

高等学校教材

微生物学

(第二版)

■ 蔡信之 黄君红 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/蔡信之,黄君红主编. - 2 版. - 北京:高等教育出版社,2002.10
ISBN 7-04-011374-0

I. 微… II. ①蔡…②黄… III. 微生物学
IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 071922 号

责任编辑 邹学英
封面设计 张楠
责任绘图 朱静
版式设计 李杰
责任印制 宋克学

微生物学(第二版)
蔡信之 黄君红 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京人卫印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2002 年 10 月第 2 版
印 张	26	印 次	2002 年 10 月第 1 次印刷
字 数	600 000	定 价	34.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第二版前言

本书第一版自 1996 年开始发行以来,许多兄弟院校的同行和读者纷纷来信、来电,对其编写质量和使用效果给予充分肯定,并要求根据新的形势尽早修订再版。于 1999 年开始修订工作,广泛征求修订意见,充分讨论修订大纲,反复修改修订初稿。这次修订对第一版的内容作了全面的更新和充实,并补充了较多的新内容,还调换和增加了不少图表。内容新颖,语言精炼。本版的信息量、质量及编排技巧等在第一版的基础上都有了大幅度的提高。除了适合大学本科和专科学生学习外,亦可供教师备课参考及函授等学生阅读。

本版除进一步发扬第一版的许多优点外,还着重注意了以下几点:

1. 联系实际 微生物学实践性强,应用广泛;师院、师专的毕业生大多数要在基层工作。因此,本版特别加强了实际应用知识的介绍,除了强化“微生物的应用”一章外,在其他各章都注意了实际应用知识的介绍,使全书内容生动、具体。

2. 少而精 限于课时和篇幅,本版进一步突出了“少而精”的原则,力求内容简明,语言精炼,重点内容深而细,一般内容少而精。

3. 启发思考 本版在各章中都安排了启发读者思考和讨论的内容。在每章习题中还特意设置了一些有较高难度的综合应用的思考题。为了激发读者为我国微生物学的发展贡献力量,本版特别强调了微生物与人类的关系、微生物学对生命科学的贡献及其发展的巨大潜力和广阔前景。

4. 认真细致 本书为高等师范院校教材,不仅要求内容科学、准确,而且要求语言优美、精炼。因此,特别强调“认真细致”。本书的修订较细致。首先根据教学大纲和教学实际,对修订大纲进行充分讨论和反复修改;然后再分别编写各章初稿;初稿经主编统一修改后,又印成讨论稿广泛征求意见;讨论稿经仔细推敲、反复修改后还于 2001 年秋学期在盐城师院等几所院校进行试用;最后根据试用结果再作反复修改后定稿。

本书的修订得到盐城师范学院、湛江师范学院等许多单位的领导和同志们的大力支持。复旦大学微生物学系周德庆教授对修订大纲和讨论稿都提出了很多宝贵的修改意见,并仔细审阅了全稿。南京大学程树培教授、南京师范大学袁生教授和陆玲副教授等许多老师对讨论稿提出很多宝贵的修改意见。程光胜研究员、沈萍教授、黄秀梨教授、徐天惠教授、王佐芝副教授、罗永兰副教授、李敏华副教授等许多老师对本书的修订工作给予了很多关心和支持。薛洪明、郭勇、邵程、丁同楼等同志在计算机录入、修改及校对等方面做了大量工作。在此一并表示诚挚的谢意。还要特别感谢高等教育出版社生命科学分社林金安社长和吴雪梅编辑等同志的热情支持和辛勤劳动。

限于编者的水平和时间,不当之处,望各位同行和广大读者指正。

编 者

2002 年 1 月

第一版前言

微生物学是高等师范院校生物系的一门主要专业基础课,其内容广泛,发展迅速。通过本课程的学习,应使学生对微生物学有较全面的了解,掌握本学科的基本理论、基础知识和基本实验操作技能,培养分析和解决有关问题的能力,以更好地胜任今后的中学生物学教学工作。

1993年7月在山东大学召开的第5届全国高校微生物学教学研讨会期间,与会的师院、师专代表希望能尽快编写一本适合师院、师专特点的微生物学教材。后经多方协商,确定由盐城师专、湛江师范学院、海南师范学院等几所院校共同完成这一任务。

本书的编写根据师院、师专的培养目标和教学实际,力求科学性强,系统性好,理论联系实际;着重介绍微生物学的基本理论、基础知识、基本技术,适当介绍新理论、新知识、新技术;取材广泛,重点突出,条理清晰,结构合理,概念准确,图文并茂;努力贯彻“少而精”的原则,力求内容简明,语言精练,重点内容深而细,一般内容少而精。

本书的编写较细致。首先根据教学大纲和教学实际,对编写大纲进行讨论和修改,然后在此基础上写成各章初稿,初稿经主编统一修改后,又印成讨论稿广泛地征求意见,讨论稿经反复修改后于1995年秋季在盐城师专等几所院校试用,最后根据试用结果再作反复修改后定稿。

编写分工:绪论、第四章及第十一章第四节由蔡信之编写,第一章第一、二节及第十章由黄君红编写,第二章由陈龙编写,第三章由李新社编写,第五章第一至四节由陈旭健编写,第六章第一、二节由张虹编写,第七章第一至四节由王佐芝编写,第八章第一、二节由张碧波编写,第九章第一至五节及第十一章第三节由徐天惠、李敏华编写,第十一章第一、二节由罗永兰编写,第一章第三节、第五章第五节及第六章第三节由向红编写,第七章第五节、第八章第三节及第九章第六节由张霞编写。

