



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

环境生物学

李顺鹏 主编

中 国 农 业 出 版 社

面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

环 境 生 物 学

李顺鹏 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境生物学/李顺鹏主编. —北京: 中国农业出版社,
2002.6
面向 21 世纪课程教材
ISBN 7-109-07652-0

I. 环... II. 李... III. 环境生物学—高等学校—教材
IV. X17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 025695 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 刘 存

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 30.25

字数: 720 千字

定价: 41.90 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 李顺鹏 (南京农业大学)

副主编 孙振钧 (中国农业大学)

闵 航 (浙江大学)

参 编 黄 耀 (南京农业大学)

周立祥 (南京农业大学)

何绍江 (华中农业大学)

邵小明 (中国农业大学)

沈 标 (南京农业大学)

顾向阳 (南京农业大学)

崔中利 (南京农业大学)

何 健 (南京农业大学)

陈立伟 (南京农业大学)

王永杰 (南京农业大学)

刘 智 (南京农业大学)

占新华 (南京农业大学)

主 审 顾宗廉 (中国科学院南京土壤研究所)

序

资源与环境问题是当今世界人类甚为重视的问题之一。中国作为世界上最大的发展中国家，人口众多，资源与环境问题日趋严重。近年来，我国的江河湖泊严重污染，其主要原因是过度砍伐，过度放牧，造成水土流失严重，未经处理的工业与生活废水的大量排放、农药化肥的大量使用，造成的面源污染等，已严重地影响人民的健康，危及到人类的生存。现在大家都已看到这一问题的严重性，但从根本上解决上述问题，实现祖国的山河秀美，除从中央到各级政府加大环保立法与执法力度外，更重要的是要提高全民素质，增强环保意识，人人都来爱护与保护环境。所以在这种形势下，由中华农业科教基金项目资助的《环境生物学》教材出版是一件非常有意义的事，也是非常必要与及时的，它对于我国的生态环境保护与农业的可持续发展具有重要的实际应用价值与长远的影响。

《环境生物学》是一部新型的综合性教材，它综合了环境科学、环境工程、动物学、植物学、微生物学等学科有关内容。本书系统地阐述了环境生物学的基本知识及环境污染的生物净化工艺和技术等，是我国高等农业院校的第一部有关环境生物学的教材。本书有如下的特点与特色：一是内容比较全面；二是注重理论与实际相结合；三是强调《环境生物学》在农业上的应用，突出了动植物与微生物资源的综合利用及其在生态环境保护中的意义和作用，农药化肥的面源污染与生物修复，固体废弃物处理尤其是重金属的生物处理以及生态农业与绿色农产品等问题，使农科院校学生的学习目标明确，掌握实际的知识与技能；四是本书内容新颖，反映了本领域最新的动态，不仅适合作本科教材使用，对于从事农业与环境保护的科技人员也有一定的阅读与参考价值。

本书的编者均为我国几所著名的重点农业大学的教授、专家。他们长期从事该领域的教学、科研与技术开发，有着丰富的实际工作经验，因而使本书得以顺利编写与出版。

最后，衷心希望《环境生物学》这部教材在今后的教学与科研实践中不断充实与完善，环境生物学这门新型的综合学科不断发展与壮大，为我国的高等农业教育的人才培养以及生态环境保护事业作出更大贡献。

陈文新

2002.1 北京

前 言

本教材被教育部批准为全国高等教育“面向 21 世纪课程教材”。

当今世界人类所面临的最突出问题之一就是资源与环境问题。人口的增加、资源的大量消耗与不合理使用及其所造成的环境污染、生态恶化等已严重地威胁到人类生存。《环境生物学》就是在这种形势下产生的一门综合性新型教材。在中华农业科教基金项目的大力支持与资助下，出版的这部高等农业院校教材，正适应当前我国环保的严峻形势，加强学生的环保意识教育，让学生掌握环境生物学的基本原理、基本知识与基本技能，为我国的环境治理与管理做出应有的贡献。有关教材的编写事项说明如下。

