



中国生态系统研究网络丛书

草原生态系统研究

第5集

中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站 编

科学出版社

58.181
144

中国生态系统研究网络丛书

草原生态系统研究

第 5 集

中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站 编

科学出版社

· 1997

内 容 简 介

本文集收录了中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站 1992 年以来在长期生态环境动态监测和生态系统结构、功能与生产力提高途径方面的重要研究成果。这些论文分为三部分：草原生物多样性与草原放牧退化、草原生态系统结构、功能与生产力以及一些试验的初步结果简报，对草原生态系统研究有一定指导意义。

本书适合于从事生态学、植物学、动物学及草原管理科学的专业人员和大专院校有关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

草原生态系统研究 第 5 集/中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站编.

—北京：科学出版社，1996

(中国生态系统网络丛书)

ISBN 7-03-005484-9

I. 草… II. 中… III. 草原-生态系-研究 IV. S812

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 09925 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1997 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1997 年 1 月第一次印刷 印张：191/2 插页：3

印数：1—800

字数：445 000

定价：35.00 元

丛书编辑委员会

主任：孙鸿烈

委员：（以下按姓氏笔画为序）

王明星 孙鸿烈 孙九林

陈宜瑜 张新时 沈善敏

陆亚洲 赵士洞 赵其国

钱迎倩 唐登银

秘书：王群力

《中国生态系统研究网络丛书》序

中国科学院自1949年建院以来,陆续在全国各重要生态区建立了100多个以合理利用资源,促进当地农业、林业、牧业和渔业发展,以及观测和研究诸如冰川、冻土、泥石流和滑坡等一些特殊自然现象为目的的定位研究站。在过去几十年中,这些站无论在解决本地区资源、环境和社会经济发展所面临的问题方面,还是在发展生态学方面,都发挥了重大的作用。

自本世纪80年代以来,一方面由于地球系统科学的出现与发展,特别是由于国际地圈—生物圈计划(IGBP)的提出与实施;另一方面,由于日益严重的全球性资源、环境问题所造成的压力,使生态学家们提出了以从事长期、大地域尺度生态学监测和研究为目的的国家、区域乃至全球性网络的议题。就是在这种背景下,中国科学院从已有的定位研究站中选出条件较好的农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统定位研究站29个(见中国生态系统研究网络生态站分布图),并新建水分、土壤、大气和生物4个学科分中心及1个综合研究中心,于1988年开始了筹建“中国生态系统研究网络(英文名称为Chinese Ecosystem Research Network,缩写为CERN)”的工作。目前,中国科学院所属21个研究所的千余名科技人员参与了该网络的建设与研究工作。

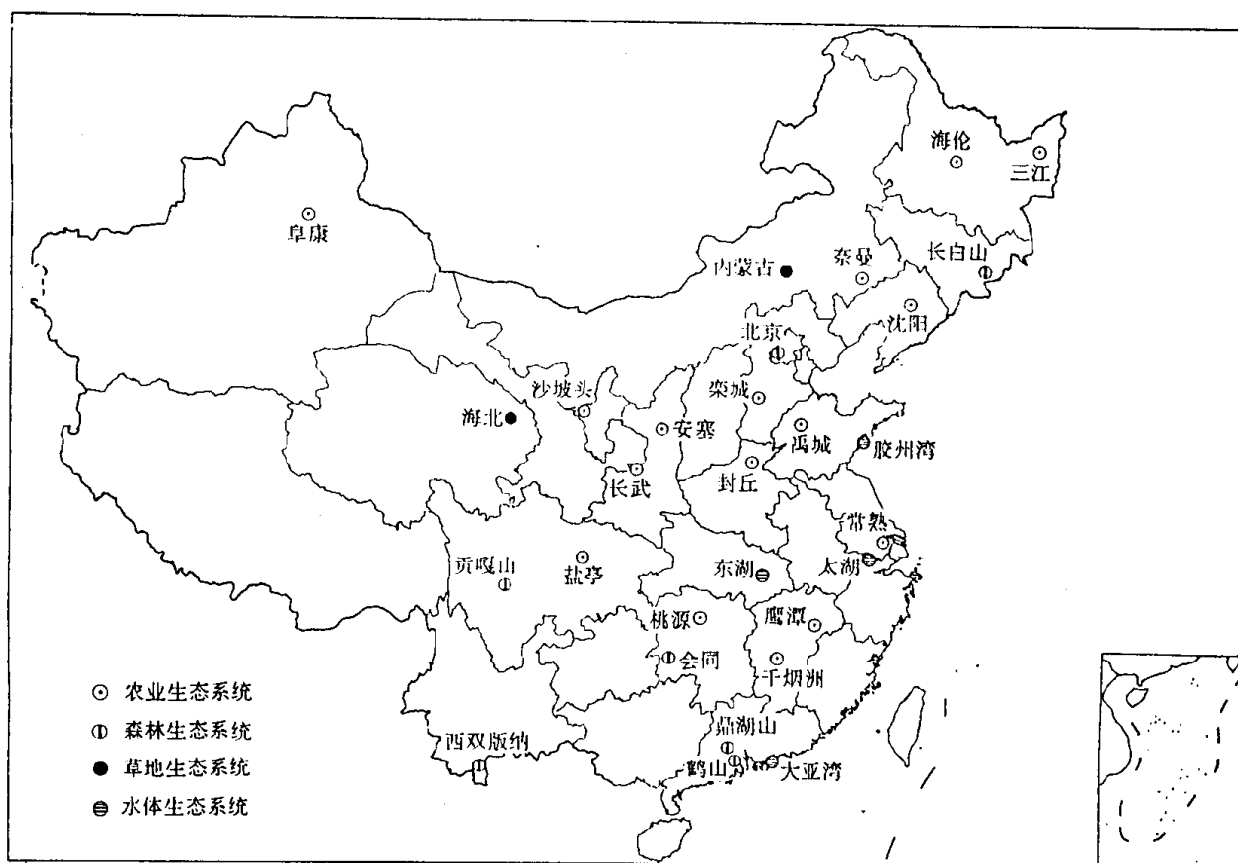
网络筹建阶段的中心任务,是完成CERN的总体设计。在1988至1992年的5年间,在中国科学院、国家计委、财政部和国家科委的领导与支持下,来自我院各有关所的科技人员,详细研究了生态学的最新发展动向,特别着重研究了当代生态学对生态系统研究网络所提出的种种新的要求;了解了世界上已有的或正在筹建的各个以长期生态学监测和研究为目标的网络的设计和执行情况,特别是分析了“美国长期生态学研究网络(英文名称为U.S. Long Term Ecological Research Network,缩写为U.S. LTER Network)”的发展过程,注意吸取了它的经验和教训;同时,结合我国的具体情况,经过反复推敲,集思广益,于1992年底完成了网络的设计工作,并开始建设。