本书的编写得到许多单位的领导和同志们的大力支持,南京大学生物系郁文焕副教授、南京师范大学生物系秦怀兰副教授及北京农业大学生物学院吴柏和副教授等老师对讨论稿提出许多宝贵的修改意见。复旦大学微生物学系周德庆教授对编写大纲和讨论稿都提出了很多宝贵的修改意见,并审阅了全稿。在此一并表示诚挚的谢意。

限于编者的水平和时间,不当之处,望微生物学专家和广大师生指正。

编 者

1996年1月

目 录

绪 论	(1)	第二章 真核微生物	(43)
第一节 微生物学的研究对象 和任务	(1)	第一节 酵母菌	(43)
一、微生物学的研究对象	(1)	一、酵母菌的形态结构	(44)
二、微生物学的任务	(4)	二、酵母菌的繁殖方式	(46)
第二节 微生物学的发展	(5)	三、酵母菌的菌落特征	(48)
一、我国古代人民对微生物的 认识和利用	(5)	四、重要代表菌	(48)
二、微生物的发现	(6)	第二节 霉菌	(49)
三、微生物学的奠基	(6)	一、霉菌的形态结构	(50)
四、现代微生物学的发展	(7)	二、霉菌的繁殖方式	(51)
五、我国微生物学的简况	(9)	三、霉菌的菌落特征	(55)
习题	(10)	四、重要代表菌	(56)
第一章 原核微生物	(12)	第三节 粘菌	(59)
第一节 细菌	(12)	一、粘菌的形态和结构	(59)
一、细菌的基本形态和大小	(12)	二、粘菌的生活史	(60)
二、细菌的细胞结构	(14)	三、粘菌的分类	(61)
三、细菌的繁殖方式	(29)	第四节 真核微生物与原核 微生物的比较	(61)
四、细菌的群体形态	(30)	习题	(62)
第二节 放线菌	(31)	第三章 病毒	(63)
一、放线菌的形态结构	(32)	第一节 病毒的形态结构	(63)
二、放线菌的菌落特征	(34)	一、病毒的大小	(63)
三、放线菌的繁殖方式	(34)	二、病毒的形态	(64)
四、放线菌的代表属	(34)	三、病毒的化学组成	(64)
第三节 其他原核微生物	(35)	四、病毒的结构	(66)
一、蓝细菌	(35)	五、病毒的对称性	(66)
二、立克次氏体	(37)	六、包涵体	(68)
三、支原体	(38)	第二节 病毒的增殖	(68)
四、衣原体	(39)	一、病毒的一般增殖过程	(68)
五、螺旋体	(39)	二、几种病毒的增殖过程	(72)
六、蛭弧菌	(40)	三、一步生长曲线	(73)
七、粘细菌	(40)	四、温和噬菌体与溶源性细菌	(74)
八、古生菌	(41)	五、肿瘤病毒与癌基因	(75)
习题	(42)	六、理化因素对病毒感染性的影响	(76)
		第三节 病毒的分离和测定	(77)

一、病毒的分离与纯化	(77)	三、果胶质的分解	(107)
二、病毒的检出	(78)	四、木质素和芳香族化合物的分解	(107)
三、病毒效价的测定	(78)	五、几丁质的分解	(108)
第四节 病毒的种类和分类	(79)	六、蛋白质的分解	(108)
一、脊椎动物病毒	(80)	七、氨基酸的分解	(108)
二、昆虫病毒	(80)	八、烃类及有机农药的分解	(110)
三、植物病毒	(81)	第二节 微生物的产能代谢	(111)
四、微生物病毒	(81)	一、发酵	(111)
五、病毒的分类和命名	(82)	二、呼吸	(117)
第五节 亚病毒	(83)	第三节 微生物的自养代谢	(120)
一、类病毒	(83)	一、光能自养微生物	(120)
二、卫星病毒	(83)	二、化能自养微生物	(123)
三、卫星 RNA	(84)	三、自养微生物对 CO ₂ 的固定	(125)
四、朊病毒	(84)	第四节 微生物的固氮作用	(128)
习题	(85)	一、固氮微生物	(128)
第四章 微生物的营养	(86)	二、固氮作用机理	(129)
第一节 微生物的营养组成	(86)	第五节 微生物细胞物质的合成 与代谢调节	(131)
一、微生物细胞的化学组成	(86)	一、糖的生物合成	(131)
二、微生物的营养物质	(87)	二、蛋白质的生物合成	(133)
第二节 微生物的营养类型	(91)	三、核酸的生物合成	(135)
一、光能无机营养型	(92)	四、代谢调节	(135)
二、光能有机营养型	(92)	第六节 微生物的次生代谢	(139)
三、化能无机营养型	(93)	一、次生代谢及其产物	(139)
四、化能有机营养型	(93)	二、次生代谢产物合成的调节	(140)
第三节 微生物对营养物质 的吸收	(94)	习题	(141)
一、单纯扩散	(94)	第六章 微生物的生长	(142)
二、促进扩散	(95)	第一节 微生物纯培养的生长	(142)
三、主动运输	(96)	一、纯培养的分离方法	(142)
四、基团转位	(97)	二、微生物的培养方法	(144)
五、膜泡运输	(98)	三、微生物的个体生长	(144)
第四节 培养基	(99)	四、微生物的同步生长	(149)
一、配制培养基的原则	(99)	五、微生物的群体生长	(150)
二、培养基的类型	(101)	第二节 理化因素对微生物生长 的影响	(153)
习题	(104)	一、物理因素对微生物生长的影响	(153)
第五章 微生物的代谢	(105)	二、化学因素对微生物生长的影响	(157)
第一节 微生物对有机物质 的分解	(105)	第三节 微生物生长的控制	(159)
一、纤维素的分解	(106)	一、控制微生物生长的物理方法	(159)
二、淀粉的分解	(106)	二、控制微生物生长的化学方法	(162)
		习题	(166)

第七章 微生物的遗传**和变异** (168)**第一节 遗传变异的物质基础** (168)