（一）本书的编写遵循下列基本原则

1. 力求教材体系的完整性。《环境生物学》是一门综合性教材，教材的编写过程中注重体系的完整，从环境生物学的基本概念、自然生物环境与生态系统、自然生物环境的污染、环境污染的生物效应及其对平衡生态系统的破坏、摧毁到污染环境的生物净化及其新技术、新工艺与工程设计等，形成一个比较完整的体系，让学生能学到完整的知识体系。

2. 注重实际与理论的结合。尽量结合实际与工程实例，力求把道理说清楚，使学生能学到实际的知识与本领。

3. 力求教材内容的新颖。除了参考国内外已发表、出版的论文与著作教材外，还有许多信息与资料，直接从网上查获。

4. 由于本教材涉及不同的学科，且学科之间的跨度又较大，涉及的内容又多，所以本书的作者来自不同的学科，有的章节就有 2~3 个来自不同的学科作者来完成。

5. 由于我国国民经济发展迅速，环境污染问题依然严峻，尤其是加入 WTO 后我国的农业面临一系列的问题，所以本书中围绕生物修复、生态农业、农药化肥的污染与控制、有机废水与固体废弃物的生物处理、面源污染控制与重金属污染、农业可持续发展等，作了比较多的介绍，或许这也是本书的特色之一。

（二）本书的编写情况

本书连绪论一起共十四章。前六章主要介绍生态学、自然环境的污染及其毒害、机理、生物效应等，后七章主要介绍污染环境的生物治理技术与工艺等。参加编写的有南京农业大学、中国农业大学、浙江大学、华中农业大学的专家与教授。参加编写人员分工如下：

绪论（李顺鹏）

第一章 自然生物环境（何绍江）

第二章 生态系统（何健、李顺鹏）

第三章 生物多样性（沈标、邵小明、孙振钧）

第四章 自然环境的污染 (闵航)

第五章 环境污染的生物效应 (闵航)

第六章 生物监测与生物学评价 (孙振钧)

第七章 生物与环境保护 (崔中利、刘智、李顺鹏)

第八章 生物资源的利用与保护 (孙振钧、邵小明)

第九章 有机废水的生物处理 (顾向阳、何健、李顺鹏)

第十章 固体废弃物的生物处理与利用 (周立祥、占新华)

第十一章 污染物的生物处理工程设计 (陈立伟)

第十二章 污染环境生物修复 (崔中利、黄耀、王永杰)

第十三章 农田生态保护与农业可持续发展 (黄耀)

全书由何健同志进行文字编辑和校核。

(三) 承蒙我国著名的微生物学家、中国科学院院士、中国农业大学教授陈文新先生于百忙之中为本书作序, 中国科学院南京土壤研究所研究员顾宗濂先生为本书主审, 既是为本书质量把关, 也是对我们的激励与鼓舞, 在此仅表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中, 还得到了南京农业大学农学院顾德兴教授、胡金良副教授、动物科技学院高国富副教授和自然资源与环境科学学院周顺桂博士的帮助, 在此一并致谢。

本书在编写和出版过程中, 始终得到了南京农业大学自然资源与环境科学学院院长沈其荣教授、副院长陈巍同志, 南京农业大学教务处蒋宝庆先生和教材科周根娣以及中国农业出版社的关怀与大力支持, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有不足之处, 敬请读者谅解。

主编 李顺鹏

2002.5 于南京

内 容 简 介

本教材主要介绍环境生物学的基本概念、目标与任务；自然生物环境及其自然生态系统，自然生态环境下包括植物、动物与微生物的多样性；自然生物环境的污染、非生物环境污染物对生物体的毒害及其机理，生物污染物对环境的污染及其机理，环境污染物的生物效应及其对平衡生态系统的破坏与摧毁；污染环境的生物净化，生物净化的新技术、新工艺及其工程设计等。本教材不仅是适合于高等院校的生物科学、生物技术、生物工程、环境科学、环境工程、农业资源与环境及农学类其他专业教材，对于教学科研人员也有一定参考阅读价值。