与其他网络相比较,CERN的设计有如下特征:在整个网络的目的性方面,强调网络的整体性和总体目标,强调直接服务于解决社会、经济发展与资源、环境方面的问题;在观测方面,强调观测仪器、设备和观测方法的标准化,以便取得可以互比的数据;在数据方面,强调数据格式的统一和数据质量的控制、数据共享和数据的综合与分析;在研究方法上,强调包括社会科学在内的多学科参与的综合研究,强调按统一的目标和方法进行的、有多个站参与的网络研究。

几年来,通过国内、外专家的多次评议,肯定了上述设计的先进性和可行性,这为CERN的总体目标和各项任务的实现奠定了可靠的基础。

CERN的长期目标是以地面网络式观测、试验为主,结合遥感、地理信息系统和数学模型等现代生态学研究手段,实现对我国各主要类型生态系统和环境状况的长期、全面的监测和研究,为改善我国的生存环境,保证自然资源的可持续利用及发展生态学做贡献

• i •



中国生态系统研究网络生态站分布图

献。它的具体任务是：

1. 按统一的规程对我国主要类型农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统的重要生态学过程和水、土壤、大气、生物等生态系统的组分进行长期监测；
2. 全面、深入地研究我国主要类型生态系统的结构、功能、动态和持续利用的途径和方法；
3. 为各站所在的地区提供自然资源持续利用和改善生存环境的优化经营样板；
4. 为地区和国家关于资源、环境方面的重大决策提供科学依据；
5. 积极参与国际合作研究，为认识并解决全球性重大资源、环境问题做贡献。

为了及时反映该网络所属各生态站、分中心和综合研究中心的研究成果，CERN 科学委员会决定从 1994 年起设立出版基金，资助出版《中国生态系统研究网络丛书》。我们希望该丛书的问题将对认识我国主要类型生态系统的基本特征和合理经营的途径，对促进我国自然资源的可持续利用和国家、地区社会经济的可持续发展，以及对提高生态学的研究水平发挥积极作用。

Handwritten signature

1995 年 4 月 16 日

前 言

本集收集了1992年以来本站在应用基础、应用及长期生态环境动态监测方面的部分研究成果。这些研究都是围绕本站的方向、目标和主要内容而展开的。

本站作为中国科学院在我国温带草原设立的草原生态系统定位研究站和中国生态系统研究网络的重点站,其方向是深入进行草原生态系统科学应用基础研究,不断跟踪学科前沿与热点;进行草地畜牧业生产持续发展和草地资源利用与保护的应用研究;以及草原生态环境因素的动态监测与资料积累。

围绕这一方向,本站在应用基础研究方面主要进行草原生态系统结构、生产力和能与物质循环功能动态过程的研究、草原生态系统生物多样性的研究、全球变化及草原生态系统响应的研究、退化草地生态系统恢复与重建生态学的研究。而在草地畜牧业生产持续发展应用研究方面,则主要进行人工草地建立与持续利用研究、退化草场改良与利用研究、牧草与经济植物引种及实验生态学研究、放牧与割草制度实验研究、草场鼠虫害生态治理研究和优化生产试验区建立等。

本站的研究工作及反映在本文集中的研究结果不仅得到中国科学院开放站基金的资助,也得到中国科学院重大项目“生态系统结构、功能与提高生产力途径的研究”和“中国生物多样性保护的生物学基础研究”,以及国家自然科学基金委员会重大基金项目“北方草地主要类型优化生态模式的建立”等的资助。对此,我们表示衷心的感谢。

