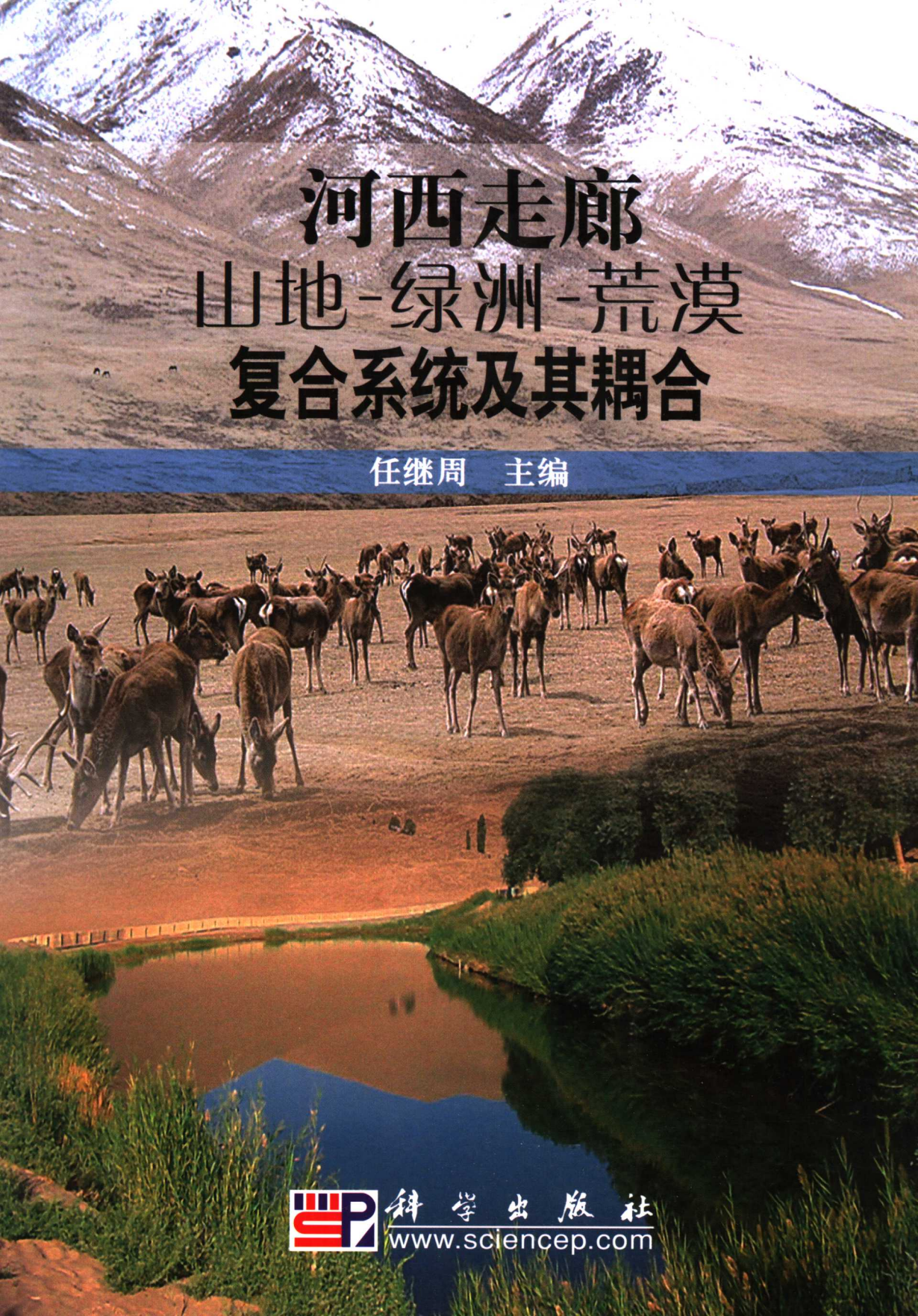




河西走廊 山地-绿洲-荒漠 复合系统及其耦合

任继周 主编



科学出版社
www.sciencep.com

河西走廊山地-绿洲-荒漠 复合系统及其耦合

任继周 主编

国家自然科学基金资助项目(批准号 30424017)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是国家自然科学基金重点项目“河西走廊山地-绿洲-荒漠系统耦合机理与优化耦合模式研究”成果的总结,也是作者多年研究、实践和融会他人成果的结晶。在山地-绿洲-荒漠复合系统中,主要进行了景观组分划分和景观异质性分析。在山地系统中,阐述了其生态特征、类型及演变、高山草地——甘肃马鹿山地放牧系统及管理。在绿洲系统中,着重就绿洲系统的发生与发展,盐渍化草地抗盐植物的生理生态特征、综合改良与可持续利用,绿洲在复合系统中的地位、作用与发展对策等作了阐述。在荒漠系统中,就景观格局与地貌特征、生物多样性,生态系统类型、生产力、生态功能、系统受损与环境恶化、系统保育和区域生态安全等进行了论述。在耦合系统的优化模式与评价中,介绍了系统耦合的类型、模式、潜力和作用机制、与系统相悖的关系及其评价。

