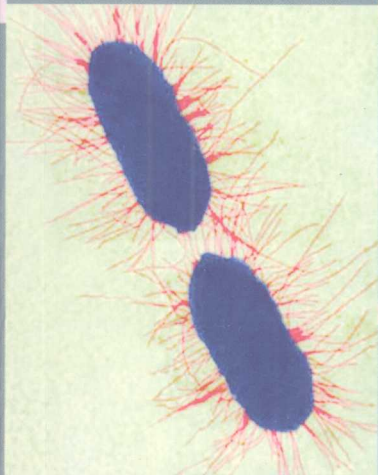
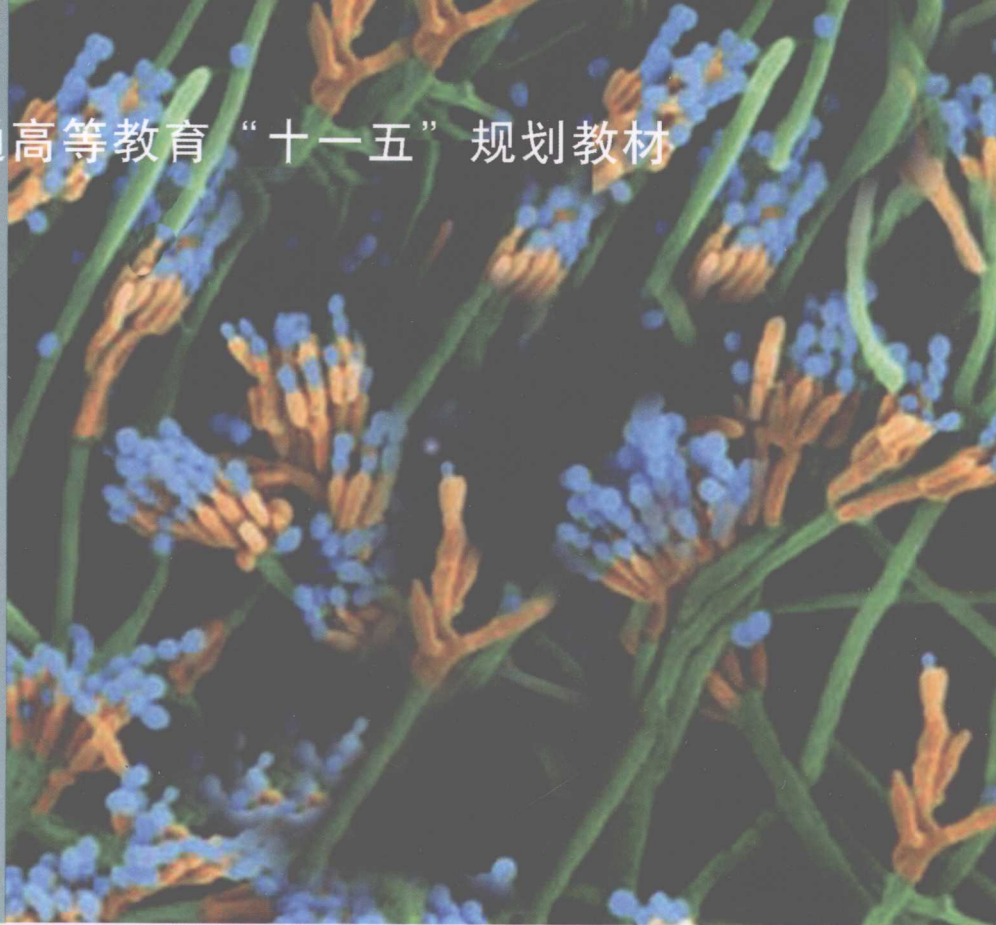




普通高等教育“十一五”规划教材



微生物学

韦革宏 王卫卫 主 编



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

微生物学

韦革宏 王卫卫 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共 13 章,包括绪论,原核微生物,真核微生物,病毒和亚病毒,微生物的营养,微生物的生长与环境条件,微生物的代谢,微生物的遗传变异和育种,微生物的生态,微生物与物质循环,感染和免疫,微生物的进化、系统发育和分类鉴定,微生物与可持续发展等内容。全书围绕微生物的形态、生理、遗传、生态、分类和应用等对微生物的基本知识进行了全面系统的阐述,并且介绍了微生物学的最新发展动态。

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使用。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/韦革宏,王卫卫主编. —北京:科学出版社,2007
(普通高等教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-020284-0

