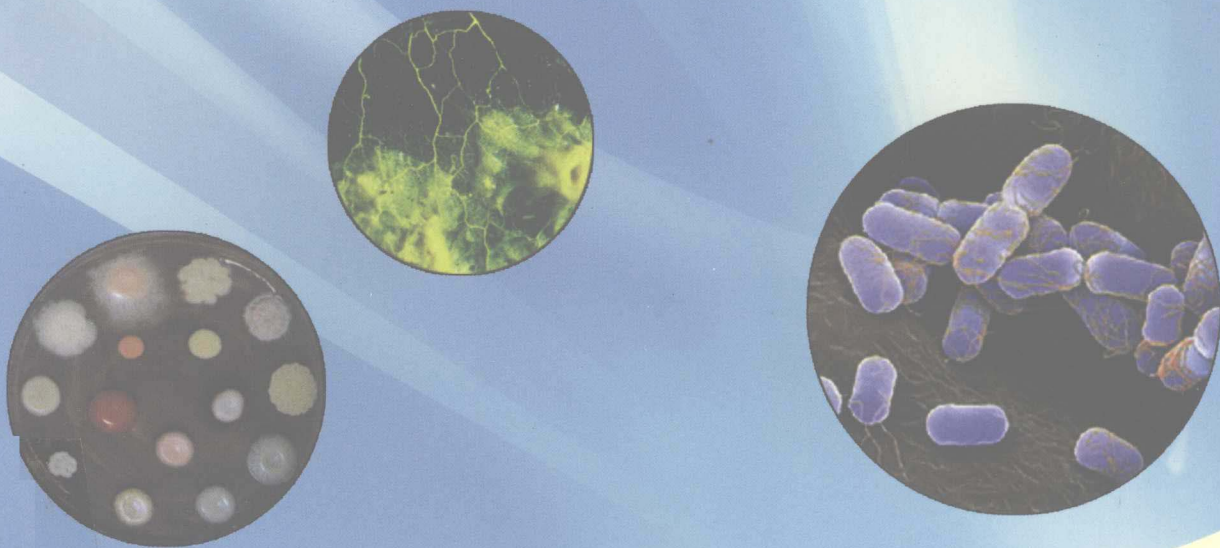


全国高等农林院校“十一五”规划教材

微生物学

唐欣昀 主编



 中国农业出版社

生物工程、生物技术、生物科学专业主干课程系列教材

- | | | | |
|--|----------------|---|--------|
|  微生物学（第六版） | 李阜棣 胡正嘉 主编 |  植物生理学（第二版） | 王 忠 主编 |
|  微生物学实验 | 何绍江 陈雯莉 主编 |  发育生物学 | 李 宁 主编 |
|  微生物学实验指导 | 李顺鹏 主编 |  蛋白质组学 | 李维平 主编 |
|  遗传学（第三版） | 朱 军 主编 |  动物生物学 | 吴常信 主编 |
|  遗传学实验指导 | 祝水金 主编 |  基因组学 | 李 宁 主编 |
|  细胞生物学 | 沈振国 崔德才 主编 |  病毒学 | 王小纯 主编 |
|  基因工程原理与应用 | 陈 宏 主编 |  蛋白质工程 | 饶力群 主编 |
|  基因工程实验技术 | 陈 宏 主编 |  发酵工程与设备 | 邱立友 主编 |
|  植物学 | 胡宝忠 胡国宣 主编 |  发酵工程与设备实验 | 邱立友 主编 |
|  植物学实验 | 胡宝忠 常 纓 主编 |  简明分子生物学教程 | 王宪泽 主编 |
|  生物化学 | 李庆章 吴永尧 主编 |  简明细胞生物学教程 | 周竹青 主编 |
|  普通生态学 | 骆世明 主编 |  酶工程 | 王金胜 主编 |
|  分子遗传学 | 杨业华 主编 |  免疫学 | 王家鑫 主编 |
|  现代生物技术概论 | 程备久 主编 |  普通生物学 | 魏道智 主编 |
|  细胞工程学 | 王 蒂 主编 |  生物安全学 | 张 伟 主编 |
|  细胞工程实验教程 | 王 蒂 主编 |  生物化学实验技术原理与方法 | 朱利泉 主编 |
|  分子生物学 | 卢向阳 主编 |  生物技术制药 | 朱宝成 主编 |
|  生物化学实验技术原理与方法 | 王宪泽 主编 |  生物统计学 | 章元明 主编 |
|  生命科学导论 | 李庆章 主编 |  生物显微技术 | 王庆亚 主编 |
|  普通遗传学 | 张桂权 主编 |  生物学专业英语 | 萧浪涛 主编 |
|  生物化学 | 黄卓烈 朱利泉 主编 |  微生物学 | 唐欣昀 主编 |
|  生物化学习题集（第二版） | 张云贵 覃广泉 刘祥云 主编 |  细胞遗传学 | 林 毅 主编 |
|  植物生理学 | 萧浪涛 王三根 主编 |  遗传学 | 易自力 主编 |
|  植物生理学实验技术 | 萧浪涛 王三根 主编 |  植物生理生化 | 王三根 主编 |
|  植物生理学学习指导 | 萧浪涛 王三根 主编 |  动物细胞工程学 | 周欢敏 主编 |
|  微生物工程 | 王立群 主编 |  植物组织与细胞培养 | 陈耀锋 主编 |
|  生物信息学 | 萧浪涛 主编 |  植物生物技术 | 朱延明 主编 |
|  植物生物学 | 傅承新 主编 |  植物生理学 | 徐克章 主编 |
| | |  生物化学 | 刘卫群 主编 |

