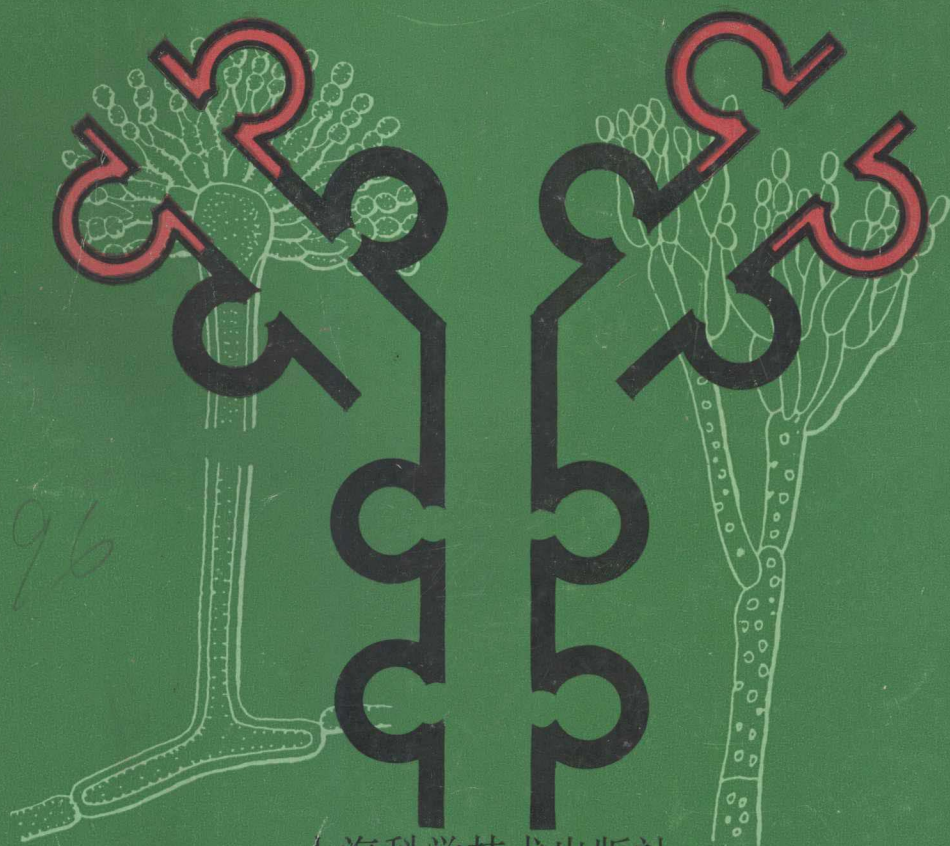


032269

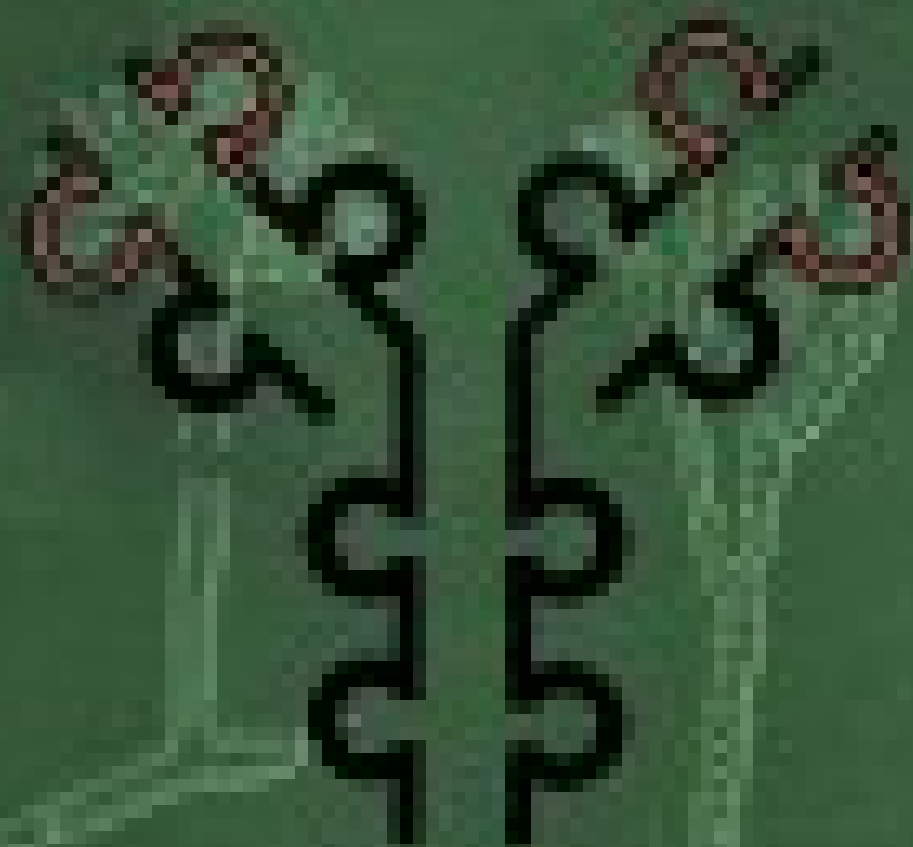
微生物学

蔡信之 主编



上海科学技术出版社

微生物学



微生物学

蔡信之 主编

上海科学技术出版社

微 生 物 学

蔡信之主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

浙江农业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 435,000

1996 年 8 月第 1 版 1996 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—4,100

ISBN 7-5323-4031-7/Q · 62

定价:15.50 元

主 审 周 德 庆

主 编 蔡 信 之

副主编 黄 君 红

徐 天 惠

王 佐 芝

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五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,语言精炼,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了意见,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)	二、酵母菌的繁殖方式	(35)
第一节 微生物学的研究对象和任务	(1)	三、酵母菌的菌落特征	(36)
一、微生物学的研究对象	(1)	四、重要代表菌	(36)
