

长白山高山冻原维管植物区系地理*

钱 宏

(中国科学院植物研究所, 北京)

关键词 区系地理 维管植物 高山冻原 长白山

冻原(tundra)^[1-2]或称苔原^[3-5], 是一植被景观概念, 它与森林、草原、荒漠等植被景观相并列。全世界冻原仅分布于北半球, 主要在北极呈环带状分布。在北半球中纬度部分高山地区有少量山地冻原或高山冻原分布。我国仅在东北长白山高山带和西北阿尔泰山高山带有高山冻原的分布^[1,3]。长白山高山冻原分布不仅是欧亚大陆最典型的高山冻原之一, 而且位于欧亚大陆冻原分布的南缘^[4]。长白山高山冻原是研究第四纪冰川时期冻原(甚至温带)植被经、纬向迁移不可多得的宝地。

一、自然概况

长白山位于中国东北部和朝鲜北部, 绝顶海拔2749.2m。长白山高山冻原位于长白山的最上部, 垂直高差750m, 地理位置约当41°53′-42°04′N, 127°57′-128°11′E, 面积约为158.6km²。长白山高山冻原(海拔2623.5m处)年平均气温-7.4℃, 最热月(7月)平均气温8.4℃, 最冷月(1月)平均气温-23.8℃, 无霜期60天, 年降水量1345.9mm(其中约80%集中在5—9月), 相对湿度75%。

二、植物区系地理成分

根据作者1986—88年调查, 并参考前人的研究^[2,5-7], 长白山高山冻原维管植物有31科、87属、131种(包括种下等级)。87属维管植物分别归属于世界分布、北温带分布、东亚-北美间断分布、旧世界温带分布和温带亚洲分布5种区系地理成分(表1); 131种维管植物分别属于北温带分布、东亚-北美间断分布、旧世界温带分布、温带亚洲分布和东亚分布5种区系地理成分(表2)。

1. 世界分布

长白山高山冻原维管植物缺乏世界分布的种, 世界分布的属有19属, 占总属数的21.84%。

2. 北温带分布

长白山高山冻原属于这一分布类型的维管植物有58属39种, 分别占总属数和总种数

* 本文在导师王战研究员指导下完成, 并蒙徐振邦研究员、黄锡畴研究员和戴洪才副研究员指导和帮助, 周以良教授、阳含熙研究员和高谦研究员对本文初稿提出宝贵的修改意见, 谨此一并致谢。

表 1 长白山高山冻原维管植物属之区系地理成分

Table 1 Florogeographical elements for genera of vascular plants of alpine tundra in the Changbai Mountain

区系地理成分	属
世界分布	石杉 <i>Huperzia</i> , 石松 <i>Lycopodium</i> , 银莲花 <i>Anemone</i> , 耧斗菜 <i>Aquilegia</i> , 毛茛 <i>Ranunculus</i> , 酸模 <i>Rumex</i> , 堇菜 <i>Viola</i> , 碎米荠 <i>Cardamine</i> , 老鹳草 <i>Geranium</i> , 龙胆 <i>Gentiana</i> , 飞蓬 <i>Erigeron</i> , 千里光 <i>Senecio</i> , 灯心草 <i>Juncus</i> , 地杨梅 <i>Luzula</i> , 苔草 <i>Carex</i> , 藨草 <i>Scirpus</i> , 剪股颖 <i>Agrostis</i> , 羊茅 <i>Festuca</i> , 早熟禾 <i>Poa</i>
北温带分布	扁枝石松 <i>Diphasiatrum</i> , 岩蕨 <i>Woodsia</i> , 刺柏 <i>Juniperus</i> , 乌头 <i>Aconitum</i> , 金莲花 <i>Trollius</i> , 罂粟 <i>Papaver</i> , 米努草 <i>Minuartia</i> , 麦瓶草 <i>Silene</i> , 卷耳 <i>Cerastium</i> , 高山蓼 <i>Oxyria</i> , 蓼 <i>Polygonum</i> , 柳 <i>Salix</i> , 南芥 <i>Arabis</i> , 草茛 <i>Draba</i> , 岩高兰 <i>Empetrum</i> , 杜鹃 <i>Rhododendron</i> , 天枢 <i>Arctous</i> , 松毛翠 <i>Phyllodoce</i> , 越桔 <i>Vaccinium</i> , 鹿蹄草 <i>Pyrola</i> , 点地梅 <i>Androsace</i> , 报春花 <i>Primula</i> , 红景天 <i>Rhodiola</i> , 梅花草 <i>Parnassia</i> , 金腰子 <i>Chrysosplenium</i> , 虎耳草 <i>Saxifraga</i> , 仙女木 <i>Dryas</i> , 金老梅 <i>Dasiphora</i> , 草莓 <i>Fragaria</i> , 菱菱菜 <i>Potentilla</i> , 地榆 <i>Sanguisorba</i> , 岩黄耆 <i>Hedysarum</i> , 棘豆 <i>Oxytropis</i> , 柴胡 <i>Bupleurum</i> , 马先蒿 <i>Pedicularis</i> , 婆婆纳 <i>Veronica</i> , 小米草 <i>Euphrasia</i> , 风铃草 <i>Campanula</i> , 蒿 <i>Artemisia</i> , 山柳菊 <i>Hieracium</i> , 菊 <i>Chrysanthemum</i> , 蜂斗菜 <i>Petasites</i> , 凤毛菊 <i>Saussurea</i> , 梯牧草 <i>Phleum</i> , 三毛草 <i>Trisetum</i> , 蒿草 <i>Kobresia</i> , 黄茅 <i>Anthoxanthum</i> , 拂子草 <i>Calamagrostis</i> , 发草 <i>Deschampsia</i> , 茅香 <i>Hierochloe</i> , 葱 <i>Allium</i> , 萝藦草 <i>Lloydia</i> , 岩菖蒲 <i>Tofieldia</i> , 藜芦 <i>Veratrum</i> , 鸢尾 <i>Iris</i> , 凹舌兰 <i>Coeloglossum</i> , 杓兰 <i>Cypripedium</i> , 手掌参 <i>Gymnadenia</i>
东亚-北美间断分布	云间杜鹃 <i>Therorhodion</i> , 岩茴香 <i>Tilingia</i> , 山莓草 <i>Sibbaldia</i> , 棋盘花 <i>Zigadenus</i>
旧世界温带分布	石竹 <i>Dianthus</i> , 囊吾 <i>Ligularia</i>
温带亚洲分布	瓦松 <i>Orostachys</i> , 高山芹 <i>Coelopleurum</i> , 山牛蒡 <i>Synurus</i> , 细柄茅 <i>Ptilagrostis</i>

