



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

环境土壤学

● 农业环境保护专业用
● 牟树森 青长乐 主编

农业出版社

全国高等农业院校教材

环 境 土 壤 学

牟树森 青长乐 主编

农业环境保护专业用

农 业 出 版 社

(京)新登字060号

全国高等农业院校教材
环 境 土 壤 学
牟树森 青长乐 主编

• • •
责任编辑 罗梅健

农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 通县曙光印刷厂印刷

787×1092mm16开本 13.5印张 310千字
1993年5月第1版 1993年5月北京第1次印刷
印数 1—1,650 册 定价 3.60 元

ISBN 7-109-02411-3/S·1571

主 编 牟树森 (西南农业大学)
青长乐 (西南农业大学)
编 者 牟树森 (西南农业大学)
青长乐 (西南农业大学)
涂 从 (西南农业大学)
皮广洁 (西南农业大学)
主审人 朱祖祥 (浙江农业大学)
审稿人 胡鸾堂 (南京农业大学)

前 言

随着我国环保事业的发展，高校农业环保专业应运而生。土壤，作为人类与环境最紧密相关的基础条件之一，不仅以其肥力为人类提供植物产品，而且以其净化力发挥着容纳环境污染物、缓冲有害物质毒性的巨大作用。因此，保护农业环境，必须走建设优化土壤生态系统的道路。环境土壤学就应当是从生态学观点出发，使传统土壤学与环境学紧密联系而形成新的体系。本书为达此目的，大量取材于国内外有关最新成就，用理论联系实际的方法，由浅入深、由表及里、由个体到总体、简明扼要而系统地介绍了作为自然体、生产资料和环境条件的“环境土壤”的基本理论、基本知识和基本技术。本书初稿经过专家审阅，再经修改后定稿。得到主审人与审稿人的一致好评。尽管作者的愿望是美好的，但这毕竟是一次新的探索，加上水平所限，错误不当之处，敬请读者指正。

编 者

1991年2月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 土壤与生态系统	2
第二节 环境土壤学的兴起	3
第三节 环境土壤学的任务与内容	5
第四节 环境土壤学与相关学科	5
第二章 土壤的形成与功能	7
第一节 土壤的形成过程	7
第二节 土壤的功能	8
第三节 土粒的功能及原理	10
一、土粒的矿物组成	11
二、土壤有机质与生物	14
三、土壤胶体	18
第四节 土壤结构的功能与原理	26
一、土壤结构的基本指标	27
二、土壤结构对空气的调节	30
三、土壤结构对水分的调节	31
四、土壤结构的保持	33
第五节 土层的功能	33
一、土壤质地层次	33
二、土壤结构层次	34
第六节 土体的功能	35
第三章 土壤与环境的质能交换	38
第一节 土壤养分及其平衡	38
一、土壤养分的形态	39
二、土壤养分的循环	43
三、土壤养分平衡	47
第二节 土壤水分及其平衡	49
一、地表水的循环	50
二、土壤中的水	50
三、土壤水的收支平衡	55
第三节 土壤与环境的空气交换	57
一、土壤中的气体扩散(或移动)	58
二、土壤的通气状况	58
三、土壤的通气性与氧化还原电位(Eh)	59

第四节 土壤与环境的能量交换	61
一、土壤中热能的收支	61
二、土壤的化学能	64
三、土壤的潜能	66
四、土壤中其它物质的能量交换	67
第四章 土壤的环境背景值与容量	69
第一节 土壤背景值的概念	69
第二节 土壤背景值与地方病和污染病的关系	70
一、地方性甲状腺肿	72
二、地方性氟病	73
三、克山病	73
四、大骨节病	73
五、水俣病	74
六、痛痛病	75
七、砷中毒	75
八、铅中毒	76
第三节 土壤背景值的确定	76
一、土壤背景值的采样布点	77
二、土样的采集与分析	77
三、背景值分析结果的数据处理	78
四、我国几个地区及其主要土类的背景值	79
五、背景值的分级与制图	79
第四节 土壤背景值的应用	82
一、土壤背景值是土壤污染质量评价的基础	82
二、土壤背景值与其它环境背景值的相关性是环境生态平衡状况的体现	82
三、土壤背景值可作为污染途径追踪的依据	83
第五节 土壤的环境容量	83
一、土壤环境容量的概念	83
二、土壤环境容量的确定	84
三、土壤环境容量的应用	87
第五章 土壤环境的污染与净化	90
第一节 土壤环境污染概述	90
一、土壤污染与危害的特点	90
二、土壤污染的定义和指标	91
三、我国土壤污染的典型事例	92
第二节 土壤污染源及污染物	93
一、重金属的土壤污染与危害	94
二、土壤的有机物污染与危害	100
三、土壤的化肥污染与危害	103
四、大气沉降物对土壤的污染(大气污染型)	106
第三节 污染物在土壤中的迁移与净化	108

