

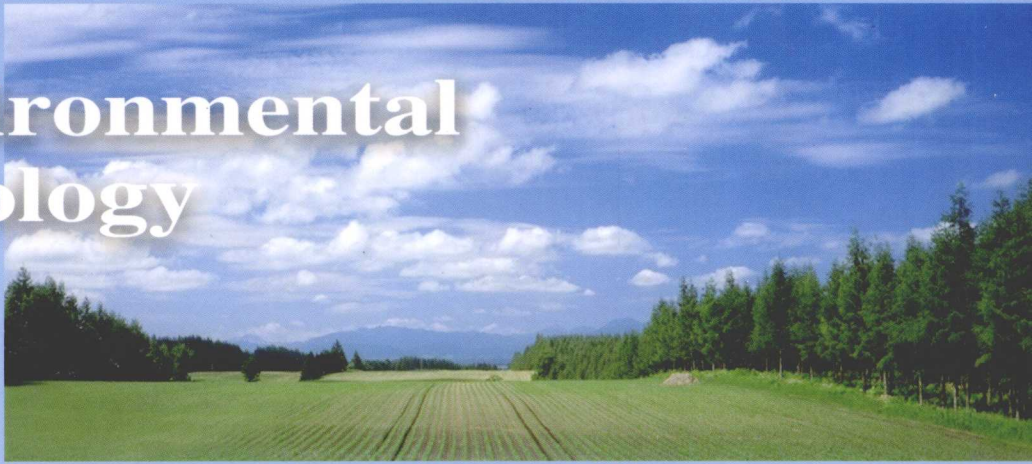


普通高等教育“十二五”规划建设教材

张乃明 主编

环境土壤学

Environmental
Pedology



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

013031727

X144-43
04

普通高等教育“十二五”规划建设教材

环境土壤学

主 编 张乃明

副主编 田光明 吕贻忠 史 静



X144-43

04

中国农业大学出版社

· 北京 ·



北航

C1636608

内 容 简 介

环境土壤学是一门新兴的交叉学科,也是环境科学的重要组成部分。本教材以处在陆地生态系统枢纽环节与中心地带的土壤环境要素为研究对象,系统阐述了土壤环境质量变化规律、影响因素以及修复与调控技术。教材由基础篇、原理篇和应用篇三大部分组成,共 17 章。基础篇包括绪论,土壤理化性质及其生态功能,土壤生物及其生态功能,土壤的形成与分类,土壤环境质量,土壤环境污染等环境土壤学的基础理论知识。原理篇包括土壤碳循环与温室气体排放,土壤氮、磷循环与环境效应,土壤氟、硒、碘与人体健康,重金属在土壤环境中的行为与危害,有机污染物在土壤环境中的行为与危害等内容。应用篇包括土壤环境质量评价,重金属污染土壤修复与利用,有机污染土壤的修复与利用,污水灌区土壤修复理论与实践,工矿区污染土壤修复与利用,设施农业土壤质量退化与防治等具体技术和应用案例。

本教材适用环境科学、生态学、环境工程、农业资源与环境等专业的本科生和研究生使用,也可供相关领域的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境土壤学/张乃明主编. —北京:中国农业大学出版社,2012. 11
ISBN 978-7-5655-0621-5

I. ①环… II. ①张… III. ①环境土壤学—高等学校—教材 IV. ①X144

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 255141 号

书 名 环境土壤学
作 者 张乃明 主编

策划编辑	孙 勇	责任编辑	潘晓丽
封面设计	郑 川	责任校对	陈 莹 王晓凤
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.cau.edu.cn/caup	e-mail	cbsszs@cau.edu.cn
经 销	新华书店		
印 刷	北京时代华都印刷有限公司		
版 次	2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷		
规 格	787×1 092 16 开本 29 印张 705 千字		
印 数	1~3 000		
定 价	49.00 元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主 编 张乃明 (云南农业大学)

副 主 编 田光明 (浙江大学)
吕贻忠 (中国农业大学)
史 静 (云南农业大学)

编写人员 (以姓氏拼音为序)

