

中国嵩草草甸

周兴民 等著



科学出版社

中国嵩草草甸

周兴民 等著

科学出版社

2001

内 容 简 介

青藏高原自始新世以来,由于印度次大陆与亚洲主大陆的碰撞,成为地球上最巨大的喜马拉雅造山运动的开始。然而,印度板块推挤着青藏高原向北运动过程中,在北部又遇到了塔里木、华北及西伯利亚等刚性地块的抵阻,使青藏高原处在SN向的巨大挤压应力作用下,形成了世界上最巨大、最年轻的高原,其面积 $250 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均海拔4000m以上,成为地球上独特的地理单元。

伴随着青藏高原的强烈隆升及其所带来的独特的自然环境,形成了丰富的自然资源。其中嵩草草甸即是青藏高原隆升过程中所引起的高原严酷环境的产物。《中国嵩草草甸》一书便是中国科学院西北高原生物研究所和中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站多年对嵩草草甸研究的总结。本书共分为十一章,分别论述了青藏高原的自然环境特征、组成嵩草草甸的植物区系特征和分布、组成嵩草草甸植物的生态特征与生活型、嵩草草甸的主要类型及其分布规律、嵩草草甸主要植物种群的生态位、嵩草草甸主要植物种群的繁殖对策、嵩草草甸的生物量及其形成机制、嵩草草甸微生物的结构及分解作用、嵩草草甸生态系统的能量流动规律、嵩草草甸土壤养分及其物质循环和嵩草草甸的合理利用及草地畜牧业的可持续发展等基础与应用基础的重大问题。

本书内容丰富,资料翔实,有新观点和创新,可供植物生态学、草地生态学、草地管理等专业科技工作者和科研人员参考,亦可作高等院校有关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国嵩草草甸/周兴民等著.-北京:科学出版社,2001.2

ISBN 7-03-008570-1

I.中… II.周… III.草地,嵩草-研究-中国 IV.S812.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第61897号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001年2月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—1 100 字数:440 000

定价:41.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

本书得到

中国科学院重大支持项目：中国生态系统研究网络长期监测；高寒草甸生态系统生物生产力动态研究（KJ85-07-04-02）；

高寒草甸生态系统结构、功能及提高生产力途径的研究（KJ85-07-04-04）

以及中国科学院“九五”重大及特别支持项目（KZ951-A1-204，KZ95T-04，KZ95T-06）

国家攀登计划：青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统

国家重点基础研究发展规划（G1998040800）

中国科学院海北高寒草甸开放实验站基金项目

资 助

中国嵩草草甸编辑委员会

主编 周兴民

编委 (以姓氏笔画为序)

王启基 师生波 张金霞 张耀生

周兴民 赵新全 姜文波 姜永进

曹广民

编著人员分工表

第一章	影响嵩草草甸的生态条件 周兴民 李英年
第二章	组成嵩草草甸的植物区系特征和分布 周兴民 吴珍兰
第三章	组成嵩草草甸植物的生态特征与生活型 周兴民
第四章	嵩草草甸的主要类型及其分布规律 周兴民
第五章	嵩草草甸主要植物种群的生态位 陈波 周兴民
第六章	嵩草草甸主要植物种群的繁殖对策 邓自发 周兴民
第七章	嵩草草甸的生物量及其形成机制 王启基 师生波
第八章	嵩草草甸微生物的结构及分解作用 姜文波
第九章	嵩草草甸生态系统的能量流动规律 姜永进
第十章	嵩草草甸的土壤营养及其物质循环 曹广民 张金霞
第十一章	嵩草草甸的合理利用及草地畜牧业可持续发展 赵新全 张耀生

