



面向21世纪高等学校规划教材

Mianxiang 21shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

微生物学

■ 陆兆新 主编

WEISHENGWUXUE



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



面向21世纪高等学校规划教材

Weishengwuxue

微生物学

陆兆新 主编



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学/陆兆新主编. —北京: 中国计量出版社, 2008. 8

面向 21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5026 - 2734 - 8

I. 微… II. ①陆… 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 (2008) 第 123312 号

内 容 提 要

本书主要包括绪论, 原核微生物形态、结构与功能, 真核微生物的结构与功能, 病毒和亚病毒, 微生物的营养, 微生物新陈代谢, 微生物的生长, 微生物遗传与育种, 微生物生态, 微生物进化、分类和鉴定, 免疫学概论, 工业微生物, 食品微生物学等内容。

为了更好地了解和掌握现代微生物学的发展方向和新知识, 本书还着重介绍了遗传学和免疫学等方面知识。

本书可作为生物科学、生物工程、生物技术以及农学、医学相关学科专业的基础课教材, 亦可供从事相关专业工作的工程技术人员参考。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)
电 话 (010) 64275360
网 址 [http //www. zgjl. com. cn](http://www.zgjl.com.cn)
发 行 新华书店北京发行所
印 刷 北京市密东印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 26 5
字 数 664 千字
版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
印 数 1—3000
定 价 42.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换
版权所有 侵权必究

教材编委会

主任 陈宗道 刘国普

副主任 刘宝兰 陆兆新 刘树兴 刘静波

委员 (按姓氏笔画排序)

马汉军	邓放明	邓洁红	刘学军
刘振春	李波	李代明	李向阳
李宗军	陈力力	张大力	张升晖
陈厚荣	张瑞宇	肖玫	杨春海
吴卫国	吴少雄	林松毅	武军
岳喜庆	赵晓红	赵晨霞	赵瑞香
唐克华	高淑云	秦文	夏湘
黄广民	黄艾祥	彭珊珊	

策划 刘宝兰 杨庚生

— 本 书 编 委 会 —

主 编 陆兆新

(南京农业大学)

副主编 邹晓葵

(南京农业大学)

陈义光

(湖南吉首大学)

唐克华

(湖南吉首大学)

魏 涛

(北京联合大学)

王淑军

(淮海工学院)

参 编 侯红漫 (大连轻工学院)

孙力军 (安徽科技大学)

吕凤霞 (南京农业大学)

张胜帮 (温州大学)

黄现青 (河南农业大学)

编写说明

近年来,随着食品科技和生物工程的迅速发展,人们对食品安全和生物工程相关的各类知识也日益关注。另一方面,为了保障与人民生命和生活息息相关的各类食品的使用安全,政府的相关部门也加大了对食品生产各环节的监管的力度。经过各食品相关主管部门的不懈努力,我国已基本形成并明确了卫生与农业主管部门抓原材料监管、质监部门抓各类食品生产环节的监管、工商部门从事食品成品监管的制度完善的食品监管体系。

目前,食品质量问题已成为全社会关注的焦点。为了适应当前的经济发展,为了从根本上解决与食品质量相关的各类实际问题,需要从最基础的专业教育抓起,需要重视食品微生物学和生物工程相关理论和技术的建设和发展。

当前,食品科技和生物工程的快速发展和结构性调整使其对本相关技术水平、知识结构和人才特点提出了更加具体的要求。因此,为了进一步提高此类专业教材的编写水平,以适应市场对素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才的需求,由中国计量出版社牵头组织了西南大学(原西南农业大学)、南京农业大学、山东农业大学、湖南农业大学、四川农业大学、陕西科技大学、吉林农业大学和中国农业大学等59所高校参与“面向21世纪高等学校规划教材”的编写与出版工作。此次的教材编写的出版工作旨在为相关院校在教材建设方面的信息交流搭建一个平台,以促进各院校之间在教学内容方面相互取长补短,从而使该套教材的参编与使用院校的课程设置更趋合理化,最终培养出更加适应当前社会经济发展的应用型人才。为了达到这一要求,我们必须严把教材写作质量关,想方设法使参编教师的丰富教学实践很好地融入教学理论体系之中,从而推出教师好教、学生好用的优秀教材。为此,我们特别邀请了多所知名高校及科研机构的专家从事相关教材的审稿工作,从而为我

