

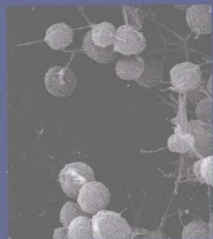
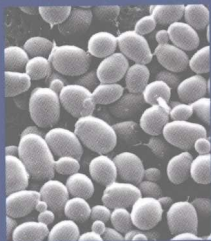
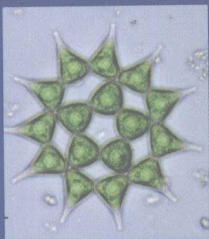


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

微生物学

Microbiology

□ 主编 沈 萍 陈向东



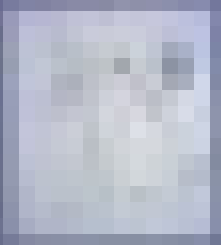
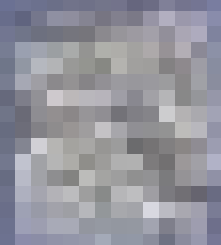
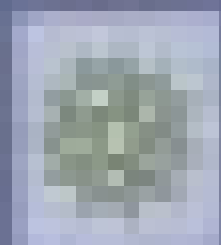
高等教育出版社
Higher Education Press



第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

微生物学 Microbiology

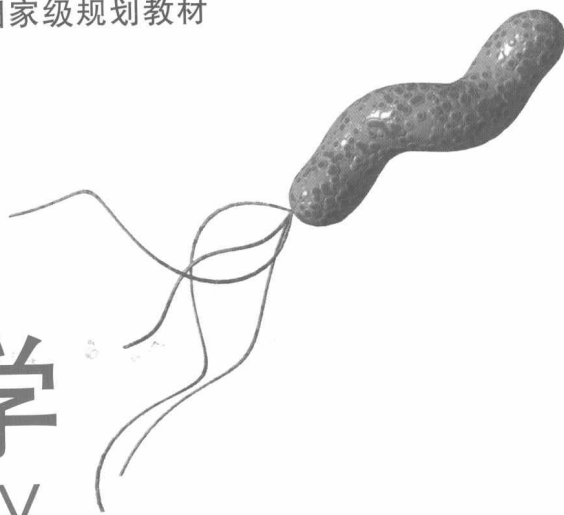
主编 王 强 副主编 王 强



中国轻工业出版社
China Light Industry Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



微生物学

Microbiology

□ 主 编 沈 萍 陈向东

□ 参编单位 武汉大学 北京大学 复旦大学
南开大学 山东大学

□ 编 著 者 (按姓氏笔画排序)

卫扬保	王静怡	孔 健	卢振祖
杨文博	杨复华	沈 萍	张长铠
张甲耀	陈向东	周德庆	高向东
唐 兵	唐晓峰	黄仪秀	彭珍荣



高等教育出版社
Higher Education Press

图书在版编目(CIP)数据

微生物学 / 沈萍, 陈向东主编. —北京: 高等教育出版社, 2009.8

ISBN 978-7-04-022268-5

I. 微… II. ①沈… ②陈… III. 微生物学—高等学校—教材 IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 105613 号

策划编辑 吴雪梅 潘 超 责任编辑 张晓晶 潘 超 书籍设计 张 楠
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 北京佳信达欣艺术印刷有限公司

开 本 889×1194 1/16
印 张 35.75
字 数 1 000 000

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>

版 次 2009年8月第1版
印 次 2009年8月第1次印刷
定 价 96.00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 22268-00

郑重声明 高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》, 其行为人将承担相应的民事责任和行政责任, 构成犯罪的, 将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序, 保护读者的合法权益, 避免读者误用盗版书造成不良后果, 我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为, 希望及时举报, 本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通讯地址: 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100120

购书请拨打电话: (010) 58581118

《微生物学》第2版于2006年5月出版,我们在该版的基础上,经过进一步修订和改编,出版全彩色版《微生物学》,此书被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。我们认为,编写高质量的彩色版教材是我国教材编写与国际接轨的发展趋势,特别是生物类教材更显需要,这类教材的图、表和照片更需要形象、生动和富于立体感,才更能显示生命的特征,便于学生理解,发挥他们的潜能和想象力,启发他们的学习兴趣并调动学习积极性。

该彩版教材除了继续保持第2版的编写宗旨、编写风格和特色外,在综合国内外教材特点的基础上,还对其编排形式作了较大的改变:在每章的开头选用了一幅彩图作为开篇图;在每章正文开始前有一段“Chapter Outline”(高向东撰写);每章除了后面有小结、复习题和思考题外,每节后还插有帮助学生理解、消化的习题。在第2版的基础上,对每章的内容进行了修订和再创作,主要反映在下列几章:

1. 在第1、8和11章中引入了“宏基因组(metagenome)”的概念,并在第8章中以插入短文的形式作了较详细的介绍。
2. 在第10章的第一节中,对“历史回顾”的内容进行了重要补充;第三节增添了YAC与BAC的克隆过程;第五节修改和补充了 α 互补作用的内容;全章更换和增加了部分插图。此外,还新添了插入短文“DNA芯片用于基因及其表达的研究”。
3. 第11章中的第一、二节的顺序作了调:先讨论微生物的生态分布,再讨论其在生态系统中的作用地位,这样更符合认识过程;在第一节中,补充了“微生物生存的微环境”和“微生物的吸附及生物膜”;在第二节中,增加了“微生物的生物修复”;在第三节中,新插入了一篇有趣的短文“肠道微生物与肥胖”;第四节中,增加了“生物降解作用的强化”。
4. 第12章中增加了第三节“真菌的分类”;第一节中,对系统发育树的内容进行了更新;第四节补充了“DNA-DNA杂交测定示意图”;第五节新增了一篇插入短文“微型生物芯片实验室检测微生物”。
5. 第14章的第五节中,对有关肿瘤疫苗和过继免疫治疗的内容进行了更新,还特别介绍了首个用于预防人类恶性肿瘤的疫苗——宫颈癌疫苗的问世。
6. 第15章的第五节中,对“微生物生物技术的安全性风险评价和管理”作了重要的补充,使学生对微生物生物技术的应用及有关的法规及条例有较全面的认识 and 了解。
7. 对每章后面的复习题和思考题作了相应的变动,新增添的习题还附有答案提示(原习题答案请参见肖敏和沈萍主编的《微生物学学习指导与习题解析》);对本书的参考书目和二附录(微生物名称索引和微生物学名词索引)也根据全书内容的改动和修订进行了相应的变动,特别注意了对近年出版物(2008年)的引用。
8. 由于我国现行出版的有关“微生物学”的书或文章中涉及“胞”与“孢”的应用较为混乱。因此,为了统一规范和符合其科学内涵,同时也根据全国科学技术名词审定委员会第二届微生物学名词审定委员会的意见,全书对与微生物相关的“胞”和“孢”的用法进行了统一界定:“胞”用于休眠体或非繁殖体(例如芽胞杆菌的“芽胞”);“孢”则用于繁殖体(例如放线菌的“分生孢子”)。

在本书的编写和出版过程中,得到了多方面的关心和支持。首先,我们要感谢广大的读者,特别是广大的学生、教师和同行,他们对该书第1版和第2版的热忱、兴趣和

对新版的期望、建议是我们编写该书的动力和源泉；其次，我们要感谢为本书提供珍贵照片的单位和个人，他们是：美国宾夕法尼亚大学医学院的毕尔飞教授，英国 CABI 生物学-UK 中心的 David Smith 教授，中国科学院北京微生物研究所刘双江研究员，南开大学生命科学学院邢来君教授、李明春教授，云南大学李文均教授，上海师范大学曹建国博士，中国科学院水生生物研究所冯伟松高级工程师，中国典型培养物保藏中心方呈祥教授，武汉大学生命科学学院胡远杨教授，中国科学院沈阳应用生态研究所戴玉成研究员，南京师范大学王文教授等；再次，我们也非常感谢为本书绘制精美插图的郭骊骊、马晓霏、何斌、汪彪、张静犁、朱际、王昕湃、付翔等；最后，在本书出版之际，我们对教育部生物科学与工程教学指导委员会的各位专家和武汉大学各级领导对本书在编写和出版过程中给予的支持、关心和指导，高等教育出版社生命科学分社吴雪梅社长、潘超、王莉、赵晓媛、李光跃和张晓晶等同志为本书的出版付出的辛勤劳动，也表示诚挚的谢意！

由于该彩版的出版是一次尝试，不免会有不尽如人意之处，敬请广大师生、同行和其他读者多批评指正。谢谢！

编 者

2008 年 4 月

第 1 章

绪论..... 1

一、微生物和你.....	3
二、微生物学.....	4
三、微生物的发现和微生物学的发展.....	5
四、20 世纪的微生物学	9
五、21 世纪微生物学发展的趋势	12
小结.....	14