本书采用出版物数码防伪系统
刮开涂层将16位防伪密码发短信至106695881280
免费查询 辨别真伪
详情请查询中国扫黄打非网
<http://www.shdf.gov.cn>

防伪、网络增值服务说明见书内“郑重声明”页

明码 8117 5619 5952 7521
密码

封面设计 陈 英

ISBN 978-7-109-14132-2



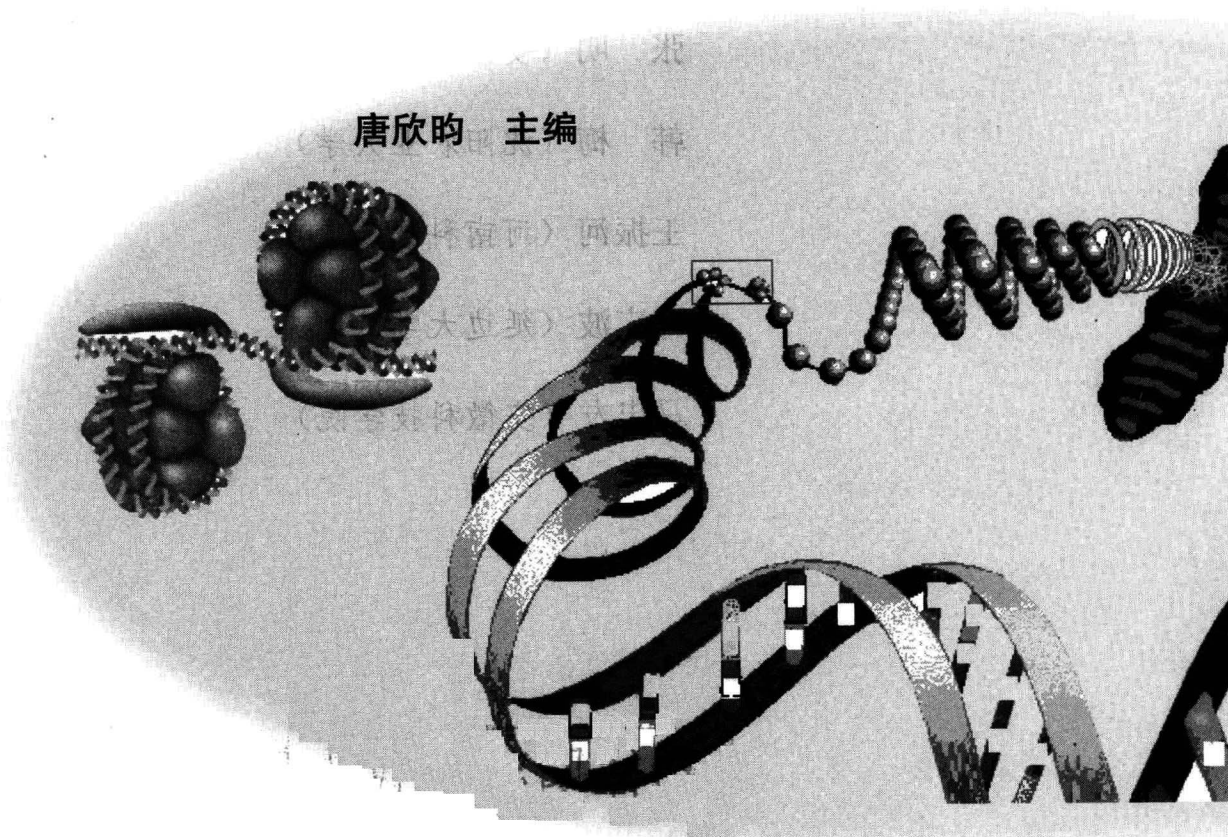
9 787109 141322 >

定价：47.50 元

全国高等农林院校“十一五”规划教材

微生物学

唐欣昀 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学/唐欣昀主编. —北京: 中国农业出版社,
2009. 9

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14132-2

I. 微… II. 唐… 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 139743 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 100125)

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 33.5

字数: 818 千字

定价: 47.50 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 唐欣昀（安徽农业大学）

副主编 徐凤花（东北农业大学）

涂国全（江西农业大学）

参 编 杜秉海（山东农业大学）

张 明（安徽农业大学）

韩 梅（沈阳农业大学）

王振河（河南科技学院）

许广波（延边大学）

马忠友（安徽科技学院）

□□□□□□□□□□□□□□

2009 年 7 月

□□□□□□□□□□□□□□□□

7 蛭弧菌	52	第4节 原生动物	90