I. 微… II. ①韦…②王… 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(2007)第 180333 号

责任编辑:甄文全 卜 新/责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠/封面设计:科地亚盟

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 1 月第一次印刷 印张:29

印数:1—4 000 字数:788 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

《微生物学》编写委员会

主 编 韦革宏 王卫卫

副主编 杨 祥 洪坚平

颜 霞 谢建平

编写人员(按姓名汉语拼音排序)

冯福应(内蒙古农业大学)

洪坚平(山西农业大学)

李炳学(沈阳农业大学)

林雁冰(西北农林科技大学)

彭桂香(华南农业大学)

汪世华(福建农林大学)

王卫卫(西北大学)

韦革宏(西北农林科技大学)

谢建平(西南大学)

颜 霞(西北农林科技大学)

杨 祥(西北农林科技大学)

袁洪水(河北农业大学)

赵国芬(内蒙古农业大学)

前 言

21 世纪被认为是生命科学的世纪。生命科学的发展正在影响着人们生活的方方面面。微生物学是当前生命科学中极其活跃、生命力强大的学科。微生物学是对其他学科影响最大、最重要的学科之一。一方面,它的许多理论和技术方法正被广泛应用于其他生命科学研究。另一方面,微生物学与生物化学及遗传学结合,产生了分子生物学及遗传工程,同时丰富了从基因组学到生态种群结构水平各个层次的理论和技术。从生命科学应用前景来看,微生物学在促进人类社会可持续发展方面正发挥着巨大的作用。

微生物学是生命科学类及其相关专业学生的一门非常重要的专业基础课程。无论是农林院校,还是综合性大学、师范院校,凡涉及生命活动的有关专业,都必设微生物学课程。可以说,生命科学类专业学生只有学好微生物学课程及相关的实验操作技能,才能更好地理解和学好其他生物学相关课程,将生物学理论和技能运用于实际工作。为此,本书在编写过程中,既强化微生物学的基本理论知识,拓宽微生物学的知识面,又力求提高学生较全面掌握实际应用微生物的能力。为了充分反映微生物学的研究进展,书中介绍了一些当前国内外微生物学的最新成就和发现,以使学生了解本学科的研究热点和发展动态。为了培养学生的思维能力和课后复习,每章末都列有复习思考题。

参与编写本书的老师来自国内农林类、综合类等高等院校。他们长期从事微生物学的教学及科研工作,有着较为丰富的理论基础和实践经验。在编写过程中,参阅了大量的国内外先进教材、专著和文献。在内容安排上,将传统微生物学与现代微生物学相关理论有机结合,既注重基础理论,又努力反映学科发展的前沿动态。这使本书成为学生学习微生物学课程重要的指导教材。

本书共 13 章,编写分工是:第一章由韦革宏编写,第二章由洪坚平、郝鲜俊编写,第三章由谢建平、颜霞编写,第四章由赵国芬编写,第五章由林雁冰编写,第六章由颜霞编写,第七章由王卫卫编写,第八章由袁洪水编写,第九章由彭桂香编写,第十章由李炳学编写,第十一章由汪世华编写,第十二章由冯福应编写,第十三章由杨祥编写。全书由韦革宏、王卫卫和杨祥统稿。

本书在编写过程中引用了周德庆教授的《微生物学教程》、沈萍教授的《微生物学》等国内外许多优秀教材中的图表等相关资料,在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了编写老师所在院校有关领导、师生的关心和支持。科学出版社的领导和编辑对本书的出版做了大量辛勤细致的工作,在此谨致以衷心的感谢。

由于我们的水平有限,本书难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月 6 日

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 微生物与微生物学	1
一、微生物	1
二、微生物学	3
第二节 微生物学的发展	4
一、微生物学的发展简史	4
二、微生物学的未来	8
第三节 微生物与人类的关系	9
一、微生物与医疗保健	9
二、微生物与工业发展	9
三、微生物与农业生产	10
四、微生物与环境保护	10
五、微生物学与基础理论研究	10
复习思考题	11
第二章 原核微生物	12
第一节 细菌	12
一、细菌的形态与大小	12
二、细菌细胞的构造与功能	14
三、细菌的繁殖	27
四、细菌的群体特征	28
五、真细菌的主要类型及代表属	30
第二节 放线菌	36
一、放线菌的形态构造	37
二、放线菌的繁殖	39
三、放线菌的群体特征	40
四、放线菌的主要类群	40
第三节 古细菌	42
一、古细菌的发育与特点	42
二、古细菌的细胞构造与功能	44
三、古细菌的类型及其代表	45
第四节 蓝细菌	47
一、蓝细菌的形态结构与功能	47
二、蓝细菌的代表属	49
第五节 其他原核微生物	50
一、立克次氏体	50
二、支原体	51
三、衣原体	51
复习思考题	52
第三章 真核微生物	53
第一节 酵母菌	53
一、酵母菌的形态与结构	53

