

高等学校环境类教材

Soil Environmental Science

土壤环境学

曲向荣 编著

Qu Xiangrong

清华大学出版社

高等学校环境类教材

Soil Environmental Science
土壤环境学

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统介绍了土壤的组成、结构与性质;土壤环境背景值和土壤环境容量;土壤环境污染概况;污染土壤修复技术;典型土壤污染物及其防治;土壤生态保护与土壤退化防治;污染土壤修复标准;土壤环境评价、区划、规划与管理等。本书从土壤环境污染的发生、发展、作用机制及其防治的角度对土壤污染问题进行了阐述,也从生态角度讨论了土壤生态问题的主要类型、发展、成因和防治的具体措施,并从土壤环境评价、规划与管理方面阐述了防治污染、合理利用土壤资源和保护土壤生态环境的新途径。

本书可作为高等院校环境科学、环境工程、水文水资源、生态学、土壤学、自然地理学等专业本科生及研究生的教材,也可作为相关专业科研、教学和工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

土壤环境学 / 曲向荣编著. --北京:清华大学出版社, 2010.11

(高等学校环境类教材)

ISBN 978-7-302-23888-1

I. ①土… II. ①曲… III. ①土壤环境 IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 183599 号

责任编辑:柳 萍 洪 英

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:170×230

印 张:14.75

字 数:268 千字

版 次:2010 年 11 月第 1 版

印 次:2010 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 元

产品编号:038010-01

前 言

土壤环境学作为一门环境科学和土壤科学之间的边缘分支学科,是在 20 世纪 60 年代随着环境科学的兴起而逐渐发展起来的。在它的初期发展阶段,着重于研究土壤污染的发生和防治,以及土壤环境质量现状评价等方面。但随着环境科学向着重视生态环境研究方向发展的趋势,土壤环境学研究的内容也在不断丰富与扩展,土壤生态环境与生态保护研究也同样受到重视,并获得重要进展,例如土壤环境退化研究,包括土壤沙化、水土流失、盐渍化、酸化……以及土地的非农业侵占等。土壤环境学应成为融土壤环境学基础理论,土壤污染与防治,土壤生态环境保护与土壤环境质量评价、规划和管理为一体的较为完善的学科体系。

本书的主要内容包括土壤环境的组成、结构与性质;土壤环境背景值和土壤环境容量;土壤环境污染概况;污染土壤修复技术(包括物理修复技术、化学修复技术、植物修复技术和微生物修复技术);典型土壤污染物及其防治(包括土壤重金属、化学农药、肥料、石油类、氟、放射性污染与防治);土壤生态保护与土壤退化防治(包括酸沉降、大型水利枢纽工程、资源开发工程对土壤环境的影响与防治及土壤沙化、水土流失、盐渍化和潜育化的发生与防治);污染土壤修复标准;土壤环境评价、区划、规划与管理等。其特点是,从土壤环境出发,一方面从土壤环境污染的发生、发展、作用机制及其防治的角度对土壤污染问题进行了深刻阐述。另一方面又从生态角度对土壤生态问题的主要类型、发展、成因和防治的具体措施进行了系统的阐述。并从土壤环境评价、规划与管理上全面阐述了防治污染、合理利用土壤资源和保护土壤生态环境的新途径,在土壤环境学上有新的开拓。

本书逻辑思维清晰,结构合理,重点突出,内容丰富、全面、系统,理论结合实际,阐述深刻。本书注意吸收国内外土壤环境学研究的最新方法和研究成果,是目前国内土壤环境方面一本颇有特色的教材。

本书在编写过程中引用了大量的国内外相关领域的最新成果与资料,具有前瞻性、先进性和实用性。在此向这些专家、学者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