第 2 章

微生物的纯培养和 显微技术..... 15

第一节 微生物的分离和纯培养.....	17
一、无菌技术.....	17
二、用固体培养基获得纯培养.....	18
三、用液体培养基获得纯培养.....	20
四、单细胞（孢子）分离.....	21
五、选择培养分离.....	21
■ 二元培养物	23
六、微生物的保藏技术.....	23
第二节 显微镜和显微技术.....	25
一、显微镜的种类及原理.....	25
二、显微观察样品的制备.....	30
第三节 显微镜下的微生物.....	33
一、细菌和古生菌.....	33
■ 最小和最大的细菌	37
二、真菌.....	37
三、藻类.....	40
四、原生动物.....	40

小结.....	41
---------	----

第 3 章

微生物细胞 的结构与功能..... 43

第一节 原核微生物.....	45
一、细胞壁.....	45
二、细胞壁以内的构造——原生质体	56
三、细胞壁以外的构造.....	67
第二节 真核微生物.....	72
一、细胞壁.....	74
■ 产生巨大压力的真菌附着胞	76
二、鞭毛与纤毛.....	77
三、细胞质膜.....	78
四、细胞核.....	78
五、细胞质和细胞器.....	80
■ 原核生物中也有细胞骨架吗?.....	80
小结.....	85

第 4 章

微生物的营养..... 87

第一节 微生物的营养要求.....	89
一、微生物细胞的化学组成.....	89
二、营养物质及其生理功能.....	90
三、微生物的营养类型.....	95
第二节 培养基	96

一、配制培养基的原则	96
二、培养基的类型及应用	100
■ 琼脂——从餐桌到实验台	102
第三节 营养物质进入细胞	105
一、扩散	106
二、促进扩散	106
三、主动运输	107
四、膜泡运输	111
小结	111

第 5 章 微生物的代谢 113

第一节 微生物产能代谢	116
一、异养微生物的生物氧化	116
■ 肠内酵母菌感染导致醉酒	117
■ “鬼火”的生物学解释	124
二、自养微生物的生物氧化	124
三、能量转换	125
■ 分子马达	127
第二节 微生物耗能代谢	131
一、细胞物质的合成	131
二、其他耗能反应：运动、运输和生物发光	140
第三节 微生物代谢的调节	141
一、酶活性调节	141
二、分支合成途径调节	142
第四节 微生物的次级代谢与 次级代谢产物	144
一、次级代谢与次级代谢产物	144
二、次级代谢的调节	144
小结	146

第 6 章 微生物的生长 繁殖及其控制 147

第一节 细菌的个体生长	149
一、染色体 DNA 的复制和分离	149

二、细胞壁扩增	149
三、细菌的分裂与调节	150

第二节 细菌的群体生长繁殖 151

一、生长的规律	151
二、生长的数学模型	152
三、主要生长参数	154
四、同步培养	155
五、连续培养	157
■ 惊人的数字	159

第三节 真菌的生长繁殖 159

一、丝状真菌的生长繁殖	159
二、酵母的生长繁殖	163

第四节 环境对微生物生长的影响 及生长的测定 165

一、环境对微生物生长的影响	165
二、微生物生长的测定	169

第五节 微生物生长繁殖的控制 172

一、控制微生物的化学物质	172
二、控制微生物的物理因素	174
■ 有关的术语	178

小结	179
----	-----

第 7 章 病毒 181

第一节 概述 183

一、病毒的特点和定义	183
二、病毒的宿主范围	184
三、病毒的分类与命名	185

第二节 病毒学研究的基本方法 187

一、病毒的分离与纯化	187
二、病毒的测定	188
三、病毒的鉴定	190

第三节 毒粒的性质 191

一、毒粒的形态结构	191
二、毒粒的化学组成	194

第四节 病毒的复制 197

一、病毒的复制周期	197
-----------	-----

二、病毒感染的起始	199
三、病毒大分子的合成	200
■ 割裂基因的发现	204
四、病毒的装配与释放	205
第五节 病毒的非增殖性感染	207
一、非增殖性感染的类型	207
二、缺损病毒	208
第六节 病毒与宿主的相互作用	210
一、噬菌体感染对原核细胞的影响	210
二、病毒感染对真核细胞的影响	212
三、机体的病毒感染	214
第七节 亚病毒因子	215
一、卫星病毒	215
二、朊病毒	217
第八节 病毒举例	218
一、人免疫缺陷病毒	218
二、SARS 冠状病毒	219
三、禽流感病毒	220
四、肝炎病毒	221
五、类病毒	223
小结	224