二、酵母菌的代谢	55
三、酵母菌的繁殖方式和生活史	55
四、酵母菌的菌落	58
五、常见酵母菌	58
第二节 丝状真菌——霉菌	61
一、菌丝和菌丝体	61
二、霉菌的繁殖	63
三、霉菌的菌落	66
四、常见霉菌	67
第三节 黏菌	72
一、黏菌的形态与结构	72
二、黏菌的生活周期	73
三、黏菌的培养	74
第四节 原生动物	75
一、形态与大小	75
二、结构	75
三、原生动物的分类	76
四、其他微型动物	78
第五节 藻类	79
一、藻类的形态与结构	80
二、藻类的繁殖与生活周期	80
三、藻类的主要类型	81
第六节 常见大型真菌（担子菌）	83
一、形态与生活周期	83
二、常见大型真菌	84
复习思考题	85
第四章 病毒和亚病毒	87
第一节 病毒的形态结构与功能	88
一、病毒的大小与形态	88
二、病毒的结构与化学组成	90
三、病毒的包含体	98
第二节 病毒的复制	99
第三节 病毒的分类与命名	102
一、分类原则	102
二、命名规则	103
三、病毒分类系统	103
第四节 噬菌体	104
一、噬菌体的形态结构	105
二、噬菌体的一步生长曲线	106
三、烈性噬菌体的增值周期	107
四、温和噬菌体的溶原性	111
五、噬菌体的危害及应用	112
第五节 动物病毒	113
一、脊椎动物病毒	114
二、无脊椎动物病毒	117
第六节 植物病毒	118

一、dsDNA 病毒	119
二、ssDNA 病毒	120
三、dsRNA 病毒	120
四、(一) ssRNA 和双链基因组病毒	121
五、(十) RNA 植物病毒	121
第七节 亚病毒	122
一、类病毒	122
二、朊病毒	124
三、拟病毒和卫星 RNA	126
复习思考题	127
第五章 微生物的营养	129
第一节 微生物的营养物质	129
一、微生物细胞的化学组成	129
二、微生物的营养物质及功能	131
第二节 微生物的营养类型	137
一、光能无机自养型	138
二、光能有机异养型	139
三、化能无机自养型	139
四、化能有机异养型	140
第三节 微生物对营养物质的吸收方式	140
一、单纯扩散	141
二、促进扩散	141
三、主动运输	142
四、基团转位	143
五、膜泡运输	145
第四节 微生物的培养基	145
一、培养基的设计原则和方法	145
二、培养基的类型	148
复习思考题	153
第六章 微生物的生长与环境条件	154
第一节 微生物的个体与群体生长和繁殖	154
一、微生物的个体生长与繁殖	154
二、微生物的群体生长规律	156
第二节 微生物的生长与测定方法	158
一、微生物的培养方法	158
二、获得纯培养体的方法	161
三、微生物生长的测定方法	163
第三节 微生物生长与环境	168
一、温度	168
二、湿度、渗透压与水活度	171
三、氧气	172
四、氢离子浓度 (pH)	173
五、辐射	173
六、化学杀菌剂与抑菌剂	174
七、表面张力	177

第四节 微生物对环境的适应性与抗性	177
一、微生物的趋向性	177
二、微生物对不良环境的抗性	178
第五节 有害微生物的控制	181
一、物理因素的控制	182
二、化学因素的控制	183
复习思考题	184
第七章 微生物的代谢	186
第一节 微生物呼吸与能量代谢	186
一、化能异养型微生物的生物氧化与能量代谢——发酵与呼吸	187
二、化能自养型微生物的生物氧化与产能	199
三、光能微生物的能量代谢	200
第二节 微生物营养物质的分解	203
一、多糖的分解	203
二、其他不含氮非糖物质的分解	206
三、蛋白质与氨基酸的分解	208
第三节 微生物细胞物质的合成代谢	212
一、生物合成的三要素	212
二、糖的生物合成	215
三、甘油酯的生物合成	219
四、氨基酸与核苷酸的生物合成	221
五、核酸的生物合成	226
六、蛋白质的生物合成	228
第四节 微生物的次级代谢	231
一、次级代谢与次级代谢产物	231
二、微生物的次级代谢类型	231
三、次级代谢产物的生物合成	233
复习思考题	234
第八章 微生物的遗传变异和育种	235
第一节 微生物遗传变异的物质基础	235
一、遗传物质 DNA	236
二、遗传物质 RNA	238
三、其他的遗传物质	239
第二节 微生物的基因及基因组结构	239
一、基因的概念	239
二、基因组	240
第三节 质粒与转座因子	245
一、质粒研究的概述	245
二、质粒的分子结构	246
三、质粒的主要类型	247
四、转座因子的主要类型和分子结构	249
五、转座因子的遗传学效应及应用	251
第四节 微生物的基因重组	251