段永蕙 (山西财经大学)
高树芳 (福建农林大学)
何忠俊 (云南农业大学)
刘世亮 (河南农业大学)
卢树昌 (天津农学院)
吕贻忠 (中国农业大学)
马宏瑞 (陕西科技大学)
南忠仁 (兰州大学)
史 静 (云南农业大学)
田光明 (浙江大学)
王 兵 (兰州大学)
王 果 (福建农林大学)
文波龙 (中科院东北地理与农业生态所)
肖 炜 (云南大学)
杨黎芳 (天津农学院)
于群英 (安徽科技学院)
曾清如 (湖南农业大学)
张乃明 (云南农业大学)
张仕颖 (云南农业大学)
邹洪涛 (沈阳农业大学)

主 审 魏复盛 (中国工程院)
李保国 (中国农业大学)

前 言

土壤既是人类赖以生存的重要资源,又是重要的环境要素,伴随着土壤环境污染问题的不断加重,土壤环境保护得到广泛关注和重视。环境土壤学也成为近年来发展最快的学科之一。开设环境土壤学课程的专业和高校不断增加,实际教学工作中急需一本既能反映环境土壤学最新成果而又能兼顾农林、综合、工科、师范不同类型高校本科教学需求的教材。中国农业大学出版社针对这种实际需求,将《环境土壤学》作为新编教材纳入出版社“十二五”规划并面向全国征集参加编写的高校和相关专家,共收到20多所高校积极参与的反馈,出版社经过认真遴选确定了编写人员,并委托云南农业大学张乃明教授担任主编。2010年10月中国农业大学出版社和云南农业大学在昆明联合召开教材编写研讨会,来自全国13所高校的教师参加了研讨会,优化完善了张乃明教授起草的编写大纲,明确了任务分工、编写要求和交稿时间等具体内容。全书分为基础、原理和应用三大篇,共17章。各章的分工如下:第1章由张乃明编写;第2章由卢树昌、杨黎芳编写;第3章由张仕颖、肖炜编写;第4章由何忠俊编写;第5章由张乃明、史静、田光明编写;第6章由田光明编写;第7章由吕贻忠编写;第8章由卢树昌、杨黎芳、文波龙编写;第9章由于群英编写;第10章由王果、高树芳编写;第11章由刘世亮编写;第12章由段永蕙、史静编写;第13章由曾清如编写;第14章由马宏瑞编写;第15章由南忠仁、王兵编写;第16章由邹洪涛编写;第17章由史静编写。

相对于之前已出版的《环境土壤学》教材,如何既充分体现教材内容的新颖性和时效性,又符合一般认知规律便于学生学习,同时还要适当兼顾不同专业、不同类型高校的需求,的确具有很大的挑战性。我们在编写时力图把知识介绍、原理阐述和实际应用相结合。为保证教材的系统性和完整性,本书的章节较多,篇幅也比较大,各使用单位可根据课时数多少及实际需要有所取舍,突出重点。

本教材能够顺利出版,得到了主编单位云南农业大学和中国农业大学出版社领导的关心和支持以及所有参编单位的全体人员的鼎力配合。中国工程院魏复盛院士和中国农业大学“长江学者”李保国教授在百忙中审阅了全书,并给予具体指导。在本书即将付印之际,在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限,书中不足与欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

