



全国高职高专教育“十一五”规划教材



# 环境微生物

刘海春 臧玉红 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

李斌译内

# 环境微生物

刘海春 臧玉红 主编

第1版 (2008) 自编教材

高等教育出版社 北京 2008年10月第1次印刷

ISBN 978-7-04-025211-1

定价：25.00元

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第048453号

环境微生物 / 刘海春, 臧玉红主编. — 北京: 高等教育出版社, 2008

ISBN 978-7-04-025211-1

责任编辑: 李斌  
封面设计: 李斌  
责任印制: 李斌  
地址: 北京西城区德胜门内大街2号  
电话: (010) 62050668  
网址: www.hep.com.cn

ISBN 978-7-04-025211-1

定价: 25.00元

http://www.hep.com.cn

http://www.hep.com.cn

http://www.hep.com.cn

http://www.hep.com.cn

http://www.hep.com.cn



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

地址: 北京西城区德胜门内大街2号

电话: (010) 62050668

## 内容提要

本书是全国高职高专教育“十一五”规划教材。

由于微生物自身的特性,决定了其在环境学领域和环境监测中具有独特的作用。本书在介绍微生物的主要类群和生理等基础知识的基础上,重点阐述微生物与环境的相互关系及相互作用。同时,注重实训能力的培养,编写了微生物学基础、微生物与环境的相互作用、微生物实验等内容。

本书可作为应用性技能型人才培养环境保护类专业教学用书,也可供相关行业工作人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

环境微生物/刘海春,臧玉红主编. —北京:高等教育出版社, 2008.6

ISBN 978-7-04-024011-5

I. 环… II ①刘…②臧… III. 环境科学:微生物学-高等学校:技术学校-教材 IV. X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 048842 号

策划编辑 张庆波 责任编辑 谭燕 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉  
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京明月印务有限责任公司

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16  
印 张 14.5  
字 数 350 000

版 次 2008 年 6 月第 1 版  
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷  
定 价 20.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24011-00

# 高职高专教育环境保护类专业教材 指导委员会和编审委员会

## 指导委员会

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会

## 编审委员会

### 主任委员

林振山(环保与气象类专业教学指导委员会)

### 副主任委员

李元(环保与气象类专业教学指导委员会)

王国祥(环保与气象类专业教学指导委员会)

王立新(中国环境管理干部学院)

孙蕾(长沙环境保护职业技术学院)

### 委员

陈文 傅刚 高翔 关荐伊 倪才英 孙即霖 相会强

薛巧英 张宝军 顾勇 高红武 陈喜红 高艳玲 耿世刚

郭正 何红升 金文 刘海春 石光辉 王晓燕 王怀宇

王金梅 姚运先 周凤霞

# 前 言

环境污染治理技术一般可分为物理技术、化学技术和生物技术三大类。由于物理技术的不彻底性和化学技术易产生二次污染等问题,生物技术已成为环境污染防治研究的重点,其中的环境微生物技术则是环境科学领域关注的热点。

环境微生物是在微生物学、环境保护、环境工程及环境监测等学科相互渗透、相互交叉的基础上形成的一门新兴边缘学科,是微生物生理学、微生物生态学在污染治理、环境净化和环境监测等领域应用过程中逐渐发展起来的一门专业基础课,其基本原理与技术在于改善人类生存环境和消除环境污染中起到重要的指导作用。学习环境微生物将为环境工程专业和环境科学专业的相关专业课程如“水污染控制技术”、“大气污染控制技术”、“固体废物处理处置技术”、“环境监测”(生物监测)、“环境毒理学”等课程奠定牢固的基础。

本书内容既完整体现相应课程应有的知识,又注重反映本学科发展的先进成果,符合高等职业教育培养面向生产、建设、服务和管理一线需要的高技能人才的要求。

本书在每章前提出了知识目标和能力目标,对本章的学习有很好的指导作用;每章后的自测题以试卷题型给出,有利于学生进行自我测试,加强和巩固对重要知识点的把握;在适当章节处穿插了趣味性较强的课外读物,有利于拓展学生的知识面,提高学生的学习兴趣。