一、转化	252
二、接合	254
三、转导	256
四、原生质体融合	259
五、有性杂交	261
六、准性生殖	261
第五节 基因突变与微生物育种	263
一、基因突变	263
二、诱变育种	273
第六节 微生物基因工程	280
一、基因工程的概述	280
二、基因工程的基本途径	281
三、基因工程的应用及前景	285
第七节 菌种的退化、复壮与保藏	287
一、菌种的退化	287
二、菌种的复壮	289
三、菌种的保藏	290
四、菌种保藏机构	294
复习思考题	294
第九章 微生物的生态	296
第一节 自然环境中的微生物	296
一、土壤中的微生物	296
二、空气中的微生物	301
三、水体中的微生物	302
第二节 微生物与微生物间的关系	305
一、互生关系	305
二、共生关系	306
三、竞争关系	307
四、拮抗关系	307
五、寄生关系	308
六、捕食关系	309
第三节 微生物与植物间的关系	309
一、微生物与植物的共生关系	310
二、微生物与植物的互生关系	318
三、微生物与植物间的寄生关系	318
第四节 微生物生态学研究方法	319
一、经典微生物生态学研究方法	321
二、微生物分子生态学研究方法	324
复习思考题	327
第十章 微生物与物质循环	329
第一节 微生物在碳素循环中的作用	329
一、碳素循环的途径	330
二、碳水化合物的分解	333
三、其他碳素化合物的分解与转化	337
第二节 微生物在氮素循环中的作用	338

一、氮素循环的途径	338
二、氨化作用	340
三、硝化作用	341
四、反硝化作用	343
第三节 微生物在硫、磷和钾等元素循环中的作用	344
一、硫素的生物循环	344
二、磷素的生物循环	346
三、其他元素的生物循环	348
复习思考题	350
第十一章 感染和免疫	351
第一节 抗原	351
一、抗原的概念	351
二、抗原的特性	352
三、抗原的分类	356
四、微生物抗原	358
第二节 抗体	360
一、抗体的概念	360
二、抗体的基本结构	361
三、抗体的分类	363
四、抗体形成的机制	365
第三节 抗原抗体反应	368
一、抗体的制备	368
二、抗原抗体反应	372
复习思考题	378
第十二章 微生物的进化、系统发育和分类鉴定	380
第一节 微生物的进化和系统发育	380
一、生命的起源和微生物的进化	380
二、进化的测量指征	381
第二节 微生物的分类单元和命名	385
一、生物的分类单元	385
二、微生物的命名	388
第三节 微生物在生物界中的地位	389
一、生物的界级学说	389
二、三域学说和分类	393
第四节 微生物的分类系统	394
一、伯杰氏分类系统	394
二、Ainsworth 等的分类系统	400
第五节 微生物的分类鉴定方法	402
一、微生物分类鉴定的依据	402
二、微生物分类鉴定中的方法	402
复习思考题	412
第十三章 微生物与可持续发展	413
第一节 现代微生物学的特点及发展趋势	413
一、现代微生物学的意义	413
二、现代微生物学研究的特点	413
三、现代微生物学发展的分支学科	415

第二节 微生物在人类社会可持续发展中的作用	415
一、微生物与生物制药	416
二、微生物与现代农业发展	420
三、微生物与工业发展	424
四、微生物与传统和新型能源开发	425
五、微生物与环境保护	434
六、生物传感器与生物芯片	441
七、微生物新材料和生物计算机	444
复习思考题	445
主要参考文献	446

第一章 绪 论

第一节 微生物与微生物学

一、微 生 物

微生物 (microorganism, microbe) 是对所有形体微小、结构较为简单的低等生物的统称。

(一) 微生物的主要类群

微生物的类群十分庞杂,按其结构、化学组成及生活习性等差异可分成三大类,即真核微生物、原核微生物和非细胞微生物。

真核微生物细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁和染色体;胞质内有完整的细胞器(如内质网、核糖体及线粒体等)。属于真核微生物的有真菌(酵母菌、霉菌、蕈菌)、单细胞藻类和原生动等。

