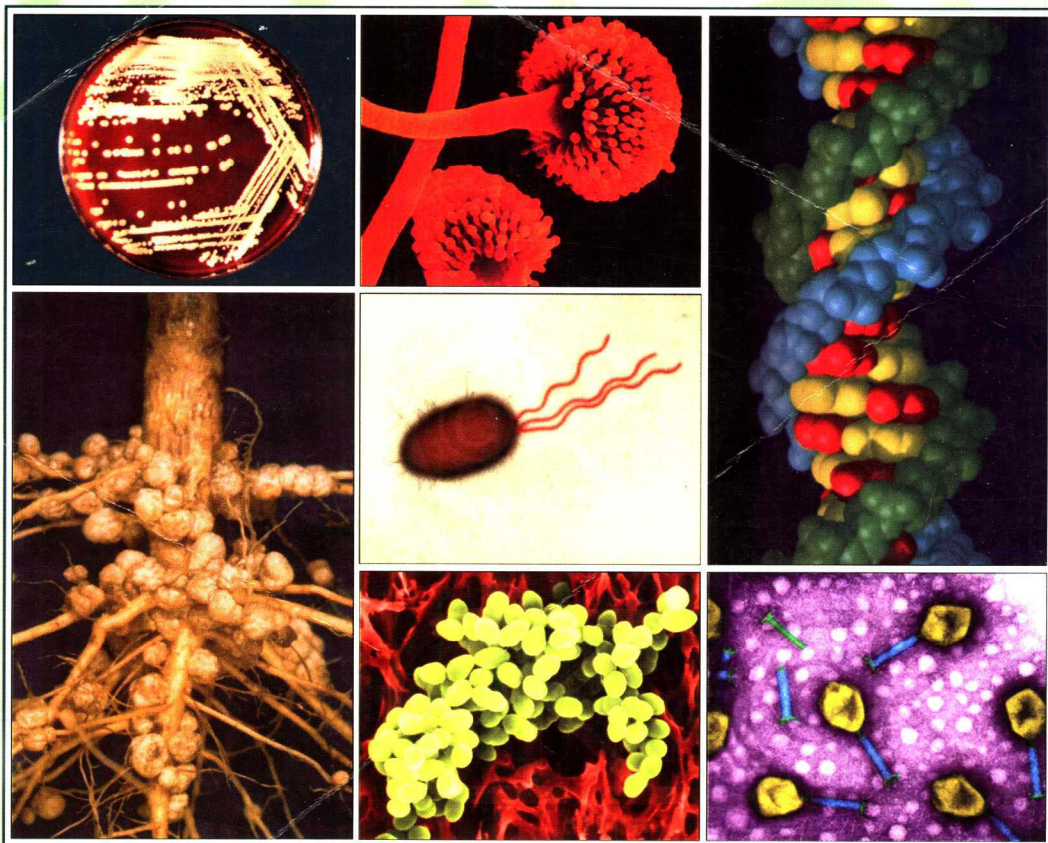




面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

微生物生物学

杨苏声 周俊初 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书围绕微生物的形态、生理、遗传、生态、分类和应用,对微生物的基本知识进行了系统全面的阐述,并在分子生物学水平上介绍与微生物学相关的最新动态。全书包括细菌、古菌、真核微生物、病毒、微生物营养代谢、微生物生长与环境条件、微生物遗传和基因重组、基因突变以及调控、微生物生态、微生物与其他生物的关系、微生物侵染与免疫,以及微生物分类与应用等内容。概念准确清楚,叙述简明扼要,可读性强。

本书可供农林院校、综合性大学、师范院校的生物学专业与其他相关专业的本科生以及科技人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物生物学/杨苏声,周俊初主编. —北京:科学出版社,2004.9

(面向21世纪课程教材)

ISBN 7-03-013152-5

I. 微… II. ①杨…②周… III. 微生物学 IV. Q93

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第033503号

责任编辑:谢灵玲 李 锋 潘秀敏 李久进 贾学文/责任校对:刘小梅

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铁成印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2004年9月第一次印刷 印张:28 1/2

