



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century



高等农林教育“十三五”规划教材

NONGYE SHENGTAIXUE

农业生态学

陈阜 隋鹏◎主编

第3版



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE



面向 21 世纪课程教材



高等农林教育“十三五”规划教材

农业生态学

第 3 版

陈 阜 隋 鹏 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书紧密围绕农业生态系统,以系统结构、功能及其调控为主线,从基本概念、基本理论、评价与优化方法等方面对农业生态学进行了诠释。内容包括农业生态学产生背景、农业生物种群与群落、农业生态系统、农业生态系统的能量流动与物质循环、农业生态系统的评价与优化、生态农业与农业可持续发展等。该书通过国内外生态农业热点知识的介绍与农业生态系统典型案例的分析,能够让读者掌握专业基础理论、方法和技能,拓展对全球农业生态重大问题的认知,以达到本科教学要求。

该书图文并茂、内容翔实,贴近农业生产实际,适合高等农林院校、农业科研院所的教学及科研参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

农业生态学/陈阜,隋鹏主编. —3版. —北京:中国农业大学出版社,2019.1
ISBN 978-7-5655-2172-0

I. ①农… II. ①陈…②隋… III. ①农业生态学-高等学校-教材 IV. ①S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 039584 号

书 名 农业生态学 第3版

作 者 陈 阜 隋 鹏 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 张秀环

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs @ cau. edu. cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2019年1月第3版 2019年1月第1次印刷

规 格 787×1 092 16开本 12印张 300千字

定 价 38.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第3版编写人员

主 编 陈 阜(中国农业大学)
隋 鹏(中国农业大学)

副 主 编 陈源泉(中国农业大学)
韩惠芳(山东农业大学)
李立军(内蒙古农业大学)
刘章勇(长江大学)
熊淑萍(河南农业大学)

编 者 (按姓氏拼音排序)
陈 阜(中国农业大学)
陈源泉(中国农业大学)
韩惠芳(山东农业大学)
黄国勤(江西农业大学)
黄 晶(西南科技大学)
雷永登(中国农业大学)
李 耕(山东农业大学)
李立军(内蒙古农业大学)
刘章勇(长江大学)
马 琨(宁夏大学)
隋 鹏(中国农业大学)
王小龙(华南农业大学)
熊淑萍(河南农业大学)
徐长春(农业农村部科技发展中心)
杨海水(南京农业大学)
杨晓琳(中国农业大学)
于爱忠(甘肃农业大学)
翟云龙(塔里木大学)
朱 波(长江大学)
主 审 吴文良(中国农业大学)

第2版编写人员

主 编 陈 阜(中国农业大学)

副主编 马新明(河南农业大学)

李 军(西北农林科技大学)

编 者 陈 阜(中国农业大学)

马新明(河南农业大学)

李 军(西北农林科技大学)

李增嘉(山东农业大学)

吴宏亮(宁夏大学)

刘玉华(河北农业大学)

柴 强(甘肃农业大学)

刘景辉(内蒙古农业大学)

王龙昌(西南大学)

宇振荣(中国农业大学)

张海林(中国农业大学)

第 1 版编写人员

主 编 陈 阜(中国农业大学)

副主编 马新明(河南农业大学)

李 军(西北农林科技大学)

编 者 陈 阜(中国农业大学)

李增嘉(山东农业大学)

李 军(西北农林科技大学)

马新明(河南农业大学)

许 强(宁夏农学院)

刘玉华(河北农业大学)

宇振荣(中国农业大学)

刘景辉(内蒙古农业大学)

曹志平(中国农业大学)

韩宝平(北京农学院)

张海林(中国农业大学)