原核微生物的细胞核分化程度低,仅有原始核质,没有核膜与核仁;细胞器不很完善。这类微生物种类众多,有细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、支原体、衣原体及古细菌等。

非细胞微生物没有典型的细胞结构,亦无产生能量的酶系统,只能在活细胞内生长繁殖。病毒和亚病毒属于此类型微生物。

由于它们的形体简单微小、生物学特性比较接近、研究方法及生产应用相似,因此把它们都归于微生物学研究的对象。

(二) 微生物的特点

微生物具有生物的共同特点:基本组成单位是细胞(病毒除外);主要化学成分都含有蛋白质、核酸、多糖、脂类等;新陈代谢等生理活动相似;受基因控制的遗传机制相同;都有繁殖能力等。但微生物由于其形体都极其微小,因而导致了一系列特有的共同点:体积小,面积大;吸收多,转化快;生长旺,繁殖快;适应强,易变异;分布广,种类多。这五大共性在理论和实践上都有极其重要的意义。

1. 体积小、面积大

这一特点是微生物与其他生物相区别的关键,也是其他四个特点的基础。微生物的个体都相当微小,测量其大小通常用微米(μm)或纳米(nm)为单位。因此人们用肉眼一般不能直接看到,必须借助于显微镜将其放大几百倍、几千倍甚至上万倍才能看清楚,有些微生物如病毒用普通的光学显微镜也无法看到,只能用电子显微镜将它们放大几万倍甚至几十万倍才能看清。微生物体积小,相对比表面积就大。这里所说的比表面积,指某一物体单位体积所占有的表面积,即:比表面积=表面积/体积。那么物体的体积越小,其比表面积就越大。若设人体比表面积为1,则与人体等重的大肠杆菌的比表面积为人的30万倍。有人估算,乳酸杆菌的比表面积为12万,鸡蛋为1.5,而90kg体重的人只有0.3。

由于微生物的这一基本特点,使微生物必然有一个巨大的营养物质吸收面、代谢物质的排泄面和环境信息的交换面。由此可见,体积小、面积大这一特点赋予了它们其余四个特点。

2. 吸收多、转化快

微生物大的表面积必然具有强的接受环境信息、物质和能量交换的能力，为微生物生物量的积累和代谢产物的生产提供了充分的物质基础。例如，在适宜条件下大肠杆菌每小时可消耗其自身重量 2000 倍的糖。乳酸细菌每小时可产生自身重 1000 倍的乳酸。1 个 500kg 重的乳牛 24h 生产的蛋白质约 1kg，同样重量的酵母 24h 生产 500 000kg 蛋白质。

微生物的高效率的吸收转化能力具有极大的应用价值，即在自然界和人类实践中更好地发挥其超小型“活的化工厂”的作用。

3. 生长旺、繁殖快

微生物具有极高的生长和繁殖速度，是高等动植物无法比拟的。如在适宜的条件下大肠杆菌细胞分裂一次仅需 20min，那么 24h 就能繁殖 72 代，这时，由原来的 1 个细胞可繁殖到 4.722×10^{21} 个，重量可达 4.722×10^6 kg。细菌的繁殖速度比植物繁殖速度快 500 倍、比动物繁殖速度快 2000 倍。但是这必须以足够的营养、空间和适宜的环境等条件为前提，而实际生产中由于受到营养、空间和代谢产物等条件的限制，微生物以几何级数分裂速度只能维持数小时。因而在液体培养中，细菌细胞的浓度一般仅达 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。

微生物的快速繁殖能力在工业发酵上可大大提高生产效率，在科学研究中可以缩短科研周期。当然，必须注意防止一些危害人、畜和农作物的病原微生物及会使物品霉腐变质的有害微生物。

4. 适应强、易变异

微生物具有极其灵活的适应性，这也是动植物无法比拟的。在长期的生物进化过程中，为了适应多变的环境条件，微生物在长期的进化中产生了许多灵活的代谢调控机制，可产生多种诱导酶，使之具有极强的抗逆性。微生物对环境条件尤其是恶劣的“极端环境”（如高温、低温、高酸、高碱、高盐、高辐射、高压、高毒等）的适应能力是极为惊人的，堪称生物界之最。例如，海洋深处的某些硫细菌可在 100℃ 以上的高温下正常生长，某些嗜盐细菌能在 32% 的盐水中正常活动等等。

