

高等学校试用教材

微生物学

武汉大学
复旦大学 生物系微生物学教研室编

高等教育出版社

高等学校试用教材

微生物学

武汉大学
生物系微生物学教研室编
复旦大学

高等教育出版社

本书是根据 1977 年 10 月在成都召开的高等学校生物学类教材编写会议上拟定的《微生物学》教材大纲编写的。

内容包括绪论、微生物的形态结构、病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物的生长、微生物的遗传变异和育种、微生物的生态、传染与免疫、微生物的分类等共十章。

考虑到目前国内同类教材还比较缺乏，所以内容偏多些，使适应面广一些，在使用时各校可根据具体情况有所取舍。本书可作为综合大学生物系微生物学试用教材，也可作为高等师范院校生物系教学参考书。

高等学校试用教材

微生物学

武汉大学
复旦大学 生物系微生物学教研室编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 17.25 字数 390,000

1979 年 5 月第 1 版 1984 年 4 月第 6 次印刷

印数 67,301—87,000

书号 14010·031 定价 1.25 元

前 言

本书是根据 1977 年 10 月在成都召开的全国高等学校生物学类教材会议上所提出的《微生物学》教材大纲(初稿)编写的。

微生物学是生物系的一门基础课,通过本课程的学习,应使学生建立较深刻的微生物的生物学观点,并初步学会分析和解决有关实际问题的能力。

在编写过程中,我们力求以辩证唯物主义为指导思想,参考了近年来国内外有关的进展与成就,围绕着微生物的生物学特性,对微生物学的一些基本概念、基本理论和基础知识作比较系统和详细的阐述。

由于微生物学是一门实践性很强的实验科学,与实现我国社会主义四个现代化的关系密切,因此,在编写中叙述理论问题时,注意了与实践的联系。同时,要求学生在学习本课程时,应以相当的时间和精力放在实验操作技术的基本训练上。

为了提高这门课程的教学效果,本书还注意了插图的选择与安排。

本书为综合大学生物系微生物学试用教材,也可作为高等师范院校生物系学生的教学参考书。考虑到国内同类教科书还较缺乏,所以内容编写偏多一些,使适应面广一些,在使用时,各校可根据具体情况和特点有所取舍。课堂讲授一般可安排 50—60 学时,在学了生物学和生物化学课程的基础上进行。

本书的编写工作是在武汉大学的校、系各级领导关怀与支持下进行的。由武汉大学陈漱澍(编写第一、二、三、五、六章)、沈萍(第四章)、沈萍、刘序章(第八章)、范秀容(第九章)、夏淑芬、卢振祖(第十章),复旦大学周德庆(第七章)等同志参加具体编写工作。在编写过程中,曾得到武汉大学高尚荫教授的指导;得到武汉大学、复旦大学有关的系和教研室的不少同志的支持与帮助。此外,第七章的初稿还蒙复旦大学盛祖嘉付教授审阅;中国科学院武汉病毒研究所为本书提供了多幅电镜照片,对此,我们谨表示深切谢意。

参加本书审稿工作的有北京大学、山东大学、南开大学、四川大学、西北大学、中山大学、厦门大学、云南大学、内蒙古大学、上海化工学院、复旦大学、武汉大学等高等院校和人民教育出版社的同志,他们工作认真负责,对初稿提出了很多宝贵的修改意见。在此,我们表示衷心感谢。

由于编写时间较短,加之我们的思想和业务水平有限,因此,本书中难免会出现重复、不妥甚至错误之处。希望有关师生在试用过程中随时向我们提出意见。

编 者

1979.1

目 录

第一章 绪 论

第一节 微生物学的研究对象与任务	
一、微生物学的研究对象	1
二、微生物学的任务	2
第二节 微生物学的发展	3
一、我国古代对微生物的认识与利用	3
二、微生物的发现与微生物学的奠基	4
三、现代微生物学的发展	5
四、我国微生物学简况	6

第二章 微生物的形态结构

第一节 细菌	8
一、细菌的形态	8
二、细菌的大小	11
三、细菌细胞结构	11
四、细菌菌落特征	28
五、细菌的繁殖方式	28
第二节 放线菌	30
一、放线菌的形态	30
二、放线菌菌落特征	31
三、放线菌的繁殖方式	32
四、放线菌的代表属	33
五、放线菌与细菌的比较	33
第三节 霉菌	34
一、霉菌的形态结构	34
二、霉菌菌落特征	35
三、霉菌的繁殖方式	35
四、几种霉菌代表	38
第四节 酵母菌	40
一、酵母菌的形态结构	40
二、酵母菌菌落特征	42
三、酵母菌的繁殖方式	42
第五节 立克次氏体、枝原体、衣原体	45
一、立克次氏体	45
二、枝原体 (Mycoplasmas)	45

三、衣原体 (Chlamydias)	47
--------------------	----

第三章 病 毒

第一节 病毒的形态结构	48
一、病毒的大小与形态	48
二、病毒的化学组成	50
三、病毒的结构	53
第二节 病毒的繁殖	56
一、病毒繁殖过程	56
二、溶源性	60
三、一步生长曲线	62
第三节 病毒的种类与分类	63
一、动物病毒	63
二、昆虫病毒	64
三、植物病毒	65
四、微生物病毒	65

第四章 微生物的营养

第一节 微生物的营养需要、营养物质及其功能	70
一、微生物的营养需要	70
二、营养物质及其功能	72
第二节 营养物质透过细胞	78
一、单纯扩散	78
二、促进扩散	79
三、主动运输	79
四、基因转位	81
第三节 微生物的营养类型	82
一、光能自养微生物	82
二、光能异养微生物	82
三、化能自养微生物	82
四、化能异养微生物	83
第四节 培养基	83
一、配制培养基的原则	83
二、培养基的类型及应用	86

