

长白山高山苔原的景观生态分析*

黄锡畴 李崇禧

(中国科学院长春地理研究所)

一、前 言

山地自然景观呈垂直分异,由基带随山体升高,依次出现一系列与较高纬度相应的自然景观类型。每个山地的垂直带结构类型取决于所在的地理位置。

山地达到一定高度,就出现森林界线。林线的高度随山体所在的纬度和海陆关系的位置呈有规律的变化。世界各地林线以上和雪线以下的无林带,在自然景观和植被方面存在各种不同类型,但由于研究还很不充分,因而对有的类型命名,含意不够确切。如日本文献不分类型泛称高山带。欧美文献很多泛称高山苔原带。苏联文献对其境内山地林线以上无林景观分为高山草甸、高山草原、高山荒漠和高山苔原等。我们曾把欧亚大陆温带山地西起阿尔卑斯,东止北海道诸山地的高山景观分为高山草甸、高山草原和高山苔原三种类型^[1]。从全球来看还存在着其他类型。如我国西藏高原上的寒漠景观、南美安第斯山和中非赤道带山地高山带的帕拉莫(Paramos)都是一些特殊类型。

关于长白山林线以上高山无林带也有过不同类型命名。1959年我们确定为高山苔原^{[2],[3][11]},作了首次报道,这一类型概念后为学术界广泛引用^{[4],[5]}。它是我国唯一典型的苔原自然景观,这就为我国本来极为绚丽多姿、丰富多彩的自然景色又增添了极地景观类型。二十多年来,科学工作者进一步作了深入研究^{[6],[7],[8],[9]}。近年来,我们还对高山苔原的生态化学作过研究报告^{[10],[11],[12]}。

根据我们多年调查研究,本文就长白山高山苔原景观生态,作一综合分析。

二、生态环境

关于平原苔原和高山苔原以及高山草甸之间的关系,一些学者有过研究报告。

高山苔原和平原苔原在生态气候条件、生态环境以及植物群落的特性上都有很多相似之处,如植被组成主要以灌木、小灌木、苔藓、地衣占优势,此外还有多年生的草本植物,而一年生的草本植物非常少,植物的生物、生态学上都有很多共同的地方,这表明两者在发生学上的联系性。欧亚大陆山地苔原主要分布在东北部和东海岸,一方面是由于地质历史上的冰川作用,另一方面则与北太平洋季风气候有关,正是由于这种影响,使它分布

* 藓类植物标本承高谦、郑萱凤同志鉴定。地衣标本承胡玉琛同志鉴定。田兰馨、易富科同志协助植物组织解剖,特致谢忱。参加野外工作的还有朱颜明、富德义、孟宪玺、余中盛和刘景双等同志。

1) 黄锡畴、郎惠卿,长白山高山苔原的初步观察,1960年全国地理学术会议论文。

到纬度很低的地方。长白山、朝鲜北部山地、日本北海道诸山地成为亚洲大陆东部高山苔原分布的南界^{[1],[2]}。

长白山高山苔原带,由于孤山突起,冬季严寒漫长,夏季凉爽短暂,春季寒冷,常年气温低、湿度大、多雾、多大风,降水季节分配不均衡,多集中在夏季等因素,综合地形成了苔原型生态气候条件,而不是某一气候因素起作用。据天池气象站(海拔 2670 米)20 多年观测资料,高山苔原上部,一年中平均气温负温达 8 个月,年平均气温仅 -7.3°C 。一月最冷,平均气温达 -24°C ,七月最热,也仅 8.7°C 。几乎全年无夏,年极端最低气温达 -44°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温只有 117°C ,在下部可达 $300-500^{\circ}\text{C}$,上部无霜期仅 60 天。

长白山地区降水丰沛,是东北地区雨量最多的中心。高山带年平均降水量在 1400 毫米以上,最多时可达 1800 毫米以上。降水多集中在夏季,6 月至 9 月占全年降水量的 70%,冬季降水仅为全年的 10%。积雪时间长达 6 个多月,积雪厚达 2—4 米。夏季在阴坡的沟谷中仍可见有积雪斑。高山带湿度大,年平均相对湿度达 74%,阴雨天可达 85%。这里多雾,全年雾日可达 260 多天。在高山苔原带广泛分布多年冻土。冻结层离地表不深。高山带地势开敞,常年多风,尤其是冬春多大风,全年平均风速 11.7 米/秒,风速大于 17 米/秒的大风日可达 260 多天,并常有 40 米/秒的大风出现。上述低温、潮湿、风大的生态气候条件不宜树木生长,只能生长植株矮小的小灌木和苔藓、地衣。它们匍匐爬地生长,构成了紧密的地毯状的冷湿型苔原植被。整个植被则随海拔升高,植株越趋矮小,总盖度越来越小。风大不仅增加蒸发作用,也增强了植物的蒸腾作用。因此,在春季时对植物形成了生理干旱条件。积雪具有重要的生态意义,由于雪中温度条件较好,对植被起了保护作用,可使植物免受冻害和风的影响,雪盖还影响了植物的外形。春季融雪时由于土壤湿度增加,有利于苔藓、地衣、小灌木的生长。

