



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专规划教材

环境微生物

第二版

周凤霞 白京生 主编



化学工业出版社

教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材



高职高专规划教材

环境微生物

第二版

周凤霞 白京生 主编

图例 (CIP) 数据

北京：中国工业出版社，2008.3

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 978-7-153-05475-0

I. 环... II. 周... III. 环境微生物 IV. X175

中国版本图书馆 CIP 数据 (2008) 第 040840 号

周凤霞 白京生 主编

责任编辑：王文映
封面设计：周楚华

中国工业出版社 (北京) 出版

印刷：北京永鑫印刷有限公司

地址：北京市西城区

387mm×1095mm 1/16 印张 348 字 2008 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

定价：25.00 元



化学工业出版社

北京

环境微生物

定价：25.00 元

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，内容包括微生物学的理论基础、微生物在自然界物质循环中的作用、微生物对环境的污染与危害、微生物对自然界中各种天然的及人工合成的污染物转化与降解的作用和机理、微生物在污水和固体废物处理中的应用、水的卫生细菌学检验、环境微生物新技术以及环境微生物实训。在保证理论知识的前提下，突出了技能的培养。

本书为高职高专环境类专业教材，也可供其他相关专业师生和从事环境保护工作的科技人员参考。

环境微生物

第二版

周凤霞 白京生 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

环境微生物/周凤霞, 白京生主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2008. 5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-02477-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 046840 号

责任编辑: 王文峡

责任校对: 周梦华

文字编辑: 周 侗

装帧设计: 尹琳琳

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 348 千字 2008 年 6 月北京第 2 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

高职高专环境类教材 编审委员会

顾问
主任委员
副主任委员
委员

刘大银

沈永祥

李居参

许宁

王文选

王红云

(按姓名汉语拼音排序)

白京生

陈宏

冯素琴

付伟

傅梅绮

顾玲

郭正

何际泽

何洁

胡伟光

扈畅

蒋辉

金万祥

冷士良

李党生

李东升

李广超

李弘

李洪涛

李居参

李旭辉

李耀中

李志富

牟晓红

沈永祥

司颐

宋鸿筠

苏炜

孙乃有

田子贵

王爱民

王春莲

王红云

王金梅

王文选

王小宝

王英健

魏振枢

吴国旭

徐忠娟

许宁

薛叙明

杨保华

杨永红

杨永杰

尤峥

于淑萍

于宗保

袁秋生

岳钦艳

张柏钦

张洪流

张慧利

张云新

赵连俊

智恒平

周凤霞

朱惠斌

朱延美

庄伟强

第二版前言

言前二第

《环境微生物》第1版于2003年出版,至今已经有5年了。5年来,作为教育部高职高专规划教材,被广大相关的高职高专院校选用,深受广大使用者好评,实现了多次重印。2006年该书被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。随着科学的不断发展和社会的进步,环境微生物与环境保护的关系越来越受到人们的重视,学科之间的相互渗透使环境微生物的内容越来越丰富,极大地促进了环境微生物的发展。尤其是近几年职业教育的不断深入,环境微生物的教学内容、教学方法和教学目标等都在不断地进行改革,以培养适应环保就业岗位需求的高素质技能型人才。因此,适时修改、更新《环境微生物》的内容,就显得十分必要。

笔者总结了这5年来教学和科研实践经验,在广泛听取教师和学生意见的基础上,阅读了大量的参考资料,对教材在如下几个方面进行了修改和更新。

- ① 在每章之前都增加了本章学习要求,使教学目标更加明确。
- ② 第7章增加了“活性污泥的培养”、“活性污泥运行中的常见问题”和“挂膜”的方法。
- ③ 实训部分增加了“蓝细菌的形态观察”、“藻类的形态观察”、“微型动物的形态观察”、“酵母菌的形态观察与大小测定技术”、“微生物显微直接计数法”、“空气中微生物的检测”、“水中细菌菌落总数(CFU)的测定”、“水中大肠菌群数的检测——多管发酵法”、“水中粪大肠菌群数的检测——多管发酵法”、“大肠菌群数的检测——滤膜法”10个实训内容。