一、证明核酸是遗传变异的物质基础
的经典实验 (168)

二、遗传物质在细胞中的存在方式 (169)

第二节 微生物的突变 (171)

一、微生物突变体的主要类型 (172)

二、基因突变的特点 (173)

三、基因突变的机制 (175)

四、诱变剂与致癌物质 (179)

五、DNA 损伤的修复 (179)

第三节 细菌的基因重组 (180)

一、转化 (181)

二、转导 (182)

三、接合 (184)

四、原生质体融合 (186)

五、溶源转变 (186)

六、染色体外遗传因子的转移
与重组 (186)

第四节 真菌的基因重组 (187)

一、有性生殖 (187)

二、准性生殖 (187)

**第五节 微生物遗传变异知识
的应用** (188)

一、诱变育种 (188)

二、原生质体融合育种 (191)

三、基因工程 (191)

**第六节 菌种的衰退、复壮
和保藏** (193)

一、菌种的衰退与复壮 (193)

二、菌种的保藏 (195)

习题 (197)**第八章 微生物的生态** (198)**第一节 自然环境中的微生物** (198)

一、土壤中的微生物 (198)

二、水体中的微生物 (200)

三、空气中的微生物 (201)

四、工农业产品中的微生物 (202)

五、生物体内外的正常菌群 (203)

六、极端环境中的微生物 (205)

**第二节 微生物在自然界物质循环
中的作用** (207)

一、微生物在碳素循环中的作用 (207)

二、微生物在氮素循环中的作用 (208)

三、微生物在磷素循环中的作用 (209)

四、微生物在硫素循环中的作用 (210)

五、微生物在其他元素循环中
的作用 (210)

六、微生物在环境保护中的作用 (211)

七、环境污染对微生物的影响 (213)

第三节 微生物的生物环境 (214)

一、互生关系 (214)

二、共生关系 (215)

三、竞争关系 (216)

四、拮抗关系 (217)

五、寄生关系 (217)

六、猎食关系 (218)

习题 (218)**第九章 传染与免疫** (219)**第一节 传染** (219)

一、病原菌传染的机制 (220)

二、环境条件对病原菌传染的影响 (222)

三、传染的 3 种可能结局 (223)

第二节 非特异性免疫 (223)

一、生理屏障 (223)

二、吞噬细胞 (224)

三、正常体液中的抗微生物因素 (226)

四、炎症反应 (228)

第三节 抗原 (229)

一、抗原的性质 (229)

二、微生物的抗原结构 (230)

三、佐剂 (231)

第四节 特异性免疫 (231)

一、特异性免疫的组织学基础 (231)

二、特异性免疫应答过程 (234)

三、抗体与体液免疫 (235)

四、特异性细胞免疫 (240)

五、免疫应答的病理反应 (241)

六、特异性免疫的获得方式 (243)

第五节 免疫学方法及其应用 (244)

一、抗原抗体反应的一般规律 (244)

二、抗原抗体反应的主要类型 (245)

习题	(250)	第四节 微生物在环境保护中	
第十章 微生物的分类	(251)	的应用	(294)
第一节 微生物的分类单位		一、微生物与污水处理	(294)
与命名	(251)	二、微生物对固体污染物的降解	
一、微生物的分类单位	(251)	和转化	(300)
二、微生物的命名	(253)	三、微生物与生物修复	(304)
第二节 微生物的分类方法	(254)	四、微生物与环境监测	(304)
一、经典分类法	(254)	习题	(306)
二、化学分类法	(255)	微生物学实验	(307)
三、遗传分类法	(256)	实验须知	(307)
四、数值分类法	(258)	实验一 显微镜的使用及细菌形态	
第三节 微生物的分类系统	(260)	的观察	(308)
一、细菌的分类系统	(260)	实验二 细菌的单染色法	(314)
二、真菌的分类系统	(261)	实验三 革兰氏染色法	(317)
习题	(262)	实验四 细菌芽孢染色法	(318)
第十一章 微生物的应用	(263)	实验五 鞭毛染色法及活细菌运动	
第一节 微生物在农业中		性的观察	(319)
的应用	(263)	实验六 荚膜染色法	(321)
一、微生物与土壤的生物活性	(263)	实验七 微生物拟核的体内和	
二、微生物肥料	(265)	体外染色观察	(322)
三、微生物饲料	(266)	实验八 放线菌形态的观察	(324)
四、微生物农药	(268)	实验九 酵母菌形态的观察	(325)
五、沼气发酵	(271)	实验十 酵母菌子囊孢子	
六、食用菌栽培	(272)	的观察	(326)
第二节 微生物在工业中		实验十一 霉菌形态的观察	(327)
的应用	(278)	实验十二 细菌、放线菌、酵母菌和霉	
一、微生物与食品制造	(278)	菌的菌落观察与识别 ...	(328)
二、微生物与饮料生产	(282)	实验十三 微生物大小的测定	(331)
三、微生物与有机酸生产	(284)	实验十四 培养基的制备	(333)
四、微生物与酶制剂生产	(284)	实验十五 消毒与灭菌	(335)
五、微生物与湿法冶金	(286)	实验十六 从土壤中分离与纯化	
六、微生物与石油工业	(286)	微生物	(338)
第三节 微生物在医药方面		实验十七 微生物的培养特征	(341)
的应用	(287)	实验十八 厌氧微生物的培养	(343)
一、生物制品	(287)	实验十九 菌种保藏	(347)
二、抗生素	(289)	实验二十 显微镜直接计数法	(351)
三、葡萄糖酐	(292)	实验二十一 平板菌落计数法	(353)
四、干扰素	(292)	实验二十二 光电比浊计数法	(355)
五、核苷酸	(292)	实验二十三 大肠杆菌生长曲线	
六、其他药物	(293)		
七、疾病的诊断	(293)		

