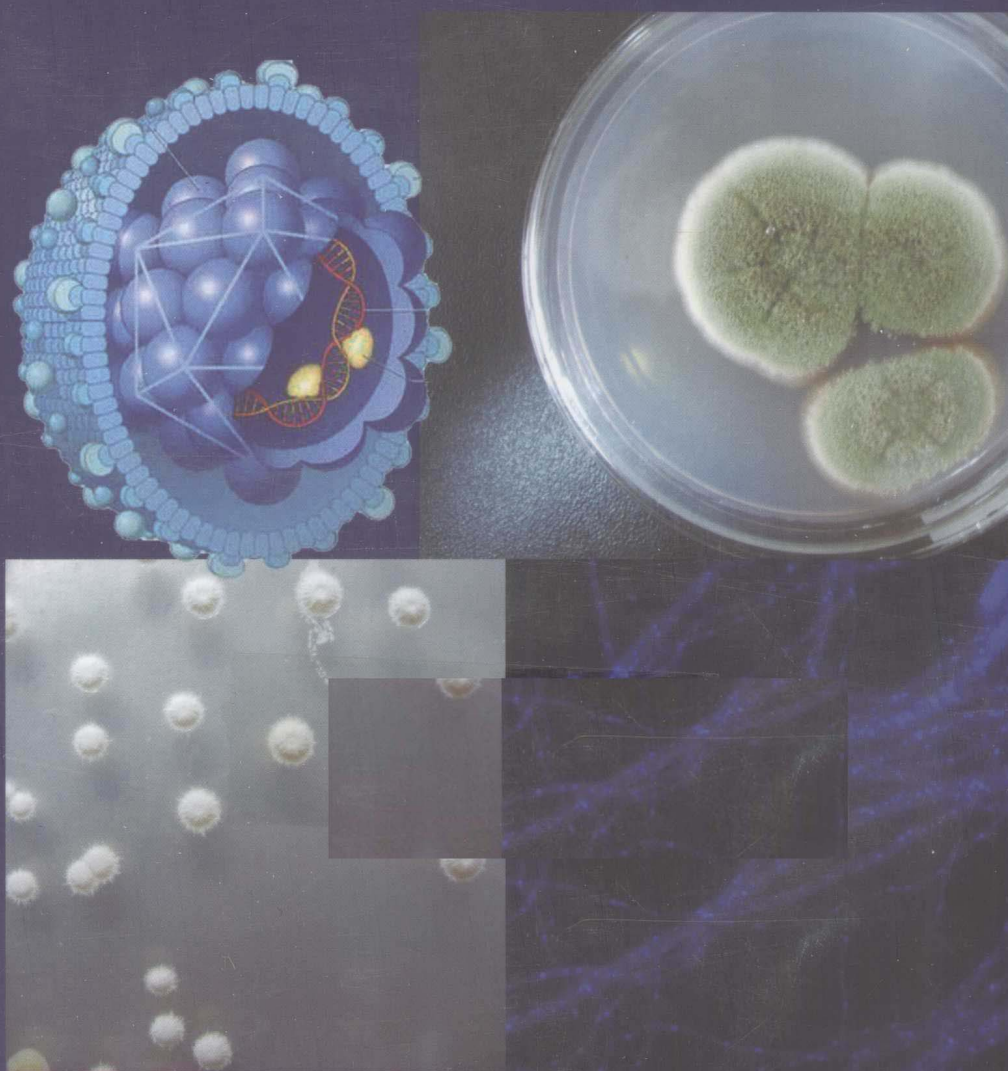


杨民和 主编

微生物学

Microbiology



科学出版社
www.sciencep.com

微生物学

杨民和 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是由科学出版社组织全国多所高等师范院校从事微生物学教学和科研的骨干教师编写而成。该书基本保持我国高等院校微生物学教材的章节框架和内容体系,同时密切结合国际上本学科的新进展,体现理论与实际的有机结合。突出内容先进、叙述准确、重点突出、文字简练的特点,做到易教易学,有利于学生学习能力的培养。

全书共分 12 章,内容包括原核微生物、真核微生物、病毒和亚病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物生长繁殖与控制、微生物的遗传与变异、微生物感染与免疫、微生物的生态、微生物与自然物质循环、微生物的分类与鉴定、微生物生物技术等。每章后附复习思考题。

本书可作为全国高等师范院校、农林院校及综合性院校的微生物学教材,也可作为其他教学科研人员及中学生物学教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/ 杨民和主编. —北京: 科学出版社,
2010. 7
高等师范院校生命科学规划教材
ISBN 978 - 7 - 03 - 027923 - 1

