

长白山高山苔原研究的进展

——献给中华人民共和国建国 50 周年

黄锡畴

(中国科学院长春地理研究所 长春 130021)

提 要 长白山高山苔原是我国唯一典型的极地自然景观类型。论述了 1959 年发现高山苔原的背景和依据。对高山苔原生态系统各组成要素的物理、生物、化学特性和过程以及与国外若干苔原比较研究的进展,作了回顾和综述。

关键词 长白山 高山苔原 研究进展

分类号 中图法 P901

我国著名的长白山,其主体是一座休眠火山。山体耸起,自然景观垂直分异极为明显。自然景观垂直带结构具有代表性,但划分很不一致,特别是森林界线以上高山带的自然景观类型,过去文献上名称很为混乱。

作者(1959)通过考察研究,提出长白山自然景观垂直带结构的新模式,将高山带自然景观类型命名为高山苔原,做了首次报道^[1]。1960年初在全国地理学术会议上,作者宣读了有关论文^[2],引起学术界的关注和反响。当时吉林省综合自然区划和部门自然区划中都援引了这一新发现的自然景观类型。此后在学术界得到广泛支持和引证,逐步取得了共识(表1)^[3],从表中看出,对高山苔原下界的确定,以及关于是否划分亚带还存在不同看法。

吴征镒主编的《中国植被》(1980年)指出,“1959年首次在长白山顶(海拔2100m以上)记录的高山冻原……属于新发现^[4]”。1984年《地理学报》创刊五十周年时,载文分析50年来学报所刊登自然地理文章被引用情况。首次报道长白山高山苔原的论文,被列为引用率最高的15篇文章之一。认为,这些文章的作者“……对所研究地区自然现象的发生、发展和演变规律有科学的见解,或在理论方法上有独到之处”^[5]。

我国地处中低纬度,不存在平原苔原。在长白山发现典型的高山苔原,为我国绚丽多姿的自然景观,增添了极地自然景观类型,具有重要的科学意义。

1 发现高山苔原的背景

全球范围的自然地理环境是一个整体,但是它的各部分又存在着地域上的差异。自然地理环境及其组成各要素的分布,受地域分异规律所制约。地域分异规律是自然地理学的基本规律。

1) 高山苔原的发现及其命名是以自然分异规律及其在欧亚大陆自然分异格局中的地位作为理论依据的。

作者(1955~1958)通过高加索山地自然景观的实地调查研究和对欧亚大陆温带有关山地自然景观垂直带结构比较研究后,查明各山地自然景观是极不相同的。山地自然景观垂直分异的各个带既各具特色,又相互依存,垂直带谱构成整体,形成结构类型。在欧亚大陆不仅沿海和内陆的山地,其垂直带结构极不相同,即使是沿海,在东西两岸也迥然不同^[6,7]。关于欧亚大陆温带山地自然景观垂直带结构类型,当时文献上只有沿海、内陆之分;作者从沿海型中区分出太平洋季风型,分为三个类型亚纲^[6],长白山处在西伯利亚反气旋和北太平洋季风气候影响范围内,其自然景观垂直带结构模式从属太平洋沿岸季风型。

2) 山地自然景观垂直带结构类型从属于三维地带性。不仅其基带受这种规律的制约,而且高山带自然景观作为整体的部分也受其影响和制约。山地达到一定海拔高度,出现森林界限,在林线以上不生长树木,为无林景观。作者将欧亚大陆温带山地

的高山带自然景观相应分高山草甸、高山草原、高山荒漠、高山苔原等类型^[6]。长白山高山带植被为无林,由灌木、小灌木、多年生草本、苔藓、地衣组成地毯式植被,其植物群落和植物生态等与极地苔原相近,与高山草甸、高山草原、高山荒漠概念相去甚远。

3) 长白山高山带为苔原—高山型的生态气候条件,其突出特点是严寒、高湿、风大,寒冻风化剧烈。分布有多种冰缘地貌形态,存在多年冻土,苔原型的成土过程和土壤类型等;生态环境与高山草甸、高山草原等都有所区别。

2 苔原的概念

苔原(Tundra)是冷湿型极地自然景观类型。在欧亚大陆和北美大陆及附近岛屿环极地呈带状分布,是地带性无林景观植被类型,为全球性三个自然景观地带之一。苔原分平原苔原和山地苔原。山地苔原主要分布在苔原地带、森林苔原地带和泰加林地带的山地上。分布在温带针阔叶混交林地带和阔叶林地带山地森林界限以上高山带的则称高山苔原。