印数:1—3 000 字数:696 000

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

编者名单

主 编：杨苏声（中国农业大学）
周俊初（华中农业大学）

编写人员（按章节顺序排列）：

杨苏声（中国农业大学）
李 颖（中国农业大学）
章 红（中国农业大学）
周俊初（华中农业大学）
马荣才（北京市农林科学院）

主 审：李阜棣（华中农业大学）

序

微生物在当代生命科学发展过程中，扮演了重要角色。由于它们形体微小，结构简单，生长繁殖迅速，便于大量培养，因而成为研究生物科学和技术的首选对象。生物的生命活动基本规律许多是在微生物中先被阐明，而后扩展到高等动植物中得到验证，说明不同生物具有同一性。分子生物学的研究也已指出，所有生物（包括最小的病毒颗粒）编码各种氨基酸的遗传密码子基本都可通用，因此将合成人胰岛素的基因引入原本不能产生该物质的大肠杆菌，使后者也能产生人胰岛素，从而人类进入了生物技术的新时代。目前人们可按照自己的愿望，利用基因操作技术，改造某种生物成为人类所需要的新物种。另一方面，正是由于生物有多样性，才组成了五彩缤纷、生机勃勃的世界。微生物虽小，但它们的多样性却表现得异常突出。在一般高等动植物不能存活的强酸、强碱、高温、低温、高盐、高压或缺氧等极端环境中，往往有适应该极端环境的各式各样的微生物生长和繁殖，从而开辟了研究极端环境中生命活动特殊规律的新领域。

此外，微生物在自然界物质循环中起着重要作用，同时也和人类社会的关系非常密切。有些微生物是高等动植物和某些微生物传染病的病原；有些微生物可产生毒素，毒害人类和家畜；有些微生物则产生各式各样的抗生素，可用以防治人或动植物的病虫害；有些微生物可产生促生物质，有利于人或动植物的生长；有些微生物的代谢产物是重要的化工原料；有些微生物可用于食品加工和酿造；有些微生物可用于污水或垃圾处理、修复被污染的土壤等等。消灭有害的和利用有益的微生物属于应用微生物学（如医药微生物学、工业微生物学、农业微生物学、食品微生物学以及土壤和环境微生物学等）的范畴。

综上所述，微生物个体虽小，但所起的作用甚大，不仅涉及到生命科学各个领域，而且已得到广泛应用，形成了庞大的行业，与人类社会的发展密切相关。大学生们对微生物的基本知识应有所了解。

由杨苏声和周俊初两位教授主编的《微生物生物学》系统全面、简明扼要、图文并茂地介绍了微生物的形态与分类、生理、遗传以及生态等当代微生物的生物学基础知识和技术，并展望了该学科的发展前景，适合作为我国高等院校生物学科的基础微生物学教材，并为广大学生进一步学习和研究应用微生物学以及其他相关学科提供坚实的基础。

李寿伦

2004-8-10

前 言

《微生物生物学》是一本基础性的微生物学教材。通过本教材的学习，使学生对微生物的生物学特点有全面系统的了解，掌握微生物学的基本知识、基本理论和基本技术，把学生引入微生物学的大门，使他们对微生物学产生兴趣，为今后深入地学好微生物学分支学科和探索微生物的奥秘奠定坚实的基础。本课程作为生命科学类专业的基础课，在学习之前，要求学生应先修完生物化学和遗传学等课程。

本书是在《普通微生物学》基础上编写的，主要特点是突出内容的新颖性和先进性。由于当今微生物学是一门重要的生物学分支学科，不仅其本身飞速发展，而且大大地促进了生命科学各个领域的发展。因此，为了充分反映微生物学新的研究进展和成果，我们汇集了近年来微生物学在国内外的最新成就和发现，加强微生物学经典内容与现代微生物学的融会贯通，并在分子生物学水平上把微生物学科的基本和重要的原理编入教材，使学生了解本学科发展的最新动态和研究热点。同时，力求做到概念准确清楚，叙述简明扼要，并选用了一批新的插图、照片和图解，以使教材内容形象、直观和生动，可读性更强。为了培养学生的思维能力和进行有针对性的学习，编者在每章之后均列有思考题。

