

北京市优秀人才培养资助项目（2011E009014000001）



环境土壤学

贾建丽 于妍 王晨 编著



化学工业出版社

HUANJIANG TUANGXUE

北京市优秀人才培养资助项目 (2011E009014000001)

环境土壤学

贾建丽 于妍 王晨 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书分为基础理论和实验两部分：基础理论部分系统论述环境土壤学的产生、发展和学科体系，土壤的基本构成与物理、化学和生物学性质，土壤污染的产生、危害与相关标准，土壤环境体系的典型污染物及其危害，污染土壤修复技术体系，并对污染场地环境管理进行论述；实验部分则包括土壤基本物理、化学与生物学性质测定，土壤有机与无机污染物分析实验。

本书可供环境科学、环境工程及相关专业的本科生作为教材使用，也可供相关专业研究生作参考书，还可供相关领域环境管理人员与技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境土壤学/贾建丽, 于妍, 王晨编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-122-13350-2

I. 环… II. ①贾…②于…③王… III 环境土壤学
IV. X144

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 015421 号

责任编辑: 刘兴春

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 边 涛

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 320 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

目前，世界范围的土壤环境污染等问题造成了越来越多的经济损失，同时引发一定的社会问题，受到环境工作者的广泛关注并开展了一系列的研究工作。然而，由于土壤介质的非均质各向异性等造成其物质迁移、转化特点等，与其他环境子系统如水环境和大气环境相比有很大差异，因此土壤环境问题有较强的隐蔽性与潜伏性，会造成更大的危害。鉴于土壤污染的危害及土地资源的重要性，土壤环境问题及其治理已成为环境、资源、生态等相关领域的重要研究课题，其中涉及的科学与技术问题也是方兴未艾。

环境土壤学作为环境科学的重要组成部分，其研究内容和相关规律、定律等涉及环境化学、生态学、土壤学、化工原理等相关内容，具有较强的综合性和学科交叉性。对于目前土壤环境问题的成因、危害及其防控体系进行全面、系统的研究，对于土壤环境的可持续发展具有重要的意义。

本书分为基础理论和实验两部分，基础理论部分系统论述环境土壤学的产生、发展和学科体系，土壤的基本构成与物理、化学和生物学性质，土壤污染的产生、危害与相关标准，土壤环境体系的典型污染物及其危害，污染土壤修复技术体系，并对污染场地环境管理进行论述。实验部分则包括土壤基本物理、化学与生物学性质测定，土壤有机与无机污染物分析实验。

本书主要由贾建丽、于妍和王晨编著，另外，参加本书编著及整理材料的还有赵丽娜、张岳、彭娟、王海文、房增强等。

由于时间和水平所限，本书疏漏和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者
2012年3月

目 录

第一章 ● 绪论 / 1

第一节 土壤环境特点及其功能	1
一、土壤环境	1
二、土壤环境特点	1
三、土壤环境与其他圈层的关系	2
四、土壤环境功能	3
第二节 土壤质量及土壤环境问题	3
一、土壤质量	3
二、土壤环境问题	5
第三节 环境土壤学的发展与研究内容	6
一、环境土壤学的产生与发展	6
二、环境土壤学的研究内容	7
三、环境土壤学的研究热点与趋势	8
思考题	8

第二章 ● 土壤组成与基本性质 / 9

第一节 土壤生态系统的组成及其环境生态意义	9
一、土壤矿物质	10
二、土壤有机质	12
三、土壤水溶液	19
四、土壤气体	21
五、土壤生物	23
第二节 土壤性质	26
一、土壤物理性质	26
二、土壤化学性质	32
三、土壤生物学性质	37

