



气候变化与草原生态

——基于中蒙典型草原区野外调查研究

韩文军 侯向阳 著



中国农业科学技术出版社



气候变化与草原生态

——基于中蒙典型草原区野外调查研究

韩文军 侯向阳 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化与草原生态: 基于中蒙典型草原区野外调查研究 / 韩文军, 侯向阳著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5116-3289-0

I. ①气… II. ①韩…②侯… III. ①气候变化-关系-草原生态系统-调查研究-中国、蒙古 IV. ①P467②S812

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 251885 号

责任编辑 李冠桥

责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109705 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106625

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 全国各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 880mm×1 230mm 1/32

印 张 5.375

字 数 135 千字

版 次 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项项目 (2016YFE0116400)

国家国际科技合作专项项目 (2013DFR30760)

国家重点基础研究发展计划项目 (2014CB138806)

内蒙古自治区自然科学基金项目 (2015MS0389)

作者简介

韩文军，男，博士，中国农业科学院草原研究所副研究员。从事全球气候变化生态学及植物生态学研究。先后主持国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项项目等国家及省部级项目4项，参加各类科研项目10余项，在国内外学术期刊上发表论文40多篇。主要著作有：《盐渍化草地综合治理技术》《草原科学概论》《荒漠区生态治理技术：全球气候温暖化防治对策》等。任国际学术期刊《*Research for Tropical Agriculture*》《*Tropical Agriculture and Development*》编委。

内容简介

本书通过对中国及蒙古国典型草原区的野外调查研究，系统总结了气候变暖对中蒙典型草原的影响，以及中蒙典型草原植物群落、土壤养分、植物形态特征、植物生态化学计量学特征与环境因子的关系，揭示了中国与蒙古国典型草原在全球气候变暖背景下的空间分布规律，预测了大空间尺度上的变化趋势，为中蒙典型草原生态系统应对全球变暖提供科学依据。

主要为草原学、生态学、土壤学、气象学等相关领域的研究人员、教学人员、研究生、大学生参考使用。

序

位于蒙古高原的温带草原地跨中蒙两国，东西绵延 4 000 多 km，南北跨越 20 个纬度，面积达 260 万 km^2 ，也是迄今保存最好、面积最大、集中连片、利用历史悠久、居住人口最多的天然草原。蒙古高原草原不仅是中蒙两国共同的重要的生态屏障，也是双方重要的畜牧业生产基地、游牧文化传承的载体，对于两国的生态、经济和社会发展具有极为重要的意义。而欧亚温带草原东缘主体部分位于中国内蒙古中东部，向北延伸到蒙古国北部的克鲁伦河流域及肯特山区南部，是蒙古高原东部的核心区。构成了以经营草产品和畜牧业为主，并发挥草地生态服务功能的草业基地，在欧亚温带草原东部地区及中国北方基础农业中占有不可替代位置，是全球草地生态系统的重要组成部分，在中国北方陆地生态系统物质循环中扮演着重要角色。

目前，草原作为气候顶级植被其面积约 35 亿 hm^2 ，占全球陆地面积的约 25%。如果把人为干扰条件下维持的次生草原及向草原演替中的植被累计，其面积在 40 亿 hm^2 以上。另外，再加上放牧用途中的草地、高纬度地区的湿地及高山草甸，草原的面积可达全球陆地总面积的一半以上，作为气候顶级的草原植被主要分布于干旱半干旱地区。另外，极易受干扰及气候变化的地带也有分布，这些地区生活着全球近 1/3 的人口。因此，草原生态系统保护和可持续利用是应对全球环境问题的重要途径。尤其是在中国内蒙古自治区至蒙古国广泛分布的温带草原上，随市场

经济和对畜产品需求的递增，原有的放牧系统已发生变化，草原的退化速率与日俱增。东北亚地区草原的退化与恶化，通过沙尘等影响周边地区生产生活，也正是急需解决的课题。

我国在草原生态和利用中仍然存在诸多科学问题和技术难题，尚未得到充分认识和解决，以致难以有效指导生产实践。横跨中蒙两国的蒙古高原是人类活动和气候变化最为显著的地区之一，中蒙两国在草原保护建设与利用以及应对全球气候变化方面具有共性难点，也有在自然地理位置、国家畜牧业政策、草原利用方式等差别造成的个性问题。在长期的研究中两国虽然形成了一系列重要的，有价值的研究成果，但交流与应用明显不足。当下，各国都将步入草原科学保护和利用的关键时期，亟待寻找科学优化的“生态-生产-生活”模式，以摆脱草原生态持续恶化与牧区经济发展缓慢及牧民增收困难的境地。深入研究中蒙草原问题，将有望从更大时空尺度上认识蒙古高原草原发生与发展以及利用演变的规律与机理，从更为广阔的视角和更深刻的水平上认识蒙古高原草原的科学问题与实践难题，为实现理论集成创新发展与生态保护建设实践的跨越式推进奠定基础。