本教材第一章、第三章由承德石油高等专科学校臧玉红编写;第二章、第四章、第五章和第八章由北京电子科技职业学院李双石编写;第六章由北京城市学院高艳玲、中国环境管理干部学院李敬苗编写;第七章由扬州环境资源职业技术学院刘海春编写;第九章及附录部分由扬州环境资源职业技术学院邱小燕、束琴霞编写。全书由刘海春、臧玉红统稿。

西北农林科技大学资源环境学院薛泉宏教授担任教材主审,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示感谢。

在此,编者谨向本书参考资料的作者表示衷心感谢。本书还引用了一些网络资源,由于未能注明作者,在此一并致谢。

鉴于编写水平和时间所限,书中的疏漏和不妥之处在所难免,恳请有关专家、老师和同学们批评指正。主编信箱 yzhchliu 2006@126.com。

编 者

2008年1月

# 目 录

## 第一篇 基础篇

第一章 绪论	3	三、培养基	52
导言	3	四、营养物质的吸收方式	57
第一节 微生物概述	3	第二节 微生物的代谢与生长繁殖	58
一、微生物在环境中的重要作用	3	一、微生物的代谢	58
二、微生物的概念及特点	5	二、微生物的生长繁殖	66
三、微生物资源	6	第三节 微生物的遗传与变异	71
第二节 环境微生物概述	7	一、遗传变异的物质基础	71
一、环境微生物的内容	7	二、微生物的变异	73
二、环境微生物的任务	8	第四节 菌种的衰退、复壮和保藏	76
三、环境微生物的发展前景	9	一、菌种的衰退	77
本章小结	10	二、菌种的复壮	77
自测题	10	三、菌种的保藏	78
第二章 环境中的主要微生物	13	本章小结	81
第一节 微生物的分类	13	自测题	81
第二节 原核微生物	14	第四章 生态因子对微生物的影响	84
一、细菌	14	第一节 基本概念	84
二、其他原核微生物	24	第二节 生态因子	84
第三节 真核微生物	29	一、限制因子定律	85
一、真菌	29	二、最低定律	85
二、其他真核微生物	34	三、耐性定律	85
第四节 非细胞型微生物——病毒	42	第三节 生物因子	85
一、病毒的主要特征	42	一、共生关系	86
二、病毒的形态和大小	43	二、互生关系	86
三、病毒的结构	43	三、拮抗关系	86
四、病毒的繁殖	44	四、捕食关系	86
本章小结	46	五、寄生关系	87
自测题	46	六、竞争关系	87
第三章 微生物生理	48	第四节 非生物因子	87
第一节 微生物的营养	48	一、温度	87
一、微生物的营养物质	48	二、水分	90
二、微生物的营养类型	51	三、辐射	90
		四、pH	91



五、氧气 .....	92
六、化学物质 .....	93

本章小结 .....	96
自测题 .....	97

## 第二篇 作用篇

### 第五章 微生物对环境的污染 .....

#### 第一节 环境中的病原微生物 .....

一、空气中的病原微生物 .....	101
二、水体中的病原微生物 .....	103
三、土壤中的病原微生物 .....	104

#### 第二节 水体富营养化 .....

一、富营养化的定义 .....	104
二、富营养化发生的原因 .....	104
三、造成富营养化的微生物种群 .....	105
四、富营养化的危害 .....	105
五、富营养化的防治 .....	105
六、富营养化的监测 .....	106

#### 第三节 微生物代谢与环境污染 .....

一、微生物毒素的污染与危害 .....	107
二、微生物一般代谢产物的污染与危害 .....	110

#### 本章小结 .....

#### 自测题 .....

### 第六章 微生物与环境污染的

#### 治理 .....

#### 第一节 微生物对污染物的降解与转化 .....

一、污染物的生物降解性 .....	112
二、微生物对常见污染物的降解 .....	117

#### 第二节 微生物与污水的治理 .....

一、厌氧微生物与污水治理 .....	122
二、好氧微生物与污水治理 .....	125
三、微生物与污水的深度处理 .....	133
四、微生物与微污染水源水的处理 .....	134

