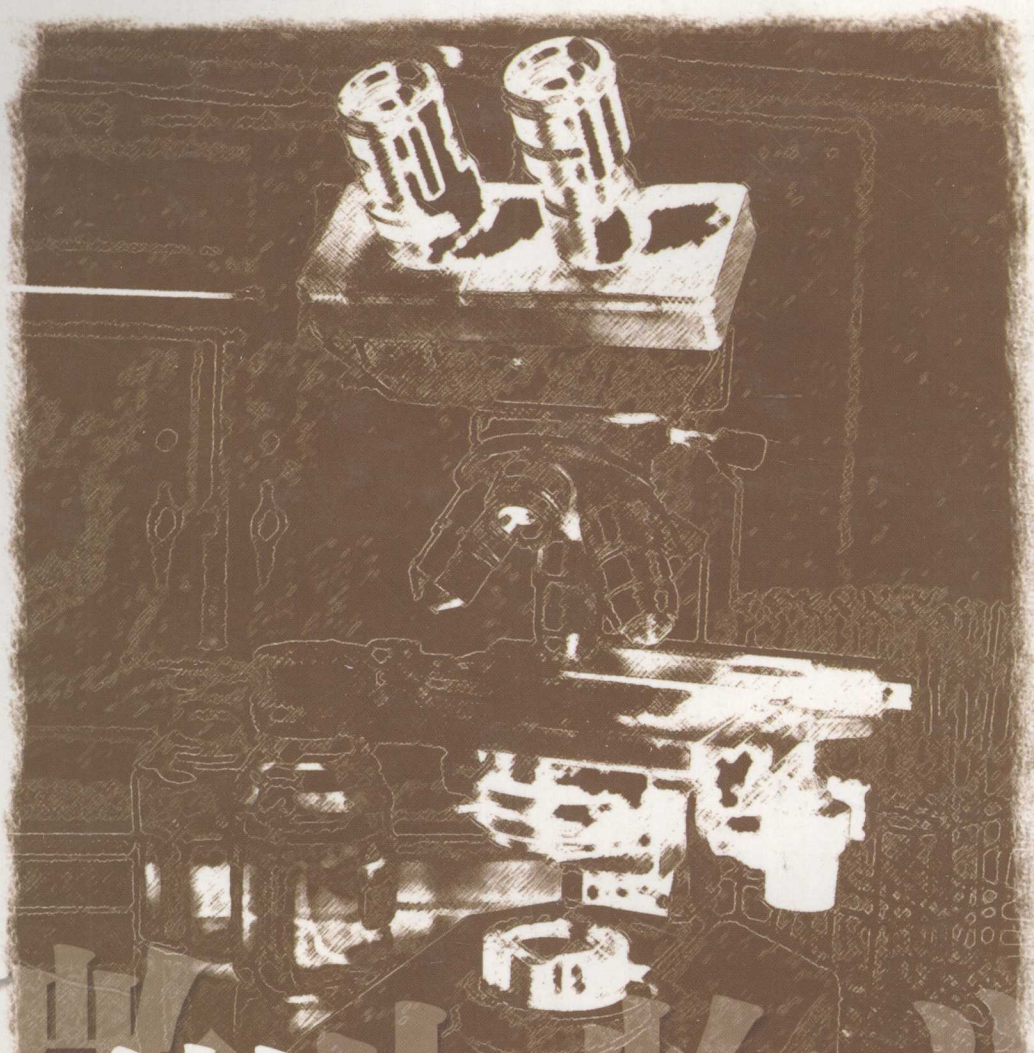




微生物学

薛刚/主编

WEISHENGWUXUE

吉林人民出版社

微生物学

MICROBIOLOGY

薛 刚 主编

吉林人民出版社

微生物学

主 编:薛 刚

责任编辑:王晓红

封面设计:张 颖

吉林人民出版社出版 发行

(中国·长春市人民大街 7548 号 邮政编码:130022)

印 刷:北京市朝教印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5 字 数:570 千字

标准书号:ISBN 7-206-02726-1/G·1044

版 次:2005 年 7 月第 2 版 印 次:2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1 000 册 定 价:41.30 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

编 委 会

主 编 薛 刚

副主编 郭书贤 臧 晋 王卫国
肖连冬 郭海艇

编 委 (按姓氏笔画):

王卫国	王庆林	李继红	肖连冬
杜云建	罗建成	赵 华	
赵丰丽	段 焰	郭书贤	郭海艇
臧 晋	薛 刚	魏 旭	

前 言

本书为高等院校有关专业微生物学教科书。全书共十章,分别介绍了微生物的五大共性、微生物的纯培养和显微技术、微生物的分类与鉴定、微生物的形态和构造、微生物的营养、微生物的代谢和发酵、微生物的生长及其控制、微生物的遗传变异及其育种、微生物生态、感染与免疫、食品与微生物等。本书除适合生化、食品专业微生物学教学用书外,也可供科研人员、工厂技术人员及高等有关专业师生参考。

参加本教材编写的有:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第十章由薛刚、郭书贤、臧晋、王卫国、王庆林编写;第五章、第六章、第七章、第九章由肖连冬、郭海艇、赵华、李继红、赵丰丽、罗建成、杜云建、段焰编写;第八章第一节、第二节由魏旭编写,第三节、第四节由王庆林编写。

本教材供生化、食品专业课程教学用,也可供有关研究人员、工厂技术人员和高等院校有关专业师生参考。

在编写过程中我们得到了院领导的关怀与支持,保证了编写工作的顺利进行。

本书的编写在许多方面是一次改革性的尝试,由于作者水平和能力有限,会有不当或错漏之处,请广大师生、同行和读者多批评指正。谢谢!