第3版前言

农业生态学(agroecology)的核心内容与任务是研究农业生态系统内生物之间、生物与环境之间的相互关系以及合理调控的途径与技术,有效地提升农业生态系统的生产力、稳定性和可持续性。随着绿色发展理念的不断深入以及现代生物、信息和工程技术的快速发展,农业生态学的研究领域、研究思路与研究方法也在不断拓展和更新。一方面,如何通过充分挖掘农业生态系统的生态服务功能推动农业转型和绿色发展,以实现农业生产、生态和生活一体化,开始成为农业生态学的重要任务;另一方面,如何通过发展现代生态农业技术,构建种养结合、生态高效、生产力和竞争力持续提升的农业生产体系,实现资源高效、环境安全与高产高效同步,已经成为农业生态学的发展方向。

2001年,第1版《农业生态学》教材由中国农业大学牵头,组织西北农林科技大学、河南农业大学、山东农业大学、河北农业大学、内蒙古农业大学、宁夏大学、北京农学院7所高校的农业生态学主讲教师,按照教育部面向21世纪本科教材的要求编写,由中国农业大学出版社出版。该教材的突出特点是坚持基础性、通用性和教学实用性,兼顾普通生态学基本理论、方法与农业生态学原理、技术,出版后受到相关院校和师生的广泛欢迎,总印数达到2.5万册,被全国近50家高等院校、科研院所作为指定教学用书和研究生考试参考书。

2010年,第2版《农业生态学》教材仍由中国农业大学牵头,充实和调整了编写人员队伍,在广泛征求本书用户及相关编写人员意见基础上对原教材进行了修订。一是充实和更新相关内容,包括农业生态学进展与趋势、典型农业生态系统与生态系统服务价值、气候变化应对与循环农业、农业外来生物入侵等内容,并更新了书中的相关数据资料;二是调整部分内容与增补典型案例,按照对农业生态学框架的重新认识调整了部分章节内容,删除一些过时或不重要的内容,并尽可能地对各部分内容用更多的实例和图示来表达,以满足教学改革需求。

2017年,鉴于近年来全球农业生态环境焦点问题的变化和我国农业生态转型发展步伐不断加快,农业生态学课程的教学内容也发生了明显变化,中国农业大学出版社将农业生态学列入高等农林院校“十三五”规划教材,重新组织编写人员对原教材进行修订。第3版的农业生态学将生物种群、生物群落、生物与环境关系等内容合并为一章,删减了部分普通生态学的知识内容,丰富了相关农业案例;强化了农业生态系统评价与优化的相关理论与方法介绍,充实了典型案例分析;响应现代生态农业发展趋势与要求,重新编写了生态农业与农业可持续发展章节,增加了农业生态转型及绿色发展等知识。全书共分7章:其中第一章为绪论,由陈阜、黄晶、雷永登编写;第二章为生物种群与群落,由熊淑萍、黄晶、马琨编写;第三章为农业生态系统,由韩惠芳、翟云龙、李耕编写;第四章为农业生态系统的物质循环,由隋鹏、杨海水、于爱忠、熊淑萍编写;第五章为农业生态系统的能量流动,由李立军、王小龙、李耕编写;第六章为农业生态系统的评价与优化,由刘章勇、王小龙、朱波、徐长春编写;第七章为生态农业与可持续发

展,由陈源泉、黄国勤、杨晓琳编写。全书由陈阜、隋鹏、陈源泉进行统稿和修改,王东硕士参与了文字校订。

感谢中国农业大学出版社对本书编写的大力支持和帮助,能够列入高等农林院校“十三五”规划教材是编写本次新版教材的主要动力。感谢本书使用单位及学员提出的宝贵意见和建议,使本书的修编能够更加有针对性。尽管编写人员做了很大努力,但由于水平所限,错误及疏漏之处在所难免,希望使用本教材的师生和读者给予批评、指正。

