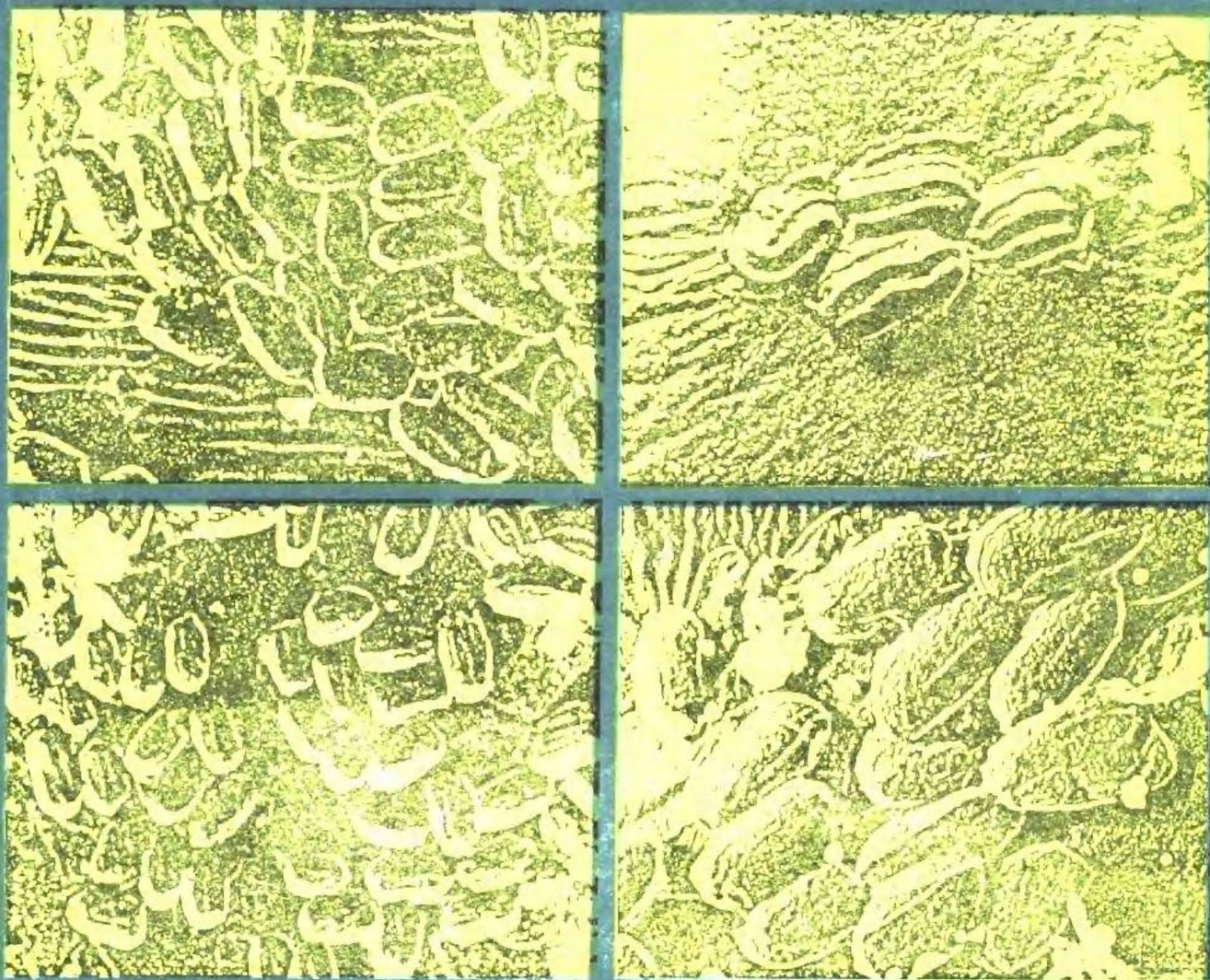


高等学校教材

微生物学

【第二版】

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

本书是1979年发行的《微生物学》的第二版。内容包括绪论、微生物类群与形态结构、非细胞型生物——病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物的生长、微生物的遗传和变异、微生物的生态、传染和免疫、微生物的分类共十章。编者根据读者对第一版的意见，考虑到近年来微生物学各方面的迅猛发展，并参考了国外的最新教材，更正了第一版教材中的错漏，删除了不必要的内容，并对各章节内容作了适当的调整、充实和更新。增换了近200幅插图，书后附有主要参考书目。