实验二十四	物理因素对微生物生长的影响..... (357)	实验三十五	噬菌体的分离和纯化..... (381)
实验二十五	化学因素对微生物生长的影响..... (360)	实验三十六	噬菌体效价的测定..... (383)
实验二十六	生物因素对微生物生长的影响..... (362)	实验三十七	凝集反应 (384)
实验二十七	抗生素的效价测定 (363)	实验三十八	环状沉淀反应 (386)
实验二十八	用生长谱法测定微生物的营养要求 (366)	实验三十九	双向免疫扩散试验 (388)
实验二十九	细菌鉴定中常用的生化反应 (367)	实验四十	牛乳中细菌的检查 (390)
实验三十	微生物的诱发突变 (370)	附录	 (393)
实验三十一	抗药性突变株的分离..... (372)	附录一	染色液的配制 (393)
实验三十二	细菌质粒 DNA 的小量制备 (373)	附录二	培养基的配制 (394)
实验三十三	质粒 DNA 的转化 ... (376)	附录三	常用试剂的配制 (399)
实验三十四	水的细菌学检查 (378)	附录四	常用消毒剂的配制 (401)
		附录五	洗涤液的配制及细菌滤器的清洗方法..... (402)
		附录六	教学常用菌种 (402)
		附录七	微生物实验必备的器材及仪器..... (403)
		主要参考文献	 (404)

绪论

第一节 微生物学的研究对象和任务

一、微生物学的研究对象

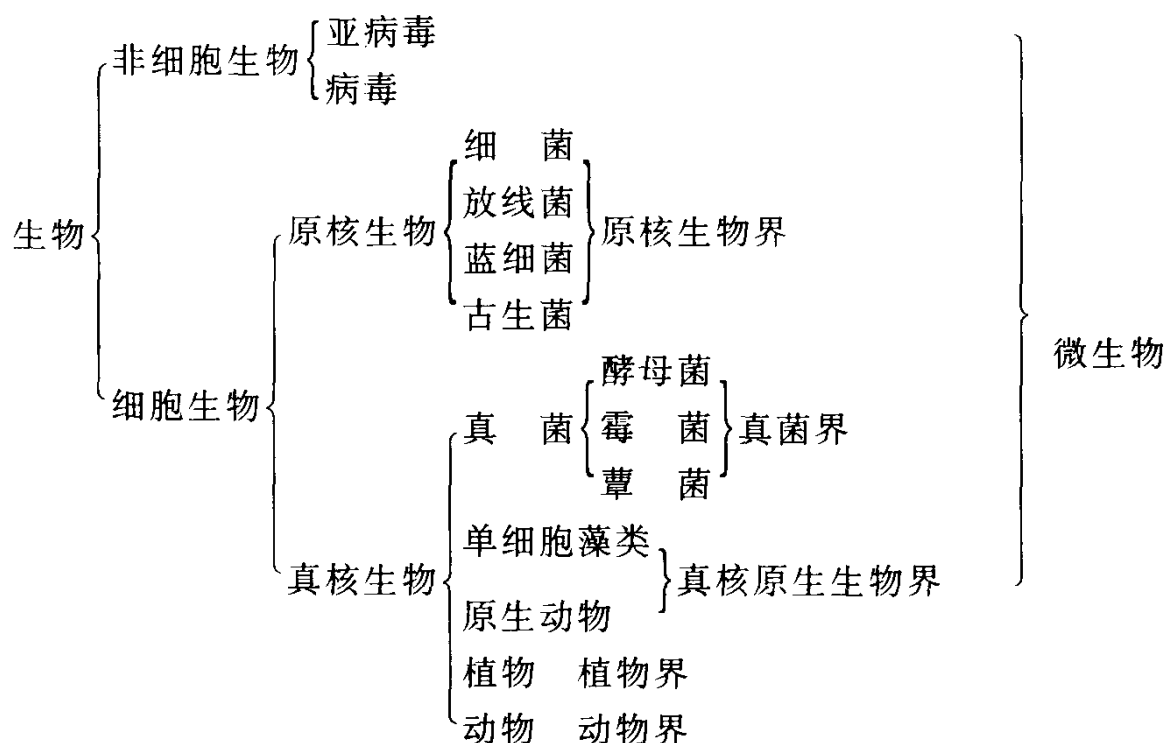
(一) 微生物及其主要类群

微生物并非生物分类学上的名词,而是所有形体微小、结构简单的低等生物的总称。微生物包括没有细胞结构的病毒、亚病毒,原核类的细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体、古生菌,属于真核类的酵母菌、霉菌和蕈菌,以及单细胞藻类和原生动物等。细菌是微生物学的主要研究对象。微生物的种类虽多,但生物学特性和分类地位都比较接近,研究方法和应用方面也非常相似。

(二) 微生物在生物界的分类地位

在生物学发展史上,曾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。微生物的另一些类群,如许多细菌具有细胞壁,进行光合作用,又可运动,将它们归于植物界或动物界均不合适。因此,1866年海克尔(Haeckel)提出3界系统,将生物分为动物界、植物界和原生生物界。魏塔克(Whittaker)于1969年提出生物分类的5界系统,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。1977年,我国学者王大耜等提出将所有生物分为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,伍斯(Woese)根据16S rRNA序列的比较,提出将生物分为3域(Domain):细菌(Bacteria)、古生菌(Archaea)和真核生物(Eukarya)。可见,微生物在生物界中占有极重要的地位。

生物的分类概貌如下:



(三) 微生物的一般特点

微生物具有生物的共同特点:基本组成单位是细胞(病毒例外);主要化学成分相同,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;有繁殖能力。微生物还具有与动植物不同的特点,可以归纳如下:

1. 形体微小,结构简单 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。肉眼一般看不见,必须借助显微镜将它们放大几百倍乃至上千倍才能看清,有些微生物,如病毒用普通光学显微镜也无法看到,只有用电子显微镜将它们放大几万倍以至十几万倍才能看清。

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。形体微小、结构简单是所有微生物的基本特征。

2. 种类繁多,分布广泛 微生物的种类繁多。据统计,目前已发现的微生物有约 15 万种。更大量的微生物资源还有待我们发掘。随着分离、培养方法的改进和研究工作的深入,微生物的新种、新属、新科,甚至新目、新纲不断发现。有人估计已发现的微生物种类至多也不超过自然界中微生物总数的 10%。可以相信,随着人类认识和研究工作的发展,总有一天微生物的总数会超过动植物的总和。

微生物在自然界分布极为广泛。土壤、空气、河流、海洋、盐湖、高山、沙漠、冰川、油井、地层下以及动物体内外、植物体表面等各处都有大量的微生物在活动。例如,在人体肠道中经常聚居着 100~400 种不同种类的微生物,个体总数超过 100 万亿个;1974 年 4 月和 1977 年 2 月,科学家们发现东太平洋深达 1 万多米的海底温泉中存在既耐高温(100°C)又耐高压($1.15 \times 10^8 \text{ Pa}$ 大气压)、在厌氧条件营自养生活的硫细菌;20 世纪 70 年代末,人们用地球物理火箭从 74 km 的高空采集到微生物,后来又在 85 km 的高空找到了微生物;有人在南极洲深 128 m 和 427 m 的沉积岩中找到了活细菌。可见,微生物的分布比高等生物广泛得多。

3. 代谢类型多,代谢能力强 微生物代谢类型之多是动植物所不及的。它们几乎能分解地球上的一切有机物,也能合成各种有机物。微生物的代谢产物极多,仅抗生素已发现

9 000多种。微生物有多种产能方式,有的利用分解有机物放出的能量;有的从无机物的氧化中获得能量;有的能利用光能,进行光合作用。有的能进行有氧呼吸;有的能进行无氧呼吸。有的能固定分子态氮;有的能利用复杂有机氮化物。有的微生物具有抗热、冷、酸、碱、高渗、高压、高辐射剂量等极端环境的特殊能力。

微生物的代谢能力比动植物强得多。它们个体小,比表面大,一个或几个细胞就是一个独立的个体,能迅速与周围环境进行物质交换,因而具有很强的合成与分解能力。据研究,大肠杆菌(*E. coli*)每小时可消耗自重2 000倍的糖,乳酸细菌每小时可产生自重1 000倍的乳酸,产朊假丝酵母(*Candida utilis*)合成蛋白质的能力是大豆的100倍,是肉用公牛的10万倍。微生物的高效率的吸收转化能力有极大的应用价值。

4. 生长繁殖快,培养容易 微生物的繁殖速度是动植物无法比拟的。有些细菌在适宜条件下每20 min就繁殖一代,24 h就是72代。微生物的快速繁殖能力应用在工业发酵上可以大大提高生产率,运用于科学研究中可以大大缩短科研周期。当然,必须防止病原微生物和腐败微生物的危害。

微生物培养容易,能在常温常压下利用简单的营养物质,甚至工农业废弃物生长繁殖,积累代谢产物。利用微生物发酵法生产食品、医药、化工原料等具有许多优点:设备简单,不需要高温、高压设备;原料广泛,可用廉价的甘薯粉、米糠、麸皮、玉米粉及废糖蜜、酒糟等工农业副产品;不需要催化剂;产品一般无毒。工艺独特,成本低廉,可因地制宜,就地取材。

5. 容易发生变异,适应能力强 微生物个体微小,易受环境条件影响,加之繁殖快,数量多,容易产生大量变异的后代。利用这一特性选育优良菌种比较方便。例如,青霉素生产菌产黄青霉(*Penicillium chrysogenum*)1943年每毫升发酵液只含约20单位的青霉素。经过多年的选育,变异逐渐积累,该菌目前每毫升发酵液青霉素含量已接近10万单位。当然,事物总是一分为二的。微生物容易发生变异的特性在某些方面对人类也有害,如致病菌对青霉素等抗生素的抗药性,几十年来由于变异的不断积累,使抗生素的治疗效果不断下降。这一特性还常导致菌种衰退。

微生物有极灵活的适应性,这也是动植物无法比拟的。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,并有很多种诱导酶。微生物对环境条件尤其是恶劣的“极端环境”具有惊人的适应能力。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,一些嗜盐细菌能在32%的盐水中正常活动。

(四) 微生物与人类的关系

微生物与人类的关系极为紧密。微生物在自然界物质循环中起着巨大的作用。地球上生物的发展,一方面依赖于植物的光合作用合成有机物,另一方面也依赖于微生物对死的有机体的分解。如果没有微生物的分解作用,则一切生物将无法生存。

微生物在农业生产中起着巨大的作用。微生物是土壤肥力的重要因素,可分解有机残体,促进难溶性矿物转化,固定空气中氮素,增加土壤有效养分;可促进土壤团粒结构的形成。利用微生物的活动可将废弃的有机物堆沤成优质的有机肥料。还可以利用微生物进行沼气发酵,既可产生清洁的燃料,又可生产优质肥料。有些微生物可产生多种抗生素,能防治作物病害和杂草。农产品的加工和贮藏很多是利用有益微生物的作用或抑制有害微生物的活动。

微生物在工业生产中正起着越来越大的作用。有的是直接利用其菌体,有的是利用其

代谢产物或代谢活动。微生物已被广泛用于生产食品、药物、化工原料、生物制品、饲料、农药等。也有的被用于纺织、制革、石油发酵、细菌冶金、石油开采。近年来也有的利用微生物生产塑料、树脂等高分子化合物。随着基因工程、固定化酶、固定化细胞等先进技术的应用,进一步发掘了微生物在工农业生产中的巨大潜力。