高山苔原生长期很短,植物能进行营养的日期一般只有六、七十天。生长期温度低,只有 8°C 左右,有时可降至 0°C 以下。这对植物组织有害,同时也影响光合作用和物候发育,营养和吸收水分。

苔原地带的大气候条件决定了苔原的植被类型,而近地层和植被层的小气候环境则又有利于苔原植物的生长。在苔原地带植被层温度通常高于气温。当气温只有 0°C 时,地表就已融化达 0.5 米,这时植物也已经复苏,开始生长。夏季时由于白昼日照长,植被层温度可比气温高出 10°C 以上,这对矮小的苔原植物生长特别有利^[3]。在长白山高山苔原夏季里植被层温度可比气温高出 $10-20^{\circ}\text{C}$,因此,近地层的小气候环境有利于植物的生长。据观测,夏季时,白天近地层 15 厘米的气温比 60 厘米、150 厘米高度的气温高。夜间则相反。夏季晴天时,气温上升很快,最大每小时可升高 4.5°C 。上午 11 时气温最高,15 厘米处为 16.2°C ,60 厘米处为 12.3°C ,150 厘米处为 11.0°C 。夜间由于地面辐射冷却,出现辐射逆温,同时相对湿度增大而形成辐射雾。植被层温度的变化与气温、地表温度的变化规律一致,但其变幅要大些;植被层日温最高可达 32.2°C ,最低只有 3.6°C ^[4]。总之,在高山苔原带夏季近地层的小气候直接影响和决定植物生长。近地层温度较高,加上风大,制约着植株的高度;近地层湿度大,水汽凝结物丰富,也为植物生长发育创造了有利的水分条件,促使植物根系发达等。

从上述看到,这里强烈的大陆性高寒季风气候和强烈的物理风化作用,加之高山带发

育许多火山地貌和冰缘地貌形态和特征,这对植物群落分布和土壤发育有密切关系。如在苔原带下部火山锥体斜坡上广泛发育的阶梯状高夷平阶地,就是在多次喷发熔岩流所形成的原构造面基础上,经长期寒冻夷平作用形成的。由于长期融冻作用和寒冻作用相互交替,致使苔原带的植被发生蠕动;冻胀、冻裂等作用进而形成了独特的多边形土、小草丘等微地貌。在苔原带上部由于强烈的寒冻风化作用则形成了石多边形、石海、石河等冰缘地貌形态。这里植被越趋稀疏、矮小,是石质苔原分布的地段。由于冰雪作用,还形成一些雪蚀洼地、雪蚀槽谷等,这里积雪深厚、积雪时间较长、融化过程漫长,因而在这些低洼部位,湿度大、水分条件较好,生长着一些适应湿度大的植物。

高山苔原带的土壤是一种特殊土壤。我们曾指出,它的形成过程与高山草甸的成土过程不同,不是生草成土过程,而是泥炭潜育成土过程。它具有表层泥炭化和腐殖质的累积,土体的潜育化,成土年龄较短以及土壤的粗骨性、薄层性和分层不明显等特征,因而为山地苔原土。这一概念早已为学术界引用。《长白山的苔原土》一文作者也指出,长白山高山苔原带的土壤表层有薄的泥炭层和较强的潜育化特征,它既非沼泽土,也非草甸土,更区别于森林土壤,而为苔原土的山地分布型。该作者并根据土壤的剖面形态、结构和发育特点,划分为原始石质苔原土、苔原土和灌丛苔原土^[15]。

高山苔原带的生态环境单调而严峻,动物种类极为稀少,这里没有大型脊椎动物。对这里的动物界研究也很不充分。据报道,在这里定居的只有鼠兔 (*Ochotona alpina*)、领岩鹀 (*Prunella collaris*)、白腰雨燕 (*Apus pacificus*) 等少数几种。盛夏时可遇到马鹿 (*Cervus elaphus*)、黑熊 (*Selenarctos thibetanus*) 等到苔原带来避暑纳凉^[16]。

三、植物群落

由于生态环境严峻,苔原中不能生长树木。关于极地苔原无林的原因有种种假说,归纳起来有下述几种:由于个别气候因素,如冬季严寒,夏季气温低,热量不足且空气相对湿度高;冷湿的北风、春化期短,植物来不及形成其生长必须的组织。在土壤方面,无林原因在于冬季时枯枝水分很快蒸发,不能保持植物生存必需的条件而导致树木死亡。还有一种意见认为,由于夏季短,土壤达不到一定温度,热量不平衡,造成生理干旱。很多学者则认为苔原无林是由于存在永冻层,土壤沼泽化,影响树木根系生长等。