们成功推出该套框架好、内容新、适应面广并且与国际接轨的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品和微生物专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内食品安全体系建设的迫切需要。

本次教材的编写尤其注重了理论体系的前沿性，不仅将食品科技和生物工程发展的新理论合理融入教材中，而且使读者通过教材的学习可以深入把握食品微生物学的全貌，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的推出必将会推动我国相关高校教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2008 年 8 月

前言

• FOREWORD •

微生物学是生命科学的重要组成部分，也是现代生物技术的基础，更是 21 世纪生命科学发展的支柱之一。

人类在日常生活和生产离不开微生物。自古以来，人们已经觉察到微生物的生命活动及其所发生的作用，微生物既给人类带来了贡献，但同时也造成了很多危害。从 4000 多年前的中国龙山文化时期利用微生物进行酿酒，直至 19 世纪以显微镜的发现为转折点，法国科学家巴斯德对微生物生理学的研究为现代微生物学奠定了基础。1929 年，弗莱明发现点青霉菌能抑制葡萄球菌的生长，揭示了微生物间的拮抗关系并发现了青霉素。1953 年，沃森和克里克提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型和核酸半保留复制学说。1957 年，科恩伯格等成功地进行了 DNA 的体外组合和操纵。当代微生物学的发展趋势，一方面是由于分子生物学新技术不断出现，使得微生物学研究得以迅速向纵深发展，已从细胞水平、酶学水平逐渐进入到基因水平、分子水平和后基因组水平。另一方面是大大拓宽了微生物学的宏观研究领域，与其他生命科学技术 and 学科交叉，综合形成许多新的学科发展点，甚至孕育新的分支学科。21 世纪是生命科学的世纪，生命科学中最活跃的微生物学无疑将有极大的突破性发展，对于推动人类文明的继续进步和人类的可持续生存与发展具有重要意义。

微生物学作为生命科学如生物科学、生物工程、生物技术以及农学、医学相关学科专业的基础课，对于学生进入专业课和从事相关的专业工作有重要的作用。为此，在编写过程中考虑了目前高中生生物知识的基础和微生物学及其相关专业的发展，力求使学生既有扎实的基础知识，又能了解和掌握现代微生物学的新知识。所以，编者在遗传学和免疫学等方面增加了笔墨，以适应现代生物技术的飞速发展的知识需要。

参与本书编写的人员是各校长期在微生物学教学第一线的、有丰富教学经

验的老师。第一章由陆兆新，第二章由邹晓葵，第三章、第六章由魏涛，第四章由陈义光，第五章由张胜帮，第七章、第八章由唐克华，第九章由王淑军和吕凤霞，第十二章由王淑军，第十章由孙力军，第十一章由黄现青，第十三章由侯红漫编写。另外，肖怀东、林谦、卢亚萍、孙会刚等博士也做了许多事务性工作。

限于编者的学术水平和教学实践经验，本书难免存在不足之处，请提出宝贵意见。

编 者

2008年8月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪论 /1

- 第一节 微生物及其特点 /1
 - 一、微生物的概念 /1
 - 二、微生物在生物分类中的地位 /1
 - 三、微生物的特点 /2
- 第二节 微生物学及其分支学科 /4
 - 一、微生物学及其研究内容 /4
 - 二、微生物学的分支学科 /4
- 第三节 微生物学发展简史 /4
 - 一、史前期——朦胧阶段 /4
 - 二、微生物的初创期——形态学阶段 /5
 - 三、微生物的奠基期——生理学阶段 /6
 - 四、微生物的发展期——生物化学阶段 /7
 - 五、微生物的成熟期——分子生物学阶段 /9
- 第四节 未来微生物学的发展趋势 /10
 - 一、新的微生物资源的开发与利用 /10
 - 二、微生物基因组学 /11
 - 三、微生物蛋白质组学 /12
 - 四、微生物代谢物组学 /13
 - 五、利用代谢工程对微生物菌种改进和生物过程优化 /13