在环境保护方面,越来越多地利用微生物处理污水、污物、毒物,消除污染,保护环境以及监测环境等方面。即使含有农药、氰化物、酚等毒物的污水、污物也都可以被微生物降解。微生物的这种降解能力还可以用人工方法获得更大的提高。

微生物与人类及畜禽的健康关系密切。如有些微生物生活在动物肠道内,可合成维生素、氨基酸等,为宿主提供营养。牛羊等反刍动物由于微生物的共生才能消化草料中的纤维素。微生物产生的抗生素可治疗人类及畜禽的传染性病害。

微生物对人类也存在有害的一面。有些微生物能引起人及动植物的病害,称为病原微生物,在历史上曾给人类造成重大的灾难。某些病原微生物至今仍在严重威胁人体健康和农牧业生产。微生物的破坏性还表现在引起工农业产品及生活日用品的霉烂、腐蚀。我们要充分利用微生物对人类有益的方面为社会主义建设服务,努力消除其危害,并化害为利,为人类造福。

二、微生物学的任务

(一) 微生物学及其分支学科

微生物学是研究微生物及其生命活动规律和应用的科学。研究内容包括微生物的形态结构、分类鉴定、生理生化、生长繁殖、遗传变异、生态分布及其在工业、农业、医疗卫生、环境保护和生物工程等方面的应用。

由于研究任务不同,微生物学形成了许多分支学科。研究微生物学基本问题的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学及分子微生物学等,还有重点研究微生物与寄主细胞相互关系的细胞微生物学,以及伴随人类基因组计划兴起的微生物基因组学等分支学科。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等。应用微生物学有农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、药学微生物学、卫生微生物学、食品微生物学、乳品微生物学、石油微生物学、海洋微生物学、土壤微生物学、环境微生物学、地质微生物学、宇宙微生物学等。微生物学的各分支学科既互相区别,又互相联系、互相渗透、互相促进。

(二) 微生物学的任务

微生物学的任务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,发掘微生物资源,充分利用微生物的有益作用,消除其有害影响,造福人类。

微生物学是生命科学的重要组成部分。由于微生物结构简单、生长繁殖迅速、易于培养,突变体应用方便,因而它们是研究生命科学中许多基本问题的良好材料。现代生物化学和分子生物学的许多重要概念都是从微生物代谢研究中得到的。微生物遗传学的研究大大丰富了现代遗传学。微生物学与生物化学、分子生物学、分子遗传学和细胞生物学等学科相互渗透,相互促进,在探索生命的本质、生命活动规律、生命起源与生物进化等方面都有重要意义。

第二节 微生物学的发展

一、我国古代人民对微生物的认识和利用

微生物学的历史虽短,但人类利用微生物的时间却很长。我国是世界文明发达最早的国家之一。我国劳动人民在长期的生产实践中,对微生物的活动早就有了较深刻的认识,利用微生物的历史悠久,经验丰富。

工业方面,我国早在 5 000 多年前就利用微生物酿酒。4 000 多年前的龙山文化遗址出土的陶器中发现很多饮酒的器具。商代甲骨文中有很多不同品种酒的记载。公元前 14 世纪《书经》里就有“若作酒醴,尔惟曲蘖”的记载。制曲酿酒是我国独特的工艺。在商代遗址中发现了酿酒工场遗址,并发现人工培植的酵母,说明至少在商代我国已有相当发达的独立的酿酒手工业了。《齐民要术》和《天工开物》详细记载了我国几十种酒及其先进的酿造技术。我国的制曲酿酒以工艺独特、历史悠久、经验丰富、品种多样的 4 大特点闻名世界,对人类作出了突出的贡献。直到 19 世纪末,欧洲人才开始研究这种方法。

红曲是我国劳动人民的又一项重大发明,它是我国的特产,不仅是无害的食品染料,而且能入药。公元前 10 世纪,我们的祖先已利用豆类在霉菌的作用下制酱。公元 6 世纪《齐民要术》详细记载了制醋的方法。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。

900 多年前,我国已正式利用细菌浸出法大量生产铜。

农业方面,我国早在商代已使用沤粪肥田。公元前 1 世纪《汜胜之书》就已提出用熟粪肥田和瓜与小豆间种的耕作制度。公元 3 世纪《广志》记载稻田栽培紫云英作绿肥。北魏贾思勰著的《齐民要术》明确提出“凡谷田,绿豆、小豆底为上”,提倡谷豆轮作,利用根瘤菌为农业生产服务。而西方采用豆类轮作则是 18 世纪 30 年代以后的事了。

我们的祖先对作物、牲畜、蚕、桑的病害及其防治方法也早有认识。公元 2 世纪《神农本草经》就记载了蚕的“白僵(病)”。李时珍的《本草纲目》中有很多植病的记载。我国劳动人民对作物及蚕的病害早有各种有效的防治措施,如保持环境清洁、蚕房干燥、空气流通,洗晒养蚕用具。这些措施现在仍是预防病原菌传染的好方法。

食用菌栽培是我国劳动人民的首创。据《本草纲目》记载,我国人工栽培食用菌从公元 7 世纪(唐朝)开始,西方是从 18 世纪开始的。

医学方面,我国劳动人民在 2 500 多年前就知道用曲治疗消化道疾病,很早以前就应用茯苓、灵芝等真菌治疗疾病。2 000 多年前就已认识到许多疾病有传染性,并对防治传染病积累了丰富的经验。春秋时代的名医扁鹊提出防重于治的正确医学思想。2 000 多年前就有鼠疫流行的记载,公元前 556 年已知狂犬病来源于疯狗,并采取驱逐疯狗预防狂犬病。公元 3 世纪,我国已有“取獬(疯狗)脑傅之”以防治狂犬病的记载。与近代防治狂犬病的免疫学方法相似。公元 2 世纪,张仲景已认识到伤寒流行与环境、季节有关,并提出禁止食用病死兽类的肉及不清洁的食物。三国时期的名医华佗首创麻醉术及剖腹外科,并主张割去腐肉以防传染。这种先进的医学思想和高超的医疗技术在当时世界上是遥遥领先的。公元 4