第 8 章 微生物遗传 227

第一节 遗传的物质基础	229
一、DNA 作为遗传物质	229
二、RNA 作为遗传物质	230
三、朊病毒的发现和思考	230
■ “第二遗传密码”——“折叠密码”？	231
第二节 微生物的基因组结构	232
一、大肠杆菌的基因组	233
二、酿酒酵母的基因组	234
三、詹氏甲烷球菌的基因组	235
■ 微生物向邻居“借”或“盗用”基因	236
第三节 质粒和转座因子	236
一、质粒的分子结构	237
二、质粒的主要类型	237

三、质粒的不亲和性	239
■ 质粒原噬菌体	240
四、转座因子的类型和分子结构	240
五、转座的遗传学效应	242

第四节 基因突变及修复 243

一、基因突变的类型及其分离	243
二、基因突变的分子基础	245
三、DNA 损伤的修复	248

第五节 细菌基因转移和重组 250

一、细菌的接合作用	251
二、细菌的转导	253
三、细菌的遗传转化	254
四、基因定位和基因组测序	256
■ 宏基因组学	261

第六节 真核微生物的 遗传学特性 261

一、酵母菌的接合型遗传	261
二、酵母菌的质粒	262
三、酵母菌的线粒体	263
四、丝状真菌的准性生殖	263

第七节 微生物育种 264

一、诱变育种	264
二、代谢工程育种	267
三、体内基因重组育种	268
四、DNA Shuffling 技术	269
小结	270

第 9 章 微生物基因表达的 调控 273

第一节 转录水平的调控 276

一、操纵子的转录调控	276
二、分解代谢物阻遏调控	279
三、细菌的应急反应	280
四、通过 σ 因子更换的调控	281
五、信号转导和二组分调节系统	282
六、 λ 噬菌体溶源化和裂解途径的转录调控	283

第二节 转录后调控 285

一、翻译起始的调控	285
二、mRNA 的稳定性	285
三、稀有密码子和重叠基因调控	286
■ 微生物产生的抗生素为什么不杀死自己?	287
四、反义 RNA 调控	287
五、翻译的阻遏调控	288
六、ppGpp 对核糖体蛋白质合成的影响	289
七、细菌蛋白质的分泌调控	289

第三节 古生菌的转录及其调控 290

一、古生菌的基本转录装置	290
二、古生菌的转录调控	291

小结	292
----	-----

第 10 章 微生物与基因工程 293

第一节 基因工程概述 295

一、历史回顾	295
二、基因工程的基本操作	296
三、微生物与基因工程的关系	298

第二节 基因的分离、合成与诱变 298

一、从基因文库分离基因	299
二、从 cDNA 文库分离基因	300
三、基因的化学合成	301
四、PCR 扩增基因	301
五、利用基因定位诱变获得突变基因	302

第三节 微生物与克隆载体 304

一、原核生物克隆载体	305
二、真核生物克隆载体	308
三、人工染色体	310

第四节 微生物与基因工程工具酶 312

一、限制性核酸内切酶	313
二、DNA 连接酶	314

第五节 外源基因导入宿主细胞 315

一、外源基因与载体的体外连接	315
二、克隆载体的宿主	315
三、外源基因导入宿主细胞	316

四、目的基因克隆的筛选与鉴定	317
----------------	-----

■ DNA 芯片用于基因及其表达的研究	320
---------------------	-----

第六节 克隆基因在细菌中的表达 320

一、克隆基因的转录调节	321
二、克隆基因的翻译调节	322
三、克隆基因的表达产物	322

第七节 基因工程的应用及展望 324

一、基因工程药物	324
二、基因治疗	325
三、转基因植物	326
四、转基因动物	326
五、基因工程研究展望	326

■ 表面展示技术	327
----------	-----

小结	328
----	-----

第 11 章 微生物的生态 331

第一节 生态环境中的微生物 333

一、微生物生态系统	333
二、陆生生境的微生物	335
三、水生生境的微生物	336
四、大气生境的微生物	336
五、极端环境下的微生物	337
六、动物体中的微生物	339
七、植物体中的微生物	340

■ 微生物的互惠、“违约”和“制裁”	342
--------------------	-----

八、工农业产品上的微生物及生物性霉腐的控制	343
-----------------------	-----

九、现代分子生物技术的应用及微生物分子生态学的形成	343
---------------------------	-----

第二节 微生物在生态系统中的地位与作用 345

一、生态系统中微生物的角色	345
二、微生物与生物地球化学循环	346
三、微生物的生物修复	350

第三节 人体微生物及病原微生物的传播 350

一、人体微生物	351
---------	-----

■ 肠道微生物与肥胖	352
------------	-----

二、病原微生物通过水体的传播·····	352
三、病原微生物通过食物的传播·····	353
四、病原微生物通过土壤的传播·····	353
五、病原微生物通过空气的传播·····	353
第四节 微生物与环境保护·····	354
一、微生物对污染物的降解与转化·····	354
二、重金属的转化·····	358
■ 走出化学农药污染的“围城”·····	358
三、污染介质的微生物处理·····	359
四、污染环境的生物修复·····	362
五、环境污染的微生物监测·····	363
小结·····	364