第三节 土壤的形成	40
一、形成因素	41
二、土壤形成过程	43
思考题	44

第三章 ● 土壤污染及其评估 / 45

第一节 土壤污染概述	45
一、土壤污染定义	45
二、土壤污染来源	47
三、土壤污染的产生与发展	48
第二节 土壤污染特点与危害	49
一、土壤污染的特点	49
二、土壤污染的危害	50
第三节 土壤污染诊断	52
一、土壤污染诊断主要方法	52
二、土壤污染生态毒理学诊断方法	54
三、土壤污染生态毒理学诊断研究进展	57
第四节 土壤污染风险评价	58
一、土壤污染风险评价概念与发展	58
二、土壤污染风险评价类型	59
三、土壤污染风险评价方法	61
第五节 土壤环境法律法规体系	66
一、土壤环境相关法律法规体系构成	66
二、土壤环境质量标准	68
思考题	70

第四章 ● 土壤主要污染物及其特点 / 71

第一节 土壤重金属污染	73
一、土壤重金属污染来源	73
二、土壤主要重金属种类	76
三、土壤重金属污染特点	76
四、土壤重金属污染危害	77
第二节 土壤有机污染物	78
一、农药	79
二、多环芳烃	83
三、石油烃	84
四、持久性有机污染物	86

第三节 土壤放射性污染	89
一、土壤放射性污染来源	89
二、土壤放射性污染特点	90
三、土壤放射性污染危害	90
思考题	92

第五章 ● 土壤典型污染物的迁移转化 / 93

第一节 土壤环境中物质的运移	93
一、土壤溶质运移现象	93
二、土壤溶质运移机理	94
三、土壤溶质运移模型	96
第二节 土壤重金属污染物的迁移转化	98
一、重金属在土壤中的迁移转化规律	98
二、典型重金属在土壤中的迁移转化	101
第三节 土壤中有机污染物的迁移转化	104
一、有机污染物在土壤中的迁移转化	104
二、典型有机污染物在土壤中的迁移转化	105
思考题	108

第六章 ● 污染土壤修复技术 / 109

第一节 污染土壤修复概念与分类	110
第二节 物理修复技术	111
一、物理分离技术	111
二、翻土与客土技术	112
三、土壤蒸气浸提修复技术	113
四、固化/填埋技术	115
五、热解吸修复技术	117
第三节 化学修复技术	121
一、化学改良技术	122
二、化学氧化技术	123
三、化学还原与还原脱氯修复技术	126
四、化学淋洗技术	127
五、溶剂浸提技术	129
六、电动修复技术	130
第四节 生物修复技术	134
一、微生物修复技术	134
二、植物修复技术	145

三、动物修复技术	150
第五节 修复技术集成	153
一、物理-化学联合修复技术	153
二、植物-微生物联合修复技术	153
三、微生物-植物-动物联合修复技术	154
四、物化（物理-化学）-生物修复技术集成	154
五、修复技术集成应用案例	155
第六节 各修复技术的综合比较	156
第七节 我国的污染土壤修复实践	157
思考题	158

第七章 ● 污染场地环境管理 / 159

第一节 概述	159
第二节 污染场地环境管理及其主要流程	161
一、污染场地筛选与登记	161
二、污染场地调查	161
三、污染场地风险评价与修复目标确定	162
四、污染场地修复	164
五、污染场地后监测	167
第三节 我国污染场地环境管理现状及其面临的机遇与挑战	169
一、我国污染场地管理现状	169
二、污染场地管理面临的机遇和挑战	170
思考题	171

实验部分 / 172

实验一 土壤样品的采集与制备	172
实验二 土壤粒径测定与质地分析	175
实验三 土壤含水率测定	176
实验四 土壤有机质的测定	177
实验五 土壤腐殖质的测定	179
实验六 土壤 pH 值的测定	181
实验七 土壤微生物数量测定	183
实验八 土壤微生物 FDA 活性的测定	185
实验九 土壤重金属含量测定	186
实验十 土壤有机污染物含量测定	189

