

微生物学

M.J. 小佩尔扎 R.D. 里德 E.C.S. 詹 编著

MICROBIOLOGY

科学出版社

微生物学

M. J. 小佩尔扎 R. D. 里德 E. C. S. 詹 编著

武汉大学生物学系微生物学教研室 译

陈漱湏 校

科学出版社

1987

380939

内 容 简 介

本书是美国马里兰大学 M. J. 小佩尔扎 (Pelczar, Jr.) 等人为初学微生物学的大学生而编写的, 1977 年第四版。全书分六个部分, 共四十章。它系统地介绍了微生物界各类微生物的特点及微生物在人类所处环境中的作用。在内容上兼顾了微生物学的基本理论和应用两个方面。叙述简明扼要。书后附有微生物分类概要、微生物属的特征简介以及词汇表三个附录。

本书可供大专院校微生物专业的学生及有关科技人员参考。

M. J. Pelczar, Jr., R. D. Reid, E. C. S. Chan

MICROBIOLOGY

Fourth Edition

McGraw-Hill Book Company 1977

微 生 物 学

M. J. 小佩尔扎 R. D. 里德 E. C. S. 詹 编著

武汉大学生物学系微生物学教研室 译

陈漱汾 校

责任编辑 王惠君

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1987 年 10 月第一次印刷 印张: 55 插页: 2

印数: 0001—3,200 字数: 1,291,000

统一书号: 13031·3674

本社书号: 4457·13—9

定价: 14.30 元

2166/16

校 者 前 言

本书译自出版于1977年由美国马里兰大学 (University of Maryland) 微生物学教授 M. J. 小佩尔扎 (Michael J. Pelczar, Jr.), 西弗洛里达大学 (University of West Florida) 微生物学名誉教授 R. D. 里德 (Roger D. Reid) 以及加拿大麦吉尔大学 (McGill University) 微生物学副教授 E. C. S. 詹 (Eddie Chin Sun Chan) 编著的《微生物学》(Microbiology) 第四版。前三版分别出版于1958年、1965年及1972年。第四版在内容及编排上均有较大改进, 适应了微生物学迅猛发展的形势。

全书内容分六大部分共40章: 第一部分包括4章, 概述了微生物学的研究范围、发展概况、微生物分类及观察方法的基本知识; 第二部分包括10章, 分述了细菌的细胞结构、生理代谢、遗传规律等; 第三部分包括6章, 介绍了细菌以外的其他微生物类群——霉菌、酵母菌、藻类、原生动物和病毒的基本知识; 第四部分包括4章, 分别讨论了物理、化学等外界因素对微生物的控制; 第五部分包括8章, 涉及微生物与疾病、微生物与宿主的关系、传染免疫, 还分述了一些人类及动物、植物的传染病等。第六部分包括8章, 在简要介绍微生物生态学基本概念及知识后, 讨论了各种自然环境(土壤、空气、水等)中的微生物及其作用, 还联系到污水处理、食品、乳品以及其他工业生产中的微生物学原理与方法。

本书既阐明了微生物学的基本原理, 又叙述了微生物在医、农、工、环保许多方面的应用; 既说明了微生物本身的特征, 又介绍并讨论了微生物在其所处环境中的作用。内容广泛、叙述简明, 附图较多而精致。此外, 在各章前列有该章内容的提纲, 章末附有思考题, 还附有与学习该章内容有关的推荐书目并对其进行简要的评介(略译)。书后附有三个附录: 附录A列出了细菌、真菌、酵母菌、原生动物、藻类及病毒的分类纲要; 附录B对细菌、真菌、原生动物和藻类重要属的特征作了简介; 附录C为词汇表, 对书中的有关名词术语进行了简明解释。所有这些对于读者不无裨益。

鉴于本书以上诸多特色及国内微生物学参考书还不太多, 我们组织了一些同志(主要是武汉大学生物学系微生物学教研室的教师)对该书进行了翻译。它可供有关高等院校有关专业的师生及科技人员参考。

本书翻译过程中得到了科学出版社范淑琴、王惠君同志及武汉大学有关教师的支持和帮助, 范秀容副教授审校第26、27及28章, 郭朝胜副教授审校附录B, 在此一并致谢。

由于水平有限, 错误之处在所难免, 敬希读者指正。

陈淑湏

1984年11月于武昌珞珈山

前 言

“先生们,未来的话题将是微生物”。

巴斯德

毫不夸张地说,几十年来,在研究分子遗传学、生物合成途径、生化细胞学、代谢控制机理以及许多生理学现象等生命过程中,微生物细胞是一种很不寻常的而又十分有用的模型。近年来,通过对微生物的实验性研究来阐明这些现象,获得了许多生理学和医药学方面的诺贝尔奖金。事实上,今天的学生如果不懂得、不熟悉微生物学,想要学好遗传学、生物化学以及进化论,那是不堪设想的。此外,微生物学和微生物对于我们日常社会中的重大问题,如探索空间生命、遗传操纵的潜力和危险、整个人类的群体免疫,都具有十分重要的意义。微生物学在基础学科和应用学科中的重要作用,无论怎样强调都不会过分。

同时强调微生物学的基本理论和应用两个方面,是这本《微生物学》前三版的一个特点,在此第四版中这两个主要问题又得到反映,即是(1)构成微生物界的微生物的特点;(2)微生物在我们所处环境中的作用。在这些大题目下,内部改动很大。书的版式也有较大变化,采用提纲介绍每章内容。本书采用《伯杰细菌鉴定手册》(Bergey's Manual for Determinative Bacteriology)第八版(1974)中细菌分类新大纲。依据当代资料对有关代谢和遗传的章节进行重新改写和组织。同样,病毒学课题也重新进行了组织和改写。第六部分新增加“微生物生态学原理”一章,作为环境和应用微生物学领域的导论。