长白山高山苔原带不生长乔木是由于冬季漫长酷寒、风大;暖季气温不高,土壤冻结时间长,加上春季低温,降水少而蒸发大等因素综合所致的。

高山苔原带的植物群落具有下列特点:

1. 无林 在高山苔原带,乔木不能正常生长,只有个别矮小的岳桦沿沟谷楔入;个别落叶松、鱼鳞松在林缘以上苔原带下部呈灌丛状生长;在苔原带西侧,沿溪沟则分布有个别呈灌丛状的赤杨。

2. 植物种类不多 高山苔原植物群落种类组成不多,共有高等植物 69 种,分属 52 属、21 科^[6]。有人调查,组成长白山高山苔原的植物共有维管束植物 167 种(亚种、变种、变型),隶属 102 属、35 科,其中菊科 20 种,占首位;其次为莎草科、禾本科;再其次为杜鹃花科和石竹科^[9]。

多年来,我们共采集到维管束植物有 110 多种,隶属 79 属、31 科,其中建群种有九种,以杜鹃花科为主,共五种,占建群植物的 55.6%;蔷薇科、莎草科、罂粟科、蓼科、各一种,占建群植物的 44.4%。建群植物中以小灌木为主,占 66.6%;草本植物次之,占 33.3%。在苔原植物群落组成中占重要地位的藓类和地衣,据我们采集和初步鉴定的有藓类 27 种,隶属于 15 属 11 科,其中有 5 种是优势种和建群种。在群落中常见的地衣有 8 种,组成建群种的则只有几种石蕊 (*Cladonia rangiferina*、*Cladonia stellaris*、*Cladonia gracilis*)。

3. 群落结构简单 尽管植物的种类不少,由于它们的高度相差很小,所以植被层次简单,一般只有灌木层和苔藓、地衣两层。灌木层比较明显,高约 8—22 厘米,其高度随海拔升高而变矮,总盖度越来越小,植株个体数也越来越少。灌木层建群种类很少,通常只有 1—2 种或 2—3 种。苔藓地衣在植被总盖度中的比例随海拔高度增大而逐渐增加,局部地段几乎形成纯群落。

4. 植物群落生活型 在长白山高山苔原带,一年生植物只有少数种类能正常地完成生长发育过程,因而多年生植物占优势,但地面芽植物种类最丰富,其次为地上芽植物。

表 1 苔原植物群落和我国其他群落类型的生活型谱
Tab. 1 Comparison of biological spectrum between tundra and some plant communities in China

生活型占的百分数 群落类型	生活型的名称	高位芽植物	中位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	地下芽植物	一年生植物	资料来源
		PH	N	CH	H	G	TH	
平原苔原		0	0	24	66	12	0	[17]
长白山高山苔原		—	—	18.19	70	—	—	[6]
		0	8.0	16.7	52	19.8	3.1	[9]
		—	—	31.5 29.97	59.38 42.74	15.34 27.05	—	*
			5.5	20	47.3	23.6	3.6	本文作者
热带雨林(云南西双版纳)		94.7	0	5.3	0	0	0	[17]
亚热带常绿阔叶林(云南东南部)		74.3	0	7.8	18.7	0	0	[17]
温带落叶阔叶林(秦岭北坡)		52.0	0	5.0	38.0	3.7	1.3	[17]
寒温带暗针叶林(长白山西南坡)		25.4	0	4.4	39.6	26.4	3.2	[17]
温带草原(东北)		3.6	0	2.0	41.0	19.0	33.4	[17]

* 于同棠,长白山北坡生态环境与植物分布的关系,河北师大地理系。油印稿,1979。

从植物群落生活型谱看,高山苔原与极地平原苔原很相似,而同其他植物群落有明显差别(见表1)。

5. 区系成分多种多样 高山苔原植物区系包括极地区系、西伯利亚区系、广布种和长白山特有种。以极地区系成分为主的特征,与极地苔原很相似,如宽叶仙女木 (*Dryas octopetala* var. *asiatica*)、松毛翠 (*Phyllodoce caerulea*)、苞叶杜鹃 (*Rhododendron redowskianum*)、毛毡杜鹃 (*Rhododendron confertissimum*)、笃斯越桔 (*Vaccinium uliginosum*)、圆叶柳 (*Salix rotundifolia*)、高山罂粟 (*Papaver pseudo-radicatum*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 等。藓类植物有大皱蒴藓 (*Aulacomnium turgidum*)、长毛砂藓 (*Rhacomitrium lanuginosum*)、拟垂枝藓 (*Rhytidiadelphus triquetrus*) 等。地衣植物有石蕊 (*Cladonia rangiferina*)、雀石蕊 (*Cladonia stellaris*)、冰岛衣 (*Cetraria islandica*) 等。植物区系成分的这种特征也是高山苔原带命名的重要依据之一。