本书是综合大学、师范院校生物系各专业的教材，也可供其他专业的大学生、研究生、教师和科技工作者参考。

高等学校教材
微生物学
[第二版]

武汉大学
生物系微生物学教研室编
复旦大学

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张29.25 字数 671 000
1980年1月第1版 1987年10月第2版 1987年10月第1次印刷
印数00 000—17 620

ISBN7-04-000050-4/Q·1

书号13010·01440 定价 5.00 元

目 录

第一版前言

第二版前言

第一章 绪 论 1

第一节 微生物学的研究对象与

任务 1

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 5

三、现代微生物学的发展 6

四、我国微生物学简况 8

第二章 微生物类群与形态结构 11

第一节 细 菌 12

一、细菌的形态和排列 12

二、细菌的大小 15

三、细菌细胞的结构 16

四、细菌的繁殖 54

五、细菌菌落的形成及其特征 56

第二节 放线菌 59

一、放线菌的分布 60

二、放线菌的形态与结构 60

三、放线菌的菌落特征 63

四、放线菌的繁殖方式 64

五、放线菌的生理 65

六、放线菌的代表属 66

第三节 蓝细菌 68

第四节 几种其他类型的原核微生物 ... 71

一、立克次氏体 71

二、支原体 72

三、衣原体 74

四、螺旋体 76

五、粘细菌 77

六、鞘细菌 79

七、蛭弧菌 81

第五节 霉 菌 87

一、霉菌的形态结构 88

二、霉菌的菌落 89

三、霉菌的繁殖 90

四、霉菌的代表属 100

第六节 酵母菌 106

一、酵母菌的形态结构 107

二、酵母菌的菌落特征 110

三、酵母菌的繁殖方式 110

第三章 非细胞型生物——病毒 115

第一节 病毒的形态结构 116

一、病毒的大小与形态 116

二、病毒的化学组成 121

三、病毒的结构 124

第二节 病毒的繁殖 130

第三节 病毒的种类与分类 134

一、脊椎动物病毒 135

二、昆虫病毒 136

三、植物病毒 138

四、噬菌体 (略) 139

五、病毒的分类 139

第四节 噬菌体 144

一、噬菌体的形态结构 144

二、噬菌体的繁殖 144

三、噬菌体的分离培养 155

四、噬菌体的应用及其防治 156

五、噬蓝细菌体与噬真菌体 157

第五节 类病毒 158

第四章 微生物的营养 160

第一节 微生物细胞的化学组成、营养

物质与微生物的营养类型	160	二、多糖的生物合成	208
一、微生物细胞的化学组成	160	第八节 甘油脂的生物合成	210
二、营养物质及其生理功能	161	一、脂肪酸的生物合成	211
三、微生物的营养类型	166	二、磷脂的生物合成	212
第二节 培养基	168	第九节 氨基酸与核苷酸的生物合成	213
一、配制培养基的原则	168	一、生物固氮	213
二、培养基类型及其应用	170	二、氨基酸的生物合成	214
第三节 物质的运输	172	三、核苷酸的生物合成	217
一、扩散	172	四、氨基酸与核苷酸生物合成的调节	220
二、促进扩散	173	第十节 核酸的生物合成	221
三、主动运输	173	一、DNA的生物合成	221
四、基团转位	174	二、RNA的生物合成	222
第五章 微生物的代谢	175	三、核酸合成的调节	223
第一节 代谢与酶	175	第十一节 蛋白质生物合成	224
一、代谢类型	175	第六章 微生物的生长	227
二、酶	176	第一节 微生物纯培养的生长	227
第二节 微生物的主要产能方式	178	一、纯培养的分离方法	227
一、发酵	178	二、微生物生长的测定	229
二、呼吸	183	三、细菌纯培养的群体生长规律	235
三、无机物氧化	187	四、连续培养	238
四、光能转换	188	五、同步生长	240
第三节 多糖的分解	190	第二节 物理、化学因素对微生物生长与死亡的影响	243
一、淀粉的分解	191	一、温度	244
二、纤维素与半纤维素的分解	191	二、氢离子浓度 (pH)	252
三、果胶质的分解	192	三、氧化还原电位	254
四、几丁质的分解	193	四、辐射	255
第四节 其他不含氮非糖物质的分解	194	五、干燥	256
一、油脂的分解	194	六、渗透压	257
二、烃类化合物的分解	195	七、超声波	257
第五节 蛋白质与氨基酸的分解	197	八、重金属及其化合物	258
一、蛋白质的分解	197	九、有机化合物	258
二、氨基酸的分解	198	十、卤族元素及其化合物	260
第六节 生物合成的三要素	202	十一、表面活性剂	260
一、还原力产生	202	十二、染料	261
二、小分子前体物的产生	204	第三节 化学药剂对微生物的作用	262
第七节 糖的生物合成	205	一、抗代谢物	262
一、单糖的生物合成	205		