曲向荣

2010 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 土壤环境和土壤环境学	1
1.1.2 土壤环境学的主要研究内容	2
1.1.3 土壤环境学的研究方法	2
1.2 土壤生态系统	3
1.2.1 土壤生态系统的组成与结构	3
1.2.2 土壤生态系统的功能	4
1.2.3 土壤生态系统平衡	7
1.3 土壤环境问题和土壤环境保护	8
1.3.1 土壤环境问题	8
1.3.2 土壤环境保护	10
思考讨论题	11
第 2 章 土壤环境的组成、结构与性质	12
2.1 土壤环境的物质组成	12
2.1.1 矿物组成	12
2.1.2 机械组成(质地)	13
2.1.3 有机质组成	14
2.1.4 土壤溶液物质组成	14
2.1.5 土壤空气物质组成	14
2.2 土壤结构与土壤环境结构	14
2.2.1 土壤结构	14
2.2.2 土壤环境结构	15
2.3 土壤的性质	16
2.3.1 土壤的吸附性	16

2.3.2	土壤的酸碱性	18
2.3.3	络合-螯合性	20
2.3.4	土壤环境中的氧化还原性	21
2.3.5	土壤微生物功能及其环境效应	23
2.3.6	土壤动物种类及其环境效应	24
思考讨论题		25
第3章 土壤环境背景值和土壤环境容量		26
3.1	土壤环境背景值	26
3.1.1	土壤环境背景值的概念	26
3.1.2	土壤环境背景值的研究状况	27
3.1.3	土壤环境背景值的测定	28
3.1.4	土壤环境背景值的应用	31
3.2	土壤环境容量	35
3.2.1	土壤环境容量的概念	36
3.2.2	国内外土壤环境容量研究概况	36
3.2.3	土壤环境容量的计算	38
3.2.4	土壤环境容量的应用	38
思考讨论题		43
第4章 土壤环境污染概况		44
4.1	土壤环境污染	44
4.1.1	土壤环境污染的过程	44
4.1.2	土壤环境的自净作用	45
4.2	土壤环境污染物与污染源	48
4.2.1	土壤环境污染物	48
4.2.2	土壤环境污染源	50
4.3	土壤环境污染发生类型及其影响因素	51
4.3.1	土壤环境污染发生类型	51
4.3.2	影响土壤环境污染的因素	52
4.4	土壤环境污染的危害	53
4.4.1	土壤环境污染危害的特点	53
4.4.2	土壤环境污染的主要危害	54
思考讨论题		57



第 5 章 污染土壤修复技术	58
5.1 物理修复技术	58
5.1.1 土壤蒸气提取技术	59
5.1.2 固化/稳定化技术	61
5.1.3 玻璃化技术	63
5.1.4 热处理技术	65
5.1.5 电动力学修复技术	66
5.1.6 稀释和覆土	67
5.2 化学修复技术	68
5.2.1 化学淋洗技术	68
5.2.2 溶剂浸提技术	70
5.2.3 原位化学氧化修复技术	72
5.2.4 土壤改良修复技术	72
5.3 植物修复技术	74
5.3.1 植物修复技术的类型	74
5.3.2 植物修复技术的作用机理	75
5.3.3 植物修复技术的优点和局限	79
5.4 微生物修复技术	80
5.4.1 微生物修复机理	80
5.4.2 微生物修复技术分述	82
5.4.3 微生物修复技术展望	87
5.5 污染土壤修复技术选择的原则	89
思考讨论题	90
第 6 章 典型土壤污染物及其防治	91
6.1 土壤重金属污染及其防治	91
6.1.1 重金属污染的特点	91
6.1.2 重金属在土壤-植物体系中的迁移和植物的耐性机制	92
6.1.3 土壤重金属污染防治	96
6.2 土壤化学农药污染及其防治	100
6.2.1 农药的特性	100
6.2.2 农药在土壤环境中的迁移、降解和残留	102
6.2.3 土壤化学农药污染的防治	109