本教材经修改和更新后,更加明确了教学目标,体现了高职教育的应用特色和能力本位。可供高职高专环境类专业使用,也可供其他专业师生和从事环境保护工作的科技人员参考。

本书分为10章,前9章为理论部分,第10章为实训部分。本书由周凤霞、白京生、王春莲编写,第二版由长沙环境保护职业技术学院的周凤霞统稿,其中实训部分由周凤霞和熊美阳编写,其他章节均由周凤霞执笔改编。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大同仁、读者批评指正。

编者

2008年4月

第一版前言

言前二第

环境科学是一门综合性极强的学科,涉及自然科学、人文社会科学和工程技术等广泛领域。环境微生物学是环境科学的一个重要分支。环境微生物学是20世纪60年代环境问题成为全球性重大问题时,由微生物学和环境科学相互渗透而形成的一门边缘学科。了解和掌握环境微生物学的基本原理和方法,是环境类专业人才认识 and 解决环境问题所必需的。本教材是教育部高职高专国家规划教材,供高等职业技术学院和高等专科学校环境类专业使用。也可供其他专业师生和从事环境保护工作的科技人员参考。

高等职业教育面向生产和服务第一线,培养实用型的高级专门人才。因此,本书的指导思想是突出高职特色,着力体现实用性和实践性,使理论与实践相结合,着重培养学生的应用能力。在编写过程中,适当地降低了理论知识的深度和广度,以“实用、够用”为原则,力求创新,努力反映新知识、新技术和新的科研成果,尽量与生产应用实践保持同步。在章节之间链接一些相关的知识或阅读材料,拓展学生的知识视野,增加本书的可读性。本书共分为9章,在每章之前提出学习指南,章后进行小结并给出复习思考题,以便于学生更好地学习和掌握有关知识。

本教材全面地阐述了环境微生物学的理论基础、微生物在自然界物质循环中的作用、微生物对环境的污染与危害、微生物降解与转化污染物质的机理、微生物在污水和固体废物处理中的应用、水的卫生细菌学检验、环境微生物新技术在环境工程中的应用以及环境微生物学实验技术。在编写中既重视理论知识,又突出技能的培养。

本书分为理论教学和实践教学两部分,理论教学第1章、第8章由白京生编写,第2章由周凤霞编写,第3章、第5章由周凤霞和白京生编写,第4章、第6章由王春莲编写,第7章、第9章由白京生和周凤霞编写,实验一、二、四、六、八由王春莲编写,实验三、五、七由王春莲和周凤霞编写,全书由周凤霞统稿。

本书由南开大学环境科学与工程学院胡国臣教授主审,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

鉴于编写水平和时间的限制,本书可能存在疏漏和不足之处,真诚希望有关专家及老师和同学们批评指正。

编者谨向被本书引用为参考资料的书刊的作者表示衷心感谢。

编者

2003年4月

目 录

I	绪论	1
1.1	环境问题与微生物的作用	1
1.1.1	环境问题	1
1.1.2	微生物在环境中的作用	2
1.2	微生物在自然界的地位	3
1.2.1	微生物的分类	3
1.2.2	微生物与动植物和人类的关系	3
1.3	微生物的特点	4
1.3.1	个体极小, 结构简单	5
1.3.2	容易变异、种类繁多	5
1.3.3	分布广泛、代谢灵活	5
1.3.4	繁殖迅速、作用甚大	5
1.4	环境微生物的内容和任务	6
1.4.1	环境微生物的内容	6
1.4.2	环境微生物的任务	7
1.5	环境微生物的发展	8
	本章小结	8
	复习思考题	8
2	环境中微生物的主要类群	10
2.1	原核微生物	10
2.1.1	细菌	10
2.1.2	放线菌	17
2.1.3	其他原核微生物	18
2.2	真核微生物	21
2.2.1	真菌	22
2.2.2	微型藻类	26
2.2.3	原生动物	35
2.2.4	微型后生动物	43
2.3	非细胞型微生物——病毒	46
2.3.1	病毒的主要特征	46
2.3.2	病毒的形态与结构	46

