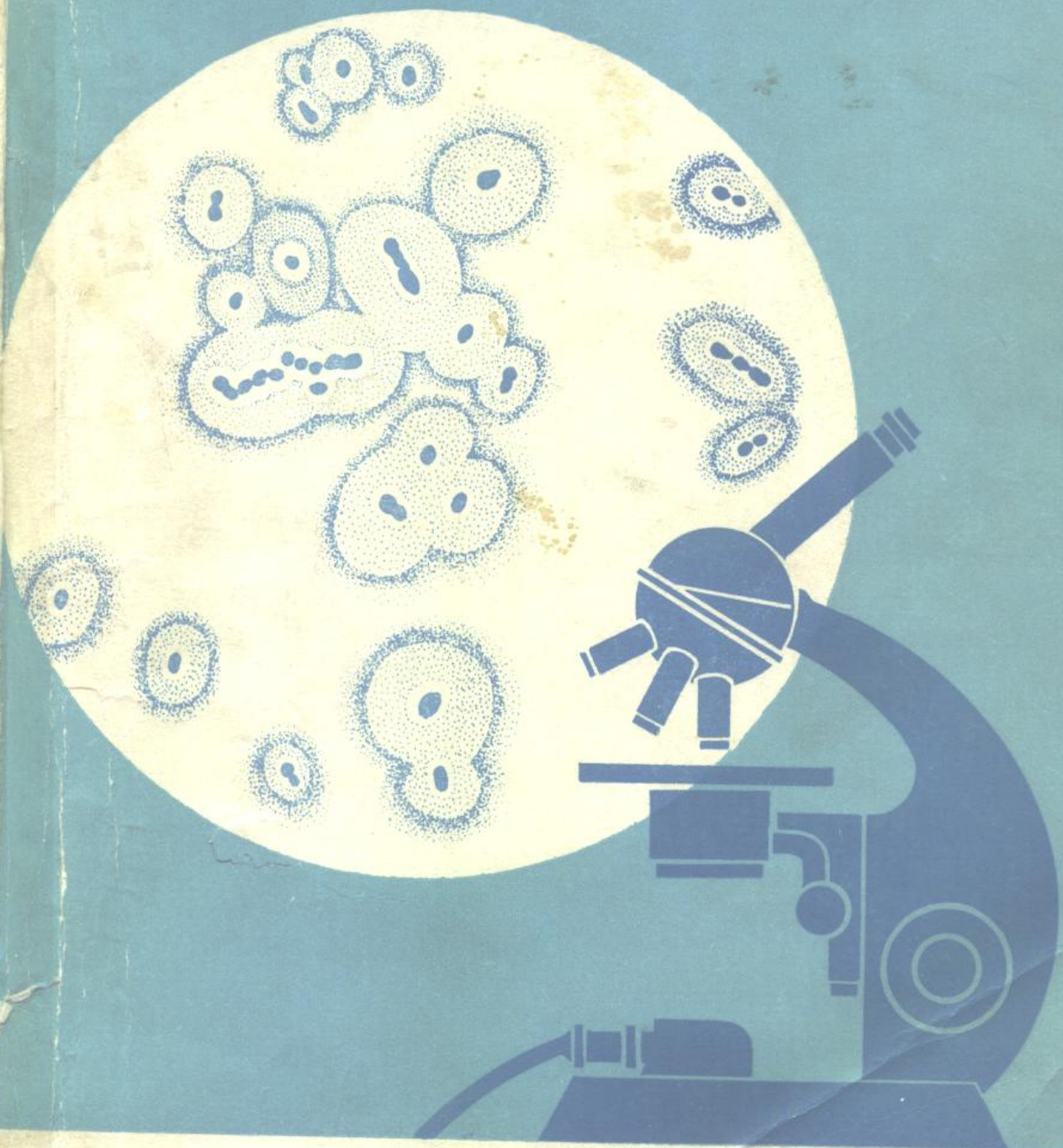


[美] T.D. 布洛克著

# 微生物生物学

《微生物生物学》翻译组译



人民教育出版社

# 微生物生物学

[美] T. D. 布洛克 著

四川大学 武汉大学 复旦大学

山东大学 南开大学 云南大学

《微生物生物学》翻译组译

人民教育出版社

## 内 容 提 要

本书是根据美国威斯康星大学 Thomas D. Brock 著的微生物生物学(Biology of microorganisms) 1974 第二版译出。

全书共分十七章,包括了微生物的形态结构、生理、遗传、生态、分类和演化等方面。本书的重点是微生物的一些重要的基本原理,引用的资料和使用概念较新,结构和安排上也较新颖。可供大专院校有关专业的师生和从事微生物学工作的科研人员参考。