第五章 微生物的代谢	
第一节 产能代谢	89
一、发酵	89
二、有氧呼吸	91
三、无氧呼吸	91
四、不同呼吸类型微生物	93
五、不同发酵类型微生物	94
第二节 多糖的分解	98
一、淀粉的分解	98
二、纤维素与半纤维素的分解	99
三、果胶质的分解	101
四、几丁质的分解	102
第三节 烃类化合物的分解	102
一、正烷烃的氧化	103
二、芳香烃的氧化	103
三、烃类微生物的应用	104
第四节 蛋白质、氨基酸的分解	104
一、蛋白质的分解	104
二、氨基酸的分解	105
第五节 固氮作用	108
一、固氮微生物	109
二、固氮作用机理	111
第六节 微生物的自养代谢	112
一、光能自养微生物	113
二、化能自养微生物	118
第六章 微生物的生长	
第一节 微生物纯培养的生长	121
一、纯培养分离法	121
二、生长的测定	122
三、生长曲线	123
四、连续培养	125
五、同步生长	127
第二节 物理、化学因素对微生物 生长与死亡的影响	128
一、温度	128
二、氧化还原电位	132
三、辐射	132
四、干燥	133
五、渗透压	134
六、超声波	134
七、过滤	134
八、酸、碱与 pH	135
九、重金属及其化合物	135
十、有机化合物	136
十一、卤族元素及其化合物	136
十二、表面活性剂	137
十三、染料	137
第三节 化学药剂对微生物的作用	138
一、抗代谢物	138
二、抗菌素	139
三、微生物的抗药性	142
第七章 微生物的遗传变异和育种	
第一节 遗传变异的物质基础	145
一、证明核酸是遗传变异物质基础的 经典实验	145
二、DNA 的结构和复制	147
三、遗传物质在细胞中的存在方式	148
第二节 基因突变和诱变育种	152
一、基因突变	152
二、突变与育种	162
第三节 基因重组和杂交育种	173
一、原核微生物的基因重组	173
二、真核微生物的基因重组和杂交育种	178
第四节 基因工程	182
第五节 菌种的衰退、复壮和保藏	185
一、菌种的衰退与复壮	185
二、菌种的保藏	187
第八章 微生物的生态	
第一节 自然界中的微生物	190
一、土壤中的微生物	190
二、水中的微生物	196
三、空气中的微生物	199
四、工农业产品中的微生物	201
第二节 微生物与污水处理	203
一、微生物与无机污染物	204
二、微生物与有机污染物	204
第三节 微生物间以及微生物与 其他生物间的关系	205

一、微生物间的相互关系	206
二、微生物与高等植物间的关系	208
三、微生物与人体及动物间的关系	212

第九章 传染与免疫

第一节 细菌性传染	216
一、细菌性传染机制	216
二、环境因素对细菌性传染的影响	219
第二节 抗原	220
一、抗原的性质	220
二、微生物的抗原结构	224
第三节 人体对传染的非特异性 免疫	225
一、皮肤与粘膜	225
二、吞噬细胞	225
三、正常体液中的抗微生物因素	227
第四节 人体对传染的特异性免疫	230
一、特异性免疫的组织学基础	230
二、抗体与体液免疫	233
三、细胞免疫	238
四、特异性免疫的获得方式	240
五、生物制品	241
第五节 变态反应	242
一、变态反应的概念	242
二、各型变态反应举例及其反应机制	242

第六节 血清学反应	245
一、抗原抗体反应的一般规律	246
二、凝集反应	247
三、沉淀反应	248
四、免疫荧光方法(荧光抗体方法)	250
五、补体结合反应	251

第十章 微生物的分类

第一节 微生物分类的单位和命名	255
一、微生物的分类单位	255
二、微生物的命名	256
第二节 微生物分类的依据	257
一、个体形态与菌落形态	257
二、生理特性和生化反应	258
三、血清反应	258
四、生态	258
五、生活史	258
六、对噬菌体的敏感性	259
七、新技术在微生物分类中的应用	259
第三节 微生物分类系统	260
一、细菌的分类系统	260
二、放线菌的分类系统	262
三、霉菌的分类系统	264
四、酵母的分类系统	267

35

第一章 绪 论

第一节 微生物学的研究对象与任务

一、微生物学的研究对象

微生物并非生物分类学上的名词,而是所有形体微小,单细胞或个体结构较为简单的多细胞,甚至没有细胞结构的低等生物的通称。因此,微生物中类群十分庞杂,包括:不具细胞结构的病毒;单细胞的立克次氏体、细菌、放线菌;属于真菌的酵母菌与霉菌;单细胞藻类、原生动物等。微生物虽然如此多样,但它们都是较为简单的、低等的生命形式,生物学特性比较接近,加之对它们的研究方法与应用方面颇为相似,故常将它们统统放在微生物学的研究范围内。但也有人将单细胞藻类与原生动物分别归属于植物学与动物学范围。

在生物学发展的历史上,曾把所有生物分为动物界与植物界。微生物中有些类群,如原生动物,细胞柔软而不具细胞壁、可运动、不行光合作用,属于动物界。有些类群,如藻类,细胞具细胞壁、行光合作用,归于植物界。但许多细菌可运动又不行光合作用,将它们归于植物界或动物界均不合适。因此,早在上世纪七十年代,就有人提出另立微生物界或原生生物界的倡议。目前较为普遍被接受的是魏塔克(Whittaker)于1969年提出的五界系统,即将所有具有细胞结构的生物分为原核生物界(包括细菌与蓝藻),原生生物界(包括大多数藻类与原生动物),真菌界(包括酵母菌与霉菌等),植物界与动物界。我国学者最近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,植物界与动物界。据此,微生物学的研究对象在生物分类系统中分别属于病毒界、原核生物界、真核原生生物界与真菌界。