苔原一词原以为是出自俄文或芬兰文。实际上它是北欧拉普兰德地区,拉普人(即萨米人)的语言。俄文也是从萨米语引入的。作者1986年曾访问过萨米人。这是一个以狩猎和放牧驯鹿为生的少数民族,他们把当地低矮平缓的圆顶山丘称为tunturi,山上不长树木,主要生长着由灌木、小灌木、多年生草本、苔藓、地衣组成的地毯式植被。在拉普兰德地区一些山丘名称都冠有“tunturi”;一些典型的苔原植物的俗名也缀有“tunturi”^[8]。把南、北半球低纬地带高山森林线以上的植被和自然景观统称为高山苔原是不恰当的^[9,10]。

Tundra一词,在我国地理学著述中通常都称苔原;在植物地理学著述中则通常译为冻原。前者主要寓意于其植被中苔藓植物发达;而后者则主要着意于其生态环境的寒冷和存在冻土。实际上两个译名的寓意虽有侧重,但都不全面。如有的沼泽多苔藓,而非苔原;而高寒有冻土的地域也不一定是冻原。全国自然地理名词词汇中确定两个名词为具有同等涵义的词汇。

3 高山苔原的综合研究

苔原作为自然景观的类型,它是一个自然综合

体,是由各组成要素相互制约相互作用形成的。苔原也是一个生态系统。因此,应对其开展综合研究,我们以综合观点从几个侧面对长白山高山苔原作了研究。

对高山苔原的各组成自然要素的特点及其相互制约,相互适应形成自然综合体作了分析;把高山苔原作为生态系统对其生态环境(生态气候环境、冰缘地貌、苔原土壤等)与生物群落特点相互关系及植物群落的组成、类型,分布和植物生态特征进行了研究。

1960年全国地理学术会议号召,对地理环境和自然综合体不仅要研究其形成的物理、生物、化学的因素,还要研究其组成、结构和形成过程。基于这种认识作为综合研究的一个侧面,我们课题组^①又开展了长白山生态系统和高山苔原中化学元素含量、组成、结构、迁移、循环的探索和研究,对环境各要素化学元素作了测定和计算,定性和定量相结合地阐明了其各自相互关系。所取得的大量数据为《地学基础数据手册》收录^[11]。

高山苔原在发生、发展过程中受时空规律的制约,在全球尺度范围内和在历史背景上,从综合研究的又一个侧面对其发生、演化和地域分异作了分析比较的研究。

上述系列研究成果,1988年以《长白山高山苔原的发现及其特性研究》为题,获中国科学院科技进步二等奖。

必须指出,学术界在对高山苔原这一自然景观类型概念取得共识后,有关学科从各自领域对高山苔原的研究,拓展了研究领域,取得新的进展和成果,具有创新性或填补学科空白;丰富和深化了高山苔原的认识,表明我国对苔原研究达到的高深水平。

4 高山苔原生态环境

4.1 地质条件

长白山主体白头山是一座巨大复式火山,经多次喷发形成。长白山地区在老第三纪时,为微起伏的准平原。自第三纪末至第四纪初,受喜马拉雅运动影响发生明显隆起和断裂,玄武岩浆沿断裂带大量溢出,形成熔岩台地。进入第四纪,白头山周围火山活动停息,转为中心式喷发阶段。经各阶段的喷发和抬升,火山锥体形成。火山锥体由白头山组碱

① 成员有:朱颜明、孟宪玺、富德义、李崇儒,余中盛、刘景双、黄锡畴等。

性粗面岩类等构成^[12]。

在晚更新世后,火山活动趋于减弱,处于相对稳定期。研究表明,全新世以来先后曾发生过6次喷发,其规模大小、分布范围、火山喷发物性质及其层位都不相同。火山喷发造成大规模森林被毁,有3次重大森林火灾,尤以1 000 a B. P. 左右的奶头山期最为严重^[13],火山喷发也毁坏了苔原。现代苔原经历了多次的毁灭和复苏。

4.2 生态气候条件

长白山位于大陆东部,属温带季风型大陆性气候。山地气候垂直分异极为明显^[14],高山带的气候因素有利于苔原的生存,这里常年气温低,冬季严寒漫长,春季寒冷,夏季凉温而短促,没有真正的夏天。全年湿度大,云多雾大;全年多风,且常有大风。雾天和大风天都在260 d/a以上。降水季节分配不均,多集中在夏季。上述因素综合作用形成苔原-冰缘型生态气候。主要气候特征为:严寒、高湿、风大。气候条件决定了植被类型。夏季由于日照长,紫外光强,近地面和植被层的温度通常比气温高,有利于苔原植物生长。但也制约了植株的高度,后者与冬季雪盖的厚度又有着密切的关系。近地层湿度大,水汽凝结物丰富,则为植物生长发育创造了有利的水分条件,促进植物根系发达。