	2.3.3 病毒的繁殖	47
	文章小结	47
	复习思考题	48
3	微生物生理	50
	3.1 微生物的营养	50
	3.1.1 微生物的化学组成	50
	3.1.2 微生物的营养需求	51
	3.1.3 微生物的营养类型	53
	3.1.4 微生物的培养基	55
	3.2 微生物的生长	57
	3.2.1 微生物生长的测量	57
	3.2.2 微生物群体生长规律	58
	3.2.3 理化因子对微生物生长的影响	59
	3.2.4 消毒与灭菌	61
	3.3 微生物的代谢与遗传变异	63
	3.3.1 微生物的代谢	63
	3.3.2 微生物的遗传变异	70
	3.3.3 菌种的衰退、复壮与保藏	73
	本章小结	76
	复习思考题	76
4	微生物生态	78
	4.1 微生物在环境中的分布	78
	4.1.1 土壤中的微生物	78
	4.1.2 水体中的微生物	79
	4.1.3 空气中的微生物	80
	4.2 微生物间的相互关系	81
	4.2.1 共生关系	81
	4.2.2 互生关系	82
	4.2.3 寄生关系	82
	4.2.4 拮抗关系	82
	4.3 微生物在自然界物质循环中的作用	83
	4.3.1 碳素循环	83
	4.3.2 氮素循环	84
	4.3.3 硫素循环	87
	4.3.4 磷素循环	89
	本章小结	90
	复习思考题	91
5	微生物对环境的污染与危害	92
	5.1 水体富营养化	92

881	5.1.1 富营养化的形成及影响因素	93
881	5.1.2 引起富营养化的优势藻类	94
881	5.1.3 富营养化的危害	94
881	5.1.4 富营养化的防治	95
881	5.2 微生物代谢物与环境污染	95
1401	5.2.1 微生物毒素与食品污染	95
041	5.2.2 气味代谢物	97
1401	5.2.3 酸性矿水	97
141	5.2.4 汞的生物甲基化	98
141	5.2.5 微生物引起的硝酸盐还原对人体的影响	99
141	本章小结	99
841	复习思考题	100
141	6 微生物对污染物的降解与转化	101
141	6.1 有机污染物的生物降解	101
141	6.1.1 微生物降解与转化污染物的巨大潜力	102
241	6.1.2 有机污染物生物降解性的测定方法	104
241	6.2 微生物降解污染物的途径	106
241	6.2.1 生物组分的大分子有机物的降解	106
1401	6.2.2 石油的微生物降解	108
041	6.2.3 人工合成有机物的微生物降解	110
041	本章小结	113
1401	复习思考题	114
1401	7 微生物在环境污染治理中的作用	115
041	7.1 污水的生物处理类型	115
120	7.1.1 活性污泥法	118
121	7.1.2 生物膜法	122
121	7.1.3 稳定塘法	125
121	7.1.4 废水的厌氧处理	127
124	7.1.5 利用光合细菌处理高浓度有机废水	130
221	7.2 微污染源水预处理的微生物应用	131
221	7.2.1 微污染源水污染源、污染物及预处理的目 的	131
120	7.2.2 微污染源水微生物预处理	131
120	7.2.3 微污染源水净化对策	132
121	7.3 固体废物的微生物处理	132
121	7.3.1 堆肥	133
121	7.3.2 卫生填埋	135
121	7.3.3 固体废物的来源和危害	136
121	本章小结	137
001	复习思考题	137

8	水的卫生细菌学检验	138
8.1	水中的病原菌	138
8.1.1	痢疾杆菌	138
8.1.2	伤寒杆菌	139
8.1.3	霍乱弧菌	139
8.2	大肠菌群作为指标的意义及生活饮用水的标准	140
8.2.1	大肠菌群作为指标的意义	140
8.2.2	大肠菌群的生化特征比较	140
8.2.3	生活饮用水细菌标准	141
8.3	水的细菌检验	141
8.3.1	水中菌落总数的测定	141
8.3.2	大肠菌群的测定	142
8.4	水中微生物控制	143
8.4.1	含氯氧化剂的消毒	144
8.4.2	微电解消毒	144
8.4.3	紫外线消毒	144
8.4.4	臭氧消毒	145
	本章小结	145
	复习思考题	145
9	环境微生物新技术	146
9.1	生物脱氮和生物除磷	146
9.1.1	废水的生物脱氮技术	146
9.1.2	废水的生物除磷技术	147
9.2	固定化酶和固定化微生物技术	149
9.2.1	固定化酶和固定化微生物的固定化方法	149
9.2.2	固定化酶和固定化微生物在环境工程中的应用	150
9.3	生物传感器	151
9.4	生物修复技术	152
9.4.1	生物修复的基本原理和特点	152
9.4.2	污染环境生物修复技术的应用	154
9.5	微生物技术与废物综合利用	155
9.5.1	利用废物生产单细胞蛋白	155
9.5.2	利用废物生产生物能源物质	156
9.5.3	固体废物的处理利用	156
9.6	微生物技术与农、牧、渔业发展	158
9.6.1	微生物技术与渔、牧业生产	158
9.6.2	微生物技术与农业生产	158
9.7	微生物与绿色环保产品	159
9.7.1	微生物肥料	159
9.7.2	生物农药	160