附录 1 ● 工业企业土壤环境质量风险评价基准 (HJ/T 25—1999) / 190

附录 2 ● 我国污染场地环境风险评价土壤质量指导值 / 192

参考文献 / 195

第一章 绪 论

土壤是地球陆地表面由矿物质、有机物质、水、空气和生物组成，具有肥力，能生长植物的未固结层，是大气圈、水圈、岩石圈及生物圈的交界带。土壤界面体系中生命部分和非生命部分互相依存、紧密结合，共同构成了人类和其他生物生存环境的重要组成部分，对社会经济的可持续发展及生态环境的平衡具有十分重要的意义。

第一节 ● 土壤环境特点及其功能

一、土壤环境

土壤环境 (soil environment) 即地球表面能够生长植物，具有一定环境容量及动态环境过程的地表疏松层连续体构成的环境。它区别于大气、河流、海洋、森林及生物群落等其他自然生态环境，是处于其他环境要素交汇地带的中心环境要素，对人类 (包括其他生物体) 的生存与发展起着重要和基本的作用。土壤环境体系是由气 (土壤气体)、液 (土壤水溶液)、固 (土壤颗粒，包括有机与无机物质) 三相构成的非均质各向异性的复合体系，其中由于基本的水、肥、气、热条件及生命活动为土壤环境体系的基本物质循环和转化提供介质，同时，对各种人类活动输入的污染物的迁移、转化和归趋起等过程着重要的推动作用。

二、土壤环境特点

土壤是地球陆地表面的覆盖层，是地球系统中生物多样性最丰富、能量交换和物质循环

最活跃的体系，是生态环境的核心要素。土壤环境主要具备以下特点。

1. 具有生产力

土壤含有植物生长必需的营养元素、水分等适宜条件，是最为重要的生产力要素之一，对社会的稳定与发展起着至关重要的作用。同时，土壤亦可作为建筑物的基础和工程材料，为多用途的生产力要素。

2. 具有生命力

土壤圈是地球各大圈层中生物多样性最高的部分，由于生命活动的存在，在土壤环境中不停地发生着快速的物质循环和能量交换。

3. 具有环境净化能力

土壤是由气、液、固三相组成的非均质各向异性的复杂体系，对污染物具有一定的缓冲能力，是具有吸附、分散、中和、降解环境污染物功能的复合体系。

4. 为中心环境要素

由固、液、气三相组成的土壤环境体系是联结大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的纽带，是自然环境的中心要素和环节，是一个开放的、具有生命力，对地球其他圈层起到深刻影响和作用的圈层。

三、土壤环境与其他圈层的关系

从圈层的观点出发，土壤圈作为与生态、水、气系统之间物质和能量交换的重要构成单元和核心环境子系统，与地球其他圈层共同作用、相互依存，对人类生存环境及其全球变化有着深远的影响。土壤所具有的表生生态环境维持、水分输送、耗氧输酸、物质储存与输移、物化-生物作用等功能是维持体系稳定性的重要保障。土壤圈与其他圈层的动态关系如图 1.1 所示。考虑土壤圈与其他圈层的动态作用，其主要功能体现在以下几个方面。

