

青藏高原高寒植被的若干理论问题

彭敏 陈桂琛 黄荣福

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

随着青藏高原的强烈隆升,高原上发生和发展形成一系列高寒植被类型。本文就高寒植被的若干理论问题作了较为深入的讨论。作者认为:①高寒植被在高原上表现出水平地带分布格局,具有明显的地带性意义;②高寒垫状植被的生态特性本质上近似于高寒草原或介于高寒草原与高寒荒漠之间,并存在具有地带性意义的可能性;③高寒植被具有相对一致的起源成因,均为高原隆升后形成的特殊产物,并表现出相对独立的地带性分布规律,从而有别于温性植被、北极植被和北半球其他山地的高山植被。

关键词: 青藏高原; 高寒植被; 分布格局; 地带性

喜马拉雅造山运动使青藏高原大幅度抬升,成为地球上最高、最大、最年轻的高原(李吉均等,1979)。青藏高原面积约占中国总面积的1/4(李炳元,1987),平均海拔4 000米以上,被称为“地球第三极”。它以其本身独特的自然环境与景观特点而为世人瞩目,对青藏高原有关问题的深入研究正受到越来越多的重视。随着高原隆升过程中气候和生态环境的演变,高原植被也相应分化和形成适应高原独特生境条件的一系列高寒植被类型,并在高原上广泛分布。它们作为青藏高原隆升后的特殊产物而表现出独立特性。对高寒植被的深入研究不仅有利于揭示其自身的形成和演变规律,而且有助于探讨植被与全球变化间的关系。本文将在大量前期工作的基础上,探讨高寒植被的有关问题,以起抛砖引玉之效。

一、高寒植被的分布格局及地带性意义

青藏高原复杂多变的地形和生境条件,导致高原内部出现温性植被与高寒植被共存

• 所长择优基金项目
本文在写作过程中承蒙张新时、王金亭、郑度、刘尚武、周立华、赵铁桥等先生提出宝贵意见,特此致谢。
本文1995年10月30日收到。

的局面。一般来讲，高原内部的山地和高海拔夷平面上高寒植被占据主导地位，而在海拔较低的盆地和谷地内则以温性植被相对占据优势（彭敏等，1989，1993；陈桂琛等，1993）。本文主要讨论高原上占主导地位并具有地带性意义的高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原、高寒垫状植被和高寒荒漠等高寒植被类型。高寒流石坡植被（即高山流石坡稀疏植被）虽然多以垂直带形式出现，并分布于不同水平地带内的山地顶部。但它是青藏高原隆升过程中分化演变而成的特殊产物，已成为高原上流石坡生境中广泛分布、具有稳定特性的群落类型（李渤生等，1981；中国植被编委会，1980；周兴民等，1987）。一定意义上讲，它具有明显的景观指示意义。故此，也作为高寒植被在此讨论。各类高寒植被的群落组成、结构及分布已有很多报道（中国植被编委会，1980；中国科学院植物所等，1988；四川植被协作组，1980；周立华等，1987，1990；周兴民，1982；周兴民等，1987；彭敏，1987；王金亭等，1980；李渤生等，1981，1985；Huang，1987）。不再赘述。