编者

2000年11月

目 录

绪 论	1
第一节 微生物及其特点	1
一、什么是微生物?	1
二、微生物的五大共性	1
第二节 人类对微生物世界的认识过程	6
一、一个难以认识的微生物世界	6
二、人类揭开微生物世界奥秘的历史	6
第三节 微生物学的发展促进了人类的进步	9
一、在医疗保健战线上的六大“战役”	9
二、微生物与发酵、食品工业	10
三、微生物学对生物学基础理论研究的贡献	13
第一章 微生物的纯培养和显微技术	15
第一节 微生物的分离和纯培养	15
一、无菌技术	15
二、用固体培养基分离纯培养	16
三、用液体培养基分离纯培养	18
四、单细胞(单孢子)分离	18
五、选接培养分离	18
六、二元培养物	19
第二节 显微镜和显微技术	19
一、显微镜的种类及原理	20
二、显微观察样品的制备	22
第三节 显微镜下的微生物	23
一、细菌和古生菌	23
二、真菌	26
三、藻类	28
四、原生动物	28
第二章 微生物的分类与鉴定	29
第一节 微生物的分类	29
一、微生物的分类问题	29
二、微生物分类单位及命名	29
第二节 微生物的鉴定	31
一、经典分类鉴定方法	31

二、现代分类鉴定方法	31
第三章 微生物的形态和构造	34
第一节 原核微生物	34
一、细菌	34
二、放线菌	52
第二节 真核微生物	54
一、酵母菌	54
二、丝状真菌——霉菌	64
第三节 噬菌体	76
一、噬菌体的形态和构造	76
二、噬菌体的生长和繁殖	76
三、噬菌体的生活史	77
四、噬菌体的分离检查	78
五、噬菌体的防治	79
第四章 微生物的营养及培养基	83
第一节 微生物细胞的化学组成	83
第二节 营养物质及其功能	84
一、碳源	84
二、氮源	85
三、能源	85
四、无机盐	85
五、生长因子	86
六、水分	86
第三节 微生物吸收营养的方式	86
一、微生物吸收营养的机制	86
二、微生物吸收营养的方式	86
三、影响营养吸收的因素	87
第四节 微生物的营养类型	87
一、光能自养微生物	87
二、光能异养微生物	88
三、化能自养微生物	88
四、化能异养微生物	88
第五节 微生物培养基的类型	88
一、培养基的类型	88
二、设计培养基的原则	90
三、设计培养基的方法	91
四、配制培养基的步骤	92

第五章 微生物的代谢和发酵	93
第一节 微生物的能量代谢	93
一、化能异养微生物的生物氧化和产能	93
二、自养微生物的生物氧化、产能和 CO ₂ 固定	109
第二节 分解代谢和合成代谢间的联系	115
一、兼用代谢途径(amphibolic Pathway)	116
二、代谢物回补顺序(anaplerotic sequence)	116
第三节 微生物独特合成代谢途径举例	120
一、生物固氮	120
二、微生物结构大分子——肽聚糖的合成	124
第四节 微生物的代谢调控与发酵生产	127
一、酶活性的调节	127
二、酶合成的调节	130
三、代谢调控在发酵工业中的应用	133
第六章 微生物的生长及其控制	137
第一节 微生物生长的测定方法	137
一、细胞量的测定	137
二、细胞数的测定	137
第二节 微生物的生长规律	138
一、细菌的个体生长和同步生长	138
二、典型生长曲线	139
三、微生物的连续培养	141
第三节 影响微生物生长的主要因素	142
一、温度	142
二、氧气	143
三、pH	145
第四节 有害微生物的控制	146
一、几个基本概念	146
二、物理杀菌因素的代表——高温	147
三、化学杀菌剂或制菌剂	151
第七章 微生物的遗传变异和育种	153
第一节 遗传变异的物质基础	153
一、三个经典实验	153
二、遗传物质在细胞内的存在部位和方式	155
第二节 基因突变和诱变育种	159
一、基因突变	159
二、突变与育种	166
第三节 基因重组	175

一、原核微生物的基因重组	175
二、真核微生物的基因重组	181
第四节 菌种的衰退、复壮和保藏	183
一、菌种的衰退与复壮	183
二、菌种的保藏	184
第八章 微生物的生态	187
第一节 微生物与自然界中的物质循环	187
一、碳素循环	187
二、氮素循环	187
三、硫素循环	189
四、磷素循环	190
第二节 微生物间以及与其它生物间的关系	191
一、互生	191
二、共生	191
三、拮抗	193
四、寄生	193
五、猎食	194
第三节 污水处理的微生物学原理	194
一、污水处理中的特殊微生物	194
二、微生物处理污水的原理	195
三、污水处理的主要装置	196
第四节 沼气发酵与环境保护	198
一、沼气发酵的三个阶段	198
二、甲烷形成的生化机制	199
三、产甲烷菌的 CO_2 的同化途径	202
第九章 感染与免疫	203
第一节 感染的一般概念	203
一、感染的途径与方式	203
二、微生物的致病性	204
第二节 宿主的非特异性免疫	206
一、生理屏障	206
二、体液因素	206
三、细胞因素	208
四、炎症	208
第三节 宿主的特异性免疫	209
一、特异性免疫的一般概念	209
二、抗原和抗体	211
三、B 细胞介导的体液免疫	213