全书共分 16 章，除第一章绪论外，其他由紧密相关的 6 个部分组成：①第二至第五章讲述微生物的形态和结构，包括细菌、古菌、真核生物和病毒；②第六至第八章讲述微生物的生理，包括营养、代谢和生长与环境条件；③第九至第十一章讲述微生物的遗传、变异和调控，包括基因重组、基因突变和基因表达的调控；④第十二至第十四章讲述微生物生态、微生物与其他生物的关系以及微生物的侵染与免疫；⑤第十五章讲述微生物的分类方法、分类系统和常见类群的代表；⑥第十六章讲述微生物的应用，包括工业发酵、农业上的应用、污染环境的净化和基因工程。

本书的第一、二、三、五章由杨苏声编写，第四章由李颖编写，第六至第八章由章红编写，第九章由周俊初、马荣才编写，第十、十一章由马荣才编写，第十二、十三、十四、十六章由周俊初编写，第十五章由杨苏声和李颖编写。在初稿完成后，承蒙陈文新、王敖全、卫扬保、袁玫、邱并生和庄剑云等教授给予审阅和指导。编者在此一并表示诚挚的谢意。

我们衷心感谢李季伦院士为本书写了序言。非常感谢李阜棣教授作为本书的主审，提出了系统和宝贵的修改意见。编者还要特别感谢徐孝华教授对《普通微生物学》一书所做出的重要贡献。

本书封面组图引自 Madigan MT 等编著的 *Brock Biology of Microorganisms* (第十版) 和 Prescott LM 等编著的 *Microbiology* (第五版) 等教材。特此，对这些作者以及在正文中我们所引用图表的作者表示谢意。

由于我们的能力和水平有限，本书难免会出现不妥和错误之处，希望广大读者和专家不吝指正。

编 者

2004 年 7 月

• iii •

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 微生物	1
第二节 微生物在生物界中的地位	1
第三节 微生物学的范畴	3
第四节 微生物学的发展	3
第五节 微生物学的未来	9
第二章 细菌	12
第一节 细菌的形态	12
一、细菌的个体形态和大小	12
二、细菌的繁殖和群体形态	16
第二节 常见细菌的结构和功能	17
一、细胞壁	17
二、细胞质膜	22
三、拟核和质粒	23
四、间体及其他内膜结构	24
五、细胞质及其内含物	26
六、细菌细胞的特殊结构	27
第三节 放线菌	33
一、放线菌的个体形态	34
二、放线菌的繁殖和群体形态	35
第四节 蓝细菌	36
一、蓝细菌的形态和结构特征	36
二、蓝细菌的繁殖	38
第五节 其他细菌类群	38
一、螺旋体	38
二、黏细菌	39
三、鞘细菌	40
四、立克次氏体	41
五、衣原体	41
六、支原体	42

七、蛭弧菌·····	43
第三章 古菌 ·····	45
第一节 古菌的主要特征·····	45
一、古菌的细胞结构·····	45
二、古菌的遗传学特征·····	47
第二节 古菌的主要类群·····	48
一、产甲烷古菌·····	48
二、极端嗜盐古菌·····	50
三、极端嗜热代谢元素硫的古菌·····	51
四、无细胞壁的古菌·····	53
五、还原硫酸盐的古菌·····	53
第四章 真核微生物 ·····	55
第一节 真菌·····	55
一、真菌的形态和细胞结构·····	55
二、菌丝结构·····	61
三、无性繁殖·····	63
四、有性繁殖·····	66
五、真菌的菌落·····	72
六、真菌的生活周期·····	72
第二节 黏菌·····	73
一、黏菌的形态·····	73
二、黏菌的生活周期·····	76
三、黏菌的培养·····	78
第五章 病毒 ·····	79
第一节 病毒的特性及其形态结构·····	79
一、病毒粒的形态和大小·····	80
二、病毒粒的结构和化学组成·····	80
第二节 病毒的分类·····	87
一、病毒分类的依据·····	87
二、病毒的分类系统和命名规则·····	88
第三节 噬菌体·····	89
一、噬菌体的形态和结构·····	89
二、噬菌体的生活周期·····	90
第四节 动物病毒·····	97
一、动物病毒的生活周期·····	98
二、艾滋病毒·····	102
第五节 植物病毒·····	103
一、侵入·····	104