一、重金属在土壤中的迁移与净化	109
二、农药在土壤中的迁移与净化	111
三、土壤酸化及对策	114
四、土壤的其它污染与对策	117
第六章 土壤资源及其利用与保护	119
第一节 土壤资源与环境	119
一、我国主要土壤资源	121
二、世界土壤资源简况	131
第二节 土地资源利用现状与存在问题	134
一、土地资源的利用现状	134
二、土地资源在利用上普遍存在的问题	136
第三节 土壤资源的开发利用方向	139
一、热带亚热带湿润地区土壤资源的利用	139
二、暖温带湿润半湿润区土壤资源的利用	140
三、温带湿润区土壤资源的开发利用	140
四、温带干旱荒漠区土壤资源的利用	141
五、高寒气候区土壤资源的利用方向	142
六、海陆交接地区与消落区的开发利用	142
第四节 土地资源与人口容量	143
一、人口对自然资源的依赖性	143
二、土地资源与人口容量	144
第七章 土壤生态优化的原理与技术	149
第一节 土壤生态与土壤肥力	149
第二节 土壤生态优化的一般原理	150
一、从宏观上优化土壤环境, 为植物的生存繁育创造条件	152
二、合理利用土壤资源, 为提高植物产量配置恰当的林、牧、农、渔的比例, 以促进土壤生态优化	153
三、搞好土体的自身建设, 重视各业中的土壤管理	154
第三节 土壤生态优化技术	154
一、土壤环境的优化技术	154
二、合理用地的一般技术	161
三、合理用地的农业技术举例	169
第八章 环境土壤问题的调查研究与评价方法	173
第一节 野外调查与室内研究相结合	173
一、确定调查研究范围	174
二、采集分析样品与观察标本	175
三、室内分析	176
第二节 定位研究与监测	176
一、定位研究	177
二、动态监测	178
第三节 模拟试验	184
一、实际模拟	185

二、条件的分解与综合模拟	185
三、强化模拟试验	186
四、模拟举例	186
第四节 环境土壤的评价	188
一、土壤污染评价	188
二、土壤质量评价	191
三、环境土壤生态问题的优化评价	194
第五节 关于环境土壤问题调查研究方法的讨论	197
一、关于开展环境土壤问题调查研究方法讨论的意义	197
二、关于环境土壤调查研究方法的综合应用问题	197
三、重视改善环境土壤的调查研究方法	198
附表一 主要成土矿物	202
附表二 主要成土岩石	204
附表三 地质年代表	205
附表四 岩石矿物的风化作用	206
附表五 母质类型特性	207
附表六 母质风化度与土壤肥瘦的关系	207
附表七 主要成土过程	207

第一章 绪 论

土壤是绿色植物生长的基地，由地球陆地表面的岩石经风化发育而成。土壤有其独特的生成发展规律，也有其独特的功能——肥力与净化力。它的功能是以岩石风化产物（母质）为基础，在其周围的大气、水体和生物的共同作用之下形成的。所以，土壤的肥力功能特性与变化都依赖于它所处的环境条件以及有关的人为措施。