所有插图和表格中的材料,都重新估计了它们的教学价值,并且把许多更新更好的材料选编进第四版,包括许多清晰的电子显微镜扫描照片,还十分注重改进课文的叙述水平,运用新的简略的表格来帮助学生整理大量的资料。

像早先的版本一样,本书是为初学微生物学的大学生而写的,对那些已经学过其他生物科学的基本课程的学生,它也是个挑战和激励。我们尽量做到使材料清楚,简明扼要,合乎逻辑,以便使那些学问有限的学生能理解它。我们知道,就是这样做,此种安排也不可能使每个人都满意。教师应该感到并不强迫遵循我们提出的顺序。因为,当按照自己的想法重新编排以满足每个人的需要时,这些材料仍具有同等的效果。例如,第五部分的“微生物和疾病”很容易和第六部分的“环境和工业微生物学”相调换。

我们也常常提到微生物学的发展史,因为我们觉得了解一门科学的发展和它的基础,对于懂得这门科学是很重要的。正如歌德所说:“科学的历史就是科学本身”。本书详细地谈到这门科学的各个方面,现代微生物学作为一门发展着的科学,其特定的历史含义在课文中得以展现。不仅强调微生物学的多学科历史渊源,同样也强调现今所有生物科学和微生物学之间的依赖关系。

附录A为微生物分类概要,供参考。所选录的细菌、藻类、真菌和原生动物一些属的特点分别列在附录B中;附录C、词汇表已经扩大,对学生来说一定特别有用处。

实验指导,学习指南,教师手册供与课本一起使用。实验指导中,实验安排和本书的题材顺序相适应,有关每个实验的参考书也在本书的有关章节列出。同样,学习指南是本书的自修书,是为那些在学习课程时要求增加辅导的学生编写的。

本版的编写,除两名老作者外又增加了 McGill 大学微生物学和免疫学的 E. C. S. Chan 博士,本书凝聚着他长期成功的微生物学教学经验。

我们愿趁此机会感谢世界各地的同事们的慷慨合作。他们审校了手稿,建议课目的删削或加强,提供了插图,以及其他许多方面做出了很有意义的积极贡献。我们尤其要衷心感谢 Ronald M. Weiner 帮助全面校阅了手稿,衷心感谢 Benjamin Becker, Burton Berkson, Ardon Brandyberry Bettie Duncan, Henry N. Fremount, James G. Garner, Gregory Jann, Leah Koditschek, Paul H. Kopper, William L. Lester, James E. Miller, Michael M. Peebles, Robert M. Pengra, Lavon P. Richardson, Alvin Rothman 以及 Rober E. Sjogren 等人的帮助。

特别感谢 Merna F. Pelczar 在本书编写各个阶段所给予的极大帮助。

M. J. 小佩尔扎

R. D. 里德

E. C. S. 詹

目 录

校者前言

前言

第一部分 微生物学导论	1
1. 微生物学的范围	1
2. 微生物学的发展	15
3. 微生物的特征记述和分类	32
4. 微生物的显微镜观察	42
第二部分 细菌的特征	61
5. 细菌的形态学与细微结构	61
6. 细菌的培养	86
7. 繁殖和生长	99
8. 纯培养物与培养特征	113
9. 酶及其调节	125
10. 细菌的代谢: 能量产生	140
11. 细菌的代谢: 能量利用和生物合成	157
12. 饰变、突变和遗传学.....	175
13. 细菌 I: 原核生物界.....	200
14. 细菌 II: 原核生物界(续)立克次氏体与衣原体	224
第三部分 除细菌以外的微生物	239
15. 真菌: 霉菌	239
16. 真菌: 酵母菌	263
17. 藻类	280
18. 原生动物	301
19. 病毒: 一般特征	322
20. 病毒: 噬菌体和其他原生生物的病毒	339
第四部分 微生物的控制	353
21. 控制的原理	353
22. 用物理因素控制	363
23. 用化学因素控制	379
24. 抗生素及其他化学药剂	397
第五部分 微生物与疾病	425
25. 宿主-微生物的相互作用.....	425
26. 抵抗力与免疫性	441
27. 免疫应答的理论及实际应用	455

28. 空气传播的人类传染病	477
29. 食物和水传播的人类传染病	506
30. 人的接触性疾病	531
31. 动物的传染病	556
32. 植物的传染病	575
第六部分 环境和工业微生物学	595
33. 微生物生态学原理	595
34. 土壤微生物学	616
35. 空气微生物学	636
36. 水生微生物学	649
37. 生活用水和污水的微生物学	666
38. 食品微生物学	688
39. 牛乳的微生物学和乳制品	703
40. 工业微生物学	723
附录 A 微生物的分类	742
附录 B 微生物的特征	768
附录 C 词汇表	783
参考文献	803
微生物名称索引	830
主题索引	839

第一部分 微生物学导论

1. 微生物学的范围

提纲

微生物学和生物学

微生物在生物界的位置

哈克尔 (Haeckel) 氏的原生生物界

原核及真核细胞

惠特克 (Whittaker) 氏的五界概念

《伯杰细菌鉴定手册》中的原核生物界

微生物的类群

微生物在自然界中的分布

微生物学的应用领域

医学微生物学

水生微生物学

家庭用水和污水微生物学

空气微生物学

牛奶微生物学

食品微生物学

土壤微生物学

工业微生物学

昆虫微生物学

空间微生物学

微生物和地球化学转化

微生物学和生命起源

微生物学是研究微生物及其活动的科学。它涉及到微生物的形状、结构、繁殖、生理、代谢和鉴定。包括研究它们在自然界的分布,它们之间以及它们和其他生物之间的相互关系,对人类的有害或有益的影响以及在环境中引起的物理化学变化。