二、抗生素	264	第五节 微生物与环境保护	355
三、微生物的抗药性	269	一、环境中的主要污染物	356
第七章 微生物的遗传和变异	272	二、微生物对污染物的降解与转化	357
第一节 遗传变异的物质基础	272	三、污染物的微生物处理	365
一、证明核酸是遗传变异物质基础的		四、微生物与环境监测	370
经典实验	273	第九章 传染与免疫	373
二、遗传物质在细胞中的存在方式	275	第一节 细菌性传染的机理	373
第二节 基因突变	278	一、侵袭力	373
一、基因突变	278	二、毒素	375
二、突变与育种	291	三、迟发型超敏反应	377
第三节 基因重组	301	第二节 人体对传染的非特异性免疫	
一、原核微生物的基因重组	302	一、皮肤与粘膜	378
二、真核微生物的基因重组	312	二、吞噬细胞	379
第四节 基因工程	315	三、正常体液中的抗微生物因素	382
第五节 菌种的衰退、复壮和保藏	318	第三节 抗原	386
一、菌种的衰退与复壮	319	一、抗原的性质	387
二、菌种的保藏	321	二、微生物的抗原结构	390
第八章 微生物的生态	323	第四节 人体对传染的特异性免疫	391
第一节 自然环境中的微生物	323	一、淋巴器官	392
一、土壤中的微生物	323	二、免疫细胞	394
二、水体中的微生物	328	三、抗体	398
三、空气中的微生物	331	四、特异性体液免疫	404
第二节 极端环境中的微生物	332	五、特异性细胞免疫	405
一、高温环境中的微生物	333	六、特异性免疫的获得方式	407
二、高盐环境中的微生物	336	第五节 免疫学的应用	409
三、高压环境中的微生物	337	一、生物制品	409
第三节 微生物与自然界中的物质循环	338	二、抗原抗体反应	410
一、碳素循环	338	三、细胞及其功能的体外测定法	419
二、氮素循环	340	第十章 微生物的分类	422
三、硫素循环	343	第一节 微生物的分类单位与命名	422
四、其他元素的微生物转化	345	一、微生物的分类单位	423
第四节 微生物间以及微生物与其他生物间的相互关系	345	二、微生物的命名	424
一、微生物间的相互关系	345	第二节 微生物的分类依据	425
二、微生物与高等植物间的相互关系	348	一、形态特征	425
三、微生物与人体及动物间的相互关系	351	二、生理生化特性	426
		三、生态特性	426

四、血清学反应.....	426	第四节 微生物的分类系统.....	431
五、细胞壁成分.....	427	一、蓝细菌.....	432
六、红外吸收光谱.....	427	二、细菌.....	432
七、GC含量.....	427	三、放线菌.....	443
八、DNA杂合.....	428	四、粘菌.....	445
九、其他.....	429	五、真菌.....	445
第三节 微生物的分类方法.....	430	六、微细藻类.....	453
一、经典分类法.....	430	七、原生动物.....	453
二、数值分类法.....	430	主要参考书.....	455
三、遗传分类法.....	431		

