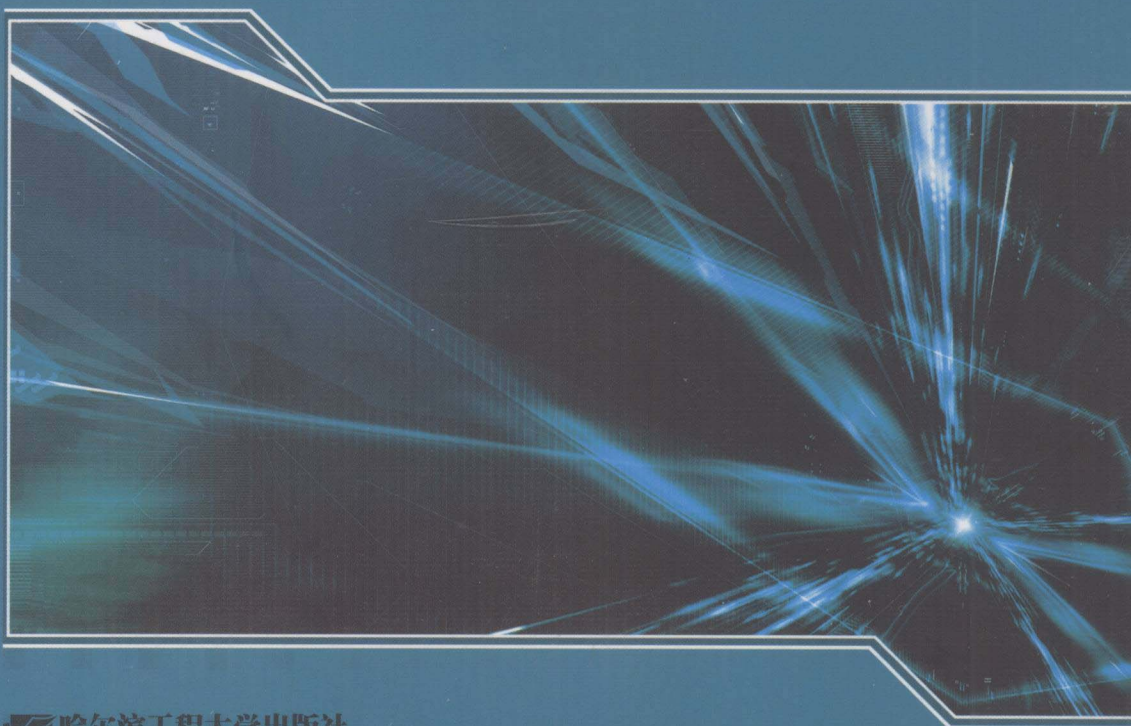




国防特色教材 · 核科学与技术

核工业微生物学

胡凯光 主编



 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社
哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社
西北工业大学出版社



国防特色教材·核科学与技术

核工业微生物学

胡凯光 主编

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书论述了核工业微生物学的基本理论、方法及其在工业上的应用。全书 11 章:第 1 章到第 6 章主要介绍微生物学的基本理论和方法,包括绪论、非细胞结构的微生物——病毒、原核微生物、真核微生物、微生物的营养和生长、微生物的菌种选育等章节;第 7 章到第 11 章介绍了微生物浸矿、微生物地球化学成矿和探矿、微生物技术治理放射性环境污染、放射性污染的生物监测及修复、微生物采油、微生物脱硫和微生物腐蚀的基本原理和应用。本书内容力求系统、全面,尽可能包含微生物学及其在核工业中应用的最新研究成果。

本书可以作为高等院校的生物工程、生物技术、生物化工、微生物学、采矿、环境、地质等专业的本科生、研究生的教材或教学参考书,对于从事这些领域的生产、管理、研究和开发的科技人员和工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

核工业微生物学/胡凯光主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-81133-557-6

I.核… II.胡… III.原子能工业-工业微生物学-高等学校-教材 IV.Q939.99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 163771 号

核工业微生物学

胡凯光 主编

责任编辑 刘凯元

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451-82519328 传真:

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

黑龙江省教育厅印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21.25 字数:300 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷 印数:1000 册

ISBN 978-7-81133-557-6 定价:44.00 元

前 言

核工业微生物学是工业微生物学的一个重要分支,是微生物学在核工业生产中的应用。核工业微生物学从核工业生产、科研需要出发来研究微生物的生命、代谢途径、菌种选育以及遗传变异的规律性;微生物地球化学勘探核资源,微生物采铀,研究微生物技术治理放射性核素环境污染;研究微生物指示剂监测放射性环境污染,微生物合成放射性标记化合物等。科学技术发展日新月异,微生物在国防工业中应用将日益广泛。