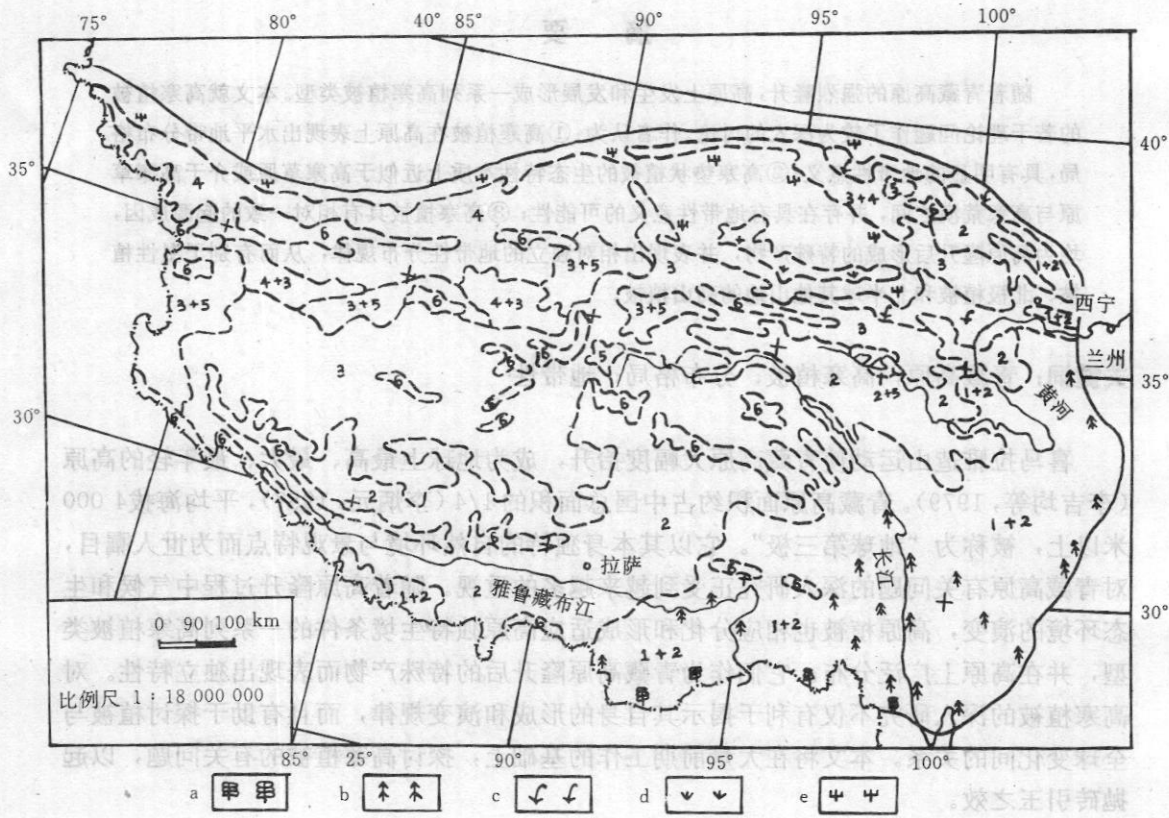


图1 青藏高原高寒植被分布格局示意图

Fig. 1 The diagram of distribution pattern of altifrigetic vegetation in Qinghai-Xizang Plateau

- 1. 高寒灌丛 Altifrigetic shrub; 2. 高寒草甸 Altifrigetic meadow; 3. 高寒草原 Altifrigetic steppe; 4. 高寒荒漠 Altifrigetic desert; 5. 高寒垫状植被 Altifrigetic cushion vegetation; 6. 高寒流石坡植被 Altifrigetic subnival vegetation.

符号 Symbol: a. 季雨林 Monsoon forest; b. 针叶林 Coniferous forest; c. 草原 Temperate steppe; d. 草甸 Temperate meadow; e. 荒漠 Desert

由图1可见,青藏高原的大部分地区为高寒植被所占据,温性植被则主要集中于青藏高原东北部和东部并与高寒植被呈交错分布。青藏高原是高高隆起在欧亚大陆内部的巨大地块,由于受欧亚大陆整体地势格局和高原大气环流形势的综合影响,形成大致由东南相对暖湿向西北寒旱递变的高原气候格局。这种水热组合和环境因子的递变趋势,对高寒植被的整体分布格局产生了显著的影响,使高寒植被由东南向西北呈现有规律分布(张新时,1978;郑度等,1979;王金亭,1988)。

学者们对青藏高原上高寒植被分布的地带性规律有不同看法。或者认为属垂直地带性分布(刘华训,1981;张经纬等,1980);或认为其分布虽具有垂直带的性质,但主要表现为水平地带分异(郑度等,1979;王金亭等,1980;张新时,1978)。植被分布规律性表现为水平地带性和垂直地带性。垂直地带性取决于局部海拔高程的垂直变化。水平地带性包括取决于南北方向上热量条件变化所形成的纬向地带性和由东西方向上水分条件变化形成的经向地带性。若不考虑某一地区植被分布的局部影响因素,我们可以把植被的水平地带性分布格局理解为由一极端寒冷干旱中心(或极端温暖湿润中心)沿一定方向(水热渐变方向)呈梯度外展分布的同心弧带状格局(图2),各植被类型所占带宽取决于分布方向上水热条件的变化幅度和各植被类型本身的生物学特性。自然界植被的实际水平分布往往并不单纯决定于水分条件或热量条件的变化,而是在一定程度上受水热组合状况的支配,同时受其他因素(如局部地形、土壤等)的综合影响,它们共同作用的结果决定着植被的水平地带性分布格局。从青藏高原上各类高寒植被的实际分布格局来看(图1),大致形成由西北向东南方向依次出现不同高寒植被带的总体变化趋势。在高原西北部是适应极端寒旱生境的高寒荒漠。随着水分和热量的增加,依次分别出现高寒草原、高寒草甸和高寒灌丛等所构成的近似于弧状分布的高寒植被带。这种分布格局符合植被水平地带性的分布规律。因此,笔者认为青藏高原高寒植被的地带性分布格局应属植被水平地带性的范畴。此外,这些高寒植被类型也充分反映了一定的水热组合状况及变化规律,已与其分布地区的其它相关因素构成有机统一体,应看成是具有地带性意义的植被类型。由于青藏高原的巨大海拔高程和广阔面积,以及高原本身大气动力学和热力学作用的影响,高寒植被所表现出来的水平地带性分布规律已产生了明显的变化。不仅形成多种新的高寒植被类型,而且在一定程度上改变了中国植被的水平地带性分布格局。也就是说,低海拔地区的植被水平地带性呈受二维变量(水分和热量)制约的平面格局,而青藏高原高寒植被的水平地带性则受三维变量(水分、热量和海拔高程)共同作用的立体格局。如果把低海拔地区的植被水平地带性看成是“原生”地带性的话,则可将青藏高原上高寒植被所表现出来的水平地带性看作是在另一高层平面内特化形成的“次生”地带性,可以认为两者对揭示各自植被的地带性规律具有基本等同的指示意义。