表 2 长白山高山冻原维管植物种之区系地理成分

Table 2 Florogeographical elements for species of vascular plants of alpine tundra in the Changbai Mountain

区系地理成分	种
北温带分布	石杉 <i>Huperzia selago</i> , 高山扁枝石松 <i>Diphasiatrum alpinum</i> , 岩蕨 <i>Woodsia ilvensis</i> , 西伯利亚刺柏 <i>Juniperus sibirica</i> , 肾叶高山蓼 <i>Oxyria digyna</i> , 珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i> , 酸模 <i>Rumex acetosa</i> , 双花堇菜 <i>Viola biflora</i> , 松毛翠 <i>Phyllodoce caerulea</i> , 越桔 <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , 圆叶鹿蹄草 <i>Pyrola rotundifolia</i> , 早生点地梅 <i>Androsace lehmanniana</i> , 粉报春 <i>Primula farinosa</i> , 梅花草 <i>Parnassia palustris</i> , 金老梅 <i>Dasiphora fruticosa</i> , 山莓草 <i>Sibbaldia procumbens</i> , 高山龙胆 <i>Gentiana, algida</i> , 轮叶马先蒿 <i>Pedicularis verticillata</i> , 伞花山柳菊 <i>Hieracium umbellatum</i> , 高山凤毛菊 <i>Saussurea alpina</i> , 三头灯心草 <i>Juncus castaneus</i> , 云间地杨梅 <i>Luzula wahlenbergii</i> , 锈地杨梅 <i>L. palescens</i> , 黑穗苔草 <i>Carex atrata</i> , 二裂苔草 <i>C. bipartita</i> , 细形苔草 <i>C. capillaris</i> , 膜囊苔草 <i>C. vesicaria</i> , 蒿草 <i>Kobresia bellardii</i> , 鳞苞藨草 <i>Scirpus hadsonianus</i> , 高山发草 <i>Deschampsia caespitosa</i> , 羊茅 <i>Festuca ovina</i> , 珠芽羊茅 <i>F. vivipara</i> , 高山茅香 <i>Hierochloe alpina</i> , 草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i> , 北极早熟禾 <i>P. arctica</i> , 高山三毛草 <i>Trisetum spicatum</i> , 萝藦草 <i>Lloydia serotina</i> , 斑花杓兰 <i>Cypripedium guttatum</i>

