

鲍时翔 黄惠琴 编著

海洋微生物学

MARINE
MICROBIOLOGY



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

内容简介

海洋微生物学

鲍时翔 黄惠琴 编著

内容简介

本书系统地介绍了海洋微生物学的基本概念、基本理论、基本知识和基本实验方法。全书共分12章，主要内容包括：绪论、细菌学基础、海洋细菌学、海洋真菌学、海洋原生动物学、海洋藻类学、海洋病毒学、海洋放线菌学、海洋微植物学、海洋微生物的生态学、海洋微生物的生理生态学、海洋微生物的生物技术等。

1.800元，青岛出版社

ISBN 7-5002-3327-2

定价

1.800元

邮费

中国海洋大学出版社

地址 青岛

http://www.ouc.edu.cn

电子邮箱

0532-8203272

邮政编码

266071

联系电话

0532-8203272

0532-8203272

160cm x 260mm

788

85

1.800元

中国海洋大学出版社

地址 青岛

http://www.ouc.edu.cn

电子邮箱

0532-8203272

邮政编码

266071

联系电话

0532-8203272

0532-8203272

160cm x 260mm

788

85

1.800元

中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

内 容 简 介

海洋微生物作为一类重要的生物资源越来越受到各国研究学者的重视。本书注重海洋微生物相关基础知识的介绍,同时兼顾了海洋微生物研究热点领域的最新进展。全书共 14 部分,分别从微生物基本知识、海洋生态环境、海洋微生物的多样性与分布、海洋光合微生物、海洋共附生微生物、海洋嗜极微生物、海洋微生物在物质循环中的作用、海洋微生物多样性研究技术、海洋微生物的分离与鉴定、未可培养海洋微生物、海洋微生物基因组学、赤潮、微生物与海水养殖、海洋微生物天然产物方面系统地介绍了海洋微生物学研究内容、研究方法及研究概况。

本书可作为高等院校海洋生物科学相关专业本科生和研究生的专业课教材,对从事微生物、海洋生物学、海洋生态学、渔业科学和环境保护科学的科技工作者也有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

海洋微生物学 / 鲍时翔, 黄惠琴编著. — 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-81125-154-8

I. 海… II. ①鲍…②黄… III. 海洋微生物—研究
IV. Q939

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 053498 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

网 址 <http://www2.ouc.edu.cn/cbs>

电子信箱 hdcbs@ouc.edu.cn

订购电话 0532-82032573(传真)

责任编辑 李建筑

电 话 0532-85902505

印 制 文登市印刷厂有限公司

版 次 2008 年 4 月第 1 版

印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷

成品尺寸 185 mm×260 mm

印 张 21.75

字 数 503 千字

定 价 32.80 元

前 言

海洋是生命的发源地,浩瀚的海洋中蕴藏着极为丰富的微生物。据估计,海洋微生物达0.1亿~2亿种,且生物多样性极其丰富。与陆地微生物相比,海洋微生物生活于更为多变、开放、复杂的海洋生态系统,在漫长的进化过程中,它们形成了与这一特殊生态环境相适应的机制,产生了特有的遗传和代谢途径。海洋微生物不仅在物质循环、能量流动、生态平衡及环境净化等方面担当着重要的角色,而且是海洋药物、保健品和生物材料的巨大资源宝库,因此,开发利用海洋微生物资源意义深远。近年来,海洋微生物的研究备受国内外关注,并取得了丰硕的成果。

海洋微生物学是随着微生物学和海洋生物技术的发展而发展起来的一门新的分支学科,也是一门发展极为迅速的前沿学科。尽管如此,目前我国海洋微生物学方面的教材还很稀缺,这对于海洋微生物研究者来说不能不是个遗憾,为此我们本着基础理论与应用技术相结合的原则,在查阅大量国内外文献的基础上,结合自身多年的科研工作经验组织编写了《海洋微生物学》一书,以满足广大从事该领域研究、教学和资源开发者的迫切需求。此书的出版将在一定程度上改善海洋微生物学教材严重缺乏的局面,有助于国家对海洋微生物学人才的培养,对海洋微生物学本身的发展也必将起到积极的推动作用。