本书可作为草业科学、农学、林学、资环等领域科技人员和管理人员及相关专业师生的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统及其耦合/任继周 主编. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-016975-4

I. 河… II. 任… III. 河西走廊-生态系统-研究 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 015753 号

责任编辑:马学海 韩学哲 李久进/责任校对:朱光光

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 2 月第一次印刷 印张: 25 1/4

印数: 1—1 000 字数: 579 000

定价: 75.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(环伟))

本书编写人员

主 编 任继周

副主编 张自和 沈禹颖

参 编 (以汉语拼音为序)

郭正刚 侯扶江 林慧龙 刘学录 刘钟龄

任继周 沈禹颖 王 钦 王锁民 肖金玉

张自和

前 言

河西走廊位于黄河之西、青藏高原与蒙新高原之间，南望祁连，北通大漠，是古代“丝绸之路”和现代“亚欧大陆桥”的要道，在国家生态安全与经济发展方面具有十分重要的战略地位。在这片神奇的土地上曾演绎过丝路花雨、敦煌文明、“天下称富庶者无如陇右”的盛况，也有过“羌笛何须怨杨柳，春风不度玉门关”、“过了嘉峪关两眼泪不干”的辛酸，兴盛衰落，历经沧桑。

中华人民共和国成立后，在粮食紧缺的年代，河西走廊曾作为国家商品粮基地，进行了大量的开发与建设，它以占甘肃 18% 的耕地提供了占全省 70% 以上的商品粮，为缓解粮食压力、解决温饱做出了巨大贡献，功不可没。

但在历史的长河中，由于自然的演变，更由于人类不合理的经济活动和沉重的历史负担，在河西地区引发了一系列环境问题，招致了各种生态报应，诸如南部祁连山区森林减少，草原植被严重破坏，水源涵养功能下降；中部绿洲开垦过度，水资源不足，土地盐渍化加剧，农业生态环境恶化；北部荒漠区地下水补给每况愈下，植被衰退，沙漠局部治理、整体恶化，沙尘暴肆虐，各种危机在进一步加深。河西走廊诸多的环境问题使西部大开发与可持续发展面临极为严峻的挑战。

河西走廊地区是我国西北荒漠大背景下典型的山地-绿洲-荒漠复合生态系统。为了进一步认识山地-绿洲-荒漠间系统耦合与系统相悖产生与发展的规律及其因果，探索解决河西走廊环境问题的有效途径，寻求山地-绿洲-荒漠复合系统及其子系统优化与持续发展的道路，在国家自然科学基金委员会的支持下，由任继周院士主持，于 1997~2001 年进行了“河西走廊山地-绿洲-荒漠系统耦合机理与优化耦合模式研究”（批准号：39630250），经过 5 年的探索与实践，取得了一系列重要成果。

本书总结了国家自然科学基金上述重点项目的研究成果，概括了系统耦合理论的新进展，提出了草业科学的界面论、时间地带性理论，揭示了荒漠一年生植物层片的组织格局与生态功能，提出了盐渍化草地综合改良技术体系及划分抗盐植物类型的生理指标，阐明了山地放牧系统草畜供求的营养动态以及甘肃马鹿放牧系统的特征。以系统耦合理论为指导，着眼于山地-绿洲-荒漠复合系统的整体，又从三个子系统以及前植物生产层、植物生产层、动物生产层、后生物生产层等不同的时空界面，对各系统的基本格局、景观结构、生物多样性和草地农业系统的可持续发展，进行了全面论述，提出了耦合系统的优化模式及健康评价。为河

西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统的整体优化和草地农业发展提供了理论依据、调控对策和必要的示范。

本书的作者大多长期生活和工作在西部,对河西走廊这块土地有更多的了解与思考。书中内容既是作者多年研究与实践的总结,同时还吸收了其他学者的成果与见解,力求内容丰富,笃实有据,以期关注河西走廊发展的各界人士提供参考与借鉴。

任继周院士作为本书的主编,从研究项目的提出、申报、组织实施,到研究成果的总结,直至亲自拟订本书的编写提纲、参加编写,组织撰稿人员多次研讨、修改审定书稿,检查进度,都给予了极大的关注,才使本书得以完成。参加本书编写的人员及分工如下:

任继周院士:绪论、第1章、第5章的部分内容

刘钟龄教授:第3章

张自和教授:前言,第4章的4.1、4.5

王钦研究员:第2章的2.2

侯扶江副教授:第2章的2.1、2.3,第5章的部分内容

沈禹颖教授:第4章的4.2

刘学录教授:第1章的主要内容,第5章的部分内容

王锁民教授:第4章的4.3

郭正刚博士:第4章的4.4

林慧龙副教授:第5章的主要内容

肖金玉讲师:第5章的5.4.4

陈钟同志对全书文稿、图、表进行了编排和校对。

本书得以问世,首先要感谢国家自然科学基金委员会对研究项目的立项及本书出版的关怀与大力支持。在项目完成和本书的编写过程中,还有甘肃农业大学的胡自治教授及他参与指导的王国宏、刘金祥博士,兰州大学的李自珍教授,肃南神鹿有限责任公司的张发慧高级兽医师、安玉锋畜牧师、杨逢刚高级畜牧师,张掖地区畜牧兽医研究所的柴来智高级畜牧师、权金鹏畜牧师,甘肃教育学院的雷桂林教授,甘肃草原生态研究所(现兰州大学草地农业科技学院)临泽草地实验站的赵银站长、阎顺国博士、李峻成助理研究员、付华研究员、韩杨、巩建峰、陆妮以及相关的老师、同仁和朋友们,他们都为项目的完成、管理和专著的编写付出了辛劳和奉献,借此机会,谨向他们致以衷心的感谢!

书中疏漏之处,敬请读者批评指正!

作 者

2005年10月

目 录

前言

绪论	1
主要参考文献	3
第 1 章 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统的景观格局	4
1.1 复合生态系统的景观组分	4
1.1.1 山地景观系统的景观组分	5
1.1.2 荒漠景观系统的景观组分	7
1.1.3 绿洲景观系统的景观组分	8
1.2 复合生态系统的景观异质性分析	11
1.2.1 复合生态系统的景观异质性结构特色	11
1.2.2 山地景观异质性分析	14
1.2.3 荒漠的景观异质性分析	22
1.2.4 绿洲的景观异质性分析	25
1.2.5 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统景观系统的总体分析	29
1.3 结束语	40
主要参考文献	41
第 2 章 山地系统	44
2.1 山地系统的生态特征、类型及演变	44
2.1.1 山地生态系统的自然特征	44
2.1.2 山地生态系统的类型及其分布	48
2.1.3 山地生态系统的演变、现状及其动因	51
2.1.4 生态系统健康管理的原则	54
2.2 山地放牧系统与管理	56
2.2.1 放牧对山地生态系统的作用	57
2.2.2 山地放牧系统的植物生产	71
2.2.3 山地放牧系统的动物生产	79
2.2.4 山地放牧系统的管理与评价	90
2.3 高山草原——甘肃马鹿放牧系统研究	114
2.3.1 我国养鹿概况	114
2.3.2 鹿的放牧生态研究现状	118
2.3.3 甘肃马鹿放牧系统的土壤、植被及其耦合特征	124
2.3.4 甘肃马鹿的放牧行为	129
2.3.5 马鹿的放牧践踏作用	135

2.3.6 甘肃马鹿茸生产分析	143
2.3.7 甘肃马鹿生产系统分析	148
2.4 结束语	154
主要参考文献	155
第3章 荒漠系统	162
3.1 荒漠系统的景观格局与地境特征	162
3.1.1 荒漠系统的区域大尺度格局	162
3.1.2 荒漠区山地与盆地的地貌类型	165
3.1.3 荒漠区山地与盆地的气候分异	165
3.1.4 山地对荒漠与绿洲的效应	166
3.1.5 荒漠系统的地表沉积物与景观类型	167
3.2 荒漠系统的生物多样性与生态系统类型	170
3.2.1 荒漠系统的物种多样性分析	170
3.2.2 荒漠植被的植物层片结构与生态特异性	177
3.2.3 荒漠生态系统类型	180
3.3 荒漠生态系统的生产力与生态功能	221
3.3.1 灌木、半灌木植物层片的生产力及其变化	222
3.3.2 多年生草本植物层片的组织格局与生产力	226
3.3.3 一年生植物层片的组织格局与生产力	229
3.3.4 荒漠生态系统植物生产层的功能和在地域复合系统中的耦合效应	235
主要参考文献	237
第4章 绿洲系统	238
4.1 绿洲系统的发生与发展	238
4.1.1 自然背景与发展历史	238
4.1.2 河西绿洲的现状与面临的问题	242
4.1.3 河西绿洲的发展前景及其对策	248
4.2 河西走廊的盐化草甸草地与可持续利用	251
4.2.1 河西走廊草地分布	251
4.2.2 河西走廊盐化草地的特征	252
4.2.3 低湿盐渍草地植被恢复和草地改良利用的综合技术措施和原则	254
4.2.4 草地建植与综合技术改良的效果——以临泽试验区为例	272
4.2.5 小结	281
4.3 河西走廊绿洲盐渍区抗盐植物 K^+ 、 Na^+ 、游离脯氨酸的分布特征及其激素调节途径	281
4.3.1 不同类型抗盐植物整株水平上 Na^+ 、 K^+ 和游离脯氨酸的分配	282
4.3.2 烯效唑(S3307)对抗盐植物湖南稗子和大麦整株水平上的 Na^+ 、 K^+ 选择性和游离脯氨酸分配的影响	297
4.3.3 6-苄氨基嘌呤(BA)和脱落酸(ABA)对湖南稗子和大麦植株水平上 Na^+ 、 K^+ 的选择性和游离脯氨酸分配的调节	305