蒙古高原草原体现了独特的自然生态系统的一体性、连续性和大尺度梯度变化性的特点，因此是大尺度气候变化研究的天然实验室，环境和生物进化研究的天然实验室，优质抗逆生物基因资源挖掘、创新、利用的天然实验室，同时由于其兼具自然生态条件连续性和管理利用方式差异性，也是不同草原管理制度和模式比较研究的天然实验室。因此，科学合理地利用这个天然实验室，开展以退化草原生态系统恢复重建、生物多样性保护、重要草原生物资源挖掘利用、现代草原畜牧业优化模式研究等为主要内容的中蒙草原科技合作研究，不仅对中蒙两国草原科技的发展具有重要促进作用，而且对世界草原科技和产业的发展将做出重大贡献。

中蒙草原畜牧业历史悠久、内涵丰富、模式多样,既相似又有区域差异的科技难题,急需进行系统的研究和攻关。蒙古高原是历史悠久的自然经济型草原畜牧业区域,而且迄今在中国仅内蒙古自治区仍有以放牧、半舍饲或舍饲的家庭畜牧业为生计的牧民,在蒙古国仍以自然经济型的传统畜牧业为主,在 150 万 km^2 草原上分布着 150 多万放牧牧民,季节性轮牧或四季游牧的畜牧业仍是当地牧民重要的经济支撑。在长期的放牧利用过程中,在不同草原区域,形成区域特色明显的草畜耦合模式、名扬海内外的名优家畜良种、丰富的家畜饲养和粗加工利用技术、应对灾害的本土知识和技能等。中蒙草原畜牧业是世界畜牧业格局中具有特殊价值的一类畜牧业。系统研究中蒙草原畜牧业的模式、技术和资源,挖掘优势并进行转型升级,将对区域乃至全球的食物安全做出重要贡献。

蒙古国牧民家庭畜牧业生产及生活技术需求巨大,合作潜力巨大。中蒙两国草原管理方式不同,草原畜牧业的集约程度不同,但面临的气候变化特别是极端气候灾害以及草原退化等问题,是需要共同解决的难题。特别是蒙古牧民的自然经济成分更加突出,有强烈的改善草地生态以及生产和生活的基础设施条件的愿望和需求,这为中蒙草原科技合作提供了一个广阔的空间。立足牧区“生态-生产-生活”共赢,直接面向牧民,发展以民间互利合作为主的合作模式,是体现互利共赢原则并且十分有效而且长效的模式。

中国的科学研究人员对蒙古高原南部内蒙古草地生态系统的研究,主要通过中长期定位观测和控制实验,在草原生态系统结构、功能与动态变化方面取得了若干重要突破。但蒙古高原北部蒙古国东部草原的研究,仍处在生物与本底调查及个体群落研究的初级阶段,缺乏全球气候变化下对温带草原生态系统分布格局及环境梯度上的整体认识。

近年来,中国的生态学家积极参与了以减暖和适应全球气候变化为核心任务的全球变化科学研究,其中包括生态系统对全球变化的响应和适应的陆地样带研究,生态系统碳储量、碳氮循环过程及机制等方面的研究,有力地推动了全球气候变化与陆地生态系统生态学的发展。为此,中国农业科学院草原研究所提出“欧亚温带草原东缘生态样带”研究,该样带是经向跨国界的,中高纬度的国际性草原生态样带,突破中国北方典型草原研究中缺少寒温带梯度的限制。本研究组对位于中国、蒙古国和俄罗斯的典型草原进行了大范围的调查取样,初步阐述了欧亚温带草原东缘生态样带植物群落特征及其变化,分析了气候与放牧对俄罗斯环贝加尔湖地区典型草原生态系统中植物群落结构及空间分布影响,并对该样带周边的荒漠草原地区放牧强度与降水对于植物群落及土壤特性影响进行了研究。本书作为欧亚温带草原东缘生态样带研究的重要组成部分,将以中蒙典型草原带为依托,根据中蒙典型草原带核心区上的野外调查实测数据,分析温度、降水、纬度等环境因子与植被—土壤之间的关系及其变化,为预测未来全球气候变暖背景下中蒙典型草原生态系统的分布格局及演变提供科学依据。