在土壤所依赖的自然环境条件中，岩石及其风化产物——母质是形成土壤的基质。气候是直接的水、热、空气条件，它使相同的母质在不同的气候条件下产生不同的物理、化学和生物学变化。地形使气候因素发生局部的重新分配，所以是间接的水、热、空气条件。生物是通过生长繁育、新陈代谢、进行着有机物质的合成与分解，一方面充实与丰富土壤的基质，另一方面以有机物形式为土壤累积化学能。时间是一切作用过程的累积因素，没有时间则任何作用皆不可能进行，它是所有的作用及其由量变到质变的基本保证。因此，土壤的形成及其肥力变化都必须受这五个因素的影响，从而称它们为成土五因素，即母质、气候、地形、生物与年龄（时间）。土壤学家们用函数式表示它们的关系如下，这是对纯自然过程中土壤与其环境关系的描述。

$$s = f(cl, o, r, p, t)$$

式中： s ——土壤；
 cl ——气候；
 o ——生物；
 r ——岩石或母质；
 p ——地形；
 t ——时间。

当土壤开始为人类利用以来，人为活动也成为土壤肥力与形成过程的影响因素。在土壤所依赖的人为措施中，包括土壤的利用方法、耕作制、轮作制、施肥与灌溉等经营管理措施，这些措施使土壤肥力变化因社会经济条件和科技水平而异。在社会经济与科技发达的地区，自然肥力低下的土壤，也可得到迅速培肥以提高其生产力。但是人为影响土壤的另一面却是土壤肥力的急剧退化与土地的丧失。原因是工业发展与资源开发的速度远远超过了它处理自身的废物与副产品的能力，以至产生了全球性的生态影响与环境污染问题。同时，它也深刻地波及到土壤。例如植被破坏产生的严重水土流失，开始损害了土壤，固体废弃物掩埋了良田沃土，有毒物质的泛滥与积累使土壤成为污染土，形形色色，不一而足。总之，人为活动使现代土壤，尤其是农业土壤处在随时遭受侵蚀污染与破坏的威胁之中。面临这一事实，仅仅用正常的土壤肥力发展规律来认土、用土和改良土壤已深感不足。必须在普通土壤学基础上补充环境土壤问题的研究讨论内容，以适应现代条件下对环境土壤学科知识的要求，本教材正是为适应这一需要而编写的。

第一节 土壤与生态系统

土壤以其肥力养育着陆地上的植物，通过植物又养育动物与微生物。是土壤为绿色植物提供了吸收、固定，并转化太阳辐射能为化学能的条件，从而为生态系统中物质和能量的转化与流动打开门户、疏通渠道。因此，土壤是生态系统中不可缺少的环节。尽管在现代科学技术条件下，绿色植物的生产已能进行相当规模的无土栽培，为人们提供食物与用品，然而，即使在任何先进技术条件下却不可能没有土壤而保证生态系统的完整与平衡发展。因为土壤所产生的植物以及其它生物产品，只有很少一部分作为食品与用品而消耗，而大量的产品是用于创造良好的生态环境。

土壤在发挥它的肥力功能时，并不只是为植物提供水分、养分、空气等静态的物质，而是由它的功能机制进行着物质和能量的转化、运输与调节。在这些作用中，有物理的、化学的作用，更重要的是生物的作用。生物在常温常压下起着积极而主动的生物物理与生物化学反应，完成了大量的纯理化作用所难于完成的工作。它使土壤为植物所提供的条件，不是无序的成分堆积，而是适宜于植物生长的环境。土壤具有在一定范围内调节植物根系生长条件的能力，土壤对温度、湿度、空气和养分的缓冲作用就是其调节功能的体现。这些功能都是土壤成分、结构与层次排列方式的作用，特别是与土壤生物（包括动、植物、微生物）共同作用的结果。因此，土壤肥力是整个土壤生态系统在发挥作用。

土壤生态系统就是包括土壤生物与其所在的土壤环境相互作用相互统一的整体。由土壤供给微生物的食物与能量，这些物质与能量主要源于植物的光合作用与代谢作用。因为植物根系的活力吸取了土壤的矿质营养与水分，通过同化作用转化为自身的体质，当它死亡后为土壤动物与微生物所粉碎、分解与消耗，将有机物储存的物质与能量部分地转化为有效养分与热能释放出来，一部分有机物则转化为腐殖质储存于土壤中，从而使土壤变得更肥沃。肥沃的土壤又为植物创造更好的生育环境。如此循环发展，土壤与植物之间相互作用、相互促进、相互制约的紧密关系不断改善着土壤生态系统的功能，同时也改善了植物的生长条件，从而促进植物固定与利用更多的太阳辐射能。植物生物量的增加，就为整个生物界的生存繁育提供了物质和能量基础。所以，土壤生态系统就是整个生态系统中最基础、最关键的环节。它对生物的生存起着决定性的作用。绿色植物对太阳辐射能的利用效率也因此而受到极大的牵制。