编者

2018年6月

第 2 版前言

进入 21 世纪,气候变暖、粮食安全、资源生态安全等再次成为全球关注的热点问题,农业生态学的研究领域得到不断拓展和深入,农业生态学课程建设与学科发展也得到相应重视。各农业院校及部分综合性大学纷纷开设农业生态学课程,多数院校已建立了农业生态学硕士点及生态学博士点,使农业生态学发展进入了一个新的发展阶段。在课程体系建设上,农业生态学逐步成为植物生产、资源环境、农业区域发展等多类专业的专业基础课,已有 10 多个院校的农业生态学被批准为国家和省级精品课程;在课程内容上,农业生产对全球气候变化的适应策略、农业面源污染防治、农业清洁生产与循环农业等,开始成为农业生态学新的领域;在理论与方法上,农业生态学不断吸纳现代生物学科、现代信息学科、现代工程学科的先进理论和技术;在研究层次上,农业生态学研究在宏观与微观尺度上将不断延伸,将从传统区域农业生态系统和农田生态系统的结构和功能分析等研究不断向农业碳汇碳源平衡与肥、水、药投入效率及其环境效应、农田污染途径与机制等领域深入。

2001 年,由中国农业大学牵头,组织西北农林科技大学、河南农业大学、山东农业大学、河北农业大学、内蒙古农业大学、宁夏大学、北京农学院 7 所高校的农业生态学主讲教师按照教育部面向 21 世纪本科教材的编写要求撰写并由中国农业大学出版社出版了《农业生态学》一书。该教材的突出特点是坚持基础性、通用性和教学实用性,兼顾普通生态学基本理论、方法与农业生态学原理、技术,同时尽可能反映目前农业生态学领域一些新进展。该教材出版后受到相关院校和师生的广泛欢迎,已经重印了 4 次,总印数达到 2.5 万册。据我们不完全统计,全国有近 50 家高等院校、科研院所把该教材作为指定教学用书和研究生考试参考书,还被 10 多个省、市、自治区作为自学考试中农业生态学课程的指定教材。

2010 年,鉴于本教材已经使用近 10 年,而且此期间农业生态学的研究领域和课程内容也有了明显变化,在广泛征求本教材用户及相关编写人员意见的基础上,决定对原教材进行修订,编写新版农业生态学。本次修编的重点有 3 个方面:一是充实和更新相关内容,包括农业生态学进展与趋势、典型农业生态系统与生态系统服务价值、气候变化应对与循环农业、农业外来生物入侵等内容,并更新了书中的相关数据资料;二是调整部分内容与增补典型案例,按照对农业生态学框架的重新认识调整了部分章节内容,删除一些过时或不重要的内容,并尽可能对各部分内容用更多的实例和图示来表达,以满足教学改革需求;三是再次充实和调整编写人员队伍,本次修订新增了西南大学和甘肃农业大学 2 位教授。

第 2 版的《农业生态学》仍有 10 章。其中,第一章为绪言,由陈阜(中国农业大学教授)编写;第二章为农业生态系统,由李军(西北农林科技大学教授)编写;第三章为生物种群,由马新明(河南农业大学教授)编写;第四章为生物群落,由李增嘉(山东农业大学教授)编写;第五章为生物与环境的关系,由刘玉华(河北农业大学教授)、马新明(河南农业大学教授)编写;第六

章为农业生态系统的能量流动,由吴宏亮(宁夏大学副教授)、许强(宁夏大学教授)编写;第七章为农业生态系统的物质循环,由王龙昌(西南大学教授)和宇振荣(中国农业大学教授)编写;第八章为农业生态系统的调控与优化设计,由柴强(甘肃农业大学教授)编写;第九章为农业资源利用与环境保护,由刘景辉(内蒙古农业大学教授)、张海林(中国农业大学副教授)编写;第十章为生态农业与循环农业,由陈阜(中国农业大学教授)、张海林(中国农业大学副教授)编写。全书由陈阜、马新明、李军进行统稿和修改。

感谢中国农业大学出版社对本书编写的大力支持和帮助,本次新版教材是在他们的鼓励和督促下完成的。感谢本书使用单位及学员提出的宝贵意见和建议,使本书的修编能够更加有针对性。尽管编写人员历时近一年,做了很大努力,但由于水平所限,错误及疏漏之处在所难免,希望使用本教材的师生和读者给予批评、指正。