4.4	河西绿洲区的动物生产系统与饲料供给系统	322
4.4.1	临泽县自然地理概况	323
4.4.2	临泽动物生产现状	323
4.4.3	结束语	329
4.5	发挥绿洲在耦合系统中的枢纽和核心地位	329
4.5.1	绿洲是干旱荒漠环境下生命的摇篮和生存的希望	330
4.5.2	绿洲区水资源的合理利用是河西节水农业发展的关键	330
4.5.3	绿洲的人为活动是河西环境演变最重要的因素	330
4.5.4	发挥绿洲在耦合系统中的枢纽和核心地位	331
	主要参考文献	332
第5章	耦合系统的优化模式与评价	336
5.1	系统耦合的基本原理和作用机制的研究	336
5.1.1	基本原理	336
5.1.2	系统耦合的条件	337
5.1.3	系统耦合的作用机制	338
5.2	系统耦合的潜力——系统耦合与系统相悖的对比关系	341
5.2.1	系统相悖的概念	341
5.2.2	系统相悖的本质	342
5.3	系统耦合的类型	346
5.3.1	空间、时间和种间形态的耦合	346
5.3.2	联片式、星散式、分支式耦合	348
5.3.3	系统耦合的时间地带性的大整合	349
5.4	河西山地-绿洲-荒漠复合生态系统实行草地农业的耦合模式及模式评价	352
5.4.1	河西张掖地区山地-绿洲-荒漠复合生态系统现状、运行机制与存在的问题	353
5.4.2	建立河西走廊山地-绿洲-荒漠草地农业耦合生态系统的立论依据	356
5.4.3	河西张掖地区山地-绿洲-荒漠复合生态系统实行草地农业耦合系统的模式及模式评价方法	360
5.4.4	山地-绿洲-荒漠系统中后生物生产层的建设与发展	366
5.4.5	系统耦合案例	375
	主要参考文献	389

绪 论

这是甘肃草原生态研究所关于河西走廊农业结构研究的第二本专著。与第一本《河西走廊盐渍地的生物改良与优化模式》(科学出版社, 1998 年)是姊妹篇。

对于河西走廊的农业结构问题,我们在国家自然科学基金的支持下,连续 10 年锲而不舍地探索。

全球经济一体化是不可逆转的大趋势。而全球经济一体化的系统动力学机制就是不同系统的耦合过程。不同生态系统之间,只要有共同的能量这个序参量,就有可能发生系统耦合,引发系统进化,达到高一级的耦合系统。生态系统之间的逐级耦合,逐步增加系统的层次和扩大系统的涵盖范围,于是趋向全球一体化。而将系统耦合理论引入农业系统,正是前一项基金重点项目的重大收获。前一项目中,提出系统耦合和系统相悖的理论(任继周 1999;任继周等 1994, 1998),并进行了初步研究,显现了河西走廊的山地-绿洲-荒漠耦合系统的巨大生命力和广阔前景。其延续项目:国家自然科学基金重点项目“河西走廊山地-绿洲-荒漠系统耦合机理与优化耦合模式研究”(批准号: 39630250),亦即本项目,就是在上一项目成果的基础上进一步阐明其运作机制,为河西走廊迎接经济全球化准备条件。

人类本身就是自然生态系统与社会生态系统耦合的产物。如果从渔猎农业算起,农业几乎是与人类的出现同时发生的(任继周 2004)。人类群聚与当地生存环境耦合,从生产食物和简单的生存必需品的过程中,营造自己的生态位,于是发生了以农业为主导的人类社会。此后农业伴随了人类社会的发生与发展,一个个分散的自然-人文社区,构成自然-农业系统,限于当时的历史条件,在自然地理的约束之下,社区之间处于彼此相对封闭的状态。这种封闭的农业社会,随着时间的推移而不断扩大,逐步成为不同农业系统的复合体,其中有的地方从事放牧畜牧业,有的地方从事种植业,有的地方从事另外类型的生产活动,这就出现了复合农业系统。多个复合农业系统内部各个不同的系统之间,经过自发的系统自组织过程,可能发生初级的系统耦合作用,例如,以物易物的能量交换。这是人类社会农业系统耦合的源头。因此可以说系统耦合是人类文明发展的必然结果。

河西走廊在人类社会的发展过程中,所展示的系统耦合现象,有其特殊的历史意义。河西走廊是西北内陆山地、绿洲、荒漠为主体背景的缩影。众所周知,山地-绿洲-荒漠复合系统是西北内陆生态系统的基本格局(任继周等 1998),它代