第 12 章

微生物的进化、系统发育和分类鉴定····· 367

第一节 进化的测量指征·····	369
一、进化指征的选择·····	370
二、rRNA 作为进化的指征·····	371
三、rRNA 的顺序和进化·····	371
四、系统发育树·····	373
五、三界生物的主要特征·····	375
第二节 细菌分类·····	377
一、分类单元及其等级·····	378
二、分类单元的命名·····	380
三、细菌分类和伯杰氏手册·····	382
第三节 真菌的分类·····	389
一、真菌分类系统·····	389
二、五大类群真菌的主要特征·····	391
第四节 微生物分类鉴定的特征和技术·····	392
一、形态学和生理生化特征·····	392
二、血清学试验与噬菌体分型·····	394
三、氨基酸顺序和蛋白质分析·····	395
四、核酸的碱基组成和分子杂交·····	396
五、遗传重组·····	399
六、微生物鉴定·····	399

第五节 微生物的快速鉴定和自动化分析技术····· 400

一、微量多项试验鉴定系统·····	401
二、快速、自动化微生物检测仪器和设备·····	405
■ 从“以身试菌”到“吹口气查胃病”·····	406
三、现代分子生物学和免疫学技术的采用·····	407
■ 微型生物芯片实验室检测微生物·····	408
四、电子计算机在微生物学中的应用·····	408
小结·····	410

第 13 章

微生物物种的多样性····· 413

第一节 细菌的多样性·····	416
一、细菌系统发育总观·····	416
二、细菌的主要类型·····	418
三、主要的放线菌类型·····	430
第二节 古生菌的多样性·····	432
一、古生菌系统发育总观·····	432
二、极端嗜盐古生菌·····	434
三、产甲烷古生菌·····	435
四、超嗜热古生菌·····	436
五、无细胞壁的古生菌：热原体属·····	436
六、还原硫酸盐古生菌：古生球菌属·····	436
七、微生物生存的温度极限·····	437
八、古生菌：地球早期的生命形式？·····	437
■ 附生在火焰球菌表面的最小古生菌·····	438
第三节 真核微生物的多样性·····	439
一、真核微生物系统发育总观·····	439
二、藻类·····	440
三、真菌·····	441
■ 创新思维与伟大的发现·····	443
四、黏菌·····	445
五、原生动物·····	447
■ 未培养微生物与生物多样性·····	447
第四节 微生物资源的开发利用和保护·····	448
一、什么是微生物资源？·····	448
二、微生物资源的特点·····	448

三、资源的开发利用亟待拓宽和深入·····	449
四、积极开展微生物资源的迁地保护和就地保护·····	450
小结·····	450

第 14 章 感染与免疫····· 453

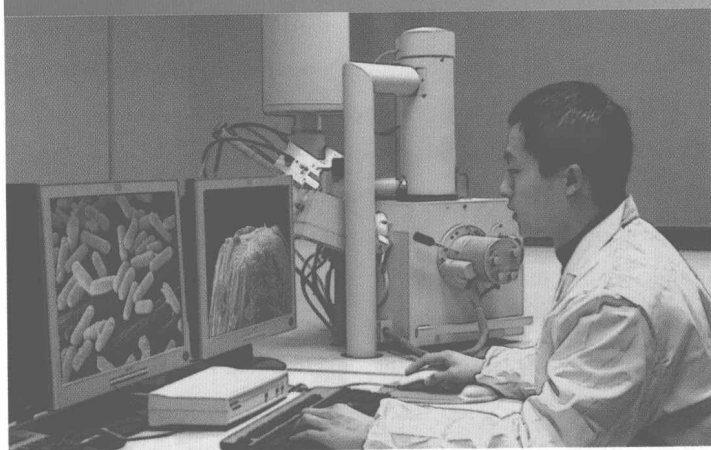
第一节 感染的一般概念·····	455
一、感染的途径与方式·····	455
二、微生物的致病性·····	456
■ 微生物与生物恐怖·····	459
第二节 宿主的非特异性免疫·····	459
一、生理屏障·····	460
二、体液因素·····	461
三、细胞因素·····	462
四、炎症·····	463
第三节 宿主的特异性免疫·····	464
一、特异性免疫的一般概念·····	464
二、抗原和抗体·····	467
三、B 细胞介导的体液免疫·····	471
四、T 细胞介导的细胞免疫·····	472
五、克隆选择和免疫耐受性·····	474
第四节 抗感染免疫·····	475
一、病毒感染与免疫·····	475
二、细菌感染与免疫·····	477
三、联合抗感染免疫·····	478
第五节 免疫病理·····	479
一、超敏反应·····	479
二、自身免疫病·····	480
三、移植免疫·····	480
四、免疫缺陷·····	482
五、肿瘤免疫·····	482
第六节 免疫学的实际应用·····	484
一、抗体的制备及应用·····	484
■ 抗体酶·····	487
二、免疫学技术·····	488
三、免疫预防·····	491
小结·····	492