核工业微生物学是伴随着核科学和工业微生物学的产生和发展而产生发展的。我国对核工业中的微生物和微生物技术应用于核工业开展了一系列研究,并取得了不同程度的进展,但比起微生物在其他工业方面的应用尚有很大不足。

作者在核工业科研所从事微生物浸铀和铀废水处理多年,随后进入大学从事相关教学科研。在多年的教学科研实践和对相关院校的了解中,深深地感到目前缺少一本与核工业微生物学相关的教科书。编写本书的目的是为采矿、环境、地质等专业学生提供一本微生物教材,同时也为相关研究的科研人员提供一本参考书。本书内容为二大部分:(1)微生物学基础;(2)微生物学应用。

微生物学基础(第1章到第6章)主要介绍微生物学的基本理论和方法。包括绪论、非细胞结构的微生物——病毒、原核微生物、真核微生物、微生物的营养和生长、微生物的菌种选育等章节。微生物学应用(第7至第11章)介绍核工业微生物学的具体应用。包括微生物浸矿、微生物地球化学成矿和探矿、微生物技术治理放射性环境污染、放射性污染的生物监测及修复、微生物采油、脱硫和微生物腐蚀等章节。

在本书的编写过程中,我们一方面注重保持学科的系统性和完整性,另一方面强调了核工业微生物的特殊性。在内容的选择上,力求基本理论可靠、论述准确、信息量大,尽可能包括核工业微生物学的最新进展和研究成果。在不影响完整性的前提下,对于其他学科重复的内容作了简化。核工业微生物学是涉及微生物学、核化学、土壤学、地质学、水文学、环境学、生态学等多学科的边缘科学,与工程学科之间也存在着互相依赖、互相促进的关系,当前该学科是一个非常活跃的研究领域,新的研究成果与资料不断涌现。有鉴于此,欲在本书中将有关材料完

整且十分准确地反映出来实非作者能力所及。同时,由于篇幅所限,有些内容没有写入本书中。

本书第1~第4章、第7章、第8章、第10章、第11章由胡凯光编写,第5章由胡凯光、汪爱河编写,第6章由胡凯光、李广悦编写,第9章由胡凯光、徐伟昌编写。在编写本书过程中,为了反映近年来微生物在核工业和相关领域的研究成果和更好地说明其基本原理和技术,引用了多位学者的试验结果和文献著作,由于篇幅有限,书的最后仅列出其中的一部分。在此对这些为该领域的发展作出了重要贡献的学者表示真诚的感谢。

本书可以作为下列专业大学本科、研究生的教科书或教学参考书:生物工程、生物技术、微生物学、采矿、环境、地质、环境科学、环境工程等。本书对从事这些领域的生产、管理、研究和开发的科技人员也有一定的参考价值。

由于作者的水平有限,书中的缺点和错误在所难免,我们衷心地欢迎本书的读者批评指正。本书得到了国防科工委的大力支持,南华大学博士生导师丁德馨教授、博士生导师谭凯旋教授、博士生导师龚学余教授对本书也极为关心,在此表示深深谢意。

胡凯光

2009年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 微生物及其特点	1
1.2 微生物在生物界中的地位	4
1.3 微生物学的发展简史	6
1.4 核工业微生物学及其研究的对象和任务	9
复习思考题	12
第 2 章 非细胞结构的微生物—病毒 (Virus)	13
2.1 病毒的特征及其分类	13
2.2 病毒的形态及构造	14
2.3 病毒的生长繁殖	16
2.4 理化因素对病毒的作用	18
2.5 病毒感染的本质	22
2.6 噬菌体的防治	23
2.7 亚病毒	24
复习思考题	25
第 3 章 原核微生物	26
3.1 细菌	26
3.2 放线菌 (Actinomycetes)	42
3.3 蓝细菌 (Cyanobacteria)	46
3.4 古细菌 (Archaeobacteria)	48
3.5 其他原核微生物	54
复习思考题	55
第 4 章 真核微生物	56
4.1 原生动物	57
4.2 微型后生动物	61
4.3 真核藻类	63

4.4 真菌	67
复习思考题	75
第5章 微生物的营养和生长	76
5.1 微生物的营养	76
5.2 微生物的生长	85
5.3 微生物培养方法	91
5.4 影响微生物生长的环境因素	96
5.5 消毒和灭菌	108
5.6 菌种保藏	114
复习思考题	120
第6章 微生物的菌种选育	121
6.1 菌种的分离与筛选	121
6.2 基因突变	124
6.3 工业微生物育种	127
6.4 几种重要细菌的分子育种	131
复习思考题	136
第7章 微生物浸矿	137
7.1 浸矿微生物的种类、特性及选育	137
7.2 微生物浸矿基本原理	147
7.3 微生物浸出影响因素	150
7.4 微生物浸矿工艺试验方法	158
7.5 细菌浸铀	162
7.6 铜矿石的细菌浸出	174
7.7 难处理金矿的细菌氧化预处理	176
7.8 微生物浸出的评价方法	180
7.9 微生物湿法冶金的前景展望	197
复习思考题	199
第8章 微生物地球化学成矿和探矿	200
8.1 微生物的成矿作用	200
8.2 微生物探矿	218
复习思考题	226

