpine tundra in Changbai Mountain

地下部分结构 Underground structure of plants	植物生活型 Life form of plants	灌木 Shrub	草本 Herb		半灌木 Subshrub	各种特殊形态的比例 Percentage of the special morphology type
			二年生 Biennial	多年生 Perennial		
地下茎形态	根状茎 Rhizome	0	0	5	0	3.42
Morphological characters of underground stem	块茎 Tuber	0	0	2	0	1.37
	鳞茎 Bulb	0	0	2	0	1.37
	块根 Root tuber	0	0	4	0	2.74
特殊根部形态	纺锤形须根 Fusiform fibrous root	0	0	2	0	1.37
Special morphological characters of roots	普通须根或是主根系 Common fibre or taproots system	20	1	30	0	34.93
	细长密集须根 Slin and cluster fibrous roots	0	0	79	1	54.94

表 5 长白山高山冻原种子植物特殊的地上部分形态特征

Table 5 Special over ground morphologic characters of plants on alpine tundra of Changbai Mountain

植物地上部分形态 Over ground morphology	植物生活型 Life form of plants	灌木 (20 种) Shrub	草本(125 种) Herb		半灌木 (1 种) Subshrub	具该形态的 物种总数(种) Total mount of the mor- phological type	占总物种 数的比例 Percentage of total spe- cies(%)
			二年生 (1 种) Biennial	多年生 (124 种) Perennial			
植物在地面的特殊形态	低矮平卧状 Low stature of prostrate form	15	0	1	1	17	11.64
Special over ground shapes of plants	莲座状 Rosette form	0	1	2	0	3	2.05
	植株密集丛生 Clustered plants	4	0	24	0	28	19.18
	中小型草本 Middle to small size herbs	0	0	73	0	73	50
	肉质植物 Succulents	0	0	4	0	4	2.74
	极矮小草本 Extremelg low small herbs	0	0	14	0	14	9.59
特殊地上茎形态	蔓生茎 Pampiniform stems	0	0	2	0	2	1.37
Special characters of aerial stems	密集多出茎 Cluster polymerous stems	0	0	5	0	5	3.42
各生活型总物种数的比例 Percentage of type total species (%)		13.01	0.68	85.62	0.68		

个别高山冻原植物的地下茎也较发达, 如倒根蓼, 斑花杓兰(*Cypripedium guttatum*) 等具有根状茎, 手掌参(*Gymnadenia conopsea*)、凹舌兰(*Coelogyne viride*) 具有块茎, 洋葱(*Allium strictum*)、洼瓣花(*Lloydia serotina*) 具有鳞茎, 这是对冻原环境的一种良好的生态适应。

高山冻原植物植株的地上部分常聚集成簇状或斑块状, 并且以草本为主(表 5)。低矮平卧状的共有 17 种, 占总数的 11.64%。主要代表种类有高山桧(*Juniperus sibirica*)、长白棘豆、高山笃斯越桔

(*Vicinium. uliginosum* var. *alpinum*) 等。茎基部生有莲座状叶的有 3 种, 占总数的 2.05%。代表种类有钝叶瓦松、粉报春(*Primula farinosa*) 等。植株密集丛生的有 28 种, 占总数的 19.18%, 代表种类有白山龙胆(*Gentiana jamesii*)、长白旱麦瓶草(*Silene jensisensis* var. *oliganthella*)、高山石竹(*Dianthus chinensis* var. *morii*)、假雪萎陵菜(*Potentilla nivea* var. *camtschatica*) 等。中小型草本共有 73 种, 占总数的 50%, 代表种类有天炉(*Arctous rubber*)、轮叶马先蒿(*Pedicularis verticillata*)、山

飞蓬(*Erigeron alpicola*)、长白蜂斗菜(*Petasites saxatilis*)、高岭凤毛菊(*Saussurea tomentosa*)、长白狗舌草(*Tephrosieris phoeantha*)等。肉质植物有 4 种,占总数的 2.74%,代表种类有长白红景天、黄苣花(*Phacellanthus tubiflorus*)等。极矮小草本共有 14 种,占总数的 9.59%,代表种类主要有双花堇菜(*Viola biflora*)、山莓草(*Sibbaldia procumbens*)、长白碎米荠(*Cardamine baishanensis*)、春龙胆(*Gentiana thunbergii*)等。蔓生茎的有 2 种,占总数的 1.37%,代表种类为林奈木(*Linnaea borealis*)。密集多茎的共有 5 种,占总数的 3.42%,代表种类有长白卷耳(*Cerastium baishanense*)、极地米努草(*Minuartia arctica*)等。

总之,高山冻原植物通过不同的生活型去适应那里特殊的生态环境,比如高岭凤毛菊通过叶上发达的毛被,减少植株内热量的散失,营造良好的保温内环境。高山笃斯越桔利用低矮平卧状的形态适应大风气候和每年 1~2 m 厚降雪。松毛翠(*Phyllocladus caerulea*)叶片退化成针叶状减少植物的蒸腾作用等等。