## 微生物生物学

[美] T. D. 布洛克 著

四川大学 武汉大学 复旦大学

山东大学 南开大学 云南大学

《微生物生物学》翻译组译

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷三厂印刷

开本787×1092 1/16 印张37.5插页4 字数880,000

1980年9月第1版 1981年10月第1次印刷

印数 00,001—8,500

书号 13012·0518 定价 2.85 元

## 译 者 序

近年来,由于人类实践活动的需要和其他学科的渗透,微生物学得到了飞速的发展。现代的微生物学不仅在农业、工业、医药卫生等许多部门已经广泛应用;特别是,由于它本身的特点,在近代生物科学中也处于非常重要的地位。近代生物学家常常用微生物作为探索和阐明生物学中一些基本理论问题的工具或模型系统;事实上,近代分子生物学中的不少知识都是来自对微生物所作的研究。因此,有关微生物学中的一些基本知识和训练,也就成为近代生物科学中必需的基本科目之一。

美国威斯康星大学 Thomas D. Brock 的《微生物生物学》(Biology of microorganisms) (第二版,1974)一书,从生物学的角度,阐述了近代微生物学的一些基本内容。全书共十七章,包括了微生物的形态结构、生理、遗传、生态、分类和演化等诸方面。本书的重点是在微生物的一些重要的基本原理,但也注意了这些原理如何应用于实际。书中引用的资料,使用的概念,都比较新。此外,本书的结构和安排也比较新颖。总之,本书大体上能反应出七十年代本学科的概貌。

1977年全国理科教材(生物学类)编写会上,决定译出这本书作大专院校有关专业的微生物学参考书,并可供从事微生物学科研工作者和实际工作者参考。

参加本书翻译工作的有四川大学的刘世贵、任大胜、刘巨洋;武汉大学的范秀容、郭朝胜、沈萍;复旦大学的周德庆、范长胜、徐万祥;南开大学的杨文博、邢来君;山东大学的高东、刘自镛、冯瑞良、方善康、聂延富、颜望明、郑士明;云南大学的马宗孚。译稿并分别由成都生物制品研究所的陈廷祚总工程师;复旦大学的盛祖嘉教授;南开大学的周与良教授;武汉大学的严家骥副教授、陈漱湏副教授;山东大学的白毓谦讲师等审校。

由于本书篇幅较大,而且是由各校分工译校的,因而在译法和笔调以及少数术语上难免有不尽相同之处。此外,对原书中少数错误之处,也作了订正删节。

由于我们知识和翻译水平有限,译文中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者予以指正。

译 者

1979年3月

## 序 言

近年来,由于细胞生物学和分子生物学一些新的发展的冲击,微生物学发生了革命性的变化。微生物是为研究许多基本生物学问题并曾用于各种重要研究的极好工具。微生物不只是研究工具,而且它们本身也十分重要和有趣。我相信,微生物学家的任务就是要研究微生物的本质和多样性以及其在人类社会和自然界中的地位。因此,这本教科书重点全部放在微生物本身——它的机能、生态和进化关系——以及它对人类所执行的具有重要意义的活动上。全书在写作上都是一些基本的、重要的原理,但非常强调这些原理如何应用于实际问题。

本书着重地对真核微生物进行了讨论,不象通常在微生物学课文中那样,将它们归到少数、个别的篇章里面去讨论,而是每当涉及时就对这些微生物加以阐述,并且还特别就原核和真核微生物进行了比较。此外,单独有几章讨论了与原核生物完全不同的真核生物问题:细胞结构、遗传学、分类学和生活周期。

第一版成功的一个好标志是书的写作方法很引人注目。但过去几年研究进展是如此重大,以致第二版某些地方必须写出整个新的段节。其他方面变动不大,但事实上,每一页都有新的订正,并增添了许多新的插图和图解。我特别注意把书的篇幅保持在一定的范围内,其结果是这一版象第一版一样,有大约相同的字数。但我必须强调似乎已被删去的某些资料只是移了位置。在新版中没有单独写抗微生物药剂这一章,但是有关这方面的大量资料编进了关于微生物生长的较长一章中。同样,第一版有关遗传密码这一章的大量资料编进了原核生物遗传学这一章。