第 9 章 微生物技术治理放射性环境污染	228
9.1 放射性环境污染的产生	228
9.2 放射性物质通过生物链向人的转移	231
9.3 放射性污染的控制技术	235
9.4 生物吸附剂的固定化	239
9.5 微生物对含铀放射性废水的治理	250
9.6 微生物处理其他放射性核素的研究	266
复习思考题	274
第 10 章 放射性污染的生物监测及修复	275
10.1 生物监测的基本类别	275
10.2 现代生物监测技术	277
10.3 生物标记物法	281
10.4 放射性污染的生物监测	282
10.5 污染环境的微生物修复	284
10.6 微生物修复作用应用实例	291
10.7 植物修复放射性污染的治理技术	304
复习思考题	312
第 11 章 微生物采油、脱硫和微生物腐蚀	313
11.1 微生物采油	313
11.2 微生物脱硫技术	317
11.3 微生物引起的腐蚀	324
复习思考题	328
参考文献	329

第1章 绪 论

地球诞生至今已有 46 亿多年,最早的微生物 35 亿年前就已出现在地球上,人类出现在地球上已有几百万年的历史,人类认识微生物则只有短短的几百年。1676 年荷兰人列文虎克用自制的显微镜观察到了细菌,从而揭示出一个过去从未有人知晓的微生物世界。微生物的存在对我们人类有时是有利的,有时既无利也无害,有时却是有害的。无数事实已经证明,自从人类认识微生物并逐渐掌握其活动规律后,就可能将原来无利的微生物变成有利的,小利的变成大利的,有害的变成小害、无害甚至有利,从而大大改善了人类的生活质量,推动了人类的文明进步。目前,微生物在解决人类的粮食、能源、健康、资源和环境保护等方面正显露出越来越重要且不可替代的独特作用。然而,据估计迄今为止已经发现的微生物仅占其总数的 10% 左右,在工农医等方面被利用并获得经济和社会效益的微生物则更少,只有数百种。大部分微生物还有待于发掘利用。

1.1 微生物及其特点

1.1.1 微生物

微生物(microorganism)是对所有形体微小,单细胞或结构较为简单的多细胞,甚至无细胞结构的低等生物的统称。微生物的类群十分庞杂,主要有古菌;属于原核生物类的细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、立克次氏体;属于真核生物类的真菌、原生动物和显微藻类。以上这些微生物在光学显微镜下可见。蘑菇和银耳等食、药用菌是个例外,尽管可用厘米表示它们的大小,但其本质是真菌,称它们为大型真菌。而属于非细胞生物类的病毒、类病毒和朊病毒(又称朊粒)等则需借助电子显微镜才能看到。由于以上微生物的形体简单微小,生物学特性比较接近,研究方法、生产应用近似,因此把它们都归于微生物学研究的对象。虽然我们用肉眼看不到单个的微生物细胞,但是当微生物大量繁殖在某种材料上形成一个大集团,或是把微生物培养在某些基质上时,我们就能看到它们了。我们把这一团由几百万个微生物细胞组成的集合体称为菌落。例如腐败的馒头和面包上长的毛,烂水果上的斑点,皮鞋上的霉点,皮肤上的癣块等就是许多微生物形成的菌落。

1.1.2 微生物特点

微生物一般指体形在 0.1 毫米以下的小生物。个体微小的特性使微生物获得了高等生物无法具备的五大特征,即体积小、面积大,吸收多、转化快,生长旺、繁殖快,适应强、易变异,分布广、种类多。

1. 体积小,面积大

微生物的个体极其微小,必须借助显微镜放大几倍、几百倍、上千倍,乃至数万倍才能看清。表示微生物大小的单位是微米(μm , $1\text{ m} = 10^6\text{ }\mu\text{m}$)或纳米(nm , $1\text{ m} = 10^9\text{ nm}$)。

细菌中的杆菌可以形象地说明微生物个体的细小。杆状细菌平均大小为 $0.5 \times 2.0\text{ }\mu\text{m}$,仅重 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-10}\text{ mg}$,因此 80 个杆菌“肩并肩”地排列成横队,也只是一根头发丝的宽度,1 500 个杆菌头尾衔接起来仅有一颗芝麻长。