目 录

序
前言

绪论	1
一、环境与环境问题	1
二、环境科学	5
三、生物学	7
四、环境生物学	8
第一章 自然生物环境	16
第一节 环境因子	16
一、大气	16
二、水	19
三、土壤	22
第二节 物质的生物地球化学循环与生物参与性	28
一、碳素生物循环	29
二、氮素生物循环	31
三、硫素生物循环	36
四、磷素生物循环	39
五、铁、锰、钾的转化	42
第二章 自然生态系统	44
第一节 种群生态	44
一、种群的概念	44
二、种群的基本特征	45
三、种群的基本参数	45
四、生命表及存活曲线	48
五、种群增长的基本模式	49
六、种群变动和种群结构	52
七、种群的群体行为	54

目 录

八、种群间关系	55
第二节 群落生态	56
一、群落的概念	56
二、群落的特征和结构	56
第三节 生态系统	62
一、生态系统的概念	62
二、生态系统的组成成员	62
三、生态系统的食物链 (food chain)	63
四、生态系统的能量流动	64
五、生态系统中的物质循环	65
第四节 生物圈	66
一、生物圈的概念	66
二、生物圈的主要生态系统	66
第三章 自然环境中的生物多样性	72
第一节 生物多样性的基本概念	72
一、生物多样性概述	72
二、生物多样性的丰富性	73
三、生物多样性的价值	75
四、生物多样性保护行动	77
第二节 微生物的多样性及其在生态系统中的作用	78
一、微生物的多样性	78
二、微生物在生态系统中的作用	85
第三节 植物多样性及其在生态系统中的作用	86
一、植物的多样性	86
二、植物生态系统的多样性	91
三、植物遗传的多样性	91
四、植物在生态系统中的作用	92
第四节 动物多样性及其在生态系统中的作用	93
一、动物的多样性	93
二、动物分布的广泛性	98
三、动物在生态系统中的作用	100
第四章 自然环境的污染	102
第一节 环境的污染与环境污染	102
一、环境与环境污染	102
二、环境污染类型及其污染物	102

三、大气、水域和土壤及其污染	105
第二节 非生物性污染物对环境的影响	108
一、化学性污染物在环境中的行为特点	108
二、化学性污染物对环境的影响	113
三、物理性污染对环境对环境生物的影响	115
第三节 生物性污染物对环境的影响	119
一、人类对环境的影响	119
二、微生物及其产物污染	119
三、植物及其产物对环境的影响	124
四、动物及其产物对环境的影响	126
第四节 转基因生物对环境安全性的影响与控制	127
一、转基因生物	127
二、对转基因生物的环境生态安全性和人类健康安全性忧虑	128
三、对转基因生物安全性潜在风险的控制	130
第五章 环境污染的生物效应	132
第一节 环境污染对平衡生态系统的破坏	132
一、平衡生态环境的破坏及其因素	132
二、环境污染对平衡生态系统的破坏	133
三、失衡生态系统环境的修复与重建	134
第二节 环境污染对生物及其群落生态的效应	136
一、化学污染物在动、植物体内的迁移、积累和排出	136
二、环境污染对生物体基因和活性大分子物质的影响	137
三、环境污染对生物体细胞结构和器官组织的影响	138
四、环境污染对生物个体的影响	138
五、环境污染对生物体群落的影响	140
第三节 大气污染的生物效应	140
一、SO ₂ 对植物的危害与影响	141
二、氟化物对生物的危害	141
三、O ₃ 对植物的危害与影响	143
四、乙烯污染对植物的危害与影响	143
五、过氧乙酰硝酸酯 (PAN) 对植物的危害与影响	144
六、酸雨对植物的危害与影响	144
七、CO ₂ 、CH ₄ 、NO _x 等温室效应气体污染	145
八、设施农业中的薄膜散发气体污染	145
九、多种气体污染物的复合污染	146
十、大气微生物污染的影响与危害	146