I. ①微… II. ①杨… III. ①微生物学—师范大学—
教材 IV. ①Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 110130 号

责任编辑: 陈 露 朱 灵 / 责任校对: 刘珊珊
责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

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>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本: A4(890×1240)

2010 年 7 月第一次印刷 印张: 22 3/4

印数: 1—3 200 字数: 630 000

定价: 42.00 元

《高等师范院校生命科学规划教材》

编写委员会

主任委员 王全喜

副主任委员 安利国 何奕騮

委 员 (按姓氏笔画排序)

马伯军 王全喜 王宝山 王曼莹

卢龙斗 安利国 朱 笃 杨 玲

何奕騮 张飞雄 张红绪 张恒庆

张彦定 林跃鑫 侯和胜 聂刘旺

徐来祥 彭贤锦 魏学智

秘 书 陈 露

《微生物学》编辑委员会

主 编 杨民和

副 主 编 戴美学 谢明杰

编 委 (按姓氏笔画排序)

龙中儿 许旭萍 李世国 杨民和

郑 毅 胡青平 黄鹭强 章文贤

蒋冬花 蒋咏梅 谢明杰 戴美学

前 言

虽然微生物个体微小,人们用肉眼难以看见它们,但它们却无处不在,在人类的日常生活中发挥极其重要的作用。微生物学研究微生物的形态结构、生理生化、遗传变异以及与其他生物的关系,其目的是揭示微生物生命活动的规律,发掘、利用和保护有益微生物,控制和改造有害微生物,为人类社会的发展和进步服务。自 20 世纪 50 年代以来,微生物学与生物化学、遗传学和分子生物学等学科的有机结合,使微生物学成为当今生命科学领域中耀眼的明星,研究最活跃,发展最快,对其他学科的影响最大;同时,微生物学涉及农林业、医学、化工、食品和环境保护等不同产业,与工农业生产和人们的日常生活有着极其密切的联系。作为现代生物技术领域的主角之一,微生物学及其相关产业已成为整个国民经济的支柱。总之,作为一门通用性、基础性的核心学科,微生物学将继续对人类的生存和可持续发展产生巨大的影响。

微生物学是生命科学类及其相关专业的主干课程,也是一门重要的专业基础课程。和综合性院校、农林院校和医学院校不同的是,在师范院校的课程设置中,微生物学与动物学、植物学、生物化学和细胞生物学一样,只是作为一门专业基础课,一般缺乏相应的专业性的后续课程;同时,在当前的师范院校里,既有像生物科学专业一样的师范专业,又有像生物工程、生物技术,甚至发酵工程专业等非师范专业。由于各专业在对微生物学教学内容的要求上不尽相同,学生对微生物学的重视程度也存在一定的差异。这就要求师范院校的微生物学教材既要内容全面,又要具有简明性,重点突出,在教学内容的基础性、新颖性和综合性上作出合理的安排,以满足不同专业学生的不同需求。因此,在编写过程中,本教材强调微生物学的基本概念、基础知识和基础理论,以使使学生通过本课程的学习得到基本的训练;同时也注意介绍国内外微生物学的新成果,以便使学生了解微生物学的研究热点和发展动态,激发学生的学习兴趣,为学生的进一步深造打下良好的基础。

在内容的取舍和编排上,本书注意微生物学的基础性、系统性和先进性,力求合理地协调基础与前沿、系统与现代的关系。同时,考虑到微生物种类繁多,与人类唇齿相依,本书也注重微生物学理论与实际的有机结合。本教材共分为 12 章,内容包括:原核微生物、真核微生物、病毒和亚病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物生长繁殖与控制、微生物的遗传与变异、微生物感染与免疫、微生物的生态、微生物与自然物质循环、微生物的分类和鉴定,以及微生物生物技术。

参与本书编写的老师均来自国内师范院校,长期在第一线从事微生物学的教学和科研工作,具有较为丰富的理论基础和实践经验。具体的编写分工是:绪论由福建师范大学杨民和教授编写;第 1 章由山西师范大学胡青平博士编写;第 2 章由福建师范大学郑毅副教授、杨民和教授编写;第 3 章由福建师范大学许旭萍教授编写;第 4 章、第 5 章由山东师范大学戴美学教授编写;第 6 章由浙江师范大学蒋冬花教授编写;第 7 章由福建师范大学蒋咏梅副教授编写;第 8 章由辽宁师范大学谢明杰教授编写;第 9 章由山东师范大学李世国副教授编写;第 10 章由江西师范大学龙中儿教授编写;第 11 章由福建师范大学章文贤博士编写;第 12 章由福建师范大学黄鹭强讲师编写。全书由杨民和、戴美学和谢明杰教授统稿。