#### 第三节 微生物与固体废物、废气的治理 .....

一、微生物与固体废物治理 .....	135
二、微生物与废气治理 .....	138

#### 第四节 环境生物修复技术 .....

一、生物修复技术的定义 .....	141
二、生物修复技术的发展 .....	141
三、生物修复技术的优缺点 .....	142

### 本章小结 .....

### 自测题 .....

### 第七章 环境中的微生物及其

#### 监测 .....

#### 第一节 水体中的微生物 .....

一、水体中微生物的种类和分布 .....	145
二、大肠菌群与生活饮用水的细菌卫生标准 .....	146
三、水体的细菌学检验 .....	148
四、水体中的病毒及其检验 .....	151
五、水体中微生物的控制 .....	152

#### 第二节 土壤中的微生物 .....

一、土壤的生态条件 .....	155
二、土壤中微生物的种类及分布 .....	156

#### 第三节 空气中的微生物 .....

一、空气中微生物的来源 .....	157
二、空气中微生物的种类和分布 .....	157
三、空气中微生物的卫生标准 .....	158
四、空气中微生物的监测 .....	158

#### 第四节 生物传感器 .....

一、生物传感器的原理 .....	160
二、生物传感器的类型 .....	161
三、生物传感器在环境监测中的应用 .....	161

### 本章小结 .....

### 自测题 .....

### 第八章 环境微生物新技术在环境

#### 领域中的应用 .....

#### 第一节 现代生物技术在环境中的应用 .....

一、固定化技术在环境工程中的应用 .....	166
二、分子生物学技术在环境监测评价中的应用 .....	167
三、基因工程在污染治理中的应用 .....	168
四、细胞工程在污染治理中的应用 .....	169



五、发酵工程在净化处理中的应用 .....	169
第二节 微生物技术与废物的综合利用 .....	170
一、单细胞蛋白 .....	170
二、微生物能源 .....	170
三、细菌冶金 .....	171
第三节 微生物与绿色环保产品 .....	172

一、微生物肥料 .....	172
二、微生物农药 .....	174
三、微生物絮凝剂 .....	175
四、微生物吸附剂 .....	176
本章小结 .....	177
自测题 .....	177

## 第三篇 实 验 篇

第九章 微生物学实验 .....	181
实验一 光学显微镜的使用及细菌个体 形态观察 .....	181
实验二 细菌的简单染色与细菌的革兰氏 染色 .....	185
实验三 微生物培养基的制备和灭菌 .....	188
实验四 细菌纯种分离、培养和接种技术 .....	192
实验五 培养微生物菌体形态和菌落特征 的观察 .....	196

实验六 微生物细胞的计数 .....	197
实验七 环境因素对微生物的影响 .....	198
实验八 活性污泥和生物膜中生物相的 观察 .....	200
实验九 活性污泥脱氢酶活性的测定 .....	203
实验十 水细菌学检测 I 细菌总数 测定 .....	205
实验十一 水细菌学检测 II 水中总大肠 菌群数测定 .....	208

附 录 .....	213
附录一 教学用培养基的配制 .....	213
附录二 染色液及试剂的配制 .....	216
附录三 显微镜的保养 .....	217
附录四 大肠菌群检验表 .....	217
参考文献 .....	221