本章小结	52	1 营养吸收	90
复习思考题	53	2 代表类型	91
第3章 古细菌	54	第5节 藻类	92
第1节 古细菌的主要特征	54	1 藻细胞的形态结构	93
1 古细菌的形态特征	54	2 藻类的繁殖	94
2 古细菌的生理特征	55	本章小结	94
3 古细菌的遗传学和分子生物学特征	55	复习思考题	95
第2节 古细菌的细胞结构	56	第5章 病毒	96
1 细胞壁	56	第1节 病毒	97
2 细胞膜	57	1 病毒的一般特征	97
3 细胞质及内含物	58	2 病毒的形态与大小	98
4 核区	58	3 病毒的结构	99
5 S层	58	第2节 噬菌体	104
6 鞭毛	59	1 烈性噬菌体	105
第3节 古细菌的生态分布	59	2 温和噬菌体	108
1 嗜热古细菌	59	第3节 植物病毒	114
2 嗜盐菌	60	1 植物感染病毒的症状	114
3 嗜碱古细菌	61	2 植物病毒侵染周期	116
4 极端嗜酸菌	61	第4节 动物病毒	117
5 产甲烷细菌	61	1 动物病毒与动物疾病	117
本章小结	61	2 动物病毒侵染周期	117
复习思考题	62	3 代表性病毒	122
第4章 真核微生物	63	第5节 亚病毒	126
第1节 真核微生物概述	63	1 类病毒	127
1 真核微生物与原核微生物的比较	64	2 拟病毒	128
2 真核微生物的主要类群	65	3 朊病毒	128
3 真核微生物的细胞构造	66	4 卫星病毒	129
第2节 真菌	75	5 卫星RNA	130
1 真菌的形态和细胞构造	76	第6节 病毒与实践	130
2 菌丝的特化结构	79	1 噬菌体与发酵工业	130
3 真菌的无性繁殖	81	2 生物防治	130
4 真菌的有性繁殖	83	本章小结	132
5 真菌的菌落	85	复习思考题	132
第3节 黏菌	86	第6章 微生物的营养	133
1 黏菌的形态结构	87	第1节 微生物的营养要素	134
2 黏菌的生活史	88	1 微生物细胞的化学组成	134
3 黏菌的主要类群	88		

