



普通高等教育农业部“十二五”规划教材

土地生态学

黄炎和 主编

 中国农业出版社

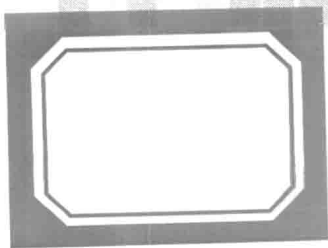


中国科学院植物研究所 中国科学院昆明植物研究所 昆明植物研究所

土地生态学

王德明 主编

科学出版社



普通高等教育农业部“十二五”规划教材

土地生态学

黄炎和 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土地生态学 / 黄炎和主编. —北京: 中国农业出版社, 2013. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-17946-2

I. ①土… II. ①黄… III. ①土地-生态学-高等学校-教材 IV. ①S154.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 118862 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 夏之翠

文字编辑 夏之翠

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.5

字数: 388 千字

定价: 34.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内容简介

《土地生态学》针对土地资源管理专业学生的特点，在系统介绍生态学基本知识的基础上，以土地生态系统为主线，从土地生态分类入手，重点介绍主要土地生态系统的组成、结构和功能，并详细论述了土地生态评价、土地生态规划与设计、土地生态工程、土地生态管理、土地生态健康与恢复等内容。本教材适用于高等学校土地资源管理专业师生，也可供资源和生态类相关专业和土地管理领域的相关人员参考。

本书编写人员

主 编 黄炎和 (福建农林大学)

副主编 (以姓名笔画排序)

尹 君 (河北农业大学)

高 明 (西南大学)

徐保根 (浙江财经学院)

编 者 (以姓名笔画排序)

文 倩 (湖南农业大学)

刘晓庄 (河北农业大学)

关 欣 (湖南农业大学)

林金石 (福建农林大学)

范胜龙 (福建农林大学)

范海兰 (福建农林大学)

赵中秋 (中国地质大学)

谢 钊 (福建农林大学)

自 20 世纪中叶以来,随着人口急剧增长以及工业化、城市化的快速发展,社会面临着许多新的挑战。土地的环境保护问题、资源利用问题、粮食生产问题等与土地生态安全有关的问题相继出现,由于一些不合理的土地利用方式,森林植被破坏、生物多样性减少、水土流失、土地沙化和荒漠化以及土壤污染等一系列土地生态问题越来越严重地影响着人类的健康生活,制约着人类社会经济的发展。人们在利用土地资源获取经济利益的同时,也不得不重新审视作为土地资源可持续利用的核心问题——土地的生态问题。如何认识不同土地类型的生态系统的结构、功能及演替关系?如何维护生态健康,保证生态安全?如何进行生态管理和生态恢复?如何从生态角度合理规划、利用土地?这正是土地生态学需要解决和关注的问题。

本教材由福建农林大学、河北农业大学、西南大学、浙江财经学院、湖南农业大学、中国地质大学五所高校长期从事土地生态研究和教学工作的教师编撰而成。本教材充分吸收了国际国内先进的研究成果,涵盖了生态学基础、土地生态系统及其分类、耕地生态系统、林地生态系统、草地生态系统、建设用地生态系统、土地生态调查与评价、土地生态规划与设计、土地生态工程、土地生态管理、土地生态健康与恢复等内容,并附有相关案例,经福建农林大学土地资源管理专业的学生试用,几经修改完成。

本教材由黄炎和担任主编,尹君、高明、徐保根担任副主编。各章编写情况如下:绪论由黄炎和编写;第一章由赵中秋、黄炎和编写;第二章由徐保根编写;第三章由黄炎和、林金石编写;第四章由范胜龙、范海兰编写;第五章、第六章由赵中秋编写;第七章由谢钊编写;第八章由尹君编写;第九章由高明编写;第十章由刘晓庄编写;第十一章由关欣、文倩编写。

在教材编写过程中参阅了大量文献,引用了一些作者的研究成果和实例,在此谨向他们表示诚挚的感谢!同时,教材在资料收集、文字校正、编写排版过程中得到了蒋芳市、谢小芳、扶恒、张兆福、赵淦、王玺洋、庄雅婷、张燕等硕、博士研究生们的帮助,在此一并致谢!

