

STUDIS ON CHARACTERISTICS
OF GRASSHOPPER COMMUNITIES IN
THE DESERT STEPPE ECOSYSTEM OF CHINA

荒漠草原蝗虫群落特征研究

贺达汉 著

宁夏人民出版社



ISBN 7-227-01847-4



9 787227 018476 >

ISBN7-227-01847-4/S·88
定 价:18.00 元



HUANGMO CAOYUAN HUANGCHONG QUNLUO TEZHENG YANJIU

荒漠草原蝗虫群落特征研究

贺达汉 著

宁夏人民出版社

责任编辑:张钟和
装帧设计:张钟和

荒漠草原蝗虫群落特征研究

贺达汉 著

*

宁夏人民出版社出版发行

(银川市解放西街47号)

新华书店经销 宁夏科技印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10 字数 250千 插页 4

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

印数:1—1000册

ISBN7—227—01847—4/S·88

定 价:18.00元

内 容 提 要

本书应用数学的理论与方法对荒漠草原蝗虫群落特征及其测度模型等一系列问题进行分析和模拟。全书共 10 章:①绪论;②宁夏草地自然环境;③宁夏草原蝗虫群落结构与生态适应特性;④草原蝗虫种间分布关系及抽样技术研究;⑤草原蝗虫群落多样性及对环境因子生态效应的数学分析;⑥荒漠草原蝗虫种群地位及时空异质性的数量分析;⑦荒漠草原蝗虫种内和种间竞争的研究;⑧荒漠草原蝗虫生态位的研究;⑨蝗虫经济危害及防治指标的研究;⑩宁夏草地蝗虫优势种生物学特性与防治。这部著作是在作者于 1986 年~1996 年期间,对宁夏草地蝗虫进行调查与研究获得第一手资料的基础上完成的。它是我国第一部有关荒漠草原蝗虫群落生态研究的专著,其中亦包括群落生态学 and 有害生物控制研究方面的新概念、新技术和新方法。

本书可作为从事生态学、植物保护、环境保护、草原保护、有害生物控制的科研人员、有关生产部门技术人员的参考书,亦可作大专院校教材。

序

在大多数温带草原,蝗虫是草原生态系统中最重要植食性无脊椎动物和初级消费者。它们以牧草为食,构成草原生态系统中物质转化与能量循环过程中的一个重要环节。蝗虫生态学研究工作较多,但有关荒漠草原蝗虫发生,特别是荒漠草原蝗虫群落生态学研究较少。《荒漠草原蝗虫群落特征研究》是一部针对我国西北荒漠草原蝗虫群落特征及其与环境因子关系的系统研究的专著。贺达汉博士集 10 余年的第一手调查和研究资料,利用大量的数学分析方法,针对荒漠草原蝗虫群落结构与生态适应性、空间格局及抽样技术、群落多样性变化及其对环境因子的生态效应、种群地位与时空异质性、种内与种间竞争、多维生态位与营养竞争模型、优势种生物学特性与经济生态学等方面进行了深入而系统的研究。第一次把最优分割技术应用于蝗虫分布的垂直格局划分;首次提出“群落分布混合指数”和“群落主导分布型”新概念,并提出了不同蝗虫密度的抽样技术与模型。根据蝗虫取食频率和种群生物量,提出了蝗虫种间潜在和实际食物竞争力评估模型。同时,在分析了蝗虫种群密度和植物群落结构对牧草生长与损失影响的基础上,以牧草损失率作为防治决策指数,提出了其防治的经济阈值模型,为我国开展草原蝗虫的防治提供了科学依据。

综观全书,作者学术思想活跃,资料丰富,数据可靠;其许多方面的研究填补了我国荒漠草原蝗虫群落生态研究的空白;是一部不可多得优秀学术著作。我对此书的出版,由衷地感到高兴与欣慰,相信这部著作的出版将对我国蝗虫生态学的研究工作起到促进作用。我诚恳地希望同行们能从此书中发现有助于您研究的问题,并期待着大家一起来丰富我国蝗虫生态学的内容。

郑哲民

一九九七年十二月十五日

前 言

蝗虫是草原生态系统中最重要植食性无脊椎动物和初级消费者。它们取食牧草,构成了草原生态系统中物质循环与能量转化中的一个重要的环节。同时,蝗虫的暴发能引起草场植被的严重损失,威胁着农牧业生产的正常发展。蝗虫群落生态研究是探讨蝗虫在生态系统中的功能与地位的基础。