随着生物科学的发展,对生物分类的认识也是由宏观到微观,由表及里的不断深化的过程。所谓原核生物与真核生物,是根据用电子显微镜研究生物细胞,在深入了解细胞结构的基础上提出来的。原核生物细胞不具核膜,核物质裸露,不进行有丝分裂。细菌、放线菌、蓝藻为原核生物。真核生物细胞的细胞核有核膜,行有丝分裂。真菌、大多数藻类、原生动物以及高等动、植物均为真核生物。原核生物结构简单,在进化过程中比真核生物原始。图 1-1 示生物各类群的可能进化关系及微生物在其中的地位。

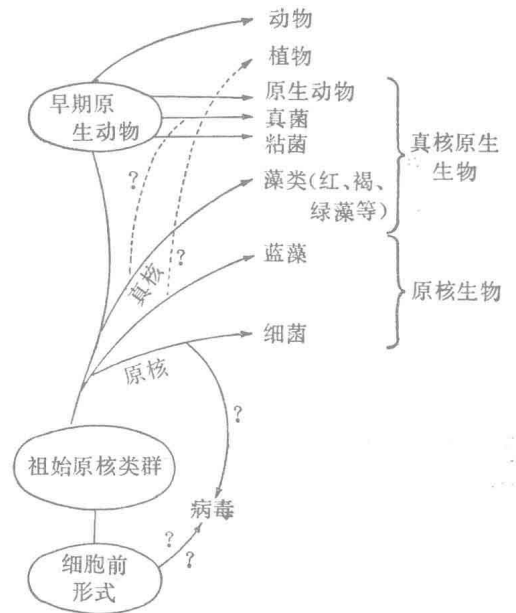


图 1-1 生物主要类群的可能进化关系,圈内系假设的已消失的类群
(引自 B. D. Davis et al. Microbiology, 1973)

二、微生物学的任务

微生物学是研究微生物及其生命活动的学科,研究的内容涉及微生物的形态结构,分类鉴定、生理生化、生长繁殖、遗传变异、生态,以及微生物之间、微生物与其他生物之间的相互关系,微生物在农业、工业、环境保护、医疗卫生事业各方面的应用等。研究微生物及其生命活动是为了利用、控制、改造微生物,为社会主义建设服务,为人类造福。

微生物在自然界中分布极为广泛。江河湖海、土壤矿层、大气上空、以及动、植物体表、体内,几乎无处不有微生物的存在。可以这样说,凡是有高等生物生活的地方,都有微生物的存在;没有高等生物生存,或对高等生物有害的环境中,也有微生物的踪迹,甚至生长繁茂。微生物的活动与人们的生活及生产息息相关。

有些微生物能引起人及动、植物的病害,它们在历史上曾给人类带来灾难。至今,某些微生物导致的疾病,仍然严重威胁人体健康及农牧业的发展。微生物的破坏性还表现在引起工业产品、农副产品及生活用品的腐蚀、霉烂。防止、消除微生物的有害活动,或使之转害为利,是微生物学的重要研究方面。

已知自然界中存在的微生物,致病性的只是少数,大多数对人与动、植物是有益的或者是无害的。有些微生物生活在动物肠道内,合成某些维生素,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。豆科植物与根瘤菌共生从而获得氮素营养。

微生物在自然界物质转化中起着不可缺少的作用。地球上生物的繁荣发展,一方面依赖于绿色植物光合作用合成有机物质,另一方面也依赖于微生物对有机物的分解。微生物对有机物的分解及动、植物的呼吸作用,都放出二氧化碳,但其中 90% 以上是微生物活动产生的。如果没有微生物分解有机物,则地球上有机物将越来越多,空气中有限的二氧化碳只要几十年就会完全被植物光合作用所耗尽。这样,一切生物将无法生存。

微生物是土壤肥力的重要因素。植物、动物以及人类的生存都直接或间接依赖于土壤肥力,而土壤肥力又决定于其中微生物的活动。微生物分解动、植物的排泄物及残体,使有机成分变为无机物,可供植物吸收利用。土壤中的硫、磷、钾、铁等化合物也是通过微生物的作用转化成可溶性盐类,而被植物根系吸收。固氮微生物固定空气中的游离氮,增进土壤肥力,为植物提供氮源,是自然界中氮素循环的重要的环节。土壤的形成,石油、天然气、煤及硫矿的形成都有微生物的活动在起作用。有些微生物具有分解各种对其他生物有毒物质的能力,在污水净化中极为重要。

由于微生物的生理及代谢类型多种多样,代谢活力强,它们已广泛被应用于工农业生产中。在应用上有的直接利用其菌体,有的是利用其代谢产物或代谢活动。不少微生物已被用来加工或生产各种食品、药物、化工原料、生物制品、饲料、农药等。发掘微生物资源,充分利用微生物的有益活动,发挥微生物的有利作用是微生物学研究的另一重要方面。

微生物学的重要性还在于它既是应用科学,又是基础学科。微生物学是生物学的重要组成部分,而且经常与分子生物学联系在一起,在探讨生命的本质、生物活动规律、生物的起源与进化等方面有着重要意义。由于微生物结构简单、生长繁殖迅速、易于培养以及突变体应用的方便,使它们成为研究生物学中许多基本问题的良好材料而受到重视。

微生物学由于其研究任务不同,形成了一些分支学科。着重于研究微生物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、微生物遗传学等。依研究对象的种类而分,有细菌学、真菌学、病毒学等。在应用微生物学方面有农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、乳品微生物学、石油微生物学、海洋微生物学、土壤微生物学等。各分支学科的相互配合相互促进,有利于微生物学的全面深入的发展。