微生物体积小,相对表面积就大。例如:1 个球菌细胞的半径(r)为 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 时,其比表面积和体积按下式计算:

$$\text{球菌表面积}(S) = 4\pi r^2 = 4 \times 3.141\ 6 \times 0.5^2 = 3.141\ 6\text{ }\mu\text{m}^2$$

$$\text{球菌体积}(V) = 4/3\pi r^3 = 4/3 \times 3.141\ 6 \times 0.5^3 = 0.523\ 6\text{ }\mu\text{m}^3$$

$$\text{比表面积} = S/V = 3.141\ 6/0.523\ 6 = 6$$

$$r = 2\text{ }\mu\text{m}\text{ 时}$$

$$\text{则球菌面积}(S) = 50.265\ 4\text{ }\mu\text{m}^2$$

$$\text{球菌体积}(V) = 33.510\ 3\text{ }\mu\text{m}^3$$

$$\text{比表面积} = S/V = 50.265\ 4/33.510\ 3 = 1.5$$

把一定体积的物体分割得越小,它们的总表面积就越大,把物体的表面积和体积之比称为比表面积。如果把人的“面积/体积”比值定为 1,则大肠杆菌的“面积/体积”比值为人的 30 万倍。微生物这种小体积大面积的体系,特别有利于它们与周围环境进行物质交换和能量、信息交换。这就是微生物与一切大型生物相区别的关键所在,也是赋予微生物其他四大特性的根本所在。

2. 吸收多,转化快

由于微生物的“面积/体积”比值大,所以微生物与外界环境的接触面特别大,这非常有利于微生物通过体表吸收营养和排泄废物,就使它们的“胃口”十分庞大。如大肠杆菌在合适条件下,每小时可以消耗相当于自身重量 2 000 倍的糖。若以成年人每年消耗相当于 200 kg 糖的粮食来换算,则一个细菌在一小时内消耗的糖按重量比相当于一个人在 500 年时间内所消耗的粮食,约为人的几百万倍。1 个 500 kg 重的乳牛 24 h 生产的蛋白质约 1 kg 左右,同样重量的

酵母 24 h 生产 500 000 kg 蛋白质。一接种环的谷氨酸生产菌,经两天的扩大培养和发酵就能将 8 吨糖和 2 吨尿素转化为 3 吨菌体和 4 吨谷氨酸。

可以利用微生物吸收多,转化快的特性,发挥“微生物工厂”的作用,使大量基质在短时间内转化为大量有用的化工、医药产品或食品,为人类造福,使有害物质化为无害,将不能利用的物质变为植物的肥料。

3. 生长旺,繁殖快

微生物繁殖速度惊人,其中以二等分裂的细菌最为突出。例如,培养在 37 ℃ 牛奶中的大肠杆菌,12.5 ~ 20 分钟便可繁殖一代,每小时可分裂 3 次,由 1 个变成 8 个。每昼夜可繁殖 72 代,由 1 个细菌变成 $4\,722 \times 10^{21}$ 个(重约 4 722 吨);经 48 小时后,则可产生 2.2×10^{43} 个后代,如此多的细菌的质量约等于 4 000 个地球之重。

当然,由于各种条件的限制,这种疯狂的繁殖是不可能实现的。细菌数量的翻番只能维持几个小时,不可能无限制地繁殖。因而在培养液中繁殖细菌,它们的数量一般仅能达到每毫升 $10^8 \sim 10^9$ 个,最多达到 10^{10} 个,培养数量要更多需要采用特殊培养方法。尽管如此,它的繁殖速度仍比高等生物高出千万倍。

微生物生长旺、繁殖快的特性一方面为生物学基本理论研究带来了极大的便利,使科研周期大大缩短,效率提高,另一方面可以提高生产效率,缩短发酵周期。当然,对于危害人、动植物的病原微生物或使物品霉变的霉菌微生物,它们的这个特性也给人类带来了极大的麻烦和祸害。

4. 适应强,易变异

微生物个体一般都是单细胞,常是单倍体,加之它们具有繁殖快、数量多及与外界环境直接接触等原因,即使变异的频率十分低(一般为 $10^{-6} \sim 10^{-5}$),也可在短时间内出现大量的变异后代。因此,出现了适合在极端环境中生活的极端微生物(Extremophiles),这些极端微生物包括嗜热菌(Thermophiles)、嗜盐菌(Halophiles)、嗜碱菌(Alkophiles)、嗜酸菌(Acidophiles)、嗜压菌(Barophiles)、嗜冷菌(Psychrophiles)以及抗辐射、耐干燥、抗高浓度金属离子和极端厌氧的微生物。这是微生物在漫长的进化历程中所经受各种复杂环境条件的影响和选择的结果。