本文集分三部分:其一为“草原生物多样性与草原放牧退化”,是本文集中相对集中的一个研究主题,包括13篇论文。其中的8篇论文是不同学科在草原生物多样性及其土壤环境对家畜放牧响应方面的一个协同研究结果,是一个比较系统和完整的工作。其二为“草原生态系统结构、功能与生产力”,包括植物生理生态学、植被结构与生产力、蝗虫与啮齿动物生态、凋落物分解与微生物能流等,以及与生产相关的土地利用、畜群结构优化等方面。最后一部分为简报,报道了本站进行的一些试验的初步结果或对某些研究方法的探索。

另外,为了更好的促进与各国科学家的交流,从本集起,我们除了加强原有的英文摘要外,同时用英文全文发表了部分研究成果。在编辑本集的过程中,《植物生态学报》编辑部胡肄慧、张丽赫和鲍显诚做了很多具体工作,赵淑琦协助绘图。对他们的辛勤劳动,我们也表示衷心的感谢。

编者: 陈佐忠 李永宏

一九九五年五月

目 录

《中国生态系统研究网络丛书》序

前言

放牧对草原生物多样性、草原退化及恢复的影响

- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之一：草原生态系统中不同生物功能类群
及土壤因素间的互作和协同变化 李永宏 钟文勤 康 乐 刘永江 廖仰南 关世英 贾树海 (1)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之二：牧压梯度上土壤物理性质的变化
..... 贾树海 崔学明 李绍良 陈有君 王芳玖 (12)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之三：不同牧压强度对草原土壤养分含
量的影响初析..... 关世英 齐沛钦 康师安 常进宝 (17)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之四：草原植物对家畜放牧的营养繁殖
对策初探..... 李永宏 汪诗平 (23)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之五：典型草原区草-鼠群落对放牧梯度
的协同变化..... 王梦军 钟文勤 王桂明 王广和 (32)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之六：蝗虫群落动态对草原放牧活动的
反应..... 康 乐 (43)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之七：不同牧压对草原土壤动物的影响
研究..... 刘永江 刘新民 乾德门 (62)
- 放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之八：羊草草原和大针茅草原不同牧压
下的土壤微生物生物特性及其多样性..... 柳丽萍 廖仰南 (70)
- 放牧强度对草原土壤超显微特征的影响..... 顾新运 李淑秋 (80)
- 退化草场土壤性状变化的研究..... 康师安 齐沛钦 何婕平 关世英 (88)
- 退化羊草草原植物群落轻耙后的恢复演替动态分析..... 宝音陶格涛 陈 敏 (95)
- 典型草原地区退化草地改良效果的试验研究 陈 敏 宝音陶格涛 (100)
- 草场退化与恢复改良过程中土壤物理性质和水分状况初探
贾树海 李绍良 陈有君 董海峰 郭宝峰 (111)

草原生态系统结构、功能与生产力

- Modelling of Biomass and Soil Organic Matter of *Leymus Chinense* Steppe and *Stipa
grandis* Steppe X. Xiao, D. S. Ojima, W. J. Parton and C. D. Bonham (118)
- Estimation of Aboveground Biomass of the Xilin River Basin, Inner Mongolia, Using

Landsat TM Imagery			
Xiao Xiangming, D. S. Ojima, C. A. Ennis, D. S. Schimel and Chen Zuozhong	(130)		
温度对不同生育期冷蒿枝条净光合和暗呼吸速率的影响	杜占池	杨宗贵	(139)
草原植物叶片光合速率测值与叶室气封量和流量关系的研究	杜占池	杨宗贵	(149)
日本旱稗和燕麦光合特性的比较研究	盛修武	姜 恕	(159)
测定草原植物群落叶面积的适用方法的研究	杜占池		(165)
内蒙古典型草原凋落物形成、分解与积累	黄德华	尹承军	陈佐忠 (179)
内蒙古锡林河中游灰脉苔草踏头沼泽化草甸的群落特征初报	刘书润		(190)
狭翅雏蝗对三种植物的利用效率及温度对其排粪效应的研究			
.....	邱星辉	李鸿昌	范伟民 (196)
三种不同植物群落中狭翅雏蝗的种群数量特征分析	邱星辉	李鸿昌	范伟民 (202)
冷蒿草原 4 种蝗虫的空间格局及其种间关联的研究	邱星辉	李鸿昌	范伟民 (209)
典型草原区草兔的自然食性及其季节变化	王广和	王桂明	(215)
羊草草原凋落物的分解与土壤微生物能量流动的初步研究	廖仰南	赵 吉	(221)
内蒙古草原和荒漠区的土壤微生物及其活性的研究	廖仰南	赵 吉	(227)
Land Cover Classification of The Xilin River Basin, Inner Mongolia, Using Landsat TM Imagery			
Xiao Xiangming, D. S. Ojima, C. A. Ennis, D. S. Schimel and Chen Zuozhong	(240)		
锡林河中流羊群定比结构的模拟与优化结构的线性规划模型			
.....	汪枏生	刘多森	杨化民 (253)
锡林河中游绵羊的生长与羊群平衡结构的优化	刘多森	汪枏生	杨化民 (262)