陈 阜

2011年4月

第 1 版前言

从 20 世纪 70 年代末在我国开始开设农业生态学课程,到现在已经 20 多年了。农业生态学作为一门课程或学科,20 多年来在我国走过了由小到大、由简单到复杂、由个别院校和个别专业开设到全部农科院校各专业普遍开设的发展壮大过程。农业生态学的发展首先与全球性的资源和生态环境问题日趋严重的大背景有关。首先,人口持续增长和对产品需求的持续提高,使农业生产和经济发展对资源与环境压力不断加大,如何协调经济发展与生态环境保护的矛盾,已成为可持续发展的焦点问题。其次,对农业生态相关领域的研究与实践的不断深入,使农业生态学从内容、方法及理论与技术等多方面不断丰富和充实。最后,作为一门课程,农业生态学越来越受到广泛重视,绝大多数农业院校已将农业生态学列为各专业的公共选修课或必修课,有些院校还设立了农业生态专业或专业方向。可见,农业生态学的发展在我国得到了前所未有的重视和优越环境,并为其进一步发展提供了良好的基础。

近 20 年已陆续出版了数十部农业生态学方面的专著与教材,对促进学科发展起到了积极作用。这些专著或教材各有特点,但作为教材的局限性也明显,在实际课程教学过程中明显感到较难把握。这有 3 个主要原因。一是农业生态学是生态学应用于农业领域的一个分支学科,同时也属于农业科学的一个分支,本身涉及范围广、内容多,与其他学科的交叉性强,造成在课程体系把握上比较困难。二是农业生态学总体上还处于发展时期,随着相关的研究与实践不断丰富与深入,新的东西大量涌现,在课程教学中体现这些新进展的随意性很强。三是农业生态学课程一般只有 40 学时左右,讲授的内容和时间都有限,如何既体现作为生态学分支学科的基本理论和方法又反映其作为农业科学分支的应用和实践,确实面临较多矛盾。因此,编写一本适合当前农业院校本科教学的实用教材,一直是我们多年来的心愿。

为配合国家教育部教学改革项目“高等农林院校植物生产类专业人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”的实施,1998 年由中国农业大学牵头,组织华北地区的山东农业大学、河南农业大学、莱阳农学院、北京农学院等几个院校农业生态学主讲教师,经过近 2 年时间的集体讨论和分工编写,形成一本《农业生态学教程》,由气象出版社出版发行。该教材的突出特点,一是基础性,力求把生态学及农业生态学的基本概念和基本理论方法介绍出来,满足农科各类专业本科学生学习的需要;二是实用性,按照本课程教学任务要求和学时安排,在教学内容上进行适当精简和提炼。《农业生态学教程》经 10 余个院校试用,反映良好,基本评价是“简单、实用”。气象出版社 2 次印刷的 6 000 余册,2 年多全部发行完。这种效果给了我们极大的鼓励和信心,促使我们以该教材为基础进行修改,并作为教改项目成果申请了国家教育部“面向 21 世纪课程教材”,是教育部《面向 21 世纪高等农林院校生物系列课程教学内容课程体系改革》(04-20)项目成果的研究实践。

本次教材编写,在充分考虑了各院校反馈的意见和建议的同时,又邀请了西北农林科技大

学、宁夏农学院、河北农业大学、内蒙古农业大学等院校的农业生态学主讲教师参加。按照面向 21 世纪教材编写要求,坚持突出基础性、通用性和教学实用性,兼顾普通生态学基本理论、方法与农业生态学原理、技术,同时尽可能地反映目前农业生态学领域一些新进展,使其既可作为植物生产类专业和资源环境类专业的专业基础课教材,又可作为农科院校其他专业的公共选修课教材。