第 15 章 微生物生物技术····· 495

第一节 微生物工业发酵的菌种和 发酵特征·····	497
一、生产菌种的要求和来源·····	498
二、大规模发酵的特征·····	501
第二节 微生物工业发酵的方式·····	506
一、连续发酵·····	507
二、固定化酶和固定化细胞发酵·····	508
三、固态发酵·····	510
四、混合培养物发酵·····	512
第三节 微生物工业的主要产品·····	513
一、食品和饮料·····	514
二、抗生素、其他微生物药物和生物制品·····	517
■ “押送”病原菌赴“刑场”·····	521
三、氨基酸、有机酸、醇、维生素、 核苷酸和激素等·····	521
四、酶制剂·····	523
五、微生物农药、肥料和饲料·····	525
第四节 微生物生物技术的 广泛应用·····	530
一、微生物能源·····	530
■ 微生物推进经济和社会的可持续发展·····	531
二、微生物冶金·····	534
三、石油工业中的微生物生物技术·····	535
四、微生物传感器和 DNA 芯片·····	536
五、微生物塑料、功能材料和生物计算机·····	538
六、海洋和宇航中微生物生物技术的应用·····	539
第五节 微生物生物技术的安全性 风险评价和管理·····	541
小结·····	542
主要参考书目·····	544
附录 1 微生物名称索引·····	547
附录 2 微生物学名词索引·····	551

第 1 章

绪 论



正确认识和使用微生物这把双刃剑，造福于人类，是我们学习微生物学的目的

► Chapter Outline

- Microorganisms act as a sword with two sharp edges. On one hand, they are crucial for the survival of all living organisms on the earth, are indispensable components of our ecosystem, and provide mankind with enormous benefits. On the other hand, the sword has another edge — the “cruel” side. Microorganisms also bring us threats and disasters, and sometimes, the threats could be fatal. Our goal of studying microbiology is to understand microorganisms and take advantage of them for our own benefits.
- The first person who observed and described microorganisms was Antony van Leeuwenhoek from Holland. It is him who discovered the microbial world using a self-made microscope. Microbiology is generally defined as a science that studies the living activities of the organisms called microorganisms which are too small to be seen by the naked eyes. The development of microbiology as a scientific discipline has rested on the invention and application of microscopes and the development of techniques for isolating the pure culture of microorganisms. Thanks for the outstanding works of Louis Pasteur and Robert Koch, the two founding fathers of microbiology, microbiology has developed several branches since it emerged as an independent discipline.
- The twentieth century saw great leap in the development of microbiology. Particularly since the 1940s, microbiology has rapidly grown into the front runner of life sciences and has contributed greatly to the progress of life sciences, which includes many theoretical and technological breakthroughs, the development of recombinant DNA technology, and the human genome project.
- Microbiology in the twenty-first century will continue to contribute greatly to the progress of life sciences as well as the improvement of human health care. In order to expand the development of microbiology further, a wider research on microbial genomes will be implemented and new interdisciplines will be developed.

从安东·范·列文虎克 (Antony van Leeuwenhoek) 用自制的显微镜首次观察到微生物以来,人们对微生物的认识只不过有 300 多年的历史;作为一门独立的学科——微生物学,也比动物学、植物学晚得多,只有 100 多年的历史。这门学科的诞生和发展经历了艰难曲折的历程,其间许多科学家为此做出了卓越的贡献,使得微生物这种最小的生命体在人类居住的地球上,特别是对人类自身的生存和健康发挥着巨大的、不可替代的作用。微生物学作为一门最具生命力的学科也一直是推动整个生命科学发展的强大动力。