嗜碱菌最适生长 pH 在 8.0 以上,通常 pH 为 9 ~ 10,种类繁多,常见的主要有芽孢杆菌属(*Bacillus*)、微球菌属(*Micrococcus*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、链霉菌属(*Streptomyces*)、酵母、丝状真菌及古菌。如从我国西藏纯碱湖中分离到的特腊帕尼盐杆菌(*Halobacterium trapanicum*)是一种嗜盐嗜碱菌。嗜压菌主要存在于深海、深油井和地下煤矿。极端嗜压菌生活在海平面 10 000 m 以下,它们不仅耐受压力而且生长也需要有压力的环境,不能在低于 4.053×10^7 Pa 压力下生长。目前已报道的可培养的深海嗜压菌主要有 *Shewanella*、*Photobacterium* 等。抗辐射微生物具有较强的抗辐射机制并能耐受诸如可见光、紫外线、X 射线和 γ 射线的辐射。抗辐射

能力最强的微生物为耐辐射奇球菌(*Micrococcus radiodurans*),所有奇球菌科的成员都可以在6000 rad/h慢性辐射条件下存活。在自然界中,有许多含有高浓度盐分的环境,如美国犹他大盐湖(盐度为2.2%)、著名的死海(盐度为2.5%)、里海(盐度为1.7%)、海湾和沿海的礁石池塘等。在这些高盐环境中仍然存在许多抗高渗透压微生物,即嗜盐微生物,如盐拟杆菌(*Halobacteroides* sp.)和芽孢盐杆菌(*Sporohalobacter* sp.)等。一些嗜盐细菌甚至能在饱和盐水中正常生活。产芽孢细菌和真菌孢子在干燥条件下能保藏几十年、几百年甚至上千年。氧化硫杆菌(*Thiobacillus thiooxidans*)是耐酸菌的典型,它的一些菌株能生长在5%~10%(0.5~1.0 mol/L, pH 0.5)的 H_2SO_4 中。

利用微生物繁殖快,可在短时间内产生大量变异后代的特性,人们按照自己的要求不断改良在生产上应用的微生物,如青霉素生产菌(*Penicillium chrysogenum*),该菌1943年每毫升青霉素发酵液仅20单位青霉素,至20世纪80年代由于各国微生物育种工作者的努力和发酵条件的改善,新的生产用菌株产青霉素的能力不断提高,每毫升发酵液已超过5万单位,有的接近10万单位。相反当年青霉素对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)的最低抑制浓度为0.02 $\mu\text{g/ml}$,因变异使耐药性菌株的耐药性比原始菌株提高1万倍。20世纪40年代初刚使用青霉素时,即使严重感染的病人,只要每天分数次共注射10万单位青霉素即可,而至今,成人每天要100万单位左右。病情严重时,要用到数千甚至上亿单位。

5. 分布广,种类多

地球上微生物无处不在,人和动物的皮肤,口腔,肠胃都有许多微生物。85公里的高空、11公里深的海底、2000米深的地层、近100℃(甚至300℃)的温泉、零下250℃的环境中,均有微生物存在,这些都属极端环境,在这些环境中生长的微生物为极端微生物。人们正常生产生活的地方,是微生物生长生活的适宜环境。聚集微生物最多的地方是土壤,任意取一把土或一粒土,就是一个微生物世界,不论数量或种类均很多。在肥沃的土壤中,每克土含有20亿个微生物,即使是贫瘠的土壤,每克土中也含有3~5亿个微生物。

微生物种类繁多。迄今为止,人类所知道的微生物约有10万种,有人估计目前已知的物种只占地球上实际存在的微生物总数的20%,微生物很可能是地球上物种最多的一类。微生物资源是极其丰富的,但在人类生产和生活中仅开发利用了已发现微生物种数的1%。

1.2 微生物在生物界中的地位

微生物被人类发现之前,生物分成两个界线分明的界——动物界和植物界。随着人们对微生物认识的逐渐深入,近一百多年来,从两界系统经历过三界系统、四界系统、五界系统甚至六界系统,最后又有了三原界系统。传统的、为多数学者所接受的是1969年魏塔克(R. H. Whittaker)在《Science》上提出的五界学说,见图1.1,它以纵向显示从原核生物到真核单细胞生

物再到真核多细胞生物的三大进化过程,而以横向显示吸收式营养(absorption)、光合营养(photosynthesis)和摄取式营养(ingestion)这三大进化方向。五界系统包括动物界(Animalia)、植物界(Plantae)、原生生物界(Protista,包括原生动物、单细胞藻类、粘细菌等)、真菌界(Fungi,包括酵母菌、霉菌和担子菌等)和原核生物界(Monera,包括细菌、放线菌和蓝细菌等)。