本章要点 /14

思考题与习题 /14

第二章 原核微生物形态、结构与功

能 /15

- 第一节 细菌的形态 /15
 - 一、细菌的形态 /15
 - 二、细菌的基本结构 /17
 - 三、细菌的特殊结构 /25
 - 四、细菌的繁殖 /31
 - 五、细菌形态和结构的观察方法 /32
 - 六、细菌的群体形态 /32
- 第二节 古生菌 /35
 - 一、古生菌在生物界的地位 /34
 - 二、古生菌与细菌、真核生物的不同 /35
 - 三、古生菌细胞形态与结构 /36
 - 四、古生菌的主要类群 /36
- 第三节 放线菌 /37
 - 一、放线菌的形态构造 /38
 - 二、放线菌的繁殖 /39
 - 三、放线菌的群体特征 /39
- 第四节 其他原核微生物 /40
 - 一、蓝细菌 /40
 - 二、支原体 /42
 - 三、立克次氏体 /42
 - 四、衣原体 /43

本章要点 /44

思考题与习题 /45

第三章 真核微生物的结构与功能 /46

- 第一节 概述 /46
 - 一、真核微生物与原核微生物的区别 /46

目

录

△



- 二、真核微生物的分类 /48
- 三、真菌的细胞结构 /48
- 第二节 酵母菌 /52
 - 一、酵母菌的形态结构 /52
 - 二、酵母菌的繁殖与生活史 /52
 - 三、酵母菌的培养特征 /55
 - 四、常见酵母菌 /55
- 第三节 丝状真菌——霉菌 /57
 - 一、霉菌的形态与构造 /57
 - 二、霉菌的繁殖方式 /59
 - 三、霉菌菌落 /64
 - 四、常见霉菌 /65
- 第四节 产大型子实体的真菌——蕈菌 /66
 - 一、菌体形态与生活周期 /66
 - 二、常见大型真菌 /67
- 第五节 藻类和原生动物 /68
 - 一、藻类 /68
 - 二、原生动物 /70
- 本章要点 /72
- 思考题与习题 /73

第四章 病毒和亚病毒 /74

- 第一节 病毒学基础 /74
 - 一、病毒的基本特征 /74
 - 二、病毒的大小和形态 /75
 - 三、病毒的化学组成 /75
 - 四、病毒粒子的结构 /77
 - 五、病毒的繁殖 /79
- 第二节 病毒的主要类群 /82
 - 一、噬菌体 /82
 - 二、人类和脊椎动物病毒 /88
 - 三、昆虫病毒 /89
 - 四、植物病毒 /89
- 第三节 亚病毒 /90
 - 一、类病毒 (viroid) /90
 - 二、拟病毒 (Virusoid) /91
 - 三、朊病毒 (prion) /91
- 本章要点 /91
- 思考题与习题 /92

第五章 微生物的营养 /93

- 第一节 微生物的营养要求 /93

- 一、微生物细胞的化学组成 /93
- 二、微生物的营养物质及其生理功能 /94
- 第二节 微生物的营养类型 /100
 - 一、划分原则 /100
 - 二、营养类型简介 /100
- 第三节 微生物对营养物的吸收方式及机制 /102
 - 一、微生物对营养物的吸收方式 /103
 - 二、影响微生物吸收营养物的因素 /107
- 第四节 培养基 /107
 - 一、培养基的类型与应用 /108
 - 二、配制培养基的原则 /112
- 本章要点 /116
- 思考题与习题 /117