本书全面系统地介绍了海洋微生物的基本概念、研究内容和方法,对海洋微生物最新研究领域及成果也作了阐述。全书共14部分,从不同方面和层次介绍了海洋微生物的相关理论知识和研究概况。第1部分简要介绍了微生物的基本知识,对古菌、真细菌、真核生物和病毒等分别给予了说明。第2部分概括了海洋环境、海水性质、海底沉积物和海洋典型生态系统的特点。第3部分主要介绍了海洋微生物的特点及其分布状况。第4~6部分分别介绍了海洋光合微生物、共附生海洋微生物、海洋嗜极微生物的类型、分布、生存机制及其应用前景等。第7部分重点介绍了海洋微生物在碳循环、氮循环、磷循环、硫循环、铁循环等循环中的作用。第8部分主要介绍了海洋微生物多样性的分析方法,着重分子方法及其原理的阐述。第9、10部分分别从可培养和不可培养角度介绍了可培养微生物的多相鉴定方法、未可培养微生物的培养技术

以及宏基因组学研究手段。第 11 部分海洋微生物基因组学的介绍更是海洋微生物学的研究热点。第 12 部分从赤潮发生的原因、过程、危害等方面介绍了海洋微生物与赤潮的关系。第 13 部分从病原微生物与有益微生物两个角度介绍了海洋微生物与海水养殖的联系。第 14 部分重点介绍了海洋微生物活性物质及其筛选模型。

方哲同志参与了第 13 部分的编写工作。在本书编写过程中,还得到了朱军、蔡海宝、吕家森、吴碧文、荣辉、刘玲枝、李俊华、李传浩、程娜、雷敬超、张桂兴、邱伟、田树红、叶建军、彭杰、黄美容、吴晓鹏等同志的大力支持和配合,在此向他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。本书的顺利出版与中国热带农业科学院出版基金的资助也是分不开的,在此一并表示诚挚的谢意。

尽管参加本书编写的所有作者为写好本书付出了大量的艰辛劳动,但由于编者水平有限,再加上涉及内容较多,难免存在缺点甚至错误,敬请各位专家和读者提出宝贵意见,以便再版时予以修正,使该书臻于完善。

中国热带农业科学院热带生物技术研究所

鲍时翔 黄惠琴

2007 年 10 月于海口

目 次

1. 微生物基本知识	1
1.1 微生物概述	1
1.1.1 什么是微生物	1
1.1.2 微生物的特点	1
1.2 微生物的分类与命名	1
1.2.1 生物分类历史	1
1.2.2 三域学说	2
1.2.3 微生物分类单元与命名法则	3
1.2.4 原核微生物分类系统介绍	4
1.3 古菌	5
1.3.1 古菌的形态	5
1.3.2 古菌的细胞结构	5
1.3.3 古菌的分类	7
1.4 真细菌	10
1.4.1 真细菌的形态	10
1.4.2 真细菌的细胞结构	11
1.4.3 真细菌的繁殖	13
1.4.4 真细菌的分类	13
1.5 真核微生物	14
1.5.1 真核微生物的形态	14
1.5.2 真核微生物的细胞结构	15
1.5.3 真核微生物的繁殖	18
1.5.4 真核微生物的分类	19
1.6 病毒	24
1.6.1 病毒的形态与大小	24
1.6.2 病毒的结构和化学组成	24
1.6.3 病毒的增殖	24
1.6.4 病毒的分类	25
1.6.5 亚病毒	27
参考文献	27

海洋微生物学

2. 海洋环境与生态系统	29
2.1 海洋环境的概念	29
2.2 海洋环境的分区	29
2.3 海洋环境的特性	30
2.4 海水的性质	30
2.4.1 无机离子	30
2.4.2 有机物	32
2.4.3 溶解气体	33
2.4.4 光照	34
2.4.5 颜色	35
2.4.6 温度	36
2.4.7 密度	36
2.4.8 压强	37
2.5 海洋沉积物	37
2.5.1 浅海沉积物	37
2.5.2 半远洋沉积物	37
2.5.3 远洋沉积物	37
2.6 海洋生态系统	38
2.6.1 珊瑚礁生态系统	38
2.6.2 海草场生态系统	38
2.6.3 上升流生态系统	39
2.6.4 深海热泉口生态系统	39
2.6.5 河口生态系统	40
参考文献	40
3. 海洋微生物	42
3.1 什么是海洋微生物	42
3.2 海洋微生物发展史	42
3.3 海洋微生物多样性	43
3.3.1 海洋微生物物种多样性	43
3.3.2 海洋微生物遗传多样性	48
3.3.3 海洋微生物代谢途径及其产物多样性	48
3.4 海洋微生物的分布	49
3.4.1 海洋古菌的分布	49
3.4.2 海洋真细菌的分布	51
3.4.3 海洋真菌的分布	56
3.4.4 海洋真核微藻的分布	58
3.4.5 海洋病毒的分布	58
参考文献	61