2 微生物的营养物质	136	第 8 章 微生物生长与环境	199
第 2 节 微生物的营养类型	141	第 1 节 微生物的纯培养	200
1 光能无机自养型	142	1 稀释法	200
2 光能有机异养型	142	2 平板划线法	201
3 化能无机自养型	143	3 亨盖特滚管技术	202
4 化能有机异养型	144	4 单细胞(孢子)分离	202
5 其他营养类型	144	5 组织分离法	202
6 营养类型的多样性	144	6 选择培养分离	202
第 3 节 营养物质进入细胞的方式	144	第 2 节 微生物生长的测定方法	203
1 被动扩散	145	1 生长量的测定	203
2 促进扩散	145	2 微生物数量的测定	204
3 主动运输	146	第 3 节 微生物的生长规律	207
4 基团转位	148	1 单细胞微生物的生长曲线	207
第 4 节 培养基	149	2 细菌的二峰生长	210
1 培养基类型	149	3 连续培养	210
2 培养基配制原则	152	4 同步生长	212
本章小结	155	5 高密度培养	213
复习思考题	155	第 4 节 影响微生物生长的环境因素 ...	215
第 7 章 微生物代谢	156	1 基本概念	215
第 1 节 生物的能量	157	2 温度	216
1 生物能量的形式	158	3 水分和渗透压	220
2 ATP 的生成方式	159	4 酸碱度	220
3 能量的利用	163	5 氧	222
第 2 节 化能异养微生物的生物氧化		6 辐射	223
和产能	164	7 超声波	224
1 底物脱氢的 4 条主要途径	164	8 液体静压强	224
2 递氢和受氢	171	9 化学杀菌剂和消毒剂	225
第 3 节 自养微生物的生物氧化	182	10 化学治疗剂	227
1 化能自养微生物	182	第 5 节 微生物的培养技术	230
2 光能营养微生物	184	1 固体培养法	230
第 4 节 微生物特有的合成代谢	187	2 液体培养法	231
1 自养微生物的 CO ₂ 固定	187	3 厌氧培养法	233
2 固氮作用	188	本章小结	235
3 肽聚糖的生物合成	191	复习思考题	236
4 微生物次级代谢及其产物	194	第 9 章 微生物的遗传与变异	237
本章小结	197	第 1 节 遗传的物质基础	238
复习思考题	197	1 微生物遗传学三个经典实验	238
		2 病毒的遗传物质和基因组	241

3 原核微生物的遗传物质和基因组	242	第 11 章 微生物生态	291
4 古细菌的遗传物质和基因组	243	第 1 节 微生物在自然界的分布	292
5 真核微生物的遗传物质和基因组	244	1 自然界中的微生物	292
6 微生物基因组学	246	2 土壤微生物生态系	293
7 微生物基因表达与调控	247	3 空气中的微生物	296
第 2 节 质粒	250	4 水域中的微生物	297
1 质粒的特性	250	5 工农业产品上的微生物	300
2 质粒的类型	251	6 极端环境中的微生物	302
3 质粒与基因工程	254	第 2 节 微生物之间的关系	305
第 3 节 转座因子	254	1 共处关系	305
1 插入序列	254	2 偏利关系	305
2 转座子	255	3 互生关系	306
3 转座噬菌体	256	4 共生关系	306
4 转座机制	256	5 寄生关系	306
5 基因的水平转移	256	6 竞争关系	307
第 4 节 基因突变	257	7 颉颃关系	307
1 基因符号	257	8 捕食关系	308
2 基因突变的类型	258	第 3 节 微生物与植物之间的关系	308
3 基因突变发生的规律	259	1 根圈微生物	308
4 基因突变的分子机制	260	2 共生微生物	310
5 诱变剂	261	3 附生微生物	314
6 DNA 损伤的修复	263	4 植物内生菌	314
7 DNA 损伤修复的生物学意义	266	5 植物病原微生物	315
本章小结	267	第 4 节 微生物与动物之间的关系	316
复习思考题	267	1 人体正常微生物区系	316
第 10 章 微生物的基因重组	269	2 瘤胃微生物	318
第 1 节 原核生物的基因重组	269	3 动物病原微生物	319
1 转化	269	4 生物农药	320
2 接合	272	本章小结	321
3 转导	278	复习思考题	321
第 2 节 真核生物的基因重组	281	第 12 章 微生物与地球生物化学循环	322
1 有性生殖	281	第 1 节 碳素生物循环	323
2 准性生殖	284	1 碳素循环途径	323
第 3 节 微生物菌种保藏	285	2 淀粉的分解	324
1 菌种的衰退	286	3 果胶质的分解	325
2 菌种的复壮	286	4 纤维素的分解	325
3 菌种的保藏方法	287	5 半纤维素的分解	327
本章小结	289	6 脂肪的分解	328
复习思考题	289		