我国蝗虫生态学研究起步较早,有关东亚飞蝗种群生态控制的研究居于世界领先水平。陈永林等(1980)曾对新疆蝗虫的发生与防治发表过专著。近年来,康乐等针对内蒙古典型草原蝗虫群落在放牧条件下的生态反应及多样性变化等进行了大量而细致的工作。荒漠草原是西北草原的主体,有关荒漠草原蝗虫的发生,特别是荒漠草原蝗虫群落生态学的研究较少,荒漠草原蝗虫群落生态研究的专著目前尚无。

本书是在导师郑哲民教授指导下所完成的博士论文的基础上,综合在攻读博士学位前后所承担的宁夏自治区科技发展计划项目《宁夏草原蝗虫群落特征及优势种种群生命系统的研究》和国家自然科学基金项目《草原沙化与恢复中植物与昆虫多样性变化及相互关系研究》等课题的部分资料与成果整理而成。在总结了国内外草原蝗虫发生与危害、生态学研究及群落特征概念、内涵与模拟等理论与成果的基础上,针对宁夏草原蝗虫,对蝗虫群落结构对环境的适应特性、蝗虫群落结构与组成、生态分布、生态种组的划分及垂直分布;蝗虫群落空间格局及抽样技术;蝗虫多样性变化及其与环境因子的关系;种群地位及时、空异质性变化;种内和种间竞争力的评估;多维生态位;经济生态学等方面进行了分析与研究。总结出了宁夏草原蝗虫的地理区系、生态分布、垂直分布的最优分段模式。提出了种间分布混合度指数和群落“主导分布型”等新概念和适应于荒漠草原大面积蝗虫调查的负二项抽样模型。采用多元统计方法,对蝗虫群落结构及多样性、稳定性变化与环境因子的关系,以及草原沙化及人工固沙封育区生态演替过程中这一关系的变化进行了数值分析。以种群生物量作为种群数量指标,对蝗虫群落中不同种群的地位以及在时间、空间上的变化进行了分析。以显微镜嗉囊物分析技术进行食性、频度和潜在危害力的分析,把多元判别分析方法引入生态位宽度和生态位重叠等指数的计算,对荒漠草原蝗虫对时间、空间及营养资源的利用特性及生

态位中心转移等进行了分析与讨论。根据蝗虫对食物的选择性、取食量及田间种群数量,提出了种间食物潜在竞争力和实际竞争力评估模型。最后,在探讨了蝗虫种群密度和植物组成变化对牧草生长量影响的基础上,根据蝗虫对不同植物的取食频率、植物价值系数、种群生物量(或种群密度)等,提出了蝗虫取食等量损失指数和复合经济阈值模型,描述了宁夏草地 10 种优势种蝗虫的生物学特性,指出了其综合治理的途径与方法。

本书突出特点是应用数学的理论和方法,分析和描述了区域性蝗虫群落的特征,以数学生态与昆虫生态相结合,使定性的群落特征数值化,并建立了相应的测度模型。从方法上,灵活地运用了包括典型相关、通径分析、主成分分析、最优分段法等通用的多元统计方法,并使其更加直观化、实用化。

我由衷地感谢郑哲民教授对我的精心栽培和指导。本书承蒙西北农业大学植保系汪世泽教授、湖北大学生态所赵敬钊教授、中国农科院植保所郭豫元研究员、山西大学生命科学系马恩波教授、宁夏农学院王希蒙教授、田畴教授、罗汉才教授、宁夏农林科学院刘育钜研究员等审阅。国家科学技术学术著作出版基金委员会给予出版经费资助,在此深表谢意。

惠赠文献资料及计算机软件的有:中国科学院动物所研究员康乐博士、陕西师大动物所教授刘志斌博士、南京林业大学梁军博士、西南林学院副教授欧阳红博士。值得一提的是夫人杨淑芬女士为本书的计算机输入、校正、打印等做了大量烦琐的工作,在此致谢。

本书旨在对本人近 10 年来对我国荒漠草原蝗虫群落生态学方面的研究工作的介绍,以达到抛砖引玉的目的。作者深感学识功底不足,力不从心,加之时间仓促,故本书错误在所难免,殷盼有关专家和广大读者批评指正。