微生物个体微小、结构简单，易受环境条件影响，加之具有繁殖快、数量多，即使变异频率极低，也可在短时间内出现大量变异后代，它涉及诸如形态结构、代谢途径、生理类型、各种抗性、代谢产物的变异等，利用这一变异选育优良的菌种比较方便。例如，青霉素生产菌 (*Penicillium chrysogenum*) 在 1943 年每毫升青霉素发酵液仅 20 单位青霉素，至 20 世纪 80 年代由于各国微生物育种工作者的努力和发酵条件的改善，新的生产菌株产青霉素的能力不断提高，每毫升发酵液已超过 5 万单位，有的接近 10 万单位。当然，事物总是一分为二的。微生物易变异的特性在某些方面对人类也有较大的危害。当年青霉素对金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 的最低抑制浓度为 $0.02 \mu\text{g/mL}$ ，因变异使耐药性菌株的耐药性比原始菌株高 1 万倍。这种耐药性的产生使原本已经得到控制的相应传染病变得无药可治。而各种优良菌株的生产性状的退化使生产无法正常进行。

5. 分布广、种类多

微生物因其体积小、质量轻的特点，可以达到“无孔不入”的地步。它可以生活在动、植物体内外，土壤、大气、冰川、海底、盐湖、沙漠、酸性矿水和岩层，甚至油井下，不同的生态环境中形成了特有的生理类群。

微生物的种类繁多，迄今为止，我们所知道的微生物约有 20 万种，其中包括原核微生物

3500 种, 病毒 4000 种, 真菌 9 万种, 原生动物和藻类 10 万种。有人估计目前已知的种类只占地球上实际存在的微生物总数的 10%, 为人类进一步开发利用微生物资源提供了广阔的空间。随着分离培养方法的改进和研究工作的不断深入, 微生物新种、新属、新科, 甚至新目、新纲不断被发现, 例如, 微生物中较易培养的大型微生物——真菌, 至今每年还以发现约 1500 个新种的速度增加。

微生物的多样性除了物种的多样性以外, 还体现在生理代谢类型、代谢产物、生态类型及遗传基因的多样性方面。因此, 微生物资源是极其丰富的。

(三) 微生物在生物界的分类地位

在发现和研究微生物之前, 林奈 (1707~1778) 进行了生物分类工作, 他将所有的生物分为植物界和动物界。但人们发现了微生物之后, 由于藻类有细胞壁, 能进行光合作用, 被归于植物界。原生动物无细胞壁, 能运动, 不进行光合作用, 被归于动物界。

随着人们对微生物认识的逐步深入, 从两界系统经历过三界系统、四界系统、五界系统甚至六界系统, 直到 1977 年, 我国学者王大相等提出将所有生物分为六界: 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。微生物分属于病毒界、原核生物界、真核原生生物界和真菌界。

而到了 20 世纪 90 年代, 美国 Woese 等根据 16S rRNA 基因序列的比较, 将生物分为 3 域 (domain): 细菌域 (Bacteria)、古细菌域 (Archaea) 和真核生物域 (Eukarya)。细菌域包括细菌、放线菌、蓝细菌和各种除古细菌以外的其他原核生物, 古细菌域包括嗜泉古细菌界、广域古细菌界和初生古细菌界, 真核生物域包括真菌、原生动物、动物和植物。除动物和植物外, 其他绝大多数生物都属于微生物范畴。可见微生物在生物界中占有极为重要的地位。

二、微生物学

微生物学 (microbiology) 是生物学的一个分支, 它是研究微生物及其生命活动规律和应用的科学。是在群体、细胞或分子水平上研究微生物的形态结构、生理代谢、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动的基本规律, 并将其应用于工业发酵、医疗卫生、环境保护和生物工程等领域。

(一) 微生物学的任务

由于微生物学是研究微生物及其生命活动的规律, 研究它们与人类的关系, 其根本任务就是发掘、利用和改善有益微生物, 控制、消灭或改造有害微生物, 造福人类, 为人类社会的进步服务。

(二) 微生物学的分支学科

微生物学的发展经历了一个多世纪, 据研究对象与任务的不同, 已经分化出大量的分支学科。现简单归为以下几类:

(1) 根据研究对象的类群可分为: 细菌学、真菌学、病毒学、藻类学和原生动物学以及自养菌生物学和厌氧菌生物学等。

(2) 根据研究微生物生命活动的基本规律可分为: 总学科为普通微生物学, 其分支学科有微生物形态学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生物化学、微生物遗传学、微生物生态学、微生物资源学、微生物细胞生物学及分子微生物学等。