7 木质素的分解	329	5 常见的变态反应性疾病	384
第2节 微生物与氮素循环	330	第5节 免疫学技术	386
1 氮素循环途径	330	1 抗原抗体反应的规律	386
2 含氮有机物质的分解与氨化作用	331	2 凝集反应	387
3 硝化作用	333	3 沉淀反应	388
4 反硝化作用	334	4 免疫标记技术	389
5 生物固氮作用	335	第6节 生物制品及其应用	392
第3节 硫、磷等元素的循环	341	1 人工自动免疫类制品	392
1 硫素循环	341	2 人工被动免疫类制品	394
2 磷素循环	345	本章小结	396
3 钾的转化	347	复习思考题	396
4 铁的转化	348	第14章 微生物分类	397
5 锰的转化	349	第1节 微生物的分类和命名	398
第4节 微生物与甲烷形成	349	1 分类单元	398
1 沼气形成	350	2 命名法则	400
2 甲烷形成的生化机制	351	第2节 生物分类系统	401
3 甲烷形成过程的产能反应	352	1 林奈二界系统	401
4 沼气发酵的意义	352	2 哈克三界系统	401
本章小结	353	3 魏塔克五界系统	402
复习思考题	353	4 奥斯三域学说	402
第13章 传染与免疫	355	第3节 微生物系统分类纲要	404
第1节 传染	356	1 伯杰原核生物分类系统	404
1 传染与传染病	356	2 安斯沃思真菌分类系统	406
2 影响传染结果的因素	359	第4节 微生物分类鉴定的方法	408
3 传染的结果	360	1 微生物分类鉴定的经典技术	409
第2节 非特异性免疫	362	2 微生物分类鉴定的现代技术	414
1 表皮和屏障	362	本章小结	418
2 吞噬细胞	363	复习思考题	419
3 炎症反应	364	第15章 微生物的多样性	420
4 抗菌物质	365	第1节 古细菌的多样性	422
第3节 特异性免疫	366	1 泉古细菌门	422
1 抗原和抗体	366	2 广古细菌门	424
2 免疫细胞	372	第2节 真细菌的多样性	427
3 免疫应答	375	1 产液菌门	428
第4节 变态反应	380	2 栖热袍菌门	428
1 I型变态反应	380	3 异常球菌-栖热菌门	429
2 II型变态反应	381	4 绿屈挠菌门	429
3 III型变态反应	382		
4 IV型变态反应	383		

5 蓝细菌门	429	4 微生物与酒类的生产	469
6 绿菌门	432	5 微生物与发酵调味品生产	470
7 变形杆菌门	433	6 微生物在矿业上的应用	471
8 厚壁菌门	442	第2节 农业微生物学	473
9 放线菌门	445	1 微生物肥料	473
10 螺旋体菌门	449	2 微生物农药	475
11 衣原体门	450	3 微生物饲料	477
第3节 真菌的多样性	450	第3节 环境微生物学	479
1 鞭毛菌亚门	452	1 微生物对化学污染物的转化和降解	479
2 接合菌亚门	453	2 废水的微生物处理	480
3 子囊菌亚门	454	3 其他污染物的微生物处理	486
4 担子菌亚门	456	4 生物修复技术	487
5 半知菌亚门	457	5 微生物及其代谢物对环境的污染	488
本章小结	460	第4节 能源微生物学	488
复习思考题	461	1 甲烷的生产	489
第16章 应用微生物学	462	2 燃料酒精的生产	489
第1节 工业微生物学	463	3 清洁能源氢气的产生	489
1 微生物与酶制剂的生产	463	4 产油微生物	491
2 微生物与有机溶剂和有机酸的生产	464	5 用于能源生产的其他微生物	491
3 微生物与氨基酸的生产	467	本章小结	492
附录1 《伯杰氏系统细菌学手册》第1版的分类大纲	494	复习思考题	492
附录2 《伯杰氏系统细菌学手册》第2版的分类纲要	495		
附录3 微生物学名	500		
附录4 微生物学名词术语英汉对照	508		
主要参考文献	521		