我们按海拔高度、坡向、地貌特征、土壤条件和植物群落结构等把高山苔原划分为 4 个类型 15 个群落(见表 2)。

表 2 高山苔原植物群落

Tab. 2 Plant community group of alpine tundra

植被类型	群落名称	主要植物组成	说 明
小 灌 木 地 衣 苔 原	笃斯越桔、毛毡杜鹃、拟垂枝藓群落	笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 毛毡杜鹃 (<i>Rhododendron confertissimum</i>) 粗叶拟垂枝藓 (<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>) 假长咀苔草 (<i>Carex pseudo-longerostrata</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloe alpina</i>) 细柄茅 (<i>Ptilagrostis mongholica</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 高岭凤毛菊 (<i>Saussurea alpicola</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaris</i>) 拟垂枝藓 (<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>) 拟白发藓 (<i>Paraleucobryum enerve</i>)	这一类型分布在苔原带下部,海拔 2000—2200 米间。其特点主要以小灌木和地衣占优势,但混有少量草本和藓类植物。 分三个群落,主要分布于平缓地形部位。土壤为灌丛苔原土或泥炭化苔原土,土层较厚,可达 40 厘米,有机质层厚 5—8 厘米,泥炭化明显。
	笃斯越桔—地衣—拟垂枝藓群落	笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>) 牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aurcum</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 单花罗蒂 (<i>Lloydia serotina</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 越桔 (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloe alpina</i>) 大苞柴胡 (<i>Bupleurum satudintze</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaris</i>) 拟垂枝藓 (<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>)	

表 2 (续)

植被类型	群落名称	主要植物组成	说 明
	牛皮杜鹃、笃斯越桔群落	牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aureum</i>) 笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 松毛翠 (<i>Phyllodoce caerulea</i>) 高山凤毛菊 (<i>Saussurea alpina</i>) 小叶樟 (<i>Deyeuxia angustifolia</i>) 山岩黄耆 (<i>Hedysarum ussuriense</i>) 长白蔘斗菜 (<i>Aquilegia japonica</i>)	
小 灌 木 藓 类	苞叶杜鹃、毛毡杜鹃—大皱蒴藓地衣群落	苞叶杜鹃 (<i>Rhododendron redowskianum</i>) 毛毡杜鹃 (<i>Rhododendron confertissimum</i>) 大皱蒴藓 (<i>Aulacomnium turgidum</i>) 粗叶拟垂枝藓 (<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala var. asiatica</i>) 笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 高岭凤毛菊 (<i>Saussurea alpicola</i>) 长白地杨梅 (<i>Luzula sudetica</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaris</i>) 冰岛衣 (<i>Cetraria islandica</i>) 细毛苔草 (<i>Carex sedakowii</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 拟垂枝藓 (<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>) 长毛砂藓 (<i>Rhacomitrium lanuginosum</i>)	小灌木—藓类—地衣苔原,主要分布在苔原带中部,海拔2200—2400米。与上一类同为典型的小灌木苔原,分布面积广,是苔原带主要组成部分。分布于高夷阶地和缓坡上。由于坡向、海拔高度以及微地貌变化,有不同植物群落。总的讲,植被覆盖度大,可达100%,几乎全部覆盖地面,呈地毯状,由于群落建群种类不多,有时一个群落所占面积不大,群落间过渡不明显,镶嵌性很强。土壤为典型山地苔原土,腐植质层较厚,泥炭化现象,土体有潜育化现象,由于微域变化,土层厚薄也不一。
地 衣 苔 原	苞叶杜鹃、宽叶仙女木、泥炭藓、地衣群落	苞叶杜鹃 (<i>Rhododendron redowskianum</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala var. asiatica</i>) 松毛翠 (<i>Phyllodoce caerulea</i>) 毛毡杜鹃 (<i>Rhododendron confertissimum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 高岭凤毛菊 (<i>Saussurea alpicola</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloe alpina</i>) 轮叶马先蒿 (<i>Pedicularis verticillata</i>) 高山景天 (<i>Sedum roseum</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaris</i>) 细石蕊 (<i>Cladonia gracilis</i>) 冰岛衣 (<i>Cetraria islandica</i>) 泥炭藓 (<i>Sphagnum sp.</i>) 钩枝镰刀藓 (<i>Drepanocladus uncinatus</i>) 拟白发藓 (<i>Paraleucobryum enerve</i>)	

表 2 (续)