微生物学主要研究单细胞显微生物。在那些较高等的生命形式中,生物体是由多细胞组成的,由许多细胞构成高度特异化的组织和器官而行使专门机能。在单细胞生物中,所有生命过程都在单一细胞中进行。不管生物怎样复杂,细胞是生物的基本单位。一切生物都有对环境作出反应和不断改变环境的能力。尽管有些类型的生物运动很微弱,但它们都会自主运动。在繁殖过程中,生物保持着种的同一性,然而,它们也能发生变异以适应特殊需要而生存。

一切生活细胞都基本相似(图 1-1)。它们由原生质(protoplasm)组成(原生质来自希腊语,意思是首先形成的物质),原生质是一种含有大量蛋白质、脂类和核酸的胶体有机复合物;所有这些都被一个限制性的膜或者细胞壁包着。一切细胞都含有细胞核或相当于核的物质。电子显微镜技术的产生使我们能够揭示极为纷杂的细胞内组织结构(见图 1-2)。

一切生物都有如下共性:(1)能够繁殖;(2)能够消化或同化食物并进行代谢产生能量和生长;(3)能够排泄废物;(4)能够对它们的环境变化作出反应——有时叫感应性(irritability);(5)会发生突变。在微生物学研究中,我们遇到一些处于生命边缘的有机体——病毒。虽然它们是否属于真正的生物还存在着很大的分歧,但是病毒的发现是非常有意义的。因为,它不但使人们能更好地了解这种复杂的有机体的性质,而且也消除

