



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

土壤污染与防治

第二版

洪坚平 主编

 中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

土壤污染与防治

第二版

洪坚平 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤污染与防治 / 洪坚平主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2005. 8

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09808-7

I. 土... II. 洪... III. 土壤污染—污染防治—高等学校—教材 IV. X53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 084689 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)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 毛志强

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 5 月第 1 版 2005 年 8 月第 2 版

2005 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 21

字数: 368 千字

定价: 25.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第二版编写人员

- 主 编** 洪坚平 (山西农业大学)
- 副主编** 林大仪 (山西农业大学)
- 王 果 (福建农林大学)
- 关连珠 (沈阳农业大学)
- 参 编** 窦 森 (吉林农业大学)
- 谢文明 (吉林农业大学)
- 张 民 (山东农业大学)
- 伍 钧 (四川农业大学)
- 张乃明 (云南农业大学)
- 曾清如 (湖南农业大学)
- 代静玉 (南京农业大学)
- 樊文华 (山西农业大学)
- 审稿人** 骆永明 (中国科学院南京土壤研究所)

第一版 编写人员

主 编 林成谷 (山西农业大学)
副主编 王广寿 (华南农业大学)
编 者 吴启堂 (华南农业大学)
王志亚 (山西农业大学)
杨振强 (天津农学院)
主审人 顾方乔 (天津农业环保监测科学研究所)
审稿人 赵景逵 (山西农业大学)

第 二 版 前 言

土壤是自然环境重要的组成部分,是人类赖以生存的、最重要的可再生自然资源和永恒的生产资料,是人类从事农业生产以达到自身生存繁衍和社会发展的重要物质基础。由于土壤形成过程极为缓慢,要形成18~25 cm的耕层土壤估计需要2 000~8 500年之久,因此,土壤资源一旦受到污染和其他人为干扰而被破坏,则难以在很短的时间里恢复,从而对人类生存带来严重的威胁,因此欲使土壤能传万代、造福子孙而不毁于一旦,我们必须深刻理解保护土壤、防治土壤污染的重要性。

本教材是在1988年12月经全国高等农业院校教材指导委员会审批,1989年由山西农业大学林成谷教授主编的“八五”规划教材《土壤污染与防治》的基础上,根据全国“十五”规划教材建设的精神修订的。

新版的《土壤污染与防治》继承了原教材理论联系生产实际的特色,将原书的章节重新组合编写成十一章。第一章由山西农业大学洪坚平编写,第二章由山东农业大学张民编写,第三章由湖南农业大学曾清如编写,第四章由吉林农业大学窦森和谢文明编写,第五章由山西农业大学樊文华编写,第六章由四川农业大学伍钧编写,第七章由云南农业大学张乃明编写,第八章由南京农业大学代静玉编写,第九章由沈阳农业大学关连珠编写,第十章由福建农林大学王果编写,第十一章由山西农业大学林大仪编写。

本书的参编者均长期从事土壤与环境科学的教学科研工作,他们不仅具有坚实的基础理论,而且在长期的科学研究工作中取得了大量的研究经验和科研成果。在编写时参考了大量近10年国内外在土壤污染与防治理论、方法、科学研究和教学研究方面的重要文献和最新成果。