6.3 肥料对土壤环境的影响及其防治	114
6.3.1 我国肥料利用现状及存在的问题	114
6.3.2 肥料对土壤环境和生物的影响	117
6.3.3 肥料污染的防治对策	124
6.4 土壤其他污染与防治	127
6.4.1 土壤石油污染及其修复	127
6.4.2 土壤氟污染及其防治	129
6.4.3 土壤放射性污染及其防治	131
6.4.4 土壤生物污染及其防治	133
思考讨论题	135
第7章 土壤生态保护与土壤退化防治	136
7.1 酸沉降对土壤生态环境的影响及其防治	136
7.1.1 酸沉降的形成和来源	136
7.1.2 酸沉降对土壤生态环境的影响	138
7.1.3 我国典型酸沉降污染地区及其防治	139
7.2 大型水利枢纽工程对土壤环境的影响及其防治	140
7.2.1 水利工程对土壤环境的影响	140
7.2.2 水利工程对土壤环境影响的调控和防治	141
7.3 资源开发工程对土壤环境的影响及其防治	142
7.3.1 资源开采业对土壤环境的一般影响	142
7.3.2 煤矿开采对土壤环境的影响	143
7.3.3 金属矿床开采对土壤环境的影响	145
7.3.4 矿山的土地复垦与生态保护	145
7.4 人类开发利用中的土壤退化及其防治	149
7.4.1 土壤退化的概念及分类	149
7.4.2 我国土壤退化的基本态势	150
7.4.3 土壤退化及其防治	151
思考讨论题	164
第8章 污染土壤修复标准	165
8.1 概述	165
8.1.1 污染土壤修复基准和标准的概念	165
8.1.2 污染土壤修复基准的研究方法	166

8.2	污染土壤修复标准的制定	167
8.2.1	社会因素	167
8.2.2	清洁技术因素	168
8.2.3	土壤的背景值因素	169
8.2.4	对地下水保护的因素	170
8.2.5	法规调控因素	171
8.3	国外一些发达国家污染土壤修复基准与标准	172
8.3.1	美国的污染土壤修复基准与标准	172
8.3.2	加拿大污染土壤清洁标准	175
8.3.3	澳大利亚土壤标准	176
8.3.4	日本的土壤保护及其标准	179
	思考讨论题	181
第9章	土壤环境评价	182
9.1	概述	182
9.1.1	土壤环境评价的概念	182
9.1.2	土壤环境质量的研究内容和方法	182
9.2	土壤环境质量现状评价	184
9.2.1	土壤环境质量现状调查	184
9.2.2	土壤环境质量现状评价	186
9.3	土壤环境质量预测	192
9.3.1	土壤污染预测	192
9.3.2	土壤退化趋势预测	194
9.4	土壤环境影响评价	199
9.4.1	环境影响评价概述	199
9.4.2	土壤环境影响评价概述	201
9.5	土壤环境风险评价	202
9.5.1	土壤环境风险评价的概念与内涵	202
9.5.2	土壤环境风险评价的步骤	203
	思考讨论题	205
第10章	土壤环境区划、规划与管理	206
10.1	土壤环境区划与规划	206
10.1.1	土壤环境区划	206

10.1.2 土壤环境规划·····	208
10.2 土壤环境管理·····	211
10.2.1 环境管理·····	211
10.2.2 土壤环境管理·····	214
思考讨论题·····	218
参考文献·····	219

第1章

绪论

1.1 概述

土壤作为独立的历史自然体,被定义为位于地球陆地具有肥力、能够生长植物的疏松的表层。因而人类最早就将其作为农业的主要生产资料、农业劳动的改造对象,土壤也就成为了人类赖以生存的重要自然资源。以土壤的主要客观属性肥力为中心,不断研究、探索有关土壤的发生、发展、分类、性质和地理分布规律,从而建立并发展了现代的土壤科学。

但是,从环境科学角度看,土壤不仅是一种资源,还是人类生存环境的重要组成部分。土壤环境要素组成农田、草地和林地等;岩石组成地壳、地幔和地核;全部土壤和岩石则构成土壤-岩石圈,它是人类的生存环境——四大圈层(大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈)的一个重要的圈层,连接并影响着其他圈层。

由于土壤环境的特殊物质组成、结构、空间位置,除了肥力外,还具有另外一些重要的客观属性——土壤环境的缓冲性、同化和净化性能。这些性能使土壤在稳定和保护人类生存环境中起着极为重要的作用,在某种程度上这种重要性并不亚于土壤肥力对于人类生存发展的意义。此外,我们还必须认识土壤的这些性能——肥力特征及生产性能与缓冲、同化和净化性能之间存在着内在联系,这会使我们更加深刻地认识到合理利用土壤资源和保护土壤环境的内涵及其深远的意义。然而迄今为止,对于土壤环境的环境功能和环境保护的意义,人类尚未有足够的认识和重视,也缺乏系统而深入的研究。现在,环境问题日趋严重,正日益困扰和威胁着人类的生活,增强和提高全人类的环保意识成了时代的需要。此时,加强对土壤环境的研究和认识,就不仅仅是土壤环境保护的需要,而是保护全球环境的需要,也是使人类社会经济与环境协同、持久而永续发展的需要。

