



全国高等农林院校“十一五”规划教材

农业环境学

李 元 主编

全国高等农林院校“十一五”规划教材

农业环境学

李元 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业环境学/李元主编. —北京: 中国农业出版社,
.2008. 2

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-12026-6

I. 农… II. 李… III. 农业环境—高等学校—教材
IV. X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012121 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 100026)

责任编辑 毛志强 杨国栋

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 25.25

字数: 601 千字

定价: 36.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 李 元

副主编 朱鲁生 祖艳群 伍 钧

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 军 刘世亮 朱鲁生 伍 钧

李 元 李光德 何永美 陈玉成

陈建军 罗于洋 祖艳群 黎华寿

前 言

全球生态破坏和环境污染已经威胁着人类的生存。农业发展与农业环境保护之间仍然存在着诸多矛盾，这是人类在 21 世纪无法回避的挑战。如何调控农业生物与人类干扰的环境条件之间的关系，减轻环境变化对农业的影响，利用生物来保护和改善农业环境成为了人类必须面临的任务。在此形势下，农业发展与农业环境保护之间的关系问题越来越受到广泛的关注，农业环境学也就应运而生了。农业环境学是一门新兴的学科，它是农业科学与环境科学相互交叉、相互融合而逐步形成的学科。农业环境学以农业生态系统作为研究对象，通过对农业生态环境问题以及对介于环境科学与农业科学之间有关科学问题的系统研究，更好地保护、改善农业生态环境，促进农业的可持续发展。

本教材是全国高等农林院校“十一五”规划教材，由云南农业大学李元主编。李元提出编写提纲，李元、朱鲁生、祖艳群、伍钧共同确定提纲。于 2006 年 7 月 24~27 日在昆明召开的编写会上，经全体编写人员讨论通过了编写提纲，然后，由多位学者共同执笔编写。本教材共 12 章。第一章绪论由云南农业大学李元编写；第二章生态学基础由云南农业大学李元、何永美编写；第三章环境问题与农业环境问题由山东农业大学王军编写；第四章大气污染与农业由山东农业大学李光德编写；第五章水体污染与农业由西南大学陈玉成编写；第六章土壤污染与农业由河北农业大学刘世亮编写；第七章农业面源污染与控制由山东农业大学朱鲁生编写；第八章固体废物处理与资源化利用由四川农业大学伍钧编写；第九章生物安全与农业由云南农业大学祖艳群编写；第十章农产品质量安全与生态农业由华南农业大学黎华寿编写；第十一章农业环境监测与评价由云南农业大学陈建军编写；第十二章农村环境规划与管理、附录由内蒙古农业大学罗于洋编写。初稿完成后，由李元审稿，并对各章提出修改意见，各位编者进行了认真的修改。然后，于 2007 年 7 月 27~29 日在昆明召开统稿会，并由李元、朱鲁生、祖艳群和伍钧修改统稿，最后，由李元定稿。

本教材在阐述了农业环境学的概念及特点的基础上，论述了生态学基础和农业

环境问题；分析了大气污染、水体污染和土壤污染对农业的影响及调控，包括全球三大环境问题与农业的关系；重点突出农业环境污染与变化对农业的影响，强调农业面源污染和农业废物污染防治与资源化利用；提出了农业环境的生物因子，即外来有害生物、转基因生物的生物安全问题，及其与农业生产的关系；阐述了农产品质量安全、保障模式和生态农业；介绍了农业环境监测、评价、规划和管理的基本知识。本教材具有明显的新颖性和显著的特点，构建了农业环境学新的知识体系和章节结构，是一部综合、系统、规范的《农业环境学》教材；体现了素质教育和创新能力培养的结合，以及教学的需求。期望《农业环境学》的出版将有助于我国农业环境质量的提高和学科建设的发展。

本教材在编写过程中，得到云南农业大学和中国农业出版社的大力支持，以及各参编单位的积极协助，在此一并致谢。本教材在编写过程中参考了多部相关的教材、著作、论文和有关资料，在此表示衷心的感谢。农业环境学学科领域广泛，发展迅速，由于编者学识有限，书中难免有不足之处，恳请各位专家、学者和读者批评指正，以便改进和完善。