4. 海洋光合微生物	66
4.1 什么是海洋光合微生物	66
4.2 海洋产氧光合微生物	66
4.2.1 真核微藻	66
4.2.2 原生动物	67
4.2.3 海洋产氧光合细菌	67
4.3 海洋不产氧光合微生物	68
4.3.1 海洋不产氧光合细菌	68
4.3.2 海洋光合极端嗜盐古菌	70
4.4 海洋产氧光合微生物和不产氧光合微生物的区别	70
4.5 海洋光合微生物光合作用机理	71
4.5.1 海洋产氧真核微藻和蓝细菌的光合作用	71
4.5.2 海洋不产氧光合细菌的光合作用	74
4.5.3 海洋光合极端嗜盐古菌的光合作用	75
4.6 海洋光合微生物的分布	76
4.6.1 海洋真核微藻的分布	76
4.6.2 海洋产氧光合细菌的分布	78
4.6.3 海洋不产氧光合细菌的分布	80
4.7 光合微生物在海洋生态系统中的作用	81
4.7.1 在海洋初级生产中的作用	81
4.7.2 在海洋生态系统中的其他作用	82
参考文献	83
5. 海洋共附生微生物	85
5.1 海洋共附生微生物概述	85
5.2 海洋微生物与动物的共附生	86
5.2.1 微生物与海绵的共附生	86
5.2.2 微生物与珊瑚虫的共附生	95
5.2.3 微生物与深海热泉口无脊椎动物的共附生	97
5.2.4 微生物与海洋发光动物的共附生	98
5.3 海洋微生物与植物的共附生	99
5.3.1 微生物与大型海藻的共附生	99
5.3.2 微生物与红树的共附生	101
5.3.3 微生物与海草的共附生	103
5.4 海洋微生物之间的共附生	103
参考文献	104
6. 海洋嗜极微生物	108
6.1 什么是嗜极微生物	108
6.2 嗜热微生物	108

海洋微生物学

6.2.1	嗜热微生物的特点	108
6.2.2	嗜热微生物在海洋中的分布及研究概况	109
6.2.3	嗜热微生物的耐热机制	111
6.2.4	嗜热微生物的应用前景	112
6.3	嗜冷微生物	113
6.3.1	嗜冷微生物的特点	114
6.3.2	嗜冷微生物在海洋中的分布及研究概况	114
6.3.3	嗜冷微生物的嗜冷机制	114
6.3.4	嗜冷微生物的应用前景	116
6.4	嗜盐微生物	117
6.4.1	嗜盐微生物的特点	117
6.4.2	嗜盐微生物在海洋中的分布及研究概况	117
6.4.3	嗜盐微生物的嗜盐机理	118
6.4.4	嗜盐微生物的应用前景	119
6.5	嗜碱微生物	120
6.5.1	嗜碱微生物的特点	120
6.5.2	嗜碱微生物在海洋中的分布及研究概况	121
6.5.3	嗜碱微生物的嗜碱机制	121
6.5.4	嗜碱微生物的应用前景	121
6.6	嗜酸微生物	122
6.6.1	嗜酸微生物的特点	122
6.6.2	嗜酸微生物在海洋中的分布及研究概况	122
6.6.3	嗜酸微生物的嗜酸机制	122
6.6.4	嗜酸微生物的应用前景	123
6.7	嗜压微生物	123
6.7.1	嗜压微生物的特点	123
6.7.2	嗜压微生物在海洋中的分布及研究概况	124
6.7.3	嗜压微生物的嗜压机理	124
6.7.4	嗜压微生物的应用前景	124
	参考文献	124
7	海洋微生物与物质循环	126
7.1	物质循环的概念及其一般特征	126
7.1.1	物质循环的概念	126
7.1.2	物质循环的一般特征	126
7.1.3	物质循环的类型	127
7.2	海洋微生物在物质循环中的作用	128
7.2.1	分解者	128
7.2.2	生产者	128