鉴于土地生态学是一门新兴学科，许多理论和方法尚处在探索阶段。近年来，不同学派的涌现及各流派争芳斗艳的局面给土地生态学科建设和发展带来了蓬勃的生机。教材中的观点难免有商榷之处，本着百花齐放、百家争鸣、求同存异、相得益彰的原则，本教材的推出期望起到抛砖引玉的作用。此外，由于编者水平有限等原因，错误疏漏之处在所难免，敬请各位专家、读者斧正！

编者

2013年03月于福建农林大学

前言

绪论	1
一、土地生态学的概念	1
二、土地生态学的研究对象	1
三、土地生态学的研究内容	2
四、土地生态学的研究进展	4
五、与其他学科的关系	8
第一章 生态学基础	12
第一节 生态系统的组成和结构	12
一、生态系统的概念	12
二、生态系统的组成	12
三、生态系统的结构	14
第二节 生态系统的能量流动	14
一、初级生产	14
二、食物链、食物网、营养级和生态金字塔	16
三、次级生产	18
四、生态系统的能量流动	18
第三节 生态系统的物质循环	19
一、水循环路径	20
二、沉积型循环路径	22
三、气态型循环路径	22
第四节 生物多样性与生态系统的功能	23
一、生物多样性的概念	23
二、群落物种多样性的评价	24
三、生物多样性与生态系统功能	26
第五节 生态系统的一般规律与生态平衡	27
一、生态系统的一般规律	27
二、生态平衡	29
第二章 土地生态系统及其分类	32
第一节 土地生态系统	32

一、土地生态系统的概念	32
二、土地生态系统的复杂性	32
三、土地生态系统的组成与结构	33
四、土地生态系统的功能	35
五、土地生态过程	36
六、土地生态变化	38
七、土地生态分异	41
第二节 土地生态分类	43
一、土地生态分类概述	43
二、土地生态分类的研究进展	43
三、土地生态分类的原则	44
四、土地生态分类与土地分类的关系	45
五、土地生态分类与景观生态分类的关系	49
六、土地生态景观分类	51
七、按人类介入土地生态系统的程度进行分类	53
八、以土地利用现状为基础的土地生态分类	54
第三章 农用地生态系统 (I)——耕地生态系统	57
第一节 耕地生态系统的基本组成	57
第二节 耕地生态系统的能量流动	58
一、能量输入	58
二、能量输出	58
三、输入、输出物质的能量折算	59
第三节 耕地生态系统的物质循环	59
一、养分输入	59
二、养分输出	62
三、养分平衡	66
第四章 农用地生态系统 (II)——林地生态系统	70
第一节 主要森林类型	70
一、热带森林	71
二、温带森林	71
三、北方针叶林	71
第二节 林地生态系统的初级生产力	72
一、初级生产力的全球分布	72
二、初级生产力与辐射平衡	72
第三节 林地生态系统的养分循环	73
一、林地生态系统的养分输入	73
二、林地生态系统内的养分循环	75
三、林地生态系统的养分输出	76
第四节 林地生态系统的退化及恢复	79
一、森林退化	79

二、林地生态系统的恢复与重建	80
第五章 农用地生态系统 (Ⅲ)——草地生态系统	82
一、草地生态系统的组成和结构	82
二、草地生态系统的能量流动	84
三、草地生态系统的物质循环	85
四、草地生态系统的退化	87
第六章 建设用地生态系统	88
第一节 城镇土地生态系统	88
一、城镇土地生态系统的组成与结构	88
二、城镇土地生态系统的特征	91
三、城镇土地生态系统的基本功能	93
四、城镇土地生态系统存在的问题	98
第二节 工矿用地生态系统	101
一、概述	101
二、工矿用地生态系统的组成与结构	101
三、工矿用地生态系统的基本功能	102
四、工矿用地生态系统存在的问题	103
五、工矿用地生态系统的可持续发展	104
第七章 土地生态调查与评价	106
第一节 土地生态调查	106
一、土地生态调查的概念	106
二、土地生态调查的内容	106
三、土地生态调查的任务	108
四、土地生态调查的工作程序和方法	108
第二节 土地生态评价概述	109
一、土地生态评价的概念	109
二、土地生态评价的内容	110
三、土地生态评价重点关注的几个问题	112
第三节 土地生态评价的工作程序及指标体系的构建	113
一、土地生态评价的程序	113
二、土地生态评价的指标体系	114
三、农用地生态评价指标和建设用地生态评价指标	116
第四节 土地生态评价的主要方法与模型	118
一、概述	118
二、区域土地生态评价——土地生态指数	122
三、土地生态环境评价	123
四、土地生态风险评价	126
五、土地生态退化评价	131
六、土地生态系统评价	134