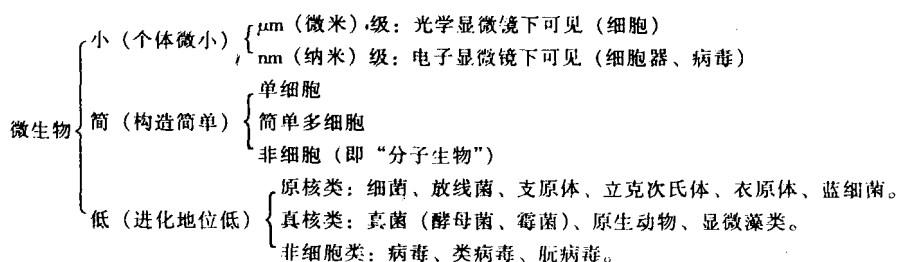
四、T 细胞介导的细胞免疫	214
五、联合抗感染免疫	215
六、克隆选择和免疫耐受性	215
第四节 免疫学的实际应用	215
一、抗体的制备及应用	215
二、免疫学技术	217
三、免疫预防	218
 第十章 食品与微生物	220
第一节 利用微生物制造食品	220
一、利用微生物发酵生产食品	220
二、利用微生物菌体做食品	227
第二节 有害微生物引起食品变质	229
一、食品发生变质的基本条件	229
二、各种食品的腐败变质	232
第三节 食品卫生和食品卫生检验	238
一、食品卫生	239
二、微生物性食物中毒	244
三、食品卫生微生物学检验	246
 主要参考书目	249

绪 论

第一节 微生物及其特点

一、什么是微生物？

微生物 (*microorganism*, *microbe*) 是一切肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。它们是一些个体微小 ($<0.1\text{mm}$)、构造简单的低等生物, 包括属于原核类的细菌、放线菌、支原体、立克次氏体及蓝细菌 (过去称蓝藻或蓝绿藻), 属于真核类的真菌 (酵母菌和霉菌)、原生动物和显微藻类以及属于非细胞类的病毒、类病毒和朊病毒等。现表解如下:



二、微生物的五大共性

在整个生物界中, 各种生物的体形大小相差极大。植物界中最大的是一种红杉, 可高达 350m , 动物界中的蓝鲸竟长达 34m , 而最小的病毒如双生病毒只有 $12\sim 18\text{nm}$ 长。体形大小上的量变达到某一限度, 就会引起一系列其他性状的质变。微生物一般就是指体长在 0.1mm 以下的任何生物。生物界体形的大小可以从以下标尺上看出。(图 1)

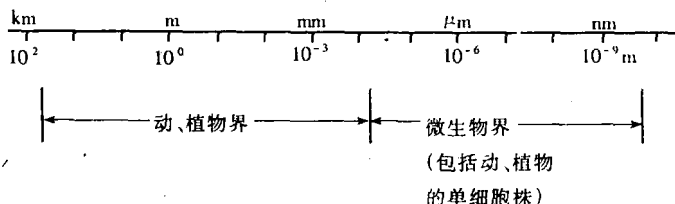


图 1-1 动、植物界和微生物界个体大小的比较

微生物由于其体形都极其微小, 因而带来以下五个共性, 即体积小、面积大; 吸收快、转化快; 生长旺、繁殖快; 适应强、易变异; 分布广、种类多。现分别加以讨论。

(一) 体积小、面积大

任何定体积的物体, 如对其进行三维切割, 则切割的次数越多, 所产生的颗粒数目也越多, 颗粒的体积就越小。这时, 如把所有颗粒的总面积相加, 则其数目将极其可观。若称单位体积所占有的面积 (即“面积/体积”) 为比面值, 则随着物体的体积缩小, 其比面值就随之增大。例如, 一个典型的球菌, 其体积仅 $1\mu\text{m}^3$ 左右, 可是, 其比面值却极大。这样一个小体积大面积的系统, 就是微生物与一切大型生物区别的关键所在。也是赋予微生物具有五大共性的本质所在。表 1 具体地描述了一个 1cm^3 的物体经不断

三维分割后，其比面值急剧增大的实际数据。

表 1 对 1cm^3 的固体作 10 倍系列三维分割后的比面值变化

边长	立方体数	总表面积	比面值	近似对象
1.0cm	1	6cm^2	6	豌豆
1.0mm	10^3	60cm^2	60	细小药丸
0.1mm	10^6	600cm^2	600	滑石粉粒
0.01mm	10^9	6000cm^2	6 000	变形虫
$1.0\mu\text{m}$	10^{12}	6m^2	60 000	球菌
$0.1\mu\text{m}$	10^{15}	60m^2	600 000	大胶粒
$0.01\mu\text{m}$	10^{18}	600m^2	6 000 000	大分子
1.0nm	10^{21}	6000m^2	60 000 000	分子