4.3 苔原地貌综合体

高山苔原地貌由成因不同的火山地貌、冰川地貌和冰缘地貌等形成了地貌综合体。白头山为一座休眠火山,包括熔岩台地和复式火山锥体。在地貌上分为熔岩台地、山麓斜坡和火山锥体三个较大的地貌单元^[11]。火山锥体的顶部则是一个为多次喷发形成的巨大火山口,积水成湖,即是著名的天池,环湖屹立有10多座山峰。高山苔原位于火山锥体上部,各种火山地貌形态突出^[15,16]。在整个火山地貌背景上,由其他外营力作用形成的地貌类型,如古冰川作用地貌形态、冰缘地貌形态、流水地貌等叠加在其基础上,并在一定程度上改造了原有地形,从而形成了特殊的地貌综合体。

关于古冰川遗迹,早在30年代日人曾报道过火山口内侧发育有3个冰斗^[17],近年研究表明,在火山口内壁存在大小不等5~6个冰斗^[18]。1986年施雅风等在火山锥体北侧又发现有末次冰期的冰川终碛垄^[19]。根据各种现象分析,在末次冰期最盛时,在长白山顶部,存在过堵塞整个火山口的冰帽^[20,21]。据推算,当时雪线,可能在现在的苔原带

下界附近^[20,21,22]。这对研究高山苔原的形成有重要意义。

60年代初竺可桢副院长在部署各个地理所的科研方向和任务时,曾提出东北地理所要研究东北地区的冰缘现象^[23]。长白山和大兴安岭是我国东北两个现代冰缘区。丁锡祉、裘善文、肖荣寰等最早开展东北冰缘地貌的研究^[24,25]。研究表明,处在高寒高湿环境条件下的高山苔原,在寒冻风化重力作用、冻胀作用、雪蚀-重力作用、冻融蠕流作用和热融作用下,形成了各种冰缘地貌形态,分析探讨了其形成过程和机理^[18,20,21],各种不同的地貌过程构造了各种微生态环境,制约苔原植物的生长,其群落的配置和演替,直接影响苔原土壤的形成和分布,使苔原景观镶嵌性更复杂。

4.4 多年冻土和土壤

在极地苔原地带,广泛发育多年冻土,与此相类似,在长白山高山苔原带,多年冻土和冻土分布很广,甚至在岳桦林带和暗针叶林带的上部也都发现有多年冻土。高山带严寒、大风的气候条件和多年冻土是林木生长的主要限制因素。夏季时,冻土上部融解形成的活动层则有利于小灌木等植物的生长,其厚度随海拔高度增加而减小。长白山属于欧亚大陆高海拔多年冻土岛状分布区^[26]。

在作者(1959)称高山苔原带的土壤为山地苔原土之前,曾有过各种不同的名称。高山苔原土壤的形成过程,不同于高山草甸带,不是生草化过程,而是泥炭潜育化过程^[1,2],其成土过程以物理作用为主,化学作用和生物作用相当微弱。因此,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,土壤贫瘠,明显表现为粗骨性、薄层性和分层不明显的特征。中国科学院林业土壤研究所编著的《中国东北土壤》(1980)将长白山高山带土壤归属于山地苔原土;并分为山地原始苔原土和山地泥炭化苔原土两个亚类^[27]。孟宪玺(1982)在论证这种土壤时,认为它“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,故称为山地苔原土”,他根据土壤剖面形态、结构、理化特性和发育特点等而分为原始(石质)苔原土、苔原土、灌丛苔原土三个亚类^[28]。陈鹏、张一(1983)则划分为山地泥炭化苔原土、山地潜育化苔原土、山地原始苔原土和山地寒漠土4种类型^[29]。钱宏(1992)则划分为5个亚类,即泥炭化高山冻原土、草甸化高山冻原土、潜育化高山冻原土、石质化高山冻原土和寒漠化高山

冻原土^[30]。从上述看到,把高山苔原土称为别的名称如棕毡土,很显然是不恰当的。

5 高山苔原植被的研究

长白山高山带生态环境严峻,不生长树木,只生长有灌木、小灌木、多年生草本、苔藓地衣等植物,组成了地毯式苔原植被。由于高山苔原在植物组成、植物群落结构、植物生态和植物区系等方面与极地苔原有着很多相同的特征,因而在植被外貌上表现为高度的相似性。

5.1 苔原植物组成

长白山高山苔原植被中,植物组成种类不多,据有关科学工作者采集统计(表 2)。

表 2 长白山高山苔原植物种类统计
Table 2 Statistics of apline tundra
plants in the Changbai Mountains

	种	属	科	资料来源
维管植物	167	102	35	[38]
	110	79	31	[32]
	131	87	31	[30][34]
苔藓	27	15		[32]
	135	67	38	[31]
地衣	70	22	11	[34]