第五节 土地生态评价实例	140
一、研究区概况	140
二、耕地资源可持续利用的评价指标体系	140
三、福建耕地资源可持续利用评价	142
四、评价结果分析	143
第八章 土地生态规划与设计	144
第一节 概述	144
一、土地生态规划与设计的定义	144
二、土地生态规划的原则	147
三、土地生态设计的原则	150
第二节 土地生态规划的程序和内容	151
一、确定规划范围和规划目标	153
二、土地生态调查与土地利用现状分析	154
三、土地生态分类	155
四、土地生态评价	156
五、土地生态分区	157
六、土地生态规划方案的编制	158
七、制定规划实施和管理	159
第三节 土地生态设计的程序和方法	159
一、土地生态设计的原理	160
二、土地生态设计的程序和内容	162
三、土地生态设计的基本方法	164
第四节 土地生态规划与设计的案例分析	165
一、土地生态规划的案例	165
二、土地生态设计的案例	169
第九章 土地生态工程	175
第一节 概述	175
一、土地生态工程产生的背景	175
二、土地生态工程的定义	175
三、土地生态工程的特点	176
第二节 土地生态工程的原理	177
一、生态工程的基本原理	177
二、土地生态工程的设计原理	180
第三节 土地生态工程的内容与技术方法	182
一、土地生态工程的内容	182
二、土地生态工程的技术方法	184
第四节 土地生态工程案例研究	195
一、重庆市武隆县双河土地开发整理项目	195
二、山东煤矿塌陷地复垦治理模式	197
三、广西露天锰矿地质环境治理	198

四、北京废弃采石场治理模式	199
五、内蒙古自治区草原露天煤矿生态重建模式	199
第十章 土地生态管理	202
第一节 概述	202
一、土地生态管理的定义	202
二、土地生态管理的原则	203
三、土地生态管理的目标	205
四、土地生态管理的内容	206
第二节 土地生态管理的基本手段	208
一、法律手段	208
二、土地规划手段	209
三、技术手段	210
四、宣传教育手段	210
第十一章 土地生态健康与恢复	212
第一节 土地生态健康	212
一、土地生态健康的概念	212
二、土地生态健康的内涵	213
三、土地生态健康的标准	219
四、土地生态健康的评价方法	220
五、土地生态健康的评价指标体系	222
六、土地生态健康评价指标的构建	224
第二节 土地生态恢复	227
一、土地生态恢复的定义	228
二、土地生态恢复的基本程序	233
三、土地生态恢复措施	235
四、土地生态恢复的案例分析	235
参考文献	244



绪 论

一、土地生态学的概念

国外与“土地生态学”联系最为紧密的词为“Land Ecology”和“Geoecology”，前者顾名思义为土地生态学，后者译为地生态学。实际上国外 Geoecology 的出现是想代替 Landscape Ecology（景观生态学），但目前 Landscape Ecology 应用广泛，Geoecology 使用却很少。从国外文献看，Land Ecology 涉及的研究内容、方法等和 Landscape Ecology 基本相同，使用也差不多。中国许多学者参考国外的资料并根据自己的研究领域和研究经历对土地生态学都给出了自己的定义。傅伯杰将土地生态系统研究（即土地生态学）归结为三个主要方面：土地生态系统形成、演替、结构的研究，土地生态系统功能（主要是生产力）的研究，土地生态系统最佳生态平衡的研究（傅伯杰，1985）。何永祺认为，土地生态学是在生态学一般原理的基础上，阐述土地及其环境间能量与物质循环转化规律，优化土地生态系统对策和措施的科学（何永祺，1990）。朱德举在主编的《土地科学导论》一书将土地生态学定义为“研究一个区域内各种土地生态系统的特性、结构、空间分布及其相互关系”（朱德举，1995）。吴次芳在主编的《土地生态学》一书将土地生态学定义为“土地生态学是以协调人—自然—土地为核心，按照土地资源可持续利用的要求，对一定区域的土地生态系统进行开发、利用、整治和保护所制定的时间安排和空间部署的科学”（吴次芳，2003）。根据土地生态学的形成特点和学科性质，我们认为，土地生态学是“应用生态学的一般原理，研究土地生态系统的能量流、物质流和价值流等的相互作用和转化，开展土地利用优化与调控的学科”。其基本任务有二：一是应用生态学原理指导土地开发、利用、整治、保护和管理；二是揭示土地开发利用与保护管理过程中的生态规律。土地生态学研究的根本目的是：为土地利用规划、土地利用工程（即对土地合理开发利用、治理与保护所实施的综合工程技术措施）和土地管理提供理论依据。