体积小、面积大是微生物五大共性的基础，由它可发展出一系列其他共性，因为一个小体积大面积系统必然有一个巨大的营养物吸收面、代谢废物的排泄面和环境信息的接受面。

(二) 吸收多、转化快

有资料表明，发酵乳糖的细菌在 1 小时内可分解其自重 1000 ~ 10000 倍的乳糖；*Candida utilis*（产朊假丝酵母）合成蛋白质的能力比大豆强 100 倍，比食用公牛强 10 万倍；一些微生物在呼吸速率方面比高等动植物组织也强得多。（表 2）微生物的这个特性为它们的高速生长繁殖和产生大量代谢产物提供了充分的物质基础，从而使微生物有可能更好地发挥“活的化工厂”的作用。人类对微生物的利用，主要体现在它们的生物化学转化能力。

表 2 若干微生物和动、植物组织的比呼吸速率

生物材料名称	温 度	$-Q_{O_2}$
<i>Azotobacter</i> （固氮菌属）	28	2 000
<i>Acetobacter</i> （醋杆菌属）	30	1 800
<i>Pseudomonas</i> （假单胞菌属）	30	1 200
面包酵母	28	110
肾和肝组织	37	10 ~ 20
根和叶组织	20	0.5 ~ 4

注： $-Q_{O_2}$ 为每小时内每毫克生物干重所消耗 O_2 的微升数。

(三) 生长旺、繁殖快

微生物具有极高的生长和繁殖速度。一种至今被人们研究得最透彻的生物——*Escherichia coli*（大肠埃希氏菌，简称大肠杆菌），其细胞在合适的生长条件下，每分裂 1 次的时间是 12.5 ~ 20.0 分钟。如按 20 分钟分裂 1 次计，则每小时分裂 3 次，每昼夜可分裂 72 次，后代数为：4 722 366 500 万亿个（重约 4 722 吨），48 小时为 2.2×10^{43} 个（约等于 4 000 个地球之重）。

事实上，由于种种客观条件的限制，细菌的指数分裂速度只能维持数小时，因而在液体培养基中，细菌细胞的浓度一般仅能达到 $10^8 \sim 10^9$ 个每毫升左右。现将若干有代表性微生物的代时（*generation time*，分裂 1 次所需时间）和每日增殖率列在表 3 中。

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义，主要体现在它的生产效率高、发酵周期短上。

例如,生产用做发面鲜酵母的 *Saccharomyces cerevisiae* (酿酒酵母),其繁殖速度不算太高(2小时分裂1次),但在单罐发酵时,几乎每12小时即可“收获”1次,每年可“收获”数百次,这是其他任何农作物所不可能达到的“复种指数”。这对缓和人类面临的人口增长与食物供应矛盾也有着重大的意义。例如,500 kg重的食用公牛,每昼夜只能从食物中“浓缩”0.5kg重的蛋白质,而同样重的酵母菌,只要以质量较次的糖液(如糖蜜)和氨水为主要养料,在24小时内即可真正合成50 000kg的优良蛋白质。另外,生长旺、繁殖快的特性对生物学基本理论的研究也带来极大的优越性——它使科研周期大大缩短、经费减少、效率提高。当然,对于危害人、畜和植物等的病原微生物或使物品发生霉腐的霉腐微生物来说,它们的这个特性就会给人类带来极大的麻烦甚至严重的祸害,因而需要认真对待。

表3 若干微生物的代时及每日增殖率

微 生 物 名 称		代 时	每日分裂次数	温度 (°C)	每日增殖率
细 菌	乳酸菌	38 分	38	25	2.7×10^{11}
	大肠杆菌	18 分	80	37	1.2×10^{24}
	根瘤菌	110 分	13	25	8.2×10^3
	枯草杆菌	31 分	46	30	7.0×10^{13}
	光合细菌	144 分	10	30	1.0×10^3
酿 酒 酵 母		120 分	12	30	4.1×10^{13}
藻 类	小球藻	7 小时	3.4	25	10.6
	念球藻*	23 小时	1.04	25	2.1
	硅藻	17 小时	1.4	20	2.64
草履虫		10.4 小时	2.3	26	4.92

念球藻*为念珠蓝菌属(*Nostoc*)的旧称。与细菌同属原核生物。

(四) 适应强、易变异

1. 适应性。微生物有极其灵活的适应性,这是高等动、植物所无法比拟的。其原因主要也是因为其体积小和面积大。据估计,一个微球菌(*Micrococcus sp.*)的细胞仅能容纳10万个蛋白质分子,而一个体积比球菌稍大一些的*E. coli*细胞却含有2 000~3 000种不同蛋白质。因此,细胞内那些暂时用不着的蛋白质不能总是贮存着。为适应多变的环境条件,微生物在其长期的进化过程中就产生了许多灵活的代谢调控机制,并有种类很多的诱导酶(可占细胞蛋白质含量的10%)。