二、复制	105
三、装配和释放	106
第六节 亚病毒	106
一、类病毒	107
二、拟病毒	108
三、朊病毒	108
四、卫星病毒	109
五、卫星 RNA	109
六、缺陷干扰颗粒	110
第六章 微生物的营养	112
第一节 微生物细胞的化学组成和营养要求	112
一、微生物细胞的元素组成	112
二、微生物细胞中的有机化合物	113
三、微生物营养物质的来源和功能	115
第二节 微生物的营养类型	118
一、光能无机营养型	118
二、光能有机营养型	119
三、化能无机营养型	120
四、化能有机营养型	121
第三节 培养基	122
一、培养基的配制原则	122
二、培养基的类型及其应用	123
第四节 微生物吸收营养物质的机制	124
一、被动扩散	125
二、促进扩散	125
三、主动运输	126
四、基团转移	128
第七章 微生物的代谢	131
第一节 微生物的能量	131
一、ATP 的结构	131
二、ATP 的生成	132
三、微生物的氧化方式	135
四、能量的利用	136
第二节 微生物的分解代谢	137
一、己糖的分解	138
二、丙酮酸代谢的多样性	141
三、多糖分解	145
四、蛋白质的分解	146

五、氨基酸的分解	146
六、脂肪和其他有机物的分解	148
第三节 微生物的合成代谢	148
一、无机养料的同化	149
二、前体物质及其大分子的合成	153
三、细胞壁的合成	158
四、次生代谢及其产物	159
第八章 微生物的生长与环境条件	162
第一节 微生物的生长和测定方法	162
一、生长的定义和测定方法	162
二、细胞的生长周期	166
三、细菌的群体生长——生长曲线	168
四、细菌的二次生长、同步生长和连续培养	171
五、真菌的生长	175
第二节 环境条件对微生物生长的影响	176
一、温度	176
二、水活度和渗透压	180
三、酸碱度	181
四、O ₂ 和 Eh 值	182
五、辐射	184
六、超声波	185
七、控制微生物的化学药剂	185
第三节 微生物细胞的分化	190
一、细菌芽孢的形成	190
二、真菌的形态形成	192
三、黏菌的形态形成	194
第九章 微生物的遗传和基因重组	196
第一节 微生物遗传物质的存在方式	196
一、原核微生物的遗传物质	196
二、真核微生物的遗传物质	197
第二节 DNA 的结构与复制	199
一、DNA 的结构	199
二、DNA 的复制	200
第三节 基因和基因表达	201
一、基因	201
二、基因表达	201
第四节 微生物的基因组	203
一、大肠杆菌的基因组	204

二、酿酒酵母的基因组	206
三、詹氏甲烷球菌的基因组	207
第五节 细菌的质粒	208
一、质粒的类型	208
二、质粒的特性	210
第六节 原核生物的基因重组	211
一、转化	212
二、转导	213
三、接合	216
四、基因的水平转移与原核生物的进化	219
第七节 转座遗传因子	220
一、插入序列	221
二、转座子	221
三、转座噬菌体	223
第八节 真菌的基因重组	223
一、有性生殖和基因重组	223
二、准性生殖	225
第九节 真菌染色体外的遗传因子	228
一、真菌线粒体的基因组	228
二、真菌的质粒	230
三、真菌的转座因子	232
第十章 微生物的基因突变	235
第一节 突变的概念	235
一、突变和变异	235
二、基因突变的特点	236
三、研究基因突变的意义	237
第二节 突变体的类型和分离方法	237
一、突变体的类型	237
二、突变体的分离和检测方法	238
第三节 突变的分子机制	241
一、自发突变的发生	241
二、多碱基突变	244
三、突变热点	245
四、RNA 基因组的突变	246
五、突变的回复和抑制	247
第四节 诱发突变及其分子机制	250
一、化学诱变剂	251
二、诱变和致癌作用	253