简 报

牧草种子空间试验的初步结果	戚秋慧	刘存德	(272)
羊草种群地上生物量的估测模型	范伟民	李鸿昌	邱星辉 (276)
草原蝗虫危害损失的概念及其计算方法	范伟民	李鸿昌	邱星辉 (283)
施用增产菌对内蒙古典型草原地上生物量影响初报	汪诗平		(288)
草原暗栗钙土供氮能力及不同形态氮素循环的初步研究			
.....	陈有君	李绍良	贾树海 王芳玖 黄德华 陈佐忠 (293)

CONTENTS

Foreword to Series from Chinese Ecosystem Research Network

Preface

EFFECT OF GRAZING ON BIODIVERSITY, GRASSLAND DEGRADATION AND RESTORATION

Interaction and Co-changes of Different Biological Categories and Soil Properties under Grazing Influence in Steppe Ecosystems	LI Yonghong, ZHONG Wenqin, KANG Le, LIU Yongjiang, LIAO Yangnan, GUAN Shiyin and JIA Shuhai (10)
Changes of Soil Physical Attributes along Grazing Gradient	JIA Shuhai, CUI Xueming, LI Shaolian, CHEN Youjun and WANG Fangjiu (16)
Effects on the Steppe Soil Nutrient Contents under Different Grazing Intensities	GUAN Shiyin, QI Peiqing, KANG Shian and CHANG Jinbao (22)
Vegetative Reproductive Strategies of Plant Populations to Livestock Grazing	LI Yonghong and WANG Shiping (31)
Cooperative Changes of Plant-rodent Communities in Steppe on Grazing Gradient	WANG Mengjun, ZHONG Wenqin, WANG Guiming and WANG Guanghe (42)
Changes of Grasshopper Communities in Response to Livestock Grazing in Grasslands	KANG Le (60)
The effect of Animal Grazing on the Soil Animals in Grassland	LIU Yongjiang, LIN Xinmin and QIAN Demen (69)
Biological Characteristics and Biodiversity of the Soil Microorganisms in <i>Leymus chinensis</i> Steppe and <i>Stipa grandis</i> Steppe under Different Grazing Intensities	LIU Liping and LIAO Yangnan (78)
Influence of Grazing intensity on the Submicroscopic Features in Steppe Soils	GU Xinyun and LI Shuqiu (87)
A Study on the Soil Properties in the Differently Degraded Grasslands	KANG Shian, QI Peiqin, HE Jieping and GUAN Shiyin (93)
Succesion Dynamics of a Degenerated <i>Aneurolepidium chinense</i> Steppe Community after Light Harrow	BAOYIN Taogetao and CHEN Min (99)
Study on the Effect of Different Improving Techniques on the Degenerated Grassland in the Typical Steppe Region	CHEN Min and BAOYINTaogetao (110)
Soil Physical Properties and Water Regime in Process of Grassland Degradation and Restoration	JIA Shuhai, LI Shaoliang, CHEN Youjun, DONG Haifeng and GUO Baofeng (117)

STRUCTURE, FUNCTION AND PRODUCTIVITY OF GRASSLAND ECOSYSTEMS

- Modelling of Biomass and Soil Organic Matter of *Leymus chinense* steppe and *Stipa grandis* Steppe X. Xiao, D. S. Ojima, W. J. Parton and C. D. Bonham (118)
- Estimation of Aboveground Biomass of the Xilin River Basin, Inner Mongolia, Using Landsat TM Imagery XIAO Xiangming, D. S. Ojima, C. A. Ennis, D. S. Schimel and CHEN Zuozhong (130)
- The Effect of Temperature on Net Photosynthetic and Dark Respiration Rate of the *Artemisia frigida* Shoots in Different Phenological Stages DU Zhanchi and YANG Zonggui (147)
- Study on the Relations Between Measured Value of Photosynthetic Rates of Steppe Plant Leaves and the Volume of Airflow, Air-closing Flux in Leaf-chamber ... DU Zhanchi YANG Zonggui (158)
- A Comparative Study on the Photosynthetic Properties of *Echinochloa utilis* and *Avena sativa* SHENG Xiuwu and JIANG Shu (163)
- Study on Suitable Method for Measuring Leaf Area of Grassland Community DU Zhanchi (178)
- Litter Formation, Accumulation and Decomposition in the Typical Steppe Grassland of Inner Mongolia ... HUANG Dehua, YIN Chengjun and CHEN Zuozhong (189)
- A Preliminary Report on the *Carex appendiculata* Marshy Meadow in the Middle Reaches of the Xilin River, Inner Mongolia LIU Shurong (195)
- Utilization of Three Plant Species by the Grasshopper *Chorthippus dubius* (ZUB.) and Influences of Temperature on Its Excretion QIU Xinghui, LI Hongchang and FAN Weimin (201)
- A Comparative Study on the Population Dynamics of the Grasshopper *Chorthippus dubius* (ZUB.) in Three Plant Communities QIU Xinghui, LI Hongchang and FAN Weimin (208)
- Spatial Patterns and Associations of Four Grasshopper Species in *Artemisia frigida* Grassland QIU Xinghui, LI Hongchang and FAN Weimin (214)
- Natural Food Habits of *Lepus capensis* and Their Seasonal Variation in Typical Steppe of Inner Mongolia, China WANG Guanghe and WANG Guiming (219)
- A Preliminary Study on the Litter Accumulation and the Energy Flow of Soil Microorganisms in *Leymus chinensis* Steppe LIAO Yangnan and ZHAO Ji (226)
- Studies on Soil Microorganisms and Their Activities in the Steppe and Desert Zones of Inner Mongolia LIAO Yangnan and ZHAO Ji (239)
- Land Cover Classification of the Xilin River Basin, Inner Mongolia, Using Landsat TM Imagery XIAO Xiangming, D. S. Ojima, C. A. Ennis, D. S. Schimel and CHEN Zuozhong (240)