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

微生物一词并非生物分类学上的专门名词，而是对所有形体微小，单细胞的或个体结构较为简单的多细胞的、甚或没有细胞结构的低等生物的通称。因此，微生物类群十分庞杂，其中包括：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。微生物包括的种类虽然如此多样，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以及应用方面颇为相似，故常将它们统归于微生物学的研究范围。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中。

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两大类。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，归于动物界。有些类群，如藻类，细胞具有细胞壁、行光合作用而生活，归于植物界。但许多细菌，可运动而又不行光合作用，将它们归于植物界或动物界均不合适。因此，早在19世纪70年代，就有人提出另立微生物界或原生生物界的创议。目前较为普遍被接受的是魏塔克(Whittaker)于1969年提出的生物分类五界系统，即将所有具有细胞结构的生物分为原核生物界(Monera)，包括细菌与蓝细菌*；原生生物界(Protistae)，包括大部分藻类与原生动物；真菌界(Fungi)，包括酵母菌与霉菌等；植物界(Plantae)与动物界(Animalia)。在此基础上有的学者提出应补上病毒这类不具细胞结构的生物类群，因而建议将所有生物分为六界：即病毒界，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，没有有丝分裂过程。细菌、放线菌、蓝细菌为原核生物。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。原核生物的细胞及个体结构简单，在生物进化过程中比真核生物较为原始。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。

* 过去称蓝绿藻，现为了强调它与细菌的相似性改称蓝细菌，但不少种类的学名仍沿用旧称。

二、微生物学的任务

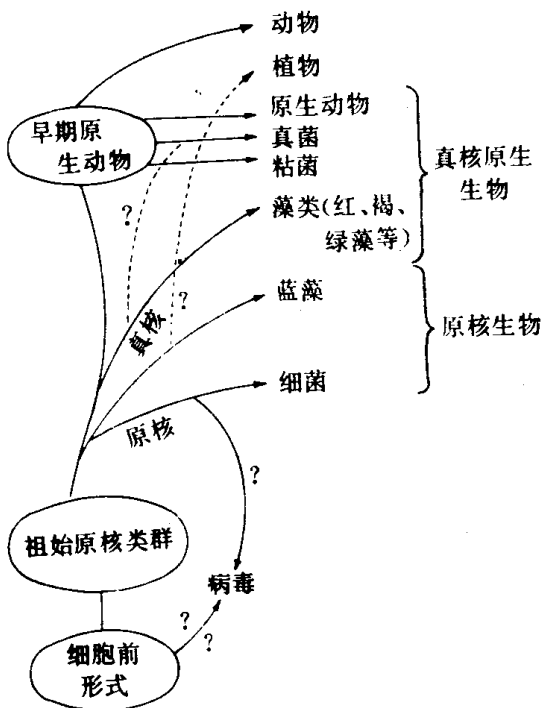


图 1-1 生物主要类群的可能进化关系，
圈内系假设的已消失的类群

(引自 Davis: Microbiology, 1980)

微生物学是研究微生物及其生命活动规律的学科，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，生态分布，以及微生物对自然界，微生物各类群之间，微生物与其他生物之间的相互作用、相互影响，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规律，是为了更好地利用、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，甚至生长得很繁茂。微生物的活动与人们的生活及生产事业息息相关。

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莫大的灾难。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、农副业产品及生活用品的腐蚀、霉烂。长期以来人们对微生物的有害作用进行了不懈的斗争。防止、消除微生物的有害活动，或使之转害为利，是微生物学研究的一个重要方面。