三、物理诱变剂	253
四、生物诱变剂	254
第五节 DNA 损伤的修复	255
一、光复活修复	255
二、错配修复	256
三、无碱基修复	257
四、核苷酸和碱基切除修复	258
五、复制后修复	258
六、DNA 损伤的修复和基因突变的形成	260
第十一章 微生物基因表达的调控	261
第一节 微生物酶活性的调节	262
一、反馈抑制	262
二、共价修饰	264
第二节 基因表达的诱导和阻遏	264
一、酶的诱导	264
二、酶的阻遏	265
第三节 微生物基因表达调控的基本方式	266
一、细菌基因表达调控的基本单位	266
二、转录的正控制	266
三、弱化作用	269
四、 σ 因子的更替和基因表达的调控	270
五、全局调控	272
第四节 酵母菌基因表达的调控	280
一、原核生物与真核生物基因表达的比较	280
二、酵母菌半乳糖代谢酶类的调控	280
第十二章 微生物生态	283
第一节 生物圈和生态系统	283
第二节 微生物的自然环境	284
一、微环境和生态位	284
二、生物膜和微生物垫	284
三、微生物与生态系统	286
第三节 微生物生态学的研究方法	287
一、富集法与分离法	287
二、维诺格拉斯基柱法	289
三、生态环境中微生物的直接检测和测数	290
四、16S rDNA 扩增和序列分析	291
五、生态环境中微生物活性的测定	292
第四节 自然界中的微生物	294

一、土壤中的微生物	294
二、水体中的微生物	297
三、空气中的微生物	299
四、岩石圈中的微生物	301
五、食品中的微生物	301
六、极端环境中的微生物	302
七、活的非可培养状态的细菌	305
第五节 微生物在自然界物质循环中的作用	306
一、碳素循环	307
二、氮素循环	309
三、硫素循环	311
四、磷素循环	312
五、铁素循环	312
第十三章 微生物与其他生物的关系	314
第一节 微生物间的相互关系	314
一、中性关系	314
二、偏利作用	314
三、初级合作	314
四、互惠共生	315
五、竞争关系	316
六、拮抗作用	316
七、寄生关系	317
八、捕食关系	318
第二节 微生物与高等植物间的相互关系	318
一、植物的根圈与根圈微生物	318
二、植物内生菌	320
三、微生物与高等植物间的共生关系	321
四、植物茎叶和果实上的微生物	326
五、微生物引起的植物病害	327
第三节 微生物与人和动物间的相互关系	331
一、互生关系	331
二、捕食关系	331
三、共生关系	332
四、寄生关系的病原微生物	335
第十四章 微生物的侵染与免疫	336
第一节 侵染	336
一、微生物侵入寄主的过程	336
二、对寄主防御功能的抵抗	337

第二节	免疫	339
一、	非特异性免疫	339
二、	特异性免疫	341
第三节	体液免疫	343
一、	体液免疫的应答过程	343
二、	抗原	344
三、	抗体	347
第四节	细胞免疫	351
一、	T细胞的分类	351
二、	细胞免疫的应答过程	352
第五节	变态反应	354
一、	I型变态反应	354
二、	II型变态反应	355
三、	III型变态反应	355
四、	IV型变态反应	356
第六节	免疫学技术	356
一、	血清学反应的一般规律	357
二、	凝集反应	357
三、	沉淀反应	358
第十五章	微生物的分类	363
第一节	微生物的分类单元和命名	363
一、	微生物的多层次分类单元	363
二、	微生物分类单元的命名	365
第二节	细菌分类方法	366
一、	传统分类法	366
二、	数值分类法	368
三、	化学分类法	370
四、	遗传学分类法	371
第三节	细菌分类系统和常见的原核生物类群	374
一、	细菌分类系统	374
二、	常见细菌类群的代表	378
三、	常见古菌类群的代表	386
第四节	真菌分类	387
一、	真菌分类常用的分子生物学方法	388
二、	常用的真菌分类系统	389
三、	常见真菌类群的代表	390
第十六章	微生物的应用	403
第一节	微生物的工业发酵	403