第六章 微生物新陈代谢 /118

- 第一节 代谢概论 /118
 - 一、分解代谢与合成代谢 /118
 - 二、物质代谢与能量代谢 /119
 - 三、初级代谢与次级代谢 /119
 - 四、微生物新陈代谢的特点 /120
- 第二节 微生物的产能代谢 /120
 - 一、能量转换 /120
 - 二、化能异养微生物的生物氧化 /122
 - 三、化能自养微生物的生物氧化 /131
 - 四、光能营养型微生物的能量代谢 /133
- 第三节 微生物独特的合成途径 /135
 - 一、合成代谢的三要素 /135
 - 二、固氮作用 /137
 - 三、肽聚糖的合成 /139
- 第四节 微生物的代谢调节 /140
 - 一、酶合成的调节 /140
 - 二、酶活力的调节 /143
 - 三、代谢调节在微生物发酵中的应用 /145
- 第五节 微生物的次级代谢 /146
 - 一、次级代谢产物的类型 /146

- 二、次级代谢的特点 /147
- 三、次级代谢产物的生物合成 /148

本章要点 /148

思考题与习题 /149

第七章 微生物的生长 /150

- 第一节 细菌的个体生长 /150
- 第二节 细菌的群体生长 /150
 - 一、细菌群体生长规律 /150
 - 二、微生物的纯培养 /154
- 第三节 真菌的生长与繁殖 /162
 - 一、丝状真菌的生长繁殖 /162
 - 二、酵母菌的生长繁殖 /163
- 第四节 环境因子与微生物生长 /164
 - 一、环境因子对微生物生长的影响 /164
 - 二、微生物生长的环境控制 /171
 - 三、微生物生长的测定 /181

本章要点 /183

思考题与习题 /184

第八章 微生物遗传与育种 /185

- 第一节 微生物遗传的物质基础 /185
 - 一、微生物的遗传物质 /185
 - 二、遗传信息的组成与结构、储存与传递 /188
- 第二节 基因突变与微生物诱变育种 /209
 - 一、基因突变与 DNA 损伤修复 /209
 - 二、微生物诱变育种 /215
- 第三节 基因重组与微生物育种 /220
 - 一、基因重组机制 /220
 - 二、原核微生物的基因重组 /221
 - 三、真核微生物的基因重组 /226
 - 四、微生物基因重组育种 /226
- 第四节 微生物与基因工程 /229
 - 一、基因工程概述 /229
 - 二、微生物与基因工程工具酶 /230
 - 三、微生物与基因工程载体 /233
 - 四、微生物与基因工程 /235

- 五、PCR 技术的原理与应用 /240

- 六、基因工程的应用 /242

第五节 菌种的衰退、复壮与保藏 /245

- 一、菌种的保藏 /245

- 二、菌种的衰退与复壮 /248

本章要点 /249

思考题与习题 /252

第九章 微生物生态 /254

- 第一节 自然环境中的微生物 /254
 - 一、土壤中的微生物 /254
 - 二、水体中的微生物 /255
 - 三、空气中的微生物 /256
- 第二节 极端环境中的微生物 /257
 - 一、海洋微生物 /257
 - 二、低温环境中的微生物 /259
 - 三、高温环境中的微生物 /259
 - 四、高盐环境中的微生物 /260
 - 五、高压环境中的微生物 /261
- 第三节 微生物之间及其与动、植物间的相互关系 /262
 - 一、微生物间的相互关系 /262
 - 二、微生物与植物之间的相互关系 /264
 - 三、微生物与人体和动物之间的相互关系 /267
- 第四节 微生物与自然界物质循环 /268
 - 一、碳循环 /268
 - 二、氮循环 /269
 - 三、硫循环 /270
 - 四、磷循环 /271
- 第五节 微生物与环境保护 /272
 - 一、微生物对污染物的转化和降解作用 /272
 - 二、微生物在环境保护中的作用 /273