5.2 植物群落

高山苔原生态环境严峻,树木不能生长,主要生长灌木、小灌木,多年生草本和苔藓地衣。由此,植株高度低矮,植物群落结构简单,层次少,通常只形成小灌木草本层和苔藓地衣层。植物群落生活型,以多年生植物占优势,地面芽植物种类最丰富,地上芽次之。对植物群落类型有各种不同的划分。作者与李崇儒(1984)根据海拔高度、坡向、地貌特征、土壤条件,把植物群落划分为 5 个类型,15 个群落^[2,31,32]。陈大珂、冯宗炜(1985)分为小灌木冻原,石质冻原、草甸冻原 3 个类型^[33]。钱宏(1992)历经 3 年在整个苔原带深入调查后,用传统的植被分类方法与数量分类方法相结合,把高山苔原植被分为 5 个植被型、36 个群系,59 个群丛,其中有 40 个群丛为他首次报道^[30,34]。周以良对长白山高山苔原植被早期就划分为小灌木、藓类高山冻原和草类、藓类高山冻原^[35]。最近在《中国东北植被地理》(1997)一书中,把长白山高山冻原划分为 4 个植被亚型、21 个群系组和 28 个群系。他没有把高山苔

原带的草甸列入高山冻原植被^[36]。

5.3 植物生态

高山苔原植物为适应生态环境,具有特殊的生态-形态特征:(1)植株个体矮小,一些植物匍匐贴地生长;这与近地层温度较高和雪盖厚度有关,同时也增大抗风能力。(2)植物生长缓慢,小灌木木质年轮狭窄紧密,据测定年增长率很小。(3)植物根系发达,接近地表,形成网状。(4)草本植物多呈丛生状、莲座状。(5)典型植物具有旱生形态特征,一些植物的叶片呈特化特征,这有利于减小植物水分的蒸腾。(6)营养期短,植物开花期接近。(7)花朵大而色泽鲜艳^[2,32]。钱宏(1990)研究了植物生态优势度,并建立其与物种多样性的相关模型^[37]。

5.4 植物区系

长白山高山苔原植物区系是一个比较年轻的植物区系。由于气候严寒,区系组成较贫乏。前面所列研究高山苔原植被的诸学者均简要地论及区系问题。研究表明,高山苔原植物区系的特征表现为具有典型的温带性质,呈北极-高山间断分布型式的属、种较多,钱家驹等(1980)分析认为高山苔原植物区系由五类地理要素组成^[38]。钱宏(1992)通过分别对地衣植物区系、苔藓植物区系和维管植物区系的区系成分及其地理分布作了分析统计,并与欧亚大陆、北美大陆极地苔原和其它山地苔原进行了研究比较,讨论了长白山高山苔原的起源,首次提出冰期时苔原迁移问题^[39,40]。

6 高山苔原环境生态化学的研究

高山苔原作为一个独特生态系统,开展其化学元素含量、分布、迁移、循环的研究,具有重要的科学意义。我们课题组根据自然环境各要素相互联系、相互制约的观点开展了长白山高山苔原环境诸要素包括岩石、水体、土壤、植物、土壤动物的化学元素组成、含量、分布、迁移、循环规律的综合研究。研究表明,高山苔原不仅在气候、植被上是独特的类型,在生态环境中化学元素组成、含量的特点,也表征为一个独特的生物地球化学单元^[41]。

长白山天池是中朝两国界湖,是松花江水源,位于苔原带,研究其水化学组成具有重要意义。通过几十种化学元素含量的测定,对其空间分布规律和形成机理的研究,查明大多数重金属元素接近水圈克拉克值,而有个别稀土元素含量高,属于异常区^[42]。对天池水化学的研究,“从分析项目和获得

数据之多,以及研究程度之深来看,这还是第一次^[43]”。研究表明,高山苔原带的岩石 K、Na 含量特别高,而 Ca、Mg、Fe、Mn 含量则较低;微量元素的 Pb、Zn、Cd、Mo 高,而 Ni、Sr、Cu、Cr、Co 低。岩石决定土壤中元素的含量。从土壤的微量元素看, Ni、Sr、Cu、Cr 的含量低于文献值,而 Pb、Zn、Mo 高。岩石、土壤、植物三者化学元素含量相关性很紧密,植物的化学成分,在很大程度上取决于土壤成分,但又不是后者的重复,植物吸收了生命所必需的元素,其积累程度取决于它对元素的吸收能力^[41]。在查明土壤和植物中 14 种微量元素含量基础上,推算出其克拉克值,揭示出呈富集状态和分散状态的微量元素,显示其在土壤和植物中的特点,建立起微量元素地球化学谱,反映出高山苔原生物地球化学的特点。为了阐明植物对化学元素的迁移循环特点,在查明其分布特征基础上,计算了植物微量元素吸收系数,排列出生物吸收序列;查明了元素吸收强度与环境的关系,通过对 19 种元素植物生物吸收系数的研究表明,同科植物其元素的吸收图谱,具有相当的一致性,而不同植物对同一元素吸收累积的能力变幅较大。植物不同部位和不同器官,其富集化学元素的能力差异很大^[44~48],通过三个植物群落的生物量、枯枝落叶量、分解量、土壤淋溶量和冠径流量的测定和计算,初步查明,元素的富集累积能力和迁移循环的过程,表明大气降水和淋溶是系统物质输入和输出的重要途径,同时两者处于一定的动态平衡^[49,50]。上述各项研究“量化了生物与环境之间的相互关系,为我国微量元素生物地球化学循环研究,开辟了新的领域^[51]”。