20世纪70年代以后,由于分子生物学的发展,对各类生物进行了深入的研究并积累了大量的研究资料,尤其是 Woese(1977)对它们的16SrRNA核苷酸顺序的同源性进行测试后,1978年由魏塔克和 L. Margulis 提出三界(Urkingdom)学说,见图1.2。如图所示,在生物进化早期,存在着一类各生物的共同祖先(universal ancestor),由它分三条进化路线,形成了三个原界:(1)古细菌(Archaeobacteria)原界,包括产甲烷细菌、极端嗜盐菌和嗜热嗜酸菌;(2)真细菌(Eubacteria)原界,包括蓝细菌和各种除古细菌以外的其他原核生物;(3)真核生物(Eucaryotes)原界,包括原生生物、真菌、动物和植物。

从各种生物界级分类系统的发展来看,除了动物界和植物界以外,其他各界都是随着人们对微生物认识的深入才出现和发展起来的,这也充分说明微生物在生物界级分类中占据着极为重要的地位。

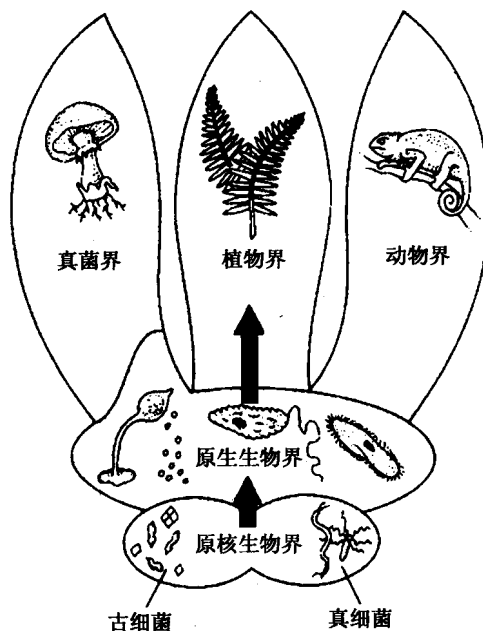


图 1.1 魏塔克的五界系统示意图

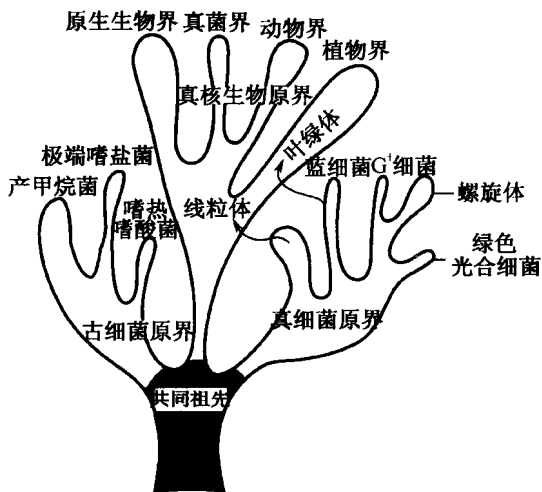


图 1.2 三界系统图示

1.3 微生物学的发展简史

1.3.1 人类对微生物的利用

在人类未发现微生物之前,世界各国人民凭借自己的经验,在实践中利用有益微生物和防治有害微生物积累了丰富的实用知识。特别是我国人民对微生物的应用作出了突出的贡献。仰韶文化遗址中曾出土一些专用陶制酒具,说明该时期就已经有酿造饮用酒类的活动。公元6世纪的后魏贾思勰所著《齐民要术》中,记录了39种酒的品种。古人经过精心选择与独特培制的各种曲种为后人留下了丰富的菌种库。国外最早的酿酒记载是古埃及公元前2000年有关葡萄酒的制作。另外,泡菜、奶酪、干酪的制作以及面团发酵、粪便和秸秆的沤制等技术都属于“古老生物技术”的产品或实践。虽然这些原始的生物技术被使用了数千年,但人们并不知道其中的道理。

对防治疾病,春秋时代的名医扁鹊主张“防重于治”。《左传》中记有用酿酒微生物治疗腹泻的方法。《医宗金鉴》中记载有种痘预防天花,宋真宗时代(公元998~1022年)已广泛应用。

微生物冶金技术的应用有着悠久历史,在2000年以前的古希腊和罗马时代,已有用微生物从矿石中提取金属铜的记载。炼丹术在我国已有悠久历史,公元1034年宋仁宗期间,许申以铁化铜,1096年宋哲宗时期全国有3大胆铜矿。以便宜的铁矿从天然铜矿中回收铜,生产铜币与铜器,相当于现在的细菌冶金。