本教材主要供各大专院校环境科学专业、农业资源与环境专业、生态学专业、环境工程专业以及非环境类专业农业环境学公共选修课的学生、教师等使用。也可供从事相关专业教学、研究的人员和研究生参考。

李 元

2007年10月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 农业环境学的产生与发展	1
一、农业环境学的概念	1
二、农业环境学的产生和发展	2
第二节 农业环境学的研究内容与研究方法	4
一、农业环境学的研究内容	5
二、农业环境学的研究方法	6
第三节 农业环境学与相关学科的关系	7
一、农业环境学与生态学的关系	7
二、农业环境学与环境科学的关系	8
三、农业环境学与农业科学的关系	8
复习思考题	8
第二章 生态学基础	10
第一节 生态学的概念	10
一、生态学的概念	10
二、生态学的作用	12
第二节 生态系统	14
一、生态系统的概念	14
二、生态系统的结构和类型	15
三、生态系统的功能	18
四、生态平衡	22
第三节 农业生态系统	24
一、农业生态系统的概念及特点	24
二、农业生态系统的结构及人工调控	25
三、农业生态系统的功能	27
第四节 生物多样性	28
一、生物多样性的概念	28

二、生物多样性保护	31
三、生物多样性的农业利用	32
复习思考题	33
第三章 环境问题与农业环境问题	34
第一节 环境和农业环境的概念	34
一、环境	34
二、农业环境	36
第二节 环境问题	37
一、环境问题的产生和发展	37
二、当前世界面临的主要环境问题	40
三、现代环境问题的特点	43
第三节 农业环境问题	44
一、主要农业环境问题	45
二、农业环境问题的特点	46
三、全球环境问题对农业的影响	47
四、农业环境保护与农业可持续发展	50
复习思考题	52
第四章 大气污染与农业	53
第一节 大气环境	53
一、大气层的结构	53
二、大气的基本组成	55
第二节 大气污染	56
一、大气污染	56
二、大气污染源	56
三、大气主要污染物	58
四、影响大气污染的因素	62
五、大气污染的防治	66
第三节 大气主要污染物对农业的影响	71
一、大气污染物侵入植物体的途径	72
二、植物受害的基本类型及机理	72
三、大气污染对植物产生危害的影响因素	76
第四节 全球大气环境问题与农业	77
一、酸雨	77
二、臭氧层破坏与紫外辐射增强	81
三、温室效应与全球变暖	87

复习思考题	90
第五章 水体污染与农业	91
第一节 水资源	91
一、世界水资源分布	91
二、我国水资源的特点	92
三、水资源利用与保护	93
第二节 水体污染	95
一、水体与水体污染的概念	95
二、水体污染源	96
三、水体污染物及其化学行为	96
四、主要水质指标与标准	103
第三节 水体污染对农业的影响	105
一、水体污染对水产业的影响	106
二、水体污染对农作物的影响	109
第四节 水体污染防治与农业利用	110
一、水体污染的防治	110
二、污水的农业资源化利用	112
三、污水农业灌溉	114
四、污水土地处理系统	116
复习思考题	120
第六章 土壤污染与农业	121
第一节 土壤环境	121
一、土壤的形成与基本特征	121
二、土壤与农业	127
三、土壤与生态系统	128
四、土地资源利用与保护	130
第二节 土壤污染	132
一、土壤环境背景值与土壤环境容量	132
二、土壤污染的概念及特点	138
三、土壤污染物种类	139
四、土壤污染源	141
五、土壤污染物的环境行为	142
第三节 土壤污染物对农业的影响	147
一、土壤重金属污染对农作物的影响	147
二、土壤有机物污染对农作物的影响	153