表了西北内陆生态系统的主体。它以西北的广大荒漠为基质,由高大山体将广袤荒漠分割包围,成为若干荒漠盆地。如昆仑山、阿尔金山与天山之间的塔里木荒漠,天山与阿尔泰山之间的准噶尔荒漠,祁连山与北山之间的河西走廊荒漠等,都是在山地之间的盆地,其中地势较高的称为台地。部分盆地接受山地来水,沿水系形成绿洲。河西走廊的山地-绿洲-荒漠复合系统也不例外,其中绿洲系统是人类聚居的主要基地。这里从公元前 10 世纪就有人类活动(马鸿良等 1992),几乎成为众多民族集中表演的舞台,特别是张骞通西域以来,河西走廊扮演了既是廊道(corridor)又是基底(matrix)的双重角色,历时两千余年。在这期间,世界闻名的三支古老农耕文化,在尼罗河和两河流域的都被湮灭,唯独中国的河西走廊,伴随古老的华夏农耕文明,迈着沉重脚步,时盛时衰地走到今天,而延绵不断。其中的玄机我们在此不拟论述,但就其农业系统方面来看,应得利于山地-绿洲-荒漠这一复合系统。河西走廊的支撑点应为绿洲子系统,而绿洲子系统则得到山地子系统和荒漠子系统的支撑。具体地说是与水热相关的生物的和社会的交互支持。但从本质上看,还是通过能流(含物流)贯通了各个系统,以取得生态系统总体功能的放大,于是这样一个山地-绿洲-荒漠系统复合体,以一个较为广大的“面”支撑了丝绸之路这一条“线”。尽管过分沉重的负担曾给河西走廊的水土资源造成损害,制约了农业发展,但毕竟越过重重险阻,甚至付出了沉重代价支撑过来了。

但是目前在改革开放的大局下,它将再次面临挑起欧亚大陆桥的历史重担,而且这一轮的历史重担与以往相比,具有全新的内涵。它的廊道与基底的作用将被重新安排。这就需要对它的农业资源给以特殊关注。

河西走廊的山地-绿洲-荒漠复合系统这个自然界的自在系统,面临两类抉择:一是以自然界复合系统的原来面目继续存在,通过系统的自组织过程,发生不自觉地系统耦合过程,而令其大部分保持复合系统的原来的模样和功能;一是在人类给以科学经营活动,特别是科学农业活动的干预下,打破复合系统原有的规律,进行各个子系统之间的系统优化,发生系统耦合,从复合系统走向耦合系统,以系统进化的方式提高其生态生产力。而后者是迎接全球经济一体化较为有利的方式。

因为任何生态系统,尤其是农业生态系统的开放特性,存在自由能积累的非平衡状态的压力,其系统复合体包含的各个子系统都具有自发的外延趋势,无论自觉地或自发地,都在衍发着系统耦合的过程。这种自组织过程中所导致的每一次系统耦合,必然伴随系统进化,这就要克服固有的系统相悖,为此往往需要付出高昂的代价,这种代价可能是时间的、经济的、资源的,甚至是生命的。因此将系统复合体加以科学优化,避免或减少系统相悖带来的痛苦,自觉地通过系统耦合完成系统进化,进入高一级耦合系统,将为自然界节约资源,为社会创造财富,以较快速度取得生态、生产的双重效益,以胜利姿态迈入现代化社会是我们

今天需要面对的课题。

本项研究以张掖地区为样地较为深入地探讨了山地-绿洲-荒漠的系统耦合模式和机理。其中包含了对各个子系统生产过程中的能流解析、经济学模型评价、景观结构及其耦合过程, 特别关注耦合过程中系统相悖的性质与对策, 最后推荐了山地-绿洲-荒漠的系统耦合模式并陈述了可能达到的效益。

因为系统耦合是一个漫长的历史过程, 尤其是农业生态系统, 涉及社会人文的发展和古老的历史背景, 其中有生产的、经济的, 也有文化的(任继周 2004, 任继周等 2005)。要通过系统耦合实现它们的生态系统的进化, 这是一系列深刻而全面的变革, 绝非朝夕之功。其中的奥秘需要进一步探索, 难点需要一步步解决。尤其是它们处在不断变化发展之中, 如何运用其基本理论和方法, 处理面对的问题, 还要我们不断付出努力。

本书是项目组全体 33 位同仁集体工作的成果。特别是在野外和实验室第一线工作的同志们, 经历了长期艰苦劳动, 终于取得的成就, 我作为课题主持人, 向他们致以衷心感谢。

对国家自然科学基金委的长期支持、关心和指导表示衷心感谢。

本书也只是河西走廊系统耦合长河中的一个小片段。它的不全面、不深入和不完善是在所难免的, 我们期待后人继续努力, 更希望得到社会各界给以及时指正。

任继周

主要参考文献

- 马鸿良, 郦桂芬. 1992. 中国甘肃河西走廊古聚落文化名称与重镇. 成都: 四川科技出版社. 2~3
- 任继周. 1999. 草地农业系统持续发展的原则理解. 草业学报, 8: 23~31
- 任继周. 2004. 中国农业史的起点与农业对草地农业系统的回归——有关我国农业起源的浅议. 中国农史, 23(3): 3~7
- 任继周, 万长贵. 1994. 系统耦合与荒漠-绿洲草地农业系统. 草业学报, 3(3): 1~8
- 任继周, 朱兴运. 1998. 河西走廊盐渍地的生物改良与优化生产模式. 北京: 科学技术出版社
- 任继周, 南志标, 林慧龙. 2005. 以食物系统保证食物(含粮食)安全——实行草地农业, 全面发展食物系统生产潜力. 草业学报, 14(3): 1~11