微生物对环境条件尤其是恶劣的“极端环境”所具有惊人适应力,堪称生物界之最。例如在海洋深处的某些硫细菌可在250℃甚至在300℃的高温条件下正常生长;大多数细菌能耐0℃~ -196℃(液氮)的任何低温,甚至在-253℃(液态氢)下仍能保持生命;一些嗜盐菌甚至能在32%的饱和盐水中正常生活;许多微生物尤其是产芽孢的细菌可在干燥条件下保藏几十年、几百年甚至上千年;*Thiobacillus thiooxidans*(氧化硫硫杆菌)是耐酸菌的典型,它的一些菌株能生长在5%~10%(0.5~1.0mol/L, pH0.5)的H₂SO₄中;有些耐碱的微生物如*Thiobacillus denitrificans*(脱氮硫杆菌)的生长最高pH值为10.7,有些青霉和曲霉也能在pH9~11的碱性条件下生长;在抗辐射能力方面,人和哺乳动物的辐射半致死剂量低于1 000R,*E. coli*为10 000R,酵母菌为30 000R,原生动物为100 000R,而抗辐射力最强的生物——*Micrococcus radiodurans*(耐辐射微球菌)则达到750 000R;在抗静水压方面,酵母菌为500个大气压,某些细菌、霉菌为3 000个大气压,植物病毒可抗5 000个大气压。地球上大洋最深处为关岛附近的马里亚纳海沟,那里的水深达11 034m,压力约为1 103.4个大气压。可是,仍有细菌生存着;此外,耐缺氧、耐毒物等特性在微生物中也是极为常见的。

2. 变异性。微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞或非细胞的,它们通常都是单倍体,加之它们具有繁殖快、数量多和与外界环境直接接触等原因,即使其变异的频率十分低(一般 10^{-5} ~ 10^{-10}),也可在短时间内产生大量变异的后代。最常见的变异形式是基因突变,它可以涉及到任何性状,诸如形态构造、代谢途径、生理类型、各种抗性、抗原性以及代谢产物的质或量的变异等。以下仅举两例来说明它们变异之大。

青霉素生产菌 *Penicillium chrysogenum* (产黄青霉) 的产量变异据记载, 1943 年时, 每毫升青霉素发酵液中该菌只分泌约 20 单位的青霉素, 而病人每天却要注射几十万单位。因此诺贝尔奖获得者之一 H.W. Florey 在回忆当时这种菌种以原始的表面培养法进行生产时说: “那时一茶匙黄色粉末, 其提炼价值除研究工作精力与时间不计外, 约需数千英镑。”40 余年来, 通过世界各国微生物遗传育种工作者的不懈努力, 使该菌产量变异逐渐累积, 加上其他条件的改进, 目前国际上先进的国家, 其发酵水平每毫升已超过 5 万单位, 甚至接近 10 万单位。利用变异和育种使产量获得如此大幅度的提高, 这在动植物育种工作中简直是不可思议的。这也就是为什么几乎所有微生物发酵工厂都特别重视菌种选育工作的一个主要原因。

上述例子可认为是微生物对人类的一种有益变异, 但实践中常遇到有害变异, 如医疗中最常见的致病菌对抗生素所产生的抗药性变异。青霉素 1943 年刚问世时, 对 *Staphylococcus aureus* (金黄色葡萄球菌) 的最低制菌浓度为 $0.02\mu\text{g}/\text{ml}$, 过了几年, 制菌浓度不断提高, 有的菌株耐药性竟比原始菌株提高 1 万倍。反映在医疗实践上, 是 40 年代初刚使用青霉素治疗时, 即使是严重感染的病人, 也只要每天分数次共注射 10 万单位的青霉素即可, 而现在, 成人每天要注射 100 万单位左右, 新生儿也不少于 40 万单位。病情严重时, 甚至用到数千万乃至 2 亿单位, 因而会引起小儿患前所未有的抽风等严重青霉素中毒症。有关 *S. aureus* 耐青霉素菌株的逐年增长情况见表 4

表 4 从医院分离到 *S. aureus* 耐青霉素菌株

年份	1964	1947	1948	1949	1957	1966
耐药株 (%)	14	38	59	58	80	> 97

这说明人类在利用抗生素等化学治疗剂杀灭病原微生物和其他有害微生物的战线上, 必须永远追踪它们, 以便进一步战胜它们; 同时, 也说明“滥用抗生素无异于玩火”的口号是有充分科学依据的。