第四节 土壤污染的修复与防治	157
一、土壤污染预防措施	157
二、污染土壤修复	157
复习思考题	162
第七章 农业面源污染与控制	164
第一节 农业面源污染的概念	164
一、农业面源污染的概念	164
二、农业面源污染的特点	166
第二节 化肥污染与控制	168
一、化肥污染	168
二、化肥污染对环境的影响	169
三、化肥污染对作物的影响	172
四、化肥污染生态环境对人体健康的影响	174
五、化肥污染的控制	174
第三节 农药污染与控制	178
一、农药污染	178
二、农药污染对环境的影响	181
三、农药污染对作物的影响	185
四、农药污染对人体和其他高等动物的影响	188
五、农药污染控制	189
第四节 农膜污染与控制	198
一、农膜污染	198
二、农膜污染对环境的影响	200
三、农膜污染对作物的影响	201
四、农膜污染控制	201
复习思考题	204
第八章 固体废物处理与资源化利用	205
第一节 固体废物概述	205
一、固体废物及其分类	205
二、固体废物对农业环境的影响	209
三、固体废物的环境管理	212
第二节 农业和农村固体废物的资源化利用	216
一、作物秸秆的资源化利用	216
二、畜禽粪便的资源化利用与无害化处理	224
三、生活垃圾的资源化利用	233

复习思考题	236
第九章 生物安全与农业	237
第一节 生物安全	237
一、生物安全的概念	237
二、生物安全的现状与控制措施	238
第二节 生物入侵与农业	240
一、生物入侵	240
二、生物入侵对农业的影响及机理	244
三、生物入侵的防治措施	247
第三节 转基因生物与农业	252
一、转基因生物	252
二、转基因生物对农业的影响	255
三、转基因生物的安全性评价	258
复习思考题	261
第十章 农产品质量安全与生态农业	262
第一节 农产品质量安全	262
一、农产品质量安全	262
二、农产品质量安全主要指标与标准体系	264
第二节 保障农产品质量安全的农业生产模式	269
一、无公害农产品生产	270
二、绿色食品生产	273
三、有机食品生产	276
四、无公害食品、绿色食品和有机食品的异同	281
第三节 生态农业	282
一、农业发展与替代农业模式	282
二、中国传统农业的合理性及其对生态农业的启示	285
三、生态农业的理论与实践	285
四、生态农业在保障农产品质量安全和农业环境保护中的作用	293
五、农业循环经济	295
复习思考题	297
第十一章 农业环境监测与评价	298
第一节 农业环境监测	298
一、农业环境监测的概念和分类	298
二、农业环境监测的目的、对象、任务和特点	299

三、农业环境监测技术	301
四、农业环境监测网络	315
第二节 农业环境质量评价	315
一、农业环境质量评价的概念	315
二、农业环境质量评价的目的和意义	316
三、农业环境质量评价程序和方法	316
第三节 农业环境影响评价	319
一、农业环境影响评价的概念	319
二、农业环境影响评价的目的、意义	320
三、农业环境影响评价程序和方法	321
四、农业环境影响评价报告书	322
复习思考题	323
第十二章 农村环境规划与管理	324
第一节 农村环境规划	324
一、农村环境规划概述	324
二、农村环境规划编制的基本程序和内容	326
三、农村环境规划指标体系	331
第二节 农业环境管理	335
一、农业环境管理概述	335
二、农业环境管理的内容与手段	336
三、农业环境管理体制与职能	340
第三节 农业环境保护法	342
一、农业环境保护法的概念、任务和作用	342
二、农业环境保护法体系	345
三、农业环境保护法的基本原则	347
四、农业环境保护的法律规定	350
第四节 农业环境标准	357
一、我国的农业环境标准体系	357
二、农业环境标准的制订、修订和实施	358
复习思考题	360
附录	361
附录 1 环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	361
附录 2 保护农作物的大气污染物浓度限值 (GB 9137—1988)	362
附录 3 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002)	362
附录 4 地下水环境质量标准 (GB/T 14848—1993)	365

目 录

附录 5 生活饮用水水源水质标准 (CJ 3020—1993)	366
附录 6 农田灌溉水质标准 (GB 5084—1992)	367
附录 7 渔业水质标准 (GB 11607—1989)	368
附录 8 海水水质分类与标准 (GB 3097—1997)	369
附录 9 土壤环境质量标准 (GB 15618—1995)	370
附录 10 农用粉煤灰中污染物控制标准值 (GB 8173—1987)	371
附录 11 农用污泥中污染物控制标准 (GB 4284—1984)	372
附录 12 城镇垃圾农用控制标准值 (GB 8172—1987)	372
附录 13 畜禽养殖业污染物排放标准 (GB 18596—2001)	373
附录 14 畜禽饮用水标准 (NY 5027—2001)	374
附录 15 中华人民共和国国家有机产品标准 (GB/T 19630.1~19630.4—2005)	375
附录 16 绿色食品 产地环境质量标准 (NY/T 391—2000)	378
主要参考文献	381