张乃明

2012年7月于春城昆明

目 录

基础篇

第 1 章 绪论	3
1.1 环境污染与土壤环境问题	3
1.1.1 环境污染问题	3
1.1.2 土壤环境问题	5
1.1.3 土壤环境的地位与生态功能	6
1.2 环境土壤学的形成与发展	8
1.2.1 环境土壤学的形成背景	8
1.2.2 环境土壤学的发展历程	8
1.2.3 环境土壤学与其他学科的关系	9
1.3 环境土壤学研究进展	10
1.3.1 环境土壤学的研究内容与热点	10
1.3.2 环境土壤学研究前沿展望	10
第 2 章 土壤理化性质及其生态功能	12
2.1 土壤基本物质组成	12
2.1.1 土壤矿物质	12
2.1.2 土壤有机质	15
2.2 土壤质地、结构及其生态功能	24
2.2.1 土壤质地	24
2.2.2 土壤结构	28
2.2.3 土壤质地及结构生态功能	29
2.3 土壤水分、空气及其生态功能	30
2.3.1 土壤水分生态功能	30
2.3.2 土壤空气及生态功能	37
2.4 土壤吸附性与交换性及其生态功能	39
2.4.1 土壤吸附性与交换性能	39
2.4.2 土壤吸附性、交换性能及其生态功能	42
2.5 土壤酸碱性、氧化还原反应及其生态功能	42
2.5.1 土壤酸碱性	42
2.5.2 土壤氧化还原反应	45



2.5.3 土壤酸碱性、氧化还原反应生态功能	49
第3章 土壤生物及其生态功能	56
3.1 土壤微生物及其生态功能	56
3.1.1 细菌	57
3.1.2 放线菌	59
3.1.3 真菌	59
3.1.4 古菌	60
3.1.5 显微藻类	61
3.2 土壤动物及其生态功能	62
3.2.1 原生动物	63
3.2.2 线虫	63
3.2.3 螨类	64
3.2.4 弹尾目	65
3.2.5 蚯蚓	65
3.2.6 白蚁和蚂蚁	66
3.3 植物根系及其生态功能	67
3.3.1 根际和根际效应	67
3.3.2 植物根系在土壤中的生态功能	68
3.3.3 根瘤和菌根	69
3.4 土壤酶及其生态功能	70
3.4.1 土壤酶的来源	70
3.4.2 土壤酶的种类和测定	71
3.4.3 土壤中重要的酶类	71
3.4.4 土壤酶的生态功能	72
第4章 土壤的形成与分类	74
4.1 土壤形成因素分析	74
4.1.1 成土因素学说的建立和发展	74
4.1.2 土壤形成的气候因素	76
4.1.3 土壤形成的生物因素	79
4.1.4 土壤形成的母质因素	81
4.1.5 土壤形成的地形因素	83
4.1.6 土壤形成的时间因素	84
4.1.7 人类活动对土壤发生演化的影响	85
4.2 土壤形成过程	86
4.2.1 土壤形成过程中的地质大循环和生物小循环	86
4.2.2 基本的成土过程	87
4.2.3 土壤剖面形态和表征土壤风化程度的指标	91



4.3 土壤分类.....	94
4.3.1 土壤分类的基本概念和要求.....	94
4.3.2 国际土壤分类现状.....	95
4.3.3 中国土壤分类系统.....	100
4.4 土壤分布规律.....	106
4.4.1 土壤的纬度地带性分布规律.....	107
4.4.2 土壤的经度地带性分布规律.....	107
4.4.3 土壤的垂直分布规律.....	108
4.4.4 土壤的垂直—水平复合分布规律.....	109
4.4.5 土壤的区域性分布规律.....	110
第5章 土壤环境质量.....	112
5.1 土壤质量的概念.....	112
5.1.1 土壤质量概念的发展.....	113
5.1.2 土壤肥力质量.....	114
5.1.3 土壤环境质量.....	115
5.1.4 土壤健康质量.....	117
5.1.5 土壤质量的指标.....	118
5.2 土壤环境背景值.....	120
5.2.1 土壤环境背景值的概念.....	120
5.2.2 土壤环境背景值的形成与影响因素.....	121
5.2.3 土壤环境背景值的应用.....	124
5.3 土壤环境容量.....	128
5.3.1 土壤环境容量的概念.....	128
5.3.2 土壤环境容量的模型与方法.....	129
5.3.3 土壤环境容量的影响因素.....	131
5.3.4 土壤环境容量的应用.....	133
5.4 土壤环境质量标准.....	135
5.4.1 土壤环境质量标准研究概述.....	135
5.4.2 我国现行土壤环境质量标准存在的问题.....	136
5.4.3 土壤环境质量标准体系构建.....	137
5.4.4 土壤环境质量标准与基准.....	138
第6章 土壤环境污染.....	141
6.1 土壤污染物及其来源和污染类型.....	142
6.1.1 土壤污染物质.....	143
6.1.2 土壤污染物来源.....	144
6.1.3 土壤污染的发生类型.....	146
6.2 土壤污染的危害.....	147