新版的《土壤污染与防治》在内容和结构上做了大的调整,每章加入了本章摘要、思考题、主要参考文献,使其尽量满足21世纪教学科研的要求。

本书在编写过程中受到了骆永明研究员的关心和支持,并提出了宝贵而重要的修改意见。中国农业出版社从该书的编写至出版始终给予了极大的支持,对此表示衷心的感谢。

土壤污染与防治

本书内容全面,资料丰富,结构合理,适合高等、中等院校环境类专业的学生及生产、科研单位的技术人员参考。

编写组

2005年3月

第一版前言

由于工矿业三废的超标排放,农药化肥用量剧增,乡镇企业排放量的增加,污灌面积的扩大,土壤污染日益严重,不仅影响到农作物的生长发育,也影响林草植物的正常生长,特别是在粮食、果蔬、畜产品中农药和重金属的含量超标影响到人类的健康,成为生物环境恶化的重要威胁。目前对环境污染的注意和防治主要集中在大气和水体,而对土壤污染的隐蔽性、持久性、稳定性和危害性还认识不够。土壤遭受污染既恶化农业环境,又破坏土壤资源,降低土壤肥力,是影响人类生存和子孙后代的公害。为了引起社会对土壤污染的重视积极并采取相应的防治措施,同时也为土壤科学工作者和有关的科技人员提供关于土壤污染的来源,防治的理论和措施,改善农业环境的知识和技能,拓宽农业院校学生的知识面,更有效地为农业现代化作贡献,经1988年12月全国高等农业院校教材指导委员会第一次全体会议审批,决定由山西农业大学林成谷主编《土壤污染与防治》教材,纳入农科本科“八五”教材计划。

参加编写人员有华南农业大学王广寿教授、吴启堂副教授、天津农学院杨振强讲师、山西农业大学林成谷教授、王志亚副教授。

本书除绪言外分为七章,绪言中简要阐述土壤是自然环境的重要组成部分,由于土壤资源和能源的不合理开发利用以及工业三废的超标排放导致土壤的污染和恶化,同时介绍环境科学的概念和农业环境保护的政策和任务,防治土壤污染、保护土壤资源是当前不可忽视的环境问题。第一章扼要介绍环境科学的基础理论。环境科学是建立在研究环境与生物的关系及其生态学基础而发展起来的,环境与生物共同构成生态系统,通过生态系统中生产、消费和分解使物质和能量不断循环保持生态系统的平衡关系,为生物的生存发展创造出良好的生态环境。当环境污染超过生物的自净能力,以及生态平衡遭受破坏,特别是土壤受到污染以后,无论对农作物的产量、品质还是对人畜的健康和生命均将受到影响和威胁。生态学为保持和恢复生态平衡,创建适合生物生存发展的良好环境提供了理论基础。第二章介绍环境污染所发生的各种危害,简要介绍当今世界和我国环境污染的现状,污染物在人体中毒害的机制、转化和受害的各种症状。同时简要介绍主要污染物对农作物、畜牧业、水产及果林的危害情况。明确不保持良好的环境,不重视污染的防治将对人类带来无穷的后果。第三章主要介绍污

土壤污染与防治

染土壤的污染源、污染物及污染源对土壤污染的评价。扼要介绍主要污染物及其来源的工业污染源、农业污染源和交通运输,在工业污染源排放的污染物中重金属污染土壤所带来的危害最为严重,农业污染源主要介绍了化肥、农药、塑膜及污水灌溉,并对污灌进行了评价。为了掌握不同污染源对环境的危害程度,明确防治重点,有目的地分清缓急进行监测和治理,对污染源进行必要的评价。第四章系统介绍土壤的理化生物性状与污染物吸收、转化等的关系,重点介绍了主要重金属化合物、农药、化肥、除草剂及塑料制品在土壤中的转化和残留,为治理土壤污染提供理论及实践依据。第五章主要论述土壤资源的保护,土壤资源是人类赖以生存和发展的生产资料,保护土壤资源不受破坏是十分紧迫的问题。本章着重论述了土壤资源遭受破坏的现状,包括耕地减少,植被破坏,水土流失,草原退化,沙化严重,盐渍化有待控制,特别是污染面积日益扩大等都是使土壤资源遭受破坏有待积极治理的严重问题,合理利用保护土壤资源,珍惜每寸国土是当务之急。第六章重点介绍防治土壤污染的途径和措施。首先是控制三废的超标排放,积极进行污水处理,加强污灌的监测和管理,其次是控制和合理使用化肥农药,清除农用塑膜的残留,特别是要充分发挥土壤本身的净化作用,通过施用化学物质,施用有机肥,调整耕作制和耕作措施使污染物毒害得以减轻和消除。最后一章主要介绍土壤环境质量评价。扼要阐明环境质量的定量指标、污染物确定、污染等级划分及防治土壤污染、发展生产的意见。