续表 2

区系地理成分	种
东亚-北美间断分布	圆叶柳 <i>Salix rotundifolia</i> , 扭果葶苈 <i>Draba kamtschatica</i> , 红果天枢 <i>Arctous ruber</i> , 斑点虎耳草 <i>Saxifraga punctata</i> , 大白花地榆 <i>Sanguisorba sitchensis</i> , 岩菖蒲 <i>Tofieldia coccinea</i> , 长苞凹舌兰 <i>Coeloglossum viride</i> var. <i>bracteatum</i> , 高山红景天 <i>Rhodiola sachalinensis</i> , 芒剪股颖 <i>Agrostis trinii</i>
旧世界温带分布	覆麦 <i>Dianthus superbus</i> var. <i>speciosus</i> , 白山蓼 <i>Polygonum laxmanni</i> , 小米草 <i>Euphrasia pectinata</i> , 解韭 <i>Allium strictum</i> , 棋盘花 <i>Zigadenus sibiricus</i> , 手掌参 <i>Gymnadenia conopsea</i>
温带亚洲分布	毛银莲花 <i>Anemone narcissiflora</i> var. <i>crinita</i> , 假水生龙胆 <i>Gentiana pseudo-aquatica</i> , 蟋蟀苔草 <i>Carex eleusinoides</i> , 细毛苔草 <i>C. sedakovii</i> , 高山羊茅 <i>Festuca auriculata</i> , 毫毛细柄茅 <i>Ptilagrostis mongholica</i> var. <i>barbellata</i> , 东亚岩高兰 <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>
东亚分布	东亚石松 <i>Lycopodium clavatum</i> var. <i>asiaticum</i> , 高山乌头 <i>Aconitum monanthum</i> , 长白乌头 <i>A. tschangbaischanense</i> , 长白耬斗菜 <i>Aquilegia japonica</i> , 白山毛茛 <i>Ranunculus borealis</i> var. <i>monticola</i> , 山地金莲花 <i>Trollius japonicus</i> , 高山罂粟 <i>Papaver pseudo-radicatum</i> , 高山石竹 <i>Dianthus chinensis</i> var. <i>morii</i> , 长白卷耳 <i>Cerastium baischanense</i> , 石米努草 <i>Minuartia larinica</i> , 长白米努草 <i>M. macrocarpa</i> var. <i>koreana</i> , 长白麦瓶草 <i>Silene oliganthea</i> , 细叶毛茛麦瓶草 <i>S. repens</i> var. <i>angustifolia</i> , 高山岸苣荬菜 <i>Viola sachalinensis</i> var. <i>alpicola</i> , 长圆叶柳 <i>Salix divaricata</i> var. <i>meta-formosa</i> , 多腺柳 <i>S. polyadenia</i> , 长白柳 <i>S. p.</i> var. <i>tschanbaishanica</i> , 高山蓼 <i>Polygonum ajanense</i> , 倒根蓼 <i>P. ochotense</i> , 高山南芥 <i>Arabis coronata</i> , 牛皮杜鹃 <i>Rhododendron chrysanthum</i> , 毛毡杜鹃 <i>Rh. confertissimum</i> , 苞叶杜鹃 <i>Therorhodon redowskianum</i> , 高山笃斯 <i>Vaccinium uliginosum</i> var. <i>alpinum</i> , 钝叶瓦松 <i>Orostachys mallacophyllus</i> , 长白红景天 <i>Rhodiola angusta</i> , 长白碎米荠 <i>Cardamine baishanensis</i> , 天池碎米荠 <i>C. resedifolia</i> var. <i>mori</i> , 堪察加金腰子 <i>Chrysosplenium kamtschaticum</i> , 腺毛虎耳草 <i>Saxifraga manshuriensis</i> , 斑瓣虎耳草 <i>S. takedana</i> , 王氏虎耳草 <i>S. wangzhaniana</i> H. Qian, 宽叶仙女木 <i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i> , 绿叶东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i> var. <i>concolor</i> , 假雪萎萎菜 <i>Potentilla nivea</i> var. <i>kamtschatica</i> , 小白花地榆 <i>Sanguisorba parviflora</i> , 长白岩黄耆 <i>Hedysarum ussuriense</i> , 长白棘豆 <i>Oxytropis anertii</i> , 长白老鹳草 <i>Geranium paishanense</i> , 长白高山芹 <i>Coelopleurum nakaianum</i> , 高山芹 <i>C. saxatile</i> , 大苞柴胡 <i>Bupleurum euphorbioides</i> , 岩茴香 <i>Tilingia tachiroei</i> , 白山龙胆 <i>Gentiana jamesii</i> , 白花龙胆 <i>G. thunbergii</i> var. <i>minor</i> , 长白婆婆纳 <i>Veronica stelleri</i> var. <i>longistyla</i> , 聚花风铃草 <i>Campanula glomerata</i> ssp. <i>cephalotes</i> , 绒叶蒿 <i>Artemisia lagocephala</i> , 毛山菊 <i>Chrysanthemum zawadskii</i> f. <i>alpinum</i> , 高山飞蓬 <i>Erigeron alpicola</i> , 宽叶山柳菊 <i>Hieracium coreanum</i> , 齿翼橐吾 <i>Ligularia deltoidea</i> , 单花橐吾 <i>L. jamesii</i> , 长白蜂斗菜 <i>Petasites saxatilis</i> , 高岭风毛菊 <i>Saussurea alpicola</i> , 三角叶风毛菊 <i>S. manshurica</i> , 高山白头风毛菊 <i>S. triangulata</i> var. <i>alpina</i> , 长白千里光 <i>Senecio phoeanthus</i> , 山牛蒡 <i>Synurus deltoidea</i> , 长白灯心草 <i>Juncus maximowiczii</i> , 黑高岭地杨梅 <i>Luzula oligantha</i> , 假尖嘴苔草 <i>Carex laevissima</i> , 假长嘴苔草 <i>C. pseudo-longerastrata</i> , 冻原苔草 <i>C. siroumensis</i> , 佛焰苞薹草 <i>Scirpus maximowiczii</i> , 高山黄花草 <i>Anthoxanthum nipponicum</i> , 小叶章 <i>Calamagrostis angustifolia</i> , 矮羊茅 <i>Festuca airoides</i> , 尖被藜芦 <i>Veratrum oxysepalum</i> , 溪荪 <i>Iris sanguinea</i>

的66.67%和29.77%。除44属属于典型的北温带分布的属外,余下14属属于下列两个分布变型:(1)环北极-高山间断分布,属于这一分布变型的有高山蓼属、岩高兰属、天竺属、松毛翠属和仙女木属5属;(2)北温带和南温带(全温带)间断分布,属于这一分布变型的有越桔属、卷耳属、婆婆纳属、梯牧草属、三毛草属、小米草属、山柳菊属、金腰子属和柴胡属9属。长白山高山冻原39种北温带分布的维管植物中,有29种分别属于下列两个变型:(1)环北极-高山间断分布,属于这一分布类型的有石杉、高山扁枝石松、岩蕨、西伯利亚刺柏、肾叶高山蓼、珠芽蓼、双花堇菜、松毛翠、旱生点地梅、山莓草、高山龙胆、轮叶马先蒿、三头灯心草、云间地杨梅、黑穗苔草、嵩草、鳞苞蕨草、羊茅、珠芽羊茅、高山茅香、北极早熟禾、高山三毛草和芨芨草等24种,这些种不仅广布于欧、亚北美的北极冻原,而且亦习见于北温带高山冻原;(2)亚北极(或北方)-山地(或高山)间断分布,属于这一分布变型的有高山凤毛菊、锈地杨梅、斑花杓兰、高山发草和粉报春5种。