6.2.1	重金属的污染危害	147
6.2.2	农药对土壤的污染危害	153
6.2.3	土壤的放射性污染危害	163
6.2.4	土壤的氮磷等营养污染危害	164

原 理 篇

第 7 章	土壤碳素转化与温室气体排放	169
7.1	土壤碳的组分与形态	169
7.1.1	土壤有机碳	170
7.1.2	土壤无机碳	171
7.2	土壤碳素转化过程	172
7.2.1	土壤有机碳的转化过程	172
7.2.2	土壤无机碳的转化	176
7.2.3	土壤无机碳转化的环境效应	180
7.3	土壤温室气体排放	182
7.3.1	土壤温室气体种类	182
7.3.2	土壤温室气体产生机制与排放规律	182
7.3.3	影响温室气体排放的因素	184
7.3.4	温室气体排放的监测方法	189
第 8 章	土壤氮、磷循环与环境效应	192
8.1	土壤氮循环与环境效应	192
8.1.1	土壤氮的形态和数量	192
8.1.2	土壤氮的转化	195
8.1.3	土壤氮循环与环境效应	198
8.2	土壤磷循环与环境效应	199
8.2.1	土壤磷的形态和数量	199
8.2.2	土壤磷的固化与转化	201
8.2.3	土壤磷循环与环境效应	202
8.3	土壤氮、磷流失控制	202
8.3.1	土壤氮、磷流失与水环境	202
8.3.2	土壤氮、磷流失时空特征	203
8.3.3	土壤氮、磷流失的影响因素	204
8.3.4	土壤氮、磷流失控制措施	207
8.3.5	滇池流域土壤氮、磷流失控制的理论与实践	210
第 9 章	土壤氟、硒、碘与人体健康	214
9.1	土壤氟	214



9.1.1	土壤氟的来源	214
9.1.2	我国土壤氟含量	215
9.1.3	土壤氟形态	217
9.1.4	土壤氟的转化	219
9.1.5	土壤氟的环境效应	219
9.2	土壤硒	223
9.2.1	土壤硒的来源	223
9.2.2	我国土壤硒含量	225
9.2.3	土壤硒形态	226
9.2.4	土壤硒的转化	227
9.2.5	土壤硒的环境效应	228
9.3	土壤碘	230
9.3.1	土壤碘来源	230
9.3.2	我国土壤碘含量	231
9.3.3	土壤碘形态	231
9.3.4	土壤碘的转化	232
9.3.5	土壤碘的环境效应	232
第 10 章	重金属在土壤环境中的行为与危害	235
10.1	土壤中重金属的污染来源	235
10.1.1	污水灌溉	236
10.1.2	农药、化肥和塑料农膜的使用	236
10.1.3	固体废弃物的利用	237
10.1.4	大气沉降	238
10.2	土壤中重金属形态与迁移转化	238
10.2.1	土壤中重金属的形态	238
10.2.2	土壤中重金属元素的迁移转化	238
10.3	主要重金属元素的污染危害	241
10.3.1	镉污染	241
10.3.2	铅污染	244
10.3.3	铬污染	246
10.3.4	汞污染	250
10.3.5	砷污染	253
第 11 章	有机污染物在土壤环境中的行为与危害	257
11.1	土壤中有有机污染物概述	258
11.1.1	农药	258
11.1.2	多环芳烃类	262
11.1.3	多氯联苯	263