根据我国当前土壤污染的现状和前景,本书内容及所涉范围可以基本上满足高等农业院校各类专业扩大知识面增加专业技能的要求,还可作为中等农校、有关生产单位和科研单位的参考用书。本书尽量争取做到能反映当前土壤污染的实际,但土壤污染涉及范围极为广泛,它不仅与农、林、牧、园艺、水产关系密切,而且是保健、卫生、医疗、食品、加工等部门极为关注的问题,有关研究工作正在大力开展,在收集和编写中肯定存在疏漏和错误,热忱希望读者及时指出,以便在教学实践中加以纠正。

本书在编写过程中得到有关院校党政领导的关怀和支持,并得到有关专家的帮助,使本书得以完成,特此表示谢意。

林成谷

1994年7月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 绪论	1
第一节 土壤污染概况	1
第二节 土壤污染防治与农业可持续发展	10
第三节 土壤污染防治研究的内容与任务	13
思考题	15
主要参考文献	15
第二章 土壤污染	16
第一节 土壤污染概述	16
一、土壤污染的概念	16
二、土壤污染的过程	17
第二节 土壤污染与自净	18
一、土壤环境背景值	18
二、土壤的自净作用	19
三、土壤环境容量	22
第三节 土壤污染物种类及污染源	24
一、无机污染物	25
二、有机污染物	25
三、土壤生物污染	25
四、固体废弃物与放射性污染物	25
五、土壤环境污染源	26
第四节 土壤污染类型	27
一、水质污染型	27
二、大气污染型	27
三、固体废弃物污染型	28
四、农业污染型	28
五、综合污染型	28

第五节 土壤性状与污染物的转化	29
一、土壤组成与污染物毒性	29
二、土壤酸碱性与污染物转化和毒性	31
三、土壤氧化还原状况与污染物转化和毒性	33
四、土壤质地和土体构型与污染物迁移和转化	36
五、土壤生物活性与污染物转化	38
思考题	39
主要参考文献	39
第三章 无机污染物对土壤的污染	40
第一节 土壤重金属污染	40
一、重金属污染物概述	40
二、汞污染	42
三、镉污染	45
四、铅污染	48
五、铬污染	51
六、砷污染	54
第二节 氟、硒、氰化物、硼对土壤的污染	57
一、氟污染	57
二、硒污染	61
三、氰化物污染	65
四、硼污染	67
第三节 土壤放射性物质污染	70
一、放射性物质污染概述	70
二、土壤放射性污染物的迁移转化	72
三、土壤放射性污染物的生物效应	73
第四节 土壤稀土污染	75
一、稀土污染物概述	75
二、稀土的农业利用	76
三、稀土在土壤中的迁移转化	76
四、稀土对土壤的污染及生物效应	78
思考题	80
主要参考文献	80
第四章 有机污染物对土壤的污染	81
第一节 有机污染物的种类及来源	81

一、土壤中有有机污染物的种类	82
二、有机污染物的来源	84
第二节 有机污染物的环境行为	84
一、有机污染物在土壤中的吸附与解吸	85
二、有机污染物在土壤中的降解和代谢	88
三、有机污染物在土壤中的迁移和吸收	91
四、有机污染物在土壤中的残留和积累	93
第三节 农药对土壤的污染	95
一、农药的理化性质	96
二、农药污染土壤的途径	96
三、农药在土壤中的移动性	97
四、农药在土壤环境中的降解	98
五、农药残留对土壤环境、微生物及农作物的危害	99
第四节 土壤中多环芳烃的污染	101
一、多环芳烃的结构和毒性	101
二、多环芳烃的环境行为	104
第五节 土壤中多氯联苯的污染	104
第六节 石油对土壤的污染	108
一、石油污染物的组成及其危害	108
二、石油污染物的降解	108
三、石油污染的生物修复	109
思考题	110
主要参考文献	110
第五章 肥料对土壤环境的污染	111
第一节 我国肥料利用概况	111
一、肥料概述	111
二、科学施肥与我国粮食安全保障及农业的可持续发展	111
三、我国肥料利用现状及存在的问题	115
第二节 肥料对土壤环境的影响	117
一、肥料中的有毒有害物质对土壤环境产生的污染	117
二、导致土壤板结,土壤肥力下降	121
三、造成土壤硝酸盐的污染	121
四、引起土壤酸化	122
第三节 肥料对水体、大气和生物的影响	123
一、对水体的影响	123