第二节 微生物学的发展

恩格斯在《自然辩证法》一书中指出:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”。人们在长期的生产斗争中认识自然,改造自然,推动了自然科学的发展。科学的发展反过来又对生产实践起着巨大的指导作用,促进生产实践向前发展。从微生物学的发展过程来看也是如此。

一、我国古代对微生物的认识与利用

我国是世界文明发达最早国家之一。勤劳勇敢的中国人民,在长期生产实践中,对微生物的认识与利用有着悠久的历史,积累了丰富的经验。在我国,利用微生物进行谷物酿酒的历史,至少可追溯到距今四千多年前的龙山文化时期。从我国龙山文化遗址出土的陶器中有不少饮酒的用具。殷代甲骨文中载有不少“酒”字。近二十多年来考古工作的大量新成就还告诉我们,谷物酿酒的产生与生产力的发展是分不开的。生产力的发展使得谷物有了剩余,从而构成谷物酿酒的物质基础。公元前十四世纪《书经》一书里有“若作酒醴,尔惟曲蘖”的记载,意思是说:要酿造酒类,必须用曲蘖。曲是由谷物发霉而成的,蘖就是发芽的谷物,说明那时已用曲与蘖酿酒。在郑州曾发现商代酿酒工场的遗址,可见至少在商代,我国酿酒已从农业分化发展成独立的手工业了。利用微生物的特性,在不完全灭菌条件下,培育出具有优良菌种的曲,用以酿酒及制作醋、酱等。是我国劳动人民在酿造工艺上的独特贡献。

在农业方面,据考证,远在商代,已知使用经过一定时间储存的粪便来肥田。到了春秋战国时期,沤制粪肥的应用更为普遍。公元前一世纪《汜胜之书》中就提出肥田要熟粪及瓜与小豆间作的耕作制度。后魏贾思勰著《齐民要术》(六世纪)总结前人经验指出,种过豆类植物的土地特别肥沃,提倡轮作。实际上是应用根瘤菌的作用为农业生产服务,而西方采用轮作制则是十八世纪三十年代以后的事了。

随着农业生产的发展,人们对作物、牲畜、蚕、桑的病害及其防治方法也逐步有所认识。如公元二世纪,《神农本草经》中就有蚕的“白僵(病)”的记载。《陈旉农书》里也明确提到“黑白红僵”三种蚕病。明朝李时珍的《本草纲目》中有不少植病记载。历代劳动人民对作物、蚕病也都有各种防治措施。例如,注意环境清洁,保持蚕室干燥、空气流通,养蚕用具要勤晒。现在看来仍为预防病原微生物感染的好方法。

在医学方面,我国古代人民对疾病的病原及传染问题已有接近正确的推论,对防治疾病有着极丰富的经验。如春秋时代的名医扁鹊(约在公元前五至六世纪)即主张防重于治,为世界

上发展较早的正确医学思想。《左传》中记载有鲁宣公十二年(公元前 597 年)叔展所说:“有麦曲乎? 曰:无……。河鱼腹疾奈何?”的一段话。可见公元前六世纪就知道用酿酒微生物治腹泻病。左襄公时(公元前 556 年)已知狂犬病来源于疯狗,而很重视驱逐疯狗来预防狂犬病。汉朝以后的历史记载更进一步描述了狂犬病的主要特征及发病季节。公元三世纪我国有“取(疯狗)脑傅之”的记载,实际上与近代防治狂犬病有效的免疫学方法相似。公元二世纪时,张仲景判断伤寒流行与环境季节有关,并提出禁食病死兽类的肉及不清洁食物。华佗(约公元前 112—212 年间)首创麻醉术及剖腹外科,并主张割去腐肉以防传染。早在公元 326—336 年,葛洪《肘后方》中,除详记天花病状外,并注意到天花流行的方式。我国古代采用种痘以防天花的方法,是世界医学史上的一大创造。根据《医宗金鉴》记载:“种痘之法起于江右,达于京畿。究其起源,为宋真宗时峨嵋山有神人出为丞相王达之子种痘而愈,其法遂传于世”。可见种痘的方法在宋真宗时代(公元 998—1022 年)即已广泛应用。后来传至亚洲其他国家,并于 1717 年经土耳其传到英国,继而传到欧洲及美洲各国,在“人痘”的基础上才发展成为“牛痘”。这不仅反映我国劳动人民与天花作斗争的成果,同时,不论在原则上和方法上均大大启示后世种痘法,而成为一切免疫方法的起源。现在一般多认为种痘是十八世纪英国人秦纳(Jenner)所发明的。实际上,这是在我国发明天花浆接种以后几百年的事情了。

从上述例子可以清楚地看出,关于如何利用有益的微生物及控制有害的微生物,我们的祖先创造了丰富经验。但由于旧中国长期处于封建统治、帝国主义及官僚资产阶级剥削压迫之下,工农业生产基础薄弱,微生物学的发展与应用也同样受到极大限制。