9.7.3	可生物降解的塑料	160
9.7.4	微生物絮凝剂	161
9.7.5	丙烯酰胺	161
	本章小结	161
	复习思考题	162
10	环境微生物实训	163
实训一	普通光学显微镜的使用和革兰染色	163
实训二	培养基的制备及玻璃器皿的包扎灭菌	166
实训三	微生物的纯种分离	170
实训四	环境中主要微生物菌落及菌体形态的识别	172
实训五	蓝细菌的形态观察	174
实训六	藻类的形态观察	175
实训七	微型动物的形态观察	176
实训八	酵母菌的形态观察与大小测定技术	177
实训九	微生物显微直接计数法	179
实训十	空气中微生物的检测	184
实训十一	水中细菌菌落总数 (CFU) 的测定	186
实训十二	水中大肠菌群数的检测——多管发酵法	189
实训十三	水中粪大肠菌群数的检测——多管发酵法	193
实训十四	大肠菌群数的检测——滤膜法	195
实训十五	微生物对有机物降解及转化能力的定性分析	196
实训十六	活性污泥和生物膜生物相的观察	200
实训十七	活性污泥脱氢酶活性的测定	201
实训十八	含酚污水降解菌的分离、纯化与筛选	204
	附录	206
附录 I	教学用培养基的配制	206
附录 II	染色液及试剂的配制	209
	参考文献	211

学习指南

环境微生物学是由微生物学发展起来的一门新兴学科，是环境科学和环境工程的一门基础学科。它以微生物学理论和技术为基础，在研究微生物学一般规律的同时，注重微生物和环境之间相互作用的规律，并将其作用规律运用于环境质量监测、污染控制和环境调控。微生物活动对环境和人类产生的有益和有害的影响以及在环境污染控制工程中有关的微生物学原理的研究，是环境科学的重要理论基础。

本章学习要求

1. 掌握微生物的概念和特点。
2. 了解微生物与动植物和人类的关系。
3. 了解环境微生物的定义和主要内容。

1.1 环境问题与微生物的作用

1.1.1 环境问题

蔚蓝的天空、清新的空气、绿色的田野、葱郁的山峦、茂密的森林、清澈的河流、明净的湖泊、湛蓝的海洋，是地球固有的风貌，人类生息的摇篮。但是，伴随着近代工业文明的兴起与发展，人类在索取自然财富，提高物质文化生活，建立现代文明的过程中，由于肆无忌惮地掠取自然资源，无所顾忌地丢弃各种废物，无视生态环境的发展规律，从而导致了人类生存环境的破坏。人类环境的破坏既来自于自然力，如雷电、地震、火山爆发、洪水等，也来自于人类活动。环境的破坏自古就有，大规模毁林垦荒，造成严重的水土流失，致使良田逐渐沦为贫瘠之地。但是人类对环境大规模的破坏还主要在产业革命、机械广泛使用之后。社会生产力的迅速发展为人类创造了大量财富，提高了人类的生活质量，同时也排出大量的废物造成了环境污染，严重危害人类的生存和发展。例如，19世纪下半叶英国工业大发展造成了其工业中心之一的伦敦多次发生严重的烟雾事件。二次世界大战后农药的大量生产和使用，使人类获得了较大的农业利

益,但农药在自然环境中的积累也造成了土壤毒化、部分生物死亡、人体健康受害,有的难降解农药如 DDT、六六六等甚至通过大气和水流迁移扩散到了地球两极,造成全球性公害。