第一章 绪 论

1970 年以来,随着全球人口激增和工农业的快速发展,人类与生态环境间的矛盾日益突出。全球生态破坏和环境污染已经威胁着人类的生存。农业发展与环境保护之间仍然存在着诸多矛盾,这是人类在 21 世纪无法回避的挑战。正确处理农业发展与环境保护的关系,是农业可持续发展的关键,也是认识和解决今后环境问题的基础。农学、地学、生物学、生态学、生态经济学、环境科学等都与农业生态环境有密切的关系,都从不同角度探索了农业环境的某一侧面。由于农业生态环境有其独特的、复杂的矛盾体系,全面深入地研究农业环境不是以上任何一门科学所能担负的,需要有一门专业的学科来进行研究,这门学科就是农业环境学。农业环境学理论是可持续发展的理论依据,应用农业环境学理论来调控农业生物与人类干扰的环境条件之间的关系,减轻环境变化对农业环境的影响,利用农业生物来保护和改善环境是农业环境学必须承担的任务和面临的挑战。

第一节 农业环境学的产生与发展

农业发展与农业环境保护之间仍然存在着诸多矛盾,如何调控农业生物与人类干扰的环境条件之间的关系,减轻环境变化对农业的影响,利用生物来保护和改善农业环境成为了人类必须面临的任务。在此形势下,农业发展与农业环境保护之间的关系问题越来越受到广泛的关注,农业环境学也就应运而生了。农业环境是农业发展的基础。科学定义农业环境学的概念,并阐明农业环境学的产生与发展,对理解 and 处理农业发展与农业环境保护之间的关系,具有重要的意义。

一、农业环境学的概念

农业环境是农业发展的基础。农业环境是指农业生物周围的一切因素的总和。包括农业生产所需的自然环境和社会环境。农业环境质量直接影响着农业生产的产量和质量,因此,必须关注农业环境质量。农业环境学是研究农业环境质量和变化规律,以及保护与改善的科学。它既是环境科学的重要组成部分,也是农业科学的一个重要组成部分。

农业环境学是一门新兴的学科,它是农业科学与环境科学相互交叉、相互融合而逐步形成的学科。农业环境学不仅涉及生态学、环境化学、环境地学、环境规划与管理学等环境科学领域,而且也与土壤农化、植物保护、栽培耕作、农业气象等农业科学有密切的联系。农业环境学以农学和环境科学原理为基础,采用生态学、环境科学、农业科学等相关方法来研究农业环境质量和变化规律,以及保护和改善的理论与技术,尤其是关注人类活动对农业环境的影响,及其治理、

修复、恢复、重建的理论与技术。即研究被污染的农业生态系统治理与修复,以及被破坏的农业生态系统的恢复与重建等。研究目标是保护农业环境,提高农业环境质量,保障农业生产的产量和质量。农业环境学的学科面广,以农业科学和环境科学交叉渗透为基础,并涉及现代农业和环境科学的各个领域;农业环境学的形成主要是在经典学科的基础上,经过分化、重组、综合、创新等方式而完成的。它是多种经典学科运用于本学科的理论和方法研究相应的环境问题,再经过综合形成而形成的。农业环境学需要运用自然规律,特别是生态学的规律,因此,需要掌握数学、物理、化学、生物等自然科学知识;要解决农业环境问题,防止和治理环境污染,需要许多工程技术措施,采用许多技术手段;现代化的管理也需要许多先进的技术如计算机技术、遥感技术等。

农业环境学是一门关于研究解决农业—环境—农村生产之间的关系问题的学科。主要阐述“农业环境—农业生物—农产品安全”之间复杂的相互关系以及“食物链安全与人体健康”的问题。农业环境学以农业生态系统作为研究对象,其科学使命在于通过对农业生态环境问题以及对介于环境科学与农业科学之间有关科学问题的系统研究,旨在保护、改善农业生态环境,促进农业的可持续发展。