植被类型	群落名称	主要植物组成	说 明
	松毛翠, 牛皮杜鹃群落	松毛翠 (<i>Phyllodoce caerulea</i>) 牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aureum</i>) 小白花地榆 (<i>Sanguisorba parviflora</i>) 长白楼斗菜 (<i>Aquilegia amurensis</i>) 黑穗苔草 (<i>Carex atrata</i>) 斑点虎耳草 (<i>Saxifraga punctata</i>) 高山景天 (<i>Sedum roseum</i>) 倒根蓼 (<i>Polygonum ochotense</i>) 高山羊茅 (<i>Festuca subalpina</i>) 木茎山金梅 (<i>Sibbaldia procumbens</i>)	
	宽叶仙女木、毛毡杜鹃、长毛砂藓群落	宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala var. asiatica</i>) 毛毡杜鹃 (<i>Rhododendron confertissimum</i>) 苞叶杜鹃 (<i>Rhododendron redowskianum</i>) 单叶萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 嵩草 (<i>Kobresia bellardii</i>) 假长咀苔草 (<i>Carex pseudo-longerostrata</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloe alpina</i>) 细柄茅 (<i>Ptilagrostis mongolica</i>) 笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 细毛苔草 (<i>Carex sedakowii</i>) 长毛砂藓 (<i>Rhacomitrium lanuginosum</i>) 垂枝藓 (<i>Rhytidium rugosum</i>) 格兰兰曲尾藓 (<i>Dicranum groenlandicum</i>) 金发藓 (<i>Polytrichum sp.</i>)	
	宽叶仙女木、牛皮杜鹃、长毛砂藓、地衣群落	宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala var. asiatica</i>) 牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aureum</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloe alpina</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 高山白头凤毛菊 (<i>Saussurea triangulata var. alpina</i>) 大苞柴胡 (<i>Bupleurum tatudintze</i>) 细毛苔草 (<i>Carex sedakowii</i>) 假长咀苔草 (<i>Carex pseudo-longerostrata</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 细柄茅 (<i>Ptilagrostis mongolica</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaris</i>) 细石蕊 (<i>Cladonia gracilis</i>) 冰岛衣 (<i>Cetraria islandica</i>) 长毛砂藓 (<i>Rhacomitrium lanuginosum</i>) 格林兰曲尾藓 (<i>Dicranum groenlandicum</i>) 泥炭藓 (<i>Sphagnum sp.</i>)	
	苞叶杜鹃、宽叶	苞叶杜鹃 (<i>Rhododendron redowskianum</i>)	

表 2 (续)

植被类型	群落名称	主要植物组成	说 明
	宽叶仙女木、长毛砂藓地衣群落	宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>) 笃斯越桔 (<i>Vaccinium uliginosum</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 高山凤毛菊 (<i>Saussurea alpina</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 细毛苔草 (<i>Carex sedakowii</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 雀石蕊 (<i>Cladonia stellaria</i>) 细石蕊 (<i>Cladonia gracilis</i>) 冰岛衣 (<i>Cetraria islandica</i>) 长毛砂藓 (<i>Racomitrium lannuginosum</i>) 砂藓 (<i>Racomitrium canescens</i>) 垂枝藓 (<i>Rhytidium rugosum</i>)	
	松毛翠、牛皮杜鹃、长毛砂藓、地衣群落	松毛翠 (<i>Phyllodoce caerulea</i>) 牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aureum</i>) 圆叶柳 (<i>Salix rotundifolia</i>) 苞叶杜鹃 (<i>Rhododendron redowskianum</i>) 石松 (<i>Lycopodium clavatum</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 高山茅香 (<i>Hierochloa alpina</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 黑穗苔草 (<i>Carex atrata</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 细石蕊 (<i>Cladonia gracilis</i>) 长毛砂藓 (<i>Racomitrium lanuginosum</i>)	
草本—小灌木苔原	嵩草宽叶仙女木群落	嵩草 (<i>Kobresia bellardii</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>) 高山罂粟 (<i>Papaver pseudo-radicatum</i>) 细毛苔草 (<i>Carex sedakowii</i>) 长白景天 (<i>Sedum roseum</i> var. <i>tschangbaischanicum</i>) 倒根蓼 (<i>Polygonum ochotense</i>) 轮叶马先蒿 (<i>Pedicularis verticillata</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 冻原苔草 (<i>Carex sirounensis</i>) 长白米芨草 (<i>Minuartia macrocarpa</i>) 高山凤毛菊 (<i>Saussurea alpina</i>) 石蕊 (<i>Cladonia rangiferina</i>) 砂藓 (<i>Racomitrium canescens</i>)	本类型分布于 2400—2600 米之间,它的特点是草本植物明显增加,小灌木逐渐减小,且一些典型苔原小灌木如苞叶杜鹃、笃斯越桔、越桔、松毛翠已分布不到这些高度上。植被随高度和坡度变化逐渐变稀疏,土壤层也越来越薄。

表 2 (续)