7 高山苔原在时空关系上的研究

作者与我国学者通过对国外若干苔原的实地考察,并与长白山苔原作了比较研究后,阐明了长白山苔原在全球的位置,探讨了它在时间上发生和发育的规律。

7.1 大雪山存在高山苔原

日本文献中对各山地,其中包括北海道诸山地林线以上,雪线以下的无林带,在自然景观和植被上不划分类型,泛称为高山带或高山植被,有的则称高山草原、草地或荒原。

1982 年作者论证了大雪山存在高山苔原和欧亚大陆东部高山苔原的南缘^[52]。1990 年孟宪玺、李崇高通过实地考察再次确认大雪山高山带自然景

观类型是高山苔原,拍摄了大量图片为证。

大雪山高山带生态环境与长白山高山苔原极为相近,也具有严寒、高湿、风大和云多雾大的生态气候条件和寒冻风化作用强烈,发育有各种冰缘地貌等特点。伊藤浩司把大雪山高山带植被分为 6 个群落类型^[53]。除长白山没有偃松群落,其他类型基本上相应于我们对长白山高山苔原划分的 5 个类型。在植物群落结构、种类组成、生态特征、分布规律和区系来源等方面,两地极为相近。从自然景观和植被类型看,我们认为,大雪山高山带应归属高山苔原。

据不完全统计,大雪山高山苔原维管植物达 230 多种,比长白山多。其中小灌木达 30 多种,有很多种在长白山没有;草本植物也类似。在植物组成中有的种属与长白山相同,有的则与北亚其他山地相同,表明该地在地质时期曾与大陆相连并处于过渡位置上。特有种较丰富是由于与大陆分离和冰川退缩后,在当地条件下长期发育形成的,因而大大丰富了其植物组成^[52]。证实大雪山存在高山苔原,从而进一步验证了作者早先提出关于欧亚大陆东岸高山苔原分布南界的论断^[1,2]。

与此同时,作者把大雪山高山苔原归属于海岛-海洋型,而长白山高山苔原为大陆沿海型。与 B. B. 索恰瓦(1977)把北太平洋岛屿上的山地苔原称为新太平洋型(Neo-pacific),大陆沿岸诸山地的山地苔原称为亚太平洋型(sub-pacific),再向内陆则为古太平洋型(paleo-pacific)^[54]的划分相近,均为“省性”的一种表现。

7.2 拉普兰德山地苔原

作者与赵魁义(1986)通过各自对北欧拉普兰德地区考察研究表明,苔原名称概念源出此地。山地苔原是当地主要的自然景观-植被类型。其分布直至北极圈以北与受大西洋暖流影响有关;而大陆东岸向南推进到温带阔叶林地带的山地高山上,则与受西伯利亚反气旋和北太平洋季风制约有关。两者相差几乎达 30 个纬度的跨度,欧亚大陆东西岸形成鲜明对比。由于拉普兰德山地苔原分布于高纬地带,山地垂直带结构简单,一般只有两个层带。两地特点表明,山地苔原的分布在不同的地带和不同区域存在差异,这是其分布的“省性”表现。

对比研究还表明,各地苔原的生态环境极为相近,区别在于拉普兰德位于极圈内,生态气候条件更为严酷,而白昼现象则有利于植物的生长。当地的

现代冰缘地貌是在古大陆冰川作用遗迹上叠加形成的, 因而其形态特征更为明显突出, 其规模和范围都是大雪山和长白山无法与之相比的。

植被类型从整体外貌上两地完全一致, 都为无林的由小灌木等组成的地毯式植被。植物群落特征和结构两地极为相似, 但在其建群种和优势种和区系则存在着一定差异, 同种植物数量占总数的比值, 与北海道相比为小。山地苔原这种地区差异和相邻地区间存在的过渡特点, 反映了“省性”规律。我们把这种现象比喻为一个个环节, 最后联成一支链条, 表现了苔原是一个环球性的自然景观类型^[8]。