二、土地生态学的研究对象

恩格斯指出：“科学的产生和发展一开始就是由生产决定的。”如同其他任何科学一样，土地生态学的产生是有其历史和现实的客观基础的，是科学技术发展的必然结果和土地利用实践的必然要求。毛泽东在《矛盾论》中指出：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一矛盾的研究，就构成了某一门科学的对象。”许多学科，诸如地貌学、地质学、土壤学、沼泽学等都是从不同侧面来研究土地这个对象的。而土地科学不同，它是从整体上，把土地作为一个自然综合体和一项生产资

料,即作为一个自然—经济复合体为对象来进行研究的一门科学。换句话说,土地科学是把土地作为一个自然—经济复合体为特殊矛盾,来研究它的运动和发展规律的。所以,土地生态不单是一个自然的范畴,同时也是一个由经济范畴、社会范畴、生态范畴构成的边缘学科。把毛泽东同志的话引申开来,我们认为,土地生态学重点研究的是生产力发展过程中土地生态系统与土地生态结构变化特征。在社会经济发展的过程中,社会生产力的发展要求对土地高效利用和土地生态系统稳定、土地生态结构良性变化要求对土地进行节制利用的特殊矛盾就构成了土地生态学的研究对象。

三、土地生态学的研究内容

1. 土地生态类型 土地生态类型至少包括三个方面的具体研究内容:①土地生态分类,即土地生态系统类型的划分。通过土地生态系统类型的划分使研究区域内土地生态系统类型得以条理化、系统化,为后续各项研究奠定基础依据。②土地生态系统的组成与结构。着重研究区域内各类土地生态系统的组成和基本特征、空间分布格局,为从宏观和微观两个方面合理地布局和安排各类生态系统的适当比例、充分发挥各自的功能提供基础依据。③土地生态系统的形成与演替。通过对各类土地生态系统的形成与演替过程的研究,揭示其发生与发展规律,为人类定向控制土地生态系统的演替方向与过程、促进系统结构和功能的优化提供基本依据。

2. 土地生态评价 土地生态评价就是指对土地生态系统的结构、功能、价值及其生态环境质量所进行的评价。土地生态评价的内涵主要从以下四个方面来认识:①土地生态评价着重进行土地生态系统的结构功能、土地生态价值和生态环境质量的评价;②土地生态评价可以在一般的土地评价的基础上,选择对研究对象最有意义的若干生态特性进行专项评价,进而诊断土地生态系统的健康程度和土地利用的生态风险;③土地生态评价不仅仅局限于评价自然生态系统,而且要考虑人类社会生活或社会经济过程;④土地生态评价是一项系统工程,是对各种土地生态类型的健康状况、适宜性、环境影响、服务功能和价值的综合分析过程。土地生态评价是一项复杂的系统工程,牵涉到自然地理条件、环境灾害情况、人口、经济、社会福利等诸多方面,牵涉面十分广泛。目前,土地生态评价的主流研究方向集中在土地适宜性评价、土地生态环境评价(包括危险性评价、敏感性评价和质量评价)、土地生态风险评价、土地生态退化评价、土地生态系统评价这几个方面。