第1章

□□□□□□□□□□

绪 论

我们赖以生存的地球形成于约 46 亿年前,经过亿万年的演变,在这个蔚蓝色的星球上诞生了生命,进化形成今天绚丽多姿的生命世界,与地表环境构成了功能和结构上复杂多变的生物圈。无论是站在校园里,还是行走在原野上,不经意间你习惯了身边的人畜、虫鸟、树木、花草;但你可曾想到,在你的周围,在生物圈的任一角落,还存在着一个你无法直接观察、但数量多得令人难以置信的微小的生命世界——微生物世界!你恐怕也没有意识到微生物与你的生活、健康、生产、工作息息相关,你可能也没有想到微生物与你、与你熟悉的形形色色的动物、植物一道构成了我们地球上的庞大复杂、功能完整的生态系统;而微生物学将助你揭开这个微小世界的秘密。

第 1 节 微生物世界

1 形形色色的微生物世界

顾名思义,微生物一般是指那些无法用肉眼直接观察的微小生物。人的裸眼可以观察的最小的物体大概在 0.1mm ,在低于 0.1mm 的世界里存在着不同尺度的生物,需要相应的工具来进行观察。微生物世界也存在侏儒和巨人,大小相差悬殊。细菌、放线菌、单细胞蓝藻的大小一般在 $0.5\sim 10\mu\text{m}$,可以借助光学显微镜来进行观察;一些小型的细菌小于 $0.3\mu\text{m}$,一般病毒也都小于 $0.1\mu\text{m}$,必须借助电子显微镜才能对其进行观察;而也有一些微生物学的研究对象要大得多,例如大型真菌(食用真菌)的子实体(如蘑菇)已经是宏观世界的成员。尽管微生物大小相差成千上万倍,但都可以采用类似的微生物学实验技术来对其进行研究。

在微生物世界里,有可以进行光合作用的,还有奇特的化能自养者,但大量的的是依赖现有有机物的异养型;有摄食的,更多的是吸收营养的类群;有腐生、共生,更多的是独立生活的自生者。微生物世界表现出最大限度的生理的、生态的、遗传的多样性,吸引了无数学者的兴趣。

2 微生物的一般特征

微生物世界千变万化,大小、特性均相差悬殊,但微生物最主要的特征是形体极其微小,结构简单,由此导致了一系列与之密切相关的其他重要特征,正是这些特征将微生物与其他生物区别开来。

2.1 形体微小

由上可知微生物的大小一般都在数微米甚至数纳米范围内,与高等生物相比,微生物具有巨

大的比表面（表面积/体积，物体的尺寸越小，比表面越大）。微生物就是利用这个巨大的表面积快速吸收营养物质、排泄代谢废物、感受和交换信息。由于微生物体积微小、数量巨大，研究者可以在试管、平皿中对其进行操作，这一点是采用其他材料无法相比的优势。

2.2 结构简单

大多数的微生物都是单细胞、或者微米级的丝状体，没有组织分化，病毒甚至没有细胞结构；大型真菌稍复杂一点，具有原始水平的菌丝特化结构。

2.3 代谢旺盛

单细胞的细菌具有巨大的吸收和代谢能力。乳杆菌（*Bacterium lactis*）在1 h内可分解的乳糖相当其自重的1 000~10 000倍；产朊假丝酵母（*Candida utilis*）合成蛋白质的能力比大豆强100倍，比肉牛强10万倍；微生物的呼吸速率也比高等动、植物的组织强数十至数百倍。因此，可以利用微生物这种特性大量合成目标代谢产物。现代制药工业利用大肠杆菌巨大的合成能力研制生物反应器，大量生产基因工程药物。

微生物不仅具有极高的代谢强度，还可以代谢广泛的底物，除了历史只有100多年的人造塑料，微生物几乎可以降解我们这个地球上存在的任何有机物，甚至可以分解氰、酚、多氯联苯等有毒和剧毒物质。微生物（主要是细菌）具有多种营养类型（见后文相关章节），可以采用多种方式获得能量。微生物可以产生大量的种类繁多、结构差异悬殊的次生代谢产物，很多新的生物药物就是利用微生物的次生代谢物作为源源不断的资源库。