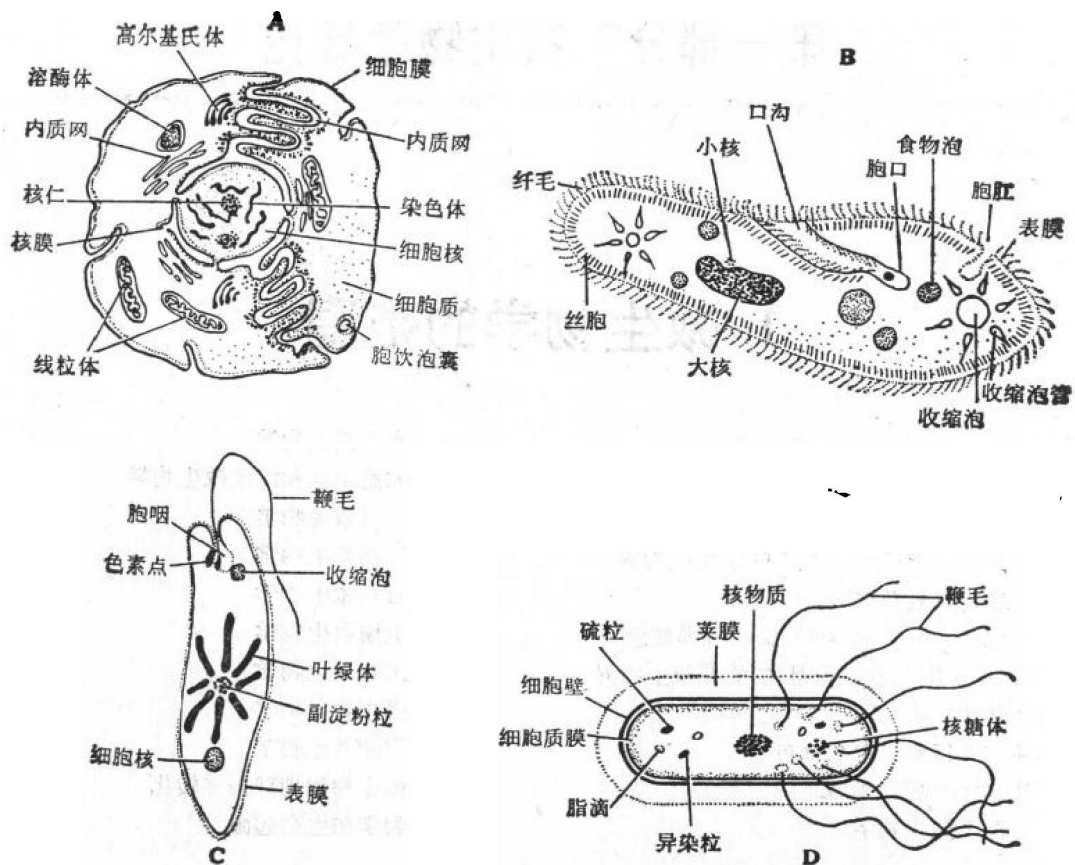


图 1-1 典型细胞构造图
 (A) 典型细胞的各个部分；(B) 草履虫，一种单细胞似动物微生物；(C) 眼虫，一种单细胞似植物的微生物；(D) 细菌细胞。

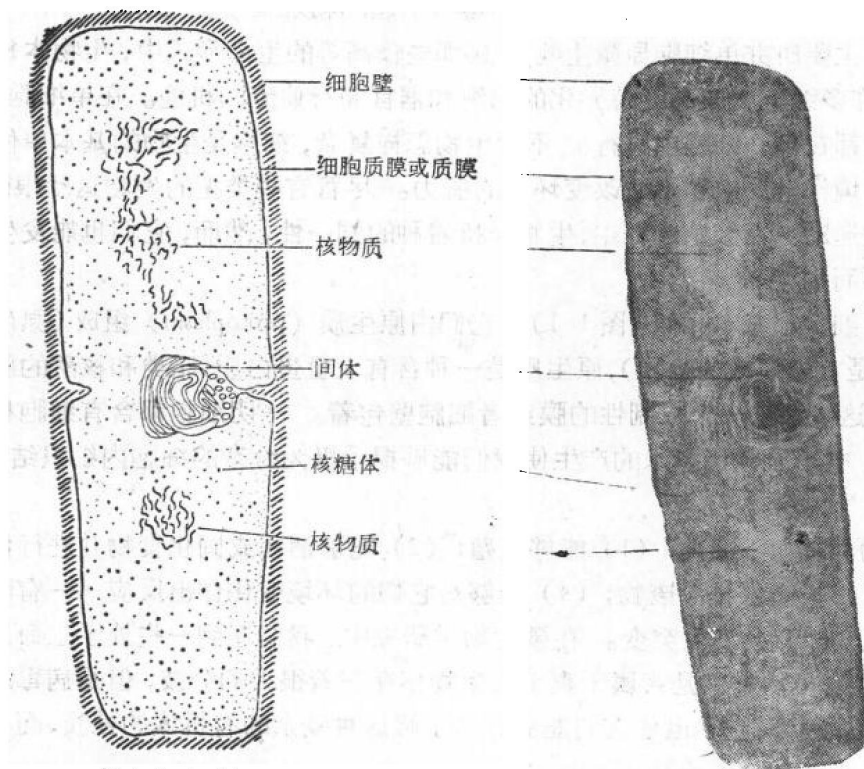


图 1-2 细菌细胞电子显微照像及艺术摹写图。(图中细菌为原核细胞)

了生物和非生物之间的绝然界限。

微生物学和生物学

生物学原理可以通过微生物学研究加以说明,因为微生物的种种特点致使它成为研究生物学现象的理想对象。微生物为研究作为生命基础的生理、遗传、生化反应提供了一种特别有用的材料。它们可以很方便地在试管和玻璃瓶中培养,和较大型的植物和动物相比较,需要较小的空间和费用。它们生长迅速,繁殖速率极高,有些细菌在 24 小时内几乎经历一百个世代。微生物的代谢过程和高等动植物相仿。例如酵母菌利用葡萄糖的方式和哺乳动物组织细胞利用葡萄糖的方式基本相同,这些不同的有机体具有相同的酶系。降解葡萄糖时产生的能量被“捕获”,为细菌、酵母菌、原生动物和肌肉细胞做功所利用。事实上,就整个生物界而言(或者说它们的细胞),利用能量的机制基本上是相同的。当然生物的能量各有不同,植物以利用辐射能为其特征,而动物需要化学物质作为它们的燃料。在这方面来说,有些微生物像植物,另一些则像动物,还有一些在利用辐射能或利用化学能方面表现出独特的能力。此外,有些微生物,特别是细菌,能够利用多种化学物质作能源——从简单的无机物直到复杂的有机物质。

在微生物学中,我们要详细地研究这些有机体,观察它们进行的旺盛的代谢、生长、繁殖、衰老、死亡等生命过程。我们可以用改变环境的方法来改变它们的代谢活动,调节生长,甚至改变它们的一些细微的遗传特性——而这一切并不摧毁有机体。

例如细菌噬菌体,这种感染细菌并在细菌中繁殖的病毒,表现出宿主-寄生物相互作用的复杂关系。依此为模型我们能够推测高等植物和动物病毒感染过程中病毒-宿主细胞的反应。细菌噬菌体对于阐明许多生物学现象,包括一些遗传学现象具有不可估量的价值。

和所有别的生物相比较,微生物有着更大的生理生化潜能,例如,一些藻类和细菌能够利用大气氮合成蛋白质和其他复杂的含氮有机化合物。另一些种类则需要无机或有机含氮化合物作为它们的含氮组分的原始材料。有些微生物能合成它们所需要的一切维生素,而另一些则需要供给多种维生素。检查收集到的大量微生物的营养需要,可以按照从需要最简单的微生物到需要最复杂的微生物的顺序排列起来。在此排列中,营养要求复杂性的增加正好反映出微生物的合成能力按排列顺序而降低。此外,这种排列还可以提供关于各种代谢产物合成步骤的资料,例如从气态氮到含氮无机盐、到氨基酸。生物化学家已经利用具有不同程度合成能力的微生物去研究合成途径。

在 1942 年度的美国细菌学家协会主席致词中, Selman A. Waksman 说到:

无论是在工业上,或农业上,食品制造上,或住房穿衣上,或保护人畜健康战胜疾病上,若是微生物在这些方面不是起重要作用而且不是常常起支配作用的话,人们也就不会努力研究它们了。

微生物学家在利用有益微生物,战胜有害微生物方面已经取得了显著成果。我们所说的微生物包括许多显微生命形式。它们能以无机碳或有机碳为碳源,有或者没有叶绿素。有些微生物没有明显的核器,而另一些则有;有些是单细胞生物,而另一些则是多细胞的。许多微生物以无生命的有机物质为营养物质,有些则是寄生性的。

微生物在生物界的位置

如前所述,在微生物学中,我们研究的有机体,有些主要像植物,另一些主要像动物,还有一些兼备植物和动物的一般特性。由于有些有机体既不能列入植物界又不能列入动物界,于是有这样的建议,即建立一个新的界去囊括那些既不是典型植物又不是典型动物的有机体。