张新时(1978)提出“高原地带性”的概念来论述高原上特殊的植被地带性。他把高原植被所表现出来的地带性规律归结为水平地带性与垂直地带性相结合的结果。“高原地带性”的概念正确地揭示出海拔高程(实际是强烈隆起后的高原环境)对植被地带性的显著影响。这种思想无疑是正确的。应当承认,这也是笔者提出上述看法的基本指导思想,建议沿用“高原地带性”的术语表示青藏高原上特化形成的植被水平地带性。

张新时(1978)提出“高原地带性”的概念来论述高原上特殊的植被地带性。他把高原植被所表现出来的地带性规律归结为水平地带性与垂直地带性相结合的结果。“高原地带性”的概念正确地揭示出海拔高程(实际是强烈隆起后的高原环境)对植被地带性的显著影响。这种思想无疑是正确的。应当承认,这也是笔者提出上述看法的基本指导思想,建议沿用“高原地带性”的术语表示青藏高原上特化形成的植被水平地带性。

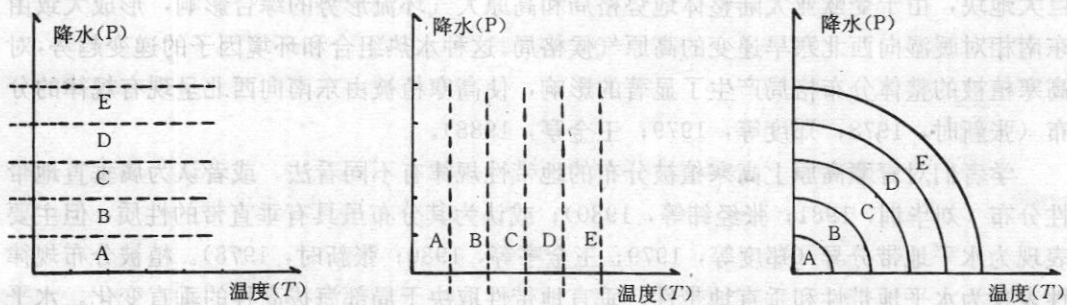


图2 理想模拟状态下植被水平地带分布格局示意图

Fig. 2 The pattern diagram of vegetational horizontal distribution under simulated conditions.

(a) 完全受降水变化支配 Controlled only by precipitation change; (b) 完全由温度变化控制 Controlled only by temperature change; (c) 水热条件等同作用 Controlled equally by precipitation and temperature; A—E 表示不同的植被类型 indicates different vegetational types

二、高寒垫状植被的性质及其地带性归属问题

垫状植物广布于喜马拉雅山、我国青藏高原、中亚、南美高山以及北极地区的部分植被类型中(中国植被编委会, 1980; Pysek et al., 1991; Kirkpatrick et al., 1985)。但多数种类分布于青藏高原及其毗邻高山地区。据统计, 青藏高原及其毗邻的中亚高山所分布的垫状植物种数占到全球垫状植物种数的73%以上; 其中绝大多数为青藏高原特有成分或青藏高原-喜马拉雅成分(黄荣福等, 1991)。在青藏高原之外的部分地区, 垫状植物也可成为群落中的先锋种(Benedict, 1989)和主要构成成分(Roxbrugh et al., 1988; Lough et al., 1987)。但以耐寒、耐旱的垫状多年生草本植物为优势种所构成的高寒垫状植被则主要集中在青藏高原、天山和帕米尔高原上(中国植被编委会, 1980; 李渤生等, 1985)。