7.2.3 贮存者	129
7.3 海洋微生物和碳循环	129
7.3.1 碳循环	129
7.3.2 生物泵在海洋碳循环中的作用	131
7.3.3 微生物在海洋碳循环中的作用	131
7.4 海洋微生物和氮循环	133
7.4.1 氮循环	133
7.4.2 微生物在海洋氮循环中的作用	134
7.5 海洋微生物和磷循环	136
7.5.1 磷循环	136
7.5.2 微生物在海洋磷循环中的作用	137
7.6 海洋微生物和硫循环	138
7.6.1 硫循环	138
7.6.2 微生物在海洋硫循环中的作用	139
7.7 海洋微生物和铁循环	140
7.7.1 铁循环	140
7.7.2 微生物在海洋铁循环中的作用	142
7.8 海洋微生物和其他元素循环	142
7.8.1 硅循环	142
7.8.2 汞循环	143
参考文献	144
8. 海洋微生物多样性研究技术	146
8.1 海洋微生物多样性概述	146
8.2 微生物培养法	146
8.3 细胞成分分析法	146
8.4 电子显微镜技术	147
8.5 荧光染料染色法	147
8.6 流式细胞术	148
8.7 基于 rRNA 基因序列的系统发育分析	148
8.7.1 原核微生物 rRNA	149
8.7.2 真核微生物 rRNA	150
8.7.3 rDNA 系统发育分析	150
8.8 基于 PCR 技术的多样性分析	151
8.8.1 随机扩增多态性 DNA 技术	152
8.8.2 聚合酶链式反应-单链构象多态性	152
8.8.3 末端限制性片段长度多态性	153
8.8.4 扩增 rDNA 限制性分析	153
8.8.5 扩增片段长度多态性	154

8.9	基于核酸杂交技术的多样性分析	154
8.9.1	膜杂交	156
8.9.2	荧光原位杂交	156
8.10	变性梯度凝胶电泳和温度梯度凝胶电泳	157
8.11	海洋微生物多样性的保护和利用	158
	参考文献	159
9.	海洋微生物的分离与鉴定	162
9.1	样品的采集	162
9.2	微生物的分离	163
9.2.1	常用微生物纯培养方法	164
9.2.2	细菌的分离	166
9.2.3	放线菌的分离	166
9.2.4	真菌的分离	170
9.2.5	微藻的分离	172
9.3	原核微生物的多相分类	173
9.3.1	经典分类	174
9.3.2	数值分类	175
9.3.3	化学分类	175
9.3.4	分子分类	179
9.4	细菌的快速鉴定系统	185
9.5	放线菌的快速鉴别	186
9.6	真菌分类	187
9.6.1	18S rDNA 扩增	188
9.6.2	28S rDNA 扩增	189
9.6.3	ITS 扩增	190
9.7	菌种的保藏	191
	参考文献	194
10.	未可培养海洋微生物	197
10.1	什么是未可培养海洋微生物	197
10.2	未可培养海洋微生物的多样性	197
10.3	未可培养海洋微生物难以培养的原因	198
10.3.1	生境条件的改变	198
10.3.2	营养条件的变化	199
10.3.3	群落生存方式的破坏	199
10.3.4	微生物自身因素	199
10.4	未可培养海洋微生物的培养技术	200
10.4.1	稀释培养技术	200
10.4.2	模拟自然培养技术	202