- Simulation of the Ratio-fixed Sheep Population and the Linear Programming Model of
Optimal Age-sex Distribution of Sheep-flock in the Middle Reaches of the Xilin
River , Inner Mongolia WANG Zongsheng, LIU Duosen and YANG Huamin (261)
- The Sheep Growth and the Sheep-flock Optimization in the Middle Reaches of the
Xilin River LIU Dousen, WANG Zongsheng and YANG Huamin (271)

COMMUNICATION

- The Germination Rate of the Seeds Experienced the Space-flight and the Growth
Performance of Their Plants QI Qiuhui and LIU Cunde (275)
- A Model for Estimating Aboveground Biomass of *Leymus chinensis* Population
..... FANG Weimin, LI Hongchan and QIU Xinghui (282)
- The Concept and Calculation Methods of Grasshopper Damage in Typical Steppe
..... FANG Weimin, LI Hongchang and QIU Xinghui (286)
- Effect of the *Bacillus* spp. on the Aboveground Biomass of a Degraded Grassland in
Inner Mongolia WANG Shiping (292)
- A Preliminary Study on the Cycling of Different Form of Nitrogen and the Nitrogen
Suplying Ability of Dark Chestnut Soil in Steppe Region
..... CHEN Youjun, LI Shaoliang, JIA Shuhai, WANG Fangjiu,
HUANG Dehua and CHEN Zuozhong (297)

放牧对草原生物多样性及其环境的影响研究之一

草原生态系统中不同生物功能类群及土壤因素 间的互作和协同变化^①

李永宏 钟文勤 康 乐 刘永江 廖仰南 关世英 贾树海

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘 要

温带草原具有生态和遗传上独特的物种、广阔的生态地理代表性和半自然的景观特征,是 IUCN-SCOPE-UNESCO 优先开展生物多样性监测和研究的生物群区之一。在内蒙古锡林郭勒草原生物圈保护区内,选择典型草原主体类型——羊草 (*Leymus chinensis*) 草原和大针茅 (*Stipa grandis*) 草原,通过牧压梯度分析,协同研究了不同生物功能类群对家畜放牧的响应,包括草原植物、啮齿动物、蝗虫、土壤动物和微生物及土壤性状。在羊草草原和大针茅草原牧压梯度上各设样地 4 个,代表无牧、轻牧、中牧和重牧条件下的草原状态,构成系列,协同取样分析。

结果表明:土壤理化性状的变化是单调的,如随牧压增强,土壤容重和硬度增加,而土壤持水量、有机质和养分因素下降。生物种丰富度因素:植物、啮齿动物、蝗虫的物种丰富度变化较小,但有下降趋势;土壤动物各类群(膜翅目昆虫除外)的种数和土壤(嫌气性细菌除外)细菌、丝状真菌和放线菌的种数均随牧压增强而明显降低。生物群落的丰盛度因素:植物高度、盖度和生物量、啮齿动物和蝗虫生物量和土壤动物和微生物的数量均随牧压增强而下降;而群落的结构因素——均匀度和多样性,包括植物、啮齿动物、蝗虫群落,多在中轻牧条件下较高,并且多样性与牧压间有正关联,说明放牧有利于群落高多样性的形成和维持。而土壤中鞘翅目、芽孢杆菌、丝状真菌群落的均匀度和多样性也在中轻牧条件下较高,均匀性与牧压也呈正关联,但由于随牧压增强物种数的减少明显,其综合多样性指数与牧压呈负关联,与土壤性状的变化趋势一致。放牧影响下草原生态系统各生物功能类群和土壤环境的变化相互作用形成一个协同变化的整体。草原生物多样性的保护应以保护生态系统为基本策略。

关键词: 内蒙古草原; 生物多样性; 牧压梯度; 功能类群; 互作与协变

一、前 言

生物多样性是各种生命及其过程的总和,具有生态、经济、审美和伦理等多方面的功能,是人类与自然和谐共存的基础。当今,全球环境的恶化、物种绝灭的加速以及社会价值观的改变,使得生物多样性成为国际关注的重大环境问题之一。《生物多样性公

^① 中国科学院重大项目(KJ85-05)专题研究成果,并得到中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站基金资助。