对高寒垫状植被的基本属性及地带性归属问题众说纷纭。迄今为止, 尚无公开报道认为高寒垫状植被具有高原水平地带意义。对高寒垫状植被是否作为垂直植被带则存有不同看法。或将高寒垫状植被看作独立存在的高原植被垂直带类型(刘华训, 1981); 或认为仅是某种局部地形和环境条件的产物, 不足以构成植被垂直带谱中的独立环节(李渤生等, 1985)。在此, 作者将根据多年的实地调查并参考已有文献资料, 就有关问题提出部分看法。垫状植物及其群落因其区系种类多样而具有较大的生态适应幅度, 广泛分布在青藏高原上除高寒灌丛之外的各类高寒植被类型中。一般认为, 垫状植物及其群落主要混生于高寒草甸或高寒草原之中, 其基本生态特性介于高寒草甸和高寒草原之间, 属中生-早生生态型(王金亭, 1988, 中国植被编委会, 1980)。但在高寒植被的实际分布中, 高寒垫状植被虽可分布于高寒草甸上部而成为狭窄的垂直带, 但在相对湿润的高寒草甸

地区并不十分发育(李渤生等, 1985)。在青藏高原东北部的山地上部, 尽管高寒草甸中有垫状植物伴生, 但并不构成高寒垫状植被带(彭敏等, 1989; 陈桂琛等, 1993, 1994)。相比之下, 垫状植被则更多地作为主要优势种或主要伴生种混存于高寒草原和高寒荒漠中(黄荣福等, 1991; 黄荣福, 1994; 张经纬, 1963)(图1)。在高寒草原中常形成明显的垫状植物层片(王金亭等, 1982; 潘锦堂等, 1979)。在青藏高原中西部与高寒荒漠分布区接壤的青海可可西里西部地区 and 西藏阿里地区则是垫状植物及其群落分布较为集中的地区(郭柯, 1993; 黄荣福, 1994; 潘锦堂等, 1979), 往往成为广域的纯垫状群落。有报道认为高寒垫状植被是高寒草甸或高寒草原演化发展过程中的先期产物, 具有高山先锋群落的性质(中国植被编委会, 1980)。但根据垫状植被本身的分布情况和作者的初步观察, 高寒垫状植被的生态特性本质上似乎更近似于高寒草原或介于高寒草原与高寒荒漠之间, 并对特定生境有一定的指示意义。从图1中可以看到, 高寒垫状植被似乎在高原和高寒荒漠之间形成有一条相对独立的植被带。尽管现时尚缺乏足够的观测资料和分析数据来充分论证高寒垫状植被是否属于具有高原水平地带意义的植被类型, 但作者认为存在高寒垫状植被具有地带性意义的可能性。鉴于本文篇幅所限, 不再就此问题展开讨论。笔者希望今后能就此问题开展较为深入细致的研究工作, 并另行成文讨论高寒垫状植被的有关问题。

三、高寒植被的部分独立特性

在长期适应青藏高原高寒生境的过程中, 高寒植被中的组成种类经过变异、遗传和自然选择形成了许多在温性植被中所不具备的适应特性。一般表现为植株矮小或呈垫状、莲座状, 根系发达且与地面平行展开, 生长期短, 植物多营无性繁殖。有些还形成植物体表角质化、革质化, 缩小叶面积, 体表密被棉毛或绒毛等特殊适应结构(Huang, 1987)。此外, 植物的内部组织、细胞结构也具有明显的特异性(王为义, 1985), 如通气组织发达、湿地植物内部结构“旱生化”、草本植物支持结构发达等。这些均为高原植物长期适应高寒生境的结果, 其中某些特性与北极和其它地区的高山植物相同或相似(Billings, 1974)。与此同时, 高寒植被还形成某些不同于温性植被、北极植被和北半球其它高山植被的独立特性。

(1) 具有相对一致的起源成因, 均为青藏高原隆升后的产物。青藏高原的大幅度强烈抬升导致形成高原上特有的高寒生境, 对高原植被带来巨大影响。在高原生境逐渐寒旱化的漫长历史进程中, 适应这种变化的植物种类得以发生和发展, 不适种类则逐渐消失或退居次要地位, 从而导致高寒植被类型及其组成成分在发生、发展与演化方面表现出相对一致性和特殊性。

杜鹃属植物广布于欧、亚和北美的温带地区高山, 中国-喜马拉雅地区则是其现代的最大分布中心; 其起源中心为横断山区, 一些适应高寒生境的种类逐渐在高原上分化发展起来(闵天禄等, 1979), 并成为构成部分高寒灌丛植被的建群种和优势种。嵩草属植物在青藏高原高寒草甸中占主导地位。其发生和发展中心为横断山脉(李沛琼, 1988), 绝大部分种类分布在喜马拉雅山、青藏高原、中亚高加索等地。据统计, 喜马拉雅和青藏高原分布的种类约占全属种数的90%, 其中有80%为特有种(李沛琼, 1988)。该属