7.3 与北美高山苔原的比较研究

祝廷成和 J. S. Rowe (1987) 以长白山高山苔原 96 种维管植物与北美西北部和落基山北段的高山苔原区系作了比较研究, 认为长白山高山苔原维管植物与阿拉斯加及其临近地区的共有种占 51%, 与加拿大西北地区共有种占 41%, 与阿尔伯特省落基山高山植物共有种占 33%。从而指出, 从阿拉斯加向南, 经加拿大西北部, 到落基山脉北段, 越向南, 亚洲东北部与北美西北部距离越远, 共有种的数量递减^[55]。

7.4 关于苔原的发生问题

前苏联学者认为, 现在广泛分布于欧亚大陆东部的山地苔原几乎与平原同时形成于第三纪末和第四纪初。其他学者也有类似或不同的观点。苔原景观及其分布, 受第四纪冰期和间冰期影响, 经历多次变迁和分化。北极苔原在最后一次冰期时, 向南迁移达我国北纬 $43^{\circ} \sim 42^{\circ}$ ^[56], 甚至 41° ^[34]。

在长白山地区, 当时顶部被小冰帽覆盖, 雪线下降至现今林线附近。冰缘苔原植被下限一直下降到附近低山地带。在长白山地区发现仙女木的化石^[57], 表明这里存在过以仙女木植物群为特征的苔原景观。随着冰后期气候回暖, 纬度苔原带退缩 50°N 及其以北; 长白山地区林线上升, 苔原植被随之由下向上迁移, 形成“孤岛”状分布, 由于生态环境相宜而被保存下来, 必须指出, 长白山火山在地质史上有过多次喷发, 高山上的植被可能经历多次毁灭和复苏。最近的 1597 a. A. D., 1669 a. A. D. 和 1702 a. A. D. 的三次喷发活动, 致使苔原植被被破坏。通过对岳桦林和苔原带发现的炭化木和苔原带土壤^[4] C

测年表明^[58, 59] 现代苔原景观是在最后一次火山喷发后发育起来的。

研究长白山苔原, 不仅对深入研究我国第四纪冰期及其以后自然环境变迁有重要意义, 而且对全球气候变暖和海平面变化的研究, 都具有极为重要的科学参考价值。

80 年代, 长白山自然保护区对外开放以后, 旅游资源的开发给保护区的生态环境带来明显的负面影响, 高山苔原已遭到极大破坏, 我们呼吁应珍惜和加强保护我国唯一的典型的苔原景观。全国人大资源环境委员会和吉林省政府极为关注, 对此, 长春地理所的科研人员又开展了长白山北坡区域环评工作^①, 从生态指标、景观指标和环境感应指标角度探讨旅游开发的生态环境影响, 为自然保护区的环境规划, 特别是高山苔原的环境综合整治提供了重要的科学依据^[60] ②。

参 考 文 献

- 1 黄锡畴, 刘德生, 李祯. 长白山北侧的自然景观带. 地理学报, 1959, **25** (6): 435~ 446
- 2 黄锡畴, 郎惠卿. 长白山高山苔原初步观察, 见: 自然地理与环境研究——黄锡畴论文选集. 北京: 科学出版社, 1996. 137~ 142
- 3 徐文铎, 林长清. 长白山植被垂直分布与热量指数关系, 森林生态系统研究(第二卷), 1981. 88~ 95
- 4 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 12, 613~ 627
- 5 郭扬. 五十年来《地理学报》. 地理学报, 1984, **39** (3): 234~ 239
- 6 黄锡畴. 欧亚大陆温带山地垂直带结构类型. 见: 1960 年全国地理学术会议论文选集(自然地理). 北京: 科学出版社, 1962. 67~ 74
- 7 黄锡畴. 捷别尔达河流域自然地理. 见: 自然地理与环境研究——黄锡畴论文选集. 北京: 科学出版社, 1996. 9~ 84
- 8 黄锡畴, 赵魁义. 拉普兰德与长白山苔原的对比研究. 地理科学, 1989, **9** (1): 8~ 15
- 9 Billings, W. D. and H. A. Mooney, The Ecology of arctic and alpine plants. Biol. Rev., 1968, **43** (4): 48~ 529
- 10 Bliss, L. C. Vascular plant vegetation of the southern circumpolar region in relation to antarctic, alpine, and arctic vegetation. Can. J. Bot. 1979, **57**: 2167~ 2178
- 11 张家诚主编. 李文范副主编. 地学基本数据手册. 北京: 海洋出版社, 1986. 1202~ 1216
- 12 宋海远主编. 长白山火山研究. 延吉: 延边大学出版社, 1990
- 13 崔钟曼, 张三焕, 田景. 长白山全新世以来的火山喷发活动与森林火灾研究. 地理研究, 1977, **16** (1): 92~ 97
- 14 杨美华. 长白山的气候特征及北坡垂直气候带. 气象学报, 1982,

① 中国科学院长春地理研究所环境研究与评价中心. 长白山国家级自然保护区北坡区域环境影响评价. 1996.