目 次

10.4.3	富集培养技术	203
10.4.4	混合培养技术	204
10.5	未可培养海洋微生物的分子技术——宏基因组法	204
10.5.1	宏基因组简介	204
10.5.2	宏基因组文库的构建	206
10.5.3	宏基因组文库的筛选	209
	参考文献	211
11	海洋微生物基因组学	214
11.1	什么是海洋微生物基因组学	214
11.2	海洋微生物基因组学研究概况	214
11.3	海洋微生物基因组学研究内容	215
11.3.1	结构基因组学	215
11.3.2	功能基因组学	219
11.3.3	比较基因组学	222
11.4	几种海洋微生物基因组研究实例	223
11.4.1	细菌 <i>Silicibacter pomeroyi</i> 基因组	223
11.4.2	海洋原绿球藻 <i>Prochlorococcus marinus</i> SS120 基因组	225
11.4.3	硅藻 <i>Thalassiosira pseudonana</i> 基因组	226
11.4.4	海洋嗜盐古菌 <i>Haloarcula marismortui</i> 基因组	228
11.4.5	对虾白斑杆状病毒(WSBV)基因组	228
	参考文献	230
12	赤潮	233
12.1	赤潮概述	233
12.1.1	赤潮及赤潮生物	233
12.1.2	赤潮的分类	233
12.2	赤潮发生的原因	234
12.2.1	生物因素	235
12.2.2	化学因素	235
12.2.3	物理因素	236
12.3	赤潮发生的过程	237
12.4	赤潮的危害	238
12.4.1	赤潮对海洋生态系统的影响	239
12.4.2	赤潮对海洋渔业和水产资源的破坏	239
12.4.3	赤潮对人体健康的危害	239
12.5	赤潮的预防及治理	242
12.5.1	赤潮的预防	242
12.5.2	赤潮的治理	243
	参考文献	247

13. 微生物与海水养殖	249
13.1 海水养殖概况	249
13.2 海水养殖病害	250
13.3 海水养殖病原微生物	250
13.3.1 常见病原性细菌	250
13.3.2 常见病原性真菌	258
13.3.3 常见病原性病毒	259
13.4 病原微生物的致病机理	266
13.4.1 细菌的致病机理	267
13.4.2 真菌的致病机理	268
13.4.3 病毒的致病机理	268
13.5 海水养殖病原微生物的诊断	268
13.5.1 形态检查	268
13.5.2 分离培养	269
13.5.3 生化试验	269
13.5.4 血清学试验	269
13.5.5 分子生物学技术	270
13.6 海水养殖病原微生物的综合防治	271
13.7 海水养殖中的有益微生物	271
13.7.1 有益微生物的定义	271
13.7.2 海水养殖中的有益微生物种类	271
13.7.3 微生态制剂在海水养殖中的作用	274
参考文献	275
14. 海洋微生物天然产物	277
14.1 海洋微生物天然产物研究历程	277
14.2 海洋微生物天然产物的特点	278
14.3 海洋微生物天然活性产物的筛选	279
14.3.1 抗菌活性筛选	279
14.3.2 抗肿瘤活性筛选	281
14.3.3 抗病毒活性筛选	285
14.3.4 高通量筛选技术	286
14.4 海洋微生物抗菌、抗肿瘤、抗病毒活性物质	287
14.4.1 从海洋微生物中寻找新的抗菌化合物	287
14.4.2 从海洋微生物中寻找新的抗肿瘤化合物	291
14.4.3 从海洋微生物中寻找新的抗病毒化合物	294
14.5 海洋微生物酶	296
14.5.1 蛋白酶	296
14.5.2 脂肪酶	297

目 次

14.5.3	几丁质酶	297
14.5.4	琼脂糖酶	298
14.5.5	卡拉胶酶	299
14.5.6	褐藻胶裂解酶	299
14.5.7	纤维素酶	300
14.5.8	极端嗜热酶	300
14.6	海洋微生物油脂	301
14.6.1	二十碳五烯酸	301
14.6.2	二十二碳六烯酸	302
14.6.3	γ -亚麻酸	304
14.6.4	花生四烯酸	305
14.7	海洋微生物毒素	305
14.7.1	蓝藻毒素	306
14.7.2	河豚毒素	308
14.7.3	西加鱼毒	308
14.7.4	海兔毒素	309
14.8	海洋微生物新药的开发	309
14.8.1	海洋微生物新药评价的基本程序	309
14.8.2	海洋微生物新药评价的基本要求	310
	参考文献	310
	附录 部分培养基配方	315
	索引	318

1. 微生物基本知识

1.1 微生物概述

1.1.1 什么是微生物

微生物(microorganism, microbe)是对所有形体微小、单细胞或个体结构较为简单的多细胞,甚至无细胞结构的低等生物的总称,简单地说是对人们肉眼看不见或看不清的微小生物的总称。

1676年荷兰商人安东·范·列文虎克(Antony van Leeuwenhook)用自制的显微镜观察到细菌和原生动物,从而揭示了一个过去无人知晓的微生物世界。后来研究表明,早在40亿年前微生物就出现在地球上。在生物系统发育史上,微生物是地球上最早的生命形式,比动植物和人类都要早得多。