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不需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、植物的排泄物及其残体，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。水体的生产力也与在其中生活着的微生物分不开。有些微生物具有分解各种对其他生物有毒或其他生物不能利用的特殊物质，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，它们已被广泛应用于工农业生产中。不过据估计已开发利用的微生物还不及自然界中微生物的十分之一。在应用上，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。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。有些微生物具有极高的抗逆性，如能耐特高、特低温度；能适应特高或特低的酸、碱环境；抗高盐、抗高压、抗辐射性能等。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、生命活动规律、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。现代生物化学的很多概念都是从微生物代谢研究而获得的。微生物遗传学的研究大大丰富了现代遗传学。有关病毒的性质及病毒与宿主细胞间关系的研究，对有机体的结构与功能关系的探讨大有启示。微生物学对生物科学的基本理论研究作出了重要贡献。

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。”人类在长期的生产斗争中认识自然、改造自然，推动了科学的发展。科学的发展又通过人们的生产活动和科学实验对实践起着巨大的指导作用，促进生产事业向前发展。从微生物学的发展过程来看也是如此。微生物学的发展还依赖于其他科学技术在理论上和研究手段上的进步。运用有关学科的新理论、新技术、各门学科相互渗透也是科学发展的必由之路。

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4千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形状不大一致的酒的象形字，还有表示不同品种酒的象形字。近二三十年来，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14世纪《书经》一书里有“若作酒醴，尔惟曲蘖”的记载，意思说：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。解放后，我国在河南郑州二里岗和河北藁城台西村两处的商代遗址中，均发现过酿酒工场遗址。可见至少在商代，我国酿酒已从农业分化发展成相当发达、独立的手工业了。从上述酿酒作坊遗址内还发现大量酿酒用具。另外还发现大量的桃、李、枣等，特别是观察到大量灰白色似水锈状的沉淀物。这些沉淀物经鉴定，认为是人工培植的酵母菌。由于年代久远，酵母菌死亡，但残壳犹存。人工培植酵母、制作曲蘖是我国劳动人民在酿造工艺上独特的贡献。

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1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》（6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18世纪30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2世纪，《神农本草经》中就有蚕“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。

食用菌的培植为我国劳动人民所首创。据《本草纲目》载人工栽培食用菌约从公元7世纪（唐朝）开始。西方关于人工栽培食用菌的记载是在18世纪开始的。

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，对防治疾病有极丰富的经验。如春秋时代的名医扁鹊（约在公元前5—6世纪）即主张防重于治，是世界上发展较早的正确医学思想。《左传》中记载有鲁宣公12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6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3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2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”。这不仅反映我国古代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了后世的种痘法，而成为一切免疫方法的起源。现在一般多认为种痘是18世纪英国乡村医生秦纳（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。1904年，牛痘法传入我国，由于牛痘法简单易行，安全可靠，很快就取代了人痘法。

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的经验。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。16世纪，荷兰人吕文虎克（Leeuwenhoek）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，直至19世纪30年代到40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。19世纪60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问题，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，而不是发酵产生出微生物，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，使其中一个瓶侧连接一个弯曲的长管，通过弯曲的长管，汁液能与外界空气接触。另一个瓶子从顶端开口，两个瓶子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出现，而后一个瓶中出现大量的微生物。前一个瓶子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，微生物的形态是怎样的，它们如何生长繁殖以及如何区别它们等，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，如菌种分离、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。如李斯特(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。贝哲林克(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,提出了土壤细菌和自养微生物的研究方法,奠定了土壤微生物学发展的基础,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,经过细菌过滤器后仍有感染性,从而发现非细胞的生命形式——病毒,扩大了对微生物界的认识领域。埃尔里赫(Ehrlich)用化学药剂控制病菌,发现能治疗梅毒的药物606,这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)氏反应对伤寒菌的检定,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

20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、生物物理等新理论、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;克路伊弗尔(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有关生理、代谢途径等研究,初步摸索到生物体的代谢活动规律及控制代谢的基本原理,从而试图在控制微生物代谢的基础上利用微生物。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。

各种抗生素的发现与广泛应用是现代微生物学对人类的又一巨大贡献。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,没有及时受到重视。直至第二次世界大战暴发以后,由于医疗的需要,弗洛里(Florey)与柴恩(Chain)继续进行研究,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,人们开展了抗生素的深入研究和新抗生素的寻找,随后发现的抗生素越来越多,除医用外,抗生素的用途还扩大到动、植物病害的防治和食品的保藏等方面。抗生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结晶,随后鲍登(Bawden)等证实