3. 东亚-北美间断分布

长白山高山冻原属于这一分布类型的维管植物有4属9种,分别占总属数和总种数的4.60%和6.87%。值得指出的是,长白山高山冻原维管植物缺乏典型的呈“东亚-北美”间断分布式的种,所有9种均属于“东亚-北美”间断分布类型下的“北极-高山”间断分布类型。

4. 旧世界温带分布

长白山高山冻原属于这一分布类型的维管植物有2属6种,分别占总属数和总种数的2.3%和4.58%。其中,有些种属于“北极-高山”间断分布变型(如辉韭、白山蓼等),有些种属于“高山”分布变型(如小米草等)。

5. 温带亚洲分布

长白山高山冻原属于这一分布类型的维管植物有4属7种分别占属、种总数的4.60%和5.34%。

6. 东亚分布

长白山高山冻原维管植物中缺乏东亚分布的属,但东亚分布类型的种却占有相当大的比例(共70种),占总种数的53.44%。其中,有17种为长白山高山冻原特有种,有2种为长白山特有种。

三、与北极冻原植物区系的联系

长白山高山冻原87属维管植物中,除*Synurus*、*Coelopleurum*、*Tilingia*和*Ptilagrostis*等6属在北极冻原迄今尚未发现有分布外,其他81属在北极冻原均有分布。长白山高山冻原与北极冻原维管植物属的共有率为93.1%,其中有60余属在欧、亚、北美北极(即环北极)冻原均有分布。长白山高山冻原与北极冻原相同的维管植物约有58种,种的共有率为44.3%。其中,有*Huperzia selago*、*Diphysiatrum alpinum*、*Juniperus sibirica*、*Oxyria digyna*、*Polygonum viviparum*、*Phyllodoce caerulea*、*Sibbaldia procumbens*等约25种在环北极冻原均有分布(即呈“环北极-高山”间断分布

式), 占总种数的19.1%。此外还有6个为同一种下不同的变种或亚种分别分布在长白山高山冻原和北极冻原而成为对应分类群。

1. 与欧洲北极冻原植物区系的联系

长白山高山冻原87属维管植物中, 有68属见于欧洲的北极冻原^[8], 属的共有率为78.2%。如果除去在整个欧洲没有分布的5个属于温带亚洲分布类型的属和3个属于东亚-北美间断分布类型的属外, 那么只有11属维管植物虽然是长白山高山冻原与欧洲的共有属, 但不见于欧洲的北极冻原。长白山高山冻原131种维管植物中, 有45种(占总种数的34.4%)在欧洲有分布, 其中与欧洲北极冻原共有的有27种(表3), 种的共有率为20.6%。此外, 还有6个为同种下的不同变种(或亚种)分别分布于长白山高山冻原和欧洲北极冻原, 如长白山高山冻原有*Lycopodium clavatum* var. *asiaticum*、*Rumex acetosa* ssp. *a.*、*Empetrum nigrum* var. *japonicum*、*Potentilla nivea* var. *camtschatica*、*Vaccinium uliginosum* var. *alpinum*和*Coeloglossum viride* var. *bracteatum*等, 而在欧洲北极冻原则有与之对应的*L. c.* var. *c.*、*R. a.* ssp. *lapponicus*、*E. n.* ssp. *hermaphroditum*、*P. n.* var. *n.*、*V. u.* var. *u.* 和*C. v.* var. *v.*等。

除上述33个长白山高山冻原与欧洲北极冻原共有种和对应亚、变种外, 长白山高山冻原与欧洲北极冻原还存在着一些不仅在形态特征上相似, 而且在对生境的要求上亦基本一致的种对。例如, 长白山高山冻原的*Chrysosplenium kamtschaticum*、*Saxifraga takedana*、*Papaver pseudo-radicatum*、*Anthoxanthum nipponicum*、*Carex atrata*和*Tofieldia coccinea*等分别与欧洲北极冻原的*Ch. tetrandrum*、*S. stellaris*、*P. radicum* ssp. *hyperboreum*、*A. odoratum*、*C. atratifomis*和*T. palustris*等成为种对。

2. 与亚洲北极冻原植物区系的联系

据统计, 长白山高山冻原与亚洲北极冻原共有的维管植物有66属^[9-12], 属的共有率为75.9%。长白山高山冻原与亚洲北极冻原相同的维管植物有51种(表3), 种的共有率为38.9%。此外, 有5个为长白山高山冻原和亚洲北极冻原同一种下不同的对应变种或亚种, 如在长白山高山冻原有*Lycopodium clavatum* var. *asiaticum*、*Minuartia macrocarpa* var. *koreana*、*Dryas octopetala* var. *asiatica*、*Ranunculus borealis* var. *monticola*和*Vaccinium uliginosum* var. *alpinum*等, 在亚洲北极冻原有与之对应的*L. c.* var. *c.*、*M. m.* var. *m.*、*D. o.* var. *punctata*、*R. b.* var. *b.*和*V. u.* var. *u.*等。另外, 长白山高山冻原与亚洲北极冻原还存在着一些在形态特征上相似, 对生境要求基本一致的维管植物种对。例如, 在长白山高山冻原有*Minuartia laricina*、*Oxytropis anertii*、*Papaver pseudo-radicatum*和*Hedysarum ussuriense*等, 在亚洲北极冻原则有*M. arctica*、*O. nigrescens*、*P. radicum*和*H. hedysaroides*等与其成为种对。