第1章 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统的景观格局

河西走廊历来有狭义与广义两种不同的概念。狭义的河西走廊是指星星峡以东,乌鞘岭以西,祁连山以北,北山(由西向东依次为马鬃山、合黎山、龙首山)以南的狭长台地。而广义的河西走廊则向北越过北山,直达蒙古阿尔泰山,包括阿拉善荒漠的广大地区。为了研究方便,我们在河西走廊的中段,也是走廊最窄的部分,以张掖绿洲为中点,向南跨越肃南裕固族自治县,到祁连山的鸡心大山,向北到临泽荒漠地段,作为我们研究系统耦合的样带。景观研究集中于这一样带。至于对河西地区荒漠的研究,为了便于完整论述,则扩展到整个阿拉善荒漠。

系统耦合本质是一个与尺度相关的生态过程(任继周等 1994),系统耦合的基础仍然是生态要素的空间分布与格局(任继周等 1995)。因此对生态系统景观格局的分析与研究是系统耦合基本规律的重要组成部分(任继周等 2000)。景观生态学以整个景观作为研究对象(陈利顶等 1996)。在景观生态学中把景观定义为以相似的形式在整体上重复出现的,由一系列相互作用的生态系统组成的异质性区域(Forman et al. 1986)。景观由景观要素或景观组分组成,而景观要素是相对均质的生态系统(Forman et al. 1986)。每一个景观单元可以认为是由不同生态系统或景观要素组成的镶嵌体,因此不同的景观具有显著的差异;但是所有景观又具有共性,这就是景观总是由斑块、廊道和背景基质等景观组分组成的(Forman et al. 1986)。

1.1 复合生态系统的景观组分

河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统的景观组分包括山地景观系统、荒漠景观系统、绿洲景观系统、水系景观系统和道路景观系统 5 种类型(表 1.1)(刘学录等 2002a, 2002b)。

从表 1.1 中可以看出,在复合系统中,荒漠景观的面积最大,占景观总面积的 60.82%,是复合系统的基质,基质的孔隙度(单位基质面积内包含的斑块的数目,表征基质的连通程度、受到的干扰的强弱)为 0.005 个/km^2 。在一个景观系统中,与其他景观组分(斑块、廊道)相比,基质对景观结构、景观功能、景观动态的控制与影响最强(Forman et al. 1986)。因此,在河西走廊山地-绿洲-荒漠复合系统的景观组分中,荒漠景观对复合系统的影响最显著。这个结论与任继周(1999)认为荒漠子系统是耦合系统的大背景的结论是一致的。从成因上看,荒漠景观系

统应为资源环境型的基质，是长期自然作用的结果。

表 1.1 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合生态系统的整体结构景观组分类型表

景观类型	面积/hm ²	比例/%	斑块数量	比例/%	廊道长度/m	廊道密度/(m/km ²)
山地景观	394 340.67	23.89	22	50.00		
荒漠景观	1 003 809.43	60.82	38	25.00		
绿洲景观	242 644.03	14.70	33	25.00		
水系景观	4982.14	0.30			1 660 714.64	100.61
道路景观	4823.73	0.29			1 607 910.85	97.41
合计	1 650 600.00	100.00	93	100.00	3 268 625.49	198.02

山地景观系统和绿洲景观系统在复合系统中以斑块的形式出现。斑块是景观中能够区分出的非线性异质性区域，是景观结构中最主要的结构组分。山地景观系统为环境资源型的斑块；而绿洲景观系统为引入型的斑块，虽然在局部地段仍然残存部分环境资源型的天然绿洲景观，但在人类强力干扰下，已经所剩无几。

复合系统的总覆盖度(斑块总面积与景观总面积的比值，表征景观的破碎程度)为 38.59%。其中，山地景观系统、绿洲景观系统分别占 23.89%和 14.70%。可以看出，山地景观对复合系统的总覆盖度影响较大。

复合系统中的廊道包括道路和水系两种类型。廊道是线状的景观组分，起分割斑块、传输物质与能量等作用。道路包括铁路、公路、乡村道路，由于尺度的关系，乡村道路不是主要的道路类型。水系包括河流和渠道两种类型。河流主要分布在山地景观中，渠道主要分布于基质和绿洲景观中。在分布上，这两种廊道紧密相关。在山地景观中，道路主要沿流水侵蚀而成的沟谷分布。在绿洲景观和荒漠景观中，水渠与道路平行分布。从廊道密度(单位面积上的廊道长度，廊道密度越大景观破碎化程度越高)上看，水系与道路的廊道密度非常接近，分别为 100.61m/km² 和 97.41m/km²，反映出它们对整体景观格局的影响程度大致相同。