植被类型	群落名称	主要植物组成	说 明
	嵩草群落	嵩草 (<i>Kobresia bellardii</i>) 宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>) 轮叶马先蒿 (<i>Pedicularis verticillata</i>) 多腺柳 (<i>Salix polyadenia</i>) 圆叶柳 (<i>Salix rotundifolia</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 倒根蓼 (<i>Polygonum ochotense</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 高山罂粟 (<i>Papaver pseudo-radicatum</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 岩菖蒲 (<i>Tofieldia nutans</i>) 高山凤毛菊 (<i>Saussurea alpina</i>) 砂藓 (<i>Racomitrium canescens</i>)	
	高山罂粟、倒根蓼群落	高山罂粟 (<i>Papaver pseudo-radicatum</i>) 倒根蓼 (<i>Polygonum ochotense</i>) 毛山菊 (<i>Chrysanthemum zawadzki</i> var. <i>alpinum</i>) 长白景天 (<i>Sedum roseum</i> var. <i>tshangbaischanicum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 高山龙胆 (<i>Gentiana algida</i>) 珠芽蓼 (<i>Polygonum viviparum</i>) 单花萝藦 (<i>Lloydia serotina</i>) 紫花羊茅 (<i>Festuca rubra</i>) 嵩草 (<i>Kobresia bellardii</i>) 长白米努草 (<i>Minuartia macrocarpa</i>) 高山景天 (<i>Sedum roseum</i>) 地图衣 (<i>Rhizocarpon geographicum</i>) 砂藓 (<i>Racomitrium canescens</i>) 钩枝藓 (<i>Drepanocladus uncinatus</i>) 真藓 (<i>Bryum</i> sp.) 拟白发藓 (<i>Paraleucobryum enerve</i>)	
石质苔原		石质裸露, 植被稀疏, 盖度很小, 主要有毛山菊 (<i>Chrysanthemum zawadzki</i>) 高山罂粟 (<i>Papaver pseudo-radicatum</i>) 长白棘豆 (<i>Oxytropis anertii</i>) 圆叶柳 (<i>Salix rotundifolia</i>)	分布于苔原上部, 地面松散, 砂砾裸地面积较大, 植被覆盖占 5%—20%, 植株越趋矮小。冰缘地貌明显, 物理风化增加, 分布有石海, 多边石等。土壤层极薄, 多砾石为原始苔原土, 有的没有形成土壤。
草甸或草甸化苔原		群落面积不大, 在整个苔原带中所占比例很小, 群落较单一, 由阔叶草本植物组成如: 大白花地榆 (<i>Sanguisorba sitchensis</i>) 长白糙斗菜 (<i>Aquilegia japonica</i>) 单花橐吾 (<i>Ligularia jamesii</i>)	这一类型分布于沟谷槽谷地势低洼部分。故多积雪, 融雪后土壤湿度大, 有利于草本植物生长, 形成草原带内的草甸, 有人称草甸化苔原。 土壤为草甸土。

四、植物的生态特征

在长白山高山苔原带,植物具有适应特殊生态环境的生态—形态特征,现分述如下:

1. 植株个体矮小 由于高山气温低、风力大、多年生小灌木植株不高,地上部分仅10—20厘米(如仙女木、松毛翠、笃斯越桔、苞叶杜鹃等)。小灌木匍匐生长,茎干横卧紧贴于地面,其间有的或多或少隐藏于苔藓、地衣,主要是增大抗风能力,同时与近地面层和土壤层温度较高以及雪盖厚度有关。植物随着海拔增高,植株越趋矮小,两者间呈反相关关系。植株各年增长额不同,与春夏间的气候情况有关。我们观察到多阴雨天气和气温低的年份(如1983年)植株年度增长量比多晴天暖和的年份(如1979年)为小,表明植株年度增长量受当年春夏气温制约。

2. 植物生长缓慢 植株的茎部短缩,枝条粗糙,节间短,枝条增长很慢(如牛皮杜鹃(*Rhododendron aureum*)的茎每年仅增长1—1.5厘米左右),木质年轮狭窄紧密,所有这些生态特点都与生长期短及其他生态气候条件有关。

表3 长白山若干苔原植物生长情况

Tab. 3 Growing state of several tundra plants

植物名称	茎的直径(毫米)	年轮	资料来源
宽叶仙女木 (<i>Dryas octopetala</i> var. <i>asiatica</i>)	3—4	20—22	*
	3.8—4	20—22	**
苞叶杜鹃 (<i>Rhododendronum redowskianum</i>)	3—4	16—18	*
	2—2.5	12—13	[7]
牛皮杜鹃 (<i>Rhododendron aureum</i>)	4—5	6—9	*
	4—5	8—9	[7]
圆叶柳 (<i>Salix rotundifolia</i>)	4—5	8—10	*

* 张文仲,长白山高山植物,东北师大,油印稿,1979。

** 于同棠,长白山北坡生态环境与植被分布关系,河北师大,油印稿,1979。

我们采集圆叶柳茎粗13毫米,经解剖镜检年轮为33—35;平均年增长0.39—0.37毫米;1毫米粗的苞叶杜鹃的茎,年轮为7—9,平均年增长0.14—0.11毫米;长白柳(*Salix tschanbaisca*)1.5毫米的细茎,年轮为5—6,平均年增粗0.30—0.25毫米。这些植物的年增长量比在大兴安沼泽地中生长的落叶松(年增长量为1.16毫米)和长白山红松(年增长量为1.28毫米)都要小。