二、微生物的发现与微生物学的奠基

自古以来虽然人们对微生物的存在有所感受,已推测到自然界中除了看得见的生物外,还有些细小的肉眼看不见的生物存在,但缺乏直接的证据。十六世纪,荷兰人吕文虎克(Leeuwenhock)制成了能放大 200—300 倍的简单显微镜。他利用自制的显微镜观察了污水、牙垢、腐败有机物等,直接看到了微小生物,并作了相当正确的描述,为微生物的存在提供了有力的证据,对以后微生物的研究创造了条件。但在此后将近两个世纪内,有关微生物知识的积累比较迟缓,直到十九世纪三十年代到四十年代,由于马铃薯晚疫病在欧洲和北美洲严重发生,引起灾荒,人们对致病的真正原因和发病规律的研究才更为重视。十九世纪六十年代,欧洲一些国家中占重要经济地位的酿酒工业和蚕丝业发生了酒变质和蚕病危害等,进一步推动了对微生物的研究,促进了微生物学的兴起。其中法国人巴斯德(Pasteur)与德国人柯赫(Koch)起了积极作用。巴斯德通过多年的试验证明酒、醋等的酿造过程是由微生物引起的发酵,而不是发酵产生微生物,而且认为不同发酵是由不同种类微生物所引起,酒变酸是由于有害微生物繁殖的结果,并提出科学的消毒方法,后被命名为巴斯德消毒法。他还对流行的蚕病、鸡霍乱、炭疽病和狂犬病的病原体进行了研究,证实传染病是由病原微生物所引起,并进一步提出了接种疫苗的方法以预防疫病,收到了良好效果。在关于有机体是否能自然发生的争论中,巴斯德用严密的科学实验,令人信服地否定了“自生说”。他将盛有有机物汁液的两个瓶子加热后,其中一个瓶侧连接一个弯曲的长管,通过弯曲的长管,能与外界空气直接接触。另一个瓶子从顶端开口,管口与瓶口都不加盖,置于空气中。结果前一个瓶中并无微生物发生,而后一个瓶中出现大量

的微生物。前一个瓶之所以能保持无菌状态，是由于空气中尘埃颗粒不能通过弯曲长管而落入瓶中的缘故。巴斯德进行的一系列科学研究工作不仅解决了许多实际问题，而且在实验过程中获得了不少关于微生物的知识。例如，它们的形态如何，它们如何生长繁殖以及如何区别它们等等，大大地促进了人们对微生物活动的了解。柯赫首先分离、培养出炭疽杆菌、霍乱弧菌、结核杆菌等病原微生物，建立了一套研究微生物的技术方法，如分离、培养、接种、染色等。并对病原微生物的确定提出了严格的准则，这些还一直沿用至今。巴斯德、柯赫等的工作为微生物学奠定了坚实的科学基础。

在此基础上，微生物学发展较为迅速，为发展工农业生产，以及对各种病害作斗争，取得了许多辉煌的成就。如李斯德(Lister)从巴斯德的研究成果中得到启发，认识到当时外科手术经常出现的伤口化脓发炎是由于外界微生物侵入的结果，并努力寻找有效的杀菌药物及防止微生物侵入伤口的办法。通过反复实践和不断总结，提出了无菌的外科操作方法，使外科手术出现巨大进步。梅契尼柯夫(Мечников)发现白血细胞的噬菌作用，对免疫学作出了贡献。他又用绿僵菌进行控制害虫的试验，开辟了以微生物防治害虫的途径。贝哲尼克(Beijerinck)与维诺格拉德斯基(Виноградский)研究了豆科植物的根瘤菌及土壤中的固氮菌和硝化细菌，提出了土壤细菌及自养微生物的研究方法，开拓了自养微生物研究的新领域。伊万诺夫斯基(Ивановский)在烟草花叶病的研究中观察到花叶病烟草的具感染性的抽提液，经过细菌过滤器以后仍有感染性，从而发现非细胞的生命形式——病毒。埃尔里赫(Ehrlich)用化学药剂控制病菌，发现606能治疗梅毒，是现代化学治疗的开始。在此期间各种致病菌的陆续发现，病原菌新的检查方法的建立，如肥达(Widal)氏反应对伤寒菌，华(Wassermann)氏试验对梅毒病原体的检定，乃至其他许多对人类生活或科学发展有利的贡献不胜枚举。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增加，对微生物的应用越来越广泛，各种微生物学专著也陆续出现。

三、现代微生物学的发展

二十世纪以来由于电子显微镜的发明，同位素示踪原子的运用，生物化学、生物物理新理论、新技术的渗透，大大推动了对微生物的研究，促进了微生物学理论研究的迅速发展。理论研究发展的同时带来了生产的革新。

通过诺伊伯(Neuberg)等人对酵母菌生理的研究和酒精发酵中间产物的分析；克洛伊弗尔(Kluyver)对微生物代谢的研究和他所开拓的“比较生物化学”的研究方向；以及其他许多工作者以大肠杆菌为材料所进行的一系列基本生理、代谢途径等研究，初步摸索到生物体的代谢规律及控制其代谢的基本原理，从而试图在控制微生物代谢的基础上来利用微生物。人们先后利用微生物进行了乙醇、丙酮、丁醇、甘油、各种有机酸以及蛋白质、油脂等的工业化生产。

各种抗菌素的发现与广泛应用是现代微生物学对人类又一巨大贡献。1929年弗莱明(Fleming)发现青霉菌能抑制细菌生长，并证明青霉菌的培养液含有抗菌物质。这个重要发现限于当时的社会条件，没有及时得到重视。直到第二次世界大战爆发以后，由于医疗的需要，弗洛里(Florey)与柴恩(Chain)继续研究，经过几年的努力，终于提纯了青霉素，证明其疗效后，很快投入生产。在这一工作的鼓舞下，人们开展了抗菌素的研究和新抗菌素的寻找，发

现的抗菌素越来越多,除医用外,它们的用途还扩大到动、植物病害的防治和食品的保藏等方面。抗菌素的发酵生产还为现代微生物发酵工业积累了丰富的生产经验,建立了一套研究方法。

1935年斯坦来(Stanley)首次得到烟草花叶病毒的结晶,随后鲍登(Bawden)等证实该结晶为核蛋白,它和生物一样有繁殖能力。此后还证明其他病毒的主要成份也是核蛋白,而核蛋白中的核酸和蛋白质两个部分分开以后,只有核酸才有感染能力。这些发现不仅为病毒病害的治疗指出了途径,也为探索生命本质和起源提供了线索。