3. 与北美北极冻原植物区系的联系

长白山高山冻原87属维管植物中, 有82属在北美有分布, 其中与北美北极冻原共有的维管植物有80属^[13,14], 属的共有率高达92%。与北美北极冻原共有的所有80属维

表 3 长白山高山冻原与北极冻原维管植物共有种一览表

Table 3 Shared species of vascular plants between the alpine tundra of the Changbai Mountain and arctic tundras

植 物 学 名	北极冻原			植 物 学 名	北极冻原		
	欧	亚	北		欧	亚	北
	洲	洲	美		洲	洲	美
<i>Huperzia selago</i>	+	+	+	<i>Saussurea alpina</i>	+		
<i>Diphysiatrum alpinum</i>	+	+	+	<i>Juncus castaneus</i>	+	+	+
<i>Woodsia ilvensis</i>	+	+	+	<i>Luzula pallescens</i>		+	+
<i>Juniperus sibirica</i>	+	+	+	<i>L. wahlenbergii</i>	+	+	+
<i>Oxyria digyna</i>	+	+	+	<i>Carex atrata</i>	+	+	+
<i>Polygonum laxmanni</i>		+		<i>C. capillaris</i>	+	+	+
<i>P. viviparum</i>	+	+	+	<i>C. eleusinoides</i>		+	
<i>Rumex acetosa</i>		+	+	<i>Kobresia bellardii</i>		+	+
<i>Viola biflora</i>	+	+	+	<i>Scirpus hudsonianus</i>	+		+
<i>Salix rotundifolia</i>		+	+	<i>S. maximowiczii</i>		+	
<i>Draba kamschatica</i>		+	+	<i>Agrostis trinii</i>			+
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japon.</i>		+		<i>Deschampsia caespitosa</i>	+	+	+
<i>Arctous ruber</i>		+	+	<i>Festuca auriculata</i>		+	
<i>Phyllodoce caerulea</i>	+	+	+	<i>F. ovina</i>	+		+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+	+	+	<i>F. vivipara</i>	+	+	+
<i>Rhododendron chrysanthum</i>		+		<i>Hierochloe alpina</i>	+	+	+
<i>Therorhodion redowskianum</i>		+		<i>Phleum alpinum</i>	+		+
<i>Pyrola rotundifolia</i>	+	+	+	<i>Poa arctica</i>	+	+	+
<i>Androsace lehmanniana</i>		+	+	<i>P. pratensis</i>	+	+	+
<i>Primula farinosa</i>		+		<i>Trisetum spicatum</i>	+	+	+
<i>Rhodiola sachalinensis</i>		+	+	<i>Allium strictum</i>		+	
<i>Chrysosplenium kamschaticum</i>		+		<i>Lloydia serotina</i>		+	+
<i>Parnassia palustris</i>	+	+	+	<i>Tofieldia coccinea</i>		+	+
<i>Saxifraga punctata</i>		+		<i>Veratrum oxysepalum</i>		+	
<i>Dasiphora fruticosa</i>		+	+	<i>Zigadenus sibiricus</i>	+		
<i>Sanguisorba sitchensis</i>		+	+	<i>Coeloglossum viride</i> var. <i>br.</i>		+	+
<i>Sibbaldia procumbens</i>	+	+	+	<i>Cypripedium guttatum</i>			+
<i>Gentiana algida</i>		+	+	<i>Gymnadeia conopsea</i>	+		
<i>Pedicularis verticillata</i>		+	+				
<i>Erigeron alpicola</i>		+		合 计	27	51	42

管植物均见于北美西北部的阿拉斯加，与北美北部(加拿大境内)北极冻原共有的有74属(属的共有率为85.1%)，与格陵兰北极冻原共有的有51属(属的共有率为58.6%)。长白山高山冻原与北美共有的维管植物有48种，其中有42种在北美北极冻原有分布(表3)，与北美北极冻原维管植物种的共有率为32.1%。长白山高山冻原与北美西北部(阿拉斯加)、北部以及格陵兰北极冻原维管植物共有种数和种的共有率分别为40种和30.5%、29种和22.1%、以及21种和16%。除共有种外，还有5个为长白山高山冻原与北美北极冻原同一种下对应的不同变种或亚种，如在长白山高山冻原有 *Lycopodium clavatum* var. *asiaticum*、*Festuca ovina* ssp. *o.*、*Anemone narcissiflora* var. *crinita*、*Potentilla nivea* var. *kamschatica*和*Vaccinium uliginosum* var. *alpinum*等，在

北美北极冻原则有 *L. c. var. monostachyon*、*F. o. ssp. alaskana*、*A. n. var. n.*、*P. n. ssp. chamissonis* 和 *V. u. var. u.* 等与之对应。除以上所述的共有种和对应变种或亚种外, 长白山高山冻原和北美北极冻原还有 7 种在形态特征上相似的种对。如在长白山高山冻原有 *Hedysarum ussuriense*、*Carex atrata*、*Zigadenus sibiricus*、*Androsace lehmanniana*、*Chrysosplenium kamtschaticum*、*Anthoxanthum nipponicum* 和 *Saxifraga takedana* 等, 而在北美北极冻原则有与之对应的 *H. alpinum*、*C. atratiformis*、*Z. elegans*、*A. chamaejasme*、*Ch. tetrandrum*、*A. odoratum* 和 *S. stellaris* 等。