本章要点 /280

思考题与习题 /280

第十章 微生物进化、分类和鉴定 /282

- 第一节 微生物的进化 /282



- 一、化学进化 /282
- 二、生物进化 /283
- 第二节 微生物分类单元和命名 /283
 - 一、微生物分类单元 /283
 - 二、微生物的命名 /284
- 第三节 微生物系统发育分类 /286
 - 一、rRNA 作为系统发育的指征 /286
 - 二、系统发育树 /287
 - 三、三域学说及古细菌的地位 /287
 - 四、多项分类学 /288
- 第四节 微生物的鉴定方法 /289
 - 一、细菌经典鉴定法 /289
 - 二、细菌的数值分类和自动化鉴定 /290
 - 三、化学分类鉴定法 /291
 - 四、分子遗传学分类鉴定法 /291
 - 五、细菌分类鉴定方法的适用性 /293
- 本章要点 /293
- 思考题与习题 /294

第十一章 免疫学概论 /295

- 第一节 抗原 /295
 - 一、抗原的概念 /295
 - 二、抗原的特性 /295
 - 三、构成抗原的基本条件 /296
 - 四、决定抗原免疫原性的其他因素 /297
 - 五、抗原的分类 /297
- 第二节 抗体 /299
 - 一、抗体的概念 /300
 - 二、抗体的基本结构 /300
 - 三、免疫球蛋白的血清型 /302
 - 四、抗体的生物学活性 /303
 - 五、各类免疫球蛋白的特性和功能 /303
- 第三节 补体系统 /304
 - 一、补体系统的组成 /304
 - 二、补体系统的命名 /305
 - 三、补体成分的理化性质 /305
 - 四、补体系统的激活 /305

- 五、补体系统的生物学功能 /306
- 第四节 免疫系统 /307
 - 一、免疫器官 /307
 - 二、免疫细胞 /309
 - 三、细胞因子 /312
- 第五节 免疫应答及其调节 /313
 - 一、免疫应答 /313
 - 二、细胞免疫 /316
 - 三、体液免疫 /317
- 第六节 抗感染免疫 /317
 - 一、非特异性免疫的因素 /318
 - 二、抗感染免疫 /319
- 第七节 超敏反应 /321
 - 一、过敏反应 (I 型) /321
 - 二、细胞毒型 (II 型) 变态反应 /322
 - 三、免疫复合物型 (III 型) 变态反应 /322
 - 四、迟发型 (IV 型) 变态反应 /323
- 第八节 免疫学研究方法 /323
 - 一、血清学技术 /323
 - 二、抗原的制备 /325
 - 三、抗体的制备 /326
- 本章要点 /328
- 思考题与习题 /328

第十二章 工业微生物 /330

- 第一节 工业微生物的筛选 /330
 - 一、工业微生物的来源 /330
 - 二、工业生产菌种的要求 /330
 - 三、分离和筛选微生物 /330
- 第二节 工业发酵的特点 /332
 - 一、发酵方法的分类及特点 /332
 - 二、发酵过程及其控制 /336
- 第三节 工业发酵产物 /339
 - 一、酶 /339
 - 二、氨基酸 /345
 - 三、有机酸 /347
 - 四、抗生素 /350
 - 五、维生素 /351
 - 六、单细胞蛋白 /352
 - 七、化工原料 /353