据估计，在地球大气层上界垂直于太阳光的平面上所接受的太阳辐射能是每平方厘米每分钟约8.4千焦（ $8.4 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{min}$ ），叫做太阳常数。天空晴朗时大约有80%的能量到达地面，云层浓密时只有<45%能到达地面，而大约42%为云和尘反射，约10%为臭氧、水汽及其它气体分子所吸取。平均只有大约0.1%能为植物所固定并转化为化学能。地表陆地生态系统每年产生的有机干物质约为 $1.6-6 \times 10^{12}$ 吨，所储化学能约相当于 $2.5-6.3 \times 10^{19}$ kJ。陆地生物物质中以植物物质最多，动物物质还不到植物的1%，微生物大体与动物相当。植物物质中又以森林多于草本，后者仅为前者的1/10。实际上植物作为初级生产者，它所形成的有机物中的15—75%为其自身的呼吸作用所消耗。所以植物物质在逐级能量利用中，是按“金字塔”式地向各级传递。即每一级利用只能保存原有能量的1/10构成利用者或消费者

的自体。其余是因呼吸或分解而回归环境。所以动物与微生物的总量始终只能为植物量的10%以下。但所有生物残体一旦进入土壤，又再通过土壤生态系统的分解转化与循环，促进着植物的生长和光能的利用。所以只有植物丰富才能保证动物和微生物的繁育旺盛。只有整个生物界的兴旺发达，才能为土壤提供充足的腐殖质来源。其中植物物质是最基本和最主要的。

植被所创造的有机物虽然都能成为腐殖质的来源，但不同的植物累积腐殖质的特点是很不一致的。据估计，森林生物量虽是草本的10倍，但森林所形成的腐殖质仅为其生物量的1/10至一半，而草本植物所形成的腐殖质却是其生物量的10—20倍。原因是林木的树冠比根系庞大，而树冠的残落物多在地表易为其它生物所利用和分解，草本根系比地上部分发达，形成的腐殖质大部分保存于土壤中。而且草本生长期短，再生周转速度快，累积速度超过森林。不过林木的树冠却为创造良好的小气候起到了不可代替的作用，成为稳定生态系统与土壤环境的坚强支柱。因为由森林所控制的局部气候环境的稳定性，既能保护生物的正常繁育，又能使土壤兼受其多方面益处：土面免受日晒雨淋而曝干曝湿，土壤富含腐殖质而能涵养多量水分与养分，疏松的有机土层能免去径流冲刷以致水渠塘库的淤塞，等等。总之，植被是使土壤生态系统得到良性循环的保障。一旦植被破坏，不但土壤生态直接受损，各种生物能源都将匮乏，而且整个生态系统也同时因物质与能量的收支失调而导致平衡水平的急剧下降，以致最终的破坏。土壤与生态系统的关系由此可见一斑。

第二节 环境土壤学的兴起

土壤科学在历史上和现实中发挥着认识土壤、合理规划与利用土壤和改良土壤的作用。大量的工作是沿着对自然条件与农业措施带给土壤肥力的各种影响加以利用和改造。但在20世纪60年代以后，工业发展进入了新的阶段，人口的爆炸式膨胀，引起了天然矿藏资源的加速开采、林木资源的过度砍伐、草原的过度放牧、人工合成化合物的种类和数量的加速发展，一方面出现了土壤的高度集约化经营，但更多的是过度的掠夺式的利用，加之各业生产废弃物来不及处理，使人工环境给土壤的直接和间接的损害与污染日益扩大。

人工环境对土壤的直接危害表现在各种废物（包括废水、废气和废渣）向农田土壤排放，导致土壤污染、次生潜育化以及盐渍化等。间接危害则有森林与草原的植被破坏导致的土壤冲刷、侵蚀与沙化。其结果是生态失调，气候恶化，旱洪灾害频起，农、林、牧、渔业产量下降，人畜罹病率提高等。面对这一系列问题，土壤科学必须新的条件下，肩负起迎接现代工业化的挑战，为保护土壤和人类生存环境而探索解决问题的途径。为了研究土壤科学在保护生态环境中应有的贡献、明确土壤学的环境意义，萌生了环境土壤学。这一新的领域是在研究环境问题中诞生和发展的，经历着研究与认识—失败—再研究与再认识的坎坷与曲折的过程。