一、通风型发酵罐	404
二、厌氧型发酵罐	405
三、空气过滤系统	405
四、发酵后处理工艺与装置	406
第二节 代表性微生物工业发酵产品和生产工艺简介	406
一、酵母菌的酒精发酵与含酒精饮料的制造	407
二、抗生素的工业发酵	409
三、柠檬酸的工业发酵	410
四、氨基酸的工业发酵	411
五、酶制剂	412
第三节 微生物在农业和其他领域的应用	413
一、微生物接种剂	413
二、农用抗生素	418
三、单细胞蛋白	419
四、微生物在其他领域的应用	420
第四节 微生物与污染环境的净化	421
一、微生物与化学农药的生物降解	421
二、有毒元素的微生物降解	422
三、微生物与污水的生物净化处理	424
第五节 微生物基因工程	426
一、基因工程的基本要素	426
二、基因工程的工艺流程	429
三、基因工程的应用前景、风险与对策	432
主要参考书目	435

第一章 绪 论

第一节 微 生 物

生物，无论是动物、植物和微生物，虽然有多种多样的类型和特征，但是归纳起来，它们有着共同的特点。首先，绝大多数生物的基本组成单位是细胞；其次，主要化学组分相同，尤其是大分子化合物如蛋白质、核酸、多糖和脂类等；第三，新陈代谢等生理活动相似；第四，遗传机制是受基因控制的；第五，具有繁殖能力。但是，微生物的个体微小，其直径小于1mm，肉眼不易看见，而且结构简单，必须借助于显微镜才能观察清楚。它们类群庞杂，包括单细胞的个体、简单的多细胞和没有细胞结构的低等生物。例如，具有原核细胞结构的细菌、古菌，具有真核细胞结构的真菌、藻类和原生动植物及病毒等。但是，也有少数微生物是肉眼可见的，如一些藻类和真菌。近年来，人们还发现两种细菌的个体较大，它们是 *Epu-lopiscium fishelsoni* 和 *Thiomargarita namibiensis*。随着生物科学的深入研究，人们逐渐认识到，微生物不是一个独立的分类类群。由于它们具有个体微小、形态简单、生长繁殖快、代谢类型多样、分布广泛和容易发生变异，以及生物学特性比较接近等特点，而且，对它们的研究方法也颇为特殊，一般都要采用显微镜、分离、灭菌和培养等技术，在其实际应用方面也有许多类似的地方，如发酵生产等。因此，人们就把这些简单的低等生物统归于微生物学的范畴来研究。另一方面，微生物的这些特征使它们成为研究许多基本生命过程的理想材料。它们大多数能够生长在试管或三角瓶中，且便于保存。它们生长迅速，如有些细菌在24h内几乎能繁殖100代。微生物的代谢过程也与高等动植物的模式雷同，如酿酒酵母的酒精发酵机制和脊椎动物肌肉的糖酵解十分相似，可见其酶系统是相同的。过去已有许多有关生命机制的著名的成果是用微生物作为材料而得到的，尤其在遗传学方面。例如，在深入研究肺炎链球菌的基础上，发现遗传物质的化学性质是DNA，明确了生物遗传物质基础的问题。近年来，微生物的研究无论在基础理论上和应用上都发展迅速。当前，微生物已不只是一个研究生物学基本规律的理想材料，而且它们本身就是重要而独具特色的生物群体。微生物的应用与人类生活密切相关，范围十分广泛，在医学、农业、工业、环境、食品和生物技术的利用等方面都有应用。这些都促使微生物学不断地发展壮大和日益受到重视，使微生物学成为生物学的重要学科。目前，微生物生产已成为与动物生产、植物生产并列的第三大产业，用以生产面包、奶酪、啤酒、抗生素、疫苗、维生素和酶等重要产品，为人类的生活和健康做出重要贡献。