(五) 分布广、种类多

1. 分布广。高等生物的分布区域常有明显的地理限制, 它们分布范围的扩大常靠人类或其他大型生物的散播。而微生物则因其体积小、重量轻, 因此可以到处传播以达到“无孔不入”的地步, 只要生活条件合适, 它们就可大量繁殖起来。微生物只怕明火, 地球上除了火山的中心区域外, 从土壤圈、水圈、大气圈直至岩石圈, 到处都有微生物家族的踪迹。可以认为, 微生物将永远是生物圈上下限的开拓者和各种记录的保持者。在动物体内外、植物体表面、土壤、河流、空气、平原、高山、深海、冰川、海底淤泥、盐湖、沙漠、油井、地层下以及酸性矿水中, 都有大量与其相适应的微生物在活动着。现举几个代表性的例子来说明这一问题。(1) 人体肠道中的正常菌群。在人体肠道中, 经常聚居着 100~400 种不同种类的微生物, 估计它们的个体总数大于 100 万亿, 重量约等于粪便干重的 1/3。目前知道, 其中数量最多的是一类厌氧菌, 主要是 *Bacteroides fragilis* (脆弱拟杆菌), 数量达到 $10^{10} \sim 10^{11}/\text{g}$, 这要比过去认为数量最多的 *E. coli* 还高出 100~1 000 倍。(2) 万米深海底部的耐热硫细菌。1974 年 4 月和 1977 年 2 月, 美国科学家发现, 在东太平洋加拉帕戈斯群岛东部, 深度达 1 万米的海底温泉中, 有一个不依赖太阳能的独特生态系统: 其中的生产者就是硫细菌, 含量达每毫升海水中含 100 万~100 亿个, 它们以地壳中逸出的硫化氢气体为能源, 以二氧化碳为碳源, 在厌氧条件下营自养生活; 它们既耐高温 (100°C), 又耐高压 (1140 大气压)。(3) 几万米高空中的微生物。人类的正常活动高度是有限的, 即使乘上飞机, 1976 年创飞行高度世界记录的美国“黑鸟”, 也未超出 26km。可是, 微生物的活动范围却高得多。70 年代末, 人们用地球物理火箭从 74km 的高空采集到处在同温层和大气中层的微生物; 后来又在 85km 处找到了微生物。这就是目前所知道的生物圈的上限。据认为, 它们是由火山喷发、暴风或龙卷风带上, 在阳光的作用下, 脱离了地球引力而被抛向太空的。(4) 地层下的微生物。有人在南极洲的罗斯岛和泰罗尔盆地 128m 和 427m 的沉积岩心中, 找到了活细菌; 前苏联科学家在南极冰川进行钻探时, 在 4.5~293m 不同深度的岩心中多次发现有球菌、杆菌和微小的真菌。

2. 种类多。迄今为止, 我们所知道的动物约有 150 万种, 植物约有 50 万种, 微生物约有 10 万种 (表 5)。

表 5 主要微生物的种类

类 型	种 数		
	低 限	倾向性种数	高 限
病毒与立克次氏体	1 217	1 217	1 217
支原体	42	42	42
细菌与放线菌	> 1 000	1 500	1 500
蓝细菌	1 227	1 500	2 500
藻类	15 051	23 100	23 100
真菌	37 175	47 300	68 939
原生动物	24 068	24 068	30 000
总 计	79 780	98 727	127 298

微生物的种类多主要表现在以下三方面:

(1) 微生物的生理代谢类型多。微生物的生理代谢类型之多,是动、植物所不及的。分解地球上贮量最丰富的初级有机物——天然气、石油、纤维素、木质素的能力,属微生物专有;微生物有着多种产能方式,如细菌光合作用,嗜盐菌紫膜的光合作用,自养细菌的化能合成作用;各种厌氧产能途径;生物固氮作用;合成各种复杂有机物——次生代谢产物的能力;对复杂有机物分子的生物转化能力;分解氰、酚、多氯联苯等有毒物质的能力;抵抗热、冷、酸、碱、高渗、高压、高辐射剂量等极端环境的能力;以及独特的繁殖方式——病毒、类病毒、朊病毒的复制增殖等等。

(2) 代谢产物种类多。微生物究竟能产生多少种类的代谢产物,至今很难全面统计。现在已知仅 *E. coli* 一种细菌即产生 2 000~3 000 种不同的蛋白质。由于抗生素与人类健康等的关系极其密切,因此,人们对其研究很多,获得的资料亦详细。据报道,至 1978 年止已找到过 5 128 种抗生素,其中来自微生物的有 4 973 种,占 97%;据报道 1984 年的报道,人类找过的抗生素已多达 9 000 种。微生物所产酶的种类也是极其丰富的,仅“工具酶”中的 II 型限制性内切酶,在各种微生物中就已发现了 1 443 种(1990 年初)。由此可推测微生物代谢产物种类之多。

(3) 微生物的种数多。从种数来看,由于微生物的发现和研究的比动、植物迟得多,加上鉴定种的工作以及划分种的标准等较为困难,所以着重研究的首先是对人类关系最密切的那些种。目前比较肯定的微生物种数大约为 10 万种,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、新纲屡见不鲜。这不但在生理类型独特、进化地位较低的种类中常见,就是最早发现的较大型的微生物——真菌,至今还以每年约 1 500 个新种不断地递增着。以下的一些数字可以帮助我们认识这个问题:①仅在 1981 年内,在细菌方面约发表了 27 个新种、3 个新属和一个新科;②(1979~1980 年,约发表了 50 个放线菌新种;③近年来越来越受到重视的厌氧菌,种数增加很快,至 1979 年计有 245 个种或亚种(未包括产甲烷菌和光合细菌);④近年来被陆续发现的真菌病毒(1972)、植物支原体(1967)、立克次氏体(1972)和类病毒(1971),只经过短短几年,其种数就分别达到了 75 种(1979)、64 种(1978)、30 多种(1979)和 9 种(1979)。正如前苏联微生物学家伊姆舍涅茨基(A.A.Имшенецкий)所说,“目前我们所了解的微生物种类,至多也不超过生活在自然界中的微生物总数的 10%。”可以相信,随着人类的认识和研究工作的深入,总有一天微生物的总数会超过动、植物总数的总和。