就世界范围而言，最早被认识的环境问题大都是大气污染事件。由于大气污染对人体的伤害是一触即发，直接而且直观，因而较易为人们所重视。随着水体或经由土壤进入食物链所引起的人畜病害，却要经历食物链的富集和在入、畜体内的积累，然后再表现出生理生态的病变。例如日本水俣湾的汞毒事件和富山县的镉米事件，从此人们才开始了对土壤污染问

题的主动的、科学的研究工作。

土壤污染较之水体污染更隐蔽，其危害的后果也更深远。因为水中污染物可以直接检出，土壤则不然。污染物在土壤中能 与土壤成分相结合，它被土粒所吸收、吸附与固定，以及受微生物的分解转化作用影响等，使其污染物在土壤中的表观浓度大大降低，这就是土壤的净化功能。但保存下来的污染物却能逐渐为植物和微生物所吸收，再通过食物链向人、畜体内输送。换言之，土壤比水体对污染物的容量大，而且其危害的过程缓慢得多，从而增加了人们认识它的难度，也推迟了人们对它的研究与重视。

认识土壤污染十分重要，而更重要的是认识有害物质在土壤中的行为。它们参与了土壤生态系统的动态过程，并通过这些过程转嫁危害于整个陆生生态系统，导致生态平衡失调。其后果又反馈给土体，使土体功能破坏。这种连锁反应的结果随时随刻都与地质大循环对生态系统的破坏力相协同。所以，其最终影响远非污染物危害而已，而是土壤肥力退化、功能丧失和整个土壤质量下降。为了认识它并防止其恶性发展，逐渐开展了土壤背景值、土壤环境容量、土壤质量评价等一系列环境土壤学科的研究工作。土壤质量包括与土壤肥力和净化功能有关的组成与品质的好坏，污染物含量只是其中的一部分。

土壤功能的丧失和整个土壤的损失不仅是发生在污染区，非污染区也在更广范围内不断发生着土壤流失的严重事件。最为突出的原因是植被破坏与土壤沙化。植被可因毁林而破坏，可因土壤盐碱化而破坏，可因草原过度放牧而破坏，也可因土壤污染而破坏。总之，由于自然的、社会经济的或人口的种种原因产生的水土流失，终将导致灾害频生的生态平衡失调问题。它使人们意识到环境问题不仅仅是毒质污染问题，土壤的环境问题也不能仅限于消极的治理土壤污染问题。而且应当注意积极的土壤生态建设。因此，较为全面地认识和研究环境土壤问题的领域——环境土壤学，逐渐兴起了。可以说它是在认识和解决环境土壤问题的过程中发展起来的。它以建设优良的土壤生态系统与提高土壤功能为宗旨，以土壤科学、环境科学和生态科学的理论与技术为手段，研究现代生产技术条件下土壤肥力异常恶化的原因与解决问题的方法。

回顾环境土壤学科的发展，至今只有几十年的历史，但环境土壤问题却早已遍及全球。我国是对土壤环境保护工作较重视的国家之一，古代有兴修水利、保持水土等优良传统，现代则有各种类型的土壤污染治理工作。如50年代至60年代的三废治理综合利用中，钢渣磷肥与窑灰钾肥的开发利用，城市污水的农田灌溉；70年代开始的农田污灌利弊与监测评价工作，并开展了10余个城市及郊区的土壤污染与背景值调查研究；80年代以来又发现大量施用农药，普遍地污染了土壤与农、畜产品，过多地使用化肥与人粪尿，引起部分地区土壤板结与酸化，用煤量增加导致的 SO_2 增多，从而产生的酸雨已经加速酸化了局部水体与土壤环境等问题；随着自动监测、追根溯源、综合治理与预测评价工作的开展，正在深入进行环境土壤背景值、土壤容量、酸沉降危害与土壤生态建设等项研究工作；90年代初已开始注意到被污染土壤所排放的甲烷对环境影响的研究。在研究与治理上述污染危害的工作中，大大地推动了环境土壤学的理论和科技等发展。