该结晶为核蛋白，它具有生物特有的繁殖能力。此后还证明其他许多病毒的主要成分也是核蛋白，而核蛋白中的核酸和蛋白质两个部分分开以后，只有核酸才具有侵染能力。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。

30年代电子显微镜问世，突破光学显微镜的局限，为微生物学等学科提供了重要的观察工具。1939年考雪（Kausche）等第一次用电子显微镜看到了烟草花叶病毒颗粒呈棒状。

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。对微生物营养缺陷型的研究，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年艾弗里（Avery）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，第一次确切地把DNA和基因概念联系在一起。这也标志着分子生物学的开始。1953年，华特逊（Watson）与克里克（Crick）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，以及弗朗克-康勒脱（Fraenkel-Conrat）等关于烟草花叶病毒重组试验，说明核酸是遗传信息载体等，为促进分子遗传学的发展起了重要作用。其后，首先在微生物中提出信使核糖核酸遗传密码，以及有关病毒亚微结构、病毒的感染、增殖过程，有关固氮微生物、固氮酶、生物固氮机理的研究，新技术的应用证明了只有一些原核生物种类才能固氮，并且发现了过去没有报道过的固氮原核生物种类，证明了根瘤菌含有完整的固氮酶，能独立固氮等。微生物代谢类型、代谢途径及代谢调节机理的研究等等，都不仅具有重要理论意义，而且也展示了微生物学极其广阔的应用前景。微生物在医药工业方面已用来生产生长刺激素、甾体药物、抗生素、维生素、疫苗、菌苗，用于免疫诊断药物、单克隆抗体和抗癌药物的研制。在食品与发酵工业方面，微生物已用于氨基酸、有机酸、核苷酸类物质的大量生产，用于食用及饲料蛋白（单细胞蛋白）、酶制剂、植物激素、新型农药的研制或生产。利用病原微生物（包括细菌、真菌、病毒等）防治害虫，是近二三十年才发展起来的一个领域，从而出现了微生物农药。大量研究表明这类农药无公害，对人、畜、益虫、水生生物等无害，吸引着不少科学工作者投入这方面的研究，因而发展迅速。抗生素也很快被用于防治作物病害及防除杂草。此外，如微生物发酵产生沼气，以微生物为能源的微生物电池，微生物对纤维素分解转化作用的利用，应用微生物冶金，利用微生物富集贵重金属，微生物用于石油开采，用于环境保护，处理工业废水、城市垃圾等。微生物学的研究在控制传染病，保障人民身体健康方面，也是成果累累。危害人类多年的一些传染病有的已在地球上绝迹，有的已被控制。微生物学已成为与人类生存休戚相关的一门学科。70年代以来，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微生物类型、获得新型微生物产品成为可能。应用遗传工程组建的“工程菌”用来生产干扰素，比用组织培养法提高效率数万倍。将人工合成的人胰岛素基因掺入到无害的大肠杆菌菌株中获得成功的表达，从而使细菌产生人胰岛素成为现实。可以预期通过努力，将会有更多更复杂的基因功能得以表达。这为人工定向控制生物遗传性状，用微生物合成稀有的激素及其他发酵产品展现了极其美好的前景。

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，也在其他有关学科的相互促进中得到发展的。

四、 我国微生物学简况

解放前，我国不仅没有专门的微生物学教学、科研机构，就是微生物学这类课程在学校中也很少开设。如果说有这类课程，也就是医学院校、农学院校的医用细菌学、植物病理学、酿造学等。新中国成立以来，在党的领导下，我国微生物学和其他学科一样，出现了飞跃发展的局面。不论在培养人才方面，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的成绩。

在工业方面，不仅古老的酿造业恢复了生气，而且陆续建立了抗生素、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。