第一篇  
基础篇



# 第一章

## 绪论



**知识目标:**熟悉微生物在环境中的重要作用及丰富的微生物资源;理解环境微生物的研究对象、任务及内容;掌握微生物的概念及特点;了解重大的环境污染事件及环境微生物在环境污染治理中的重要作用。



**能力目标:**建立对环境微生物的初步认识,能够简单分析微生物在环境污染治理中的重要作用。

## 导言

人类赖以生存的环境应该是蓝天白云、青山绿水、鸟语花香的境界,但是,随着人们生活水平的提高,尤其是随着各种新兴工业的兴起与发展,许多优美的环境已经受到严重破坏。工业革命创造了大量财富,改善了人类生活,带来了经济繁荣,但同时也造成了严重的环境污染。比如:由于一些工业废水处理设施的出水达不到国家规定的排放标准,废水直接排入江河湖海,导致水环境遭受严重的污染和破坏。又如:大量废气的排出造成严重的大气污染,据联合国环境规划署估计,全球每年排放的  $\text{SO}_2$  量为  $1.51 \times 10^{10}$  t。大气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}$  等在强光照射下,进行光化学反应,和水汽结合而形成酸雨。酸雨能使土壤酸化,影响生物数量和群落结构,造成土壤生产力明显下降。土壤污染可经水、农作物、蔬菜等介质最终影响到人体健康,甚至危害到人们的生命。总之,废水、废气、固体废物严重污染人类的生存环境,如何在经济高速发展的同时控制环境污染,改善环境质量,以实现社会经济可持续发展,是世界各国目前亟待解决的重要问题。

## 第一节 微生物概述

### 一、微生物在环境中的重要作用

面对污染严重的生存环境,世界各国的环保工作者都在积极探讨解决污染问题的方案和方法。在应用高新技术的诸多研究中,采用微生物治理技术控制环境污染、保持生态平衡以及提高

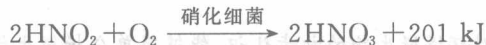


环境质量等方面已引起了专家学者的高度兴趣,并取得了显著成绩。因此,环境微生物的研究已成为环境污染治理研究的热点,微生物在环境治理中的作用愈来愈重要。

微生物的重要性与其在生态系统中的地位有关。生态系统由生物群落与其周围环境共同组成。生物群落包括生产者、消费者及分解者三部分。

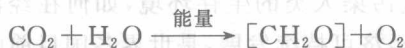
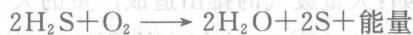
### (一) 生产者

生物群落中的生产者(producer)是能利用简单的无机物合成有机物的自养生物。在淡水生态系统中,生产者主要是藻类及一些生长在浅水中的有根植物或漂浮植物。森林和草地生态系统中的生产者是绿色植物,如草本植物、灌木和乔木。在深海和其他类似的生态系统中,生产者主要指可以利用还原态无机物(如硫化氢等)的化能合成细菌。如硝化细菌、硫细菌,这些化能自养菌在氮、硫循环过程中充当了生产者。亚硝化细菌和硝化细菌能够将  $\text{NH}_3$  氧化成亚硝酸和硝酸,并放出能量,反硝化细菌则将硝酸盐还原为氮气,同时放出能量,亚硝化细菌、硝化细菌、反硝化细菌再利用放出的能量,以二氧化碳为碳源,合成有机物。反应式如下:



微生物分解含氮有机物产生氨的过程称为氨化作用。氨经亚硝化细菌和硝化细菌作用氧化成硝酸盐的过程称为硝化作用,微生物将硝酸盐还原为氮气的过程称为反硝化作用或脱氮作用。铵盐和硝酸盐是植物和微生物生长良好的无机氮类营养物质,它们可被植物和微生物吸收利用,合成氨基酸、蛋白质、核酸和其他含氮有机物。

硫细菌中的硫杆菌能够氧化硫化氢、黄铁矿、元素硫等形成硫酸,氧化过程中释放的能量被用于同化二氧化碳,合成有机物。反应式如下:



动植物和微生物尸体中含硫有机物被微生物降解成硫化氢的过程称为脱硫作用,而还原态无机硫(如硫化氢、单质硫或硫化亚铁等)在微生物的作用下被氧化成硫酸及其盐类的过程,称为硫化作用。另外,硫酸盐在厌氧条件下被微生物还原成硫化氢的过程称为反硫化作用。

### (二) 消费者

生物群落中的消费者(consumer)是生活在生态系统中的各类动物和某些腐生或寄生菌类,它们是异养型生物,只能依赖生产者生产的有机物为营养来获得能量,用于维持自身的生命活动。根据消费者消费层次的不同,分为不同级的消费者。摄食生产者的消费者为一级消费者;以



一级消费者为食的生物,为二级消费者;其后依次是三级消费者和四级消费者。生产者是一级消费者的营养,前一级消费者是后一级消费者的营养,可见,生产者与消费者既各自成为独立的营养级,又环环相扣,彼此联系。消费者的消费过程得到微生物的积极协助。例如,动物对纤维素、木质素等有机物是较难利用的,而微生物对以上物质的分解使其变为易被动物消化的有机物,因此可提高动物对植物性有机物的利用率,扩大动物的食物来源。又如,人的肠道中聚集有100万亿左右的微生物,为人们能更好地消化吸收营养而起到了重要的作用。