在编写本书的过程中,参编老师得到所在院校有关领导、师生的大力支持和帮助,特别是福建师范大学张彦定、陈寅山、吴松刚、黄建忠和陈必琰等教授的热情鼓励和积极支持;科学出版社的领导 and 编辑对本书的出版精心策划、协调落实、认真编辑和修改,特别是陈露、朱灵两位编辑付出了辛勤的努力;福建师范大学生命科学学院王明兹副教授为本书提供封面图片,硕士研究生苏经迁、苏林娟为部分图、表和文字处理付出了辛勤的劳动;需要特别说明的是,本书在编写过程中参考和引用了国内外许多优秀教材中的图表等相关资料,在此一并致以最诚挚的感谢。

本书系集体撰写而成。限于作者的知识水平和能力,书中缺陷和错漏之处,敬请广大读者随时批评指正,提出宝贵的意见。

杨明和
2010 年 4 月于福州

目 录

前言

绪论 1

0.1 微生物与微生物学 1

0.1.1 什么是微生物 1

0.1.2 微生物的主要类群 1

0.1.3 微生物的特征 2

0.1.4 微生物学及其分支学科 5

0.2 微生物学发展简史 5

0.2.1 微生物的发现及认识过程 5

0.2.2 微生物与人类社会文明 10

0.2.3 微生物与人类可持续发展 12

0.3 微生物学的发展趋势 13

0.3.1 微生物学与其他学科广泛渗透,形成新的学科 13

0.3.2 微生物学的研究已经进入“基因组时代” 13

0.3.3 微生物学研究向分子水平发展 14

0.3.4 微生物产品不断增多,微生物工业迅猛发展 14

0.3.5 更为重视微生物资源的开发、利用和保护 14

0.3.6 各种新技术、新方法在微生物学领域得到广泛的应用 15

复习思考题 15

第1章 原核微生物 16

1.1 细菌 16

1.1.1 细菌的个体形态和大小 16

1.1.2 细菌细胞的构造 19

1.1.3 细菌的繁殖与群体形态特征 31

1.1.4 常见的细菌 32

1.2 放线菌 36

1.2.1 放线菌的形态构造 37

1.2.2 放线菌的繁殖和菌落特征 39

1.2.3 常见的放线菌代表属 40

1.3 古细菌 41

1.3.1 古细菌的一般特性和类群 41

1.3.2 产甲烷古细菌群 43

1.3.3 还原硫酸盐古细菌群 44

1.3.4 极端嗜盐古细菌群 45

1.3.5 无细胞壁古细菌群 45

1.3.6 极端嗜热和超嗜热的古细菌 45

1.4 其他类型的原核微生物 46

1.4.1 蓝细菌	46
1.4.2 支原体	47
1.4.3 立克次体	47
1.4.4 衣原体	48
1.4.5 螺旋体	48
1.4.6 黏细菌	49
1.4.7 鞘细菌	49
1.4.8 蛭弧菌	50
复习思考题	50
第2章 真核微生物	52
2.1 真核微生物概述	52
2.1.1 原核微生物与真核微生物的比较	52
2.1.2 真核微生物的细胞结构	53
2.1.3 真核微生物的主要类群	57
2.2 真菌的形态和一般特性	58
2.2.1 真菌的营养体	58
2.2.2 真菌的繁殖	59
2.2.3 真菌的生活史	63
2.2.4 真菌的菌落特征	64
2.3 菌物的主要类群	64
2.3.1 真菌	65
2.3.2 假菌	71
2.3.3 黏菌	73
复习思考题	74
第3章 病毒与亚病毒	75
3.1 病毒的形态构造	75
3.1.1 病毒的大小与形态	75
3.1.2 病毒的化学组成与结构	77
3.2 病毒的分类	79
3.2.1 病毒分类的依据	80
3.2.2 病毒的命名规则	80
3.3 噬菌体	81
3.3.1 噬菌体的形态结构	81
3.3.2 烈性噬菌体的繁殖	82
3.3.3 噬菌体的数量测定及其生长规律	84
3.3.4 温和噬菌体	85
3.3.5 噬菌体的应用	86
3.4 动物病毒	87
3.4.1 动物病毒的分类	87
3.4.2 动物病毒的复制(增殖)	87
3.4.3 昆虫病毒对有害昆虫的防治	89
3.4.4 昆虫病毒的杀虫机制	89
3.5 植物病毒	89