植物形成于上新世或不早于上新世,是由其原始祖先自然向着适应寒旱生境的演化过程中,逐渐分化和发展起来的¹⁾。高寒草原是青藏高原隆升后的寒旱气候条件下发生、发展起来的(周兴民,1980;张经纬,1963),其区系组成和发生是温性草原的高寒变体(中国植被编委会,1980)。由于适应寒旱生境的结果,高寒草原在群落组成和群落结构上均不同于温性草原。例如,高寒草原植被中部分组成种类可形成特殊的生态学适应特征以及存在垫状层片和嵩草层片(王金亭等,1980;1982)。构成高寒垫状植被和高寒荒漠植被的主体成分——垫状植物本身的形成和发展就是植物长期适应高寒生境的结果,为适应生境特化而成(王为义等,1990;黄荣福等,1991)。所以,高寒垫状植被和高寒荒漠的形成必然也是高原隆升后生境趋于寒旱的产物。高寒流石坡植被不仅是高原隆升过程中分化演变而成的特殊产物,而且与高原上经强烈的寒冻、风蚀和融冻等物理风化和冰川作用所形成的流石坡生境有密切的联系。由此可见,这些高寒植被类型的形成都和青藏高原的强烈隆升有密切关系,是适应高寒生境的产物,具有相对一致的起源成因。

高寒植被具有相同起源成因的另一表现形式是组成种类中青藏高原特有成分、中亚高山成分和中国-喜马拉雅成分明显占据主导地位。由于陆地相连、相似的寒旱气候及冰期的物种迁移等诸多原因,高寒植被类型难免会在群落的区系组成上与周围地区的温性植被、北极冻原植被和北半球其他地区的高山植被存在某种程度上的联系和相似性。但青藏高原上的植物区系作为整体有独立发展和进化的趋势(吴征镒,1979;Love et al.,1974)。现有各类高寒植被的群落组成均以中亚高山成分、中国-喜马拉雅成分和青藏高原特有成分为主,群落建群种和优势种中不少是青藏高原特有成分。高寒灌丛中的百里香杜鹃(*Rhododendron thymifolium*)、头花杜鹃(*Rh. capitatum*)、理塘杜鹃(*Rh. litangense*)、毛枝山居柳(*Salix oritrepha*)等均为青藏高原特有种。高寒草甸中的短轴嵩草(*Kobresia prattii*)、藏北嵩草(*K. littledalei*)、西藏嵩草(*K. tibetica*)等为青藏高原特有成分;高山嵩草(*K. pygmaea*)、矮嵩草(*K. humilis*)、线叶嵩草(*K. capillifolia*)、喜马拉雅嵩草(*K. royleana*)等主要集中分布在青藏高原,并作为优势种和建群种构成青藏高原上独特的高寒草甸植被。高寒草原中的优势种紫花针茅(*Stipa purpurea*)、大紫花针茅(*S. purpurea* var. *arenosa*)、羽柱针茅(*S. basiplumosa*)、青藏苔草(*Carex moorcroftii*)、藏籽蒿(*Artemisia salsoloides* var. *wellbyi*)等均为青藏高原特有种;高寒草原群落组成以青藏高原特有成分或以青藏高原为主要集中分布中心的植物种占显著地位(王金亭等,1980)。高寒垫状植被群落组成中的中国-喜马拉雅成分占到总种数的71%;建群种中除簇生柔荑草(*Thylacospermum caespitosum*)为喜马拉雅高山-中亚高山成分外,均为青藏高原特有成分(李渤生等,1985)。高寒荒漠的群落组成以青藏高原特有成分为主;群落优势种垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)、唐古特红景天(*Rhodiola algida* var. *tangutica*)和藏亚菊(*Ajania tibetica*)等均为青藏高原特有种。高寒流石坡植被中,青藏高原特有成分占总种数的70%以上;以青藏高原为分布中心的种占20%以上;而分布于青藏高原,同时又出现在环北极地区和欧亚高山的种不到总种数的2%(李渤生等,1981)。

(2) 具有相对独立的地带性分布规律。有如前述,青藏高原上的高寒植被显示出特

1) 杨永昌,1980,嵩草属植物的初步研究。(手稿)

殊的高原水平地带分布规律。高寒植被类型已成为青藏高原上的地带性植被，其分布很好地反映出高原生境的规律性变化。就整体而言，高寒植被已与高原生境形成统一体，对高寒生境具有明显的指示作用。受青藏高原环境特性及高寒植被自身发展规律的影响，高寒植被的高原地带性明显不同于邻近低海拔地区温性植被、北极和亚北极地区冻原植被、以及北半球其他山地高山植被所表现出来的植被地带性分布规律。