二、微生物学的任务	(2)	第二节 霉菌	(37)
第二节 微生物学的发展	(4)	一、霉菌的形态结构	(37)
一、我国古代人民对微生物的认识和利用	(4)	二、霉菌的繁殖方式	(38)
二、微生物的发现	(5)	三、霉菌的菌落特征	(43)
三、微生物学的奠基	(5)	四、重要代表菌	(44)
四、现代微生物学的发展	(6)	第三节 真核微生物与原核微生物的比较	(46)
五、我国微生物学的简况	(7)	第三章 病毒	(48)
第一章 原核微生物	(9)	第一节 病毒的形态结构	(48)
第一节 细菌	(9)	一、病毒的大小	(48)
一、细菌的基本形态和大小	(9)	二、病毒的形态	(48)
二、细菌的细胞结构	(11)	三、病毒的化学组成	(48)
三、细菌的繁殖方式	(21)	四、病毒的结构	(50)
四、细菌的群体形态	(22)	五、包涵体	(51)
第二节 放线菌	(23)	第二节 病毒的增殖	(51)
一、放线菌的形态结构	(23)	一、病毒的增殖过程	(52)
二、放线菌的菌落特征	(25)	二、病毒效价的测定	(55)
三、放线菌的繁殖方式	(25)	三、溶源性	(56)
四、放线菌的代表属	(25)	四、一步生长曲线	(57)
第三节 其他原核微生物	(26)	第三节 病毒的种类	(58)
一、立克次氏体	(26)	一、脊椎动物病毒	(58)
二、支原体	(27)	二、昆虫病毒	(59)
三、衣原体	(28)	三、植物病毒	(60)
四、蓝细菌	(29)	四、噬菌体	(60)
五、古细菌	(29)	第四节 亚病毒	(61)
第二章 真核微生物	(32)	一、类病毒	(61)
第一节 酵母菌	(32)	二、拟病毒	(61)
一、酵母菌的形态结构	(32)	三、朊病毒	(62)
		第四章 微生物的营养	(63)