第二节 微生物在生物界中的地位

生物分类工作是在200多年前Linnaeus(1707~1778)的工作基础上建立的。他将生物

划分为动物界和植物界，二者在概念上是十分明确的。自从发现了微生物以后，科学家习惯地把它分别归入动物和植物的低等类型。例如，原生动物没有细胞壁，能运动，不进行光合作用，而被归入动物界。藻类有细胞壁，进行光合作用，则被归于植物界。但是，有些微生物具有动物和植物共同的特征，将它们归入动物界或植物界都不合适。因此，在1866年，Haeckel提出三界系统，把生物分为动物界、植物界和原生生物界（protista），他将那些既非典型动物、也非典型植物的单细胞微生物归属于原生生物界中。在这一界中，包括细菌、真菌、单细胞藻类和原生动物，并把细菌称为低等原生生物，其余类型则称为高等原生生物。到20世纪50年代，人们利用电子显微镜观察微生物细胞的内部结构，发现典型细菌的核与其他原生生物的核有很大不同。前者的核物质不被核膜包围，后者全都有核膜，并进一步揭示两类细胞在其他方面也有不同，随后提出了原核生物与真核生物的概念。在此认识的基础上，1969年Whittaker提出生物分类的五界系统，其中包括原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。微生物分别归属于五界中的前三界，其中原核生物界包括各类细菌，原生生物界包括单细胞藻类和原生动物，而真菌界包括真菌和黏菌。虽然无细胞结构的病毒不包含在这五界中，但微生物学家一直在研究它们。

在20世纪60年代末，Woese采用寡核苷酸编目法比较各类生物的rRNA特征序列，并用序列分析方法，确认16S rRNA和类似的rRNA基因序列为合适的系统发育指标。他在测定了原核生物的16S rRNA和真核生物的18S rRNA的寡核苷酸顺序谱的基础上，从序列差异计算出它们之间的进化距离，绘制出系统发育树（universal phylogenetic tree）。1977年，Woese通过对产甲烷细菌的16S rRNA的序列测定，揭示了古菌这个第三种生命形式。根据Woese的系统发育树，地球上所有细胞生命沿着3个主要谱系进化，又称为域（domain），即细菌（bacteria）、古菌（archaea）和真核生物（eukarya），如图1-1所示。1996年，属于古菌的詹氏甲烷球菌（*Methanococcus jannaschii*）的全基因组序列的分析结果表明，这个古菌不