3. 根系发达 苔原植物根系浅而发达,一般根系比地上部分长8—10倍。如牛皮杜鹃高20—25厘米,新茎直立,多年老茎呈匍匐状伸展,匍匐茎上常常生长出许多不定根,在地表盘根错节,形成一个网状覆盖物,地下部分和伏地部分总长达180—250厘米。根系主要分布在表层5—15厘米处,并常常形成网状。根系浅而发达与土层不厚、土壤上层

温度较高、水分较充足有关。因此, 植株地下部分的生物量大于地上部分的生物量; 地上部分叶子的生物量又大于茎枝的生物量。据测定苔原灌丛的生物量只有混交林生物量的 1—5%。小灌木苔原的生物量为 15.35 吨/公顷, 其地上部分为 4.09 吨/公顷, 地下部分为 11.26 吨/公顷。石质苔原的生物量为 2.20 吨/公顷, 其地上部分为 0.24 吨/公顷, 地下部分为 1.96 吨/公顷^[18]。

4. 草本植物多呈丛生状和莲座状 植物叶子是植物赖以生存的重要器官, 为适应苔原的生态环境, 草本植物的叶子形成特殊的着生方式。由于植物嫩枝向上时, 被大风和缺乏有效水分所限制。因此, 草本植物不仅植株矮小, 而且根茎呈密丛状, 叶子密集于茎部成莲座状等, 如莎草科的嵩草和禾本科植物的叶呈丛生状。高山罂粟 (*Papaver pseudo-radicatum*)、虎耳草 (*Saxifraga laciniata*, *Saxifraga punctata*)、长白米努草 (*Minuartia macrocarpa*)、长白棘豆 (*Oxytropis anertii*)、轮花马先蒿 (*Pedicularis verticillata*) 等呈莲座状或座垫状。

5. 旱生形态特征 高山苔原虽有充足的水分条件, 但由于春季温度低、风力大等条件限制, 植物可吸收的水分少, 营养贫乏, 因而给植物造成生理性干旱环境。为适应这种生态条件, 许多植物具有明显旱生形态, 但它们不是旱生植物。如植物叶片有针状、鳞片状, 有革质化的表皮, 毛茸较多, 叶缘反卷, 气孔外部有毛茸保护, 还有叶子肉质化等。叶呈革质的, 即表面有厚的角质层, 如牛皮杜鹃、苞叶杜鹃等; 叶背面密生绒毛的, 如仙女木的叶子背面有白色绒毛。有的植物的叶片叶面缩小, 呈针状反卷, 如松毛翠的针状硬叶呈半卷。叶呈肉质的如长白景天、纯针瓦松等。经解剖观察表明, 叶子虽具有较紧密而多的栅栏组织, 上表皮细胞较厚或气孔下陷的特征, 类似旱生植物, 但同时具有较大的气孔, 叶子细胞也大于旱生植物。因此, 从外部形态和内部结构看, 高山苔原植物是具有寒旱生特征的冷湿生植物。

6. 营养期短 高山苔原植物为多年生植物, 由于生长期短, 因此, 具有短期内完成生活史的能力。一些不落叶小灌木因有越冬叶子, 是储存春季生长时所需养料的器官, 这样就可以免去发叶时养料的消耗, 同时能够早些开始进行光合作用, 延长光合作用时间。有的花芽在前一年形成, 第二年开花后形成果, 如牛皮杜鹃等。在平原苔原也相类似, 如在格林兰的苔原, 有半数植物的花芽是在前一年形成而在第二年暖季开花的^[13]。

7. 花朵大、色泽鲜艳 高山苔原日照充足, 紫外光强。这里光照强度 (8 月初无云天气上午实测为 63000 勒克斯) 比针阔混交林高 (同一时间为 58000 勒克斯)^[19]。许多植物的花朵 (与整个植株相比) 很大, 色泽鲜艳。如开黄色大花的高山罂粟; 开黄白色花的牛皮杜鹃; 开白花的仙女木; 苞叶杜鹃和松毛翠的花是桃红色和红色的; 长白棘豆和龙胆的花是紫色的。由于植物营养期短, 所以花期物候逐年都比较接近, 七月上中旬这里百花盛开, 在多晴天暖和的年份, 花开得比春夏间多, 阴冷天气的年份更为繁盛。在短促的夏季里, 百花齐放、万紫千红, 相互争艳, 幽美的草态花容, 衬托着远处的白色积雪斑, 在蔚蓝的晴空下, 高山苔原构成了一幅绚丽多彩的图景, 赢得了富有诗意的“高空花园”的美名。

高山苔原植物的其他一些生态特点, 如生态幅度、生态系列, 物候等同生境、海拔高度等都有密切关系。如能适应干旱, 贫瘠, 石质生境的高山罂粟、珠芽蓼、长白棘豆等的生态幅度大; 而苞叶杜鹃、毛毡杜鹃、松毛翠、越桔等则生态幅度要小些。在物候上则往往同一