第一节 微生物的营养物质..... (63)	与代谢调节..... (101)
一、微生物细胞的化学组成..... (63)	一、糖的生物合成..... (102)
二、微生物的营养物质..... (64)	二、蛋白质的生物合成..... (103)
第二节 微生物的营养类型..... (67)	三、核酸的生物合成..... (105)
一、光能无机营养型..... (67)	四、代谢调节..... (106)
二、光能有机营养型..... (68)	第六章 微生物的生长..... (109)
三、化能无机营养型..... (68)	第一节 微生物纯培养的生长..... (109)
四、化能有机营养型..... (69)	一、纯培养的分离方法..... (109)
第三节 微生物对营养物质的	二、细菌的个体生长..... (110)
吸收..... (69)	三、细菌的群体生长..... (113)
一、单纯扩散..... (70)	第二节 理化因素对微生物生长
二、促进扩散..... (70)	的影响..... (117)
三、主动运输..... (71)	一、物理因素对微生物生长的影响... (117)
四、基团转位..... (71)	二、化学因素对微生物生长的影响... (123)
第四节 培养基..... (73)	第三节 化学治疗剂对微生物的
一、配制培养基的原则..... (73)	作用..... (126)
二、培养基的类型..... (75)	一、抗代谢物..... (126)
第五章 微生物的代谢..... (79)	二、抗生素..... (127)
第一节 微生物对有机物质的	三、微生物的抗药性..... (128)
分解..... (79)	第七章 微生物的遗传和变异..... (130)
一、纤维素的分解..... (79)	第一节 遗传变异的物质基础..... (130)
二、淀粉的分解..... (80)	一、证明核酸是遗传变异物质基础
三、果胶质的分解..... (80)	的经典实验..... (130)
四、木质素和芳香族化合物的分解... (81)	二、遗传物质在细胞中的存在方式... (132)
五、几丁质的分解..... (81)	第二节 微生物的突变..... (134)
六、蛋白质的分解..... (81)	一、微生物突变体的主要类型..... (135)
七、氨基酸的分解..... (82)	二、基因突变的特点..... (135)
八、烃类及有机农药的分解..... (84)	三、基因突变的机制..... (138)
第二节 微生物的产能代谢..... (85)	第三节 细菌的基因重组..... (141)
一、发酵..... (85)	一、转化..... (141)
二、呼吸..... (89)	二、转导..... (142)
第三节 微生物的自养代谢..... (92)	三、接合..... (144)
一、光能自养微生物..... (92)	四、原生质体融合..... (146)
二、化能自养微生物..... (97)	五、溶源转变..... (147)
第四节 微生物的固氮作用..... (98)	六、细菌基因转移方式的比较..... (147)
一、固氮微生物..... (98)	第四节 微生物遗传变异知识的
二、固氮作用机理..... (100)	应用..... (148)
第五节 微生物细胞物质的合成	一、诱变育种..... (148)

二、基因工程	(150)	二、微生物的抗原结构	(180)
第五节 菌种的衰退、复壮和保藏	(152)	第四节 特异性免疫	(181)
一、菌种的衰退与复壮	(152)	一、特异性免疫的组织学基础	(181)
二、菌种的保藏	(153)	二、特异性免疫应答过程	(184)
第八章 微生物的生态	(156)	三、抗体与体液免疫	(185)
第一节 自然环境中的微生物	(156)	四、特异性细胞免疫	(188)
一、土壤中的微生物	(156)	五、特异性免疫的获得方式	(189)
二、水体中的微生物	(158)	第五节 变态反应	(190)
三、空气中的微生物	(159)	第六节 血清学反应及其应用	(190)
四、工农业产品中的微生物	(159)	一、血清学反应的一般规律	(190)
五、正常人体及动物体上的微生物	(160)	二、血清学反应的主要类型	(191)
六、极端环境中的微生物	(162)	第十章 微生物的分类	(197)
第二节 微生物在自然界物质循环中的作用	(163)	第一节 微生物的分类单位与命名	(197)
一、微生物在碳素循环中的作用	(163)	一、微生物的分类单位	(197)
二、微生物在氮素循环中的作用	(164)	二、微生物的命名	(198)
三、微生物在磷素循环中的作用	(165)	第二节 微生物的分类方法	(199)
四、微生物在硫素循环中的作用	(165)	一、传统分类法	(199)
五、微生物在环境保护中的作用	(166)	二、数值分类法	(200)
第三节 微生物的生物环境	(167)	三、化学分类法	(201)
一、互生关系	(167)	四、遗传分类法	(201)
二、共生关系	(168)	第三节 微生物分类系统	(201)
三、竞争关系	(169)	一、细菌的分类系统	(201)
四、拮抗关系	(170)	二、真菌的分类系统	(202)
五、寄生关系	(170)	第十一章 微生物的应用	(204)
六、猎食关系	(171)	第一节 微生物在农业中的应用	(204)
第九章 传染与免疫	(172)	一、微生物与土壤的生物活性	(204)
第一节 传染	(172)	二、微生物肥料	(205)
一、病原菌传染的机制	(172)	三、微生物发酵在饲料加工中的应用	(206)
二、环境条件对病原菌传染的影响	(175)	四、微生物农药	(207)
三、传染的三种可能结局	(175)	五、沼气发酵	(210)
第二节 非特异性免疫	(176)	六、食用菌栽培	(211)
一、皮肤和粘膜	(176)	第二节 微生物在工业中的应用	(215)
二、吞噬细胞	(176)	一、微生物与食品制造	(216)
三、正常体液中的抗微生物因素	(178)	二、微生物与饮料生产	(219)
第三节 抗原	(179)	三、微生物与有机酸生产	(220)
一、抗原的性质	(179)	四、微生物与酶制剂生产	(220)
		第三节 微生物在医学方面	