从微生物的分布广、种类多这一特点可以看出,微生物的资源是极其丰富的。可是,有人估计目前人类至多仅开发利用了已发现微生物种数的 1%。因此,在生产实践和生物学基本理论问题的研究中,利用微生物的前景是十分广阔的。

以上就是一切微生物所共有的五大共性。五大共性的基础是其体积小、面积大的独特体制,由这一个共性就可衍生出其他四个共性。五个共性对人类来说是既有利又有弊的,我们学习微生物学的目的在于能兴利除弊、趋利避害。人类利用微生物(还可包括单细胞化的动、植物)的潜力是无穷的。通过本课程的学习,要使自己努力达到能在细胞、分子和群体水平上认识微生物的生命活动规律,并设法联系生产实际,为进一步开发、利用或改善有益微生物,控制、消灭或改造有害微生物打好坚实的基础。

第二节 人类对微生物世界的认识过程

一、一个难以认识的微生物世界

人类对动植物的认识,可以追溯到人类的出现。可是,对数量庞大、分布广泛并始终包围在人体内外微生物却长期缺乏认识,原因主要有以下四个方面。

1. 个体微小。一般地说,人眼对小于1mm的物体就看不清楚了,而微生物的大小多数是在几 μm 至几十 μm 范围内,因此就无法发现或辨认它们。

2. 外貌不显。微生物的个体(细胞)虽看不见,但是由无数个体组成的群体(菌落或菌苔)却是可见的。然而,各种微生物群体的外形往往平淡无奇、不甚显目,因此,对其作用就极易忽略。

3. 杂居混生。微生物在自然条件下都是杂居混生在一起的,因此,在发明对其中各纯种微生物可进行分离、培养的技术前,是无法知道各种微生物对自然界和人类的真正作用。

4. 因果难联。由于微生物具有生长繁殖速度快和代谢活力强等特点,因此,当人体或动植物体处于病原微生物感染的早期时,一般并不会引起人们的警觉。一旦事态突然严重时,对于一些没有较深刻的微生物学知识的人来说,也不会真正理解这竟然是微生物生命活动的结果,因此容易遭到损失。在非病原微生物引起的各种生物化学变化(如发酵、腐败等)中,也有同样的情况。

微生物学历史发展的早期,就是围绕着如何克服这四大障碍而开展各种研究工作的。

当人们还处于对微生物世界的无知状态时,对待眼前的微生物往往表现出“视而不见、嗅而不闻、触而不觉、食而不察、得其益而不感其好、受其害而不知其恶”的愚昧状态。这从人类历史上曾遭受多次严重的瘟疫流行的事实而得到充分的证明。如鼠疫(黑死病)、天花、麻风、梅毒和肺结核(白疫)的大流行等,直至今天,也还有艾滋病等新的严重的传染病在出现和流行。其中的鼠疫更是猖獗。当公元6世纪鼠疫在地球上第一次大流行时,曾危及埃及、土耳其、意大利和阿富汗等国家和地区,死亡人数约1亿人;第二次(14世纪)流行时,欧洲约死2500万人口,亚洲约死4000万人(其中中国约1300万);上世纪末至本世纪初的第三次流行,发生在香港和印度北部地区,死亡人数约100万。这三次全球性杀人不见血的流行病共殃及近2亿人口,比死亡最惨重的第二次世界大战(约死亡1.1亿)还多!植物病原生物对农作物的危害也有类似的情况。例如:19世纪中叶,由于第一次“绿色革命”的结果,在欧洲普遍只种植单一的高产粮食作物马铃薯,在1843~1847年间由于气候异常,致使欧洲发生马铃薯晚疫病的大流行,毁灭了5/6的马铃薯,个别地方甚至颗粒无收。当时爱尔兰的800万人口中,有近100万人直接饿死或间接病死,并有164万人逃往北美谋生。

二、人类揭开微生物世界奥秘的历史

微生物学的发展历史可分为五个时期,现简述如下:

(一) 史前期

史前期是指人类还未见到微生物个体尤其是细菌细胞前的一段漫长的历史时期,大约在距今8000年前一直至公元1676年间。当时的人类虽未见到微生物的个体,却自发地与微生物频繁地打交道,并凭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。但由于在思想方法上长期停留在“实践—实践—实践”的基础上,因此只能长期处于低水平的应用阶段。

在史前期,世界各国人民在自己的生产实践中都累积了许多利用有益微生物和防治有害微生物的经验,例如发面、天然果酒和啤酒的酿造,牛乳和乳制品的发酵以及利用霉菌来治疗一些疾病等。但是,在当时应用水平最高并独树一帜的应首推我国人民在制曲、酿酒方面的伟大创造。

我国人民在距今约8000年至4500年间,已发明了制曲酿酒工艺,在2500年前的春秋战国时期,已知制酱和醋。在宋代,已采用老的曲子——“曲母”来进行接种,还根据红曲菌有喜酸和喜温的生长习性,利用酸大米和明矾水在较高温度下培养,以制造优良的红曲。在900年前,利用自养细菌生命活动的胆水浸铜法(类似于今日的细菌沥滤)已正式用于生产铜。在2000年前,已发现豆科植物的根瘤有增产作用,并采用积肥、沤粪、压青和轮作等农业措施,来利用和控制有益微生物的生命活动,从而提高作物