种植物因海拔高度和生境不同可同时处在不同的物候期。如仙女木在苔原带的下部已花谢或结果,在上部则刚刚开花。同上述植株高矮一样,这也是受垂直分异所制约。

五、结 语

1. 高山苔原具有积极的生态意义

由于长白山是座休眠火山,山顶部分主要由火山喷出物覆盖,而高山物理风化强烈,地表物质疏松,雨水冲刷,侵蚀和流失都很严重,而密致的灌丛植被及其残落物覆盖和保护着整个地表,且地毯式的植被具有很大的吸水性能,对涵养水源和防止水土流失起着不可估量的作用。苔原植被不仅保护着高山无林带,同时也保护着整个森林生态系统,因此,必须加强保护。

2. 高山苔原具有重要的科学意义

我国地处中纬度,不存在平原苔原,这里是我国唯一典型的苔原自然景观,植被、土壤和景观等方面在分类上都应该是独立的类型。因此,这里是我国开展苔原生态系统研究和教学的理想基地。

3. 高山苔原具有独特的游览观赏意义

雄伟的长白山、高山火口湖—天池、长白瀑布及其周围群峰,矮曲的岳桦林等,自然风光奇特,景色秀丽,加上苔原带这座天然的“空中花园”,是人们向往的游览胜地,应有计划地开发利用这一旅游资源。

4. 高山苔原具有资源开发意义

苔原植物特别是地衣和小灌木的枝叶是鹿喜爱的食物,国外有开辟苔原作为养鹿牧场。苔原植物中还有不少药用植物,有待研究和开发利用。

参 考 文 献

- [1] 黄锡畴,欧亚大陆温带山地垂直带结构类型,1960年全国地理学术会议论文集,(自然地理),科学出版社,1962。67—74。
- [2] 黄锡畴等,地理学报,25(6),1959。435—446。
- [3] Huang Xi-chou, A Study on Alpine tundra of Changbai mts, Proceedings of 32nd Alaska Science Conference Fairbank Alaska USA, 1981, 57—59。
- [4] 吴征镒主编,中国植被,科学出版社,1980,12。
- [5] 中国植物学会植物生态学和地植物学专业委员会,植物生态学与地植物学丛刊,7(3),1983,169。
- [6] 陈灵芝等,植物生态学与地植物学丛刊,2(2)1964,207—225。
- [7] 周以良、李景文,植物生态学与地植物学丛刊,2(2),1964,190—206。
- [8] 侯学煜,论中国各植被区的山地垂直带谱的特征,中国植物学会三十周年论文集,1963。254—258。
- [9] 钱家驹、张文仲,森林生态系统研究(1),1980,51—64。
- [10] 黄锡畴等,地理学报,37(1),1982,65—74。
- [11] 富德义等,森林生态系统研究(2),1981,147—157。
- [12] 富德义等,地理科学,2(3),1982,264—272。
- [13] Hainrich Walter Vegetation of the Earth and Ecological system of the Geobiosphere, second Edition, Springer-Verlag, New York, 1979, 264—272。
- [14] 张风山等,森林生态系统研究(2),1981,179—186。
- [15] 孟宪玺,地理科学,2(1),1982,57—64。
- [16] 陈鹏、金岚,动物学报,27(3),1981,281—286。
- [17] 赵儒林等,植物生态学概要,江苏科学技术出版社,1983,166,227。

- [18] 李文华等, 森林生态系统研究 (2), 1981, 34—50。
[19] 姚瑗, 森林生态系统研究 (2), 1981, 56—58。

AN ANALYSIS ON THE ECOLOGY OF ALPINE TUNDRA LANDSCAPE OF CHANGBAI MOUNTAINS

Huang Xi-chou Li Chong-hao
(Changchun Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The alpine tundra of the Changbiashan mountains is an unique tundra landscape ever found in China. The present paper makes a comprehensive analysis of its ecological environment, plant community and ecologic characteristics.

Firstly, some of the environmental factors, such as the climate, landform, and soil are analyzed. There are no trees growing in this alpine zone; the vegetation consists of only shrubs, subshrubs, moss and lichen with a few perennial herbs. The soil developed under this vegetation and the cold climate is a gley and peat formation.

Secondly, according to plant species, community constituents, life form, flora, features of alpine tundra and various habitat range, the authors distinguished between 4 plant groups and 15 plant communities.

Thirdly, for adapting to special ecological environment these plants develop their own distinctive ecological morphology, such as short and low stems, slow growth rate, well developed root system, short growing period, and have morphologically xeromorphic feature, bigger and bright coloured flower, etc.

Tundra vegetations have the good effect of conserving water and preventing soil erosion, A thorough study of this tundra vegetation will provide valuable information both for scientific research and teaching. It will be useful too for tourist guide.