### (三) 分解者

生物群落中的分解者(decomposer)是指能分解动植物遗体、排泄物和人类活动所产生的各种有机物的生物总和,主要有细菌、真菌、放线菌以及土壤原生动物和一些土壤小型无脊椎动物,它们营腐生生活。细菌和真菌依靠吸取动植物残体内的可溶性有机物来生活。细菌的细胞和真菌的菌丝分泌出消化酶,把大分子有机物变成小分子可溶状态,然后加以吸收。通过微生物的分解,复杂的有机物被还原成简单无机物,并把养分从有机物中释放出来,返回到无机环境中去,供生产者再利用。

总之,微生物在生态系统中充当了重要的角色,在自然界的物质循环和转化中起着极为重要的作用,不仅维持生物圈的生态平衡,而且维持着生态系统的物质平衡与能量流动。尤其是微生物的生物降解作用,已经成为生物及环保领域工作者非常感兴趣的课题。因此,随着对环境保护意识的不断加强,人们越来越认识到微生物在环境中的作用是极其重要的。

## 二、微生物的概念及特点

### (一) 微生物的概念

微生物(microorganism, microbe)是指所有形体微小,必须借助电子显微镜或光学显微镜才能看见的低等生物的总称。或简单地说是微小的,人们肉眼看不见的生物的总称。“微生物”不是分类学的概念,而是归类名词。随着科学技术的发展及微生物新物种的发现,“微生物”仅指在显微镜下才可见的生物,已不能适用,因为近年来已经发现有少数微生物是肉眼可见的。1993年正式确定为细菌的 *Epulopiscium fishelsoni* 以及1998年报道的 *Thiomargarita namibiensis*, 均为肉眼可见的细菌。所以,上述微生物学的定义是指一般的概念,但仍为今天所应用。

微生物的类群十分复杂。按有无细胞结构分为非细胞结构微生物(病毒、类病毒等)和细胞结构微生物;细胞结构微生物按细胞膜、细胞器等不同,可划分为原核微生物(细菌、放线菌、支原体等)和真核微生物(酵母菌、霉菌等)。

### (二) 微生物的特点

#### 1. 个体微小,结构简单

微生物个体微小,必须借助显微镜才能观察到。测量微生物需用测微尺,细菌以微米( $\mu\text{m}$ )为计量单位,病毒以纳米( $\text{nm}$ )为计量单位,类病毒和朊病毒最小,大约是病毒的1/100。尽管微生物个体之间大小差异显著,但它们的结构都很简单,多数为单细胞生物,如细菌、原生动物、单细胞藻类、酵母菌等,即使是结构复杂的霉菌也只是多细胞的简单排列,并无组织器官的分化。

#### 2. 代谢灵活,转化迅速

由于大多数微生物的个体较小,相应的比表面积很大,与周围环境接触的机会多,能迅速地与周围环境进行物质交换。自然环境变化较大,尤其是被污染的环境情况更是复杂。为了



适应各种各样的污染环境,不仅不同种类的微生物有不同的代谢方式,而且有的同种微生物在不同环境中也具有不同的代谢方式,如酵母菌等兼性厌氧菌,就有好氧、厌氧和兼性厌氧三种类型。

若把某一物体单位体积所占有的表面积称为比表面积,则物体的体积越小,其比表面积就越大。如乳酸杆菌的比表面积约 120 000,鸡蛋的比表面积约 1.5,体重 80 kg 的人体比表面积则仅约 0.3。比表面积越大,代谢强度就越大,资料记载,乳酸杆菌在 1 h 内可分解自身 1 000~10 000 倍的乳糖,而一个体重 90 kg 的人要同化自身体重 1 000 倍的糖则需要二百多万小时;某些酵母菌合成蛋白质的能力比大豆强 100 倍,比食用牛强 10 万倍。可见,微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度大得多。