3.5.1 植物病毒的繁殖	90
3.5.2 植物病毒的传播	90
3.6 亚病毒	91
3.6.1 类病毒	92
3.6.2 卫星体	93
3.6.3 朊病毒	94
复习思考题	95
第4章 微生物的营养	97
4.1 微生物的营养物质	97
4.1.1 碳源	97
4.1.2 氮源	98
4.1.3 能源	98
4.1.4 无机盐	99
4.1.5 生长因子	100
4.1.6 水	101
4.2 微生物对营养物质的吸收	101
4.2.1 单纯扩散	101
4.2.2 促进扩散	102
4.2.3 主动运输	102
4.2.4 基团转位	103
4.3 微生物的营养类型	104
4.3.1 光能无机自养型	105
4.3.2 光能有机异养型	105
4.3.3 化能无机自养型	105
4.3.4 化能有机异养型	106
4.4 培养基	106
4.4.1 培养基配制的原则	106
4.4.2 培养基的类型	109
复习思考题	112
第5章 微生物的代谢	113
5.1 微生物的产能代谢	113
5.1.1 发酵与底物水平磷酸化	113
5.1.2 呼吸与氧化磷酸化	123
5.1.3 光合作用与光合磷酸化	128
5.2 微生物细胞物质的合成	130
5.2.1 肽聚糖的生物合成	130
5.2.2 生物固氮	132
5.2.3 好氧菌固氮酶防氧害机制	135
5.3 微生物的次级代谢	135
5.3.1 初级代谢与次级代谢	135
5.3.2 次级代谢产物的类型	136
5.4 微生物代谢的调控	137
5.4.1 初级代谢的调控机制	137

5.4.2 次级代谢调节 139

复习思考题 140

第6章 微生物生长繁殖与控制 142

6.1 微生物的个体生长与群体生长 142

6.1.1 细菌的个体生长 142

6.1.2 细菌的群体生长 143

6.1.3 丝状真菌的生长繁殖 146

6.1.4 同步培养 148

6.1.5 连续培养 150

6.1.6 微生物生长量的测定 152

6.2 微生物生长与环境 156

6.2.1 温度 156

6.2.2 氢离子浓度(pH) 159

6.2.3 水活度 161

6.2.4 氧与氧化还原电位 161

6.2.5 氧以外的其他气体 163

6.3 微生物对环境的适应 163

6.3.1 微生物的趋向性 163

6.3.2 微生物的抗逆性 165

6.4 微生物生长繁殖的控制 167

6.4.1 几个基本概念 167

6.4.2 控制微生物的物理因素 168

6.4.3 控制微生物的化学物质 170

复习思考题 177

第7章 微生物的遗传与变异 178

7.1 遗传变异的物质基础 178

7.1.1 遗传与变异的概念 178

7.1.2 证明核酸是遗传物质基础的经典实验 178

7.1.3 微生物遗传的物质基础 181

7.2 基因突变与菌种选育 186

7.2.1 基因突变 186

7.2.2 微生物育种技术 194

7.3 基因重组 199

7.3.1 原核生物的基因重组 200

7.3.2 真核微生物基因重组 209

7.4 微生物与基因工程 211

7.4.1 基因工程的概况 211

7.4.2 基因工程的工具酶 211

7.4.3 基因工程的载体 213

7.4.4 基因工程常用的载体 214

7.4.5 基因工程的应用和发展前景 215

7.5 微生物菌种保藏和复壮 216

7.5.1 菌种的保藏 216

7.5.2 菌种的活化和复壮	219
复习思考题	220
第8章 微生物感染与免疫	221
8.1 微生物感染	221
8.1.1 细菌性感染	221
8.1.2 病毒性感染	224
8.1.3 真菌性感染	226
8.2 抗原	226
8.2.1 抗原的概念	226
8.2.2 构成抗原的条件	226
8.2.3 抗原的特异性	227
8.2.4 抗原的种类	227
8.2.5 微生物抗原	228
8.3 抗体	229
8.3.1 Ig的基本结构	229
8.3.2 Ig的酶解片段	230
8.3.3 抗体的生理功能	231
8.3.4 五类抗体的生物学特性	231
8.3.5 抗体产生的一般规律	232
8.3.6 抗体形成的机制	232
8.3.7 单克隆抗体与淋巴细胞杂交瘤技术	233
8.3.8 基因工程抗体	234
8.4 免疫	234
8.4.1 免疫系统的组成	235
8.4.2 免疫应答	239
8.4.3 抗感染免疫	240
8.4.4 超敏反应	242
8.4.5 免疫缺陷病	243
8.4.6 自身免疫病	244
8.5 免疫学的应用	244
8.5.1 免疫学检测技术	244
8.5.2 免疫预防	248
8.5.3 免疫治疗	250
复习思考题	250
第9章 微生物的生态	251
9.1 自然环境中的微生物	251
9.1.1 土壤中的微生物	252
9.1.2 水体中的微生物	254
9.1.3 大气中的微生物	254
9.1.4 植物体中的微生物	255
9.1.5 人及动物体的微生物	256
9.1.6 极端环境下的微生物	257
9.2 微生物之间的相互关系	260