的应用	(221)
一、生物制品	(221)
二、抗生素	(222)
三、葡萄糖酐	(225)
四、其他药物	(225)
五、疾病的诊断	(226)

第四节 微生物在环境保护中

的应用	(227)
一、微生物与污水处理	(227)
二、微生物对固体污染物的降解和 转化	(231)
三、微生物与环境监测	(235)

微生物学实验

实验须知	(237)
实验一 显微镜的使用及细菌形态 的观察	(237)
实验二 细菌的单染色法	(241)
实验三 革兰氏染色法	(243)
实验四 细菌芽孢染色法	(244)
实验五 细菌运动性的观察	(245)
实验六 细菌鞭毛染色法	(246)
实验七 荚膜染色法	(247)
实验八 细菌、放线菌、酵母菌和霉菌 的菌落观察与识别	(248)
实验九 放线菌形态的观察	(249)
实验十 酵母菌形态的观察	(250)
实验十一 霉菌形态的观察	(251)
实验十二 微生物大小的测定	(252)
实验十三 培养基的配制	(254)

实验十四 消毒与灭菌	(256)
实验十五 从土壤中分离与纯化微 生物	(259)
实验十六 显微镜直接计数法	(261)
实验十七 平板菌落计数法	(263)
实验十八 细菌鉴定中常用的生化 反应	(265)
实验十九 化学因素对微生物生长 的影响	(267)
实验二十 物理因素对微生物生长 的影响	(268)
实验二十一 水的细菌学检查	(270)
实验二十二 凝集反应	(273)
实验二十三 环状沉淀反应	(275)
实验二十四 大肠杆菌生长曲线的 测定	(276)
实验二十五 用生长谱法测定 微生物的营养要求	(277)
实验二十六 噬菌体的分离与纯化	(278)
附录一 染色液的配制	(279)
附录二 培养基的配制	(281)
附录三 洗涤液的配制及细菌滤 器的清洗方法	(283)
附录四 常用消毒剂的配制	(283)
附录五 常用试剂的配制	(284)
附录六 教学常用菌种	(285)
附录七 微生物学实验必备的器材 及仪器	(285)
主要参考文献	(286)

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

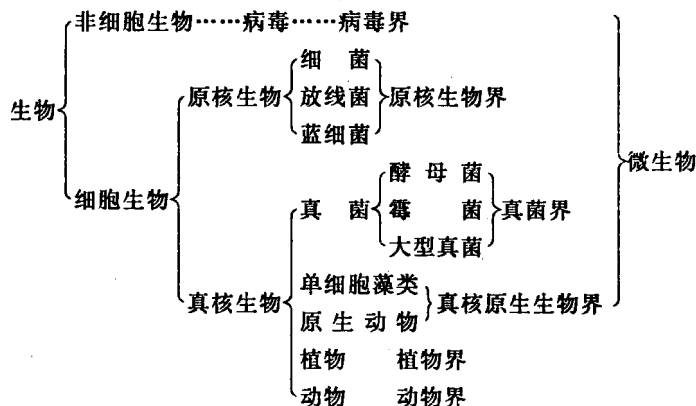
(一) 微生物及其主要类群

微生物并非生物分类学上的名词,而是所有形体微小、结构简单的低等物的总称。微生物包括没有细胞结构的病毒,单细胞的细菌、放线菌、立克次氏体、支原体、衣原体,属于真菌的酵母菌和霉菌,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 Haeckel 提出三界系统,将生物分为动物界、植物界和原生生物界。目前,比较普遍接受的是魏塔克(Whittaker)于1969年提出的生物分类的五界系统,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。微生物分别属于病毒界、原核生物界、真核原生生物界和真菌界。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:



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。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、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几十万倍才能看清。

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(1140 大气压)、在厌氧条件营自养生活的硫细菌;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 9000 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。

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,因而具有较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 2000 倍的糖,乳酸细菌每小时可产生自重 1000 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 分钟就繁殖一代,24 小时就是 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。

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。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 250℃ 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。

(三) 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。有些微生物可产生多种抗生素,能防治作物病害。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,利用微生物处理污水、污物、毒物,消除污染,保护环境,监测环境,越来越多。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,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。

(四) 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。

微生物学是生物学的重要组成部分。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,因而它们是研究生物学中许多基本问题的良好材料。现代生物化学的许多重要概念都是从微生物代谢研究得到的。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 5000 多年前就利用微生物酿酒。4000 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、品种多样的四大特点闻名世界,对人类作出了突出的贡献。

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、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。《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2000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。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《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(Jenner)在我国发明的种“人痘”的基础上发展为“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。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,在此后近两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。

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和北美流行,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(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。他将两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。