目 录

第四节 水体污染的生物效应	147
一、水域氮磷污染的生物效应	147
二、水域盐污染和酸碱污染的生物效应	150
三、水域热污染的生物效应	151
四、水域有机物污染的生物效应	151
第五节 土壤污染的生物效应	152
一、土壤污灌对土壤微生物和其他生物的影响	152
二、土壤农药、除草剂污染的生物效应	154
三、土壤重金属污染的生物效应	156
第六节 城市化对环境和环境生物的影响	158
一、城市化对环境的影响	158
二、城市化对环境生物的影响	160
第七节 环境污染、环境激素与人类生存危机	162
一、环境污染与环境激素	162
二、环境激素的来源和存在	163
三、环境激素对人类生存的严重威胁	165
第六章 生物监测和生物学评价	168
第一节 生物监测和生物学评价概述	168
一、生物监测的概念	168
二、生物监测的特点	168
三、生物监测的依据	170
第二节 生物监测的基本方法	173
一、指示生物法	173
二、现场调查法	178
三、现场盆栽定点监测法	178
四、群落和生态系统监测法	178
五、毒性与毒理试验	184
六、生物标志物检测法	189
七、环境流行病学调查法	192
第三节 大气污染的生物监测	194
一、指示植物法	194
二、大气污染植被调查法	196
三、植物群落监测法	196
四、污染量指数法	197
五、大气污染的细菌总数测定法	197
六、地衣、苔藓监测法	198

七、紫露草微核监测法	199
八、大气污染的综合生态指标法	199
第四节 水污染的生物监测	199
一、细菌测定	199
二、浮游生物测定	200
三、大型底栖无脊椎动物测定	201
第五节 土壤污染的生物监测	202
一、概述	202
二、土壤污染的类型	202
三、污染土壤的生物监测	203
第六节 环境污染的生物学评价方法	205
一、一般描述对比法	206
二、指示生物法	206
三、动植物区系法	206
四、生物指数法	207
五、多样性指数法	210
六、生产力法	211
七、残留量指数及富集系数	211
第七节 环境质量的生物学评价	211
一、环境质量定义及其基本内涵	211
二、生态环境质量评价	213
第七章 生物与环境保护	216
第一节 环境保护中的生物学原理	216
一、生物体的结构特性及其在环境保护中的作用	216
二、生物的生理代谢活动直接参与污染物的降解	217
三、遗传特性决定生物在环境保护中的作用	219
第二节 微生物与环境保护	220
一、微生物降解有毒物质的机制及影响因素	220
二、微生物对易降解有机污染物的分解和利用	224
三、微生物对芳香族化合物的转化和降解	225
四、微生物对碳氢化合物和其他有机污染物的分解和转化	227
五、微生物对重金属污染物的转化作用	233
六、微生物对非金属无机污染物的利用和转化	235
第三节 植物与环境保护	237
一、植物在水土流失的防治中的作用	238
二、植物与大气保护	239

目 录

三、植物与荒漠化治理	240
四、盐碱地的生物治理	240
五、植物与水体污染保护	241
六、超积累植物与重金属污染土壤的生物修复	242
七、噪音污染保护	244
八、城市绿化改善小气候的生态效应降温作用	244
第四节 动物与环境保护	245
一、环境污染物的净化	245
二、原生动物在污水处理中应用	246
三、通过生物防治减少环境不友好化合物的使用	247
第八章 生物资源的利用与保护	250
第一节 生物资源的特性与合理利用	250
一、生物资源的基本特性	250
二、生物资源的保护	252
三、生物资源的管理	252
四、中国生物资源的利用和保护	253
第二节 森林资源的利用与保护	255
一、世界森林资源现状	255
二、森林资源的价值及其利用	256
三、中国森林资源和保护利用	258
第三节 草原资源的利用与保护	261
一、世界草地资源现状	261
二、草地资源开发利用中的问题	263
三、中国草地资源	264
第四节 海洋生物资源的利用与保护	269
一、全球海洋生物资源	269
二、中国海洋生物资源的保护与开发	271
第五节 野生动物、植物资源的利用与保护	273
一、野生动物资源的利用与保护	273
二、野生植物资源的利用与保护	275
第六节 微生物资源的利用与保护	278
一、微生物资源及其特点	278
二、微生物资源开发利用	279
三、微生物资源的保护	281
第九章 有机污水的生物处理	286
第一节 有机污水水质指标	286