② 俞穆清, 等. 长白山国家级自然保护区旅游与环境可持续发展的对策研究. 地理科学(待发表).

- 39(3): 311~ 319
- 15 李风华, 隋秀兰. 长白山火山地貌基本特征. 见: 宋海远主编. 长白山火山研究. 延吉: 延边大学出版社, 1990. 77~ 91
 - 16 刘忠杰, 田景, 崔钟燮. 白头山区地貌特征及其营力作用. 见: 宋海远主编. 长白山火山研究. 延吉: 延边大学出版社, 1990. 104~ 119
 - 17 [日] 鹿野忠雄. 朝鲜东北山地の冰河地貌に就ム. 地理学评论, 1937, 第 13 号, 1126~ 1145
 - 18 裘善文, 李风华, 隋秀兰. 长白山冰缘地貌, 冰川冻土, 1981, **3** (1): 26~ 31
 - 19 施雅夫, 崔之久, 李吉均, 等. 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989. 126~ 132
 - 20 裘善文. 长白山古冰川、冰缘地貌的研究, 第四纪研究, 1990, **2**: 137~ 145
 - 21 吕金福, 肖荣寰. 长白山的火山、冰川和冰缘过程. 见: 梁名胜, 张吉林主编. 中国海陆第四纪对比研究. 北京: 科学出版社, 1991. 200~ 207
 - 22 孙建中. 吉林省第四纪冰期的划分, 地质学报, 1982(2): 174~ 184
 - 23 黄锡畴. 竺可桢教授对开拓东北区地理研究的贡献. 地理科学, 1990, **10**(1): 纪念竺可桢诞辰 100 周年专辑, 35~ 41
 - 24 丁锡祉, 肖荣寰. 冰缘地貌学——介绍地貌学的一个分支. 地理, 1963, (4)
 - 25 丁锡祉, 裘善文, 孙广友. 大兴安岭北部的冰缘现象. 见: 第四纪冰川和第四纪地质论文集(第 3 集). 北京: 地质出版社, 1987. 184~ 189
 - 26 东北冻土研究协作组. 中国东北部多年冻土分布的基本特征. 见: 第三届全国冻土学术会议论文集. 兰州: 甘肃人民出版社, 1983. 36~ 42
 - 27 中国科学院林业土壤研究所编著. 中国东北土壤. 北京: 科学出版社, 1980. 58~ 60
 - 28 孟宪玺. 长白山的苔原土. 地理科学, 1982, **2**(1): 57~ 64
 - 29 陈鹏, 张一. 长白山北坡冰缘环境与土壤动物. 地理科学, 1983, **3** (2): 133~ 140
 - 30 钱宏. 长白山高山冻原植被. 见: 森林生态系统研究(第六卷). 北京: 中国林业出版社, 1992. 72~ 95
 - 31 Huang Xichou. A Study on Alpine tundra of Changbai Mts. Proceedings of 32nd Alaska Science Conference Fairbank Alaska, USA, 1981: 57~ 59
 - 32 黄锡畴, 李崇高. 长白山高山苔原的景观生态分析. 地理学报, 1984, **39**(3): 285~ 297
 - 33 陈大珂, 冯宗炜. 长白山系高山及亚高山植被. 见: 森林生态系统研究(第五卷). 北京: 中国林业出版社, 1985. 49~ 56
 - 34 钱宏. 长白山高山冻原——植物分类, 植物区系, 植物生态(博士论文摘要). 生态学进展, 1989, **6**(3): 226
 - 35 周以良, 李景文. 中国东北东部山地主要植被类型的特征及其分布规律. 植物生态学与地植物学丛刊, 1964, **2**(2): 190~ 206
 - 36 周以良, 等编著. 中国东北植被地理. 北京: 科学出版社, 1997. 207~ 224
 - 37 钱宏. 长白山高山冻原植物群落的生态优势度. 生态学杂志, 1990, **9**(2): 24~ 27, 58
 - 38 钱家驹, 张文仲. 长白山高山冻原植物的调查研究简报(1). 森林生态系统研究. 北京: 中国林业出版社, 1980. 51~ 64
 - 39 钱宏. 长白山高山冻原维管植物区系地理. 地理科学, 1990, **10** (4): 316~ 325
 - 40 钱宏. 长白山种子植物区系地理分布. 地理科学, 1989, **9**(1): 75~ 84
 - 41 黄锡畴, 朱颜明, 富德义, 等. 长白山保护区生态环境的化学结构. 地理学报, 1982, **37**(1): 65~ 74
 - 42 朱颜明, 余中盛, 富德义, 等. 长白山天池水化学. 地理科学, 1981, **1**(1): 58~ 65
 - 43 黄锡畴, 王稔华, 张学林. 环境科学研究的实践. 地理科学, 1988, **8**(1): 101~ 113
 - 44 黄锡畴, 朱颜明, 孟宪玺, 等. 长白山地区环境背景值研究. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法. 北京: 科学出版社, 1982. 149~ 158
 - 45 富德义, 朱颜明, 黄锡畴, 等. 长白山森林生态系统的化学环境背景研究. 森林生态系统研究(第 4 卷). 北京: 中国林业出版社, 1984. 25~ 86
 - 46 富德义, 黄锡畴, 朱颜明. 长白山高山苔原带植物中微量元素的研究. 森林生态系统研究(第 2 卷). 北京: 中国林业出版社, 1981. 147~ 157
 - 47 富德义, 朱颜明, 黄锡畴. 长白山区优势植物中微量元素研究. 地理科学, 1982, **2**(3): 264~ 272
 - 48 朱颜明, 黄锡畴, 刘景双. 长白山高山苔原植物微量元素地球化学分析. 地理科学, 1991, **11**(3): 244~ 252
 - 49 刘景双. 长白山高山苔原主要植物群落物质循环的研究. 青年地理学家, 1987, **3**(2): 49~ 56
 - 50 刘景双. 长白山高山苔原牛皮杜鹃群落物质循环研究. 生态学报, 1993, **13**(1): 96~ 99
 - 51 朱颜明, 何岩, 刘景双. 环境地理研究的回顾与展望. 地理科学, 1998, **18**(4): 1~ 12
 - 52 黄锡畴. 欧亚大陆东部高山苔原的南缘. 地理科学, 1984, **4**(4): 293~ 302
 - 53 伊藤浩司. 北海道植生概论. 北海道大学出版部, 1982
 - 54 [苏] B. Б. 索恰瓦著. 李世玢译. 黄锡畴校. 地理系统学说导论. 北京: 商务印书馆, 1991. 208~ 269
 - 55 Zhu Ting-cheng and J. S. Rowe. A comparison of Apine Tundra Floras N. E. China and N. W. North America, Linzer Biol. Beitr, 1987, **19**(1): 29~ 41
 - 56 赵景波. 华北平原第四纪植被类型及其气候意义. 地理科学, 1986, **6**(2): 151~ 157
 - 57 杨怀仁. 末次冰期以来的长江. 见: 叶良辅与中国地貌学. 杭州: 浙江大学出版社, 1989. 314~ 328
 - 58 刘琪璵, 王战, 王少先. 长白山近期火山喷发对高山亚高山植被的影响. 地理科学, 1993, **13**(1): 57~ 61
 - 59 夏玉梅. 长白山火山锥苔原土的孢粉分析. 见: 宋海远主编. 长白山火山研究. 延吉: 延边大学出版社, 1990. 183~ 192
 - 60 朱颜明, 等. 长白山自然保护区旅游资源开发的生态环境影响及其保护对策. 第五届海峡两岸环境保护学术会议文集, 1998. 5