本章将首先从微生物与人类的密切关系开始,然后对微生物学的研究对象及分类地位、发展简史(着重介绍微生物学创立和发展的奠基者及他们的开创性工作)以及微生物学在生命科学发展中做出的巨大贡献进行详细的介绍。最后,对 21 世纪微生物学的发展,特别是微生物基因组学给微生物学发展赋予的生机和使命予以介绍和展望。

一、微生物和你

当你清晨起床后,深深吸一口清新的空气,喝一杯可口的酸奶,品尝着美味的面包或馒头的时候,你就已经开始享受到了微生物给你带来的恩惠;当你因患某些疾病而躺在医院的病床上,经受病痛的折磨时,那很可能是有害的微生物侵入了你的身体;但当白衣护士给你服用(或注射)抗生素类药物,使你很快恢复了健康时,你得感谢微生物给你带来的福音,因为抗生素是微生物的“奉献”。然而,如果高剂量的某种抗生素注入你的体内后,效果甚微甚至毫无效果,你可曾想到这也是微生物的恶作剧——病原微生物对药物产生了抗性。这时医生只好尝试用其他药物,更多新药物又有待于微生物学家和其他科学家去研究、开发……

可以说,微生物与人类关系的重要性,你怎么强调都不过分,微生物是一把十分锋利的“双刃剑”,它们在给人类带来巨大利益的同时也带来“残忍”的破坏。它给人类带来的利益不仅是享受,实际上还涉及人类的生存。在这本书中你们将读到微生物在许多重要产品中所起的不可替代的作用,例如,面包、奶酪、啤酒、抗生素、疫苗、维生素和酶等的生产(见第 15 章),同时也是人类生存环境中必不可少的成员,有了它们才使得地球上的物质进行循环(见第 11 章),否则地球上的所有生命将无法繁衍下去。此外,你在第 10 章还将会看到以基因工程为代表的现代生物技术的发展及其美妙的前景,这也是微生物对人类作出的又一重大贡献。

然而,这把“双刃剑”的另一面——微生物的“残忍”性给人类带来的灾难有时甚至是毁灭性的。1347 年的一场由鼠疫杆菌 (*Yersinia pestis*) 引起的瘟疫几乎摧毁了整个欧洲,有 1/3 的人(约 2 500 万人)死于这场灾难,在此后的 80 年间,这种疾病一再肆虐,实际上夺去了大约 75% 的欧洲生命,一些历史学家认为这场灾难甚至改变了欧洲文化。我国在新中国成立前也曾多次流行鼠疫,死亡率极高。今天,一种新的瘟疫——艾滋病 (AIDS) 正在全球蔓延,癌症也正威胁着人类的健康和生命,许多已被征服的传染病(如结核病、疟疾、霍乱等)也有“卷土重来”之势。据世界卫生组织的统计,结核病现在已跃为人类头号杀手,全球有近 1/3 的人口感染了结核菌。随着环境的污染日趋严重,一些以前从未见过的新的疾病[如埃博拉病毒病、霍乱 O139 新菌型、大肠杆菌 O157 以及牛海绵状脑病(疯牛病)等]又给人类带来了新的威胁。人们对 2003 年全球爆发的非典型肺炎(严重急性呼吸综合征, severe acute respiratory syndrome, SARS)所带来的危害和恐慌仍记忆犹新。因此,你——未来的微

生物学家或其他科学家任重道远。正确地了解和使用微生物这把“双刃剑”，造福于人类是我们学习和应用微生物学的目的，也是每一位微生物学工作者义不容辞的责任。

- 为什么说微生物是一把十分锋利的“双刃剑”？谈谈你的看法。

二、微生物学

1 研究对象及分类地位

微生物研究作为一门科学——微生物学，比动物学、植物学产生要晚得多，至今不过 100 多年的历史。因为微生物太小，需借助显微镜才能看清它们，因此，微生物学（microbiology）一般定义为研究肉眼难以看清的称之为微生物的生命活动的科学。这些微小生物包括：无细胞结构不能独立生活的病毒、亚病毒因子（卫星病毒、卫星 RNA 和朊病毒）；具原核细胞结构的细菌、古生菌以及具真核细胞结构的真菌（酵母、霉菌、蕈菌等）、单细胞藻类、原生动物等。但其中也有少数成员是肉眼可见的，例如，近年来发现有的细菌是肉眼可见的：1993 年正式确定为细菌的费氏刺骨鱼菌（*Epulopiscium fishelsoni*）以及 1998 年报道的纳米比亚硫黄珍珠菌（*Thiomargarita namibiensis*）（见第 2 章），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，是历史的沿革，也仍为今天所用。