### 3. 生长旺盛,繁殖快速

微生物在适宜的条件下具有惊人的生长及繁殖速度,尤其是以裂殖为繁殖方式的细菌。例如,大肠杆菌在合适的生长条件下,细胞分裂 1 次仅需 12.5~20 min,若按 17 min 分裂 1 次计算,则 24 h 可以分裂 85 次,即一个大肠杆菌在适宜的条件下,经过一昼夜的繁殖可生成  $3.9 \times 10^{25}$  个。当然这仅仅是理论推算。又如,建一个年产量  $10^5$  t 酵母菌的工厂,按酵母菌的蛋白质含量为 45% 计算,则相当于  $4 \times 10^4$  hm<sup>2</sup> 农田上所产生的大豆蛋白质的量,并且不受气候和季节的影响,这对缓解全球面临的粮食匮乏有着非常重大的现实意义。

### 4. 适应性强,容易变异

微生物对发生变化的环境有极其灵活的适应性。由于微生物具有个体小、比表面积大等特点,几乎每个微生物细胞都能直接感受到外界环境的刺激,它们比其他任何生物对环境的变化更敏感,对于变化的环境具有惊人的适应性。尤其对地球上那些恶劣的“极端环境”的适应性堪称世界之最。当外界环境发生剧烈变化时,一部分微生物因为不能适应变化的环境而死亡,而少数微生物则发生变异来适应变化的环境。由于微生物具有数量多、繁殖快等特点,因此,即使在变异频率十分低的情况下,仍可以在较短的时间内产生出大量的变异后代。

### 5. 分布广泛,种类繁多

微生物因其体积小、质量轻和数量多等原因,故可借助空气、水、动植物等作媒介而到处散播,只要条件适宜,它们就可“随遇而安”。因此无论是土壤、水体和空气,还是动物、植物和人体内外,甚至在高山、深海、冰川、沙漠和盐湖等恶劣环境中也有适应环境的微生物存在。微生物的种类繁多,据估计,微生物的种类总数约有 50 万~600 万,其中已记载的有 20 多万(包括真菌 9 万种,原动物和藻类 10 万种,原核生物及病毒等约 1 万种),并不断有新物种被发现,这些数字还在不断增长。

## 三、微生物资源

自然资源可分为生物资源和非生物资源。生物资源是指可为人类所利用的生物,包括动物资源、植物资源和微生物资源。人类离开了生物资源便不能生存。在生物资源中,微生物资源因其独特性,使它在解决粮食危机、能源匮乏和环境恶化等诸多资源危机问题中发挥了重要的作用。微生物资源的开发利用已涉及工业、农业、林业、医药卫生、环境保护等多个领域,显示了强大的应用潜力,在国民经济的可持续发展中具有极其重要的战略地位。据报道,每年由微生物向全球药业市场提供的原材料价值就有 500 亿美元。全世界目前微生物产业的年产值约达到



2 000亿美元,日本发酵行业的年产值与电气和电子行业相当。尽管当今微生物生产已与动植物生产并列成为生物产业三大支柱,但对微生物资源的开发还刚刚开始,可以说微生物资源是一个“刚剥去表皮的富矿”,所以,微生物资源是一个极其重要的资源库,其中蕴藏着巨大的财富,开发潜力极大,应用前景广阔。