PROGRESS OF RESEARCHES ON ALPINE TUNDRA IN CHANGBAI MOUNTAIN

Huang Xichou

(*Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130021*)

ABSTRACT

The alpine tundra discovered in Changbai Mountain in 1959 is a unique typical arctic landscape type in China. Thereafter, continuously integrative researches on the natural environment, ecosystem components and their physical, biological and chemical process of alpine tundra have been carried on and made mighty advances.

The existing eco-environment of alpine tundra is described and analysed integratively in this paper. First, climate conditions, that is, severe cold, high humidity and strong wind, result in vegetation type of alpine tundra. Moreover, snow cover in winter and near-surface microclimate in summer favor the growth of shrub, sub-shrub, perennial herb, moss and lichen. Second, the volcanic landform, glacial landform and periglacial landform on alpine zone, which not only form geomorphic complex but also construct various microhabitats, restrict the formation and distribution of tundra vegetation and soil.

There are not many kinds of plants on alpine tundra zone. According to statistics, there are 110–131 species of vascular plants belonging to 31 families and 78–87 genera; 135 species of moss belonging to 38 families and 67 genera and 70 species of lichen under 11 families and 22 genera. As for the plant community, different scholars have different dividing schemes. In view of the similarity of alpine tundra to arctic tundra, the appearance, composition, floristic elements and ecological characteristics are explained respectively.

Because alpine tundra is regarded as a special biogeochemical unit, the comprehensive researches on the chemical elements in all environmental components, including elements composition, content, distribution, migration and circulating laws etc., are discussed in this paper.

Since the author once investigated tundras in Lapland (Finland) and Daisetsu (Hokkaido, Japan), the comparative study was accomplished, too. The result verified the scientific conclusion of the south boundary of mountain tundra distribution in the east of Eurasia.

Key Words: Changbai Mountain; Alpine tundra; Progress of researches