世纪葛洪在《肘后方》中详细记载了天花的病状和流行方式。公元 11 世纪(宋代)种人痘预防天花已广泛应用。这是世界医学史上的伟大创造,后来传至亚洲、欧洲及美洲各国,成为一切免疫方法的起源。18 世纪英国医生秦纳(E. Jenner)在我国发明的种“人痘”的基础上发展为种“牛痘”。

我国劳动人民在对有益微生物的利用和对有害微生物的控制方面创造了许多宝贵的经验。长期以来,在各个方面都一直保持着领先地位。但是,在解放前的 100 多年中,由于帝国主义、封建主义、官僚资本主义的压迫与剥削,旧中国微生物学的发展受到了极大的限制。

二、微生物的发现

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见的微小生物,但由于技术条件的限制,无法用实验证实。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 倍的简单显微镜在污水、牙垢、腐败有机物中观察到并描绘了微小生物,为微生物的研究创造了条件。限于当时的科学技术水平,在此后近 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。

三、微生物学的奠基

19 世纪 30 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。法国人巴斯德(L. Pasteur)通过研究酒的变质、蚕病及鸡霍乱、牛炭疽病、人的狂犬病,获得了许多微生物学知识。发现酒、醋的酿造是由不同微生物的发酵引起的,酒变酸是有害微生物繁殖的结果。这些有害细菌需要不同的生活条件,通过控制发酵条件便可有效地控制发酵过程。他利用接种减毒疫苗的方法预防鸡霍乱,和牛、羊炭疽病等传染病。他还提出了科学的消毒法,后称巴氏消毒法。巴斯德用严密的科学实验令人信服地否定了微生物的“自然发生说”,提出了生命只能来自生命的胚种学说。他将 2 个瓶中的有机汁液煮沸后,其中一个瓶口连接一个弯曲的长管以保持有机汁液与外界空气接触,另一个瓶子从顶端开口,都不加盖置于空气中。结果前一个瓶中没有微生物发生,而后一个出现了大量微生物。前一个瓶中之所以能保持无菌状态,由于空气中的带菌尘埃不能通过弯曲的长管进入瓶内(图 0-1)。从此,对微生物的研究从形态描述进入生理学研究的新阶段。

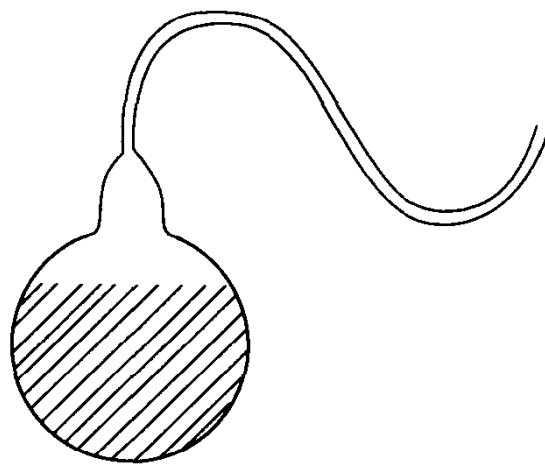


图 0-1 鹅颈培养瓶

柯赫(R. Koch)是德国医生,在建立微生物学实验方法、寻找并确证重要传染病的病原等方面作出了重大贡献。他首先分离、培养出炭疽病菌、霍乱弧菌和结核杆菌等病原菌。他于 1884 年提出了确定病原微生物的科赫法则(Koch's postulates):病原微生物总是存在于患传染病的动物体内;这一病原微生物能从寄主分离到,并被培养为纯培养物;这种纯培养物接种到敏感动物体内,应出现特有的疾病症状;从人工接种的致病动物体内能分离到与原来相

同的病原微生物。这一法则至今仍指导着动、植物病原的确定。他还建立了一套研究微生物的技术,如菌种分离、培养、接种、染色等,一直沿用至今。

巴斯德与柯赫的工作奠定了微生物学的科学基础。此后,微生物学发展比较迅速,微生物学各分支学科相继建立。许多微生物学家作出了贡献,如贝哲林克(M. Beijerinck)与维诺格拉德斯基研究了豆科植物的根瘤菌及土壤中的固氮菌和硝化细菌,提出了土壤细菌和自养微生物的研究方法,奠定了土壤微生物学的基础。伊万诺夫斯基在研究烟草花叶病时发现了烟草花叶病毒,扩大了对微生物的认识,并奠定了病毒学的基础。梅契尼可夫发现了白细胞的噬菌作用,对免疫学的建立作出了贡献。埃尔里赫(P. Ehrlich)用化学药剂控制病菌,开创了化学治疗法。在此期间各种病原菌陆续发现,病原菌新的检查方法相继建立。由于各类微生物包括放线菌、立克次氏体、病毒等相继发现,人们对微生物种类的认识日益加深,对微生物的应用更加广泛,各种微生物学专著陆续出版。

四、现代微生物学的发展

进入 20 世纪,由于电子显微镜的发明,同位素示踪原子的应用,生物化学、生物物理学等边缘学科的建立,推动了微生物学向分子水平的纵深方向发展。

1929 年英国医生弗来明(A. Fleming)发现青霉素能抑制细菌生长。此后,开展了对抗生素的深入研究,抗生素工业象雨后春笋一样发展起来,形成了强大的现代化产业部门。除医用外,抗生素还广泛用于动植物病害及杂草防治和食品保藏等方面。