一、有机污水的水质指标	286
二、中国的污水排放标准	289
三、有机污水的可生化性	289
第二节 活性污泥法	291
一、活性污泥法原理	291
二、活性污泥法各种运行方式	294
三、运行条件控制	301
四、活性污泥的驯化和形成机制	303
五、污泥膨胀及其控制对策	305
第三节 生物膜法	307
一、生物膜及其特点	307
二、生物膜法的生物相组成	308
三、生物膜法反应器类型	309
第四节 厌氧生物处理	312
一、厌氧生物处理特点和原理	312
二、厌氧处理过程用控制条件的常用工艺参数	314
三、厌氧消化反应器种类	315
四、厌氧消化的影响因素	320
五、“病态池”的诊断	323
第五节 生物脱氮除磷技术	323
一、生物脱氮	323
二、生物除磷	329
三、联合生物脱氮除磷工艺	331
第六节 稳定塘和土地处理系统	333
一、稳定塘	333
二、土地处理系统	338
第七节 有机污水的生物资源化	343
一、酵母	344
二、光合细菌 (PSB)	348
三、藻类	351
第十章 固体废弃物的生物处理与利用	356
第一节 概述	356
一、固体废弃物的定义	356
二、固体废弃物的来源	356
三、固体废弃物的排出量及其对环境的影响	357
四、固体废弃物的生物处理与利用常见方法	358

目 录

第二节 城市生活垃圾的生物处理技术	359
一、中国城市生活垃圾的基本概况	359
二、城市生活垃圾的生物处理技术	361
第三节 固体废弃物的高温堆肥技术	366
一、堆肥的基本概念	366
二、堆肥类型	366
三、堆肥原料	367
四、好氧堆肥的原理及微生物学过程	368
五、工艺装置及其影响堆肥的主要因素	370
六、堆肥的腐熟度	373
第四节 固体废弃物生物能源化——制醇技术	374
一、用于酒精发酵生产的有机废弃物种类	374
二、酒精发酵的基本原理	375
三、纤维质有机废弃物的预处理与水解	377
四、纤维素原料的酒精生产工艺	377
第五节 有机废弃物微生物饲料化处理	380
一、概述	380
二、常见的饲料微生物	381
三、微生物饲料主要种类	383
四、利用青绿的作物秸秆等制备青贮饲料	383
五、利用农业秸秆、畜禽粪便等制作发酵饲料	385
第六节 固体废弃物中重金属的生物去除	388
一、微生物淋滤的基本原理	388
二、生物淋滤法在去除污泥重金属中的应用	391
三、重金属污染土壤的微生物淋滤	395
四、粉煤灰的生物淋滤	396
第十一章 污染物生物处理工程设计	398
第一节 生物处理数学模式	398
一、生化反应速度	398
二、生化反应级数	399
三、Michaelis & Menten 方程式及应用	401
四、Monod 方程和 Heukelekian 方程	403
第二节 污染物生物处理中的反应器分析	403
一、完全混合间歇反应器	404
二、完全混合连续反应器	405
三、多级串联的完全混合连续反应器	406

四、推流式反应器	407
第三节 工程设计的步骤和内容	409
一、项目建议书阶段	409
二、可行性研究阶段和可行性报告	409
三、初步设计阶段	411
四、施工图设计阶段	412
五、设计代表工作	413
第四节 污染物处理工程工艺设计	413
一、整体工艺流程	413
二、曝气池工艺设计	414
三、沉淀池工艺设计	415
四、供氧设备设计	416
五、污泥回流设备设计	418
第五节 污染物处理工程设计实例	419
一、设计依据	419
二、各工艺段设计说明	421
第十二章 污染环境的生物修复	426
第一节 生物修复概论	426
一、生物修复的基本概念	426
二、生物修复的基本内容	427
三、生物修复的技术方法	428
四、生物修复的工程设计	431
第二节 农田土壤污染的生物修复	432
一、化肥对环境的影响与控制	433
二、农田土壤的重金属污染生物修复	435
三、农药残留污染的控制与生物修复	437
第三节 污染水体的生物修复	443
一、湖泊水体富营养化的生物治理	443
二、海洋赤潮的生物防治	447
三、地下水污染的生物治理	450
第十三章 农田生态保护与农业可持续发展	453
第一节 农田生态保护的历史与现状	453
第二节 农田生态保护技术	454
一、生物防治技术	454
二、生态农业	455