土壤污染与防治

二、对大气的影响·····	128
三、对生物的影响·····	131
第四节 肥料污染的控制措施与防治对策·····	134
思考题·····	137
主要参考文献·····	137
第六章 固体废物对土壤环境的污染 ·····	139
第一节 固体废物概论·····	139
一、固体废物的概念与特征·····	139
二、固体废物的来源、分类与排放量·····	141
三、固体废物污染环境的途径·····	143
四、固体废物对环境的影响·····	143
第二节 城市生活垃圾对土壤环境的影响·····	146
一、生活垃圾的来源及组成·····	146
二、生活垃圾的处理现状·····	148
三、生活垃圾对土壤环境的影响·····	149
四、生活垃圾的资源化利用·····	152
五、生活垃圾的处置·····	155
第三节 污泥对土壤环境的污染·····	156
一、污泥概况·····	156
二、污泥施用对土壤性质的改善·····	159
三、污泥土地利用的风险·····	161
四、污泥施用对作物生长、产量和品质的影响·····	163
五、污泥土地施用的控制措施·····	163
六、污泥农田施用的准则·····	164
第四节 畜禽粪便对土壤环境的污染·····	165
一、畜禽粪便资源与污染状况·····	165
二、畜禽粪便对土壤环境的影响·····	166
三、畜禽粪便的资源化利用·····	167
第五节 其他固体废物对土壤环境的影响·····	169
一、粉煤灰对土壤环境的影响·····	169
二、冶金固体废物对土壤环境的影响·····	172
三、矿山开采废渣对土壤环境的影响·····	174
思考题·····	176
主要参考文献·····	176

第七章 污水灌溉对土壤的污染与防治	178
第一节 污水灌溉概述	178
一、污水灌溉的历史	178
二、灌溉污水的特性和种类	181
三、我国污水灌区的分布	183
第二节 污水灌溉对土壤的影响	184
一、灌溉污水中的主要污染物质	184
二、灌溉污水中重金属对土壤的影响	186
三、灌溉污水中有机污染物对土壤的影响	189
四、污水灌溉对土壤理化性质的影响	190
第三节 污水灌溉对作物产量和品质的影响	194
一、污水灌溉对作物生长发育的影响	194
二、污水灌溉对作物产量的影响	196
三、污水灌溉对作物品质的影响	197
第四节 污水灌区土壤污染防治与污水资源化利用准则	201
一、污水灌区土壤污染防治措施	201
二、污水灌区污水资源化利用准则	203
思考题	203
主要参考文献	203
第八章 酸沉降对土壤生态环境的影响	205
第一节 酸沉降的形成和来源	205
一、背景区的降水酸度和化学组成	205
二、酸性沉降物的来源	206
第二节 酸沉降对土壤缓冲性的影响	208
一、土壤缓冲能力指标的测定和分级	208
二、影响土壤缓冲能力的因素	208
三、土壤对酸沉降的缓冲能力	211
第三节 酸沉降对土壤生态环境的影响	211
一、土壤的酸化	211
二、酸沉降对土壤酸化过程的影响	213
三、酸沉降对土壤中元素的淋溶	217
四、酸沉降对农产品的影响	219
第四节 我国典型酸沉降污染地区及防治对策	221
一、我国典型酸沉降地区的土壤酸化趋势	221