作 者

2017 年 10 月

目 录

1 草原形成与分布	(1)
1.1 草原	(1)
1.2 草原形成条件	(3)
1.3 草原生态环境	(5)
1.4 草原生态系统功能	(9)
1.5 草原环境问题	(12)
1.6 中蒙草原研究的科学问题	(17)
2 中蒙典型草原带自然概况	(21)
2.1 气候	(23)
2.2 地形条件	(26)
2.3 土壤资源	(28)
2.4 典型草原	(30)
3 中蒙典型草原带气候变化事实分析	(37)
3.1 资料和方法	(41)
3.2 中国与蒙古国典型草原带气温变化特征	(42)
3.3 中国与蒙古国典型草原带降水变化特征	(46)
3.4 研究结果	(49)
4 中蒙典型草原带土壤养分与环境因子关系	(50)
4.1 研究方法	(51)
4.2 典型草原土壤剖面	(52)

4.3	中蒙典型草原带土壤 pH 与环境因子关系	(53)
4.4	中蒙典型草原带土壤有机质及有机碳与环境 因子关系	(57)
4.5	中蒙典型草原带土壤全氮与环境因子关系	(65)
4.6	中蒙典型草原带土壤磷元素与环境因子关系	(69)
4.7	结果与讨论	(77)
5	中蒙典型草原带植物群落与环境因子关系	(82)
5.1	研究区域及方法	(87)
5.2	中蒙典型草原植物群落数量特征	(90)
5.3	中蒙典型草原带植物群落多样性变化	(105)
5.4	中蒙典型草原带植物群落生物量变化	(106)
5.5	研究结果与讨论	(107)
6	中蒙典型草原带克氏针茅形态特征与环境因子 关系	(111)
6.1	研究方法和数据来源	(113)
6.2	克氏针茅形态特征沿纬度梯度变化	(116)
6.3	克氏针茅形态特征沿温度梯度变化	(118)
6.4	克氏针茅形态特征沿降水梯度变化	(118)
6.5	克氏针茅形态特征和年均温度及年降水量的 回归分析	(119)
6.6	小结	(121)
7	中蒙典型草原带植物生态化学计量学特征	(122)
7.1	研究方法和数据处理	(123)
7.2	植物 N/P 沿纬度·温度·降水梯度变化	(124)
7.3	植物 C/N 沿纬度·温度·降水梯度变化	(124)
7.4	植物 C/P 沿纬度·温度·降水梯度变化	(125)
7.5	植物 N/P、C/N、C/P 和年均温度及年降水量的 回归分析	(126)

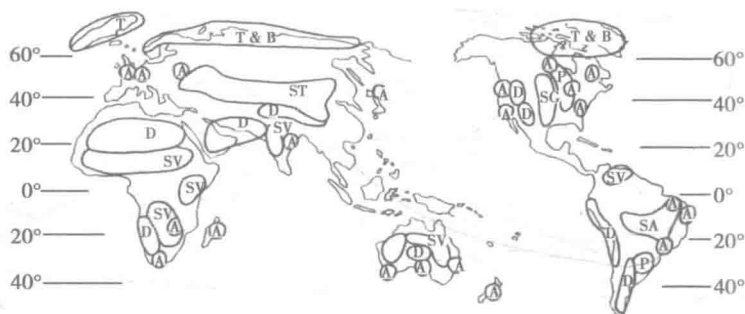
7.6 讨论	(131)
7.7 结论	(133)
参考文献	(134)
后记	(158)

1 草原形成与分布

1.1 草原

一般的草原是占陆地表面面积的 50% 以上的以禾本科植物为优势草本植物群落。广义的草原包括木本植物以外所有的低矮草本群落。典型草原主要优势植物是禾本科，但草本植物中混生低矮灌木的灌木草原，干旱热带及亚热带常见的萨旺纳，高纬度地区生长着地衣苔藓的冻原等都属于草原。在中国传统意义上的草原含义与美国近似，指平坦、广阔、比较干旱、生长天然饲用植物、可供放牧的土地，包括栽培草地及林间草地在内的广大天然的可供放牧和割草的土地。从生态学角度认为草原是一种地带性的生态系统类型，受气候类型的影响显著。分布于半湿润、半干旱到干旱地区主要由耐旱的多年生草本植物组成的植物群落，是不受地表水与地下水影响而形成的地带性的天然植物群落。虽然从温带分布到热带，但在气候坐标轴上占据固定位置。草原植被分布中心区域包括北美西部，南美西海岸，非洲撒哈拉沙漠以南，亚洲中部及澳大利亚内陆等地。草原面积大于森林面积，占全球陆地面积约 40%（表 1.1）。根据草原的组成和地理分布，主要类型有温带草原与热带草原，前者分布于南北半球的中纬度地带，如欧亚温带草原（Steppe），北美草原（Prairie）和南美草原（Pampas）等。这些地带夏季温和，冬季寒冷，春季和晚