1.1.1 土壤环境和土壤环境学

所谓土壤环境实际上指连续覆被于地球陆地地表的土壤圈层。土壤环境学则

是以人类和土壤环境的特殊矛盾为研究对象,应用土壤学、环境学以及其他相关学科(地理学、生态学和环境地球化学等)的基本理论和知识,研究土壤环境的发生和发展,特别是人类活动对土壤环境的组成、结构、性质和环境质量的影响,为预测、调控、管理、改造利用及保护土壤环境而服务的科学。它是土壤学和环境学之间的交叉学科或边缘学科。

1.1.2 土壤环境学的主要研究内容

(1) 从环境学角度研究土壤环境的物质组成、环境结构,和土壤环境中的物理、化学和生物学过程。

(2) 从系统论和环境地球化学观点来研究土壤环境内部各子系统间、地球表层环境系统中土壤与其他子环境系统之间的物质与能量交换、迁移和转化过程。

(3) 从生态系统观点研究土壤生态系统中污染物质的迁移转化对生物的生态效应和环境效应。

(4) 人类活动和全球变化对土壤环境的影响,土壤环境对人类活动和全球变化的响应和反馈作用。

(5) 土壤环境的评价、区划、规划和管理的原则和方法,土壤环境的预测与调控,土壤环境保护的方法,对策与措施研究。

1.1.3 土壤环境学的研究方法

土壤环境学带有多学科和跨学科的特点,因而从方法论到研究方法它都具有综合研究的显著特色。依据土壤环境学研究对象的特点和研究目的,其主要研究方法有:

(1) 宏观调查和微观分析相结合的研究方法

土壤环境学既要通过现场实况调查,取得大量观测数据。以掌握诸如:土壤环境污染源,环境背景值,区域环境容量,环境质量,以及各环境要素间的物质与能量交换、迁移转化等宏观的地学上的时空变化规律。同时还要进行土壤环境中物质赋存状态、物质与能量迁移转化过程微观机理方面的研究,并从两者的结合上探索土壤环境研究的新途径。

(2) 室内分析测试法

土壤环境学研究对分析测试技术的现代化、自动化和精度要求较高,如土壤环境的物质成分既包括大量、中量、微量和超微量元素,也包括无机物和有机物,不同价态、不同赋存形态的物质,因而在对土壤环境进行系统分析时,要求分析测试仪器和分析方法既要有较大的灵敏度范围,也要有不同的精度,对某些超微量元素的最低检出限达到 10^{-9} 或 10^{-12} 数量级。为适应土壤环境动态变化监测的需要,解

决土壤环境研究样品分析数量过大的问题,还要研制新的分析测试仪器,制定新的研究方法,实现测试的自动化和连续测试。

(3) 模拟试验研究方法

这是应用生态系统观点,采用盆栽试验和其他模拟试验技术手段,研究土壤-植物耦合开放系统中污染物质的赋存形式、迁移转化过程及其生态效应和环境效应,确定土壤环境容量,制定土壤环境标准,并建立土壤环境容量的数学模型,作为土壤环境预测、调控、规划和管理的重要依据。事实证明,模拟试验是土壤环境研究行之有效的重要研究方法。近年来模拟试验技术手段上还采用了土壤-植物系统开放式渗漏计(open lysimeter)和抽吸式渗漏计(suction lysimeter)以及环境污染模拟试验系统。

(4) 数理统计分析法

对土壤环境研究取得的大量观测和分析数据,进行数理统计分析,在微机上建立可操作运行的数据库、数据检索系统、数据分析和各种数学模型以至土壤环境信息系统,对土壤环境变化进行预测、调控、评价、规划和管理,以及制定土壤环境保护的技术经济方案,以便进行优选和决策等,是土壤环境研究的重要发展方向与途径。