建国后才开始建立的抗生素工业发展迅速，产量日增，质量不断改进，品种逐渐增多，发酵单位也不断提高。目前我国抗生素产品品种已包括了国际上大部分常用抗生素，产品也仅次于美国及苏联，基本上满足了国内医疗的需要。60年代初建立起来的利用微生物生产氨基酸、有机酸、酶制剂和甾体激素的研究，现已成为我国发酵工业的重要组成部分。味精生产历来都是采用酸水解面筋提取，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。这样不仅提高生产效率、降低成本、节约粮食，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。

石油发酵在我国是一项年轻的工业，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、抗生素等都在积极试验与生产中。有关利用微生物提高原油采收率，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。

细菌浸矿的研究在我国进展也较快。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乡镇。在利用微生物防治害虫的研究及应用上都有较大进展。我国已试制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、青虫菌等制剂；防治松毛虫和浮尘子的白僵菌制剂。农用抗生素亦有很大发展，春雷霉素已推广应用，其他如井冈霉素、庆丰霉素、内疗素等不断涌现。我国也筛选到微生物杀虫素，对危害蔬菜、烟草、豆类、棉花的蚜虫和红蜘蛛都有较好防治效果。利用鲁保一号微生物除草剂防治大豆菟丝子，获得良好效果。我国科技工作者分离的放线菌5406制成的菌肥已在26个省、市、自治区一亿多亩土地上推广应用，是我国目前应用面积大、范围广、增产效果较为稳定的微生物肥料。经多方研究和应用，已证明施用5406菌肥，可转化土壤中的氮和磷，刺激作物生长，而且还有一定的抑制病菌的作用。只要生产出

的菌肥质量可靠、施用合理，可收到较好增产效果。通过菌种鉴定，知5406放线菌为一新种，命名为泾阳链霉菌。

对于根瘤菌共生固氮的研究和根瘤菌剂的制造与应用，自生固氮菌、固氮蓝细菌的研究与应用，转化磷细菌的研究与应用，以及土壤微生物区系、根际微生物区系研究等土壤微生物学领域的研究，都曾开展了不少工作。特别是根瘤菌剂的应用，得到了巩固和发展。生物固氮的研究，包括分子水平、细胞水平及生态系水平三个方面的工作，都有不同程度的进展。

我国正在推广沼气发酵，以解决农村能源问题，这一工作受到广大农民的欢迎，引起了国际上浓厚的兴趣与广泛重视。

此外，如赤霉素等微生物生长刺激素、糖化饲料、畜用生物制品等方面，也开展了多种研究与试制。

近年来，我国植物病毒的研究，已不只是停留在经典的生物症状描述和流行病学的研究上。由于应用生物化学手段，又配以现代电子显微镜技术，在病原鉴定方面使用先进技术，对一些重要农作物的病毒病原可较迅速作出鉴定，在为综合防治植物病提供科学依据方面，作出了明显成绩。

昆虫病毒研究进展较快。如对家蚕、柞蚕、蓖麻蚕等多角体病毒DNA作了较深入的研究。昆虫病毒用于生物防治也取得了可喜的成果。

在医药方面，微生物发酵生产的抗生素在传染病的防治上得到广泛应用。各类生物制品如菌苗、疫苗等的生产获得了飞跃发展。由于大力开展爱国卫生运动，普遍进行预防接种，我国在解放后不长时期内，就消灭或控制了鼠疫、霍乱、天花等烈性传染病。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的、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。对人类流感病毒开展了生态学研究。亚洲甲型流感病毒也是我国最早发现的。肿瘤病毒研究十分活跃。对真菌毒素和细菌毒素的研究也引起了重视。我国还开展了衣原体、支原体方面的研究工作，首先成功地分离培养出沙眼衣原体。

在兽医微生物学方面，对人畜共患疾病，如布鲁氏病进行了深入的调查研究，了解到猪、牛、羊三型布氏菌及其生物型的分布情况。标准化了布氏菌常用诊断制剂，并提高了诊断技术，使我国家畜布氏病检疫工作与国际标准取得了一致。在钩端螺旋体的血清型研究中，发现了新的血清群。对动物细菌病害研究，如巴氏杆菌病、猪丹毒、大肠菌病、马鼻疽、厌氧梭菌传染和羊、猪链球菌病等，进行了调查研究，研制出多种安全有效菌苗，为防治这些传染病作出了贡献。在动物病毒病防治方面，我国首先制成功并已试用的马传染性贫血疫苗及其他疫苗，如猪瘟疫苗、猪肺疫-猪瘟-猪丹毒三联疫苗的研究在国际上得到较好评价。对60年代中期发生的猪传染性水泡病，已制出了有效疫苗。