(3) 根据微生物的应用领域可分为: 总学科为应用微生物学, 其分支学科有工业微生物学、农业微生物学、石油微生物学、医学微生物学、药用微生物学、诊断微生物学、兽医微生物学、

卫生微生物学、食品微生物学、乳品微生物学及抗生素学等。

(4) 根据微生物所处的生态环境可分为：环境微生物学、土壤微生物学、海洋微生物学、水生微生物学、地质微生物学、宇宙微生物学及微生物生态学等。

此外，微生物学与其他学科之间的交叉、融合又形成了一些新的学科，如分析微生物学、化学微生物学、微生物信息学、微生物地球化学、微生物化学分类学、微生物数值分类学、微生物生物工程学及微生物基因组学等。

第二节 微生物学的发展

一、微生物学的发展简史

微生物学的发展史可分为 5 个时期，即史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期。

(一) 史前期 (约 8000 年前至 1676 年)

史前期是人类还未见到微生物个体之前的一段漫长的历史时期。当时人类虽然未见到微生物个体，却自发地与微生物频繁地打交道，并根据自己的经验在实践中开展利用有益微生物和防治有害微生物的活动。但只是长期停留在实践的低水平的应用阶段。

我国人民在长期的生产实践中，积累了丰富的经验。早在 4000~5000 年前的“龙山文化”时期已能用谷物制酒，发明了制曲酿酒工艺。公元前 17 世纪（殷商时期）就有酒、醴等的记载，表明当时酿酒业已比较发达。酿酒的复式发酵法是我国古代劳动人民的一大发明，驰名世界的我国黄酒（善酿等）和白酒（茅台等），均是在此基础上发展而产生的。直到 19 世纪末，欧洲人才研究了这种方法，称之为“淀粉发酵法”。制作红曲是我国劳动人民的又一项重大发明，红曲是我国的特产，不仅是一种无害的食品原料，还可入药。两千年前，我国已能利用微生物制醋、做酱。微生物方法制酱为我国首创，日本人木下浅吉的《实用酱油酿造法》一书，说明日本人制酱方法最初是由我国传入的。长期以来，我国劳动人民一直利用盐腌、糖渍、烟熏、风干等方法保存食品，都是利用抑制微生物生长繁殖来防止食品腐烂变质的有效措施。

北魏（公元 386~534 年）贾思勰的《齐民要术》是我国最古老、最完整的一部农书，也是微生物发展史上的重要经典著作，书中已有制醋、做酱等方法的详细记载，并记述了不同的轮作方式，强调豆类和谷类作物的轮作制。前汉后期（公元前 1 世纪）的《汜胜之书》，已提到瓜类和小豆间作的种植方法。到 18 世纪 30 年代西方才开始使用轮作制，起码要比中国晚一千多年，这是我国人民的创造。

对防治疾病，春秋时代的名医扁鹊主张“防重于治”。《左传》中记有用酿酒微生物治疗腹泻的方法。鲁襄公（公元前 556 年）时，已知道狂犬病来源于疯狗，重视驱逐疯狗预防狂犬病。汉朝（公元前 206~公元 220 年）进一步记述了狂犬病的主要特征与发病季节。公元 3 世纪便有“取脑（疯狗脑）傅之”的描述，与现代防治狂犬病的免疫学方法相似。早在公元 326~336 年葛洪《肘后方》中除详细记叙了有关天花的症状外，还注意到了天花的流行方式。《医宗金鉴》中记载有种痘预防天花，宋真宗时代（公元 998~1022 年）已广泛应用。当时是用天花病人身上的痘痂，接种在儿童的鼻孔中预防天花。明代（1628）已有《治痘十全》专著。此法以后由亚洲传至欧洲及美洲各国。这是我国古代人民对世界医学的重要贡献，已成为现代免疫学的起源。1796 年，英国乡村医生詹纳（Jenner）用接种牛痘的方法解决了天花的预防问题，由于方法简单，安全可靠，1904 年传入我国取代了人痘方法。

炼丹术在我国已有悠久历史，公元 1034 年宋仁宗期间，许申以铁化铜，1096 年宋哲宗时期，全国有 3 大胆铜矿。以便宜的铁矿从天然铜矿中回收铜，生产铜币与铜器，相当于现在的细菌冶金。鉴于种种原因，晚 600 余年的西班牙人里奥廷托却被誉为细菌炼铜的创始人。