前 言

嵩草草甸 (*Kobresia* meadow) 是指由寒冷中生、湿中生和旱中生多年生密丛短根茎地下芽嵩草属 (*Kobresia*) 植物为建群种所形成的一种类型。主要分布在北半球温带的高山带。在中国主要分布于青藏高原东部林线以上, 高山冰雪带和流石坡稀疏植被带以下, 海拔 3200~5200 m 的高原面及其周围山地以及新疆维吾尔自治区的天山和阿尔泰山, 由青藏高原北部沿西秦岭向东可分布到秦岭主峰太白山 (海拔 3600 m) 以及山西的小五台山; 向西经祁连山沿中部天山分布到帕米尔高原和西天山。嵩草草甸的发生、发展和空间分布格局以及群落的种类组成、结构与功能等, 同其它地带性植被一样, 受一定的生态-地理条件的制约, 是生物气候的综合反映, 也是—定地区生物气候的综合产物, 成为典型的高原地带性植被和山地垂直地带性植被。其自然条件特点: 除沼泽化草甸分布在河流两岸的低阶地、山地垭口、潜水溢出带和湖盆周围的沮洳地外, 占据了排水良好的平缓滩地、河流高阶地、浑圆低丘和山地。年平均温度 $-1\sim 4^{\circ}\text{C}$, 最热月均温 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$, 最冷月均温 $-7\sim -17^{\circ}\text{C}$, 年平均降水量 400~800 mm, 降水多集中于 5~9 月, 约占全年降水量的 80%。土壤为高山草甸土 (Alpine meadow soil), 土壤含水量一般在 30% 以上。土壤发育年轻, 土层较薄, 具有较厚的草结皮层, 富含有机质, 坚实而富有弹性。嵩草草甸的结构特点为种类组成较少, 主要由中国-喜马拉雅和北极-高山成分组成。种的饱和度为每平方米 20~30 种。植物生长期短, 仅 100 d~150 d。植株低矮, 高 3~15 cm。因而群落结构简单, 一般为单层结构。在海拔较低, 气候温暖的沟谷和山地下部以及高原的东部地区, 由于较喜温的异针茅 (*Stipa aliena*)、羊茅 (*Festuca* spp.)、早熟禾 (*Poa* spp.) 等禾本科植物得到发育, 可形成两层结构。随着海拔的升高, 气候变冷, 禾本科植物的生长和发育受到限制, 而耐寒的嵩草则占据优势, 因而成为单层结构。群落生物量较低, 平均每平方米产草 200~300 g, 由于受气候的影响, 地上生物量的季节变化和年际变化非常明显。地上生物量的季节变化一般呈单峰式曲线, 其峰值一般出现在 7 月下旬或 8 月中旬, 年际变化受气候因子的控制, 但稍滞后于气候的年变化。地下生物量大约是地上生物量的 2~4 倍, 这是高寒草甸的主要特征之一, 也是对高寒气候的一种适应。

正如众所周知的那样, 草甸植被的经典概念为: 以中生多年生草本植物为建群种所形成的植物群落, 一般与地形所引起的土壤水分条件密切相关, 所以草甸植被可以在任何地带性植被区域有所分布, 常被植物生态学家和植被学家称之为隐域性植被。按照草甸植被的经典概念, 理所当然的把以嵩草为建群种的植物群落排除在草甸植被之外, 这无疑是对该类型的建群种——嵩草属植物及主要优势种和伴生种的形态-生态学特性以及所处的生境条件研究甚少而得出的一种错误结论。关于嵩草群落的归属问题, 国内外学者尚无一致的意见。А. П. Шенников 认为嵩草属植物不是中生植物, 所以以它为建群种所形成的群落不能归为草甸; Т. А. Работнов 和 П. Д. Ярошенко 则把此类植物群落称为荒原; 而 И. И. Рубцов 则认为此类植物群落是在干寒 (即所谓适冰雪) 环境下形成的, 是草原和适冰雪垫状植物的适冰雪变体; 姜恕、张经纬、周兴民以及

《中国植被》编辑委员会则在深入研究和分析了嵩草植物的形态-生态学特征和分布区的自然环境以及考虑该类植被的合理利用与可持续发展等,把嵩草植物群落称为草甸。然而,嵩草草甸是在高寒环境下所形成的一类特有类型,所以我们认为将嵩草草甸称为高寒草甸更为合理。

由于青藏高原地势高亢、气候严寒、人烟稀少,在早期交通工具极其落后的情况下,要进入高原腹地十分困难。据查阅到的历史资料,有关青藏高原植被记载虽可追溯到一千年以前,然而仅限于极其简单的记述,而且资料甚少。直到新中国成立以后,党和政府十分关心青藏高原的社会发展和经济建设,开展了对青藏高原的大规模科学考察。20世纪50年代初国家就组织科学考察队对青海、西藏的农牧业进行了考察;60年代至80年代对高原的形成演化、自然环境特点、自然资源及其开发利用和社会经济建设问题进行了专题性和区域性研究。90年代开始“青藏高原形成演化、环境变迁及生态系统”国家攀登计划已经完成,目前正在进行“青藏高原环境变化与区域可持续发展研究”的专项研究。中国科学院西北高原生物研究所自1962年建所后,积极参与青藏高原的草场植被资源和经济动植物资源的科学考察,组织多学科力量,深入青藏高原腹地,风餐露宿,对青藏高原的动植物区系、草场植被、土壤等进行了深入的研究,撰写了多篇科学论文、大量的专题报告以及专著和编绘了不同比例尺的草场植被图,对青藏高原的主要植被类型、种类组成、分布规律以及产草量等都做了比较系统的科学分析。中国科学院植物研究所以及青海省畜牧兽医科学院草原研究所、草原工作站亦对高寒草甸进行了多年的研究。以上这些研究作为揭示阐明青藏高原植被的结构、功能等以及为草地资源的合理利用与草地畜牧业的持续发展提供了重要的科学依据。