产量。在医药方面,我们的祖先早在2500年前就知道利用麦曲治疗腹病。另外,在对传染病及其流行规律的认识,对消毒、灭菌措施的利用等方面都有过一定的贡献。此外,在宋代还创造过“以毒攻毒”的免疫方法,发明用种人痘来预防天花,这要比英国人 E. Jenner 在1796年发明种牛痘来预防天花早半个多世纪。

我国人民所创造的制曲酿酒工艺有四个特点,即历史悠久、工艺独特、经验丰富、品种多样,这是值得后人发扬光大的。现分别介绍如下:

1. 历史悠久。酵母菌是人类最古老的家养生物之一。关于酒在我国起源的确切时间问题,还有待考证和讨论。一般认为,酒是人类进入农业社会后的自然产物,是在一段历史时期中的群众性创造,并非个别人物的发明。晋代的《酒诰》(3世纪)中有一段朴素而充满唯物主义观点的关于酒的起源的叙述:“酒之所兴,肇自上皇,或云仪狄,一曰杜康。有饭不尽,委余空桑,郁积成味,久蓄气芳。本出于此,不由奇方。”那么,我国何时进入农业社会呢?1977年,河南新郑县发掘到的裴李岗遗址是距今近80000年(7885年 $\pm$ 480年)的一处较早的新石器时代遗址。在当时的墓葬中,已可找到谷物的收割和加工工具——石镰、石磨盘、石磨棒等,说明当时已进入农业社会并可能已开始酿酒了。至今4000~5000年前新石器时代晚期的“龙山文化”时期,从发掘到的大量尊等陶制酒器来看,说明当时酿酒工艺已大有发展,谷物酒已成为较普遍的酒精饮料了。

2. 工艺独特。至今存在的各种酒按其酿制原理大体可分成果酒类、啤酒类、曲酒类和蒸馏酒类四个类型,其中我国人民所发明的曲酒类是最为独特的,其酿制工艺中,先利用霉菌淀粉酶(曲)对谷物淀粉进行糖化,然后利用酵母菌进行酒精发酵。这简直就是今日序列发酵和混合发酵的一种雏型,在微生物发酵工艺史上有着重要的地位。

3. 经验丰富。制曲与酿酒技术上早有丰富的经验,这在《齐民要术》(公元6世纪)和《天工开物》(1637年)等典籍中都有详尽的记载。

4. 品种多样。曲、酒和菌种的种类上十分多样。在曲种上有散曲、小曲、饼曲、草药曲、红曲和干酵等多种;在酒的品种上,仅《齐民要术》中即记载着39种之多;至于菌种,当时虽没有纯种微生物,但是,经过精心选择和独特培养后,已选育出以根霉、米曲霉、酵母菌、红曲霉或毛霉为主体的各种曲种。这些都是我们的祖先为后人留下的丰富的菌种库。1892年,法国人 A. Calmette 曾从中国小曲中分离到一株糖化力很强的毛霉——*Mucor rouxianus* (鲁氏毛霉),并利用它所产生的糖化酶对淀粉质原料进行糖化以生产酒精,这就是酒精发酵技术中著名的“阿米露法”(amylase process)。

(二) 初创期

从1676年列文虎克用自制的单式显微镜观察到细菌的个体起,直至1861年近200年的时间。在这一时期中,人们对微生物的研究仅停留在形态描述的低级水平上,而对它们的生理活动及其与人类实践活动的关系却未加研究,因此,微生物学作为一门学科在当时还未形成。

这一时期的代表人物是荷兰的业余科学家——微生物学先驱者列文虎克(Anthony van Leeuwenhoek, 1632~1732)。他的贡献主要有三方面:(1)利用单式显微镜(透镜直径约3mm)观察了许多微小物体和生物,并于1676年首次观察到形态微小、作用巨大的细菌,从而解决了认识微生物世界的第一个障碍;(2)一生制作了419架显微镜或放大镜,放大率一般为50~200倍,最高者达266倍;(3)发表过约400篇论文,其中绝大部分(375篇)寄往英国皇家学会发表。

(三) 奠基期

从1861年巴斯德根据曲颈瓶试验彻底推翻生命的自然发生说并建立胚种学说(germ theory)起,直至1897年的一段时间。其特点为:(1)建立了一系列研究微生物所必要的独特方法和技术,从而解决了认识微生物的第二三四个障碍;(2)借助于良好的研究方法,开创了寻找病原微生物的“黄金时期”;(3)把微生物学的研究从形态描述推进到生理学研究的新水平;(4)开始客观上以辩证唯物主义的“实践—理论—实践”的思想方法指导科学实验;(5)微生物学以独立的学科形式开始形成,但当时主要还是以其各应用性分支学科的形式存在。

本时期的代表人物主要是法国的巴斯德(L. Pasteur, 1822~1895)和德国的科赫(R. Koch, 1843~1910),他们可分别称为微生物学的奠基人和细菌学的奠基人。

巴斯德学派的主要贡献是提出了生命只能来自生命的胚种学说,并认为只有活的微生物才是传染病、发酵和腐败的真正原因,再加上消毒灭菌等一系列方法的建立,就为微生物学的发展奠定了坚实的基础。