四、讨论与结论

1. 长白山高山冻原维管植物区系的特点

(1) 特有成分繁多 长白山高山冻原论其面积虽然大约只有 160 km², 但特有成分非常丰富。迄今虽然在长白山高山冻原还未发现有特有属, 但维管植物特有种(包括亚、变种)有 17 个, 占总种数的 13%。长白山高山冻原维管植物特有种有: 高山乌头、白山毛茛、高山罂粟、长白卷耳、高山石竹、长白米努草、高山库页堇菜、长圆叶柳、多腺柳、长白柳、长白碎米荠、天池碎米荠、王氏虎耳草、长白老鹳草、长白高山芹、高山芹和假长嘴苔草。此外, 在长白山高山冻原有分布的长白乌头和绿叶东方草莓为长白山特有种。长白山高山冻原维管植物区系中存在着如此众多的特有种, 说明长白山高山冻原自第四纪最近一次冰期与现在的北极冻原分离后, 物种发生了强烈的分化, 致使许多新的类群不断产生。

(2) 区系独立性较强 长白山高山冻原维管植物具有较强的独立性, 是相对于长白山森林区系而言。长白山高山冻原 87 属维管植物中, 有扁枝石松、罂粟、米努草、高山蓼、岩高兰、天炉、松毛翠、云间杜鹃、仙女木、山莓草、岩黄耆、棘豆、嵩草、黄芩、发草、茅香、细柄茅、萝藦草、岩菖蒲、棋盘花和凹舌兰共 22 属在长白山仅分布于高山冻原, 约占总属数的 25.3%; 在长白山高山冻原 131 种维管植物中, 竟有高山扁枝石松、高山罂粟、长白卷耳、长白米努草、肾叶高山蓼、倒根蓼、珠芽蓼、长圆叶柳、多腺柳、长白柳、圆叶柳、长白碎米荠、天池碎米荠、扭果葶苈、东亚岩高兰、红果天炉、松毛翠、毛毡杜鹃、苞叶杜鹃、高山笃斯、长白红景天、堪察加金腰子、斑瓣虎耳草、宽叶仙女木、假雪萎萎菜、大花地榆、山莓草、长白棘豆、高山龙胆、白山龙胆、小米草、轮叶马先蒿、毛山菊、高山飞蓬、长白千里光、冻原苔草、嵩草、高山发草、羊茅、高山羊茅、高山三毛草、萝藦草和岩菖蒲等 70 种在长白山仅分布于高山冻原, 约占总数的 55%。因此, 长白山高山冻原在植被景观上具有较强的独特性, 在植物区系组成上具有较强的独立性。

(3) 北极-高山间断分布属种众多 长白山高山冻原维管植物区系温带性成分占绝对优势, 其中有很多属种呈北极-高山间断分布式。据统计, 长白山高山冻原 87 属维管植物中, 呈北极-高山间断分布式的就有高山蓼、岩高兰、天炉、松毛翠和仙女木等 6 属, 占总属数的 6.9%; 长白山高山冻原 131 种维管植物中, 呈北极-高山间断分布式的就有

高山扁枝石松、西伯利亚刺柏、肾叶高山蓼、珠芽蓼、双花堇菜、圆叶柳、松毛翠、山莓草和高山龙胆等39种;其中有25种为环北极-高山间断分布。此外,还有高山发草等4种呈亚北极-山地(或高山)间断分布式。长白山高山冻原呈北极-高山间断分布式和呈亚北极-山地(或高山)间断分布式的维管植物共约43种,约占长白山高山冻原维管植物总种数的32.8%。由此可见,长白山高山冻原与北极冻原维管植物区系间存在着密切的亲缘关系。

2. 长白山高山冻原植物区系的起源和演化

冻原植物区系的最初起源地意见很不一致。Engler(1872)认为冻原是在第三纪起源于北极地区;E. B. 吴鲁夫(1944)认为冻原是在第三纪起源于亚洲东北部〔从泰梅尔(Taimyr)向东到阿拉斯加(Alaska)]和格陵兰^[15];Yurtse(1972)认为冻原植物区系可能是在第四纪更新世从中亚的高原(highland of central Asia)和北美落基山脉演化出来的,吴征镒则认为北极-高山间断分布的植物可能是在第三纪或以前产生在欧亚大陆或整个古安加拉(Angarida)大陆的南方山地或高山而在第四纪冰期被赶到北极^[1,16]。由于长白山高山带的地质历史比较年轻,地貌轮廓直到第四纪全新世前后才基本奠定,长白山高山冻原植物区系只是在最近一次冰期之后的间冰期才由原先在冰期分布于低海拔的广大平地冻原分化而成;在此之前,北半球曾交替出现过几次冰期和间冰期,北极植物区系和北温带山地或高山植物区系曾不止一次地发生过交汇和分离。所以,在讨论长白山高山冻原植物区系的起源时,可以暂不考虑世界冻原植物区系的最初起源地。