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、微生物资源开发、菌种筛选与保藏等，都取得一定成绩。我国菌种保藏工作在解放后有很大发展。

1951年成立了中国菌种保藏委员会，1979年又成立了中国微生物菌种保藏管理委员会。全国保藏菌株两万多株，还编印了《中国菌种目录》一书。在菌种选育方面，除运用常规育种方法得到多种优质高产菌株，用于生产与科学研究外，在结合遗传学和代谢调控理论等方面也取得显著成绩。采用微生物代谢调控理论，已在氨基酸、核苷酸、酶类产生菌等方面选育得到多种优良菌株。更新的育种方法，如原生质体融合、遗传工程等也在积极研究中。还进行了某些酶类、氨基酸、抗生素的生物合成及其调节的研究。微生物遗传学的研究，特别是对于质粒的研究有较大进展。在基因工程方面，我国研究工作虽起步较晚，但通过努力，已在有关基础研究及基因工程应用等领域进行着积极而有成效的探讨。对某些病毒的亚微结构、形态发生，对真菌病毒、蛭弧菌，对70年代新发现的类病毒也进行了调查、分离等方面的研究。在微生物分类方面，现在已不同程度地使用新技术，如液相或气相色谱、电泳、DNA中碱基GC含量的测定、电子显微镜、电子计算机的应用等，这些手段无疑将有助于深入研究物种关系。微生物生态学方面工作还较薄弱，对某些微生物在自然界，包括土壤、水体中的分布也作了不少调查研究。总的看来，我国微生物学的基础理论研究还不够雄厚，应用微生物学中有不少问题也有待于从理论上去认识总结。

第二章 微生物类群与形态结构

微生物类群庞杂，种类繁多，包括细胞型和非细胞型两类。凡具有细胞形态的微生物称为细胞型微生物。按其细胞结构又可分为原核微生物和真核微生物。原核微生物包括细菌、放线菌、蓝细菌及其相近的微生物如立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体、粘细菌、鞘细菌和蛭弧菌，它们是本章介绍的重点。真核微生物只简单介绍真菌界中的霉菌和酵母菌，而非细胞型生物病毒和类病毒，将在第三章中系统介绍。

由于新设备、新技术、新概念的应用和发展，对于原核微生物和真核微生物细胞的细微结构及功能有了比较深入的认识。了解二者之间的主要区别（表 2-1），对于学习现代生物学理论、学好微生物学无疑大有帮助。

表 2-1 原核微生物与真核微生物的主要区别

特 性	原 核 微 生 物	真 核 微 生 物
核 核膜 核仁 DNA	拟核 — — 只有一条，不与RNA和蛋白质结合	完整的核 + + 一至数条，与RNA和蛋白质结合
核糖体	70 S，在细胞质中	80 S，在细胞质中 70 S，在某些细胞器中
细胞分裂	二分裂	有丝分裂、减数分裂
有性生殖	通常没有或有	+
中体	+	—
细胞器	—	线粒体、高尔基体、叶绿体、内质网等
细胞膜中甾醇	—（除极个别外）	+
呼吸链位置	细胞膜	线粒体
与氧的关系	好氧、兼性好氧、厌氧	好氧、少数兼性厌氧
细胞壁组成	肽聚糖或脂多糖	几丁质、多聚糖或寡糖
运动器官	较细的鞭毛 (中空管状结构)	较粗的鞭毛或纤毛 (9+2结构)
细胞大小	1—10 μm	10—100 μm

从表 2-1可知，原核微生物主要的共同特点是：细胞内有明显核区，但没有核膜包围；核区内含有一条双链DNA构成的细菌染色体；能量代谢和很多合成代谢均在质膜上进行；蛋白质合成“车间”——核糖体分布在细胞质中。