高原周边的低海拔地区植被也表现出有规律的水平地带性分布格局。就中国大陆而言，温性植被的地带性变化由东南向西北依次为森林（落叶阔叶林或针阔叶混交林）—草原（草甸草原、典型温性草原或荒漠草原）—荒漠（草原化荒漠或典型温性荒漠）（中国植被编委会，1980）。高寒植被的水平地带性（高原地带性）不仅改变了中国大陆整体植被的水平地带性分布格局，而且已脱出温性植被水平地带性的范畴而表现出明显差异。这主要表现在：①具有更为复杂的水平带谱结构，高寒植被由东南向西北依次分布的地带性植被类型为高寒灌丛—高寒草甸—高寒草原—（高寒垫状植被）—高寒荒漠；②相似的地带性植被类型具有差异明显的种类组成、群落结构和群落外貌，高寒草原中的垫状植物层片及高寒荒漠以垫状植物为主体等特点都是温性草原和温性荒漠所不具备的；③两种不同的植被水平地带性系列揭示出不同的生境条件及其变化规律。

北半球寒温带到北极的植被也呈水平地带性分布格局，由南向北依次分布为北方针叶林—森林冻原—冻原，其分界线分别为林线和树线（Payette, 1983）。在北极和亚北极地区，苔藓和地衣在植被组成中占有显著地位。许多植物种可以分布在明显不同的生境和植被类型中，这给冻原植被地带的准确划分带来困难（Bliss et al., 1973）。尽管已有人根据植被盖度和种类组成的变化划分出冻原植被的水平地带（Polunin, 1960; Bliss et al., 1973; Ives et al., 1974; Alexandrova, 1991），但这些冻原植被地带的变化主要表现为组成种类（特别是维管植物）数量由南向北的逐渐减少（Bliss et al., 1973; Pierre et al., 1983），而不是不同植被类型的规则替代。与之相反，高寒植被的水平地带性则明显表现为不同植被类型有规律地依次替代分布。青藏高原地处温带和亚热带范围内，高原上具有强烈的光辐射和更高的热量条件。就整体而言，青藏高原高寒植被和北极冻原植被均受到寒冷和干旱（含生理干旱）生境的显著影响。但相对而言，高寒植被主要受水分条件的制约，而北极冻原植被则受热量条件的支配。

青藏高原覆盖了巨大的面积。高原内的几大主要山系（喜马拉雅山、昆仑山和祁连山）均大致为东西向排列，并通过高原夷平面和各山系的分支山体彼此相连，使青藏高原成为一个相对完整的地理单元。正是这种原因使青藏高原上不同类型的植被带得以在水平方向上展开，高寒植被的水平地带性在高原面上得到完全的表达，从而充分地反映出高原生境的水平变化。相反，北半球其它高山往往彼此隔离而独立存在。在这些孤立的高山地区，山地植被的分布主要决定于不同海拔高度上生境条件的垂直变化，相应的植被类型则作为垂直带类型分布于山地，其分布格局无疑应归入垂直地带性的范畴。因此，北半球其它山地上分布的高山灌丛、高山草甸等高山植被类型仅仅只能以垂直带类型的形式出现，它们所反映的生境特点及变化规律与水平地带性植被类型有较为明显的差异。

综上所述，青藏高原上的高寒植被均为高原隆升后生境趋于寒旱的适应产物，在区系组成、群落结构和地带性分布规律等方面均表现出某些独立特性。随着青藏高原的继

续抬升(李吉均等, 1979), 高寒植被所具有的特性会随之增强。因此, 对青藏高原高寒植被的深入研究将对探讨植被科学理论以及全球变化等有关问题有着积极的作用。

四、高寒植被的名称和英译表达

高寒植被的不同中, 英文名称已被用于众多研究文献中, 这给青藏高原高寒植被研究的交流带来诸多不便。鉴于“高寒”一词作为不同高寒植被类型中文名称前缀的用法得到越来越广泛的承认和应用, 此前缀可继续延用并扩展到所有其它青藏高原的特殊植被类型上, 如高寒垫状植被和高寒流石坡植被。建议今后的英译表达中, 能将“高寒”一词统一译为“altifrigetic”。该词为一新组合词。“alti-”和“frig”均源于拉丁语系, 前者意为“高的、高山上的”; 后者为“寒冷”之意; “-etic”为英语形容词后缀, 其含义为“有…性质的, 与…有关的”。组合词“altifrigetic”可理解为“具有高寒特性的”之意。据此, 可将上述青藏高原上的高寒植被类型分别译为: altifrigetic shrub (高寒灌丛), altifrigetic meadow (高寒草甸), altifrigetic steppe (高寒草原), altifrigetic cushion vegetation (高寒垫状植被), altifrigetic desert (高寒荒漠) 和 altifrigetic subnival vegetation (高寒流石坡植被)。