2.4 生长迅速

微生物具有极高的生长和繁殖速度（无性裂殖），大肠杆菌（*Escherichia coli*）在合适的生长条件下17~20 min分裂1次，若按平均代时20 min计，一个细菌经过24 h可分裂72代，其子代的数量将达到 $2^{72} \approx 4.72 \times 10^{21}$ ，总重约可达4 720 t。当然，这种情况不可能发生，由于营养、空间和代谢产物等条件的限制，细菌的几何级数的分裂速度一般只能维持数小时（约10代），因而在液体培养中，细菌细胞的浓度一般只能达到 $10^8 \sim 10^{10}$ 个/mL左右。

微生物的这一特性是发酵工业的基础。多数工业微生物所用的菌种代时为20~120 min，虽然不同的微生物的代时长短不一，但在接种之后，一般都可在1~7 d结束发酵，获得产品。因此，采用微生物作为研究材料具有极大的优越性，极大地缩短研究周期，降低消耗，提高效率。

2.5 种类繁多

迄今为止，人类已记录的生物约200万种。据估计，微生物的总数约在500万~1 000万种之间，已经发现和能够进行人工培养的种类只占总数的1%~5%。人类记载过的微生物约20万种，其中包括真菌9万种、原生动物和藻类10万种、原核生物3 500种、病毒4 000种。这些数字还在不断增长，例如，由于较易培养和观察，每年报道的真菌新种约为1 500个。2004年4月Venter采用克隆宏基因组的技术，在百慕大马尾藻海采样即发现1 800种新物种和120万种以上的新基因。由于技术的局限或者科学知识积累不够，人们目前还无法培养大量的微生物，自然界无数的微生物种类有待于发现和利用。

2.6 分布广泛

微生物经过亿万年的进化，具有极其广泛的适应性，可以适应各类环境。不论在动植物体内外，还是土壤、河流、空气、污水、垃圾、高山、平原、深海、湖底、海床、冰川、盐湖、沙

漠,甚至油井、矿床、岩层下,都活动着大量的微生物。微生物对地球上恶劣的“极端环境”(例如无氧、高温、高酸、高盐、高辐射、高压、低温、高碱等环境)有着极强的适应能力,形成复杂多变、丰富多样的生态类型。

微生物与微生物之间、微生物与其他生物间还存在着多样的相互关系,典型者如偏利、共生、共生、拮抗、寄生和猎食等,还形成种种的过渡类型。种类繁多、分布广泛的微生物是大自然送给人类的取之不竭的宝贵财富。

3 微生物在生物界的位置

3.1 Linnaeus 的二界分类系统

生物学史上, Linnaeus (1707—1778) 第一次尝试对生物进行分类, 他将全部生物分为动物界和植物界。自从发现微生物后, 人们根据形态学的区别进行分类, 将原生动物归为动物界, 而将藻类和细菌分为植物界。

3.2 Haeckel 的三界系统

1866 年, Haeckel (1834—1919) 意识到单细胞藻类、原生动物、细菌、真菌与大型的动植物存在很大的区别, 将它们都划为原生生物界, 与动物界、植物界构成生物的三界。这种分类只是对林奈系统的少许修补, 没有反映微生物与其他生物的根本区别。

3.3 Whittaker 的五界系统

到了 20 世纪 50 年代, 通过电子显微镜的观察, 微生物学家发现细菌细胞中缺少核膜, 与高等生物细胞结构存在重大差异, 提出真核生物和原核生物的概念。在细胞学证据的基础上, 结合其他生理生化的差异, 1969 年, Whittaker (1924—1980) 提出生物的五界分类系统 (表 1-1), 这个理论反映出人类对各类群微生物研究获得很大的进展, 在认识生物本质方面大大前进了一步。该系统的优点是纵向显示了生物进化的三大阶段: 原核生物、单细胞真核生物 (原生生物) 和多细胞真核生物 (植物界、真菌界、动物界); 横向显示生物演化的三大方向: 光合自养的植物、吸收方式的真菌和摄食方式的动物 (参见图 14-1)。从表 1-1 中可以看出微生物世界的成员占据 3 界, 这还不包括分类地位不明确的病毒。

表 1-1 Whittaker 生物五界分类系统

界 别	主 要 特 征		
	核膜	营养类型	代表类群
1 动物界 (Animalia)	+	摄食	动物
2 植物界 (Plantae)	+	光合作用	绿色植物
3 真菌界 (Fungi)	+	吸收	酵母、霉菌
4 原生生物界 (Protista)	+	光合作用	藻类
	+	摄食	原生动物
	+	摄食、吸收	黏菌
5 原核生物界 (Monera)	—	吸收	细菌、放线菌、黏细菌
病毒?			