本书共分 10 章。其中,第一章为绪言,由陈阜(中国农业大学)编写;第二章农业生态系统,由李军(西北农林科技大学)编写;第三章生物种群,由马新明(河南农业大学)编写;第四章生物群落,由李增嘉(山东农业大学)编写;第五章生物与环境的关系,由刘玉华(河北农业大学)编写;第六章农业生态系统能量流动,由许强(宁夏农学院)编写;第七章农业生态系统的物质循环,由宇振荣(中国农业大学)编写;第八章农业生态系统的调控与优化设计,由曹志平、陈阜、张海林(中国农业大学)编写;第九章农业资源利用与农业生态环境保护,由刘景辉(内蒙古农业大学)、韩保平(北京农学院)编写;第十章生态农业与持续农业,由陈阜、张海林(中国农业大学)编写。全书由陈阜、马新明、李军进行统稿和修改,陈阜最后定稿。

在本教材的编写过程中得到了我们所在院校农业生态学和耕作学几位前辈的支持和帮助,并得到中国农业大学出版社的大力支持。由于编写者水平所限,错误及疏漏之处在所难免,希望使用本教材的师生和读者给予批评、指正。

编 者

2001 年 6 月 30 日

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 生态学及其发展.....	1
一、生态学的概念	1
二、生态学的发展	2
三、生态学分支学科	4
第二节 农业生态学及其发展.....	4
一、农业生态学的产生	4
二、农业生态学的发展	4
三、农业生态学的趋势展望	5
第三节 农业生态环境问题.....	6
一、全球生态环境突出问题	6
二、中国生态环境主要问题	9
三、中国农业生态环境面临的突出问题.....	10
第四节 农业生态学的内容与任务	11
一、农业生态学的内容.....	11
二、农业生态学的特点.....	12
三、农业生态学的任务.....	12
思考题	13
参考文献	13
第二章 生物种群与群落	14
第一节 种群生态	14
一、种群的基本概念与特征.....	14
二、种群的数量波动与调节.....	18
三、种群间相互关系及应用.....	23
第二节 群落生态	25
一、生物群落的结构特征.....	25
二、群落演替.....	29
三、生态位.....	33
第三节 生物的生态适应性	35
一、生态型.....	35
二、生活型.....	36
第四节 种群和群落原理在农业生产中的应用	38
一、作物间套作共生系统.....	38

二、作物-微生物共生体系统	39
三、种养结合	40
四、生物防治	40
五、生态治理与恢复	41
思考题	42
参考文献	43
第三章 农业生态系统	44
第一节 农业生态系统概述	44
一、生态系统	44
二、农业生态系统	49
第二节 典型农业生态系统简介	57
一、农田生态系统	58
二、草地生态系统	59
三、果园和经济林生态系统	61
四、畜牧生态系统	63
五、水生生态系统	64
六、复合农业生态系统	64
思考题	65
参考文献	66
第四章 农业生态系统的物质循环	67
第一节 物质循环概述	68
一、物质循环的基本概念和类型	68
二、物质循环的相关术语概述	69
第二节 农业生态系统的物质循环	71
一、碳循环	71
二、水循环	73
三、氮循环	76
四、磷循环	80
五、钾循环	82
六、农业生态系统中养分循环的特征	84
七、有机质与农田养分循环	85
第三节 温室效应与农业固碳减排	86
一、温室效应与气候变化	86
二、温室效应与农业生态系统的相互关系	87
第四节 农业环境污染	89
一、农业环境污染的主要类型	89
二、农业面源污染的控制	93
思考题	95
参考文献	95