## 课外阅读

### 惊人的数字

- (1) 每克新鲜植物叶子表面附生着大约 100 万个微生物。
  - (2) 人的皮肤上平均每平方厘米含有 10 万个细菌,而且繁殖速度惊人,刚洗过的皮肤,在几小时内细菌就可恢复到原来的数量,人的肠道中聚集有 100 万亿左右的微生物,粪便中细菌大约占粪便干重的 1/3。一般来说,健康人体内的细菌和人体细胞数量之间的比例为 10:1 左右。
  - (3) 一般人每个喷嚏的飞沫含有 4 500~150 000 个细菌,感冒患者一个喷嚏含有多达 8 500 万个细菌。
  - (4) 生活在土壤中和地下的细菌数加起来,估计其总质量为  $10\ 034 \times 10^{11}$  t。
  - (5) 据成都市 14 家银行回收货币的调查表明,平均每张纸币带有 900 万个细菌,其中两角纸币携带的细菌数是十元纸币的将近 5 倍。
  - (6) 大肠杆菌在 1 h 内可消耗相当于它们自身质量 2 000 倍的糖。
  - (7) 被埋在琥珀中达 2 500 万年的芽孢,当放到营养培养基上时仍可萌发生长。
  - (8) 常用鼠标的细菌数居然高达 21 000 个,比厕所的马桶多 400 倍。而电梯按钮上细菌值也高达 3 500 个,一般办公室细菌总数至少有 1 500 亿个。
  - (9) 一份旧菜单,携带细菌数竟达 500 多万个。
  - (10) 美国米切尔·索金博士介绍说,如果一个在海边游泳的人不小心咽下了一口海水,那么就等于咽下了一个拥有 1 000 种细菌的动物园。
- (参考:周凤霞,等.环境微生物)

## 第二节 环境微生物概述

### 一、环境微生物的内容

环境微生物是环境专业的一门重要专业基础课程,在阐述微生物知识的基础上,重点阐明微生物与环境相互关系及相互作用。其主要内容如下:

#### (一) 环境微生物基础知识

环境微生物研究环境中微生物的主要分类及生理,包括微生物的形态、结构、功能,微生物的营养、生长、繁殖、呼吸、代谢、遗传变异,菌种的衰退、复壮和保藏等内容。通过本部分内容的学



习,使学生对环境微生物的形态特征等基础知识有初步的认识;为研究微生物与环境的关系及微生物技术在环境污染治理中的应用打下良好的基础。

## (二) 微生物与环境的相互作用

一方面,微生物个体极其微小,分布广泛,与周围环境直接接触,受外界环境影响较大,包括非生物因子的影响和生物因子的影响,比如微生物赖以生存的环境温度、水、氧气等非生物因素对微生物有明显的影响。另一方面,微生物的存在,对其生存的环境也有极其显著的影响。这些影响有不利作用,也存在有利作用。根据危害方式的不同,不利影响主要包括病原微生物的污染、水体富营养化、微生物代谢产物的危害等。其中,病原微生物污染最严重,如生活污水、医院污水、屠宰废水等都有可能引起水体污染,对人类的生产、生活造成不利影响,甚至会引启动植物及人类的各种疾病流行。有利作用方面的内容将在环境治理中重点介绍。

## (三) 微生物技术在环境治理中的应用

随着人类生存环境的不断恶化,用生物技术治理环境越来越受到人们的重视,而环境微生物技术是生物处理法的主体。其教学内容主要包括微生物对污染物的降解与转化、微生物对污水的治理、微生物对固体废物和废气的治理、生物修复技术等。尤其是通过微生物对有机污染物的降解能力、降解条件、代谢途径等研究,发掘微生物在污染物净化方面存在的巨大潜力。比如利用微生物处理果品废水,生产单细胞蛋白,既实现清洁生产又实现废物资源化。又如在污水治理中的厌氧消化法、发酵法,可利用微生物在净化处理高浓度有机污水、剩余污泥等固体废物的同时,生产清洁的生物能源——甲烷,从而提高资源利用率,减轻环境污染。

## (四) 微生物技术在环境监测中的应用

环境监测是了解环境状况的重要手段。常见的监测方法包括化学分析、物理测定和生物监测三种方法。生物监测是利用生物对污染环境所发出的各种信息来判断环境污染状况的过程,其中微生物监测是生物监测的重要组成部分。由于微生物自身的特性,决定了其在环境监测中具有独特的作用。具体内容包括常规微生物监测的原理和技术,监测结果在环境评价中的应用,以及环境微生物监测新技术等。如细菌总数测定、大肠菌群和粪链球菌等的监测,都是水体污染程度监测的常用微生物学监测方法。此外,还出现了利用微生物快速监测环境致突变物和致癌物的多种方法,Ames 实验就是其中的一种。利用分子生物学技术,只对细胞的某一部分进行检测,如分子杂交、免疫分析等,是新的监测方法。利用微生物技术不仅可以评价与人类活动有关的环境质量的优劣,也可以评价污染物的毒性和生物降解性,从环境保护的角度出发,为化学品的开发和使用提供依据。