- 八、核苷类物质 /354
- 九、脂类物质 /355
- 十、燃料乙醇 /355
- 十一、微生物在其他方面的应用 /356

第四节 目的产物的分离与纯化 /356

- 一、目的产物的分离 /356
- 二、目的产物的纯化 /357

本章要点 /357

思考题与习题 /358

第十三章 食品微生物学 /359

第一节 微生物与食品发酵 /359

- 一、发酵食品 /359
- 二、食品添加剂 /363
- 三、食用色素 /366

第二节 微生物与食品变质 /368

- 一、食品中的微生物 /368
- 二、畜禽肉类的微生物及其变质 /368

- 三、水产品的微生物及其变质 /371

四、乳及乳制品的微生物及其变质 /373

五、禽蛋中的微生物及其变质 /375

六、果蔬的微生物及其变质 /377

第三节 微生物与食品安全 /380

- 一、食品中微生物的污染、消长和控制 /380

二、食源性致病微生物 /383

第四节 食品保藏 /397

- 一、生物与食品的物理保藏 /397
- 二、微生物与食品的化学保藏 /401

本章要点 /406

思考题与习题 /406

参考文献 /408

第一章 绪 论

第一节 微生物及其特点

一、微生物的概念

自然界中存在着一个数量极其庞大、个体微小和结构简单的生物类群，即微生物。微生物 (microorganism, microbe) 是对所有形体微小 (一般 $<0.1\text{ mm}$)、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，或简单地说是借助于显微镜才能观察到的一群细小生物的总称。微生物并不是生物分类学上的术语，它们主要是根据生物体的大小而被人为地划归在一起的，通常包括无细胞结构不能独立生活的病毒、亚病毒 (拟病毒、类病毒和朊病毒)，原核细胞结构的细菌 (古细菌、真细菌)、放线菌、支原体、立克次氏体、衣原体、蓝细菌 (蓝藻) 和真核细胞结构的真菌 (酵母菌、霉菌、蕈菌)。但是有些例外，如许多真菌子实体、蘑菇等常肉眼可见，以及近年来发现有少数细菌是肉眼可见的，如德国科学家在纳米比亚海岸的海底沉积物中，发现的硫细菌 (sulfur bacterium) 命名为 *Thiomargarita namibiensis*，即纳米比亚硫磺珍珠是一种肉眼可见的细菌，其大小可达 0.75 mm 。所以上述微生物学的定义是指一般的概念，是历史的沿革，但仍为今天所用。

二、微生物在生物分类中的地位

人类在发现和研究微生物之前，将所有生物分为植物界和动物界。藻类有细胞壁，进行光合作用，归于植物界；原生动物无细胞壁，可运动，不进行光合作用，归于动物界。而微生物，不仅形体微小、结构简单，而且它们中间有些类型既有动物的某些特征，又具有植物的某些特征，将它们归于植物界或动物界均不合适。于是，1866 年海克尔 (Haeckel) 提出区别动物界与植物界的第三界——原生生物界。它包括藻类、原生动物、真菌和细菌。

到 20 世纪 50 年代，电子显微镜和超显微结构研究技术的应用，发现了生物的细胞核有两种类型，一种是没有真正的核结构，称为原核，其细胞不具核膜，只有一团裸露的核物质；另一种是由核膜、核仁及染色体组成的真正的核结构称为真核，提出了原核与真核的概念。因此，把属于原核结构的细菌和具有真核结构的真菌等统归原生生物界显然是不可能的。1957 年 Copeland 提出四界分类系统：即原核生物界 (细菌、蓝细菌等)、原生生物界 (原生动物、真菌、黏菌和藻类等)、动物界和植物界。1969 年魏塔克 (Whittaker) 提出把真菌单独列为一界，即形成了生物五界分类系统 (图 1—1)，将具有细胞结构的生物分为原核生物界，包括细菌和蓝细菌；原生生物界，包括大部分藻类和原生动物；真菌界，包括酵母菌和霉菌等；以及植物界和动物界。五界系统的生物都有细胞结构。病毒作为一界被提出得较晚，主要原因在于，病毒和类病毒是生物还是非生物，是原始类型还是次生类型，是长期争论未决的问题。随着对病毒的研究深入，于 1977 年，我国学者王大耜等提出把病毒列为一界，将所有生物分为 6 界：病毒界、原核生物界、真核原生生物界、真菌界、植物界和动物界；微生物分别属于病毒界、原核生物界、真核原生生物界和真菌界。1990 年，美国伊