全球每年排入环境的数十亿吨的固体废物,近万亿吨的工业废水和数亿吨的碳氧化物已经造成了人类可利用水源的严重短缺和气候的恶化,也造成了许多种动植物的灭绝。这些都对人类的生存和发展造成了无法弥补的损失。人类活动所造成的大气、水、土壤和生物的污染和破坏说明:自然界的生态平衡已受到日益严重的干扰,自然资源受到大规模破坏,人类生存的环境功能正在退化,人类的生存和发展也受到危害。例如,①1873 年、1880 年、1892 年英国伦敦由燃煤造成的毒雾事件,先后夺去 1800 余人的生命;②1952 年 12 月伦敦的毒雾又使 4000 余人丧生;③20 世纪五六十年代,马斯河谷烟雾事件、多诺拉烟雾事件、洛杉矶光化学烟雾事件、日本的骨痛病和水俣病事件等接连发生,使人类遭受重大损失。而且世界各地大大小小的污染造成资源和生态破坏的事件就从未停止过。致使水再也不是取之不竭、用之不尽的资源,世界很多地区出现水荒。每年有数百万公顷土地沙漠化,数万种动植物从地球上消失,大量的 SO_2 、 NO_x 等排放到空气中,使遭受酸雨袭击过的地区遍及亚洲、欧洲和美洲。

环境污染是当今社会面临的一个主要问题,随着经济的快速发展,各种新兴工业生产的飞速发展,化工及石油行业迅速发展的同时,带来了众多的环境污染问题,含氮废水对水体的污染就是其中之一。当大量含氮废水排入自然水体时,藻类和水生植物大量生长,严重破坏了水体生态平衡,造成水体富营养化。因此,开展含氮废水的处理研究成为当代环境工作者的重要任务之一。

众所周知,水是生命之源,是整个人类赖以生存发展的命脉。然而,随着近年来工业现代化的迅速发展,人工合成的有机化学品日益激增,这些有机物在造福人类社会的同时也悄然地污染和破坏着人类宝贵的生存环境。水资源的匮乏加之水体污染日益严重而困扰和威胁着人类的生存命脉,成为当今世界面临的最大问题之一。

土壤是人类赖以生存的主要自然资源。然而,由于生活污水排放、污水灌溉、大气沉降、采矿冶炼、农药化肥的大量施用等原因,加上土壤对于污染物的累积富集作用。土壤污染,尤其是重金属污染状况日益严重。土壤一旦受到污染,治理和恢复的难度比大气、水体要大得多。而且土壤污染可经水、植物等介质最终影响人体健康。

目前,我国每年产生固体废物 6 亿多吨,其中危险废物约占 5%~7%。这些废物只是简单的堆放,导致地表水和地下水污染,危害附近居民的身体健康,人员伤亡及环境污染事件屡有发生。一些地区将分散的危险废物收集后经简单、原始的处理后集中排放,导致更大的环境污染危险。因此,加强我国危险废物的管理工作刻不容缓。

1.1.2 微生物在环境中的作用

微生物是生物界的一个重要类群,是一种重要的生物资源。环境微生物资源极为丰富,种类多样,在生物界,种以下分化最多的生物就是微生物。它们在自然界的物质循环和转化中起着极为重要的作用,不仅维持着生物圈的生态平衡,而且维持着地球系统的物质平衡。这其中有一个最典型的作用就是环境微生物的生物降解作用,生物降解作用既发生在水圈、岩石圈,也发生在大气圈中,甚至在生物体内也是最常见的。

随着工业的发展和人口的急剧膨胀,排放进入环境的各种污染物质不断增加,而且污染物的性质变化多样,为了削减所排放的污染物,采用微生物治理的方法越来越多,除了在环境治理工程中广泛采用微生物方法以外,一些非工程的措施也会通过微生物的作用获得效

果。因此，对环境微生物的研究便日益兴旺。各种有关环境微生物的研究使得人类有机会更深入地认识环境微生物，发现更有利的种类和生物功能。

自然环境中存在的微生物在接纳各种各样的环境污染物之前是一个稳定的自然群落，污染物质的大量进入，必然引起这个自然群落的大变动。首先是一些不适应污染环境的微生物种类从环境中消失，原有自然环境中的微生物种群将被新的适应污染环境的微生物种群所取代，种群间的数量结构也发生变化。其次，进入环境中的污染物质可以诱导微生物物种发生变异，使微生物物种的特有质粒转移或者产生新的质粒，从而诱导出对污染物质具有更强的耐受能力和分解能力的微生物新物种，或者更加丰富多样的变异菌株，使微生物群落具有更高的多样性。