现代所有冻原植物区系都是第四纪冰期以前的冻原植物区系在第四纪冰期和间冰期中经过反复的水平向(纬向、经向)迁移和垂直向(在山区)迁移以及反复的分合、合分之后才最终形成。在最近一次冰期之前的间冰期,冻原植物区系主要分布在北极地区。随着最近一次冰期的来临,气候逐渐变冷,分布于北极的冻原植物区系被迫向南迁移。过去一般认为,在最近一次冰期我国东部地区冻原分布的南界在 $43^{\circ}-44^{\circ}\text{N}$ ^[17-18],不会超过 42°N ^[18]。根据最近在辽宁省桓仁县发现的20多种典型冻原植物以及根据该地区在最近一次冰期的气候条件,本文作者认为最近一次冰期北极冻原在我国东部地区向南一直迁移到 41°N 左右^[7]。在最近一次冰期之后的间冰期(大约在距今12 000年左右),随着气候逐渐转暖,分布在我国东部地区的冻原或是由南向北或是由山下向山上回退或迁移。我国东部地区由于绝大部分山体受绝顶海拔高度限制,大部分冻原在向上迁移的过程中随着适生生境的消失而消失,只有长白山高山带因存在着适合冻原分布的冰缘环境,使得冻原在我国东部长白山高山带保存下来而成为‘孤岛’状分布,为我国增添了极地景观。所以,目前分布于长白山的高山冻原植物区系在最近一次冰川时期,与目前广布于北极(至少亚洲部分的北极)冻原植物区系为同一植物区系。大约在距今12 000年左右的第四纪全新世,长白山高山冻原才开始与北极冻原分别沿着垂向和纬向分道扬镳。因此,长白山高山冻原植物区系是于第四纪全新世起源于北极冻原,它现在作为北极冻原的一个残存‘片断’保留在长白山高山带。

应当指出,自第四纪全新世长白山高山冻原植物区系与北极冻原植物区系分离后,它们即被面积越来越大的茫茫林海所隔离,长白山高山冻原植物区系便开始走向独立发展的道路。长白山高山冻原在与北极冻原分离的过程中,伴随着老种的灭亡或分化以及

新种的形成过程,使得长白山高山冻原有不少维管植物虽然与目前分布在北极冻原的类群并不相同,但它们之间却存在着非常紧密的亲缘关系。长白山高山冻原部分维管植物可能是在第四纪冰川时期直接从北极种分化而成,或是与北极种有着共同的祖先。例如,仙女木(*Dryas octopetala*)的原变种(*D. o. var. octopetala*)和岩高兰(*Empetrum nigrum*)的原变种(*E. n. var. nigrum*)广泛分布于欧亚大陆和北美大陆的北极冻原且为北极冻原植被的主要建群变种,它们在长白山高山冻原分别有其变种——宽叶仙女木(*D. o. var. asiatica*)和东亚岩高兰(*E. n. var. japonicum*)。*Minuartia macrocarpa*的原变种(*M. m. var. macrocarpa*)广泛分布于亚洲和北美的北极冻原,在亚洲远东地区有着它的4个变种且均分布在彼此隔离的高山地带,而在长白山高山冻原有它的另一变种——长白米努草(*M. m. var. koreana*),且为长白山高山冻原所特有。*M. macrocarpa*这个种显然是在间冰期向北回退的过程中发生了较强烈的分化,以致使它在回退到不同纬度带时分化出不同的变种最终分别残留在不同纬度的高山(或山地)冻原中。分布在长白山高山冻原的高山罂粟(*Papaver pseudo-radicatum*)和斑瓣虎耳草(*Saxifraga takedana*, incl. *S. laciniata*)虽然与分布在北极冻原的*P. radicum*和*S. stellaris*从拉丁学名上看属于不同的种,但它们在形态特征上和对冰缘环境的适应性上分别与上述两个北极种非常相近,而与长白山(或东北地区,甚至整个中国)同属的其它植物相差极大,它们在发生上分别与上述两个北极种显然有着密切的亲缘关系。长白山高山冻原的这两种维管植物很可能是在冰期分别从上述两个北极种中分化而来。由于它们在形态特征上的高度相似,以致使早期的植物分类学家曾将产于长白山高山冻原的这两种误定为产于北极的种。例如,Komarov在1903年就将长白山高山冻原的*Saxifraga takedana*误定为北极的*S. stellaris*并发表,Kitagawa在1939年将长白山高山冻原的*Papaver pseudo-radicatum*误定为北极的*P. radicum*开发表。不过,长白山高山冻原有些种与相应的北极种在形态特征上的确差别甚微,以致有些分类学家主张将长白山高山冻原的某些种作为某些北极种的种下等级类群。如Kitagawa在1979年将长白山高山冻原的*P. pseudo-radicatum*作为北极冻原*P. radicum*的变种,即*P. radicum* var. *pseudo-radicatum*。由此可见,长白山高山冻原与北极冻原植物区系之间存在着千丝万缕的联系。

参 考 文 献

- [1] 吴征镒等:中国植被, 82-142页, 科学出版社, 1980年。
- [2] 钱家驹、张文仲:长白山高山冻原植物的调查研究简报, 森林生态系统研究, 1, 1980年。
- [3] 黄锡畴等:长白山北侧的自然景观带, 地理学报, 25(6), 1959年。
- [4] 黄锡畴:欧亚大陆东部高山苔原的南缘, 地理科学, 4(4), 1984年。
- [5] 黄锡畴、李崇皓:长白山高山苔原的景观生态分析, 地理学报, 39(3), 1984年。
- [6] 钱 宏:长白山种子植物区系地理分析, 地理科学, 9(1), 1989年。
- [7] 钱 宏:长白山高山冻原——植物分类、植物区系、植物生态, 生态学进展, 6(3), 1989年。
- [8] Lewejohann K. and H. Lorenzen: Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd 96, S. 591-634, 1983.
- [9] Ukraintseva V. V. and Yu. R. Kozhevnikov: Vegetation cover in the area of the Taimyr mammoth find, Bot. Zh. (Leningrad), 66, p. 987-992, 1981 (In Russian).
- [10] Matveyeva N. N.: Two trips to the Big Begichev island (A brief outline of the flora and vegetation), Bot. Zh. (Leningrad), 65, p. 1543-1559, 1980 (In Russian).
- [11] Kozhevnikov Yu. R.: Flora and environments of the Telekaj Grove and its surroundings (Central