11.1.4	二噁英	263
11.1.5	石油类污染物	264
11.1.6	其他重要的有机污染物	265
11.2	土壤中有机污染物的环境行为	267
11.2.1	有机污染物在土壤中迁移转化实质	268
11.2.2	土壤中有机污染物的主要环境行为	269
11.2.3	主要有机污染物在土壤中的主要化学行为	271
11.3	土壤中有机污染物的生态效应	281
11.3.1	有机污染物对生物的影响	281
11.3.2	农药污染与农产品质量安全	286
11.3.3	农药污染对人和动物健康安全的影响	287
11.4	土壤中有机污染物的研究展望	287
11.4.1	强化有机污染物迁移、转化的机理性研究	287
11.4.2	注重背景和分离、检测方法的研究	288
11.4.3	加强复合污染的研究	288
11.4.4	关注土壤中优势流对有机污染物迁移影响的研究	290

应用篇

第 12 章	土壤环境质量评价	293
12.1	土壤环境质量评价概述	293
12.1.1	影响土壤环境质量的类型及其判别	293
12.1.2	影响土壤环境质量的主要因素	296
12.2	土壤环境质量现状评价	296
12.2.1	土壤环境质量现状调查	297
12.2.2	土壤环境质量现状评价	298
12.2.3	应用实例——某绿色果品生产基地土壤环境质量现状评价	307
12.3	土壤环境影响评价	309
12.3.1	评价等级的划分与工作内容	309
12.3.2	土壤环境影响预测	310
12.3.3	土壤环境影响评价	314
12.3.4	应用实例	315
第 13 章	重金属污染土壤修复与利用	318
13.1	重金属污染土壤的物理修复	318
13.1.1	物理筛分修复	318
13.1.2	固化/稳定化修复	319
13.1.3	玻璃化修复	320
13.1.4	电动力学修复	320



13.1.5 应用实例·····	321
13.2 重金属污染土壤的化学修复·····	321
13.2.1 化学淋洗·····	322
13.2.2 化学固定·····	323
13.2.3 化学还原·····	324
13.2.4 应用实例·····	324
13.3 重金属污染土壤的微生物修复·····	326
13.3.1 微生物对重金属的固定·····	327
13.3.2 微生物对重金属的转化·····	328
13.3.3 应用实例·····	328
13.4 重金属污染土壤的植物修复·····	329
13.4.1 重金属植物修复的概念·····	329
13.4.2 植物修复的优势与缺点·····	330
13.5 植物对重金属的耐性·····	332
13.5.1 超富集植物的定义及特征·····	332
13.5.2 植物吸收重金属的生理机制·····	332
13.5.3 修复植物的筛选·····	335
13.5.4 应用实例·····	337
13.6 重金属污染土壤的生态修复·····	338
13.6.1 农业工程修复·····	338
13.6.2 农业生态利用·····	339
13.6.3 应用实例·····	339
第 14 章 有机污染土壤的修复与利用 ·····	343
14.1 土壤中有机污染物迁移机制·····	344
14.1.1 吸附作用·····	345
14.1.2 挥发过程·····	346
14.1.3 渗透作用·····	347
14.1.4 降解作用·····	349
14.2 有机污染土壤修复技术类型·····	352
14.2.1 物理修复·····	352
14.2.2 化学修复·····	353
14.2.3 生物修复·····	354
14.3 土壤气提和通风修复工程案例·····	356
14.3.1 SVE 和 BV 技术流程·····	356
14.3.2 SVE 和 BV 技术应用案例·····	357
14.4 热增效修复技术·····	358
14.4.1 热增效修复技术原理和方法·····	358
14.4.2 热增效修复技术应用·····	359