1.2 土壤生态系统

土壤生态系统是全球陆地生态系统的重要组成部分之一。研究土壤生态系统是土壤生态保护的重要理论基础和依据。

1.2.1 土壤生态系统的组成与结构

1. 土壤生态系统的组成成分

土壤生态系统与其他自然生态系统的组成一样,主要分为:生命有机体部分,即植物和土壤微生物等;非生命无机环境部分,即母岩与母质、土壤矿物质、水分、空气和太阳光能等。土壤生态系统的生物部分,根据其在系统中物质与能量迁移转化中的作用,又可分为3个机能群:

(1) 第一性生产者:主要指含有叶绿素能利用太阳辐射能和光能合成有机体的植物。它们构成了土壤生态系统的基石,同时也是农业生态系统的基础。因为没有有机体第一性生产者,任何生态系统都不会有物质流和能量流组成食物链。对于农业生态系统也就不可能有农、林、牧、副、渔的全面发展。

(2) 消费者:即以生物有机体为食的异养性生物,包括土壤动物在内的所有草食动物和肉食动物。据其在食物链中所处的位置,又可进一步分为:一级消费

者(草食动物)、二级消费者(以草食动物为食的肉食动物)和三级消费者(以二级消费者为食的肉食动物)。

(3) 分解者: 主要指土壤中数以亿万计的依靠分解有机质维持生命的土壤微生物群。有机体分解者是使土壤生态系统以至全球表层环境系统中的 C、H、O、N、P、S, 以及 K、Na、Ca、Mg 和诸多微量元素得以周而复始地循环利用。因而在土壤生态系统和农业生态系统的永续发展中起着不容忽视的重要作用。

2. 土壤生态系统的结构

达到稳定的土壤生态系统具有一定的结构特征。首先依据土壤生态系统中地表和土壤环境条件的差异, 以及与此相关联的生物群体的种类、数量和它们在生态系统所起的作用, 可以划分出土壤生态系统的垂直结构和水平结构。垂直结构一般由以下 3 个主要层次构成:

(1) 地上生物群体层: 主要为绿色植物(乔木、灌木, 草本植物等)组成的生物群体, 是进行光合作用的主要场所, 所占空间的高度范围依植物种类而异。

(2) 土被生物群落层: 包括地面(枯枝落叶层)及植物根系所及的土被层的生物群体。本层是土壤生物群体(土壤动物、微生物、藻类等)的主要聚积层。是有机质生物累积、分解、转化, 矿物质风化、淋溶、淀积、迁移转化, 水分淋溶、蒸发蒸腾, 以及能量输入输出、交换的最为复杂和活跃的场所。

(3) 土被底层与风化壳生物群体层: 生物群体剧减, 生物有机体少, 是土壤生态系统矿质元素的主要补给基地。

垂直结构有的很复杂, 如森林土壤生态系统, 不论其地上生物群体(植物和动物)还是土被生物群体层, 层状分布都异常明显; 而有的土壤, 如荒漠土壤或原始土壤生态系统都较为简单。

其次, 土壤生态系统不仅具有垂直结构, 由于土壤环境条件的空间分异, 土壤生物群落组合也可产生水平差异, 且具有一定的水平结构或空间格局。

1.2.2 土壤生态系统的功能

土壤生态系统的功能主要表现在系统的能量流、物质流(生物产量和物质循环)和信息传递等方面。

(1) 土壤生态系统的能流

土壤生态系统能否继续存在和发展的条件, 是需要有经常不断的能量输入。因为一个系统会自发地以热的形式失去能量, 若没有新的能量补充则该系统的物质将退化到最简单的状态。