1.1.2 微生物的特点

微生物作为生物界的一类,具有一切生物的共性:遗传信息由DNA(少数为RNA)链上的基因所携带,其复制、表达与调控遵循中心法则;微生物的初级代谢途径如蛋白质、核酸、多糖、脂肪酸等大分子物质的合成途径基本相同;微生物的能量代谢都以ATP作为能量载体。

由于微生物体形微小,从而具有自身的特点:

①体积小,表面积大。这是微生物的基本特点。作为一个小体积、大面积系统,其在营养物质吸收、代谢废物排泄以及与外界环境信息交换等方面均具有自身的特色。

②吸收多,转化快。这是微生物快速生长繁殖和新陈代谢的物质基础。

③生长旺,繁殖快。这是微生物在生物学基础理论研究和生产方面广泛应用的主要原因。

④适应强,易变异。微生物高度灵活的适应性和代谢调节机制是任何高等动、植物无法比拟的。

⑤分布广,种类多。地球上除火山的中心区等少数地方外,到处都有它们的踪迹。微生物种类多主要体现在物种、生理代谢类型、代谢产物、遗传基因和生态类型5个方面。

1.2 微生物的分类与命名

1.2.1 生物分类历史

随着科学技术的不断发展,人类对生物认识呈现由浅到深、由简单到复杂、由低级到

高级、由个体到分子水平的过程。从亚里士多德时代至 19 世纪中叶,生物学家将所有当时已知的生物归为植物界和动物界,即两界系统(two-kingdom system)。

由于光学显微镜的发展,渐渐发现还有许多生物,如一些微小的、水生的生物,不适合归入植物界或动物界。1866 年德国生物学家黑格尔提出第三界——原生生物界(Kingdom Protista),将从前归入植物界的较简单、含糊的生物(如细菌等大部分微生物)归类在原生生物界内,此即为三界系统。

电子显微镜的出现和生物化学技术的进步,使得生物学家在细胞学上有了新的认识,提出许多关于生物分类的新建议。20 世纪 30 年代,Chatton 根据细胞结构特点,将所有生物分为两类:原核生物和真核生物。原核生物细胞内没有成熟的内膜系统(主要是没有核膜),而真核生物细胞内的核和细胞器均被膜包围。20 世纪 50 年代,又出现了生物分类四界系统,即植物界、动物界(原生动物除外)、原始生物界(原生动物、真菌、部分藻类)和菌界(细菌、蓝细菌)。1969 年,康乃尔大学的 Whittaker R H 依据生物的细胞构造及其获得营养的方式提出五界系统:原核生物界(Monera,包括细菌、蓝细菌等)、菌物界(Myceteae)、原生生物界(Protista,包括原生动物、单细胞藻类和黏菌等)、植物界(Plantae)和动物界(Animalia)。在这五界中,只有原核生物界成员的细胞内遗传物质没有核膜包围,亦即没有完整的细胞核,其他四界成员细胞内均含有真正的细胞核。五界系统可用图 1-1 表示:纵向显示从原核到真核单细胞生物再到真核多细胞生物的三个进化阶段,横向显示光合式营养、吸收式营养和摄食式营养三大进化方向。1996 年,美国学者 Raven P H 等提出生物分类六界系统,即将五界系统中的原核生物界分为古细菌界和真细菌界。值得注意的是,病毒为非细胞生物,由于其起源问题还不清楚,这些分类系统均未考虑病毒的分类地位。