高山冻原的花期分三段发生,早花期发生于雪初融时,代表种类有牛皮杜鹃、毛毡杜鹃(*Rhododendron confertissimum*)、粉报春、长白蜂斗菜等。中花期处于高山冻原植被开花最繁盛的时期,代表种类有长白金莲花、溪荪(*Iris sanguinea*)、尖被藜芦(*Veratrum oxysepalum*)、毛蕊老鹳草(*Geranium eriostemon*)、长白岩黄耆(*Hedysarum ussuriense*)、高山糙苏(*Phlomis koraiensis*)等。晚花期发生于大部分营养生长近于停止时期,代表种类有宽叶山柳菊(*Hieracium coreanum*)、大白花地榆、梅花草(*Parnassia palustris*)、黄菀(*Senecio nemorensis*)、山牛蒡(*Synurus deltoides*)等。

高山冻原植物果实(不包括 3 种裸子植物的种子)类型以干果占绝对优势,占 95.80%。果实类型的多少依次为蒴果类(56 种)、瘦果类(18 种)、颖果类(16 种)、坚果类(14 种)、蓇葖果类(9 种)、角果类(6 种)、浆果类(6 种)、双悬果类(4 种)、翅果类(2 种)、荚果类(2 种)。这些果实大多数小而轻,有的还具有长的毛或绒毛,如宽叶仙女木、高山铁线莲等,有利于种子的传播。特别是细小的种子或果实能穿过石砾间隙,直接和土壤接触便于种子的萌发,这是对高山冻原环境的一种良好适应。

4 高山冻原植物资源及其保护

高山冻原仅集中分布于长白山火山锥体的上部,环境严酷,植物种群数量小,生物量低,其中有 5 种国家重点保护植物(周繇,2004a),81 种吉林省一类重点保护植物,2 种吉林省二类重点保护植物(李建东等,2001)。去掉省国家和省重复的种类,共有 83 种,占高山冻原植物种数的 56.85%,代表种类有松毛翠、牛皮杜鹃、苞叶杜鹃、东亚岩高兰等,是珍稀濒危植物一个重要种质基因库。观赏植物有 43 种(周繇,2004b,2004c,2004d;周繇等,2005),占总数的 29.45%,由于强烈的高山紫外线照射,植株矮小花瓣硕大而又美丽,可广泛用做园林地被及花坛植物。药用植物有 40 种,占总数的 27.38%(严仲铠等,1997),其中高山红景天、长白红景天、手掌参、牛皮杜鹃等具有极高的药用价值。

高山冻原的苔藓植物极为丰富,共有 38 科、67 属、135 种,其中无齿全萼苔(*Gymnomitrium uncrenulatum*)、锐裂钱袋苔小叶变种(*Marsupella commutata* var. *microfolia*)为本区的特有种。另外还有 55 属、103 种(苔类 17 属、24 种,藓类 38 属、79 种)与北极冻原共有,分别占长白山高山冻原苔藓植物属种总数的 82.18%和 76.3%(钱宏等,1990)。它对于研究第四纪冰川运动和长白山高山冻原苔藓植物与北极冻原苔藓植物区系之间的关系及苔藓植物的系统演化有着十分重要的意义。

高山冻原植物生态幅度狭窄,植物群落十分简单脆弱,一旦遭到破坏后很难恢复。近年来,由于长白山开展生态旅游,特别是从安图、长白、抚松三个方向修了三条通往天池公路后,高山冻原植物的生长发育受到了严重的影响,许多地方种群急剧地退化,一些珍稀、药用、观赏植物如长白耬斗菜、长白金莲花(*Trollius japonicus*)、聚花风铃草(*Campanula glomerata*)、单花橐吾(*Ligularia jamesii*)、手掌参等经常受到游人的挖掘和采撷,甚至有些区域还出现了严重的山体滑坡。因此,建议有关部门要采取强有力的措施,规定游人具体的行走路线,做出自然保护综合评价,确定受威胁种优先保护序列,建立动态监测系统,妥善保护好这一在整个欧亚东大陆北部宝贵的种质资源。另一方面,长白山天池还是一个暂时休眠的活火山,1200 年前的火山喷发,毁(下转第 162 页 Continue on page 162)