1.1.1 山地景观系统的景观组分

山地景观系统可以划分为居民点、耕地、山地荒漠、山地草原、山地针叶林、亚高山植被、高山植被、现代冰川、道路、水系 10 种景观组分(刘学录等 2002a, 2002b)。各类景观组分的一般特征见表 1.2。从各类景观组分的面积上看，山地草原的面积最大，占山地景观总面积的 35.12%，是基质。基质的孔隙度为 0.6218 个/km²，成因类型为环境资源型。

表 1.2 山地景观系统景观组分类型表(祁连山中段)

景观类型	面积/hm ²	比例/%	斑块数量	比例/%	廊道长度/m	廊道密度/(m/km ²)
居民点	258.94	0.29	40	18.77		
耕地	1994.19	2.27	23	10.80		
山地荒漠	8818.48	10.04	12	5.63		
山地草原	30 879.13	35.12	21	9.86		
山地针叶林	20 816.83	23.68	76	35.68		
亚高山植被	18 017.22	20.49	29	13.62		
高山植被	5497.32	6.25	8	3.76		
现代冰川	100.54	0.11	4	1.88		
道路	438.60	0.50			146 199.89	166.29
水系	1098.75	1.25			366 248.46	416.57
合计	87 920.00	100.00	213	100.00	512 448.35	582.86

斑块包括居民点、耕地、山地荒漠、山地针叶林、亚高山植被、高山植被、现代冰川 7 种类型。斑块总覆盖度为 63.13%；其中山地针叶林的覆盖度最大，为 23.68%；其次是亚高山植被，为 20.49%；居民点最小，仅为 0.29%。斑块的成因类型可以分为两类：居民点和耕地为引入型，其余的 5 种斑块为环境资源型。

廊道包括水系和道路两种类型，廊道总密度为 582.86m/km²，其中水系密度为 416.57m/km²，为道路(166.29m/km²)的 2.5 倍。反映出在山地景观系统中水系是分隔景观组分的最主要的廊道类型。山地景观中的水系，以流水冲刷而成的各类沟谷为主，人工形成的渠系系统所占比例很低(0.001%)，显示出人类活动对山地景观结构的影响相对不显著。

耕地：分布于河谷低阶地上，占山地景观总面积的 2.27%；包括 23 个斑块，最大斑块面积为 306.34hm²，最小面积为 4.01hm²，平均面积为 86.70hm²。耕地斑块的大小以 10~100hm²之间的为主。

居民点：分布于河谷低阶地上，占山地景观总面积的 0.29%，是面积最小的斑块；包括 40 个斑块，最大斑块面积为 23.34hm²，最小面积为 0.05hm²，平均面积为 6.47hm²。居民点的斑块大小主要分布于 0.1~1hm²之间，其次为 1~10hm²之间的。

山地草原：是面积最大的景观组分，虽然是基质，但本身也呈斑块状；由 21 个斑块组成，最大面积为 6138.93hm²，最小面积为 23.81hm²，平均面积为 1470.43hm²。山地草原的斑块大小以 100~1000hm²之间的为主，其次为 1000~10 000hm²之间的。

山地草原群落的垂直结构基本上为单层, 下层极不发育。植物学成分以冷蒿(*Artemisia frigida*)、赖草(*Leymus secalinus*)、翻白委陵菜(*Potentilla discolor*)为主, 具有典型的微异质性, 缺乏灌木, 芨芨草(*Achnatherum splendens*)密度极低, 仅在具有起伏的坡面流水的冲沟中存在。

山地荒漠: 由 12 个斑块组成, 最大面积为 1935.91hm^2 , 最小面积为 25.02hm^2 , 平均面积为 734.87hm^2 。山地荒漠的斑块大小以 $100\sim 1000\text{hm}^2$ 之间的为主, 其次为 $10\sim 100\text{hm}^2$ 之间的。

山地荒漠的地貌特征具有显著的圆顶丹霞地貌特征。水平层理的橘红色砂岩(甘肃红层, 老第三系)中垂直节理发育, 其上为砾石层, 顶部为黄土; 是阶地遭受侵蚀以后形成的丹霞地貌。

分布于河谷与阶地之间的山地荒漠草原, 芨芨草等丛生禾草和锦鸡儿(*Caragana sinica*)等灌木大量分布; 下层为赖草、翻白委陵菜、冷蒿等。

山地针叶林: 面积仅次于山地草原, 仅分布于阴坡及半阴坡; 由 76 个斑块组成, 最大斑块面积为 5329.23hm^2 , 最小面积为 1.90hm^2 , 平均面积为 273.91hm^2 。山地针叶林的斑块大小以 $10\sim 100\text{hm}^2$ 之间的为主。山地针叶林以青海云杉(*Picea crassifolia*)为主, 在林地边缘可见锦鸡儿灌丛, 矮生藁草(*Carex pumila*)发育。