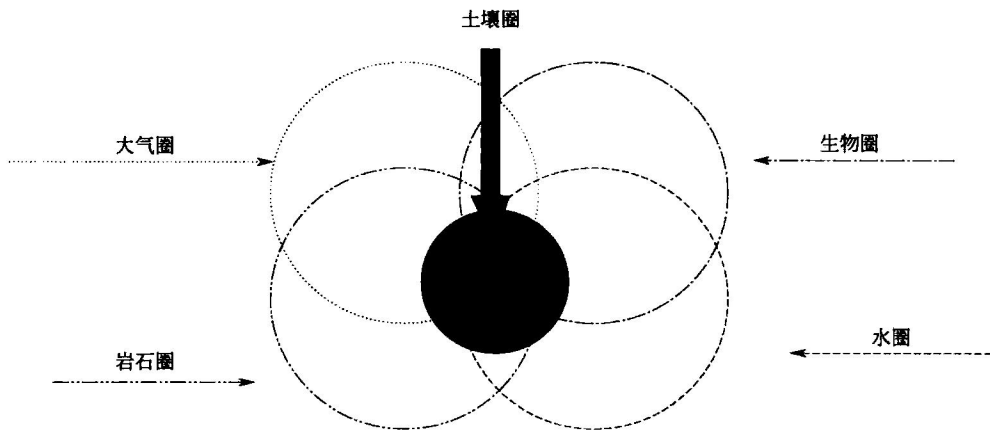


图 1.1 土壤圈与其他圈层的动态关系

1. 对大气圈的作用

土壤作为复杂庞大的多孔介质体系，与大气环境间普遍存在着频繁的水、气、热的交换

与平衡，复合土壤环境中微生物、植物根系等生命活动的影响，土壤环境在不同程度上影响着大气圈的化学组成、水分与热量平衡，对全球大气变化有明显的影响。土壤从大气中吸收 O_2 ，释放 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 和 N_2O 等温室气体，已成为影响全球气候变化和全球变暖的重点关注对象之一。

2. 对水圈的作用

土壤环境的高度非均质性会影响降水在陆地环境和水体环境的重新分配，影响元素的生物地球化学行为以及水圈的水循环与水平衡，进而影响和改变地球各圈层的生物分布。

3. 对岩石圈的作用

岩石作为土壤的母质来源，覆盖其上的土壤圈作为地球的“皮肤”，对岩石圈具有一定的保护作用，可减少各种外营力对其影响和作用。

4. 对生物圈的作用

土壤是各种动植物、微生物以及人类生存的最基本的环境和重要的栖息场所。土壤环境含有生物生长所必需的各种的营养成分、水分与适宜的物理条件，支持和调节生物过程，形成适应各种土壤类型的植被与生物群落，对地球生态系统的分布与稳定具有重要的作用。

四、土壤环境功能

土壤的功能主要体现在其对人类和环境的作用，重要的土壤功能包括以下几个方面（李发生，等，2009）：①作为生态系统的组成部分，控制物质循环和能量的流动；②动植物和人类生命的基础；③基因储存库；④农产品繁育的基础；⑤建筑物稳定的基础；⑥聚积大气和水污染物的载体；⑦接收沉降物质和承载孔隙水的载体；⑧防止水、污染物或其他因子进入地下水的缓冲器；⑨堆放废弃物，如城市生活垃圾、工业固体废物、疏浚物质等的载体；⑩历史遗留物和古生态遗物的储藏库。

此外，近年来，由于持续受到人类生产、生活等活动的影响，显著改变了土壤与外部环境的物质和能量交换过程与强度，引起土壤特征要素的改变，使土壤环境的物质组成、结构、性质和功能等体系要素在与外部环境的物质和能量交换过程中发生变化，产生各种土壤环境问题，进而对其他环境子系统产生巨大作用与影响。因此，土壤环境的自净能力和其维持表生生态环境稳定的功能愈发重要，而其受到的冲击、影响及其恢复也是广大环境工作者普遍关心的科学与技术问题。

第二节 ● 土壤质量及土壤环境问题

改革开放 30 多年以来，我国经济的快速发展，带来了社会的繁荣和进步，但同时由于经济发展的模式仍基本上遵循传统的工业化道路，资源耗损量大、生态破坏严重、污染物排放量大面广，从而导致生态、土壤和水环境形势日益严峻，区域或局部污染严重，土壤质量下降，成为制约社会经济可持续发展的重大资源与环境问题。