自1976年以后,中国科学院西北高原生物研究所在总结已往工作的基础上,在IBP、MAB和IGBP计划的推动下,于1976年在我国率先建立了海北高寒草甸生态系统定位研究站,从事高寒草甸生态系统的结构、功能及提高生物生产力途径模式的研究。经过20多年的努力,已积累了大量的基础资料和取得了一批重要的阶段性成果,为今后深入研究高寒草甸生态系统的结构、功能奠定了基础,同时对研究青藏高原植被的动态演替对全球变化的反应模式作了应有的贡献,并填补了种群生态、群落生态、生态系统生态学的理论和方法,对区域开发、环境保护以及草场植被的合理利用与可持续发展均具有重要的意义。

本书是在大量查阅了国内外有关嵩草草甸的研究资料,以及以往考察资料和海北站20多年工作积累的基础上编著而成的。特别是自1976年以后,海北站得到了中国科学院的重点支持,以及以后的开放站基金、生态网络(“八五”,“九五”)研究计划、“八五”攀登计划和生物多样性等重大课题的经费支持,才有可能完成如此重大的任务。

本书是参加中国科学院海北高寒草甸生态系统实验站全体同志多年研究工作的部分内容的总结。在编写过程中得到了孙鸿烈院士的大力支持,同时得到中国生态研究网络(CERN)的经费资助。在此,我们对所有关心、支持该项研究的领导、专家表示衷心的感谢。但由于我们编著的时间仓促,加之水平有限,错误之处在所难免,恳切希望读者批评指正。

周兴民

1999年10月

目 录

前言

第一章 影响嵩草草甸的生态条件	(1)
第一节 嵩草草甸分布范围	(1)
第二节 地形与地貌	(2)
第三节 气候条件	(5)
第四节 河流与湖泊	(15)
第五节 土壤条件	(17)
第二章 组成嵩草草甸的植物区系特征和分布	(24)
第一节 嵩草草甸植物区系的基本特征	(24)
第二节 嵩草草甸植物区系的地理成分	(26)
第三节 嵩草属植物的地理分布	(29)
第三章 组成嵩草草甸植物的生态特征和生活型	(39)
第一节 组成嵩草草甸植物的形态-生态特征	(39)
第二节 嵩草草甸主要建群种的解剖特征	(42)
第三节 嵩草草甸植物的生活型组成	(47)
第四节 组成嵩草草甸的主要层片结构	(48)
第四章 嵩草草甸的主要类型及其分布规律	(51)
第一节 嵩草草甸的主要类型	(51)
第二节 嵩草草甸的地理分布格局	(62)
第五章 嵩草草甸主要植物种群的生态位	(74)
第一节 生态位理论研究的进展	(74)
第二节 生态位理论在植物生态学中的应用	(76)
第三节 生态位的研究方法	(77)
第四节 嵩草草甸植物群落与主要种群的生态位	(80)
第六章 嵩草草甸主要植物种群的繁殖对策	(95)
第一节 植物繁殖对策的研究概况	(95)
第二节 研究地区的自然条件	(105)
第三节 研究嵩草草甸主要植物种群繁殖对策的方法	(107)
第四节 嵩草草甸主要植物种群的繁殖对策分析	(110)
第七章 嵩草草甸的生物量及其形成机制	(131)
第一节 第一性生产力的有关概念及其测定原理	(131)
第二节 嵩草草甸主要植物种群发育节律与环境的关系	(133)
第三节 嵩草草甸光合作用的基本特征	(139)
第四节 嵩草草甸地上生物量的形成规律	(146)
第五节 嵩草草甸植物枯枝落叶的季节动态	(150)
第六节 嵩草草甸地上生物量年间动态及环境因子	(151)