9.2.1	同种微生物群体中个体之间的相互作用	260
9.2.2	不同微生物群体之间的相互作用	261
9.3	有害微生物及其传播	264
9.3.1	人及动物病原微生物	265
9.3.2	植物病原微生物	265
9.3.3	工农业产品上的微生物	266
9.3.4	昆虫病原微生物	267
9.3.5	产生毒素的微生物	267
9.3.6	微生物的传播	270
9.4	微生物生态系统的特征	273
9.4.1	微生物生态系统的多样性	273
9.4.2	微生物生态系统中的种群结构	273
9.4.3	微生物生态系统的稳定性	274
9.4.4	微生物生态系统的适应性	274
9.4.5	微生物群落中的遗传特征	275
9.5	微生物多样性及保护利用	275
9.5.1	生物多样性	275
9.5.2	微生物的多样性	275
9.5.3	保护微生物多样性的重要意义	276
9.5.4	中国微生物多样性的保护	277
	复习思考题	277
第 10 章	微生物与自然物质循环	278
10.1	微生物与碳素循环	278
10.1.1	碳素循环的途径	278
10.1.2	微生物与 CO ₂ 的固定	279
10.1.3	微生物与含碳化合物的分解	279
10.1.4	甲烷的形成和转化	280
10.2	微生物与氮素循环	282
10.2.1	氮素循环的途径	282
10.2.2	氨化作用	282
10.2.3	硝化作用	284
10.2.4	硝酸盐还原作用	284
10.2.5	反硝化作用	285
10.2.6	生物固氮作用	285
10.3	硫、磷、铁等元素的循环	286
10.3.1	硫素循环	286
10.3.2	磷素循环	287
10.3.3	铁素循环	288
10.3.4	其他元素的循环	289
	复习思考题	289
第 11 章	微生物的分类和鉴定	290
11.1	微生物的分类和命名	290
11.1.1	微生物的分类单元	290

11.1.2 命名	292
11.2 微生物在生物界的地位	294
11.2.1 生物的界级分类学说	294
11.2.2 微生物系统发育	297
11.3 微生物分类鉴定的方法	299
11.3.1 微生物分类的依据	299
11.3.2 微生物分类鉴定的技术	299
11.4 微生物分类系统	303
11.4.1 细菌分类系统	303
11.4.2 真菌的分类系统	308
复习思考题	310
第 12 章 微生物生物技术	311
12.1 微生物与食品	311
12.1.1 微生物与食品生产	311
12.2 微生物药物与保健品	317
12.2.1 抗生素	317
12.2.2 微生物多糖	319
12.2.3 微生物酶抑制剂	321
12.2.4 微生物毒素	322
12.2.5 微生物保健制品	323
12.3 清洁能源的微生物转化	323
12.3.1 甲烷的微生物学产生	323
12.3.2 乙醇的发酵生产	324
12.3.3 微生物制氢	325
12.4 微生物肥料	327
12.4.1 微生物肥料	327
12.4.2 好氧性微生物堆肥	330
12.4.3 厌氧性微生物沤肥	331
12.5 微生物农药	331
12.5.1 农用抗生素	331
12.5.2 杀虫微生物	332
复习思考题	335
参考文献	336
索引	338

绪 论

0.1 微生物与微生物学

0.1.1 什么是微生物

微生物是一类个体微小、结构简单、肉眼直接看不见的低等生物的总称。由于微生物的个体非常微小,用肉眼通常无法感觉到它们的存在,因此必须借助于显微镜,甚至是电子显微镜,将它们的个体放大数百倍至数万倍后,我们才能观察到它们。