1.2 微生物在自然界的地位

微生物 (microorganism) 不是分类学上的名词，它是一切肉眼看不见的或看不清的微小生物的总称。它们包括原核生物，如细菌、放线菌和蓝细菌 (蓝藻) 等；真核生物，如真菌 (霉菌和酵母菌)、微型藻类和原生动物等；非细胞生物，病毒类。也有人将多细胞的微小动物 (微型后生动物) 归属微生物。不同微生物分属不同生物类群，在自然界具有不同作用。

1.2.1 微生物的分类

在旧的两界生物分类系统中，根据生物细胞有无细胞壁、主动运动能力和合成各种细胞物质的能力等，将生物分为动物界和植物界。据此，微生物中的病毒、细菌、放线菌、真菌和藻类被分在植物界，而原生动物被分在动物界中。这种分类方法在科研实践中发现具有诸多不便和矛盾，所以产生了三界、五界和六界分类系统。在六界分类系统中，将所有生物分为植物界、动物界、真核原生生物界、真菌界、原核生物界和病毒界。据此，根据微生物的形态结构，它们的分类地位如表 1-1 所示。

表 1-1 微生物的分类地位

微生物类群	所属生物界	微生物类群	所属生物界
病毒	病毒界	细菌	原核生物界
		放线菌	
		蓝细菌 (蓝绿藻)	
霉菌	真菌界	原生动物	真核原生生物界
酵母菌		藻类	

1.2.2 微生物与动植物和人类的关系

由微生物在自然界的功​​能可知，若没有微生物，植物所需 CO₂ 和氮素营养物来源将失去 90% 以上，其生活将难以维持长久，因而会逐渐消亡，在地球上所剩下的只是各种生物的尸骸。植物的消失，将使动物失去氧的来源，因此地球上的生物的末日会即刻到来。由此可知，生物圈内，尤其是同处于一个生态系统中的微生物与植物、动物和人是紧密相关、相互支持和相互制约的。相比之下，包括人类在内的高等生物对微生物的依赖性要远大于微生物对高等生物的依赖性。

1.2.2.1 微生物与植物的关系

植物是典型的自养生物，它们的生活离不开碳、氮、硫、磷的无机化合物和水，但是除水以外，其他元素的无机化合物在地球上的现存量是有限的，植物的繁衍对其需求则是无限的，所以地球上如没有微生物生活，必然导致植物营养枯竭，使植物难以生存。因此，植物的生活是高度依赖于微生物生命活动的。另外，植物的病原体中不少是微生物，所以植物的生长又受到微生物的限制。反过来，植物的生长又为微生物，特别是异养微生物提供大量可利用碳源和能源物质，使微生物在自然界顺利繁衍，并保持其较高的生物量和群落活性。

1.2.2.2 微生物与动物的关系

动物是直接或间接以植物和自养微生物合成的有机物为食物的生物。在营养方面它们也受微生物的影响。动物对植物性有机物，特别是纤维素、木质素等难消化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，如牛、羊、鹿、骡、马、驴等食草动物就是在其胃中的微生物帮助下较好地利用植物性营养物的。微生物还能够产生多种动物病原体的抑制物，如酸性物质、抗生素等，还能产生动物生活的必需活性物质，如某些维生素和动物本身不能合成的氨基酸。因此，动物与微生物共生共存是其生存、繁衍的必要条件。

动物的病原体中也有不少是微生物。病原微生物同样可引起动物病害和死亡，这是动物群落、种群发展的限制因素。但是，这又可造成动物的优胜劣汰，保持地球上动物群落的活性和平衡。

1.2.2.3 微生物与人类的关系

可以说人类的日常生活、衣食住行、经济发展、美好环境的保持和创造等都离不开微生物。因此，研究微生物的特性，最大限度地利用其有益的一面，限制其有害作用，将是人类生存和发展必不可少的工作。人类发展需要微生物，人类发展也需要防治微生物。