土壤生态系统的能量流包括物理过程——辐射收入支出平衡过程、潜热形式(降水和蒸发蒸腾)转化过程, 以及伴随物质的化学迁移转化的能量流, 但其主导过

程为生物过程。能量流是从自养性生物开始的,自养性生物将光能输入系统,以生物量的化学能形式贮存的能量输出到消费能的有机体;另一部分未被利用的能释放到周围环境中;第三部分是在将光能转化为化学能的过程中通过呼吸作用以热能形式损失掉。自养性生物所贮存化学能皆被食物链中位置较高的异养性生物所利用。异养性生物吸收化学能并将其转化为有用形式的过程称为同化作用。同化作用过程首先是通过降解作用,将复杂的有机物进行分解,产生贮存能量较低的简单产物,实际上是释放能量;第二步是把降解产物用作有机体内建造新的有机物的材料和用作能源。可见,异养性生物产生生物量时所利用的能是自养生物所贮存的化学能,没有新的能加入到生态系统中来,只能称之为第二性生产。

图 1-1 为土壤生态系统中能量流的示意图。图中能量流根据其类型来区分,点线代表太阳光能,断线代表热能,实线代表化学能。太阳能以光能形式进入土壤

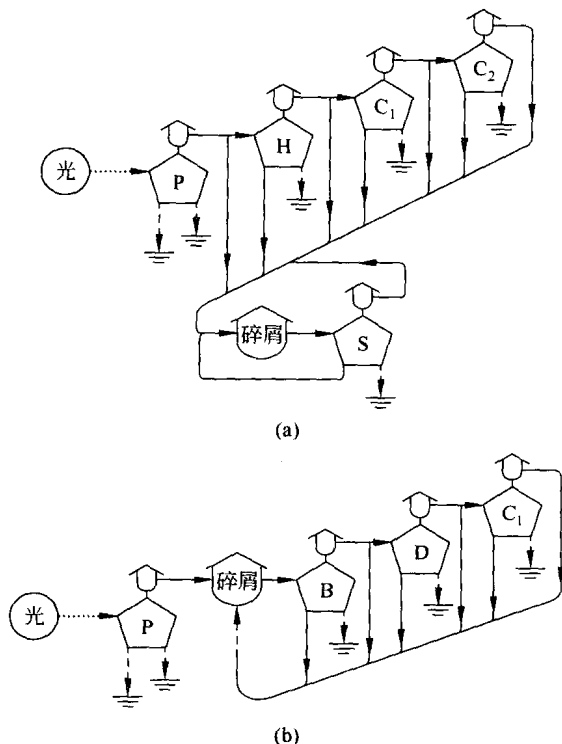


图 1-1 通过两种生态系统类型的能量流

(a) 食草食物链的生态系统; (b) 碎屑食物链的生态系统

P—第一性生产者; H—食草动物; C₁、C₂—食肉动物; B—细菌;

D—食碎屑的动物; S—代表碎屑食物链的生态系统能量流

(引自: Strahler A. N. 环境科学导论, 1983)

生态系统并被第一性生产者(P)所吸收,其中一部分作为辐射而损失掉。如果总生产超过呼吸作用,则第一性生产者的生物量增加。这种生物量作为食物链中营养级较高的食草动物(H)和食肉动物(C_1 、 C_2)能量输入来维持其生活,第一性生产者的生物量直接被较高级的有机体所消费。(图 1-1(a))是大多数陆地生态系统的模式,对于土壤生态系统来说,第一性生产者死亡的个体和个体部分,其有机物质及被吞食但未被同化的排泄物都加入到腐烂有机物(或称有机碎屑物)中去,它们由细菌(B)作用,食碎屑的动物(D)吞食碎屑来获取能量。它们转而成为肉食动物(C_1)的食物(图 1-1(b))。碎屑食物链在维持生态系统的能流和物流中起着重大作用。

能量一旦输入生态系统都要经过一系列转化过程,从一种形式的化学能转化成另一种形式的化学能,每一次转化都有一些能量变成热,并辐射,最后消失于周围环境中。因而随着每一次的转化,能量总在减少,直到全部转化为废热丧失为止。因此要维持生态系统的运转,要有能量(如太阳能)源源不断地补充。能量在生态系统中是单向流动的,在食物链中向上前进每个阶梯都有能量损失。一般来说,一个特定营养级所贮存的能可以在链中向上输送 10%~15%,图 1-2 表示生态系统中能量流,由图可知,食物链营养级能量每向上升一级减少到大约为原来的 1/10,这一事实具有重要含义:首先,生态系统营养级的数目有限,一般为四级或五级;其次,正如能流沿食物链向上递减一样,生物量也减少。