约》签署之后,《中国生物多样性保护行动计划》也已颁布,对生物多样性资源的保护和持续利用提出了新的要求。

温带草地生态系统具有生态和遗传上独特的物种,广阔的生态地理代表性和半自然的景观特征,被 IUCN-SCOPE-UNESCO 列为优先开展生物多样性监测和研究的大陆地生物群区 (biome) 之一 (Di Castri et al, 1992)。我国温带草地是欧亚草原的重要组成部分,面积辽阔,达 313 万 km², 约占国土面积的 30%, 支撑着高度多样化的民族人口。因此,开展草地生态系统多样性研究,既是草地生态系统及其生物多样性保护的基础,也为持续利用草地资源,改善我国人民衣食结构,加强民族团结和巩固边防所必需。

内蒙古锡林郭勒草原在生态区划上位于温带典型草原区,具有高度的生态地理代表性和较高的生境异质性。生态系统类型及其所含的生物物种十分丰富。1985 年我国第一个草地类自然保护区——锡林郭勒草原自然保护区在此建立,并于 1987 年加入联合国教科文组织的“生物圈保护区”网络。在刚刚颁布的《中国生物多样性保护行动计划》中,也将该区列为具有国际意义的、生物多样性保护的重点区域 (中国生物多样性保护行动计划编写组, 1994)。因此我们首先在该区开展了草原生物多样性的监测和研究,旨在为草原生物多样性的保护和持续管理提供理论依据,并做出示范模式。

草原地区的人为活动包括放牧、开垦、樵采和狩猎等多个方面,但从对草原生态系统多样性的影响程度而言,家畜放牧是首要的。目前不合理的放牧所带来的草原生态系统的退化,伴随着生产力的下降和生物多样性的丧失,已恶化了草原地区的生态环境、阻碍了区域经济的持续发展。阐明草原生态系统多样性及其对家畜放牧的响应,是保护草原生态系统生物多样性、恢复与重建退化草原生态系统的基础,因而对制定草原生态系统持续管理策略以及草原地区经济的持续发展均具有重大的意义。

二、国内外草原生物多样性研究简述

人为活动对温带草原生态系统多样性的影响,已有许多研究 (West, 1993)。测定生物多样性的方法在不同的生命系统等级上有所不同。对草地生态系统而言,在生物群落水平上研究较早且较多。物种丰富度和均匀度,以及将此复合的各种多样性指数是常用的分析方法。不同的指数表现了多样性的不同侧面,应以所研究问题的生物生态学内涵而确定。就放牧与草地群落的物种多样性的关系,目前较一致的结论是:长期过度的放牧可降低草地的物种多样性,但适中的放牧以及周期性可以降低群落中优势种在竞争中作用,为其它物种的发展创造了潜在的生态位,因而增加草地植物群落水平的多样性 (Quinn & Robinson, 1987)。Milchunas 等 (1993) 将植物群落多样性与放牧强度和放牧史的关系归纳为:在半干旱草原地区,若具有较长的放牧进化史,草食动物对植物群落的成分影响较小;但若放牧进化史较短,则一定的放牧强度就会大大降低群落的多样性。而在湿润条件下,适度采食通常会增加多样性。因而在荷兰,人们提出通过家畜放牧来管理草地,达到增加群落物种多样性的目的 (Barker, 1989)。在内蒙古草原区,李世英等 (1964) 较早分析了不同放牧强度下羊草草原的物种组成和结构变化;李永宏 (1988; 1989; 1993a; 1993b) 研究了放牧对草原植物群落物种组成、多样性、结构和生产力等的影响。周庆强等 (1982) 研究了锡林郭勒地区的鼠类多样性;夏武平等 (1966)、刘书润

(1979)和钟文勤等(1985a;1985b)研究了鼠类与草原植被间的关系;康乐等(1992;1994;1995)探讨了草原蝗虫对放牧的反应。内蒙古草原区草原植物多样性随气候湿润度和载畜率变化的总体模式是:随着气候湿润度的增加,物种的多样性呈指数式增加;在同一气候条件下,随着载畜率的增强,群落的多样性先上升,尔后下降;气候越湿润,达到最大生物多样性所需的载畜率越大(李永宏,1993b)。有关草地生态系统生物多样性,在青海高寒草甸地区也有较多的研究。如吴亚等(1982)对草地昆虫多样性及其动态与植物群落多样性及其演替关系的研究,提出二者的变化有较好的协同性;萧运峰等(1982)描述了放牧强度引起的啮齿动物数量的空间变化;刘季科等(1993)分析了藏系绵羊不同放牧水平下啮齿动物群落的结构,表明啮齿动物群落多样性、均匀度分别与植物群落多样性、均匀度间显著正相关,而二者的种数之间无线性相关关系。张晓爱(1982)则统计了鸟类的多样性及其与生境的关系。

然而这些研究都是从不同学科角度分别开展的,因而对于生物多样性的功能类群间的关系难以涉及。本研究从生态系统生态学的角度出发,联合不同生态学科的力量,协同研究牧压梯度上草原生态系统各生物功能类群(functional group)的多样性特征,功能群间的相互作用与协同变化,为探讨其对生态系统功能的影响、进一步制定生物多样性保护措施奠定基础。