第七节 嵩草草甸地下生物量形成规律	(154)
第八节 嵩草草甸地上生物量空间分布格局	(160)
第九节 高寒矮嵩草草甸再生草生物量季节动态	(162)
第八章 嵩草草甸微生物的结构及分解作用	(168)
第一节 嵩草草甸土壤中微生物主要类群的数量与生物量	(168)
第二节 嵩草草甸地上部分微生物主要类群的数量	(170)
第三节 嵩草草甸土壤中的氮素代谢微生物	(171)
第四节 嵩草草甸土壤中的磷素代谢微生物	(172)
第五节 嵩草草甸中微生物的分解作用	(173)
第九章 嵩草草甸生态系统的能量流动规律	(176)
第一节 第一性生产者亚系统的能量积累	(177)
第二节 消费者亚系统的能量消耗	(180)
第三节 嵩草草甸生态系统能流规律及草场资源利用	(184)
第十章 嵩草草甸的土壤营养及其物质循环	(188)
第一节 嵩草草甸的土壤环境背景值	(188)
第二节 嵩草草甸的碳素	(194)
第三节 嵩草草甸的氮素循环	(199)
第四节 嵩草草甸的磷素循环	(206)
第十一章 嵩草草甸的合理利用及草地畜牧业可持续发展	(217)
第一节 提出草地畜牧业可持续发展的背景	(217)
第二节 可持续发展的定义和内涵	(218)
第三节 嵩草草地畜牧业可持续发展所面临的主要矛盾与问题	(220)
第四节 嵩草草甸的主要生态过程及可持续发展的理论基础	(223)
第五节 草地资源的科学管理	(234)
第六节 草地畜牧业的集约化经营	(250)
参考文献.....	(265)
植物中名、拉丁名对照表	(282)
植物拉丁名、中名对照表	(290)

Contents

Introduction

Chapter 1	Ecological Conditions Affecting <i>Kobresia</i> Meadow	(1)
Section 1	Distribution Limits of Alpine <i>Kobresia</i> Meadow	(1)
Section 2	Geomorphologic and Topographic Conditions	(2)
Section 3	Climatic Conditions	(5)
Section 4	Rivers and Lakes	(15)
Section 5	Soil Conditions	(17)
Chapter 2	Flora Traits and Distribution of <i>Kobresia</i> Meadow	(24)
Section 1	Main Characteristics of <i>Kobresia</i> Meadow Flora	(24)
Section 2	Geographic Components of <i>Kobresia</i> Meadow Flora	(26)
Section 3	Geographic Distribution of Genus <i>Kobresia</i>	(29)
Chapter 3	Ecological Features and Life History Types of Plants Composing <i>Kobresia</i> Meadow	(39)
Section 1	Morphological and Ecological Features of Plants Composing <i>Kobresia</i> Meadow	(39)
Section 2	Anatomic Features of Main Founding Species in <i>Kobresia</i> Meadow	(42)
Section 3	Plant Life History Types of <i>Kobresia</i> Meadow	(47)
Section 4	Major Layer Structures of <i>Kobresia</i> Meadow	(48)
Chapter 4	Main Types and Their Distribution Patterns of <i>Kobresia</i> Meadow	(51)
Section 1	Main Types of <i>Kobresia</i> Meadow	(51)
Section 2	Geographic Distribution Pattern of <i>Kobresia</i> Meadow	(62)
Chapter 5	Niche of Major Plant Populations in <i>Kobresia</i> Meadow	(74)
Section 1	Advances of Niche Theory Studies	(74)
Section 2	Application of Niche Theory in Plant Ecology	(76)
Section 3	Study Methods of Niche	(77)
Section 4	Plant Community of <i>Kobresia</i> Meadow and Niches of Major Plant Populations	(80)
Chapter 6	Reproductive Strategy of Major Plant Populations in <i>Kobresia</i> Meadow	(95)
Section 1	General Situation of Plant Reproductive Strategy Studies	(95)
Section 2	Natural Conditions of the Study Area	(105)
Section 3	Study Methods of Major Plants in <i>Kobresia</i> Meadow	(107)
Section 4	Reproductive Strategies of Major Plants in <i>Kobresia</i> Meadow	(110)
Chapter 7	Biomass and Productive Mechanism of <i>Kobresia</i> Meadow	(131)
Section 1	Definition and Measuring Principles of Primary Productivity	(131)
Section 2	Relationship between Development Rhythm and Environments of Major Plant Populations in <i>Kobresia</i> Meadow	(133)
Section 3	Main Features of Photosynthesis of <i>Kobresia</i> Meadow	(139)
Section 4	above-ground Biomass Pattern of <i>Kobresia</i> Meadow	(146)