哈克尔 (Haeckel) 氏的原生生物界

最早建议中的一个德国动物学家哈克尔 (E. H. Haeckel) 在 1866 年提出来的。

表 1-1 原核细胞和真核细胞的差别

特 性	原 核 细 胞	真 核 细 胞
类 群	细菌、蓝-绿藻	藻类、真菌、原生动物、植物及动物
有机体大小	1—2 × 1—4 μm 或更小	宽度和直径大于 5 μm
遗传系统:		
分 布	拟核、染色质体或核酸物质	细胞核、线粒体、叶绿体
核 结 构	无核膜,一条环状染色体 染色体不含组蛋白、没有有丝分裂 无核仁,机能相关的基因可能簇集在一起 合子为半合子	有核膜、一条或数条线状染色体 染色体含有组蛋白,行有丝分裂 有核仁,机能相关的基因不簇集在一起 合子为二倍体
性 特 征		
细胞质性质和构造		
细胞质流动	无	有
胞饮现象	无	有
气 泡	可能有	无
间 体	有	无
核 糖 体	70 S*, 分布在细胞质中	80 S 核糖体排列在内质网上; 70 S 核糖体在线粒体和叶绿体上
线 粒 体	无	有
叶 绿 体	无	有些有
高尔基体	无	有
内 质 网	无	有
具有外膜的真性液泡	无	有
外部细胞结构		
胞 质 膜	一般不含有固醇,含有部分呼吸器,有些类型含有光合作用器	含有固醇,不行呼吸和光合作用
细 胞 壁	含有肽聚糖(胞壁质或粘肽)	不含肽聚糖
运动细胞器	简单的原纤维	多纤维,有“9+2”微管结构
伪 足	无	有些类型有
代谢机制	多种多样,尤指厌氧获取能量方面。有些能固定气态氮,有些能积累聚 β-羟丁酸作为贮藏物质。	糖酵解机制为厌氧产能途径
DNA 中鸟嘌呤和胞嘧啶克分子百分比	28—73%	约 40%

* S 是斯维德伯 (Svedberg) 单位,为超速离心中的粒子沉降系数。

注: 附录 C, 词汇表中列有技术术语定义。

他建议用第三界来囊括这些既不是典型动物也不是典型植物的微生物。他称这些有机体为原生生物 (protists) 并把它们放在新界——原生生物界 (Protista) 中, 这一界仅包括单细胞生物。于是我们通常说到原生生物时, 指的是细菌、藻类、真菌和原生动物, 而不包括病毒, 因为它们是非细胞有机体。

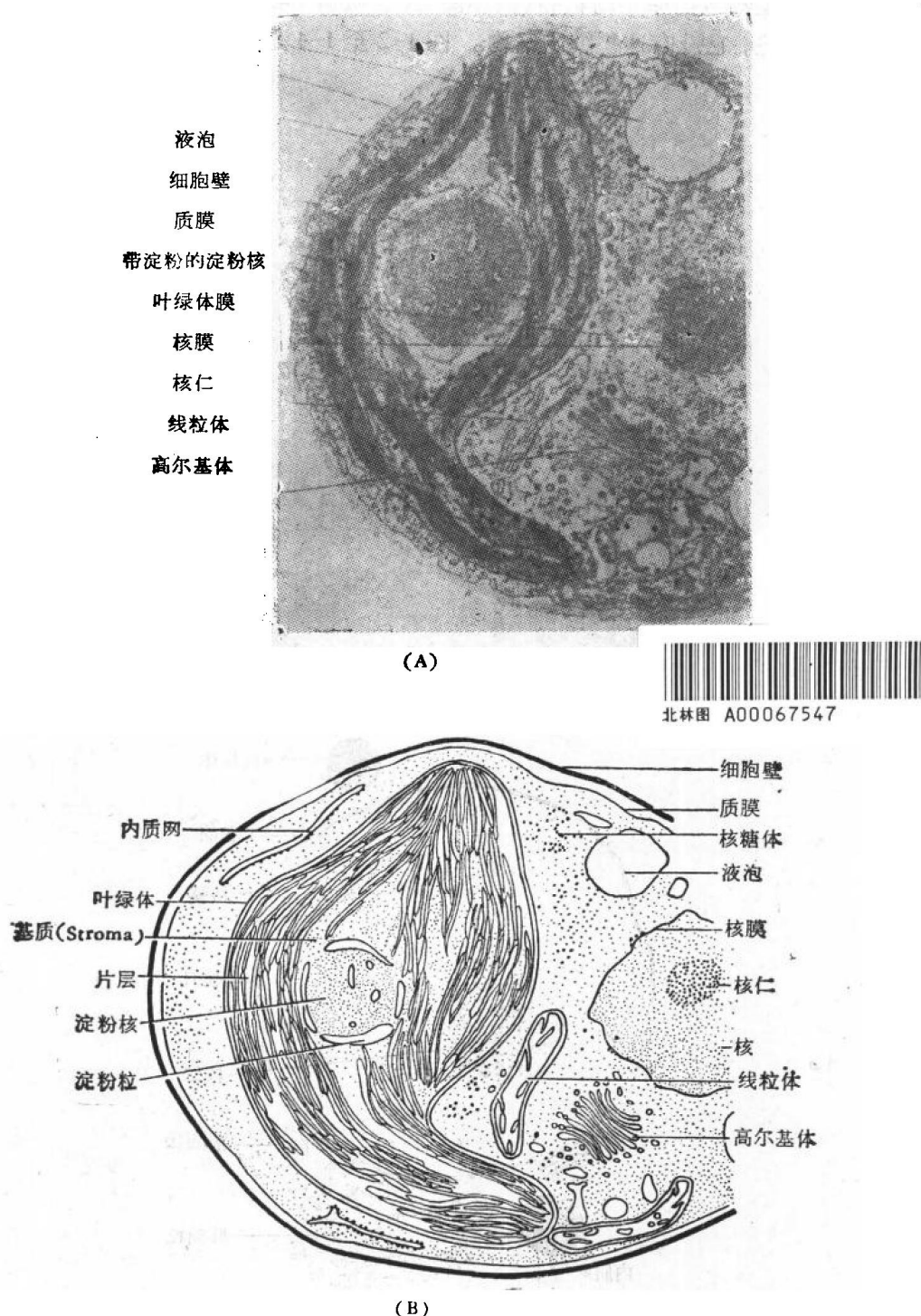
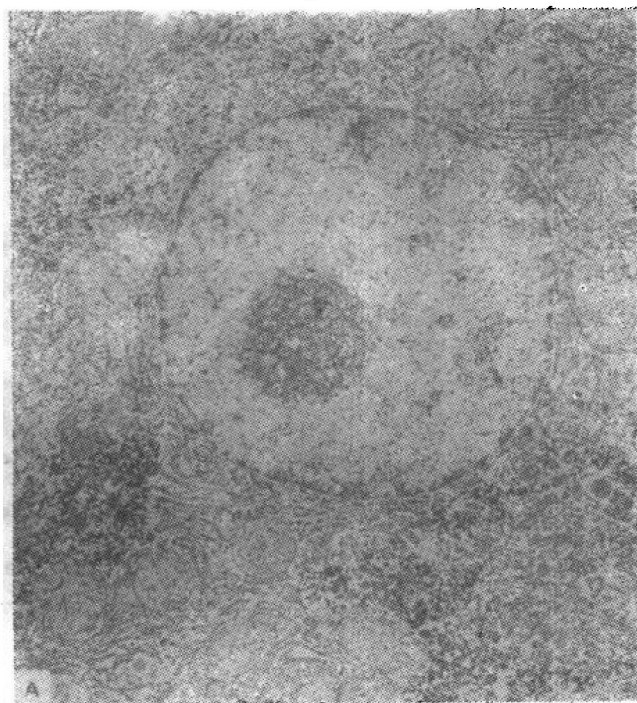