贺达汉

1997 年 6 月 25 日

目 录

第一章 绪论	1
一、草地蝗虫的发生与研究进展	1
(一) 草地蝗虫的发生与灾害	1
(二) 草地蝗虫生态学研究概况	2
1. 草地蝗虫区系及生态地理学	2
2. 草地蝗虫优势种生物生态学及种群动态	3
3. 蝗虫营养生态学	4
4. 蝗虫群落结构及演替规律	5
5. 蝗虫能量生态学	5
6. 草地蝗虫经济生态学及防治	6
(三) 草地蝗虫发生趋势及今后研究方向	7
二、群落系统的特征及其数学模型	7
(一) 群落的概念及内涵	7
(二) 群落的数量特征及其测度	8
1. 群落的丰富度	8
2. 群落的多样性	9
3. 群落丰富度与均匀度的关系	11
4. 优势种及物种的生态位	12
5. 群落的结构及其生长形式	13
第二章 宁夏草地自然环境	14
一、宁夏自然环境	14
二、宁夏草场类型及分布	14
1. 草场类型及植被生长状况	14
2. 宁夏草场地带的划分	16
3. 宁夏草场的垂直带	17
4. 非地带性草场的分布	18
第三章 宁夏草原蝗虫群落结构与生态适应特性	19
一、宁夏草原蝗虫群落结构及生态分布关系的分析	19
1. 宁夏草原蝗虫群落结构	19
2. 宁夏不同类型草原蝗虫群落组成	19
3. 宁夏蝗虫地理区域分布	20
4. 宁夏蝗虫地理分布关系分析	21
5. 宁夏蝗虫的散聚分布	21
6. 宁夏不同类型草原蝗虫群落相似性分析	21

二、宁夏草原蝗虫生态种组的聚类分析	23
三、宁夏草原蝗虫垂直分布及最优分割模型	28
(一) 基本原理	28
(二) 宁夏蝗虫垂直分布最优分割模型	29
第四章 草原蝗虫种间分布关系及抽样技术研究	33
一、草原蝗虫种间分布关系及群落分布型	33
(一) 调查与数据分析	33
1. 调查最小面积计算公式	34
2. 种间联结性与相关性分析	34
3. 分布型关系分析	35
4. 种间分布混合度指数	35
(二) 蝗虫群落种间分布关系及分布型	35
1. 种一面积关系模型	35
2. 蝗虫种间分布关系	36
3. 荒漠草原蝗虫群落及优势种的空间格局	38
4. 蝗虫种间分布关系的变化	40
5. 不同类型草地蝗虫群落分布关系的变化	41
6. 荒漠草原蝗虫群落混合度分析	41
(三) 蝗虫群落空间格局及“主导分布型”的讨论	42
二、草原蝗虫抽样技术及其模型的研究	43
(一) 调查与数据处理	43
1. 调查地及抽样	43
2. 数据处理与模拟	43
3. 统计检验	44
4. 理论抽样数计算	44
(二) 抽样法比较及模型建立	44
1. 不同抽样环精确度分析	44
2. 抽样模型的建立及检验	45
3. 模型精确度分析	47
4. 最优理论抽样数	47
5. 小结	47
第五章 草原蝗虫群落多样性及对环境因子生态效应的数学分析	49
一、草原蝗虫的生境选择和生态适应特性	49
(一) 草原蝗虫发生与环境因子关系的通径分析	49
1. 分析方法及数据收集	49
2. 草原环境因子对蝗虫种类多样性影响力的通径分析	50
(二) 宁夏草原蝗虫湿度适应性的划分	51
二、植物群落对蝗虫群落多样性的生态效应的数学分析	53
(一) 植被及蝗虫群落参数调查	53
1. 草原蝗虫种一多度关系的分析	54
2. 植物及蝗虫多样性测度	54
(二) 宁夏草原蝗虫群落多样性	55