利诺斯大学的沃斯 (Carl R. Woese) 等人, 对大量的微生物和其他生物进行 16S. rRNA 和 18S rRNA 的寡核苷酸测序, 并比较其同源性后提出了一个新的分类系统——三域学说, 即将生物分为三域 (Domain): 细菌域 (Bactreia)、古生菌域 (Archaea) 和真核生物域 (Eukarya) (图 1—2)。目前三域学说已获得国际学术界的基本肯定, 总体认为现今一切生物都由一种共同远祖进化而来。无论是 Whittaker 提出五界系统, 还是 Woese 提出的三域系统, 微生物在所有界级中, 具有最宽的领域。由此可见, 微生物在生物界中占有极重要的地位。

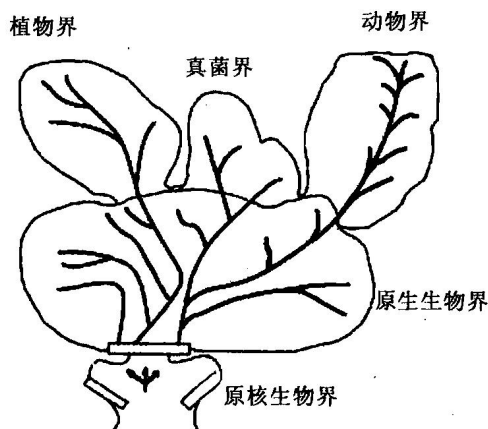


图 1—1 生物五界分类系统图示

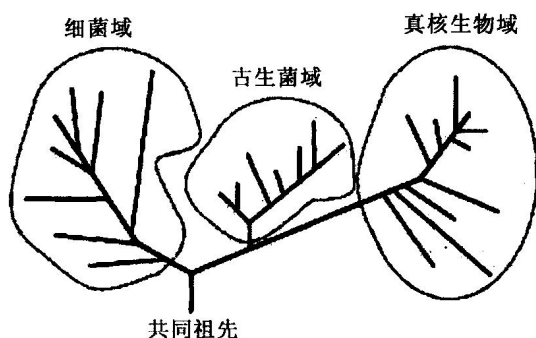


图 1—2 生物三域分类系统图示

三、微生物的特点

微生物和动植物一样具有生物最基本的特征——新陈代谢和生命周期, 但微生物也有其独特的特点, 即个体小、面积大, 吸收多、转化快, 生长旺、繁殖快, 适应强、易变异, 种类多、分布广。

1. 个体小、面积大

微生物的个体极其微小, 必须借助于光学显微镜或电子显微镜才能观察到它们。其测量和表示单位要求, 细菌等须用毫米作单位, 病毒等必须用纳米作单位。如杆形细菌的宽度只有 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$, 长度也只有 $1 \mu\text{m}$ 至几毫米, 3000 个头尾衔接的杆菌的长度仅为一粒籼米的长度, 而 $60 \sim 80$ 个肩并肩排列的杆菌长度仅为一根头发的直径。至于细菌的体重就更微乎其微, 每克细菌的个数可达 10^{10} 个, 这样微生物就有一个非常大的比表面积值 (面积/体积), 若以人体的“面积/体积”比值为 1 , 则与人体等重的大肠杆菌的“面积/体积”比值为人的 30 万倍。不言而喻, 微生物这种小体积、大面积的特性, 特别有利于它们与周围环境进行物质交换和能量、信息交换。

微生物结构简单, 大多数是单细胞个体, 少数是简单的多细胞个体。病毒等是没有细胞结构的大分子生物。个体小、面积大是所有微生物的基本特征。

2. 吸收多、转化快

微生物虽然很小, 但其比表积极大, 与外界环境的接触面特别大, 有利于微生物通过体表吸收营养和排泄废物。从单位重量来看, 微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度高几千倍到几万倍。若以成年人每年消耗相当于 200 kg 糖的粮食来换算, 则一个细菌在一小时内消耗的糖按重量比相当于一个人在 500 年时间内所消耗的粮食, 约为人的几百万倍。例如 1 kg 酒精酵母一天能分解几千千克糖类, 使它们变成酒精, 容易形成工业化生产。