- basis[M]. Oxford:Oxford University Press.
- Wang BS(王伯荪), Zhang WY(张伟银). 2002. The groups and features of tropical vegetation of Hainan Island(海南岛热带森林植被的类群及其特征)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22:107-115.
- Wang BS(王伯荪). 1987b. Discussion on the horizontal zonation of monsoon forest(论季雨林的水平地带性)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报), 11:154-157.
- Wang H(王洪), Zhu H(朱华), Li BG(李保贵). 1997. Vegetation on limestone in Xishuangbanna, southwestern China(西双版纳石灰岩森林植被)[J]. *Guihaia*(广西植物), 17(2):101-117.
- Whittaker RH. 1970. *Communities and Ecosystems*[M]. London: Collier-Macmillan Press.
- Xu ZR(许兆然). 1993. Studies on limestone flora in south and southwest China(中国南部和西南部石灰岩植物区系的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 增刊 4:5-54.
- Zhu H(朱华), Wang H(王洪), Li BG(李保贵), et al. 1997. Floristic relationships between the limestone flora of Xishuangbanna and neighboring floras of tropical Asia and south China(西双版纳石灰岩植物区系与东南亚及中国南部一些地区植物区系的关系)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 19(4):357-365.
- Zhu H(朱华), Wang H(王洪), Li BG(李保贵), et al. 1996. A phytogeographical research on the forest flora of limestone hills in Xishuangbanna(西双版纳石灰岩森林的植物区系地理研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 16(4):317-330.
- Zhu H(朱华), Wang H(王洪), Li BG(李保贵). 1998. Research on the Tropical Seasonal Rainforest of Xishuangbanna, South Yunnan(西双版纳热带季节雨林的植物研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 18(4):37-384.
- Zhu H(朱华). 1993. A comparative study of phytosociology between *Shorea chinensis* forest of Xishuangbanna and other closer forest types(望天树林与相近类型植被结构的比较研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 15(1):34-46.
- Zhu H(朱华). 2005. Discussion on monsoon forest in southern Yunnan, SW China(滇南热带季雨林的一些问题讨论)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报), 29(1):170.
- Zhu H(朱华). 1992. Research of community ecology on *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna(西双版纳望天树林的群落生态学研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 14(3):237-258.
- Zhu H, Wang H, Li BG, et al. 2003. Biogeography and floristic affinity of the Limestone flora in southern Yunnan, China[J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 90:444-465.
- Zhu H, Wang H, Li BG. 1998. The structure, species composition and diversity of the limestone vegetation in Xishuangbanna, SW China[J]. *Gardens' Bulletin, Singapore*, 50:5-33.
- Zhu H. 2002. Ecology and biogeography of the limestone vegetation in southern Yunnan, SW China[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press.

(上接第 156 页 Continue from page 156)

坏了以天池为中心直径 50 km 以内所有植被。1597 年、1668 年、1702 年天池又连续喷发了 3 次, 高山冻原植物又遭到了不同程度的破坏, 随着火山喷发周期的临近, 高山冻原植物可能再次出现生存危机, 因此, 要加强对对其进行生理生态学、保护生物学、生殖生物学、传粉生物学、遗传多样性等研究, 并配合一定的迁地保护工作是当前面临的紧迫任务。

致谢: 在野外调查过程中, 得到了中国科学院植物研究所徐克学研究员, 长白山国家级自然保护区自然博物馆朴龙国馆长、刘利副馆长, 长白山国家级自然保护区科研中心刘军主任、赵晓飞副主任的大力支持和帮助, 谨此致谢。

参考文献:

- 王季平. 1989. 长白山志[M]. 长春: 吉林文史出版社, 157-163.
- 李建东, 吴榜华, 盛连喜. 2001. 吉林植被[M]. 长春: 吉林省科学技术出版社, 25-64; 349-351.
- 吴征镒. 1995. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 613-627.
- 严仲铨, 李万林. 1997. 中国长白山药用植物彩色图志[M]. 北京: 人民卫生出版社, 107-503.
- 周 繇, 朱俊义, 于俊林. 2005. 中国长白山观赏植物彩色图志[M]. 长春: 吉林教育出版社, 15-500.

- 曹 伟, 李冀云. 2003. 长白山植物自然分布[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 18-270.
- Qian H(钱 宏), Gao Q(高 谦). 1990. Bryoflora of the alpine tundra of Changbai Mountain and its floristic relationship to the bryofloras of Arctic tundras(长白山高山冻原苔藓植物区系与北极冻原苔藓植物区系的关系)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 32(9):716-724.
- Wu ZY(吴征镒). 1991. The area-types of Chinese genera of seed plants(中国种子植物属的分布区类型)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), (增刊 IV):1-136.
- Zhou Y(周 繇). 2004a. On protection of rare and endangered plants in Changbai Mountains(长白山区珍稀濒危植物的现状与保护)[J]. *J Zhejiang For Coll*(浙江林学院学报), 21(3):263-268.
- Zhou Y(周 繇). 2004b. Ornamental plant resources and their diversity in Mountains Changbai National Nature Reserve(长白山国家级自然保护区观赏植物资源及其多样性)[J]. *J Northeast For Univ*(东北林业大学学报), 32(6):45-50.
- Zhou Y(周 繇). 2004c. Investigation of the wild ornamental trees from Changbai Mountains(长白山区野生木本观赏树木调查)[J]. *J Zhejiang Univ(Agric & Life Sci)*(浙江大学学报(农业与生命科学版)), 30(5):524-535.
- Zhou Y(周 繇). 2004d. A report on the wild herbaceous flowers from Changbai Mountain Area(长白山区野生草本观赏花卉调查)[J]. *Guihaia*(广西植物), 24(6):515-523.