## 二、环境微生物的任务

环境微生物的任务具体有以下几个方面:

### (一) 掌握基础知识,开发微生物资源

在深入系统学习和掌握微生物基本特征的基础上,充分认识自然环境是一个巨大的微生物资源库。通过本教材的学习,为研究、保存、开发、利用微生物,使微生物更好地为人类服务打下基础。

### (二) 探求在环境治理中的微生物新技术,提高净化效率

随着环境污染的日益加重,人们在不断探讨解决环境污染、保护环境的各项途径。在处理





“三废”(废水、废渣和废气)的诸多方法中,生物处理法因经济、高效、彻底、无二次污染等优点,占据重要位置,而微生物又是生物处理技术的主体,因此,研究微生物在环境治理过程中的原理,分离筛选优良菌种,开拓微生物降解污染物新途径,将是环境工作者的重要任务。

### (三) 研究微生物对环境的负面影响,防患于未然

有益微生物对于改善环境带来好处,能很好地为人类服务;而有害微生物则可以污染破坏环境,不仅会引起环境质量的下降,甚至会造成动植物的死亡和人类灾难的发生。认识、防止、控制、减少、消除微生物的危害,或化害为利是不容忽视的重要课题。

### (四) 加强微生物的监测和评价研究,促进环境监测技术的发展

环境微生物技术不仅单纯适用于环境污染治理,而且已相当广泛地应用于环境监测,对于动植物及人类赖以生存的水体、空气、土壤等环境卫生状况好坏的判断,通常可以利用测定细菌(菌落)总数、总大肠菌群等微生物监测技术进行监测和评价,并作为重要的参考指标。尤其是以生物传感器为核心的环境生物监测技术,可迅速地提供在线环境质量参数,成为环境质量预报和报警中的重要组成部分。微生物基本知识和技能在环境监测方面的应用,极大地推动了环境监测技术的整体发展。

总之,环境微生物的研究方向和具体任务就是充分利用有益微生物资源为人类造福,防止、控制、消除微生物的有害活动,化害为利。

## 三、环境微生物的发展前景

环境微生物是在环境保护、环境工程、环境监测等学科蓬勃发展的基础上应运而生的一门新的微生物学分支学科。它是微生物生态学理论和技术在污染治理、环境净化和环境监测等方面不断应用过程中逐渐发展起来的一门专业基础课。由于环境问题的日益严重,以及微生物在环境治理中所产生的巨大环境效益、社会效益和经济效益,环境微生物这一研究领域越来越受到人们的关注,引起诸多学者的兴趣,从而极大地推动了该学科快速发展,也显示了它具有广阔的发展前景。

### (一) 变废为宝,污染物资源化

利用微生物技术使废弃资源重新被利用已引起世界各国科研工作者的的高度重视,通过近几年的努力,取得了一定的成绩。如经酵母菌等微生物处理,高浓度有机污水转化生成的单细胞蛋白可用于鱼虾的饵料;在厌氧条件下,产甲烷菌等微生物利用有机废物生成的甲烷可用做燃料;另外,用微生物处理垃圾,降解污染物的分子结构,降解产物以及副产物大都可以被生物重新利用,有助于减轻人类活动过程中产生的环境污染。这样既可避免长期污染问题,同时也对垃圾进行了资源化利用。

### (二) 清洁生产,开发无废工艺

清洁生产(cleaner production)是一个相对概念,目前尚无统一的定义。联合国环境规划署工业与环境规划活动中心(UNEP IE/PAC)曾提出一个非常简短的定义:清洁生产是指将综合预防的环境保护策略持续应用于生产过程和产品中,以期减少对人类和环境的风险。我国以前较多地称之为“无废工艺”,所谓无废工艺就是指各种知识、方法和手段的实际应用,以期在人类需求的范围内达到保证最合理利用自然资源和能量以及保护环境的目的。比如,燃烧含可燃硫煤时生成的  $\text{SO}_2$  随烟气排入大气,导致了严重的环境污染,是酸雨形成的主要原因之一。据报