3. 土地生态规划设计 土地生态规划与土地生态设计相辅相成,共同成为土地生态学研究的核心。土地生态规划与土地生态设计是既密切联系又有区别的两个部分。一个方面,土地生态规划属于总体规划的性质,体现的是“区域”感,而土地生态设计则具有详细规划的性质,是在总体土地生态规划的控制下,具体地进行各种土地生态系统的内部组织,体现的是“地段”感。另一方面,两者之间又有交叉渗透。从层次上看,土地生态规划是宏观控制,土地生态设计是微观设计。在规划编制上,土地生态规划既要控制土地生态设计起控制作用,把握着规划的方向和全局,也要考虑到土地生态设计的细节要求,为土地生态设计留有操作的余地;从时段上看,土地生态规划属于总体规划,周期较长(一般10~15年),土地生态设计属于微观规划,周期较短,一般不超过5年。现阶段,土地生态规划在实际编制工作中有两种方式:一种是以土地生态评价结果为基本依据来布局和安排各类土地生态系统的比例和空间分布格局,这种规划较少考虑社会经济因素,因而所得出的用地结构和布局规划

方案在某种程度上可称为自然区域规划。另一种是在充分考虑土地生态评价结果的同时,还要综合考虑经济社会发展规划、土地供给能力和各项建设对土地的需求,据此编制土地利用结构与布局规划方案。这种规划结果既符合生态学原理,又满足了经济社会发展的需求,因而更有实用价值。我们认为,土地利用总体规划,在考虑经济利益的同时,应当借鉴生态学的研究成果,使规划更具有科学性,实现土地资源的可持续利用和经济的可持续增长,从而实现人类社会福利非递减性发展。

4. 土地生态修复与整治 生态恢复一般是指使生态系统恢复到先前或历史上(自然的或非自然的)状态,使受损生态系统的结构和功能恢复到受干扰前状态的过程。生态修复是指辅以人工措施或依靠生态系统的自我调节能力与自组织能力使其向有序的方向进行演化,使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生态系统向良性循环方向发展,欧美发达国家更偏向于用生态恢复,希冀生态系统回溯到一种原始自然的状态,发展中国家偏重于生态修复,并不否认人类有目的的参与、适用技术的应用对生态系统改善的贡献,我国和日本通常用生态修复。土地生态修复是相对于土地的非健康状态而言,它是指修复土地生态系统合理的结构、功能和各组成部分之间的协调关系。土地生态整治则是土地生态修复的具体化,是根据土地生态系统存在的主要问题而采取的有针对性的土地修复行动。土地生态整治的内容十分广泛,包括水土流失地的治理、盐碱地的治理、风沙地的治理、沼泽地的治理、受污染土地的治理、中低产田改造、荒山荒地的开发与治理、工矿废弃地和因灾废弃地的治理与复垦、基本农田建设、山水田林路村企的综合治理等。当前,面对全球土地生态退化的日益严重性和恢复重建的紧迫性,应将退化土地生态重建作为研究重点,在土地生态退化评价研究基础上,研究制订切实可行的退化土地生态重建综合工程技术规划方案并付诸实施,以恢复和提高退化土地生态系统的功能,实现土地生态系统的良性发展,确保土地资源的可持续利用。

5. 土地生态管理 土地生态管理是综合运用生态学、社会学、经济学和管理学的知识,从自然、经济、社会等方面对土地生态系统健康变化进行监控,审查和监督各级土地生态规划与设计,使人类按照规定的土地用途,合理地利用和改造土地,保持土地生态平衡,获取最优的土地利用综合效益,以尽量避免人们不合理利用而导致对土地生态系统健康的损害,及时掌握土地生态系统健康的变化趋势,指导人们采取必要的管理措施,以减少土地生态系统健康恶化风险。

由于土地生态系统是一个十分庞大而复杂的巨系统,可分为人口、有生命的生物环境和无生命的理化环境等子系统,每个子系统又可分为若干个次子系统。从系统的生态平衡调节角度考虑,土地生态管理包括四个方面的内容:①土地生产保护管理,因为土地生产是生态管理的终极目标;②土地利用结构管理,土地生态系统的结构是内稳定性的载体,土地利用结构变化程度应小于土地生态系统的抗干扰弹性;③土地生态环境的物种关系保护管理,通过保护物种关系和生物多样性,保证土地生态系统内部物质循环的连续性、结构的复杂性、功能的完善性,增强系统的抗干扰能力;④土地生态系统污染防治管理,重点防治工、农业生产的污染,减轻系统的纳污压力,增强土地生态功能。