Section 5	Seasonal Dynamics of Plant Stand Litter and Falling Leaves of <i>Kobresia</i> Meadow	(150)
Section 6	Multi-annual Dynamics and Environmental Factors of Above-ground Biomass in <i>Kobresia</i> Meadow	(151)
Section 7	Productive Pattern of Underground Biomass in <i>Kobresia</i> Meadow	(154)
Section 8	Spatial Distribution Pattern of Above-ground Biomass in <i>Kobresia</i> Meadow	(160)
Section 9	Seasonal Dynamics of Regenerated Grasses in <i>Kobresia humilis</i> Meadow	(162)
Chapter 8	168Structure and Decomposition of Microorganisms in <i>Kobresia</i> Meadow	(168)
Section 1	Number and Biomass of Major Microorganism Types in <i>Kobresia</i> Meadow Soil	(168)
Section 2	Number of Major Above-ground Microorganism Types in <i>Kobresia</i> Meadow	(170)
Section 3	N-metabolic Microorganisms in <i>Kobresia</i> Meadow Soil	(171)
Section 4	P-metabolic Microorganisms in <i>Kobresia</i> Meadow Soil	(172)
Section 5	Decomposition of Microorganisms in <i>Kobresia</i> Meadow	(173)
Chapter 9	Energy Flow Principles in <i>Kobresia</i> Meadow Ecosystem	(176)
Section 1	Energy Accumulation of Primary Productivity	(177)
Section 2	Energy Consumption by Consumer Subsystem	(180)
Section 3	Energy Flow Pattern and Grassland Utilization in <i>Kobresia</i> Meadow Ecosystem ...	(184)
Chapter 10	Soil Nutrition and Substance Cycle of <i>Kobresia</i> Meadow	(188)
Section 1	Soil Environmental Background Value of <i>Kobresia</i> Meadow	(188)
Section 2	Carbon of <i>Kobresia</i> Meadow	(194)
Section 3	Nitrogen Cycle of <i>Kobresia</i> Meadow	(199)
Section 4	Phosphor Cycle of <i>Kobresia</i> Meadow	(206)
Chapter 11	Reasonable Utilization and Sustainable Livestock Husbandry Develop- ment of <i>Kobresia</i> Meadow	(217)
Section 1	Background of Sustainable Development of Grassland Livestock Husbandry	(217)
Section 2	Definition and Meaning of Sustainable Development	(218)
Section 3	Main Conflicts and Problems in Sustainable Development of Grassland Livestock Husbandry	(220)
Section 4	Major Ecological Process and Theoretical Basis of Sustainable Development in <i>Kobresia</i> Meadow	(223)
Section 5	Scientific Management of Grassland Resources	(234)
Section 6	Comprehensive Management of Grassland Husbandry Management of Livestock Populations	(250)
References		(265)
List of Plant Species	(Chinese-Latin)	(282)
List of Plant Species	(Latin-Chinese)	(290)

第一章 影响嵩草草甸的生态条件

众所周知,当今地球上的生命财富是亿万年进化的结果。在地质历史演化的长河中,植物种、种群、群落与环境条件相互作用、相互影响,在地球上占有一定的空间,形成了有规律分布模式和格局。植物群落和动物、微生物以及非生物环境形成了极其复杂的生态系统,构成了自然资源可持续利用的基础,由此所形成的生物资源支持着人类的生存和发展。植物在对环境条件适应过程中,各自形成了一系列形态、生理生态、生物学特性和遗传特征,决定了植物种和种群的空间分布格局、生命周期以及进化途径和模式。由这些各具特点的植物所形成的群落及其生态系统,各自具有独特的物种组成、结构、生物量及其三维空间分布以及能量流动和物质循环规律与机理。特别是随着全球人口的急剧增加,现代工业的飞速发展,自然资源的开发利用,以及环境污染和全球变化等,均对植物种、种群、群落和生态系统产生巨大的影响。相反,植物种、种群、群落和生态系统结构与功能的动态演替能够敏感的反映全球气候的变化。因而深入地研究植物群落和生态系统的种类组成、结构、功能过程与机理,阐明群落、生态系统物种之间以及与环境条件之间的相互关系,旨在对群落和生态系统进行调控和科学管理,使其结构更趋合理,能量和物质达到最大的交换以及可持续发展。要达到上述目的,就必须认识和遵循自然规律,按照群落和系统内在的联系进行科学的诱导、调控,才能促进群落和系统的稳定与持续发展。可见对影响嵩草草甸分布的自然条件进行分析是至关重要的。