微生物是一类进化地位较低的简单生物,是地球上复杂生命形式进化的初始阶段,代表着生物圈中最为原始的生命形式。目前已知的个体最小微生物是芬兰科学家发现的、能引起尿结石的纳米细菌(nanobacteria),其细胞直径最小的只有 50 nm;个体最大的微生物也许是 1998 年德国科学家报道的、在非洲纳米比亚海岸海底沉积物中发现的纳米比亚硫磺珍珠菌(*Thiomargarita namibiensis*),其大小为 0.1~0.3 mm,有的甚至达到 0.75 mm,它们比一般的细菌大 1 000 倍左右,人的肉眼清晰可见。单个的微生物虽然个体微小,但由许多的微生物个体聚集而成的集合体,人们却很容易发现它们的存在。如黏细菌在各种基质上形成的形态各异、色彩鲜艳的子实体,霉变食物、水果和衣物上的霉菌,特别是人们熟悉的大型真菌——蘑菇,在日常生活中随处可见。更为惊奇的是,1998 年在美国俄勒冈州发现的一株巨型真菌——奥氏密环菌(*Armillaria ostoyae*),也许是目前为止世界上最大的生物,其菌体占地达 965 公顷,生物量超过 100 吨,估计至少生存了 2 400 年,其个体甚至远远超过了蓝鲸和巨型红杉!

0.1.2 微生物的主要类群

在地球上生活着数百万至数千万种的生物,其中微生物是构成地球上物种多样性的重要因素。微生物广泛存在于土壤、空气、水及动植物的体表和体内。根据微生物的细胞构造是否完整、分化程度和化学组成等差异,可以把微生物分为三大类。

1. 非细胞型微生物

这类微生物没有典型的细胞结构,没有产生能量的酶系统,只有裸露的核酸和蛋白质。这些微生物一般只能在易感的活细胞内才能生活和繁殖,如病毒和亚病毒。

2. 原核细胞型微生物

又称原核微生物。有些微生物虽然有完整的细胞结构,但细胞核的分化程度低,仅有原始

Note

的核结构,无核膜和核仁;除核糖体外,细胞内无其他的细胞器。这类微生物包括细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次体和螺旋体等。

3. 真核细胞型微生物

这类微生物具有完整的细胞结构,细胞核分化程度高,有核膜、核仁和染色体;细胞质内除有核糖体外,还有内质网、高尔基体、线粒体等完整的细胞器。典型的如霉菌和酵母菌等,它们属于真核生物,又称为真核微生物。

0.1.3 微生物的特征

1. 体积小、面积大

正如前面所描述的,微生物的个体大都极其微小。表示微生物大小的计量单位是微米(μm ,即 10^{-6}m)或纳米(nm ,即 10^{-9}m)。一般球菌的直径约为 $0.5\ \mu\text{m}$,因此,80 个球菌“肩并肩”排列在一起,也只是一根头发的宽度。杆菌的长度约为 $2\ \mu\text{m}$,1 500 个杆菌头尾相联其长度也只相当于一粒芝麻的长度。

一般来讲,把一定体积的物体分割得越小,其单位体积中物体所占有的表面积就越大。物体的表面积和体积之比称为比表面积。如果把人体的比表面积定为 1,则和人体等重的所有大肠埃希菌的比表面积竟为人体的 30 万倍! 因此,一个小体积大表面积的系统是微生物区别于所有大型生物的典型特征,也是发酵工业飞速发展的关键所在。在采用高密度细胞发酵时,即是人工条件下有目的地利用微生物这一特点的体现。在自然条件下,地球上 80% 以上的植物和真菌共生形成菌根,向外延伸的真菌菌丝,极大地拓展了根的吸收面积。因此,全面地了解微生物的这一特征,就比较容易理解微生物其他的特性了。

2. 种类多、分布广

生物圈中究竟生活着多少不同的物种,尚存在很大的争议。由于个体大小的差异,我们对动植物物种多样性的认识相对较为全面,如地球上大约 80% 的植物物种已有记录。但对于低等生物种类知之甚少,对细菌、古细菌及病毒种类的估计还存在很大的问题。特别是近年来人们发现,由于传统微生物学对物种的鉴定和分类依赖于微生物的分离和纯培养,而从环境样品中分离和培养微生物,特别是专性寄生的微生物,困难很大。因此,对微生物物种多样性的估计,随科技的发展和研究的深入,数据在不断地修改(表 0.1)。

表 0.1 已知和估计的生物种类

生 物	已 知 种 类	估 计 种 类	已知种类所占的百分比/%
真菌(包括地衣)	>70 000	1 500 000~2 700 000	约 5
细菌	4 000	1 000 000	0.4
病毒	4 000~5 000	400 000~500 000	1
古细菌	<500	?	?
藻类	40 000	400 000	10
苔藓植物	14 000~16 000	30 000	约 50
裸子植物	750		近 100
被子植物	250 000	270 000	93
原生动物	30 800	100 000	31
昆虫	1 000 000	10 000 000	10
鱼类	19 000	21 000	90
鸟类	9 198		近 100
哺乳动物	4 170		近 100