夏有明显干旱期。由于低温少雨，草群高度较低，以多数不超过1m的耐寒旱生禾草为主，也称短茎草原。后者分布于热带，亚热带，在高大禾草背景上散生不高的乔木，故被称为稀树草原或萨旺纳（Savanna）。这里终年温暖，年降雨量1 000mm以上，一年当中有两个干旱期（图1.1）。



T&B: 冻原和湿原, ST: 短草草原, P: 普罗列, 彭巴草原, SV: 萨旺纳, D: 沙漠, 半沙漠, A: 人工牧草地

图 1.1 世界草原地理分布（大久保，1990）

表 1.1 各种草原类型面积及全球陆地面积中的比例（White 等，2000）

草原类型	面积 (100 万 km ²)	全球陆地面积中的比例 (%)
典型草原	10.7	8.3
灌木草原	16.5	12.7
萨旺纳	17.9	13.8
冻原	7.4	5.7
合计	52.5	40.5

1.2 草原形成条件

地球上植被有森林、草原等多种植被类型，与地理分布和地形、土壤等环境条件密切相关，其中气温和降水是影响植被分布格局的重要环境因子。地球上除森林植被以外，能够形成草原的地区分布面积非常广。地球陆地面积的三分之一，被称为草原地带，这里指的草原地带是以草本植物为优势的稳定的植被带。由于年降水量较少，导致森林难以生长发育而草本植物可以正常生长发育的地带。例如，草原分布于降水稀少的沙漠和降水丰富的森林之间的过渡带。从全球尺度审视草原，草原基本上被气候干旱的沙漠地带所包围，从这种分布现状看影响草原的最大环境条件是干旱气候导致的水分不足。木本植物的生长需要消耗大量的水分，而根系发达的草本植物在干旱缺水的环境中具有绝对的竞争优势，这也就导致草原区树木稀少的原因之一。另外，低温会引起生长期温度不足，也会影响木本植物的生长，因此在高纬度的北半球只有冻原，冻原也是在低温环境中形成的草原类型。

草原的分布区一般具备以下几个特点：远离海洋的内陆地区；被高山遮断的季风背风一侧；中高纬度高气压控制地带。如欧亚大陆内陆地区，北美洛基山脉东侧，非洲大陆南北纬 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，澳大利亚中部及周边地区。无论哪个草原地区都与戈壁、阿塔卡玛沙漠、撒哈拉沙漠等著名的沙漠毗邻，即沙漠地带的附近分布着天然草原带，这让草原从热带到温带的分布范围极为广泛。图 1.2 中所示的是世界干旱及半干旱地区的植被分布，图的纵轴是年降水量，横轴为年均气温。

从该图可以看出，首先，世界干旱及半干旱地区分布于年均降水量低于 1 500 mm 的地方。相反，如果是年均降水量大于 1 500 mm 地区则形成森林。其次，1 500 mm 不是草原形成的年均

降水量界限，因为植被的形成也受年均气温的影响。如在气温高的地区，即使是年均降水达到 1 500mm，也只能形成草原；但在气温低的地区，在 500mm 的年均降水条件下也可发育成为草原。在气温较高的地区，由于植物旺盛生理活动需要更多的水分，所以，气温与植物生理需水量间关系十分密切。另外，年均降水量在 250mm 以下的地区，无论热带还是温带，荒漠和沙漠占主导地位，在草原和沙漠之间较温暖的地区可以看到有刺灌木林。

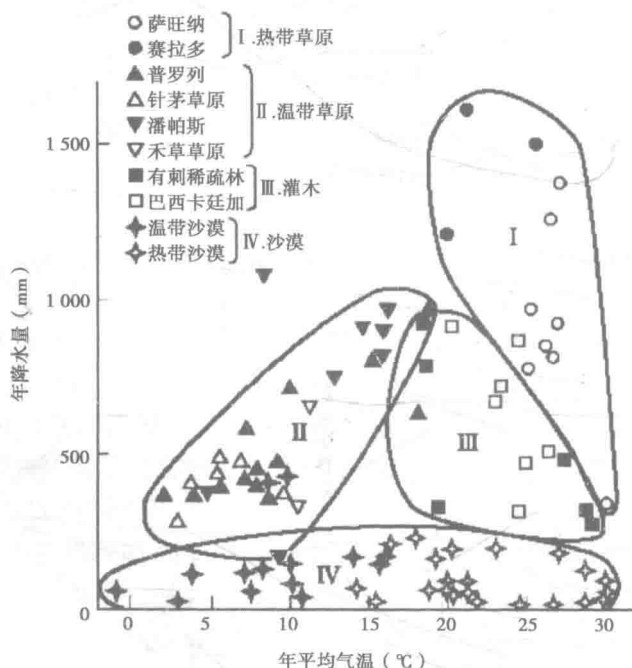


图 1.2 世界草原和沙漠与气温和降水量间的关系 (林, 1997)