微生物的高效率的吸收转化能力有极大的应用价值。我们可以利用微生物的这个特性发挥“活的化工厂”的作用,使得大量基质在短时间内转化为大量有用的代谢产物,为人类造福。

3. 生长旺、繁殖快

微生物繁殖速度快,易培养,是其他生物不能比的,尤其是以二裂法繁殖的细菌具有惊人的繁殖速率。如在适宜条件下,大肠杆菌 37℃ 时代时间为 18 min,每 24 小时可分裂 80 次,每 24 小时的增殖数为 1.2×10^{24} 个。枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) 30℃ 时的时代时间为 31 min,每 24 小时可分裂 46 次,增殖数为 7.0×10^{13} 个。事实上,由于营养、空间和代谢产物等条件的限制,细菌的指数分裂速度只能在生长对数期才有如此的增殖速度,仅仅维持数小时,因而在液体培养中,细菌的浓度一般仅能达到 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。尽管如此,细菌的繁殖速率仍比植物快 500 倍,比动物快 2000 倍。

微生物的这一特性为我们利用微生物进行科学研究和工业化生产提供了有利条件。如运用科学研究可大大缩短科研周期、减少经费、提高效率;应用在发酵工业上可以提高生产效率高、缩短发酵周期。当然,必须防止病原微生物和腐败微生物的危害。

4. 适应强、易变异

为了适应多变的环境条件,微生物在其长期的进化过程中就产生了许多灵活的代谢调控机制。因此,微生物对外界环境有强的适应性,尤其对恶劣的“极端环境”具有惊人的适应力,这是高等动、植物所无法比拟的。例如,海洋深处的某些硫细菌可在 250~300℃ 的高温下正常生长;大多数细菌能耐 -196~0℃ (液氮) 的任何低温;一些嗜盐细菌能在 32% 的盐水中正常活动;氧化硫杆菌 (*Thiobacillus thiooxidans*) 在 pH1~2 酸性环境中生长;产芽孢细菌和真菌孢子在干燥条件下能保藏几十年、几百年甚至几千年。耐酸碱、耐缺氧、耐毒物、抗辐射等特性在微生物中极为常见。

微生物由于个体小、结构简单、繁殖快、与外界环境直接接触等原因,很容易发生变异。即使变异的频率十分低 (一般为 $10^{-10} \sim 10^{-5}$),也可在短时间内出现大量变异的后代。变异使微生物细胞子代的特性不同于亲代,从而产生具有各种不同性状的微生物。微生物的变异在生产上易导致菌种的优良特性发生退化,这种易变异的特点在微生物应用中不可忽视。例如临床致病菌的变异可产生抗药性,对人类的健康造成危害。另一方面,我们可利用微生物易变异的特点,对生产菌种进行改造,从而获得优良的菌种,提高产品质量。其产量性状提高幅度是高等动植物所难以实现的,这在工业上已有许多成功的例子。

5. 种类多、分布广

在我们的周围环境中,存在着一个数量庞大、种类繁多的微生物世界。目前已发现的微生物种类大约只有 20 万种以上,不超过生活在自然界中的微生物总数的 10%。随着人类对微生物的不断开发、研究和利用,正以每年发现几百至上千个新种的趋势在增加。

微生物在自然界的分布极为广泛,土壤、水域、大气中几乎到处都有微生物的存在。上至几十千米外的高空,下至地表下几百米的深处,乃至海洋上万米的水底层,以及动植物和人类体内外,都已分布有各种不同的微生物。特别地,土壤是微生物的大本营,每克土壤中细菌可达几亿个,放线菌孢子可达几千万个。人体肠道中菌体总数可达 100 万亿左右。每克新鲜叶子表面可附生 100 多万个微生物。可以这样说,凡是有高等生物存在的地方,就有微生物存在,即使在极端的环境条件如高山、深海、冰川、温泉、沙漠等高等生物不能存在的地方,也有微生物存在。由于极端微生物具有独立基因类型、特殊生理机制及特殊代谢产物等特点,因此,对极端微生物研究开发将会使人类不断受益。