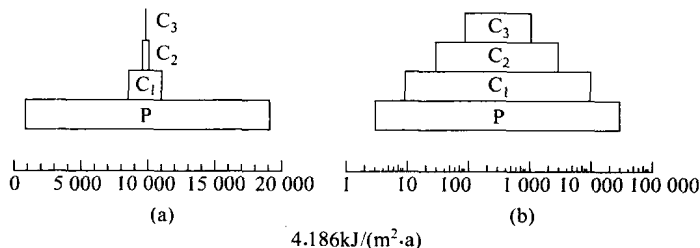


图 1-2 理论生态系统中的能量流

P—生产者; C_1 、 C_2 、 C_3 —第一、第二和第三级消费者

(a) 线性的能量流图; (b) 以对数为比例尺的能量流图

(引自: Strahler A N. 环境科学导论. 1983)

农业生态系统的能流与自然生态系统能流的重要差别在于:在农业生态系统中人类应用化学杀虫剂、除草剂,施用化学肥料,利用光能和化石燃料(如农机燃料)等能量的输入,增加净第一性生产量(净第一性生产量可提高 5 倍多)。

(2) 土壤生态系统的物质流

生物和生态系统除需要持续的能量输入之外,还需要物质的输入。物质起着两种作用:首先作为能量的载体;其次,它是支持生命的生物化学活动的天然结

构。在生态系统中物质流和能量流不同,它在转化过程中不会逐渐消失,而可以保存于生态系统中被循环利用,或者说物质在生态系统中是循环流动的。

土壤系统生态中物质的迁移转化过程较能流要复杂得多。首先,物质组成、性质和结构异常复杂,几乎包含有岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的主要元素和化合物;其次,该生态系统中物质迁移转化和循环途径复杂。按循环物质实质内容可分为水分循环、空气循环、营养物质循环。按循环途径有生物小循环(生物迁移过程),即有机质的形成与分解,它是土壤生态系统中物流的主导过程;物质的地质大循环——矿物质的风化产物和有机质分解产物的水迁移物理过程、物质的物理化学迁移过程(吸附和解吸)、物质的化学迁移过程(溶解和沉淀),物质的大气循环——气体物质的大气迁移过程(挥发、扩散和大气沉降),都是土壤生态系统中物质的重要迁移转化过程。由此,更清楚地显示了土壤环境是一个如何复杂的开放系统。

1.2.3 土壤生态系统平衡

所谓生态平衡,是指一个生态系统在特定时间内的状态,在这种状态下,其结构和功能相对稳定,物质与能量输入输出接近平衡,在外来干扰下,通过自调控能恢复到最初的稳定状态。也就是说,生态平衡应包括3个方面,即结构上的平衡、功能上的平衡以及物质输入与输出数量上的平衡。反之为生态系统失衡或生态系统遭到破坏。

生态平衡破坏的标志主要体现在两个方面:结构上的标志和功能上的标志。

生态平衡破坏首先表现在结构上,包括一级结构缺损和二级结构变化。一级结构指的是生态系统的各组成成分,即生产者、消费者、分解者和非生物成分组成的生态系统的结构。当组成一级结构的某一种成分或几种成分缺损时,即表明生态平衡失调。如一个森林生态系统由于毁林开荒,使森林这一生产者消失,造成各级消费者因栖息地被破坏、食物来源枯竭,必将被迫转移或者消失;分解者也会因生产者和消费者残体大量减少而减少,甚至会因水土流失加剧被冲出原有的生态系统,则该森林生态系统将随之崩溃。

生态系统的二级结构是指生产者、消费者、分解者和非生物成分各自所组成的结构。如各种植物种类组成生产者的结构,各种动物种类组成消费者的结构等。二级结构变化即指组成二级结构的各种成分发生变化,如一个草原生态系统经长期超载放牧,使得嗜口性的优质草类大大减少,有毒的、带刺的劣质草类增加,草原生态系统的生产者种类发生改变,并由此导致该草原生态系统载畜量下降,持续下去,该草原生态系统将会崩溃。

生态平衡破坏表现在功能上的标志,包括能量流动受阻和物质循环中断。