1935 年斯坦来(W. Stanley)得到烟草花叶病毒的结晶。1937 年鲍登(F. Bordon)等证实该结晶为核蛋白,它具有感染能力。此后,证明其他许多病毒的主要成分也是核蛋白。核蛋白由核酸与蛋白质组成,两部分分开后,只有核酸具有侵染能力。这些发现不仅为病毒病的治疗指明了途径,而且为探索生命的本质和起源提供了线索。

20 世纪 30 年代电子显微镜的发明,突破了光学显微镜的限制,为微生物学等学科提供了重要的观察工具。1939 年考雪(G. Kausche)等第一次用电子显微镜观察到了棒状的烟草花叶病毒。

1941 年比德耳(G. Beadle)和塔图姆(E. Tatum)分离并研究了脉孢菌的一系列生化突变型,将遗传学和生物化学紧密结合起来,不仅促进了微生物遗传学和微生物生理学的建立,而且也推动了分子遗传学的形成。同时,也使基因和酶的关系得到阐明,提出了“一个基因一个酶”的假说。对基因的作用和本质有了进一步的了解。

1944 年埃弗里(O. Avery)等人通过细菌转化实验,证明储存遗传信息的物质是脱氧核糖核酸(DNA),第一次确切地将 DNA 和基因的概念联系起来,开创了分子生物学的新纪元。

1953 年沃森(J. Watson)和克里克(F. Crick)总结了前人的实验结果,提出了脱氧核糖核酸分子双螺旋结构模型及核酸半保留复制假说,为分子生物学和分子遗传学奠定了坚实的理论基础。

1958 年克里克(F. Crick)提出遗传信息传递的“中心法则”。

1961 年雅各布(F. Jacob)和莫诺(J. Monod)通过对大肠杆菌乳糖代谢的调节机制的研究,提出了操纵子学说,并指出基因表达的调节机制。1965 年尼伦伯格(M. Nirenberg)等用大肠杆菌的离体酶系证实了三联体遗传密码的存在,提出遗传密码的理论,阐明了遗传信息的表达过程。

1963年莫诺等提出调节酶活力的变构理论。这些微生物学研究成果,使分子生物学更快地发展起来。

1970年史密斯(H. Smith)等从流感嗜血菌 *Rd* 的提取液中发现并提纯了限制性内切酶,为分子生物学及遗传工程实验室找到了加工 DNA 分子的“手术刀”。

1973年科恩(S. Cohen)等人首次将重组质粒成功地转入大肠杆菌中。从此,基因工程研究蓬勃开展。

1975年,密尔斯坦(C. Milstein)等人建立生产单克隆抗体技术,在免疫学中引起了一场革命。它是微生物培养技术、合成培养基技术、营养缺陷型筛选技术及原生质体融合等技术在免疫学领域的应用。

1977年 F. Sanger 等人对 ϕ X174 噬菌体的 5 373 个核苷酸的全部顺序进行了分析。此后,20世纪90年代中后期相继对独立生活的原核生物流感嗜血杆菌和真核生物酿酒酵母 DNA 进行全序列分析。为“人类基因组作图和测序计划”及其后基因组研究的完成作好了技术准备。

20世纪,微生物学与生命科学及其他学科汇合、交叉,获得了全面、深入的发展。首先,它与遗传学、生物化学汇合,形成了微生物遗传学和微生物生理学,同时其他各分支学科都得到迅速发展。随后,微生物生态学、环境微生物学等许多新的分支学科也在与生态学、环境科学等学科的交叉中发展起来。20世纪50年代,微生物学研究全面进入分子水平,并与分子生物学等学科进一步渗透,使微生物学发展成为生命科学中发展最快、影响最大、体现生命科学主流的前沿科学。另一方面,微生物学也为生命科学作出了多方面的贡献。糖酵解及许多氨基酸、核苷酸等的合成途径都是通过对微生物的研究搞清楚的。许多代谢途径首先是在微生物中发现,再从动物组织中找到,最后在植物中得到证明。因为,许多生化反应在不同细胞中都是相同的。微生物是研究生命科学的理想材料,如转化、转导、接合、代谢阻遏、遗传密码、转录、翻译、mRNA、tRNA 等许多基本概念,绝大部分都是以微生物为研究材料发现和证实的。微生物学、生物化学和遗传学相互渗透,促进了分子生物学的形成,深刻地影响了生命科学的各个方面。因此,微生物学是现代生命科学的带头学科之一,正处于整个生命科学发展的前沿。

微生物学不但使生命科学在理论上产生重大变革,而且它的实验方法也是独特的、先进的。如显微镜技术和制片染色技术、无菌操作技术、消毒灭菌技术、纯种分离和克隆化技术、纯种培养技术、突变型标记及筛选技术、菌种保藏技术、原生质体制备和融合技术及 DNA 重组技术等。许多方法已在生命科学的很多领域中广泛采用,推动了整个生命科学的发展。

20世纪70年代兴起的以微生物为主角的基因工程,是获得新物种的一项崭新技术,为人工定向控制生物遗传性状、根治疾病、美化环境、用微生物生产稀有的多肽类药物及其他发酵产品展现了极其美好的前景。

21世纪微生物学将进一步向地质、海洋、大气、太空等领域渗透,使更多的边缘学科得到发展,如地质微生物学、海洋微生物学、大气微生物学、太空微生物学及极端环境微生物学等。微生物与能源、信息、材料、计算机的结合也将开辟新的研究领域。微生物学的研究技术和方法也将会在吸收其他学科的先进技术的基础上,向自动化、定向化和定量化发展。

微生物世界是一个十分广阔的天地。微生物学不仅有辉煌的过去和现在,而且有更加灿烂的未来。