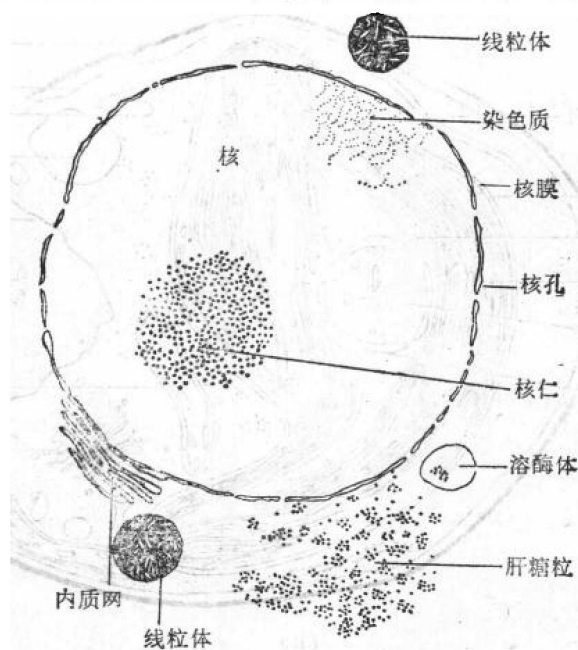
图 1-3 莱茵衣藻 (*Chlamydomonas reinhardtii*) 的电子显微照片 ($\times 15,000$), 此系一真核细胞 (仿 George E. Palade)。(B) 图为 (A) 图的摹写。

原核及真核细胞

由于细胞超微结构知识的增长,微生物可进一步划分为两类,原核生物和真核生物。这种划分是以细胞构造上的细微结构不同为基础的(见表 1-1)。蓝-绿藻和细菌是无核生物。真核微生物包括原生动物、真菌和藻类(植物和动物细胞是真核的)。病毒,在生物界中应另作别论,它没有这些细胞结构。图 1-2 至 1-4 是几个典型的原核和真核生物的



(A)



(B)

图 1-4 新生鼠的肝(真核)细胞($\times 10,800$) (仿 George E. Palade)。(B) 图为 (A) 图的事写。

例子。低等原生生物 (lower protists) 和高等原生生物 (higher protists) 术语往往分别用来代表原核和真核微生物。

惠特克 (Whittaker) 氏的五界概念

另一个分类系统,五界系统是惠特克于 1969 年提出的。现已被广泛接受。因为它考虑到了进化关系,并和现代生物化学、遗传学以及遗传性的内共生(一个机体生活在另一机体中)这样一些超微结构研究成果相符合。正像我们所知道的,真核细胞来自于多种原核生物,而原核生物又是从同一原核祖先发展而来的。这种系统如图 1-5 所示。