一、土壤质量

土壤质量 (soil quality) 是与土壤利用和土壤功能有关的土壤内在属性，是衡量和反映

土壤资源与环境特性、功能和变化状态的综合标志，它包含了土壤维持生产力、环境净化能力、对人类和动植物健康的保障能力，是指在由土壤所构成的天然或人为控制的生态系统中，土壤所具有的维持生态系统生产力和人与动植物健康而自身不发生退化及其他生态与环境问题的能力，是土壤特定或整体功能的总和（周健民，2003；李发生，等，2009）。土壤质量概念的内涵不仅包括作物生产力、土壤环境保护，还包括食品安全及人类和动、植物健康。土壤质量概念类似于环境评价中的环境质量综合指标，从整个生态系统中考察土壤的综合质量。这一概念超越了土壤肥力的概念，超越了通常的土壤环境质量概念，它不只是把食品安全作为土壤质量的最高标准，还关系到生态系统的稳定性，地球表层生态系统的可持续性，是与土壤形成因素及其动态变化有关的一种固有的土壤属性。许多环境与土壤领域的专家与学者普遍认同，土壤科学的研究除了应继续重视土壤肥力质量的研究外，还必须向土壤环境质量和土壤健康质量方面转移。

土壤质量包括土壤肥力质量、土壤健康质量和土壤环境质量等多个方面，这几个方面相互影响、相互依存，共同决定了土壤质量。在环境土壤学相关研究领域中，更倾向于土壤环境质量的追踪、评估与治理。土壤环境质量是指在一定的时间和空间范围内，土壤自身性状对其持续利用以及对其他环境要素，特别是对人类或其他生物的生存、繁衍以及社会经济发展的“适宜性”，是土壤“优劣”的一种概念，是特定需要的“环境条件”的度量。它与土壤的健康或清洁状态，以及遭受污染的程度密切相关。一旦土壤环境质量遭到污染和破坏，我们必须对其进行适当的修复，以减少对其自身以及对大气、水和生物等其他环境子系统的污染和危害，即必须保持土壤环境适当的清洁和健康以维持合适的土壤环境质量水平。

土壤质量的研究是近年土壤学科与环境学科的重要研究领域，其评价和评估则成为研究土壤质量的重要依据和标准。理想的土壤质量评价指标体系应秉承下列原则：①公正、灵敏、有预测能力、有参考阈值；②其信息可转化、综合，并易于收集与交流的原则。

由于土壤质量是土壤物理、化学和生物学等性质的综合，体系复杂，目前尚无统一的评估标准或指标体系。土壤质量评价指标体系应该从土壤系统组分、状态、结构、理化及生物学性质、功能以及时空等方面，加以综合考虑。土壤质量评价指标体系大致可分为两大类，一类是描述性指标，即定性指标；另一类是分析性定量指标，选择土壤的各种属性，进行定量分析，获取分析数据，然后确定数据指标的阈值和最适值。根据分析指标的性质，土壤质量的评价指标分为土壤物理指标、土壤化学指标、土壤生物学指标3个方面。

(1) 土壤物理指标 土壤物理状况对植物生长和环境质量有直接或间接的影响。土壤物理指标包括土壤质地及粒径分布、土层厚度与根系深度、土壤容重和紧实度、孔隙度及孔隙分布、土壤结构、土壤含水量、田间持水量、土壤持水特性、渗透率和导水率、土壤排水性、土壤通气、土壤温度、障碍层次深度、土壤侵蚀状况、氧扩散率、土壤耕性等。

(2) 土壤化学指标 土壤中各种养分和土壤污染物质等的存在形态和浓度，直接影响植物生长和动物及人类健康。土壤质量的化学指标包括土壤有机碳和全氮、矿化氮、磷和钾的全量和有效量、CEC（土壤阳离子交换量）、土壤pH值、电导率（全盐量）、盐基饱和度、碱化度、各种污染物存在形态和浓度等。

(3) 土壤生物学指标 土壤生物是土壤生态系统中具有生命力的部分，是各种生物体的总称，包括土壤微生物、土壤动物和高等植物根系，是评价土壤质量和健康状况的重要指标之一。目前，许多生态与环境领域的研究均利用土壤微生物群落、土壤植物和蚯蚓等对土壤