三十年代出现电子显微镜,突破了光学显微镜的局限,为微生物学等学科提供了重要的观察工具。

1941年比德耳(Beadle)与塔图姆(Tatum)用X射线和紫外线照射使链孢霉产生变异,获得了营养缺陷型。对营养缺陷型的研究不仅使得对基因的作用和本质有了进一步的了解,还为生化遗传学打下了基础。1944年埃米里(Avery)第一次证实了引起肺炎球菌形成荚膜遗传性状转化的物质是脱氧核糖核酸。1953年华特逊(Watson)与克里克(Grick)总结了前人的实验结果,提出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,以及弗兰克-孔列特(Fraenkel-Gonrat)等关于烟草花叶病毒重组组合试验说明核酸是遗传信息载体等,为奠定分子生物学起了重要的作用。其后,首先在微生物中提出信使核糖核酸遗传密码,以及有关病毒细微结构,病毒感染,增殖过程,生物固氮机理,代谢调节的研究等等,都不仅具有重要的理论意义,而且也展示了微生物学极其广阔的应用前景。近几年来基因的人工合成与基因的体外操纵,使得按照人们的需要去定向改造和创建新的生物类型成为可能。现代微生物学的研究将继续向分子水平深入,向生产的深度与广度进军。

不难看出微生物学是在通过解决实际问题,在认识自然改造自然的斗争中,也是在其他科学的相互促进中得到发展的。

四、我国微生物学简况

解放前,我国不仅没有微生物教学和科研机构,就是微生物学这类课程也很少开设。如果说有的话,也就是医学院、农学院的医用细菌学与植物病理学、酿造学等。

新中国成立以来,在毛主席革命路线指引下,我国微生物学与其他科学一样,出现了飞跃发展的局面。不论在培养干部方面,还是在科学研究机构的设置和充实以及研究成果方面都取得了显著成绩。

在工业方面,不仅古老的酿造业恢复了生气,而且陆续建立了抗菌素、生物制品、酶制剂、石油发酵、微生物农药等发酵工业。我国已初步建立了微生物工业体系,而且使微生物广泛地应用到国民经济的许多部门。如食品、医药、皮革、纺织、石油、化工、冶金以及三废处理、环境保护等方面。

我国的抗菌素工业,产量日益扩大,质量不断提高,品种逐渐增多,发酵单位也不断提高。我国抗菌素生产品种已超过四十多种,其中如创新霉素是我国所独有的新抗菌素。味精生产历来都是用酸水解面筋提取,工艺繁杂,劳动强度大,生产效率低,而且不利于工人身体健康。现在我国已广泛采用微生物发酵法生产味精。不仅提高生产效率、降低成本、节约用粮,而且

保证了工人的身体健康。近年来我国成功地用薯干和废蜜糖为原料,用微生物发酵法生产出柠檬酸,结束了过去依赖进口的局面。应用微生物生产酶制剂是我国一项新兴工业。酶制剂可用于制糖、食品、皮革、纺织、酿造、医药、印染等方面,普遍起到提高生产率、改进产品质量、改善劳动条件的作用。

石油发酵在我国是年轻的工业,近几年来也取得不少成就。我国已试验成功用微生物发酵法进行石油脱蜡,降低油品凝固点,以适应工业及国防上的需要。利用石油为原料发酵生产酵母、有机酸、酶制剂、抗菌素等都在积极试验与生产中。有关提高原油采收率,对石油蛋白及石油酵母的综合利用也在进行研究,并已取得一定进展。

细菌浸矿研究进展也较快。利用微生物处理含酚、有机磷及印染废水等,收到良好效果,对含氰废水的处理研究也取得了进展。

在农业方面,微生物的应用发展速度较快。农业微生物实验站遍及各县甚至公社。我国已试验成功多种微生物农药,如防治园林和蔬菜害虫的苏云金杆菌、青虫菌制剂,防治松毛虫和浮尘子的白僵菌。农用抗菌素如春雷霉素、庆丰霉素、井冈霉素、灭瘟素等都已开始生产。我国科技工作者分离的放线菌 5406 制成的菌肥,经多方面应用证明可转化土壤中氮、磷,刺激作物生长,还有一定的抑制病菌作用。自生固氮菌和根瘤菌等菌肥的生产与应用受到重视。赤霉素等微生物生长刺激素、糖化饲料、畜用生物制品、除莠剂等也开展了研究与试制。农村大办沼气的群众运动蓬勃发展。昆虫病毒防治害虫的研究近年来获得可喜成就。

在医药方面,抗菌素在治疗上得到广泛的应用,各类生物制品的生产获得飞跃发展。由于大力开展爱国卫生运动,普遍进行预防接种,使得我国在短期内消灭了鼠疫、霍乱等烈性传染病。生物制品的新品种如麻疹疫苗、钩端螺旋体疫苗、流脑菌苗、哮喘菌苗等也在不断增加。在病毒方面对流行性乙型脑炎的病原学、血清学、免疫学以及预防治疗上开展了大量系统深入的研究。病毒性疾病如天花已消灭,小儿麻痹症、乙型脑炎等的流行也在逐步控制和消灭中,其他一些病毒性疾病的发病率也大幅度降低。

在基础理论方面,如微生物分类、微生物生理、代谢、遗传育种、分子遗传学等都取得一定成绩。不过总起来看,我国微生物学的基础理论研究比较薄弱,应用微生物学中有不少问题也有待于从理论上认识总结。

第二章 微生物的形态结构

微生物主要包括细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、立克次氏体、枝原体、衣原体与病毒等类群。细菌细胞结构在原核生物中具代表性，而且近年来研究得较为深入，作为本章重点。有关细菌各种、属及其特征详见微生物分类一章。病毒不具细胞结构，生物学特征与其他微生物显然不同，另列一章讲述。