参 考 文 献

- 王为义, 1985, 高山植物结构特异性的研究, 高原生物学集刊, (4): 19—32。
- 王为义、黄荣福, 1990, 垫状植物对青藏高原高山环境的形态——生态学适应的研究, 高原生物学集刊, (9): 13—26。
- 王金亭, 1988, 青藏高原高山植被的初步研究, 植物生态学与地植物学学报, 12 (2): 81—90。
- 王金亭、李渤生, 1982, 西藏羌塘高原高寒草原的基本类型与特征, 植物生态学与地植物学学报, 6 (1): 1—13。
- 王金亭、李渤生、陈伟烈、张经纬, 1980, 西藏高原草原植被的基本特征, 植物学报, 22 (2): 161—169。
- 中国科学院植物研究所、中国科学院长春地理所, 1988, 西藏植被, 科学出版社。
- 中国植被编委会, 1980, 中国植被, 科学出版社。
- 四川植被协作组, 1980, 四川植被, 四川人民出版社。
- 刘华训, 1981, 我国山地植被的垂直分布规律, 地理学报, 36 (3): 267—279。
- 闵天禄、方瑞征, 1979, 杜鹃属 (*Rhododendron* L.) 的地理分布及其起源问题, 云南植物研究, 1 (2): 17—28。
- 李吉均、文世宣、张青松、王富葆、郑本兴、李炳元, 1979, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨, 中国科学, (6): 608—616。
- 李沛琼, 1988, 嵩草属的地理分化和进化, 中国植物学会 55 周年年会学术论文摘要汇编, 125—126。
- 李炳元, 1987, 青藏高原的范围, 地理研究, 6 (3): 57—63。
- 李渤生、张经纬、王金亭、陈伟烈, 1981, 西藏高山冰缘植被的初步研究, 植物学报, 23 (2): 132—139。
- 李渤生、张经纬、王金亭、陈伟烈, 1985, 西藏的高山座垫植被, 植物学报, 27 (3): 311—317。
- 吴征镒, 1979, 论中国种子植物区系的分区问题, 云南植物研究, 1 (1): 1—22。
- 张经纬, 1963, 羌塘高原东南部草原的基本特点及其地带性意义, 植物生态学与地植物学学报, 1 (1—2): 131—140。
- 张经纬、王金亭、陈伟烈、李渤生, 1980, 试论青藏高原植被的纬向地带性, 中国科学, (11): 1090—1098。
- 张新时, 1978, 西藏植被的高原地带性, 植物学报, 20 (2): 140—149。
- 陈桂琛、彭敏, 1993, 青海湖地区植被及其分布规律, 植物生态学与地植物学学报, 17 (1): 71—81。
- 陈桂琛、彭敏、黄荣福、卢学峰, 1994, 祁连山地区植被特征及其分布规律, 植物学报, 36 (1): 63—72。
- 郑度、张荣祖、杨勤业, 1979, 试论青藏高原的自然地带, 地理学报, 34 (1): 1—11。
- 周立华、孙世洲等, 1990, 青海植被图 (1: 1000000) 及说明书, 中国科学技术出版社。