- Chukotka), Bot. Zh.(Leningr.), 59, p.502-519, 1974 (In Russian).
- [12] Yurtsev B. A. et al.: Interesting floristic finds in easternmost Chukotka Peninsula, Bot. Zh. (Leningr.), 57, p.765-778, 1972 (In Russian).
- [13] Hulten E.: Flora of Alaska and Yukon, 1-10, Lund, C. W. K. Gleerup, 1942-1950.
- [14] Hulten E.: Flora of Alaska and Neighboring territories, Stanford University Press, Stanford, California, 1968.
- [15] E. B. 吴鲁夫著(仲崇信等译): 历史植物地理学, 364-385页, 科学出版社, 1964年。
- [16] 吴征镒、王荷生: 中国自然地理——植物地理(上册), 29-103页, 科学出版社, 1983年。
- [17] 崔之久、谢又予: 论我国东北、华北晚更新世晚期多年冻土南界与冰缘环境, 地质学报, (2), 1984年。
- [18] 赵景波: 华北区平原带第四纪植被类型及其气候意义, 地理科学, 6(2), 1986年。

FLOROGEOGRAPHY OF VASCULAR PLANTS IN ALPINE TUNDRA OF THE CHANGBAI MOUNTAIN

Qian Hong

(*Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing*)

Key words: Florogeography; Vascular plants; Alpine tundra; The Changbai Mountain

ABSTRACT

The alpine tundra of the Changbai Mountain is situated in $41^{\circ}53' - 42^{\circ}04'N$, $127^{\circ}57' - 128^{\circ}11'E$, 1950(2000)-2749.2m above sea level. There are 87 genera (gen). and 131 species (sp.) of vascular plants in the alpine tundra. Among them, 19 gen. belong to Cosmopolitan Distribution Type(DT), 58 gen. and 39 sp. to North Temperate DT, 4 gen. and 9 sp. to E. Asia and N. America DT, 2 gen. and 6 sp. to Old World (Eurasia) Temperate DT, 4 gen. and 7 sp. to Temperate Asia DT, and 70 sp. to E. Asia DT, 81 gen. and 58 sp. are shared with arctic tundra of Europe, of which, 68 gen. and 27 sp. are shared with the arctic tundra of Europe; 66 gen. and 51 sp. are shared with the arctic tundra of Asia; and 80 gen. and 42 sp. are shared with the arctic tundra of N. America. The main features of alpine tundra flora are 1) endemic floristic elements (17 sp. of vascular plants endemic to alpine tundra) are abundant, 2) floristic independence (22 gen. and 70 sp. of vascular plants limited in alpine tundra) is great (strong), 3) arctic-alpine floristic elements (6 gen. and 43 sp.) are rich. The flora of the alpine tundra in the Changbai Mountain originated from the arctic tundra during the Holocene of the Quaternary (about 12000 years ago).

景观生态学的发展及其前景

景 贵 和

(东北师范大学地理系, 长春)

地理科学 10(4), p293, 参19, 1990

本文探讨了景观生态学的概念, 论述了世界各国该学科发展过程特别是近10年的迅速发展状况, 介绍了有关景观生态学的理论成果与理论基础, 最后作者指出景观生态学的前景应加强理论原理、研究方法与应用技术的研究。

地图、遥感与信息系统综合新体系

——祝贺陈述彭教授70寿辰

傅 肃 性

(中国科学院 地理研究所, 北京)
国家计委

地理科学 10(4), p303, 1990

本文回顾了陈述彭教授在地图学、遥感技术应用及信息系统研究等方面所进行的科学探索, 以及对我国地理科学的发展所作出的巨大贡献。

试论中国气候区划

陈 明 荣

(西北大学地理系, 西安)

地理科学 10(4), p308, 图1, 表8, 参10,
1990

本文所作的中国气候区划, 采用等效积温作为第一级温度带指标, 干燥度作为第二级干湿气候型指标。区划结果表明, 等效积温指标在高原和平原有较好的一致性。

长白山高山冻原维管植物区系地理

钱 宏

(中国科学院植物研究所, 北京)

地理科学 10(4), p316, 表3, 参18, 1990

本文将长白山高山冻原87属131种维管植物划分成各种区系地理成分, 将长白山高山冻原维管植物区系分别与欧洲、亚洲和北美北极冻原进行了对比分析, 提出了在最近一次冰期北极冻原在中国东部南迁到41°N左右的观点, 认为长白山高山冻原植物区系是在第四纪全新世从北极冻原演化而来。

广东省丰顺县农业合理用地结构初步研究

申 元 村

(中国科学院地理研究所, 北京)

尚 佳 莉

(中国科学院综合考察委员会, 北京)

地理科学 10(4), p326, 表17, 1990

本文以广东省丰顺县为例, 就县级农业合理用地结构的研究方法、研究内容和步骤等进行探讨, 最后提出了可能的发展前景。

东北地区地表面辐射平衡

李 广 杰

(山东社会科学院, 济南)

地理科学 10(4), p338, 图4, 表4, 参14,
1990

本文利用东北地区9个日射站、3个探空站的实测资料, 建立了计算该区域总辐射和冷季各月地表反射率的经验公式, 确定了M.E.别尔采德有效辐射经验公式中的云减弱系数, 对东北地区辐射平衡各分量进行了细致计算。在此基础上, 探讨了东北地区地表面辐射平衡的分布规律及其成因。