受污染或退化后的质量进行评估。但需要注意的是，土壤中许多生物可以改善土壤质量状况，也有一些生物如线虫、病原菌等会降低土壤质量。

二、土壤环境问题

土壤作为重要的生产资料和环境要素，在人类活动广泛影响的情况下，其功能和各种物理、化学及生物学过程产生了不同程度的改变，致使土壤肥力、健康及环境质量下降，引发了各种土壤环境问题。

土壤环境问题广义上包括土壤荒漠化、盐渍化、土壤侵蚀等土壤质量退化和土壤污染问题。其中，土壤污染及其修复等相关问题是其中关注较多、危害较大的土壤环境问题，也是目前广泛研究的领域和方向。本书后续的土壤环境问题、特点、危害及其修复、治理等相关的研究内容亦是从小土壤污染的角度开展的。

1. 土壤荒漠化

土壤荒漠化 (soil desertification) 是指由于人为和自然因素的综合作用使土壤环境本身的自然循环状态受到影响和破坏，使得干旱、半干旱甚至半湿润地区自然环境退化 (包括盐渍化、草场退化、水土流失、土壤沙化、狭义沙漠化、植被荒漠化、历史时期沙丘前移入侵等以某一环境因素为标志的具体的自然环境退化) 的总过程。土壤荒漠化已成为世界范围的区域性土壤环境问题，由此引发了干旱、沙尘暴、河流断流、地下水位下降等一系列生态环境问题。有资料表明，过去一万年中 15% 的土地被人为诱发的土壤退化掠夺。

2. 土壤盐渍化

土壤盐渍化 (soil salinization) 是指土壤底层或地下水的盐分随毛管水上升到地表，水分蒸发后，使盐分积累在表层土壤中的过程，也指易溶性盐分在土壤表层积累的现象或过程，也称盐碱化。土壤盐渍化发生在干旱、半干旱区。由于漫灌和只灌不排，导致地下水位上升或土壤底层或地下水的盐分随毛管水上升到地表，水分蒸发后，使盐分积累在表层土壤中，当土壤含盐量太高 (超过 0.3%) 时，形成的盐碱灾害。我国盐渍土或称盐碱土的分布范围广、面积大、类型多，总面积约 1 亿公顷，主要发生在干旱、半干旱和半湿润地区。

另外，现代农业中化肥的大量使用致使土壤板结，理化性质改变，甚至进一步演变成盐渍化，造成严重的土壤质量退化。

3. 土壤侵蚀

土壤侵蚀 (soil erosion) 的本质是使土壤肥力下降，理化性质变劣，土壤利用率降低，生态环境恶化。除自然侵蚀之外，在人类改造利用自然、发展经济过程中，移动了大量土体，而不注意水土保持，直接或间接地加剧了侵蚀，增加了河流的输砂量。如矿山开采、毁坏树林、过度放牧、地下水过度开采、农用化学品过度施用等造成土壤质量下降，引发土壤侵蚀、水土流失等。我国是世界上土壤侵蚀最为严重的国家之一，研究土壤侵蚀机理，有效对其进行监控和治理已经成为全球关注的焦点。

4. 土壤污染

土壤污染 (soil pollution) 是人类生产和生活造成的土壤严重的环境问题，随着现代人类社会的生产和生活节奏的加快，现代农业农药、化肥施用及污灌造成农业环境污染

严重,约 1/5 的耕地受到污染;另一方面,城市交通、现代工业排放、生活源等各种类型和途径污染物的大量排放,致使土壤环境的污染加剧,已成为不可忽视的生态与环境问题。

第三节 ● 环境土壤学的发展与研究内容

一、环境土壤学的产生与发展

环境科学是环境问题产生后发展起来的一门新兴的综合性交叉学科,其涉及地学、生物学、化学、物理学、医学、工程学、数学以及社会科学、经济学、法学等多种学科知识。而现代土壤科学的快速发展,尤其是 20 世纪 80 年代以来,现代土壤学的研究重点已从增产粮食为主转向以提高粮食品质、保护环境和可持续发展及促进人畜健康为主要目标的阶段,从而快速促进了环境科学与土壤学的相互渗透,体现了土壤学在环境科学中日益重要的特点,孕育了环境土壤学的创建与发展。