二、农业环境学的产生和发展

农业科学的研究几乎同人类起源与进化的历史一样悠久。但是,农业环境学研究则要晚得多,在20世纪60~70年代,当工业生产等人类活动导致对农业生态环境产生重要影响的过程中,为了最大限度地降低这些人类活动对农业生态系统的影响,以及保证农产品的产量和品质安全,农业环境学应运而生了。

(一) 国际上农业环境学的产生与发展

国际上农业环境学的产生与发展大体经历了3个阶段:

1. 萌芽阶段(1965—1980年) 主要是针对当时的农业环境污染与突发事件,研究环境污染对农业生物的影响,从而导致了农业科学与环境科学的相互交叉,形成了农业环境学的萌发。这一阶段该学科发展的特点是学科方向不明确,存在许多不确定因素的干扰,研究涉及的内容基本上也是“就事论事”。

2. 形成阶段(1981—2000年) 此阶段的研究有了较为明确的目标,学科方向趋于基本稳定,研究方法呈现多学科的特点。特别是随着农业科学与环境科学进一步交叉与融合,研究范畴不断拓展,解决的农业环境问题则从点源污染控制转到以非点源污染发生机理与调控为主。

3. 发展阶段(2001年至今) 突出表现为学科生态化和工程化(应用生态学原理与方法,进行农业生态毒理学、农业污染生态学、农业生态监测、农业生态风险评价和农业生态健康等方面研究),采用先进的工程技术手段来进行农业生态环境治理与控制,包括农业生态工程、农村废弃物资源化工程、农业清洁生产工艺等。在此阶段,农业环境学的研究不仅重视对污染胁迫下各种微观机理的认识与污染过程的揭示,还深入研究对污染的农业环境的修复以及各种污染控制技术。

(二) 我国农业环境学的产生与发展

在我国,农业环境学的兴起相对滞后于西方发达国家,但发展十分迅速。纵观整个发展历程,大体上可以划分为5个时期:

1. 1970—1978年,农业环境学的萌芽阶段 通过大规模实地调查,了解我国的农业环境质量与污染状况。在此基础上,对常见环境污染物影响农业生态系统的规律进行初步研究,为我国农业环境保护法规、条例和标准的制定提供了基本的科学依据。

2. 1979—1984年,是本学科的基本形成阶段 建立了国家及各级的农业环境保护机构和农业环境监测技术与信息网络系统,从而促进了农业环境学的形成和发展,农业环境问题的研究有了一定的深入。

3. 1985—1992年,农业环境学的发展阶段 完成了全国土壤背景值和环境容量研究,进一步明确了要保护、恢复、改善与创建良好的农业生态环境,保障农业发展,促进农业的可持续发展。

4. 1992—2000年,进行了乡镇企业环境污染防治研究 通过对全国乡镇企业环境污染状况的调查和防治的研究,使农业环境学的研究范畴从单一的农业环境扩大到农业与农村生态环境,并在小城镇环境综合治理及其相关技术等方面得到了较大的进展,在农业生态系统复合污染的机理研究方面进行了尝试性探索。

5. 2001年以来,关注农产品质量和农业面源污染 随着我国加入WTO,对农产品质量安全有了更高的要求,有关农业生态环境问题的研究更多地围绕保证农产品质量安全来展开。由于我国农业环境长期以来未能得到有效治理,出现了各种类型污染物的联合胁迫,因而对复合污染发生机理、生态毒理效应及其机理的研究得到了重视,农业面源污染的研究和治理得到了关注。

(三) 农业环境学未来的发展趋势

农业环境学在环境科学和农业科学的发展中具有越来越重要的作用。农业环境学将在农业生态系统保护、农业环境变化的生态效应及机理、农业环境修复和治理技术、全球农业环境问题的系统研究等方面大力发展。

农业环境学的理论和方法正在不断发展之中。考虑到目前以农业生物—环境的发生和发展、组成和结构、调节和控制、修复和利用等为主要研究内容,因此,农业环境学未来的研究应应用相关学科先进的理论与技术,结合农业环境问题,以解决农业环境污染和生态退化问题为目标,形成自己的发展趋势。