微生物和人类的关系与微生物和动物的关系十分相似，在说到微生物与人类的关系时，人们总是将微生物分为有益微生物和有害微生物。有害微生物通常指那些可导致人类疾病和死亡的病原体微生物；有益微生物则指那些有助于人类生产和生活的微生物，以及能够使污染物净化的微生物。例如有的微生物可用于生产人类可口的饮料，有的可生产人类生产资料（如丙酮、丁醇、甲烷等），有的可生产抗生素、维生素等药品，有的可作为人类的美食（如蘑菇、木耳、银耳等），还有很多微生物可作为污染物的净化者等。但是，实际上有益和有害是不能截然分开的，任何有益微生物在不适当的时间和地点过量繁殖对人类都可能是有害的。例如多数异养微生物都具有净化有机污染物的作用，在环境污染控制中具有重要作用，但是其中任何一种微生物在生产资料或生活用品上大量繁殖都可使之失去应用价值。总之，人类的食物来源间接受微生物影响，人类健康离不开微生物，人类的生产、生活离不开微生物。

1.3 微生物的特点

微生物种类繁多，形态各异，营养类型庞杂，但都表现为简单、低等的生命形态。微生物在自然环境和污染环境中的作用是与它们的特性紧密相关的。微生物除具有各种生物共有的生物学特性外，如能从其环境中吸取营养并将废物排入环境、遗传变异、生长繁殖、对其环境的变化做出反应等共性；还具有其形态结构、代谢活性、生理类型、代谢灵活性和生态

分布等方面的特性。

1.3.1 个体极小, 结构简单

微生物的共同特点之一是个体微小, 结构简单, 必须借助于显微镜, 甚至用电子显微镜把它们放大几十万倍才能看到。测量微生物需用测微尺, 细菌以微米 (μm) 为计量单位; 病毒比细菌还小, 用纳米 (nm) 为计量单位。在微生物世界里, 个体最小的是类病毒和朊病毒, 它们大约是病毒大小的 $1/100$ 。微生物结构简单, 如细菌、原生动物、单细胞藻类、酵母菌都为单细胞生物。霉菌是微生物中结构最复杂的类群, 它们也只是多细胞的简单排列, 无组织器官分化。因此, 微生物的每个细胞都能与其环境直接进行物质交换。它们都能在适宜的环境中生长繁殖, 形成自己的种群, 并执行一定的功能。认识微生物这一特性对于研究微生物的生理、遗传、代谢、生态和在环境科学中的应用都具有重要意义。

1.3.2 容易变异、种类繁多

微生物对环境条件敏感, 容易发生变异。在外界条件出现剧烈变化时, 多数个体死亡, 少数个体可发生变异而适应新的环境。由于微生物个体微小、结构简单, 在环境发生变化时每个细胞都能直接感觉环境的刺激或压力, 所以它们比其他生物对环境变化更敏感, 易对变化了的环境产生适应, 在不适宜理化因素的压力下易发生遗传上的变异。因此, 虽然微生物个体形态类型不多, 但是它们的种类却很多, 目前已知细菌有数千种, 霉菌有 10 万多种, 放线菌 1500 多种, 原生动物 68000 多种等。而且, 由于其容易变异而适应新的环境, 形成了多种生理类型。以营养类型分, 有光能自养型、光能异养型、化能自养型和化能异养型; 从新陈代谢对氧的依赖性分, 有好氧、厌氧和兼性厌氧三种类型; 以生长温度分, 有高温型、中温型和低温型。其他方面又可根据生长适宜的 pH 值、干旱、压力等分成不同生理类型。这样就可以对不同应用目的提供不同微生物资源。

1.3.3 分布广泛、代谢灵活

微生物在自然界分布极广, 不论是土壤、水体和空气, 还是植物、动物和人体的内部或表面, 都存在大量微生物。上至 80000 多米的高空, 下至 3000 多米的油井, 冷至南北极地, 热至几百度的深海火山口内, 都有微生物的踪迹, 可谓无孔不入, 无所不在。

微生物代谢活跃, 由于个体小, 相应的比表面积很大, 能迅速地从环境中吸取各种营养物质, 排出大量代谢产物。微生物不仅不同种类具有不同的代谢方式, 使之适于在不同环境中生活, 而且有的同种微生物在不同环境中具有不同的代谢方式, 如酵母菌等兼性厌氧菌, 既能在有氧环境中生活, 也能在无氧环境中生活, 而且在不同环境中对营养的利用方式和产物也不相同。这使它们具有应付环境条件变化的能力, 在环境条件发生较大变化时, 能快速适应, 并执行新的功能。