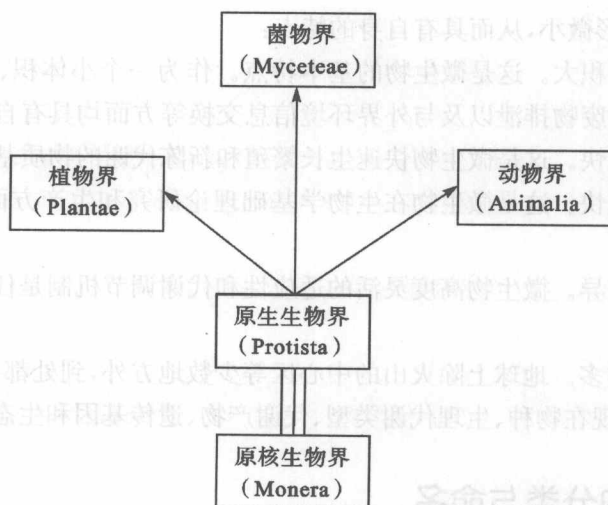


图 1-1 五界系统分类图

1.2.2 三域学说

1977 年,美国伊利诺斯大学的 Woese C R 等人在对大量微生物和其他生物的核糖体

1. 微生物基本知识

小亚基 rRNA (small subunit rRNA, 简称 SSU rRNA) 基因片段进行测序并比较同源性后, 发现甲烷细菌的 SSU rRNA 基因序列与原核生物内其他微生物以及真核生物的 SSU rRNA 基因序列的相似性均低于 60%。1990 年 Woese 等人正式提出了三域学说 (Three-domain theory)。三域学说将所有细胞生物分为古菌域 (Archaea, 又称古生菌域或古细菌域)、真细菌域 (Eubacteria, 又称细菌域) 和真核生物域 (Eukarya)。这里所说的“域”, 实际上是一个比“界”更高的分类单元, 过去曾称为原界 (Urkingdom)。随后, 人们对 RNA 聚合酶的亚基、延伸因子 EF-Tu、ATPase 等其他相对保守的生物大分子的进化也进行了研究, 进一步支持了 Woese 提出的三域学说。目前, 三域学说已得到学术界的基本肯定。图 1-2 是基于 16S/18S rRNA 基因序列分析的系统发育树示意图。

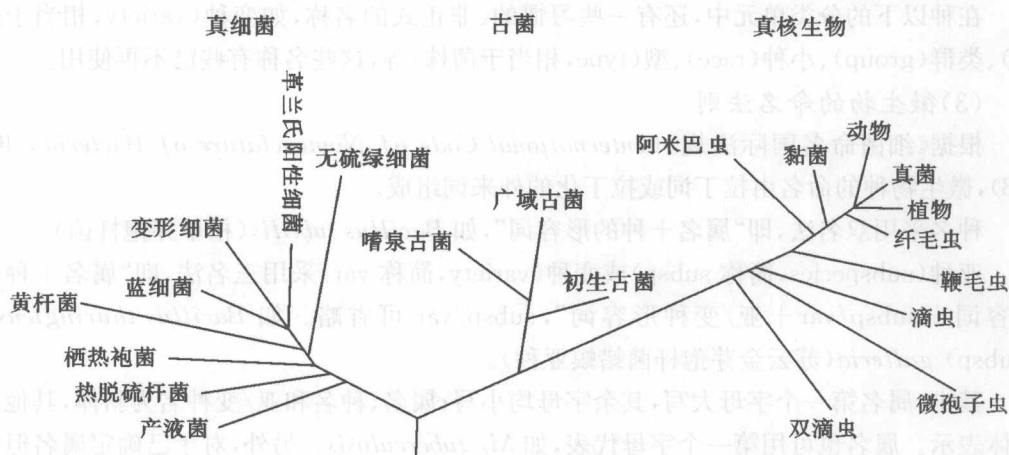


图 1-2 基于 16S/18S rRNA 基因序列分析的系统发育树示意图

1.2.3 微生物分类单元与命名法则

微生物分类的基本单元是种 (species)。微生物种是显示高度相似性、亲缘关系极其接近、与其他种有明显差异的一群菌株的总称。所以, 微生物学中的种带有抽象的种群概念。在具体分类之前, 常用一个被指定的、能代表这个种群的模式菌株或典型菌株 (type strain) 作为基准。

(1) 种以上的分类单元

种以上的分类单元自上而下依次分为 6 个等级, 它们分别是界 (Kingdom)、门 (Phylum 或 Division)、纲 (Class)、目 (Order)、科 (Family)、属 (Genus)。

一个属由一个或多个种构成, 一个科由一个或多个属构成, 等等。必要时, 还可在上述分类单元之间设若干辅助分类单元。例如, 在门与纲之间可设亚门 (Subphylum)、超纲 (Superclass); 在纲与目之间可设亚纲 (Subclass)、超目 (Superorder); 在目与科之间可设亚目 (Suborder)、超科 (Superfamily); 在科与属之间可设亚科 (Subfamily)、族 (Tribe)、亚族 (Subtribe) 等。

(2) 种以下的分类单元

微生物种以下又分为亚种、菌株等级别。