关于微生物与传染病流行的关系、与动植物病害的关系及防治等我国也认识很早。如在 2000 年前就有对鼠疫流行的记载, 公元 2 世纪《神农本草经》中就有“白僵(病)”的记载, 明朝李时珍所著《本草纲目》中记载了不少植物病害。我国很早就应用茯苓、灵芝等真菌治疗疾病, 而且一向被古人视为灵丹妙药。历代劳动人民对作物、蚕病也有各种防治措施。我们应继承先辈的精神, 在各方面继续保持我们的领先地位, 为世界科学发展做出比我们祖先更大的贡献。

(二) 初创期 (1676~1861)

人类对微生物的利用虽然很早, 并已推测自然界存在着肉眼看不到的微小生物, 但由于技术条件的限制, 无法实验证实。显微镜的发明揭开了微生物世界的奥秘。1676 年荷兰人列文虎克 (Leeuwenhoek) 用自制的能放大 200~300 倍的简单显微镜在雨水、牙垢、血液、污水、腐败有机物中观察到并描绘了微小生物, 发表在英国《皇家学会科学研究会报》上, 为微生物的研究创造了条件。在微生物学的发展史上, 他的发现具有划时代的意义。限于当时科学技术水平, 在此后 2 个世纪中对微生物知识的积累缓慢, 一直停留在形态的描述, 未能将其形态与生理活动及人类生产实践联系起来, 不了解微生物的活动规律及其与人类的关系, 还未形成学科。因此将这一时期称为“形态学时期”。

(三) 奠基期 (1861~1897)

微生物学作为一门学科, 是在 19 世纪中期才发展起来的。19 世纪 30 年代至 40 年代由于马铃薯晚疫病在欧洲广泛流行, 造成严重灾荒。60 年代又出现酒变酸和蚕病危害等问题, 推动了人们对微生物的研究。首先, 是以法国人巴斯德 (L. Pasteur) (1822~1895) 和德国人柯赫 (Robert Koch) (1843~1910) 为代表的科学家研究了微生物的生理活动, 并与生产和预防疾病联系起来, 为微生物学奠定了理论和技术基础。

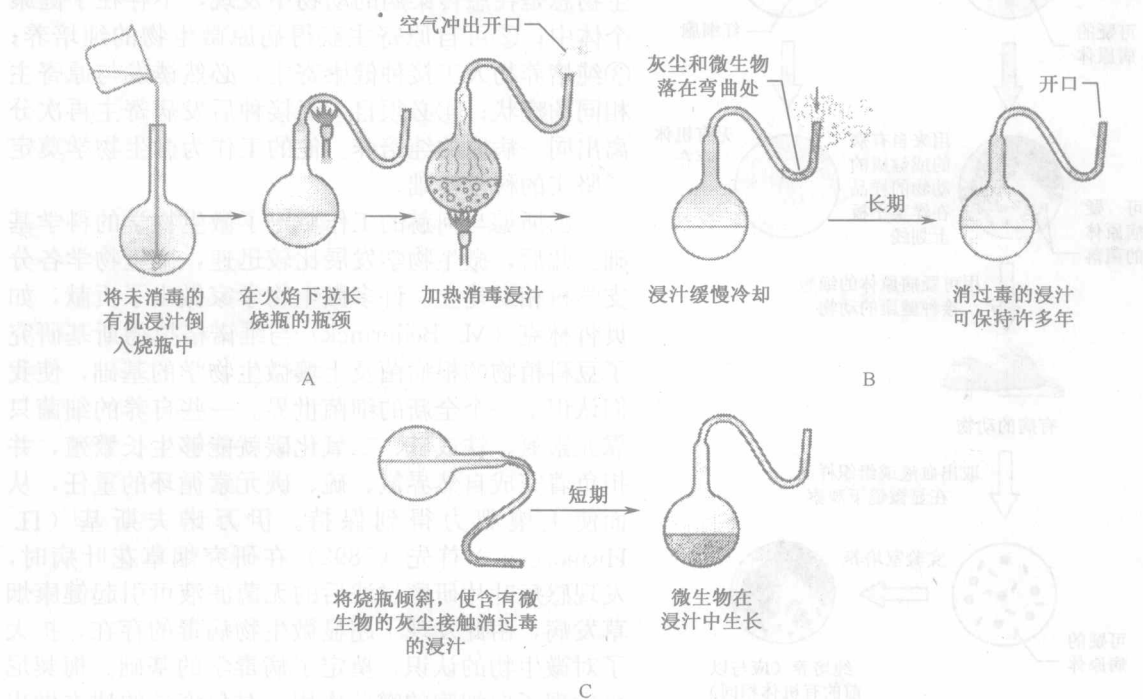


图 1-1 巴斯德的曲颈瓶实验