三、研究设计与牧压梯度概述

放牧利用中的草原生态系统均处于放牧压力和系统向顶极恢复演替力之间的动态平衡之中(Noy-meir & Walker, 1984)。我们分别在时空尺度上对处于这种动态平衡中的草原生态系统及其生物多样性对放牧的响应开展了研究。所谓时间尺度上的研究,即研究不同受控放牧强度下处于退化、维持和恢复过程中的草原生态系统各生物功能群及功能过程的动态。而在空间尺度上则研究不同放牧压力或放牧强度地段的草原生态系统及其生物多样性间的变化,即将不同放牧压力下的草原生态系统,以放牧压力为序联合起来,构成牧压梯度进行分析。本专栏的系列论文(放牧对草原生物多样性及其环境的影响)即是牧压梯度上研究的结果;而在时间尺度上的研究结果,尚需较长的时间。牧压梯度分析在放牧对草原影响研究中有广泛的应用(Dysterhuis, 1949; E. M. 拉甫连科, 1940; Laycock, 1991; 李世英等, 1964; 李永宏, 1988, 1989; Bosch & Booysen, 1991)。这一方面是由于草场管理实践是以不同放牧强度下处于某一演替阶段的草原生物群落为对象的;另一方面牧压梯度上群落的空间变化与其放牧演替中的动态有一定的对应性(李永宏, 1992)。在内蒙古锡林郭勒典型草原地区,我们选择具有广阔生态地理代表性羊草(*Leymus chinensis*)草原和大针茅(*Stipa grandis*)草原,分析其各生物功能群在牧压梯度上的特征变化及其间的相互作用。

有关该区气候、地质、地貌、土壤、植被、土地利用等方面的特征已有专文详述(姜恕, 1988)。两个牧压梯度样地系列分别设在锡林河南岸的一级玄武岩台地上和二级台地上发展起来的缓丘宽谷地带。大针茅牧压梯度系列(下简称大针茅系列)位于锡林河向南5km范围内的一级台地上,地势开阔、平坦,海拔在1130—1160m之间。土壤为典型栗钙土,砂壤或壤砂质地。大针茅草原是这里的地带性草原群落类型。系列最北端

的近河岸处是每年夏秋季游牧点的集中处,牧压最强;系列南端放牧程度微弱,无放牧的中国科学院内蒙古草原生态系统研究站大针茅草原永久样地就在这一带。羊草草原牧压梯度系列(下简称羊草系列)位于二级台地上发展起来的缓丘宽谷地带,地形同样开阔、平坦,羊草草原为地带性草原群落类型。该系列的西南端与无放牧的羊草草原永久样地相邻,东北端为定居畜牧点,放牧强度西南向东北递增。

在这两个具体的牧压梯度上,李永宏(1988,1989,1993)曾研究了草原植物种和群落对放牧的响应,识别出放牧指示植物,划分了放牧生态种组,揭示了群落的分异和趋同;依此结果,并结合蝗虫的具体情况,康乐(1992,1994,1995)在每个系列上设立了5个样地,研究了蝗虫的时空异质性,提出蝗虫群落种类多样性指数在牧压梯度上的变化规律性不强,但在非放牧地最高。在此基础上,我们从事草原植物、啮齿动物、蝗虫、土壤动物、土壤微生物和土壤理化性状研究的人员合作,进一步协同研究这两个牧压梯度系列上草原生态系统各生物功能群的多样性特征,及其互动与协同变化。

本文即是对这个协同研究思路及结果的综合性概述。而草原生态系统各生物类群的多样性特征及其在牧压梯度上的变化详见专文(本系列论文之二至之八,本书)。

四、协同取样方法及不同生物类群取样点在牧压梯度上的相对位置

在上述每个牧压梯度系列上,依以前放牧强度与植被关系的研究结果各设立了4个固定样地,分别代表相对的重牧、中牧、轻牧和无牧条件下的草原生态系统状况。草原植物、草原土壤及土壤动物和微生物在不同季节严格在每个固定样地上协同取样。草原啮齿动物活动范围较大,在每个系列上只设立了3个固定样地;草原蝗虫多样性的取样未能与其它组分同时,但严格沿着这两个梯度系列;并且啮齿动物和蝗虫取样时,也同时测定了草地植物群落的状况,以便通过植物群落状况的对应性,将所调查的啮齿动物和蝗虫群落所受的放牧压力在牧压梯度上相对定位。(各生物功能类群的取样和处理方法详见分论。)

在两个梯度系列上,以草原植物、土壤、土壤动物和土壤微生物取样样地为基准,根据啮齿动物及蝗虫取样样地上的植物群落组成和优势度,借助主成分分析技术,将其在牧压梯度上相对定位,其结果如图1所示。其中啮齿动物取样地位置的确定(图1A、B)是根据各样地植物群落中植物的优势度来计算,而蝗虫取样地位置的确定(图1C、D)是依各样地植物群落中不同植物类群所占的生物量比例来计算的(李永宏,1993;王梦军,1994;康乐,1995)^①。将图1中所示的各取样地在牧压梯度上的位置解释于图2,可见羊草系列上啮齿动物(本系列论文之五中的)无牧样地位置与植物取样位置相比,略偏向于轻牧方向,这可能与啮齿动物取样范围较大及所测定的草原群落不是严格的无人干扰区有关(无牧永久样地中有割草试验区等);中牧和重牧区则与植物的取样区基本相对应。而在大针茅系列上,啮齿动物无牧取样区同样有羊草系列上类似的偏移;