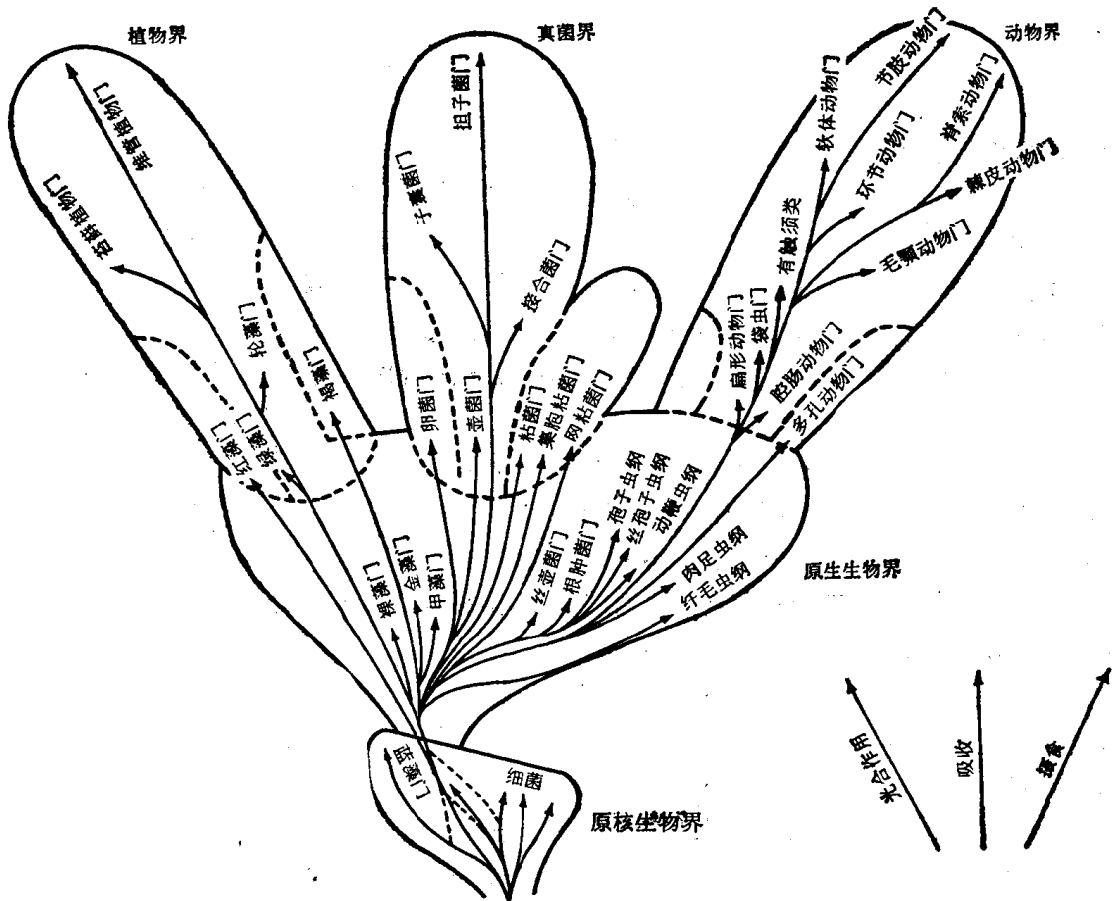


图 1-5 惠特克氏五界分类系统,根据细胞结构分化的三种等级和每一等级中生物的营养方式不同为基础。进一步的解释见于课文 (R. H. Whittaker, Science, 163: 150—160, 1969)。

五界系统是以细胞结构分化的三个等级以及和光合、吸收、摄食这三种主要营养方式有关的组织类型为基础的。原核生物放在原核生物界,它们没有摄食的营养方式。单细胞真核微生物放在原生生物界。其营养方式是从原核生物界延续过来的。如图 1-5 所示,行光合作用营养方式的微小藻类放在左边;具有摄食营养方式的原生动物放在右边。多细胞和多核的真核有机体见于植物界(包括多细胞绿色植物和高等藻类)、动物界(包括多细胞动物)和真菌界(包括多核高等真菌)。它们种种不同的营养方式导致分化出许多不同的细胞结构。微生物见于五界之中的三界:原核生物界(细菌和蓝-绿藻)、原生生物界(微小藻类和原生动物)及真菌界(酵母菌和霉菌)。病毒为非细胞形式,放在这种生物分

类系统之外。

《伯杰细菌鉴定手册》中的原核生物界

《伯杰细菌鉴定手册》(Bergey's Manual of Determinative Bacteriology)第八版已被广泛用作细菌分类学标准参考书。该书采纳了惠特克氏的原核生物界,由于细胞的原核性质而称之为原核生物界。这一界又分为两部分,一部分是蓝-绿藻或叫蓝细菌(cyanobacteria)(有些微生物学家视蓝-绿藻为细菌),另一部分是细菌或叫做“非蓝-绿藻原核有机体”。

微生物的类群

原生生物的主要类群和病毒简述如下:

藻类(algae)是比较简单的有机体,最原始的类型是单细胞的,而另一些则是结构和功能稍有分化或没有分化的相似细胞的集合体。还有一些藻类如大型棕色海藻,为复合体结构,它具有多种类型的行使特殊功能的特异化细胞。不管其大小和复杂程度如何,所有藻类细胞都含有叶绿素,能进行光合作用。藻类最常见于水中和潮湿土壤里。

细菌(bacteria)为单细胞原核生物,或为相似细胞的简单联合体,细胞常常用二分裂法繁殖。

真菌(fungi)是不含叶绿素的微生物,它们通常是多细胞的但不分化为根、茎、叶。它们的大小和形状不同,包括单细胞的显微酵母菌直到巨大的多细胞蘑菇和马勃菌。我们对霉菌、酵母菌以及叫作锈菌的植物病原菌这类有机体特别感兴趣。真正的真菌由菌丝和被称为菌丝体的细胞群组成。真菌通过分裂、出芽或在子实体上形成孢子进行繁殖,对于某些种类来说,子实体已有明显的分化。

原生动物(protozoa)也是单细胞真核原生生物。它们依其形态、营养和生理特性而互相区别。在自然界中,它们的作用不同,了解得最清楚的原生动物是少数引起人和动物疾病的种类。

病毒(viruses)是植物、动物、细菌以及一些其他原生生物的极微小的寄生物或病原体。所有的病毒都非常小,只有用电子显微镜放大后才能看到。病毒只能在活细胞中培养。这些微生物类群的一些形态学特征见图1-6。