第一节 嵩草草甸分布范围

嵩草属 (*Kobresia* genus) 植物在我国分布范围较大,南起我国云南的西北部,北至新疆的阿尔泰山,西起新疆天山西部,东至长白山山地。但以嵩草为建群种而形成的高寒草甸,在我国主要有两个集中分布区(图 1-1):第一个分布区亦是最大的分布区,主要在青藏高原东部、南部及其周围高山上部,大致处于 $27^{\circ}\sim 39^{\circ}\text{N}$, $82^{\circ}\sim 103^{\circ}\text{E}$,呈弧状围绕在青藏高原东部和南部。北起青海省东北隅的海北藏族自治州^①北部祁连山北支冷龙岭,向南经甘肃省甘南藏族自治州,四川省阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州,青海省的黄南藏族自治州、果洛藏族自治州、玉树藏族自治州,西藏自治区的昌都、黑河等藏族自治州,向南抵达云南省西北部的迪庆藏族自治州以及喜马拉雅山脉的高山带;另一集中分布区为新疆维吾尔自治区北部的天山和阿尔泰山的高山带。除此之外,从青藏高原向东沿西秦岭山地上部可分布到陕西省中部秦岭主峰太白山。

^① 以后凡自治区、自治州、自治县等,均以自治区、州、县前的名称为准。

多悬冰川和冰斗冰川。雪线附近寒冻风化强烈,形成规模巨大的倒石堆。中路天山较北路天山低,山地大都在海拔 3000 m 左右,自西而东逐渐降低,多由前寒武纪的变质岩、片麻岩、石英岩、大理岩和千枚岩组成。而南路天山最西山汇为腾格里山,汗腾格里峰海拔 6995 m,这一山脉向东分出两支。其北支由奥陶纪的千枚岩、砂页岩和志留纪的大理岩和绿色片岩组成。南支多由奥陶纪,志留纪的砂岩和页岩、灰岩组成,山地切割破碎,机械风化强烈。而在腾格里山、哈里克套山有较大冰川发育,现在雪线一般在 3600m 左右。

宏伟的祁连山系是在晚古生代海西褶皱带(华力西褶皱带)和中生代晚白垩世到第三纪始新世褶皱(燕山褶皱带)的基础上形成的,它一直以块状断裂的升降运动占优势,断裂方向以北西西—南东东为主,但北东走向的断层也经常出现,形成这些方向的河谷给东南季风与高空西风急流穿越祁连山提供了有利条件,并使祁连山山地成为东南暖湿气流和西伯利亚—蒙古干冷气流的交汇地,因而使祁连山山地植被的生长发育和分布具有其多样性和复杂性。祁连山位于青海省的东北部,除北支主脉构成青海、甘肃两省的自然分界,最东部余脉伸入兰州西北地区以外,它的大部分舒展在青海省境内。东西长约 800km,南北宽约 200~300km。它是由一系列北西西—南东东的平行山脉与谷地所组成。西段自北而南有走廊南山等七条山脉和黑河等六个谷地;东段只有冷龙岭、大坂山、拉脊山等三条山脉和大通河、湟水等两个谷地及青海湖盆地。地势自西向东逐渐降低,山地平均海拔 4000m 以上。西段不少地区超过 5000m,最高的哈拉湖周围山地和走廊南山主峰海拔接近 6000m,冰川地貌极为发育,山顶终年积雪,白雪皑皑,成为自然的固体水库。每当进入暖季,冰雪消融,补给了众多河流的水量,灌溉着甘肃省河西走廊和柴达木盆地荒漠地区的万顷良田,这也成为祁连山地和广阔的河西走廊与柴达木盆地自然植被生长发育所需的水分来源。谷地平均海拔 3000m 左右,自西向东微缓倾斜,西部最高可达 4000 m。祁连山东段的青海湖盆地海拔 3000~3200m,地势平坦,湖积平原广阔。最东部的大通河、湟水和黄河流域谷地,海拔降到 1700~2600m,这一带是青海省海拔最低的地区,也是青藏高原向西北黄土高原逐渐过渡的一个地带,质地疏松的第三纪红色地层沉积较厚,上面覆盖着黄土,在强烈的流水侵蚀下,地面被切割得支离破碎,但由于海拔较低,气候比较温暖,成为青海省最主要的农业基地。