14.5	土壤淋洗修复技术	360
14.5.1	技术原理和流程	360
14.5.2	技术应用	361
14.6	化学氧化修复技术	362
14.6.1	技术原理	362
14.6.2	技术应用	362
14.7	生物修复技术应用	363
14.7.1	土地耕作法及其应用	363
14.7.2	生物堆肥法及其应用	365
14.7.3	生物泥浆法修复应用	366
14.7.4	复合生物修复技术的应用	367
14.8	植物修复在农药污染土壤中的应用	368
14.8.1	农药植物修复原理	368
14.8.2	典型农药污染土壤的植物修复应用	369
第 15 章 污水灌区土壤修复理论与实践		371
15.1	国内外污水灌溉的发展和研究现状	371
15.1.1	国内外污水灌溉的发展	371
15.1.2	国内外污水灌溉的研究现状	372
15.2	典型污水灌溉区的污染现状	374
15.2.1	北京灌区	374
15.2.2	沈抚灌区	375
15.2.3	白银灌区	376
15.3	污水灌溉区土壤修复的技术方法	377
15.3.1	重金属污染土壤修复技术	377
15.3.2	有机污染土壤修复技术	385
15.3.3	污染土壤修复技术实践	390
15.4	污水灌溉技术措施的研究	390
15.4.1	灌溉技术的研究	391
15.4.2	灌溉制度的研究	391
第 16 章 工矿区污染土壤修复与利用		393
16.1	工矿区污染土壤修复与利用概述	393
16.1.1	我国工矿区污染土壤的现状	393
16.1.2	金属矿区污染土壤修复与利用技术	394
16.1.3	非金属矿区土壤修复与利用技术	397
16.2	金属矿区污染土壤修复与利用	397
16.2.1	金属矿区污染土壤修复原则	398
16.2.2	金属矿区污染土壤修复实例	398



16.3	非金属矿区污染土壤修复与利用	401
16.3.1	非金属矿区污染土壤修复原则	401
16.3.2	非金属矿区污染土壤修复实例	401
16.4	工矿区污染土壤修复与利用研究进展	404
16.4.1	金属矿区污染土壤修复与利用研究进展	404
16.4.2	工矿区固体废物的回收利用现状	405
16.4.3	非金属矿区污染土壤修复与利用研究进展	406
16.5	污染土壤修复研究展望	407
16.5.1	筛选和培育重金属超积累植物	407
16.5.2	化学-生物-农艺联合修复技术的研究	408
16.5.3	分子生物学和基因工程技术应用	408
第 17 章	设施农业土壤质量退化与防治	409
17.1	设施农业土壤质量退化类型	409
17.1.1	设施土壤酸化	409
17.1.2	设施土壤盐渍化	414
17.1.3	设施土壤养分失调	419
17.2	设施土壤质量退化防治与改良	421
17.2.1	设施土壤酸化防治与改良	421
17.2.2	设施土壤盐渍化防治与改良	422
17.2.3	设施土壤培肥与改良	426
	参考文献	428
	附表	442

基础篇

本章主要从环境污染与土壤环境污染问题的出现开始论述,系统介绍了环境及土壤环境的概念、土壤环境要素的地位与生态功能、土壤污染基本特征、环境土壤学形成的背景、发展历程和经历的4个发展阶段,同时还介绍了环境土壤学的主要研究内容、存在问题与不足以及研究的前沿热点,提出未来环境土壤学将呈现污染土壤修复生态化、研究方法手段信息化和研究尺度多样化的三大发展趋势。通过本章的学习能使学生对环境土壤学有一个总体的认识与把握。

1.1 环境污染与土壤环境问题

1.1.1 环境污染问题

1. 环境的概念

环境是相对于某一中心事物而言的。某一中心事物周围的事物,就是这个中心事物的环境。在环境科学中,环境一般是指:①一个生物个体或生物群体的周围的自然状况或物质条件;②影响个体和群体的复杂的社会、文化条件。

人类生存在自然环境里,同时也生存在技术化、社会化的人文环境中,这些都是环境的重要组成部分。自然环境,通俗地说,是指未经过人的加工改造而天然存在的环境;自然环境按环境要素,又可分为大气环境、水环境、土壤环境、地质环境和生物环境等,主要就是指地球的五大圈——大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈。以人类为中心来看待环境的观点叫做“人类中心主义”。它与以生物为中心的环境观,以及与以生物与非生物为中心的环境观有着重大的区别,不同的环境观必然直接影响到人们对待环境的态度和行为。

在实际工作中,人们往往从工作需要出发给环境下一个定义。例如《中华人民共和国环境保护法》明确规定:“本法所称的环境是指:大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生植物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”这是一种把环境中应当保护的對象界定为环境的工作定义,目的是为了贯彻和保证法律的准确实施。