柯赫(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。许多微生物学家作出了贡献,如贝哲林克(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的基础。伊万诺夫斯基(Ивановский)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。

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(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。除医用外,抗生素还广泛用于动植物病害防治和食品保藏等方面。

1935 年斯坦来(Stanley)得到烟草花叶病毒的结晶。1937 年鲍登(Bawden)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。

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(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(Beadle)和塔图姆(Tatum)分离并研究了脉孢菌的生化突变型,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,并为生化遗传学打下了基础。

1944 年埃弗里(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),从而开创了分子生物学的新纪元。

1953 年华特生(Watson)和克里克(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,为分子生物学奠定了坚实的理论基础。

1961 年雅各布(F. Jacob)和莫诺(J. Monod)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 年莫诺等又提出调节酶活力的变构理论,使分子生物学更快地发展起来。

20 世纪,微生物学为生物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,深刻地影响了生物科学的各个方面。因此,微生物学是现代生物学的带头学科之一,正处于生物学科的生长点。

微生物学不但使生物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。许多方法已在生物科学的很多领域中广泛采用,推动了生物科学的发展。

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,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。

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。

五、我国微生物学的简况

解放前我国没有专门的微生物学教学、科研机构,只有少数医学院、农学院开设医用细菌学、植物病理学和酿造学等。新中国成立后,在党的领导下,微生物学和其他学科一样发展迅速。无论是人才培养、机构设置与充实及科研成果的取得等方面都成绩显著。

工业方面,古老的酿造业恢复了生气,并陆续建立了抗生素、生物制品、酶制剂、石油发酵、微生物农药等发酵工业,初步建立了微生物工业体系,使微生物广泛应用到食品、医药、制革、纺织、石油、化工、冶金及环保等国民经济的许多部门。我国抗生素、氨基酸、有机酸、酿酒、酶制剂等的生产都已具相当规模。例如抗生素产量不断增加,质量逐步提高,品种逐渐增多,发酵单位也稳步上升,产品的产量和品种都在世界名列前茅,远销世界各国。我国成功地以薯干和废糖蜜为原料,用微生物发酵法生产味精、柠檬酸、甘油、有机酸等,产量高,质量好。许多产品结束了过去依赖进口的局面。尤其是利用发酵法生产酶制剂,在我国属于新兴工业,促进了酿酒、食品、印染、制糖、纺织、皮革等行业的发展,它不仅仅提高产量,更主要的是提高产品质量。我国已成功地用微生物发酵法进行石油脱蜡,降低油品凝固点,以满足工业生产和国防建设的需要。以石油为原料发酵生产酵母、有机酸、酶制剂、抗生素等都已有一定的研究。利用微生物提高原油采收率,对石油酵母和石油蛋白综合利用的研究工作都已有了很大进展。细菌冶金的研究工作进展很快。利用微生物处理有毒废水的研究和应用进展都很快,已用微生物处理含酚、氰、有机磷、重金属、染料等的废水。

农业方面,微生物应用越来越多。我国已研制成功多种微生物农药,如防治园林、蔬菜、农田害虫的苏云金杆菌及青虫菌等制剂;防治松毛虫等白僵菌制剂。农用抗生素如春雷霉素、井冈霉素、庆丰霉素、内疗素等逐渐推广应用。使用“鲁保一号”微生物除草剂防治大豆菟丝子获得良好效果。微生物肥料有我国科技工作者分离的泾阳链霉菌(*Streptomyces jingyangensis*)、根瘤菌、自生固氮菌、磷细菌、菌根菌等多种制剂,应用越来越广。生物固氮的研究在各方面都取得了较大的进展,特别是禾本科作物的共生固氮获得了突破性进展,已能使根瘤菌在小麦根部共生固氮。沼气发酵在农村普遍推广应用。赤霉素等生物生长刺激素、糖化饲料、畜禽用生物制品的研究与应用进展显著。植物病毒的研究工作取得了显著成绩,可利用生物化学、电子显微镜等手段对一些重要作物病毒病原迅速作出鉴定,为综合防治提供科学依据。昆虫病毒的研究与利用也取得了可喜的成果。

医学方面,抗生素已普遍使用。各类生物制品如菌苗、疫苗等的生产和应用飞速发展。由于大力开展爱国卫生运动、普遍进行预防接种,我国已在解放后的不短时间内消灭或控制了天花、鼠疫、霍乱等烈性传染病。小儿麻痹症、乙型脑炎等流行病也在逐步控制和消灭中。另外,对人类流感病毒开展了生态研究,亚洲甲型流感病毒是我国首先发现的。肿瘤病毒的研究十分