总之，大气或水体的污染，必然伴生着相应的环境土壤污染。因为土壤是无处不有的最廉价的纳污场地，又是难于、甚至是无法回避的污染物波及场地。通过各种渠道进入土壤的污染物，数量大，种类多，真可谓形形色色、层出不穷。这些问题虽有一定的法规加以管理和

限制,但毕竟有一定的局限性。事实上,立即对以上问题都付诸工程解决是极其困难的。最现实、最策略也是具有长远意义的做法,是一边健全法制管理,同时充分利用土壤—植物系统净化环境功能的这一广阔的资源,化害为利,提出无害化的环保措施与土壤生态建设措施。这是开发土壤功能于环境应用的重要途径,也是发展环境土壤学、完善环境土壤学的必由之路。

第三节 环境土壤学的任务与内容

环境土壤学的主要任务是研究人类活动引起的土壤环境质量变化,及其由此而对农业生产、生态环境以至人体健康等产生的影响,并探索调节、控制与改善土壤环境质量的优化途径、有效防治技术与治理方法等。

环境土壤学与农业土壤学的区别在于前者不只注意土壤的肥力与生产力,而且注重影响土壤净化力的人工环境因素,及其影响的效应、规律与对策。环境土壤学与土壤地理学的区别是,后者着重于土壤类型及其自然分布规律的研究,前者乃是着重研究由于人为因素引起的土壤资源的破坏、土地损失与土壤污染等异常的环境土壤问题及其发展规律与对策技术等。简言之,从土壤生产力的角度研究土壤是农业土壤学的任务;从生态环境的角度研究土壤是环境土壤学的任务。

从环境土壤学的任务来看,其内容首先要从生态系统的观点出发,明确土壤与农业生态系统的关系,了解土壤的基本特性,及其怎样表现与充分发挥其功能;其次是掌握土壤背景值与土壤环境容量,为土壤生态优化与污染评价奠定基础;再次是土壤生态建设、污染治理质量评价等问题讨论及其有关原理的系统阐述,以建立环境土壤学科的应用技术与途径。因此,本教材共分八章。第一章绪论,说明环境土壤学的任务与内容,阐述土壤与生态系统的关系。第二、三两章是介绍土壤的功能机制与土壤中的物质与能量的流动,建立土壤生态优劣的基本概念与评价方法。第四章是土壤环境背景值与容量,说明土壤由正常到污染的量变与质变的关系和标准。第五章是土壤的污染与治理,从生态破坏、水土流失、土壤沙化等8个方面论述了环境破坏带来的各种土壤问题。从成因、发展,到治理原则与实例,分析与论证人工控制土壤破坏的可能性与必要性。第六章是土壤资源的利用与保护,结合我国土壤资源的条件,利用现状与存在问题的实际,讨论土壤资源的人口容量,合理的开发途径,以及保护原理与技术。第七章为土壤生态优化的一般原理,以阐述优良的土壤生态系统为核心的建设途径、原理和例证。第八章环境土壤问题的调查研究方法,从研究环境土壤问题着眼,开展工作的设计思想与调查研究的一般规程进行介绍与讨论。

第四节 环境土壤学与相关学科

环境土壤学是建立在土壤学、生态学和环境学之间的边缘学科,它是随着环境问题的出现,在土壤学基础上发展起来的新学科。这几门学科又都是以物理学、化学、数学为基础;以生物学、气候学、地学和经济学的原理为手段揭示其规律,并通过工程技术和区划方法达到与分区规划治理的目的。在所有的相关学科中,以环境地学和农业环境学科的关系最为密切。