微生物在自然界的分布

已经知道,微生物在自然界几乎是无处不在的。气流把它们从地球表面带到大气上层,即使是栖息于海洋的微生物,也可以在数英里高的山顶上见到。在极深的海底沉积物中可以找到微生物,肥沃的土壤中含有大量的微生物。河水、溪流可以把微生物冲进湖泊及其他大型水体中。如果把污染了有害细菌的人类垃圾倒进河流,就有可能把疾病从一个地方传到另一个地方。在那些营养、湿度和温度适于微生物生长繁殖的地方,它们生长的最旺盛。因为有利于各种微生物存活、生长的条件也正是人们正常生活的条件,这样我

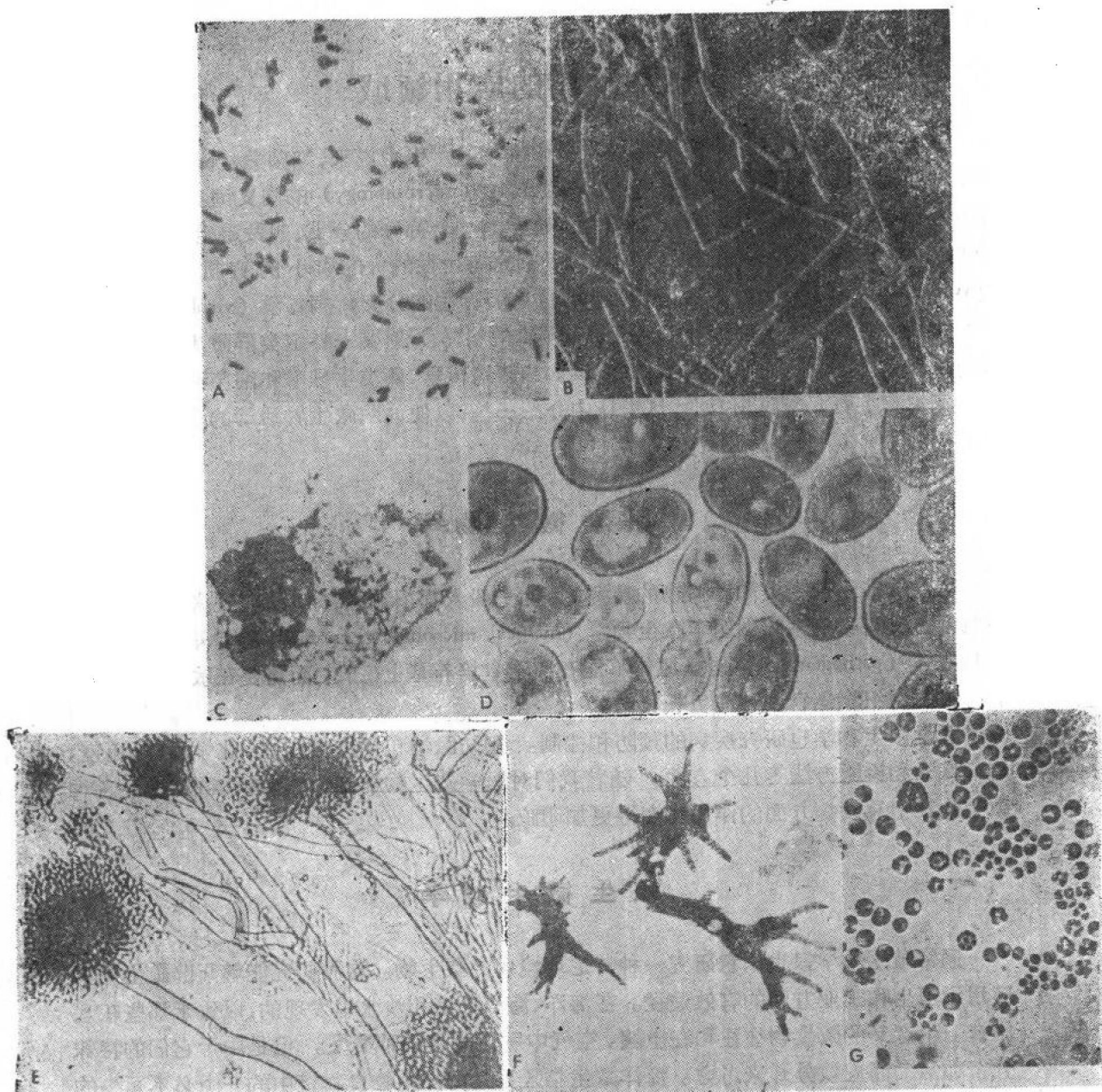


图 1-6 各类微生物和形态学特征

(注意本插图仅说明微生物形态的多样性,不表示各种类型之间的大小关系。微生物大小相差很远,不容许用一种放大率同时显示形态学细节。)

(A) 大肠埃希氏菌($\times 1,000$); (B) 烟草花叶病毒($\times 100,000$) (Hitachi, Ltd., Tokyo.); (C) 鼠淋巴母细胞中的恙虫热立克次氏体。箭头指示立克次氏体 (F. Marilyn Bozeman); (D) 产朊假丝酵母(约 $\times 2,000$) (G. Suihla, J. Bacteriol 85: 399, 1963); (E) 一种曲霉 (Douglas F. Lawson); (F) 阿米巴 (Carolina Biological Supply Co.); (G) 小球藻($\times 1,000$) (Robert W. Krauss)。

们就不可避免地要生活在种种微生物之中。我们呼吸的空气中微生物,吃的食物中也有微生物,我们的体表、消化道,我们的口、鼻以及身体的其他孔口都有它们存在。所庆幸的是大多数微生物对我们无害,而且我们有防止有害微生物入侵的方法。