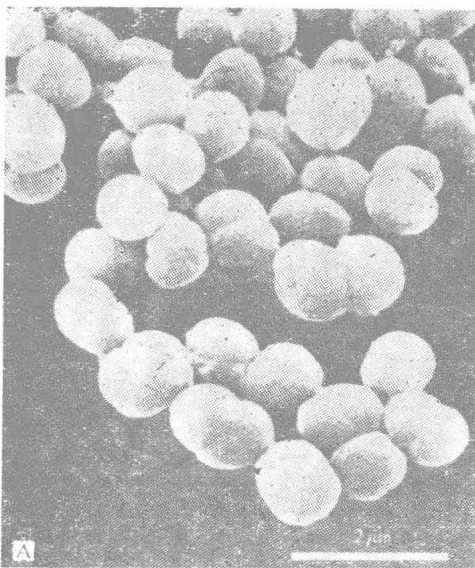
第一节 细菌

细菌是自然界中分布最广、数量最大、与人类关系极为密切的一类微生物，是微生物学研究的主要对象。

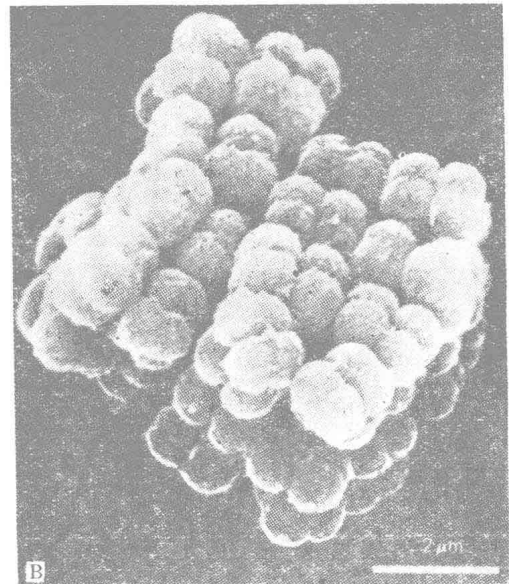
一、细菌的形态

细菌的基本形态有球状、杆状与螺旋状，分别被称为球菌、杆菌与螺旋菌。

(一) 球菌 球菌呈球形或近似球形(图 2-1)。球菌分裂后产生的新细胞常保持一定的排列方式，在分类鉴定上有重要意义。如分裂沿一个平面进行，分裂后的细胞分散而单独存在的叫做单球菌，例如尿素小球菌(*Micrococcus ureae*)；两个球菌成对排列的叫做双球菌，如肺炎双球菌(*Diplococcus pneumoniae*)；分裂后细胞排成链状的称为链球菌，如溶血链球菌(*Streptococcus hemolyticus*)、乳链球菌(*Streptococcus lactis*)。如果球菌按两个相互垂直的平



× 15,000



× 75,000

图 2-1 球状细菌扫描电子显微照像
(引自河西信彦等，最新微生物学，1977)

面分裂,分裂后每四个细胞在一起呈田字形,称为四联球菌,如四联小球菌(*Micrococcus tetragenus*)。按三个互相垂直的平面进行分裂,分裂后每八个球菌在一起成一立方体,称为八叠球菌,如尿素八叠球菌(*Sarcina ureae*)、藤黄八叠球菌(*Sarcina lutea*)。分裂面不规则,多个球菌在一起,称为葡萄球菌,如金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、白色葡萄球菌(*Staphylococcus albus*)。但不论在哪种类型排列的球菌培养物中,能经常看到游离的单个菌体存在。

(二) 杆菌 杆状菌是细菌中种类最多的。各种杆菌(图 2-2)在其长和宽的比例上有显著差别,有些粗短,有些细长。短杆菌近似球菌,长的杆菌呈丝状。一般说,同一种杆菌其粗细比较稳定,而长度则经常因培养时间、培养条件不同而有较大变化。有的杆菌很直,有的稍弯曲。有的菌体两端平齐,如炭疽芽孢杆菌(*Bacillus anthracis*)。有的稍圆,如鼠疫巴氏杆菌(*Pasteurella pestis*)。大多数杆菌菌体分散存在,但有的杆菌呈长短不同的链状排列,有的一个挨一个呈栅状或八字形。杆状菌的形状与排列也有一定的分类鉴定意义。