环境土壤学是环境问题出现后在土壤学和环境科学中发展起来的一门综合交叉性学科,是环境科学和土壤学的重要组成部分,它起源于土壤环境保护的理论与实践。环境土壤学这一学科概念虽在 20 世纪 80 年代就已提出,但对其缺乏深入的研讨。近年来,随着研究工作的深化与发展,对环境土壤学的认识无论在理论上还是实践上都有所深入和拓展。环境土壤学是研究自然因素和人为条件下土壤环境质量变化,影响及其调控的一门学科,它涉及土壤质量与生物品质,土壤与水和大气质量的关系,土壤元素丰缺与人类健康的关系,土壤与其他环境要素的交互作用,土壤质量的保护与改善等土壤环境工程的相关研究与应用等。总体来说环境土壤学的产生和发展经历了以下几个阶段。

(1) 起步阶段(20 世纪 50~60 年代末) 此阶段为环境土壤学萌生初期,主要引用传统土壤学的研究方法对出现的土壤环境问题寻求解决办法,如城市污水的农田灌溉、工业废渣的农业利用(研制钢渣磷肥、施用粉煤灰)、土壤污染物分析测试方法探索及局部土壤污染的治理等,这时的环境土壤学尚未形成完整而独立的科学体系。

(2) 发展阶段(20 世纪 70~80 年代末) 进入 70 年代环境土壤学研究内容日趋丰富,从土壤环境背景值研究起步,分析元素由最初的几种主要有毒重金属元素,扩展到 60 多种化学元素,研究区域从若干重点城市,到主要农业区,“七五”期间发展到全国除台湾省以外的 30 个省市自治区,并注意了背景获取和实际应用相结合,同时开展对主要土壤的环境容量、污染承载负荷、污水土地处理系统研究、土壤环境质量评价、土壤污染发生机制、各种污染物在土壤中的迁移转化行为与危害、控制土壤污染的工程技术与方法等方面的研究。

(3) 逐渐完善阶段(20 世纪 90 年代以后) 环境土壤学研究的深度和广度都有大的扩展,以土壤重金属污染研究为例,宏观上扩展到大范围、洲际的分布、迁移规律和动态变化,微观上研究重金属对生物的毒害机理从个体水平、组织水平、细胞水平发展到分子水平。在继续研究污染物在土壤—植物系统迁移转化和累积规律的同时,开始关注污染物累积所引起土壤环境质量的变化以及这一变化对生态系统结构、功能和人体健康的影响,多种元素多种污染物的交互作用和复合污染开始涉及,土壤环境与温室气体排放的关系研究取得进展,在污染物迁移化方面开始重视土壤胶体的影响和作用,包括土壤背景值的影响,对土壤

负载容量的影响,对酸雨危害的影响,对污染物化学行为的影响等。

二、环境土壤学的研究内容

人为活动复合自然因素变化对土壤环境质量产生了深入的影响,这种影响反过来又会对土壤—环境复合界面系统产生冲击、影响等反作用,二者的相互影响,尤其是人为影响下土壤环境质量的下降特别是土壤污染及其修复、对策是环境土壤学的核心研究内容。基于基础的土壤物理、化学与生物学过程,复合环境科学的基本理论体系,环境土壤学从土壤环境体系的组成、性质与基本特点出发,对典型土壤环境污染物的来源、危害等进行阐述,对污染物在土壤环境体系中的吸附、分散、迁移、转化与归宿过程进行探讨,并基于土壤环境修复技术体系,对土壤环境污染物的清除与治理,及土壤环境功能的恢复进行研究,同时,对土壤环境相关的法律、法规、标准及其评估、评价体系进行梳理,对土壤环境问题的研究及其修复具有理论与实践意义。其主体研究内容如下。