但是,已有多方面的证据表明,生态环境中微生物的种类是极为丰富的。如地球上大部分的原核生物存在于海洋、土壤、海底沉积层和地表下层,原核生物的数量估计为 $(4\sim6)\times10^{30}$ 个细胞,其碳元素为 $(350\sim550)\times10^{15}\text{Pg}$ ($1\text{Pg}=10^{15}\text{g}$)。原核生物的碳含量是植物碳含量的 60%~100%,地球上原核生物含氮量估计为 $(85\sim130)\times10^{15}\text{Pg}$,含磷量为 $(9\sim14)\times10^{15}\text{Pg}$,约为植物相应含量的 10 倍。对生物圈中真菌的种类,目前大多数人接受的数量为 150 万种。但从植物内生真菌分

Note

离的数据,按地球上每种植物含有 4~6 种内生真菌来计算,仅植物组织中生活的内生真菌估计就达 100 万种以上(地球上植物物种约为 25 万种)。具体到病毒的物种多样性,人类所掌握的数据可能更不全面,还需要付出大量的努力去挖掘,因此,微生物工作者任重道远!

生物圈中微生物的种类如此丰富,但人们所分离、研究过的微生物却如此之少,为什么?近年来人们认识到,在生境中存在着大量的活的但不能人工培养的(viable but nonculturable, VBNC)微生物或难培养微生物(nonculturable microorganism)。大家的共识是生物圈中存在的微生物中绝大多数是在现有条件下不能培养的,这就大大低估了不同样品中微生物的多样性,而未被培养的微生物种类却代表了巨大的生物多样性。

微生物不仅种类繁多、形态各异,它们的天然生存环境也是十分多样的。可以说,地球上微生物无处不在。微生物分布最多的地方是土壤和海洋。在一克肥沃的土壤中,细菌的数量可达数亿乃至数十亿个,放线菌和真菌的数量也可达到数十万个。除适合的生存环境外,在所谓的极端环境中,上至几万米的高空,下至数千米的深海,高达 90℃ 的温泉,冷至 -80℃ 的南极,以及热土、冻土、盐湖、人体及动物肠道和植物组织等,均生活有不同类型的微生物(表 0.2)。

表 0.2 微生物的生态环境

生 境	特 征
土 壤	微生物的良好栖息地,微生物种类最为丰富、数量最多、自然分解作用最强的生境之一。包括一般土壤、盐碱地、沙漠等
水 域	微生物分布广泛,特别是光合微生物和厌氧微生物的良好栖息地。包括:江、河、湖泊、污水、海洋等
人体及动物体	分布有丰富的微生物,对人类及动物有特别的关系。包括体表和体内,特别是肠道、瘤胃、昆虫细胞及消化道等
植 物	种类十分丰富,对植物进化和维持植物正常生命有特殊意义。部分是病原菌,绝大多数是有益菌。包括:叶面、体内、根际、热带雨林等
大 气	是微生物污染和病原微生物的重要来源,但总体上不是微生物生长繁殖的适宜环境。微生物以菌体细胞、孢子存在于尘埃、水雾和人、动物呼吸排泄物中
极端环境	不同环境生长有不同种群的微生物,是自然选择的结果,生存有一些特异的微生物。包括:高温、高盐、高碱、高酸、高压等环境
特殊环境	当前微生态学关注的一些特殊环境如活性污泥、生物膜、污染土壤、污染水域、沼气池等

3. 食谱杂、繁殖快

微生物绝大多数是异养生物,本身不能进行光合作用,因此其营养来自已有的有机物和无机物。但微生物具有极强的利用不同物质的能力,微生物可以在不同的生态环境中自由生存。凡是动、植物能利用的营养,微生物都能利用,而大量的动、植物不能利用的物质,甚至一些对动、植物有剧毒的物质,微生物照样可以视为“美味佳肴”(表 0.3)。

表 0.3 能利用特殊基质的微生物举例

可 利 用 的 基 质	微 生 物
石 油	假单胞杆菌属、曲霉属、青霉属、假丝酵母菌属、红酵母属等
多苯联胺	无色杆菌属、不动杆菌属、假单胞杆菌属、白腐菌属等
二噁英	假单胞杆菌属、地杆菌属、白腐菌属等
DDT	互生毛霉、木霉、镰孢霉、诺卡氏菌、无色杆菌、假单胞杆菌等
2,4-D	无色杆菌属、节杆菌属、黄杆菌属、曲霉属、假单胞杆菌属等
偶氮化合物	白腐菌
腈与氰化物	诺卡氏菌属、腐皮镰孢菌、木霉属、假单胞菌属等
黄曲霉毒素 B ₁	拟杆菌属、脉孢霉属、根霉属等
乙酸盐	类球红细菌(<i>Rhodobacter sphaeroides</i>)
化学塑料(聚苯乙烯)	假单胞杆菌属、鞘胺醇单胞杆菌属(<i>Sphingomonas</i>)