^① 王梦军,1994,放牧干扰对草原植物和啮齿动物群落的生态效应,中国科学院动物研究所硕士论文,58页。
康乐,1995,蝗虫群落动态对草原放牧活动的反应。(本系列论文之六。)

而中牧和重牧取样区则比植物取样区相应的中牧和重牧区位置偏向牧压较轻的一端。

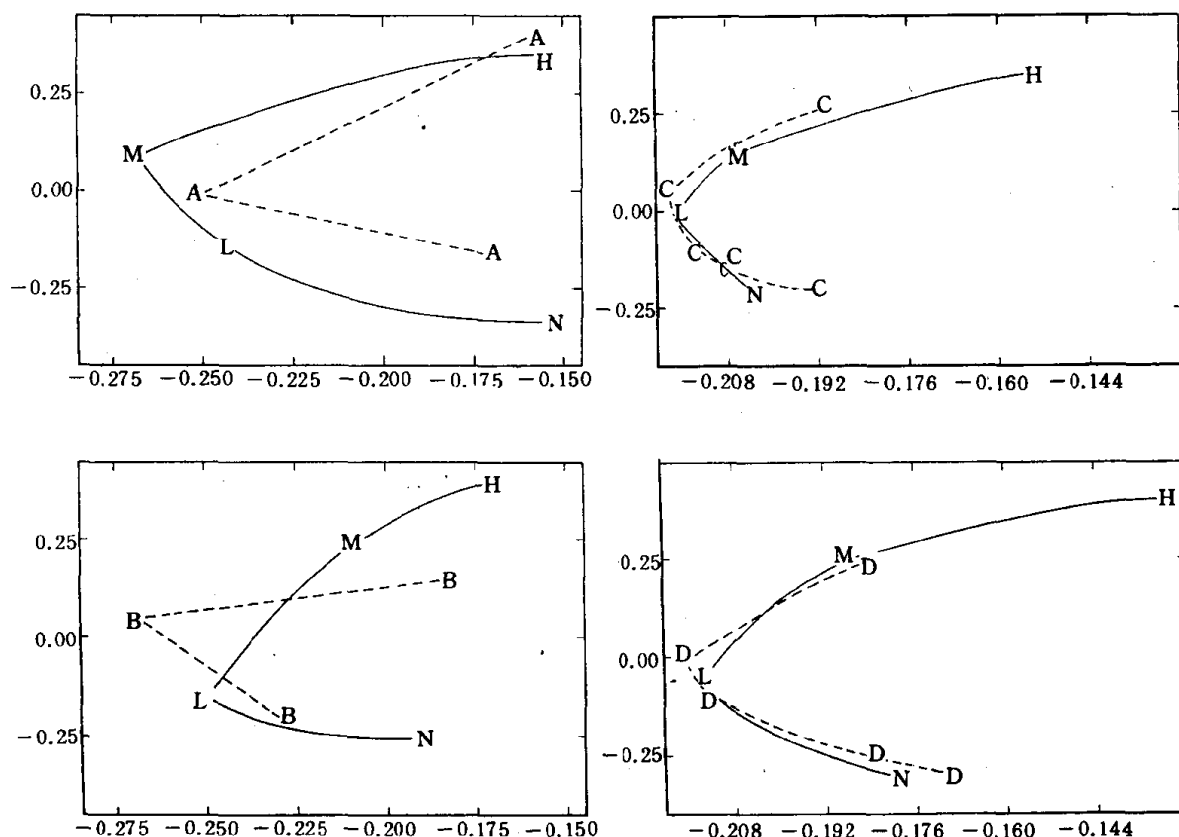


图 1 草原不同生物功能类群及土壤样地排序

Fig. 1 PCA ordination of the sample sites for different biological groups and soils.

(1) A 和 B 分别为啮齿动物样地在羊草和大针茅系列上的相对位置；C 和 D 分别为蝗虫样地在羊草和大针茅系列上的相对位置。A, B refer to sample sites for rodent communities on *Leymus chinensis* Series and *Stipa grandis* Series; C, D refer to sample sites for grasshopper communities on *L. chinensis* Series and *S. grandis* Series, respectively.

(2) N, L, M 和 H 分别为草原植物、土壤动物、土壤微生物和土壤理化性状的样地，相对称为无牧、轻牧、中牧和重牧。N, L, M and H refer to sample sites for plant, soil and soil organisms under condition of un-, light, moderate and heavy grazing.

羊草系列上蝗虫取样时的无牧与轻牧（本系列论文之六中的）样地近于植物取样的无牧样地，中牧样地和过牧样地则近于植物的中牧和重牧样地；而在针茅系列上，蝗虫的中、重和过牧样地分别近于植物的轻、中牧样地。因此在论及各生物功能群及其环境在牧压梯度上的变化时，尤其是综合分析这些变化间的相互关系时，明确所论的牧压梯度区间段是至关重要的。本文以植物与土壤及土壤生物取样时的样地为基准，而将啮齿动物和蝗虫取样地的名称依上述对应性归于植物样地的名称。