1.3.4 繁殖迅速、作用甚大

微生物具有极高的繁殖速度, 在生长旺盛时, 有些细菌每 20min 就能增殖 1 代, 24h 可增殖 72 代, 如果没有其他条件限制, 经过一昼夜 1 个细菌就可增至 4×10^{12} 亿个。微生物结构简单, 其中每一个细胞都可与其环境直接进行物质交换, 吸收和利用环境中的营养, 不需在体内组织和器官中传递, 可直接用于细胞物质的合成。生物学家们的研究表明, 生物的代谢率与其表面面积与体积的比 (比表面积) 成正相关, 而微生物个体微小, 比表面积大, 以

直径为 $1\mu\text{m}$ 的球菌为例, 其比表面积是体积 1cm^3 的生物的 10000 倍, 所以微生物能以极高的速度同化其环境中的营养物质, 同时进行快速的繁殖。试验表明, 一头重 500kg 的牛在 24h 内仅可产生 0.5kg 的蛋白质; 而 500kg 酵母菌, 在同样时间内则可产生 50000kg 的蛋白质。又如乳酸菌每小时可同化相当自身体重 1000~10000 倍的糖, 而一个 90kg 的人同化相当自身体重 1000 倍的糖约需 200 多万小时。这使微生物在污染物净化和废水处理中具有巨大的应用潜力。

1.4 环境微生物的内容和任务

1.4.1 环境微生物的内容

环境微生物是研究微生物与人类生存环境之间相互关系与作用规律的科学, 它着重研究微生物对人类环境所产生的有益和有害的影响, 阐明微生物、污染物与环境三者之间的相互关系及作用规律, 是环境科学的一个分支学科。环境微生物作为环境科学专业的重要课程, 主要包括以下内容。

1.4.1.1 微生物的基础知识

微生物在环境研究和实践中的应用, 实际上是微生物学原理和技术的应用。本课程的教学对象是未接受过微生物基础理论和技术教育的环境专业的高职高专学生, 所以在他们接受环境微生物理论和技术训练前, 必须掌握微生物的基础理论和基本技术。例如, ①微生物所包括的类群及其特征; ②微生物的生理特性和代谢规律; ③微生物的遗传特性及其遗传变异与环境条件的关系; ④微生物生态学原理和研究方法; ⑤微生物的生长和生长测定技术; ⑥微生物在自然界物质循环中的作用等。通过微生物基础理论和技术的教学, 使学生进一步掌握有关环境微生物的基础理论知识和技术。

1.4.1.2 微生物与环境污染

环境微生物既有有利的一面, 也有不利的一面。对人和生物有害的微生物污染大气、水体、土壤和食品, 可影响生物产量和质量, 危害人类健康, 这种污染称为微生物污染。按照被污染的对象, 可分为大气微生物污染、水体微生物污染、土壤微生物污染、食品微生物污染等。根据危害方式, 则可分为病原微生物污染、水体富营养化、微生物代谢物污染等。微生物病原体污染, 是最重要的微生物污染, 如水体常由于生活污水、医院污水、畜禽食品加工废水、皮革加工废水等而受到污染。微生物代谢产物的污染, 主要包括微生物代谢产生的毒素的污染。微生物还会引起材料腐败和腐蚀, 它们不仅侵害大多数有机物, 而且还侵害金属、水泥、电子元件和玻璃等。因此, 使学生了解微生物对环境和人类生活资料、生产资料及人体健康的危害及掌握防治技术是必要的。

1.4.1.3 微生物净化与废物生物处理

环境污染微生物净化, 实际是一个污染微生物生态学问题。其教学内容主要是污染物对污染环境中微生物群落的影响; 微生物对污染物净化能力与污染物种类和污染强度的关系; 对典型污染物具有较强净化能力的微生物的特性和强化环境自净能力的措施等。从而使学生掌握污染物、环境和微生物三者之间相互关系、相互作用的规律和技术。

废物生物处理是强化了的自然净化过程, 是利用微生物较强的代谢能力, 使废物无害化的过程。废物生物处理系统是生态系统的一种类型, 其中部分环境条件是可人为控制的。其