Note

巨大的“胃口”也使微生物具有惊人的繁殖速度。就拿大肠埃希菌来讲,在合适的条件下,约 20 分钟就可以繁殖一代(分裂一次),细胞的数量就比原来增加一倍。这样,一个大肠埃希菌的活细胞在经历一个昼夜 72 次分裂后,即可形成 4.7×10^{21} 个后代,重量可达数千吨。照这样的速度继续分裂一昼夜,它们的后代聚集在一起可以有地球那么大!当然,客观上由于种种条件的限制,这样的高分裂速度只能维持数小时。

现代发酵工业生产正是最大限度地利用微生物这种惊人的繁殖速度,创造条件使微生物达到最大的生物量。在一年中,农作物一般只能收获 1~2 次,但如利用培养酵母来生产蛋白质,一般每隔 8~12 小时就可“收获”一次。这种高速度的繁殖方式,也使微生物适合于作为生物学基础研究的“模式生物”。在可控条件下,微生物的高速繁殖提供了源源不断的试验材料。但是,有害微生物的快速繁殖也会给工农业生产带来巨大的损失。如发酵生产过程中受到微生物的污染,其危害性也是十分严重的。而农作物的病害,如得不到及时的控制,往往造成颗粒无收。

4. 吸收快、代谢旺

微生物个体微小,因而与外界的接触面积大,非常有利于微生物通过它们的身体表面吸收营养和排泄产物,能“吃”会“拉”,代谢作用十分旺盛,因而被称为“活的化工厂”。从单位质量看,微生物代谢强度比高等动物和植物都要强得多,如可作蛋白饲料用的产朊假丝酵母(*Candida utilis*),其合成蛋白质的能力比肉用公牛要强 1 万倍,比大豆强 100 倍;1 公斤酵母,在 1 天内可以将几吨糖转化为乙醇;而大肠埃希菌每小时就能消耗自身重量 2 000 倍的糖,与人体等量的大肠埃希菌在一小时内消耗的糖量,比一个人一生消耗的粮食还要多。

微生物不仅具有极强的代谢能力,而且具有多种多样的代谢途径,有些代谢途径是微生物所特有的。如固氮菌所具有的生物固氮途径、原核生物细胞所具有的肽聚糖合成途径,以及一些微生物所具有的次生代谢途径等,动、植物细胞中就不具备。因此,人们经常发现,分离自不同生态条件下的同一种微生物的不同菌株,往往具有生产不同代谢产物的能力。利用微生物这个特性,只要我们充分发挥微生物这座“活的化工厂”的作用,就可以生产出种类繁多的发酵产品,使微生物最大限度地造福人类。

5. 易变异、适应强

在自然条件下,微生物广泛的生态分布和多样化的代谢方式,都源自微生物很强的变异和适应能力。变异是微生物的遗传特性,是指微生物由于自身的因素或外界的影响而发生改变,并把这种改变的特性稳定地遗传给下一代的现象。日常生活中,流行性感病毒(influenzavirus),简称为流感病毒,其变异幅度的大小,往往直接影响不同年份间病害流行程度(表 0.4)。而长期使用,甚至滥用不同类型的抗生素,将导致病原菌抗药性的改变。在生物进化的历程中,微生物之所以能够种类繁多,儿孙满堂,“善变”是一个十分重要的原因。

表 0.4 甲型流感病毒抗原变异与流行年代

流 行 年 代	亚 型	代 表 毒 株
1932~1946	H0N1(原甲型)	A/PR8/34
1947~1957	H1N1(亚甲型)	A/FM1/47
1957~1968	H2N2(亚洲甲型)	A/新加坡 1/57 A/贵防 1/57
1968~	H3N2(香港甲型)	A/香港 1/68
1977~	H1N1(新甲 1 型)	A/苏联 90/77 A/英格兰 333/80

这些“不好的”微生物变异方式,给人类造成巨大的损失,甚至造成社会的动荡;但是有利的微生物变异方式,对人类是非常有用的,微生物育种往往选择有利的变异,有时甚至人工诱导使其产生有利的变异,为发酵工业提供优良的菌种。