环境地学包括环境地质学、环境地球化学、化学地理学、污物气象学和海洋环境学等等。环境地质学以人类活动与地质环境的相互作用为研究对象。因为由人类活动引起的诱发性地震、废弃矿床、地下水水质恶化、地面沉降等等，都将产生严重的环境地质问题。而由地质作用产生的地震、火山爆发、海啸、山崩、泥石流等又深刻地影响着土壤的生态环境。地球化学以化学物质在地表环境中的分布、迁移与转化规律为研究对象。由于地表的许多化学物质都通过土壤—植物系统进入食物链和整个生态系统，而物质的地球化学过程有不少是土壤化学的内容。至于化学地理，则大部分是与土壤学和土壤化学之间的交叉内容。污染气象学虽是研究大气运动与大气污染的学科，但大气运动对污染物质在大气中的扩散，气象因素对污染物的化合与分解作用的影响，在相当广阔的范围内是土壤污染的一定成因。环境海洋学的研究对象虽是水体中的物质运动规律，但水下的土壤——底泥，却是许多海生生物的生育基地。底泥对于水生生物的影响，类似于陆地的土壤对植物的关系。

鉴于环境土壤学与许多学科之间存在的广泛联系，对于同一个环境问题的认识往往有不同的角度，不同的手段，以致不同的结论。但只有用辩证唯物主义的观点，实事求是的态度，采用先进的理论与技术对事物进行全面的综合分析，才能解决问题，并充实学科内容，所以在学习中要开阔视野，在应用中要深入钻研。

思 考 题

1. 土壤在农业生态系统中的地位如何？
2. 环境土壤学的目的与任务是什么？

主要参考资料

1. 黄瑞农等，环境土壤学，高等教育出版社，1988。
2. 严健汉等，环境土壤学，华中师范大学出版社，1986。
3. 朱祖祥等，土壤学(土化专业)，农业出版社，1982。
4. 侯光炯等，土壤学(南方本)，农业出版社，1982。
5. 叶谦吉，农业生态学，重庆出版社，1987。
6. E.P. 埃克霍姆，土地在丧失，科学出版社，1981。
7. H.P. 福斯，土壤科学原理，农业出版社，1984。
8. R. Lowrance, Agricultural Ecosystems, John Wiley & Son, 1984。

第二章 土壤的形成与功能

土壤肥力是指土壤供应与调控植物根系所需水、气、热、养料的能力。它由母质与环境诸因素相互作用而形成。土壤的形成过程是以地质大循环为基础，生物小循环为主导的物质、能量的良性循环与流动过程。保护生物循环势力是保护土壤的前提。人工培肥与保护土壤应充分利用这一自然规律。土壤功能是由土体、土层、土壤结构和土壤颗粒成分等各级功能所构成。它表现为对外界所提供的环境因素进行传导、缓冲与调节，使其以一定的成分和速度输入土内，对内则起着对水、气、热、肥进行调节与控制的能力。由于土壤的对内、对外调控能力的有限性，所以需对其调控原理进行研究，以致达到更高的利用自然与人工控制的水平。

第一节 土壤的形成过程

土壤肥力的形成，作为一个自然过程，往往需要追溯岩石表面最早是怎样产生了植物？因为是土壤养活了植物而不是岩石。

地壳在形成之初，其表面为严寒与酷热所笼罩。地表岩石受到冷热巨变而胀缩与崩解，形成岩石碎屑。在水与大气的作用下，它们进一步风化、分解、迁移与沉积。在海陆变迁中，先前沉积于海底的泥沙又变成了岩石，当其抬升地面以后，又接受风化与迁移等作用而运积海底。如此周而复始，这就是地壳物质的地质大循环。

在地质循环中所产生的岩石碎屑粗细不匀，其堆积物具有大、小不同的孔隙。大孔可以渗水透气，小孔可以吸持水分。因此，岩屑堆里同时兼有矿物、空气与水分。由于三者热特性的悬殊，使其与周围环境具有不完全相同和不完全同步的水、热状况及其变化规律。岩屑堆越大、越深厚，其间的水、热状况与环境的差异越大。相比而言，岩屑堆里比之外界环境，其水、热条件的变化幅度小，变化速度慢。如果说地壳表面逐渐冷却，已具有使无机物向有机物，甚至向生命物质转化的水、热条件时，那么，岩屑堆里的水、热条件就会更优于地表，以至更早地适于生命物质的形成。在地质大循环中，由于岩石、矿物种类的不同，以及环境条件的差异，它所产生的风化作用与母质类型也各具特色（见附表一至六）。