1.3.2 微生物的发现及微生物学的发展

尽管微生物的利用已有几千年的历史,但是微生物的发现却只有三百多年。微生物学的发展经历了三个时期。

1. 微生物学的启蒙时期

微生物的发现与显微镜的发明有关。1590年,荷兰人詹森(Janseen)制作了第一架复式显微镜;1664年英国人胡克(Robert Hooke)用自己设计的显微镜观察果实结构中的霉菌及皮革表面生长的蓝色霉菌。他还观察了软木塞切片,将植物死细胞壁构成的一个个小孔称为“cell”(细胞),成为细胞学研究的开创者;荷兰的一个显微镜业余爱好者列文虎克(Anton van Leeuwenhoek)用自制的显微镜观察了不同的物质,包括雨水、污水、血液、河水、有机物质浸出液、黄油、牙垢等,并将观察到的杆状、球状、螺旋状的细菌和运动的短杆菌等的图像画下来,寄给英国皇家协会,成为第一个描述微生物形态的人。当时,他将发现的微生物称为

“weeanimalcules”(微动物)。除了发现微生物外,列文虎克还看到了游动精子和红血球。列文虎克一生中曾制作了419架显微镜,最大放大率达266倍。

在列文虎克发现“微动物”一百年以后,自然科学家才开始采用各种显微镜来观察列文虎克发现的“微动物”。在列文虎克之后很长一段时间微生物的研究进展很慢,直到19世纪出现改进型的显微镜并被广泛应用,微生物的研究才得到了发展。

微生物学的启蒙时期,不少工业发酵产品(如乙醇、醋酸、有机物、丁醇、丙酮等)陆续出现,开创了工业微生物发酵的新世纪。这个时期的微生物产品都是在敞开环境下经发酵获得的,控制染菌是通过仔细而小心的操作来实现的。

此外,这一时期另一个微生物技术的典型是废水处理和固体废弃物的堆肥处理。长期以来,微生物早就被开发应用于最大限度地分解人类垃圾与去除有毒物,只是人们很少意识到废水微生物处理占整个发酵处理容量的绝大部分。可见,微生物技术在早期就是一项涉足于环境保护领域的工程技术。

2. 微生物学的奠基时期

显微技术、无菌操作技术、纯种培养技术是微生物学中的特殊技术和方法的核心。

虽然在17世纪就通过显微镜发现了微生物的存在,但是微生物学直到19世纪才得到建立和发展。这么长时间的耽搁除了显微镜技术的缘故外,更重要的原因是一些研究微生物的基本技术没有建立。特别是灭菌技术和微生物纯培养技术。19世纪两个焦点问题的争论促使了这些微生物研究技术的诞生;争论的问题之一是微生物能不能自发产生;另一个问题是传染病的性质是什么。在19世纪末这两个问题得到了明确的答案,同时,也促使微生物学成为了一门新兴而独立的学科。

巴斯德通过一个雁颈瓶(后称巴斯德烧瓶)实验否定了自生说(微生物自生说),更为重要的是在此过程中发展了有效的加热灭菌技术。巴斯德对葡萄酒变质的研究,使人们认识到某种微生物和物质的某种化学变化有直接关系,酵母菌可以把葡萄酒里的葡萄糖变成酒精,醋酸细菌可以使葡萄酒变酸。巴斯德和其他一些学者的工作又证明传染病是由某些微生物感染所致。

要了解某种微生物对于人类有害还是有益,或者目前与人类还没有什么特别密切的关系,就必须单独把这种微生物分离出来研究。这就是在无菌技术的基础上微生物学的另一项基本技术——纯种分离技术。第一个成功地分离出纯种细菌的,是李斯特医生。李斯特成功的关键在于他发明了一种取出数量可以小到0.000 62毫升牛奶的微量注射器。李斯特的方法经过100多年的改进,现在仍然是一种分离纯种微生物的常用方法,叫做系列稀释法。

真正解决问题的纯种分离方法,是著名的德国医生,伟大的微生物学奠基人之一科赫和他的研究小组建立起来的。科赫为了证实是特定微生物引起了特定的疾病,就需要将微生物单独培养,得到纯培养物。科赫在明胶中加上一些营养物质(例如肉质),明胶加热融化后倒在一

片灭过菌的玻璃片上,待明胶凝固后,用在火焰上烧红过,因而烧死了全部原来附着的微生物的白金丝蘸上一点要分离的样品。在凝固的明胶上轻轻划动,使样品中的很少量微生物沾在明胶上,然后用玻璃罩盖上玻璃片,以防空气中的杂菌落下污染。几天后,明胶板上便长出一个个彼此分开的菌落。这种方法叫做划线分离法。由于明胶是透明的,所以很容易观察。

在微生物学发展的过程中,以巴斯德和科赫为杰出代表的科学家们在微生物学实验方法上取得了突破性进展,为微生物学的建立奠定了坚实的基础。他们创立的加热灭菌和微生物纯培养等方法至今仍然是微生物学和其他相关学科研究中有效的、无法取代的武器。