土壤污染与防治

二、典型酸沉降地区酸沉降对生态系统的影响·····	221
三、我国对酸沉降地区的防治对策·····	222
思考题·····	222
主要参考文献·····	223
第九章 污染土壤的环境质量监测与评价 ·····	224
第一节 污染土壤的环境质量监测·····	224
一、污染土壤环境质量监测的分类·····	224
二、污染土壤环境质量监测的程序·····	225
第二节 污染土壤环境质量评价的原则、程序和评价标准·····	228
一、污染土壤环境质量评价的原则和程序·····	228
二、污染土壤环境质量评价等级的划分和工作内容·····	230
三、污染土壤的环境质量标准·····	231
第三节 污染土壤环境质量的现状评价·····	234
一、污染土壤环境质量现状评价因子和评价标准的选择·····	235
二、污染土壤环境质量现状值的计算及检验·····	237
三、污染土壤环境质量现状的评价方法·····	238
四、污染土壤环境质量分级·····	241
第四节 污染土壤环境质量的影响预测·····	242
一、废(污)水灌溉的土壤影响预测·····	242
二、土壤中农药残留量预测·····	242
三、土壤中常见污染物残留量预测·····	243
四、土壤环境容量的计算·····	244
第五节 污染土壤环境质量的影响评价·····	245
一、环境影响的识别与监测调查·····	245
二、土壤环境影响评价·····	249
思考题·····	250
主要参考文献·····	250
第十章 污染土壤的修复技术 ·····	251
第一节 污染土壤修复技术分类·····	251
一、按修复位置分类·····	251
二、按操作原理分类·····	252
第二节 污染土壤修复技术分述·····	253
一、物理修复技术·····	253
二、化学修复技术·····	264

三、植物修复技术·····	272
四、生物修复技术·····	278
第三节 污染土壤修复技术选择的原则 ·····	286
一、耕地资源保护原则·····	286
二、可行性原则·····	286
三、因地制宜原则·····	286
思考题 ·····	287
主要参考文献 ·····	287
第十一章 工矿区污染土壤的合理利用与复垦 ·····	289
第一节 工矿区土壤污染破坏状况 ·····	289
一、工矿区的概念及范围·····	289
二、工矿区土壤破坏的特征及污染状况·····	289
第二节 工矿区土壤土地复垦与生态重建的现状与研究进展·····	292
一、工矿区土壤土地复垦与生态重建的重大意义·····	292
二、工矿区土壤土地复垦与生态重建的现状与研究进展·····	294
第三节 土地复垦及污染土壤利用的原则 ·····	300
一、土地复垦的原则与任务·····	300
二、污染土壤利用的原则·····	301
第四节 工矿区土地复垦与污染土壤的利用 ·····	302
一、工矿区土壤土地复垦与生态重建模式·····	302
二、工矿区污染土壤的土地利用·····	312
思考题 ·····	318
主要参考文献 ·····	318

第一章 绪 论

本章摘要 本章介绍了土壤污染概况，详细阐述了土壤污染防治与农业可持续发展，土壤生态系统与土壤污染的关系，以及土壤污染与防治研究的内容与任务。

第一节 土壤污染概况

（一）土壤圈与土壤污染

土壤圈：围绕地球表面土壤组成的土壤圈处于地球各圈层的界面，是自然环境要素的中心环节，它处于水圈、大气圈、生物圈和岩石圈的中心位置，是地球各圈层（水、气、生物等）中最活跃、最富生命力的圈层之一；因而它具有永恒的物质迁移与能量交换；最活跃与最丰富的生命力；“记忆块”与“基因库”；时空变异与限制性；资源的再生、利用与保护等特性，并且具有支持与调节生物过程与养分循环（对生物圈）；影响大气组成，水分平衡与释放温室气体（对气圈）；影响降水分配与平衡（对水圈）；影响土壤发生与地质循环（对岩石圈）等功能，它的作用在于通过土壤圈与其他圈层的物质交换影响全球变化，通过人为活动对土壤圈产生强烈作用，它对人类生存及环境变化产生重要的影响。当今世界进行的“全球变化”及“全球土壤变化”研究，就是以土壤圈及地球各圈层间相互密切相关为出发点的。

土壤圈是地球系统的重要组成部分，既是该系统的产物，又是该系统的支持者，它支持和调节生物圈中的生物过程，提供植物生长必要的条件，它作为地球的皮肤，对岩石圈有一定的保护作用，而它的性质又受到岩石圈的一定影响。

土壤污染：可以说当土壤中含有有害物质过多，超过土壤的自净能力，就会引起土壤的组成、结构和功能发生变化，土壤微生物活动受到抑制，有害物质或其分解产物在土壤中逐渐积累，通过“土壤→植物→人体”，或通过“土壤→水→人体”间接被人体吸收，达到为害人体健康的程度，或者对生态系统造成危害这就是土壤污染。

土壤作为一种重要的自然资源，是人类赖以生存的基础；土壤作为作物载