3.4 Woese 三原界系统

20 世纪 60 年代, Woese 采用寡核苷酸编目法比较不同生物 16S rRNA (真核生物为 18S

rRNA) 序列差异, 计算生物之间的进化距离, 绘制出生物系统发育树。1977 年提出一个新的三原界 (urkingdom) 学说, 又被称为三域学说 (three domains theory) (参见图 14-2)。该学说认为, 生物进化的早期, 各类生物都是由一类共同的祖先沿三条路线平行进化, 形成了三个原界: 古细菌原界 (Archaeobacteria), 包括产甲烷菌、极端嗜盐菌和嗜热嗜酸菌; 真细菌原界 (Eubacteria), 包括蓝细菌和各种原核生物 (除古细菌外); 真核生物原界 (Eucaryotes), 包括原生生物、真菌、动物和植物。三原界系统第一次提出古细菌概念, 还吸收了真核起源的“内共生学说”的思想, 暗示了地球上生物系统发育的途径。在这个分类系统中, 微生物世界的成员占据了二界半的领域, 反映微生物的广泛分布。经过比较大量的分子生物学数据和传统的分类系统, 三原界系统已被科学界普遍接受, 其所依据的 16S (18S) rRNA 序列差异指标已被普遍采用作为生物分类的最可靠分子生物学依据。

以上几种生物分类学说为生物学史上主要代表性分类理论, 从中可以看出, 分类所采用的指标从形态学、细胞学直到分子生物学证据, 反映了人类对生物本质认识的逐步深入。但是, 在这些分类系统中都没有病毒的位置。病毒是结构更简单的非细胞、分子态的生物, 但它具有生命的重要特征, 遵从遗传学规律, 可以借助宿主细胞进行复制繁殖, 产生子代, 进而继续新的生命周期。但对于病毒的起源目前争论不休, 到底病毒是地球上最初的生命形式, 还是后来细胞生物退化的产物, 尚无定论, 因此还不能确定其分类地位。

4 微生物的作用

微生物在生态系统中承担着极其重要的角色, 与人类的关系密切。对微生物应用得当将会造福人类, 而一旦失控将给人类带来灾难。

4.1 微生物与地球生物化学循环

按照现行的生命起源的理论, 最早出现的细胞形式的生命形态应该是异养型的细菌, 诞生在原始有机汤里的细菌充分享受着天然的有机物。尽管在后期的进化中诞生了形形色色的其他营养类型, 但细菌分解有机物的这一能力一直沿袭至今, 使细菌承担生态系统中最主要分解者的角色, 保障地球物质的循环。“万物归于土”, 进入土壤 (生态系) 的任何有机物 (包括动植物残体) 都将被微生物彻底降解, 进入新的循环。当然, 由于地壳的运动和其他原因, 会有一定量的有机物在短期内 (也许是千万年) 储存在地壳深处, 但在大尺度 (亿万年) 的循环中还是会被降解。

4.2 微生物与土壤的形成及土壤肥力的形成

原始地球上不存在土壤, 土壤的形成要经历物理过程、化学过程和生物过程 3 个阶段。岩石经过风化 (物理过程和化学过程) 只会形成沙子和粉粒, 只有生物的参与, 才会在沙子中积累有机物, 形成团粒结构。这样, 岩石的风化物才逐渐具有现代土壤的基本特性。参与土壤形成的先驱生物是古老的蓝细菌, 蓝细菌和真菌共生形成地衣, 在荒凉的环境固氮、积累有机物, 促进土壤的形成以及土壤肥力的形成。

现代农业生产所依赖的土壤需要培育、增加肥力。与形成土壤缓慢的过程相比较, 现代的土壤中发生着强烈的动植物残体的腐败、有机质矿化、生物固氮、腐殖质形成等过程, 这些都是微生物活动的结果。土壤的生物吸收、转化等生理活性也均主要是微生物活性的表现。