1. 从农业环境评价到农业生态系统保护的研究 20世纪80年代,农业环境学主要研究工业对农业环境影响的评价,以及农用化学物质对农业环境污染的评价。20世纪90年代,农业环境学研究关注化学污染物在农业环境中的时间动态与空间过程,以及农业土壤特性变化与生态变化。目前,其关注的内容更多涉及农业生态系统保护问题。主要包括探索农业土壤氮、磷的淋失及其对淡水生态系统的影响;农业土壤氧化亚氮和二氧化碳形成与释放及其对全球气候的影响;土壤重金属、农药、化肥化学形态与生物有效性及其对农业生态系统的影响;土地管理与生物多样性保护,尤其是环境敏感区域的系统管理;害虫的生物防治——减少化学农药使用、使用生物

农药、控制外来物种的入侵、保护农业生物系统；农业生态经济系统的费用效益分析，以及农业可持续发展的研究；环境经济—环境变化评价与费用—效益分析技术的开发与应用，包括转型期经济的可持续发展。

2. 从生态效应的定性描述到农业生物响应的分子机理研究 在农业环境学研究早期，许多工作都是以直观可见的环境污染的生态效应定性描述为主，如开展了农业环境污染物对种子发芽率、作物根长、株高、叶形态、叶色和产量等的影响。主要工作包括大气污染生态效应、水污染生态效应以及土壤污染生态效应的描述。近年来，开始注意畜禽养殖业污染带来的土壤污染效应及水体污染效应的定性描述。

随着现代生物科学与生物技术的发展，对农业环境污染问题的研究逐渐向分子水平深入。人们试图从细胞或分子水平上揭示农业生物对污染的响应。在技术水平上，许多分子诊断技术也应用到农业环境研究中，如酶联免疫法、分子标记技术等。这些研究已成为世界农业环境学研究的一个发展趋势。

3. 由污染发生机制到修复原理与技术研究 农业环境学研究是从污染源调查、污染发生机制开始的，现已转向污染的修复研究。包括物理修复、化学修复、生物修复和生态修复。物理修复和化学修复已有一些有效的技术，对污染面积较小、污染程度较重的土壤的修复效果较明显。农田土壤污染多是面源污染，通常表现为污染面积大、污染程度较轻的特点，较成熟的物理修复技术如换土等。化学修复技术如淋洗等，实施起来都十分困难。为此，人们寻求利用生物修复的方法来修复受污染的农田土壤。生物修复指利用天然存在的或人为培养的专性生物对污染物的吸收、转化、降解、挥发等功能，将环境中有毒污染物转化为无毒物质或除去的环境污染修复技术。生物修复既包括微生物修复、植物修复，也包括植物与微生物的联合修复，还有土壤动物修复和细胞游离酶修复等修复方式。

随着生物修复，尤其是植物修复研究的深入，人们认识到单靠生物的力量来修复受污染土壤十分有限，需要充分发挥各种技术优势以最大限度地发挥生物修复的效能。为此，提出了生态修复的概念。生态修复是在生态学原理指导下，以生物修复为基础，结合各种物理修复、化学修复以及工程技术措施，通过技术的优化组合，使之达到最佳效果和最低耗费的一种综合的污染环境修复方法。

4. 从区域农业环境问题至全球农业生态环境问题的长期研究 农业环境学研究已经从点到面，从小流域到大区域，从国家到国际，直至全球范围。同时，农业环境学研究的时间尺度也不断加大，从短期观察到长期野外研究。在全球农业生态环境问题的长期研究方面，主要工作有全球二氧化碳浓度导致的温室效应、臭氧衰减导致的地表 UV-B 辐射增强、大量二氧化硫等排放导致的酸雨，对全球农业生态系统的影响以及对全球农业生产的影响研究；全球森林破坏导致的全球气候变化，对全球水分和温度分配产生影响带来严重的农业环境退化的研究；全球性的农田土壤环境污染与全球食品安全的关系的研究。

第二节 农业环境学的研究内容与研究方法

农业环境学是一门新兴的学科。它是农业科学与环境科学相互交叉、相互融合而逐步形成的