- 周立华、彭敏、陈桂琛、赵京, 1987, 青海省 (1:3000000) 植被图及其说明书, 高原生物学集刊, (7) 219—228。
- 周兴民, 1980, 青藏高原高寒草原的概述及其与欧亚草原区的关系, 中国草原, (4): 1—6。
- 周兴民, 1982, 青藏高原嵩草 (*Kobresia*) 草甸的基本特征和主要类型, 高原生物学集刊, (1): 151—161。
- 周兴民、王质彬、杜庆, 1987, 青海植被, 青海人民出版社。
- 郭柯, 1993, 青海可可西里地区的植被, 植物生态学与地植物学学报, 17 (2): 120—132。
- 黄荣福, 1994, 青海可可西里地区垫状植物, 植物学报, 36 (2): 130—137。
- 黄荣福、王为义, 1991, 青藏高原垫状植物区系及垫状植物群落演替, 高原生物学集刊, (10): 15—26。
- 彭敏, 1987, 扎陵湖、鄂陵湖地区的植被类型及其分布规律, 高原生物学集刊, (7): 71—80。
- 彭敏、赵京、陈桂琛, 1989, 青海省东部地区的自然植被, 植物生态学与地植物学学报, 13 (3): 250—257。
- 彭敏、陈桂琛, 1993, 青海湖地区植被演变趋势的研究, 植物生态学与地植物学学报, 17 (3): 217—223。
- 潘锦堂、张盍曾、刘尚武, 1979, 西藏阿里地区动植物考察报告, 科学出版社, 148—164。
- Alexandrova, V. D. (translated by D. Love), 1991, Vegetation of the Soviet polar deserts, Cambridge University Press, New York.
- Benedict, J. B., 1989, Use of *Silene acaulis* for dating: the relationship of cushion diameter to age, *Arctic and Alpine Research*, 21 (1): 91—96.
- Billings, W. D., 1974, Arctic and alpine vegetation: plant adaptation to cold summer climates, *Arctic and alpine environments*. J. D. Ives & R. G. Barry (eds.), Methuen, London. 403—443.
- Bliss L. C., G. M. Courtin, D. L. Pattie et al., 1973, Arctic Tundra ecosystem, *Ann. Rev. Eco. Syst.* 4: 359—399.
- Huang Rongfu, 1987, Vegetation in the northeastern part of Qinghai-Xizang Plateau, Reports on the north-eastern Part of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, Jurgen Hoverman & Wang Weiying (ed.), Science Press. Beijing, 438—495.
- Ives J. D. & R. G. Barry (eds.), 1974, Arctic and alpine environments, Methuen, London. 1—13.
- Kirkpatrick J. B., P. R. Minchin and J. B. Daries, 1985, Floristic composition and macroenvironmental relationships of Tasmanian vegetation containing bolster plants, *Vegetatio*, 63: 89—96.
- Lough T. J., J. B. Wilson, A. F. Mark and A. C. Evans, 1987, Succession in a New Zealand alpine cushion community: a Markovian model, *Vegetatio*, 71: 129—138.
- Love A. & D. Love, 1974, Origin and evolution of arctic and alpine floras, Arctic and alpine environments, J. D. Ives and R. G. Barry (eds.), Methuen, London. 571—603.
- Payette, S., 1983, The forest tundra and present tree-lines of the Northern Quebec-Labrador Peninsula, Tree-line ecology: Proceedings of the Northern Quebec tree-line conference, Pierre, M. & S. Payette (eds.), Centre D'études Nordiques, Université Laval, Quebec. 3—23.
- Pierre M. & S. Payette, 1983, The vascular flora of the northern Quebec-labrador Peninsula; phytogeographical structure with respect to the tree-line, Tree-line ecology: Proceedings of the Northern Quebec tree-line conference, Pierre, M. & S. Payette (eds.), Centre D'études Nordiques, Université Laval, Quebec. 141—151.
- Polunin, N., 1960. Introduction to plant geography, Oxford Univ. Press, London.
- Pysek P. & J. Liska, 1991, Colonization of *Sibbaldia tetrandra* cushions on alpine scree in the Pamiro-Alai Mountains, Central Asia, *Arctic and Alpine Research*, 23 (3): 263—272.
- Roxbrugh, S. H., J. B. Wilson and A. F. Mark, 1988, Succession after disturbance of a New Zealand High-alpine cushionfield, *Arctic and Alpine Research*, 20 (2): 230—236.

SOME PROBLEMS ABOUT ALTIFRIGETIC VEGETATION OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Peng Min, Chen Guichen and Huang Rongfu

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

Qinghai-Xizang Plateau (QXP) is the highest, largest and youngest plateau in the world. It occupies more than one-fourth of whole Chinese territory and with the mean elevation of more than 4000 meters above sea level. With the strong uplifting of QXP, a series of altifrigetic vegetational types had occurred and evolved in the plateau. The scientific research about the vegetation of QXP has been paid widely attention in the world. In this paper, some problems about altifrigetic vegetation (someone called alpine vegetation or high-cold vegetation) of QXP were discussed and analyzed in detail on the bases of earlier research works and our investigation in the field. A few conclusions were suggested by authors as follows.

(1) Altifrigetic vegetation shows a pattern of horizontal distribution in the plateau, and has an obvious signification of vegetation zonality.

(2) The ecological characteristics of altifrigetic cushion vegetation is similar to altifrigetic steppe or between altifrigetic steppe and altifrigetic desert, and this type of vegetation perhaps is a kind of zonal vegetation type.

(3) Altifrigetic vegetation has relatively identical cause of formation and they are all the outcomes originated from the uplift of QXP. These altifrigetic vegetational types show special zonal distribution and some characteristics. It makes the altifrigetic vegetation obviously distinguishing from the temperate vegetation, Arctic tundra vegetation and alpine vegetation in the other alpine regions.

Key words: Qinghai-Xizang Plateau; Altifrigetic vegetation; Distribution pattern; Zonality