上述五项研究内容虽有区别,但又相互紧密联系、不可分割。土地生态类型是土地生态评价的基础工作;土地生态评价是土地生态规划设计的基础依据;土地生态规划设计则是土地生态类型和土地生态评价的目的和归宿;土地生态修复与整治是为了更有效地按生态学原

理去合理利用土地，在很大程度上可以说是对土地生态规划设计方案的具体施工；而土地生态管理是实施土地生态规划设计方案的根本保证。可见，五者以土地生态规划设计为核心，一环紧扣一环，彼此不可分割，因而它们是“五位一体”，共同构成了土地生态学的基本研究内容体系。

四、土地生态学的研究进展

(一) 生态学的研究进展

“生态学”(Oikologie)一词是1865年由勒特(Reiter)合并两个希腊字logos(研究)和oikos(房屋、住所)构成,1866年德国动物学家赫克尔(Ernst Heinrich Haeckel)初次把生态学定义为“研究动物与其有机及无机环境之间相互关系的科学”,特别是动物与其他生物之间的有益和有害关系。从此,揭开了生态学发展的序幕。

生态学的发展大致可分为萌芽期、形成期和发展期三个阶段。

1. 萌芽期 古人在长期的农牧渔猎生产中积累了朴素的生态学知识,诸如作物生长与季节气候及土壤水分的关系、常见动物的物候习性等。如公元前4世纪希腊学者亚里士多德(Aristotle)曾粗略描述动物的不同类型的栖居地,还按动物活动的环境类型将其分为陆栖和水栖两类,按其食性分为肉食、草食、杂食和特殊食性等类。亚里士多德的学生、公元前三世纪的雅典学派首领赛奥夫拉斯图斯(Theophrastus)在其植物地理学著作中已提出类似今日植物群落的概念。公元前后出现的介绍农牧渔猎知识的专著,如古罗马公元1世纪老普林尼(Gaius Plinius Secundus)的《博物志》、6世纪中国农学家贾思勰的《齐民要术》等均记述了素朴的生态学观点。

2. 形成期 大约从15世纪到20世纪40年代。15世纪以后,许多科学家通过科学考察积累了不少宏观生态学资料。19世纪初叶,现代生态学的轮廓开始出现。如雷奥米尔(Reaumur)的6卷昆虫学著作中就有许多昆虫生态学方面的记述。瑞典博物学家林奈(Linnaeus)首先把物候学、生态学和地理学观点结合起来,综合描述外界环境条件对动物和植物的影响。法国博物学家布丰(Georges Louis Leclere De Buffon)强调生物变异基于环境的影响。德国植物地理学家洪堡(Humboldt)创造性地结合气候与地理因子的影响来描述物种的分布规律。19世纪,生态学进一步发展。这一方面是由于农牧业的发展促使人们开展了环境因子对作物和家畜生理影响的实验研究。例如,在这一时期中确定了5℃为一般植物的发育起点温度,绘制了动物的温度发育曲线,提出了用光照时间与平均温度的乘积作为比较光化作用的“光时度”指标以及植物营养的最低量律和光谱结构对于动植物发育的效应等。另一方面,马尔萨斯(Thomas Robert Malthus)于1798年发表的《人口论》一书造成了广泛的影响。费尔许尔斯特(Verhulst)1833年以其著名的逻辑斯蒂曲线描述人口增长速度与人口密度的关系,把数学分析方法引入生态学。19世纪后期开展的对植物群落的定量描述也已经以统计学原理为基础。1851年达尔文(Charles Robert Darwin)在《物种起源》一书中提出自然选择学说,强调生物进化是生物与环境交互作用的产物,引起了人们对生物与环境的相互关系的重视,更促进了生态学的发展。19世纪中叶到20世纪初叶,人类所关心的农业、渔猎和直接与人类健康有关的环境卫生等问题,推动了农业生态学、野生动物种群生态学和媒介昆虫传病行为的研究。由于当时组织的远洋考察中都重视了对生物资源的调查,从而也丰富了水生生物学和水域生态