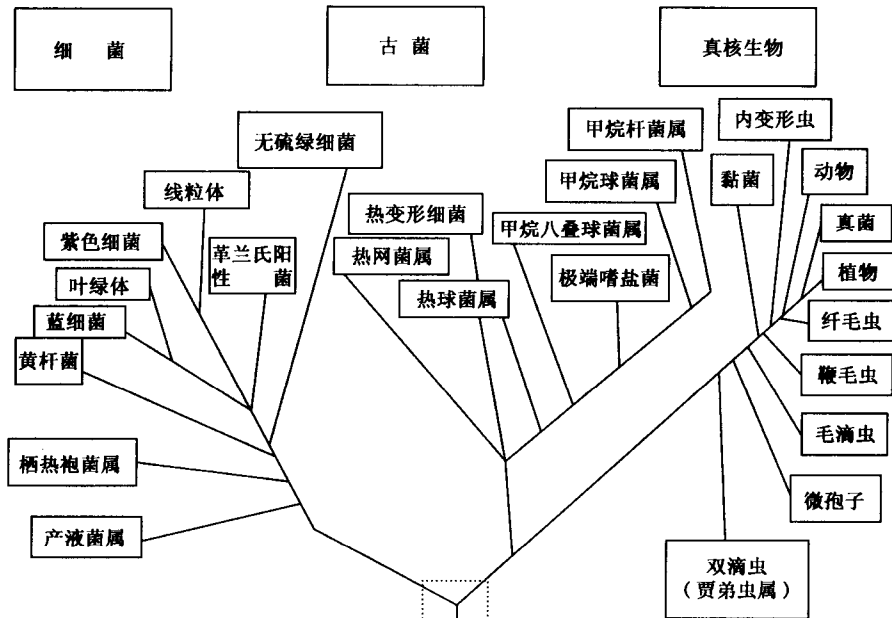


图 1-1 Woese 的系统发育树（引自 Madigan et al. 2003）

同于已知的任何细菌。1997年，热自养甲烷杆菌 (*Methanobacterium thermoautotrophicum*) 和闪烁古生球菌 (*Archaeoglobus fulgidus*) 两种古菌的全基因组系列的测定进一步证实了古菌域的正确性。古菌域的提出是近年来微生物学的一个重大的进展。从图 1-1 可以看出，这 3 个域有共同的祖先，它们向两个不同的方向演化，细菌和古菌虽然同属于原核生物，但古菌和真核生物的关系比它与细菌的关系更近。研究表明，古菌和真核生物享有一些共同的性状，基本上不同于细菌。

第三节 微生物学的范畴

微生物学是研究微生物及其生命活动规律和应用的学科，其研究领域十分宽阔。随着科学知识的增长，专业化的研究越来越成为必要，并导致了微生物学的进一步分科。从基本理论上讲，可分为微生物形态学、微生物生理学、微生物遗传学、微生物生态学、微生物分类学、细胞微生物学和分子微生物学等。根据研究对象的类群划分，可分为病毒学、细菌学、藻类学、真菌学和原生动物学等。从应用上看，根据从事的工作范围可分为农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、食品微生物学和地质微生物学等。根据生态环境的不同，可分为环境微生物学、土壤微生物学、海洋微生物学和宇宙微生物学等。每项学科的研究内容也都十分广泛，如微生物遗传学可包括微生物的细胞遗传、分子遗传和遗传工程等。工业微生物学可研究微生物的酶、医药产品（如抗生素）和发酵产品的生产等。总之，微生物学无论从理论上和应用上都是一门与国计民生密切相关的学科。近年来，微生物学与遗传学和生物化学学科互相渗透，促进了分子生物学的形成和生物技术的发展，对人类社会产生重大的影响，而且在探讨生命活动规律、生命起源和进化等方面有着重要的意义。

第四节 微生物学的发展

(一) 我国古代对微生物的利用

由于大多数微生物的个体很小，需要在显微镜下才能观察到，所以在古代人们并不知道什么是微生物。但是在长期的生产活动和日常生活中，人类对微生物的认识和利用却有着悠久的历史，并积累了丰富的经验。早在 8000 年以前，我国人民就已发明了制曲酿酒工艺。酿酒是酵母菌活动的结果，需要菌种、原料和控制条件，这些内容在古书中均有详细的叙述。除文字记载外，在出土文物中，常常出现酿酒和盛酒用具，甚至发现酒坊遗址。而且，自古以来，我国不乏名酒，可见当时对掌握这项微生物技术是有丰富经验的，而且十分成功。此外，在 2500 年前的春秋战国时期，就已经知道制醋和制酱。

在农业上，我国农民一向以利用有机肥为主。他们对于制作堆肥和厩肥有一套完整的技术，这个过程就是利用有机质在微生物的作用下，腐解为简单的可供植物吸收的营养。实际上，就是控制环境条件，使不同生态群的微生物相继分解有机质的过程。这一技术的历史是可以追溯到春秋战国时代，在著名的农业著作《齐民要术》中已有详细论述。我国农民还懂得如何利用豆科植物与粮食作物进行轮作和间作，实际上是利用根瘤菌与豆科植物的共生固氮作用，以提高土壤肥力。