但也有微生物学家提出不同的看法，例如，著名的微生物学家 Roger Stanier 提出，确定微生物学领域不应只是根据其大小，也应该根据有别于动、植物的研究技术。微生物学家通常要首先从群体中分离出特殊的微生物纯种，然后还要进行培养，因此研究微生物要使用特殊的技术。例如，消毒灭菌和培养基的应用等，这对成功地分离和培养微生物是必需的，也是有别于动、植物的。

微生物丰富的多样性以及独特的生物学特性（个体小、繁殖快、分布广等）使其在整个生命科学中占据着举足轻重的地位。无论是 1969 年 Whittaker 提出的生物分成五界系统，还是 1977 年 Woese 提出的三域（domain）系统（见第 12 章），微生物在生物界中都占据了绝大多数的“席位”，分别占 3/5 和 2/3 强。这就是微生物在整个生物界的分类地位。在本章的后部分，我们还将讨论微生物及微生物学对整个生命科学作出的巨大贡献及其生物学地位。

2 研究内容及分科

那么微生物学具体的研究内容是什么呢？总的来说，微生物学是研究微生物在一定条件下的形态结构、生理生化、遗传变异以及微生物的进化、分类、生态等规律及其应用的一门学科。随着微生物学的不断发展，已形成了基础微生物学和应用微生物学，其又可分为许多不同的分支学科，并且还在不断地形成新的学科和研究领域。其主要的分支学科见图 1-1。

在分子水平上研究微生物生命活动规律的“分子微生物学”，重点研究微生物与宿主细胞相互关系的新型学科领域——“细胞微生物学”（cellular microbiology），利用微生物及其产物的生物技术——“微生物生物技术”，以及伴随人类基因组计划兴起的“微生物基因组学”等分支学科和新型领域的兴起，标志着微生物学的发展又迈上了一个新的台阶，21 世纪的微生物学将展现新的辉煌。

微生物学

基础微生物学

按微生物种类分

微生物分类学
细菌学
真菌学
病毒学
原生动物学
藻菌植物学

按过程或功能分

微生物生理学
微生物遗传学
微生物生态学
微生物分子生物学
微生物细胞生物学
微生物基因组学

按与疾病的关系分

免疫学
医学微生物学
流行病学

应用微生物学

按生态环境分

土壤微生物学
海洋微生物学
环境微生物学
水生微生物学
宇宙微生物学

按技术与工艺分

分析微生物学
生物技术学
微生物发酵工程

按应用范围分

工业微生物学
农业微生物学
医学微生物学
药理学微生物学
兽医学微生物学
食品微生物学
预防微生物学

图 1-1 微生物学的主要分支学科

- 什么是微生物？什么是微生物学？该学科具体的研究内容是什么？
- 你认为微生物在整个生物界的分类地位如何？
- 微生物学可分为哪些主要的分支学科？还有可能发展成更多的分支学科吗？请说出你的理由。

三、微生物的发现和微生物学的发展

1 微生物的发现

在人们真正看到微生物之前，实际上已经猜想或感觉到它们的存在，甚至人们已经在不知不觉中应用它们了。我国劳动人民很早就已认识到微生物的存在和作用，我国也是最早应用微生物的少数国家之一。据考古学推测，我国在 8 000 年以前已经出现了曲蘖酿酒，4 000 多年前我国酿酒已十分普遍，而且当时的埃及人也已学会烘制面包和酿制果酒，2 500 年前我国人民已发明酿酱、醋，知道用曲治消化道疾病。公元 6 世纪（北魏时期），我国贾思勰的巨著《齐民要术》详细地记载了制曲、酿酒、制酱和酿醋等工艺。公元 9 世纪到 10 世纪我国已发明用鼻苗法种痘，用细菌浸出法开采铜。到了 16 世纪，古罗马医生 G. Fracastoro 才明确提出疾病是由肉眼看不见的生物（living creatures）引起的。我国明末（1641 年）医生吴又可也提出“戾气”学说，认为传染病的病因是一种看不见的“戾气”，其传播途径以口、鼻为主。

真正看见并描述微生物的第一个人是荷兰商人安东·范·列文虎克（Antony van Leeuwenhoek, 1632—1723）（图 1-2），他的最大贡献不是在商界，而是他利用自制的显微镜发现了微生物世界（当时被称为微小动物），他的显微镜放大倍数为 50~300 倍，构造很简单，仅有一个透镜安装在两片金属薄片的中间，在透镜前面有一根金属短棒，在棒的尖端搁上需要观察的样品，通过调焦螺旋调节焦距。利用这种显微镜，列文虎克清楚地看见了细菌和原生动物。



图 1-2 列文虎克
(1632—1723)