第五章 农业生态系统的能量流动	97
第一节 农业生态系统能量流动途径	97
一、农业生态系统的能量来源	97
二、农业生态系统能量流动的基本途径	99
第二节 能量流动与转化的基本定律	101
一、能量转化定律	102
二、能量衰变定律	102
三、林德曼效率与生态金字塔	103
第三节 农业生态系统的能量生产	105
一、初级生产	105
二、次级生产	107
三、初级生产与次级生产的关系	109
第四节 农业生态系统的辅助能	110
一、人工辅助能投入对农业生产力的影响	111
二、人工辅助能的投入产出效率	111
三、农业生态系统能量流动的调控途径	112
第五节 生物质能源及合理开发利用	113
一、生物质能源的提出	113
二、生物质能源的利用途径	114
三、生物质能源的发展前景	115
思考题	115
参考文献	116
第六章 农业生态系统的评价与优化	117
第一节 农业生态系统的物质流与能量流分析与评价	117
一、系统分析	117
二、农业生态系统分析基本框架	118
三、农业生态系统物质流分析方法	119
四、农业生态系统能流分析方法	128
五、农业生态系统指标分析方法	135
第二节 农业生态系统服务价值及评价	135
一、农业生态系统服务价值评价指标体系及计算方法	135
二、典型农业生态系统生态服务价值评价步骤及案例分析	136
第三节 生态平衡与生态健康	141
一、生态平衡与生态平衡失调	141
二、生态系统健康	143
三、受损农业生态系统的恢复与重建	145
思考题	147
参考文献	147

第七章 生态农业与可持续发展	149
第一节 替代农业思潮与模式	149
一、国外“替代农业”思潮及典型模式	149
二、国际农业生态转型及其主要经验	151
第二节 生态农业原理与技术	153
一、生态农业原理	153
二、生态农业关键技术	156
第三节 典型生态农业模式	161
一、北方“四位一体”生态农业模式	161
二、南方“猪—沼—果”生态农业模式	161
三、平原农林牧复合生态农业模式	162
四、草地生态恢复与持续利用模式	162
五、生态种植模式	163
六、生态畜牧业模式	163
七、生态渔业模式	164
八、丘陵山区小流域综合治理与利用模式	164
九、设施生态农业模式	165
十、观光生态农业模式	166
第四节 中国农业转型与可持续发展	166
一、中国农业转型的必要性	166
二、新形势下中国农业转型的战略对策	167
思考题	175
参考文献	176

第一章 绪 论

本章提要

• 概念与术语

生态学(ecology)、农业生态学(agroecology)

• 基本内容

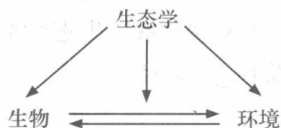
1. 生态学概念及发展阶段。
2. 农业生态学的产生与发展。
3. 农业生态学的研究内容与任务。

农业生态学(agroecology)是运用生态学(ecology)的原理及系统论的方法,研究农业生物之间、农业生物与其自然和社会环境之间相互关系的应用性科学。农业生态学既是生态学在农业领域应用的一个分支学科,也是生态学与农业科学交叉融合的学科,主要研究由农业生物与其环境构成的农业生态系统的结构、功能及其调控和管理的途径等。学习农业生态学的目的和意义首先要了解有关生态学的一般知识及基本理论,其次要掌握农业生态学的相关原理和分析方法,最终能够应用相关原理、方法和技术开展农业生态系统的结构与功能优化。

第一节 生态学及其发展

一、生态学的概念

1866年德国生物学家 H. Haeckel(海克尔)在其著作《有机体的普通形态学》(*General Morphology of the Organisms*)中第一次正式提出生态学的概念,并将生态学定义为:生态学是研究生物与其环境相互关系的科学。此后,又有许多的生态学家对生态学的含义及概念进行了探讨,但所提出的定义未超过海克尔定义的范围。1896年,Clarke(克拉克)曾用图解说明了生态学的概念:



著名生态学家 E. P. Odum(奥德姆)在其所著的《生态学基础》(*Fundamentals of Ecology*)一书中,认为生态学是研究生态系统的结构和功能的科学,具体内容应包括:①一定区域内生物的种类、数量、生物量、生活史及空间分布。②该区域营养物质和水等非生命物质的质量和分布。③各种环境因素,如温度、湿度、光、土壤等对生物的影响。④生态系统中的能量流