1. 荒漠草原蝗虫种—多度关系模型	55
2. 宁夏草原不同类型草地蝗虫群落的多样性	55
3. 植物群落对蝗虫群落多样性生态效应的数学分析	59
4. 环境因子对蝗虫群落多样性综合效应的数学分析	60
(三) 蝗虫群落多样性与环境因子关系的讨论	60
三、草原沙漠化过程中蝗虫与植物群落多样性变化及相互关系的数值分析	61
(一) 样地设置及调查	61
(二) 草原沙漠化过程中植物和蝗虫群落结构与多样性变化	62
1. 植物和蝗虫群落结构的变化	62
2. 植物与蝗虫群落多样性的变化	64
3. 蝗虫群落多样性与植物群落结构及土壤因子关系的数值分析	66
(三) 草原沙漠化对蝗虫群落多样性变化影响作用的综合分析	67
四、人工固沙封育区蝗虫群落组成及多样性的变化	68
(一) 样地设置和演替阶段划分	68
(二) 人工固沙封育区植被不同演替阶段蝗虫群落组成及多样性变化	68
1. 蝗虫群落组成的变化	68
2. 蝗虫群落多样性及稳定性的变化	69
第六章 荒漠草原蝗虫种群地位及时空异质性的数量分析	70
(一) 样地的设置及调查	70
(二) 荒漠草原蝗虫种群生物量分析	71
1. 荒漠草原蝗虫不同发育阶段单位个体的生物量分析	71
2. 蝗虫种群密度和生物量的动态比较	72
(三) 荒漠草原蝗虫种群地位及时空异质性分析	72
1. 不同蝗虫种群生物量比较分析	73
2. 荒漠草原蝗虫种群地位的季节变化	74
3. 荒漠草原蝗虫种群的空间地位分析	75
4. 荒漠草原蝗虫种群地位数值特征的综合分析	76
5. 小结与讨论	77
第七章 荒漠草原蝗虫种内和种间竞争的研究	78
一、试验设计和数据处理	78
二、荒漠草原三种蝗虫种内和种间竞争力的分析	79
1. 食物利用的相似性及食物竞争	79
2. 蝗虫不同种群密度对植物生长量的影响	80
3. 蝗虫种内和种间竞争对存活率的影响	81
4. 蝗虫种内和种间竞争对生殖力的影响	83
三、荒漠草原蝗虫种内和种间竞争的讨论	83
第八章 荒漠草原蝗虫生态位的研究	85
一、荒漠草原蝗虫时空生态位	85
(一) 常用指数分析法	85
1. “时空维”的划分及生态位指数	85
2. 荒漠草原蝗虫时空生态位宽度	86
3. 荒漠草原蝗虫时空生态位重叠	87

(二) 多元统计分析法	90
1. 原理与方法	90
2. 蝗虫时间、空间生态位及重叠关系	91
3. 蝗虫时空生态位与重叠关系的季节变化和中心转移	92
4. 蝗虫多维生态位的讨论	95
二、荒漠草原蝗虫营养生态位及食物竞争作用力评估	95
(一) 蝗虫营养生态位	95
1. 取食频率分析和“营养维”划分	95
2. 荒漠草原蝗虫食谱及取食特性分析	95
3. 荒漠草原蝗虫营养生态位宽度和重叠	98
4. 荒漠草原蝗虫营养生态位分化	99
(二) 蝗虫种间食物竞争作用力评估	100
1. 蝗虫种间食物竞争模型的提出	100
2. 蝗虫种间食物竞争作用力评估	101
3. 小结与讨论	102
第九章 蝗虫经济危害及防治指标的研究	103
一、蝗虫种群密度和植物群落结构变化对牧草生长及损失量的影响	103
(一) 试验设置及调查	103
(二) 不同蝗虫密度和植物群落组成对蝗虫取食的影响	104
1. 植物生物量估测值的校正	104
2. 蝗虫死亡率	104
3. 蝗虫不同密度对植物生长量的影响	105
4. 蝗虫不同时期的取食对植物生长的影响	106
5. 不同植物群落结构对植物生长的影响	107
(三) 蝗虫取食与植物群落结构关系的分析与讨论	109
二、草原蝗虫等量损失指数和复合防治指标的研究	110
(一) 蝗虫调查与数据的测定	111
(二) 草原蝗虫等量损失指数和复合防治指标的建立	111
1. 蝗虫日取食量与个体生物量的关系	111
2. 蝗虫取食掉落毁损量的测定	111
3. 蝗虫潜在危害指数	113
4. 宁夏荒漠草原蝗虫经济损失阈值的建立	115
(三) 等量损失指数的检验	115
(四) 草原蝗虫等量损失指数和复合防治指标的讨论	116
第十章 宁夏草地优势种蝗虫生物学特性与防治	118
一、宁夏草地优势种蝗虫生物学特性	118
(一) 盐、同、香半荒漠草原区蝗虫	118
1. 种类	118
2. 形态特征	118
3. 发生与危害	119
4. 生活史和习性	119
(二) 平原灌区蝗虫	120

1. 种类	120
2. 形态特征	120
3. 分布与危害	121
4. 生活史和习性	121
二、蝗虫的防治	121
(一) 改造蝗虫发生地的环境条件	122
(二) 药剂防治	122
1. 防治适期的确定	122
2. 喷雾	122
(三) 生物防治	123
(四) 机械防治	123
参考文献	125
英文摘要	135