这一时期抗生素(如青霉素、链霉素、金霉素、新霉素等)工业兴起。其发酵过程采用无菌操作状态,规模大大扩大,对生产设备要求高,过程日趋复杂,控制日显重要。

采用液体培养技术应用到抗生素的生产,大大促进了其他发酵产品的发展,最突出的是20世纪50年代的氨基酸发酵工业和20世纪60年代的酶制剂工业。

3. 微生物学的分子时代——分子生物学时期

分子生物学是在分子水平上研究生命现象的科学。研究生物大分子(核酸、蛋白质)的结构、功能和生物合成等方面来阐明各种生命现象的本质。

自20世纪以来,由于生物化学和化学分析技术等学科的发展,促进了微生物学从细胞水平、亚细胞水平进入分子水平。特别是20世纪70年代遗传工程学的发展,为人类控制自然,改造自然,创造新物种,提高工农业生产水平,打下了理论基础。今天,微生物学已成为生物科学中最复杂的学科之一,它对整个生物科学的研究和发展影响很大。

20世纪70年代以来,快速发展的基因工程操作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。采用基因工程组建的“工程菌”抗金属能力、降解能力有了很大提高;将人工合成的胰岛素基因导入无害的大肠杆菌体内也获得了高效地表达。可以预期,通过努力将会有更多更复杂的基因得以表达,人工定向控制微生物的遗传性状为人类服务的目标已为期不远。

各种杂交技术、PCR(聚合酶链反应)技术、基因芯片和蛋白质芯片技术、各种分析技术、高通量筛选技术、生物信息学等多项新技术、新方法、新理念提出、应用与发展,加速了微生物分子生物学的发展。许多优良的工业微生物菌种被选育出来,并被用于国内外的工业、农业和环境保护等领域。应用微生物分子育种技术所获得的菌株大量用于多种酶、氨基酸、激素、抗生素,以及其他一些次生代谢物质的生产,改良后的微生物用于环境保护降解多种非天然化学物质,用于植物保产、杀灭植物病害等方面均取得了令人瞩目的进展。从微生物的种类来说,微生物分子育种技术应用较为普遍、方法比较成熟的主要有大肠杆菌、枯草杆菌、假单胞菌、棒杆菌、放线菌等细菌,以及酵母(酿酒酵母、毕赤酵母)、丝状真菌(曲霉、木霉)等。

分子生物学的发展与微生物学的研究发展有着紧密的联系,微生物学为分子生物学的创立和发展提供了基础和依据,可以说没有对微生物的深入研究也就没有今天的分子生物学,微

生物学也是分子生物学进一步发展的有力工具,分子生物学是微生物学、遗传学和生物化学等学科研究发展的必然产物,反过来,分子生物学也为微生物学研究的进一步发展和深入提供了新的手段。如今,分子生物学逐渐成熟并已成为一门崭新的独立学科。对微生物的研究已不仅仅停留在形态或生理生化反应,而是在基因和其他生物大分子的水平上。在分子生物学核心内容即基因工程中,微生物仍是其中的宠儿和主角。

微生物在人类科学发展史上,特别是生命科学的发展上作出了巨大贡献。在分子生物学、生物信息学、分子遗传学以及基因组学的创立和发展中起了十分重要的作用。

1.4 核工业微生物学及其研究的对象和任务

微生物学(microbiology)是生物学的分支学科之一。它是研究各类微小生物(细菌、放线菌、真菌、病毒、立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体、原生动物以及单细胞藻类)的形态、生理、生物化学、分类以及微生物生命活动与自然界、人类、动植物相互关系及其规律性的一门科学。随着微生物学研究的深入,研究的内容越来越广泛,在较小的领域中专门而深入地研究微生物已显得越来越重要。专门化导致微生物学产生许多分支,每个分支都有自己的研究范围,见表1.1。各分支的研究工作相互配合、相互促进。为考虑的角度不同,还有许多其他分支的名称,如口腔微生物学、污染控制微生物学、发酵生理学、经济微生物学、空气微生物学及宇宙微生物学等。

表 1.1 从不同角度形成的微生物学分支

从分类的角度	从生态环境的角度	从应用领域的角度	从生物基本问题的角度
病毒学 (Virology)	水生微生物学 (Aquatic microbiology)	工业微生物学 (Industrial microbiology)	普通微生物学 (General microbiology)
细菌学 (Bacteriology)	土壤微生物学 (Soil Microbiology)	医用微生物学 (Medical microbiology)	微生物分类学 (Microbial taxonomy)
藻类学 (Phycology)	海洋微生物学 (Marine Microbiology)	农业微生物学 (Agricultural microbiology)	微生物生理学 (Microbial physiology)
真菌学 (Mycology)	石油微生物学 (Petroleum Microbiology)	食品微生物学 (Food microbiology)	微生物生态学 (Microbialecolgy)
原生动物学 (Protozoology)		免疫学 (Immunology)	微生物遗传学 (Microbial Renetics)