亚高山植被: 由 29 个斑块组成, 最大面积为 3325.49hm^2 , 最小面积为 59.08hm^2 , 平均面积为 621.28hm^2 。斑块大小以 $100\sim 1000\text{hm}^2$ 之间的为主, 其次为 $1000\sim 10\,000\text{hm}^2$ 之间的。在地貌上高山草地分布于阶地面以上的山地斜坡(坡脚山麓)地带; 阴坡可达山地针叶林边缘(2600m 以上), 阳坡可达 3000m 以上; 主要为亚高山草甸灌丛草地。单斜山或侵蚀残山, 西北坡平缓, 东南坡陡, 植被的密度、高度、地上部植物量均低于西北坡, 成分也不同。灌丛一般出现在西北坡; 植物学成分两层: 上层为灌丛和芨芨草, 下层为赖草、委陵菜和芨芨草。

高山植被: 由 8 个斑块组成, 最大面积为 3552.86hm^2 , 最小面积为 19.27hm^2 , 平均面积为 687.17hm^2 。高山植被的斑块大小以 $100\sim 1000\text{hm}^2$ 为主, 其次为 $10\sim 100\text{hm}^2$ 之间。主要分布于 3800m 以上地区; 植物学成分主要为雪莲(*Saussurea involucrata*)、风毛菊(*Saussurea japonica*)、龙胆(*Gentiana scabra*)、虎耳草(*Saxifraga stolonifera*)、藻类、地衣等。

现代冰川: 由 4 个斑块组成, 最大面积为 45.32hm^2 , 最小为 11.65hm^2 , 平均面积为 25.14hm^2 ; 斑块大小全部分布于 $10\sim 100\text{hm}^2$ 之间; 主要分布于 4400m 以上的阴坡和半阴坡。

1.1.2 荒漠景观系统的景观组分

荒漠景观系统可以划分为岩漠、砾漠、沙漠、道路 4 种景观组分(刘学录等 2002a, 2002b)。表 1.3 为荒漠景观系统的景观组分及各类景观组分的一般特征。

其中,砾漠面积最大,连通程度最高,为基质,成因为长期的自然干扰,即地表流水携带的搬运物质的沉积作用与风力侵蚀作用的结果;基质孔隙度为0.0488个/km²。岩漠和沙漠为斑块。岩漠为残留型斑块,是山地在风化、剥蚀作用下的残留物;沙漠是干扰型斑块,是在风力作用下形成的;斑块总覆盖度为26.62%,其中岩漠的覆盖度为22.52%,沙漠的覆盖度仅为4.10%,说明岩漠对荒漠景观格局的影响显著强于沙漠。道路为仅有的一种廊道类型,廊道密度为37.66m/km²。基质植物学成分包括小果白刺(*Nitraria sibirica*)、合头草(*Sympegma regelii*)、骆驼蓬(*Peganum harmala*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)、怪柳(*Tamarix chinensis*)等。

表 1.3 荒漠景观系统景观组分类型表

景观类型	面积/hm ²	比例/%	斑块数量	比例/%	廊道长度/m	廊道密度/(m/km ²)
岩漠	10 088.83	22.52	15	88.24		
砾漠	32 761.81	73.13	1	5.88		
沙漠	1836.43	4.10	1	5.88		
道路	112.93	0.25			16 869.67	37.66
合计	44 800.00	100.00	17	100.00	16 869.67	37.66

岩漠:又称残丘,由15个斑块组成,最大面积为1971.02hm²,最小面积为48.21hm²,平均面积为745.33hm²。残丘的斑块大小以100~1000hm²以上的为主,其次为1000~10 000hm²之间的;植物学成分十分简单,密度极小。

沙漠:主要为流动沙丘,仅有1个斑块,面积为1836.43hm²,沿常年风向方向延伸。沙梁顶部一般没有植物分布,仅在沙丘底部可见零星植物丛。

1.1.3 绿洲景观系统的景观组分

在小尺度上以植物群落为斑块进行的景观格局研究表明,河西绿洲景观系统中的盐化草地可以区分出海韭菜+小花碱茅(*Triglochin maritimum*+*Puccinellia distans*)、海韭菜+小花碱茅+黄戴戴(*Triglochin maritimum*+*Puccinellia distans*+*Halerpestes ruthenica*)、细枝盐爪爪+芨芨草(*Kalidium gracile*+*Achnatherum splendens*)、芦苇+芨芨草+桃叶雅葱(*Phragmites communis*+*Achnatherum splendens*+*Scorzonera sinensis*)、中间型荸荠(*Eleocharis intersita*)、小香蒲(*Typha minima*)、芦苇+赖草+杂类草、芦苇+小灯心草(*Phragmites communis*+*Juncus bufonius*)、细枝盐爪爪+盐地碱蓬+盐角草(*Kalidium gracile*+*Suaeda glauca*+*Salicornia europaea*)、茅叶蓟(*Cirsium setosum*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、