青南高原、藏北高原、川西高原、甘南高原和羌塘共同构成巨大的青藏高原主体。世界上最高大的山系之一——昆仑山以及唐古拉山、念青唐古拉山—岗底斯山铺展在广大的高原面上。昆仑山的许多平行支脉,伸展于青南高原,其中较大而著名的山脉有博克雷克塔格山、布尔汗达山、可可西里山、巴颜喀拉山、阿尼玛卿山(积石山)、布青山等。昆仑山系属晚古生代海西褶皱带(华力西褶皱带),特别是在古生代泥盆纪与二叠纪后期褶皱形成的山系,到第三纪末与第四纪初受喜马拉雅造山运动的影响,再度抬升,形成了现代巍峨迤邐的昆仑山的基本外貌。它西起帕米尔高原,向东横亘于青南高原而且延伸到四川西部的阿坝地区,长达 2500km,西部海拔 5000~7000m,向东逐渐降低到 4000m 左右。组成的岩石主要为绿色片岩、板岩、千枚岩、大理岩和花岗岩等。高原境内山峦起伏,连绵不断,平原相间,沟谷纵横、雪峰很多,古代冰川和现代冰川地貌特别发育,雪线高度一般在海拔 5000~5300m。整个高原面自西向东倾斜,由于强烈的寒冻风化和风蚀作用,相对高差不大,地形比较平缓。西部江河源地区尤其开阔

坦荡,河流比降很小,河谷开阔,平均海拔 4500m 以上,气候寒冷、多风、少雨、干燥,分布着以寒旱生的紫花针茅(*Stipa purpurea*)为优势的高寒草原和以垫状植物甘肃蚤缀(*Arenarea kansuensis*)、苔状蚤缀(*A. musciformis*)、柔籽草(*Thylacospermum caespitosum*)、垫状点地梅(*Androsace tapete*)等为主的高山垫状植被。而黄河、长江(在青海境内称通天河),澜沧江(在青海境内分为两大支流,一支为扎曲^①,另一支为解曲,二者流至西藏昌都地区汇合成澜沧江),流经青南高原东部和东南部时开始深切,形成西北—东南和西南—东北走向的高山峡谷地貌,即著名的横断山脉地区,高差悬殊,相对高度均在 1000 m 以上,河谷狭窄,成为西南季风(印度洋季风)进入高原的通道。这一地区气候温暖湿润,降水较多,年平均降水量在 500~600 mm,与此相适应,山地阴坡海拔 3800 m 以下,发育着以青海云杉(*Picea crassifolia*)、云杉(*P. asperata*)、川西云杉(*P. likiangensis* var. *balfouriana*)林。山地阳坡海拔 3800 m (4000 m) 以下,发育着祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)、大果圆柏(*S. tibetica*)等为主的山地寒温性针叶林;而在海拔 3800 m 以上的山地阴坡发育着以金露梅(*Potentilla fruticosa*)、毛枝山居柳(*Salix oritrepha*)、积石山柳(*S. oritrepha* var. *amenatdhinensis*)、尖叶杜鹃(*Rhododendron openshanianum*)、理塘杜鹃(*Rh. litangense*)、百里香杜鹃(*Rh. thymifolium*)、头花杜鹃(*Rh. capitatum*)等为主的高寒灌丛。海拔 3800 m (4000 m) 以上的山地阳坡和辽阔的高原面上发育着以高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草(*K. humilis*)、线叶嵩草(*K. capillifolia*)和珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、头花蓼(*P. sphacrostachyum*)等构成的高寒草甸。青南高原、藏北高原、甘南、川西等地区由于地势高亢、开阔平坦,气候寒冷,地下发育着多年冻土,形成不透水层,排水不畅,每逢冰雪融化季节,形成众多的沮洳地和湖泊,如若尔盖以及青海玉树州和果洛州西部的莫云滩、星宿海便是有名的沼泽地带。在此等生态条件下,发育着以藏嵩草(*Kobresia tibetica*)、大嵩草(*K. littledalei*)为主的沼泽化草甸。

唐古拉山西段位于西藏中部,东段展布于青海、西藏之间,为青海与西藏的自然分界线。据近年的研究,认为唐古拉山可能是受中生代晚三叠世到早侏罗世,印支运动褶皱升起的(据侵入岩体的 K-Ar 同位素年龄测定,1 070~2100 ka)(常承法,1973)。褶皱展布范围包括了念青唐古拉山,在新生代受喜马拉雅造山运动的影响而再次上升,成为西南季风进入高原西部的自然屏障。唐古拉山地出露的岩层,主要为晚古生代石炭纪至二叠纪普遍变质的结晶灰岩、砂岩、板岩和中生代晚三叠纪的石灰岩,含煤碎屑岩以及早侏罗世的砾岩、砂岩、页岩和中侏罗世的砂岩、泥岩等。唐古拉山南北宽达 160 km,主脊大唐古拉山脊海拔平均在 6000 m 以上,但相对高度一般在 500 m 左右,最大可达 1000 m,主峰各拉丹东雪峰海拔 6621 m,位于托托河之上源。唐古拉山寒冻风化作用强烈,山脊形态尖刻,多呈锥形山峰,冰斗、U 形谷等冰川地貌非常发育。