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1. Occurrence of grasshoppers on the Northern grassland of China and its research advances ...	1
(1) Occurrence and damage on plant	1
(2) Ecological research advances of grasshoppers	2
① Grasshopper fauna and ecological geographical distribution	2
② Biological property of dominant species and population dynamics	3
③ Trophic ecology	4
④ Community structure and successional characteristics	5
⑤ Energy ecology	5
⑥ Economy and methodology of grasshopper control	6
(3) The trend of occurrence and several problems of further research	7
2. Community characters and mathematical models	7
(1) Concepts and connotation	7
(2) Mathematical characters and measurement	8
① Community richness	8
② Community diversity	9
③ The relationship between community diversity and homogeneity	11
④ Dominant species and species niche	12
⑤ Community structure and its development	13
Chapter 2 Physical environment of grasslands in Ningxia	14
1. Physical environment	14
2. The types of grassland and their distributions	14
(1) Types of grassland and vegetation	14
(2) Horizontal zone distribution	16
(3) Vertical zone distribution	17
(4) Unzoned distribution	18
Chapter 3 Community structure of grasshoppers and their environmental adaptation	19
1. Community structure and relationship of grasshopper environmental distribution on the steppe in Ningxia	19
(1) Community structure	19
(2) Community composition on the variant grasslands	19
(3) Geographical distribution	20

(4) The analysis of geographical distribution relationship	21
(5) Dispersal patterns	21
(6) Analysis of relationships between the groups of grasshoppers on different grasslands	21
2. Ecological groups of grasshopper species on the steppe in Ningxia	23
3. Vertical distributions and their patterns	28
(1) Principles of the optimum partition technique	28
(2) The optimum partition model of vertical distributions	29
Chapter 4 The spatial patterns and sampling procedures of grasshopper community	
on the desert steppe	33
1. The relationships between interspecific distributions and spatial distribution patterns	33
(1) Investigation and data processing	33
① The minimum quadrant area	34
② Analysis of interspecific association and correlation	34
③ Analysis of distribution pattern relationships	35
④ The mixed index of interspecific distribution	35
(2) Relationship between interspecific distribution and spatial pattern	35
① Species – area model	35
② Relationship of interspecific distribution	36
③ Spatial patterns of dominant species and of the community	38
④ Changes of relationship of interspecific distribution	40
⑤ Changes of community distributions on the different types of grassland	41
⑥ Mixed indices analysis of grasshopper community	41
(3) Discussion: spatial patterns and “key distribution patterns”	42
2. Sampling procedures of grasshoppers on the desert steppe and their models	43
(1) Investigation and data processing	43
① Investigation sites and sampling	43
② Data processing and modelling	43
③ Statistical test	44
④ Calculation of theoretical sampling numbers	44
(2) Comparison of methods and development of models	44
① The error analysis of sampling rings of the variant sizes	44
② Sampling models and error detections	45
③ Reliable analysis of models	47
④ Optimum sampling numbers	47
(3) Summary	47
Chapter 5 Community diversity of grasshoppers and mathematical analysis for ecological	
effects of environment factors on the diversity	49
1. Habitat selection and ecological adaptive characters	49

(1) Path analysis of relationships between grasshopper distributions and environment factors	49
① Analysis methods and data processing	49
② Path analysis for effects of environmental factors on diversities of grasshoppers	50
(2) Hygrophilous adaptation	51
2. Mathematical demonstration for the ecological effects of vegetation on community diversities of grasshoppers	53
(1) Community parameters of vegetation and grasshopper	53
① Analysis of relationship between species and richness	54
② Detection of diversities of plant and grasshopper community	54
(2) Community diversities of grasshoppers on the grassland in Ningxia	55
① Model of species – richness relationship	55
② Community diversities of grasshoppers on the variant grasslands in Ningxia	55
③ Mathematical demonstration for ecological effects of vegetation on grasshopper community	59
④ Mathematical demonstration for ecological effect of environmental factors on grasshopper community	60
(3) Discussion: the relationship between community diversities of grasshoppers and environmental factors	60
3. Mathematical analysis for the changes of grasshopper diversities and plant community diversities and for the relationships between them in the desertification of the steppe	61
(1) Sample plots design and investigation	61
(2) Changes of community diversities of plants and grasshoppers along the desertified gradients of the steppe	62
① Dynamics of community structure of plants and grasshoppers	62
② Dynamics of community diversity of plants and grasshoppers	64
③ Mathematical analysis of relationships between plant and grasshopper community, soil factors	66
(3) Comprehensive analysis of the effects of steppe desertification on grasshopper community diversity	67
4. The changes of composition and diversity of grasshopper community in the closed regions of turning sand – desert into grassland	68
(1) Sample plots design and succession stages division	68
(2) Changes of grasshopper community composition and diversity along the succession stages of vegetation in the closed regions of turning desert into grassland	68
① The changes of grasshopper community composition along the succession stages of vegetation	68
② The changes of grasshopper community diversity and stability along the succession stages of vegetation	69

Chapter 6 Mathematical analysis of population position, temporal and spatial heterogeneities