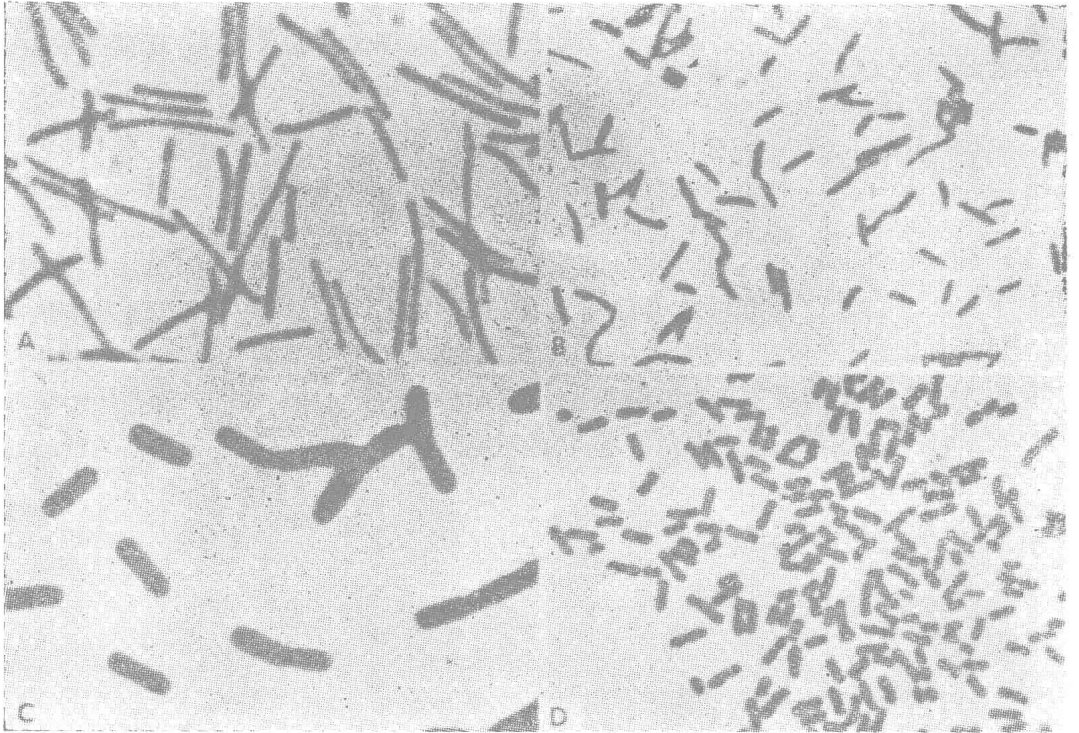


图 2-2 杆状细菌

- A. 生孢梭状芽孢杆菌 (*Clostridium sporogenes*) B. 假单胞菌 (*Pseudomonas sp.*)
C. 巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*) D. 伤寒沙门氏菌 (*Salmonella typhi*)

工农业生产中用到的细菌大多是杆菌。例如用来生产淀粉酶与蛋白酶的枯草杆菌(*Bacillus subtilis*), 生产谷氨酸的北京棒状杆菌(*Corynebacterium pekinensis*)。在农业上用作杀虫剂的苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)以及作细菌肥料的根瘤菌(*Rhizobium*)都是杆菌。杆菌中也有不少是致病菌,如伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhi*)、痢疾志贺氏菌(*Shigella dy-*

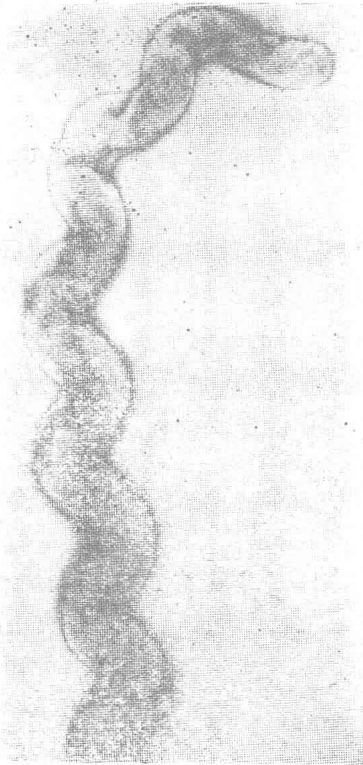


图 2-3 细螺旋体(*Leptospira sp.*)
电子显微照像($\times 71,526$), 示其轴丝

sentariae)等。

(三) 螺旋菌 细胞呈弯曲状。根据其弯曲情况不同分为弧菌与螺旋菌。

弧菌: 菌体弯曲呈弧形或逗号形, 如逗号弧菌(*Vibrio comma*), 是霍乱病的病原菌。

螺旋菌: 菌体迴转如螺旋。螺旋的多少及螺距随菌种不同而异。螺旋菌因具坚韧的细胞壁, 故菌体较硬, 如减少螺菌(*Spirillum minus*)。

另有一类螺旋状微生物属于螺旋体纲, 是介于细菌与原动物之间的类型, 因为它们没有细胞壁, 菌体柔软, 有的细胞中央有弹性轴丝(图 2-3)。梅毒密螺旋体(*Treponema pallidum*)与出血性黄胆细螺旋体(*Leptospira icterohemorrhagiae*)均属于此类。

上述三种类型是细菌的基本形态。还有些具有其他形态的细菌, 如柄细菌属, 细胞呈杆状或梭形, 具有一细柄可附在基质上(图 2-4)。又如球衣细菌, 由于能形成衣鞘(sheath)而呈丝状, 杆状的细菌排列在丝状的衣鞘内(图 2-5)。

细菌的形态明显地受环境条件的影响, 如培养温度、培养时间、培养基中物质的组成与浓度等发生改变均可能引起细菌形态的改变。一般处于幼龄及生长条件适宜时, 细菌形态正常、整齐, 表现其特定的形态。在较老的培养物中, 或不正常的培养条件下, 如有药物、抗菌素存在时, 细菌细胞常出现不正常形状, 如有的细胞膨大或出现梨形、丝状等不规则形态。若转移到合适的新鲜培养基中又可恢复原来形态。



图 2-4 柄细菌(*Caulobacter sp.*)
短而弯曲的杆状细胞, 一端有柄

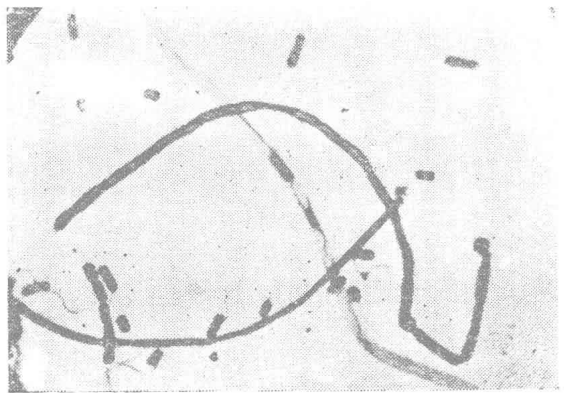


图 2-5 浮游球衣细菌(*Sphaerotilus natans*)