地表一旦产生了生物，它们必然是向岩屑、大气与水吸取营养。生物的残体不但以更集中的营养物质归还岩屑堆，而且以有机质使岩屑堆的成分更丰富，同时储备了化学能。这样使岩屑堆变成为矿物质、有机质和生物紧密结合的、固相、气相、液相三相共存的一个复杂、多相的、不均一体系，这就是土壤。在这个作用过程中，岩屑堆就是形成土壤的母质，生物与其它环境因素又使母质转变为土壤。此间，生物起到主导的作用。生物以其强大的生命力适应着环境，从周围介质中主动攫取它所需要的空气、水分与养分。同时，绿色植物以其光合作用，直接利用着太阳光能与 CO_2 形成有机质，使其储存于地壳表面。生物更以其生

死交替世代繁衍不断扩大之势从地质循环过程中夺取物质和能量，以致局部地、有力地、持续地削弱地质冲刷、淋溶与侵蚀等破坏势力。使其昔日的洪水、风暴等在生物覆盖的地面失去其猛兽般的吞食威力。生物保护了地面，而且使它的势力所及范围的物质能量进入了有利于生物生长的良性循环中去，并不断发展壮大起来。

在生物保护着的地面，发展着迅速的生物循环过程。它们主宰了有机物质的合成与分解，不断以有机质充实土壤。土壤有机质使矿质颗粒结成水稳性的团粒结构，进一步改善了土壤孔隙状态与三相关系。加上生物的继续繁殖与活动，使土壤中的水、气、热、肥条件更有利于生物的生长与繁育，土壤也就变得更肥沃了。

不过地质循环的规模很大，是全球性的；生物循环规模较小，是局部性的。两者虽是互为消长，但要控制整个地质冲刷的破坏势力，必将是一个艰巨而宏大的生态建设任务。环境条件总是多种多样的，地表的各个部分所接受太阳能量的数量、质量，是有纬度差异的，地表的水体分布也并不均匀。由于水、热的天然分布差异，使地表环境因素具有水平方向上的地带性。由于在不同海拔高度上也因水、热条件的差异，又产生了环境因素的垂直地带性。两种地带性的交叉，使任何一种土壤都处在水平—垂直地带中的特定位置，而且由所在地的条件，决定了特定植被类型与相应的生长状况，也决定了土壤类型与性质特征。在自然条件不利于植物生长的地方，土壤也自然无力突破其它因素的障碍而扶植植物繁育，例如，沙漠和苔原。但是，只要自然环境能基本满足植物生长最起码的光、热、水、肥条件时，植被与土壤间的相互影响与相互促进的作用，就可通过生物循环而得以迅速的发展。

人类在揭示土壤肥力产生的自然过程中，认识了纯粹的母质在养育生物与抵抗侵蚀方面的无能为力，也认识了生物在保护与发挥土壤肥力功能方面的巨大力量。从而有了人工加速土壤的形成、人工改造地形、人工植被的营造、人工加强土壤水、热动态的调节等等。使土壤肥力的形成过程大大地缩短了（常见的土壤形成过程见附表七）。

有些时候很难从直观上区分土壤与母质的差异。不过，并非任何时候都需要去分辨它们。但须注意，母质是土壤的矿物成分来源。矿物是占土壤总重量90%以上的物质。它的成分、性质、堆积状态深刻地影响到土壤肥力特性及其变化。因此，在认识土壤肥力特性时，必须认识土壤的母质成分和性质，以及它们在肥力功能上所起的作用；而不在于严格区分土壤与母质的外部特征。尤其是当一种母质覆盖于另一种母质上形成的土壤时，不要将其底层母质误认为上层土壤的母质，以免发生对土性的错误判断。

第二节 土壤的功能

土壤的功能包括它为植物提供支撑的场所，调节土壤水、热、空气、养分等植物根系适宜的生活环境。在现代经济社会条件下，又赋予了它新的内容，即土壤的“净化功能”。其实，这就是土壤吸附、固定转化物质的功能在对有害物所表现的效用。总括起来，这些功能是由土体、土层、土壤结构与土粒成分的功能组成的。

土体是支撑植物的场所和养育植物的基体。其上与大气为界，其下与母质、岩石相接。在水平方向上没有明显的界线，除非为地形和岩石的断裂带、沟壑塘库等所隔开。但是，在环境条件迥异的地方，也会产生剖面形态特征完全不同的土体。土壤剖面就能帮助我们