矗立于青藏高原最南侧的喜马拉雅山脉,是世界上最雄伟的年轻褶皱山脉,东西绵延数千公里。尼泊尔、印度、锡金、不丹和缅甸以喜马拉雅山为界与我国西藏自治区为邻。整个山脉平均海拔 6000 m 以上,主脊平均海拔 7000 m 以上,位于中尼边界的珠穆朗玛峰海拔 8848 m,为世界第一高峰。山势陡峭、雪峰林立,现代冰川比较发育,

① 曲:藏语称河为曲。

嵩草草甸主要分布在喜马拉雅山山地海拔 5000 m 以上。成为典型的山地垂直带类型。

综上所述,嵩草草甸分布区的地形比较复杂多样,复杂的地形对大气环流以及大气温度、降水、辐射等产生了明显影响,因而对植被生长,发育和三维空间分布格局也相应发生明显作用。

第三节 气候条件

一定意义上讲,一个地区的气候类型具有一套相适应的植被类型,决定了该地区农业生产的种植制度和生产方式,表现出气候因素是植物生长和发育至关重要的环境条件,同时对于植物群落的空间分布格局(水平分布和垂直分布格局)、种类组成、发育节律、层片结构和群落的生物生产量以及能量流动和物质循环等均发生有着重要的作用。嵩草草甸是在青藏高原隆起、所引起的严寒气候等条件下,经长期历史演化与恶劣环境条件相互作用的产物。因此,对气候条件作出科学分析和解释是非常必要的。

1. 大气环流

大气环流乃是与地理位置、海陆分布与大地貌等有关因素综合作用产生的一种大尺度大气运行的基本状况。海拔高度平均在 4500 m 以上,面积约 2 500 000 km² 的青藏高原,耸立在欧亚大陆的中部,约占对流层的 1/3~1/2 的高度。它以强大的热力和地形动力作用,使北起中亚与西伯利亚,南至南亚次大陆与东南亚;东至东亚大陆与阿留申群岛以至日本这样一个广阔范围内的天气和气候都受到影响而发生巨大的变形、改变或生成(张新时,1978),从而使这一辽阔区域的植被受到高原综合因素的影响而具有特殊的空间分布格局、多种多样的植被类型以及生物多样性。特别是高原本身具有与周边地区既发生联系又有独具特色的特殊植被类型和分布规律。

受高海拔条件的制约,青藏高原广大区域气温较低,大部分地区最热月气温小于 10℃,因而只有冬、夏两个半年之分。冬半年对高原天气和气候有重要影响作用的是对流层西风、极地西风、平流层西风以及这些风带中的急流;夏半年影响高原大尺度基本气流是对流层热带东风、副热带西风、平流层东风以及相应的东西风急流(戴加洗,1990)。

冬半年(10月中旬至翌年5月)地面基本以西伯利亚-蒙古冷高压为气压系统。1月高压中心可达 1035 hPa 以上,脊线伸入亚洲西部,与中东欧的高压连成一片。与太平洋北部的阿留申低压系统相配合,盛行自大陆向海洋的季风,加之高原本身地形作用及极地大陆性气团水汽含量甚微这些特征,冬半年漫长、寒冷、干燥少雨、天空晴朗,但高原中部地带气压梯度大,形成明显的偏西风,且风速较大。据在 1.5 km 和 3.0 km 高度的西风流场分析,在高原西端具有明显的分支现象,而东边则有明显的汇合。由于高原本身的巨大高程和辽阔面积,成为高空西风环流中的巨大动力障碍和热源,而对它的运行产生阻碍和分支作用,恰好在 30°~40°N 之间,就迫使在高原西端分为南北两支,南支成西北气流,位置在 20°~30°N 之间;北支成西南气流,沿高原北部流动,位置在 37°~52°N 之间。强大而稳定的青藏高压大大加强了北支气流的强度和稳定性。高原阻止了西伯利亚大陆积蓄,形成一个强大的反气旋环流系统,即蒙古-西伯利亚冷高压,成为冬半年的控制系统。因而青藏高原冬半年的气候极其严寒、干燥少雨、多大