(1) 土壤环境背景值及土壤环境容量 土壤环境背景值及其环境容量是判别土壤环境是否受污染及其土壤缓冲性大小的重要依据,通过研究还可对土壤的使用功能、期限作出判断。通过土壤环境背景值和土壤环境容量研究,为土壤环境相关标准的制定和修订提供依据。据研究,由于人类活动排放的大量污染物尤其是区域化和全球性环境污染的产生和持续作用,导致许多人类聚集区如城市、交通干线等人类活动强度较大的地区其土壤环境背景值已相比以前大大提高,这对于判别污染和研究环境所致疾病有重要的意义。我国已启动全国污染源普查项目,对全国范围的典型污染源排放及其特点进行清查,对于我国的土壤环境背景值研究和土壤环境容量分析及其相关研究有重要的推动作用。

(2) 土壤环境质量评估与评价 土壤质量是土壤相关学科中均非常关注的内容,对于环境土壤学更为关注的土壤污染、土壤质量退化等内容,对其环境质量在影响土壤—植物—人体复合系统中的影响进行研究,对其土壤环境质量进行评估与评价,为其与人类健康和生态环境健康的关系打下基础,为其修复和治理提供依据。

(3) 化学物质在土壤环境体系中的迁移与转化 包括化学物质在该系统中的迁移、转化、毒性、归属及其影响因素的研究。土壤是重要的环境舱,高负载容量的土壤与低负载容量者相比,能够容纳更多的某一特定的污染物。土壤中毒害物质的生物有效性依赖于它们在环境中的反应行为和归宿。控制土壤中化学物质归宿的过程包括静电作用、吸附、解吸、沉淀、溶解、氧化、还原、络合、催化、水解、异构化、光化学反应和生物过程等,研究这些过程及其影响因素有助于加深对土壤环境(负载)容量研究的理解。在研究中应重视黏粒矿物的表面效应,土壤组分和性质与污染物迁移、转化、危害的关系,有机污染物的化学结构与土壤降解的关系,污染物之间的交互作用反应动力学等。在综合研究的基础上确立土壤环境质量的指标体系和迁移、转化的数学模型。

(4) 人类活动对土壤环境的影响及其生态效应 主要研究土壤异常与地方病的关系,研究与人类和动物健康有关的疾病和营养问题的土壤因素,这些因素与土壤地球化学和矿物学有关。土壤中许多微量元素同动物营养、人类的健康密切相关。因此,从土壤生态系统的角度出发,量化人类活动对土壤环境的影响和危害,并明确其生态效应,对于目前许多水土病的成因和防治,环境“三致”物质的作用机理和防治有重要的意义。

(5) 土壤环境修复技术体系及实践 此部分主要研究土壤与温室效应和全球变暖的关

系、经济开发与土壤生态环境的演变、工矿开发和重大工程对土壤环境质量的影响、污染对持续农业的潜在冲击、土壤环境质量监测、废水和固体废物的土地处理等，通过这些研究提出针对性防治措施，并构建土壤修复技术体系，开展大量的污染土壤修复工程实践，土壤修复工程在中国更是刚刚开展，在我国土地资源紧张的大局势下，具有非常大的市场前景和应用潜能。

三、环境土壤学的研究热点与趋势

环境土壤学从起步开始，经过二三十年的研究和探索，已在污染物迁移转化及修复技术体系等方面取得了一系列的成果，其目前关注的研究热点和发展方向、趋势主要包括以下几个方面：①土—水—植物系统中的元素循环与环境质量的关系；②土壤环境中污染物的生物有效性及其调控；③污染物在土壤—植物—动物—人类食物链的传递与危害机理；④土壤环境风险管理与评价；⑤都市土壤环境对城市生态环境及持续发展的影响；⑥新型土壤污染高效修复技术开发与集成。

思考题

1. 土壤质量与环境质量的关系如何？
2. 土壤圈的环境功能有哪些？
3. 土壤环境问题主要有哪些？
4. 环境土壤学的研究热点与发展趋势包括哪些方面？