当前大规模扩展或新颖的领域包括:原核生物的细胞结构和功能,特别是和细胞壁、膜以及鞭毛有关的结构和功能;营养,生物合成和能量关系;微生物生长,特别是连续培养的物质;大分子合成;酶的生物合成的调节;环境微生物学;病毒复制和病毒活性的调节;逆向转录;环状DNA;病毒的限制与修饰;质体的结构与功能;线粒体和叶绿体遗传;真核生物染色体;微生物与动植物的共生关系;共生性固氮作用;宿主与寄生物相互关系;细胞免疫;以及微生物的起源与进化。原核微生物的生物学这一章主要是以“伯捷氏鉴定细菌学手册”(Benney's Manual of Determinative Bacteriology)新的第八版为基础的。这一章不仅作了新的分类学论述,而且还包括许多新的插图,应能帮助读者更好的理解原核生物的多样性。伯捷氏的整个分类表见附录。

补充读物扩充,已经作了最新订正和注解。我尽量引用流通广的杂志,评述性文章中的参考文献,并列出完整的引文,以便读者所寻找的文献在当地不易获得但很容易由馆际图书馆借出。象第一版一样,我提供的索引详细而完整。一个新的特点是附词汇辞典,它不仅对不常见的术语给与简明的定义,而且包括首次使用的词的所在页数,使读者对定义容易找到深入一步的正文叙述。

我认为这本书的读者需要具有一些普通化学和普通生物学的知识,以及至少分子生物学方面的一些肤浅的知识。虽然,我提供了这本书的一些深度相当大的背景资料,可以帮助对微生物的理解,但我尽可能地使用一些篇幅来讨论微生物本身的问题。有许多好书,简明扼要地描述了

分子生物学的概念,读者如果缺少必要的概念可参阅这些书籍,求得指导。

没有许多人的帮助,我是写不出这本书的。因为象微生物学这样一个大的科目,一个人不可能对于所有的课题都是专家,我要求许多专家在他们的力所能及的范围内评论某些段节。我应衷心感谢 Julius Adler, D. J. Brenner, G. Borisy, W. Brill, E. Canale-Parola, S. E. Conti, F. Harold, P. Hirsch, E. Juni, O. Kandler, A. Mosser, R. Palleroni, N. Pfennig, P. Ray, H. Reichenbach, R. Sager, D. Savage, D. J. Tipper, N. Tolbert, H. Veldkamp, R. Whittebury, 和 J. G. Zeikus 等。我还感谢许多人的插图材料,在本文的适当地方铭志他们的帮助。此外,许多人诚恳地给我提出改进第二版的建议,我非常感谢他们,并且我尽可能地在本文中尽量采纳他们的意见。在过去的五年中,帮助我分类、编目的许多秘书助手,对本书的订正也作出了较重要的贡献。对读这本书的人说来,显然,在微生物学的广阔领域内应广泛地以新近的文献为基础,并且,只有依靠大量文献知识的帮助,才不致感到落后。与这本书有关的最后打字和其他秘书工作全由 Bonnie Bauld 夫人胜任地完成了任务,由我的妻子 M. Brock Katherine 博士校订整个原文,我对她在内容与形式上提供的许多改进意见也表示非常感谢。

(任大胜译 陈廷祚校)

# 目 录

译者序 .....	1
序言 .....	2
<b>第一章 导论</b> .....	<b>1</b>
1.1 微生物细胞 .....	1
1.2 微生物的多样性 .....	1
1.3 微生物的发现 .....	2
1.4 自然发生说 .....	5
1.5 疾病的病菌说 .....	6
1.6 微生物的环境 .....	8
1.7 当代对微生物的研究 .....	9
<b>第二章 原核细胞</b> .....	<b>11</b>
2.1 微小物体的观察 .....	11
2.2 原核生物的大小和形状 .....	18
2.3 原核细胞的细微结构 .....	21
2.4 细胞膜 .....	21
2.5 细胞壁 .....	24
2.6 核糖体 .....	29
2.7 核区; DNA .....	30
2.8 鞭毛和运动 .....	33
2.9 细胞的其他结构 .....	39
2.10 细菌的内生孢子 .....	43
<b>第三章 真核细胞</b> .....	<b>47</b>
3.1 细胞壁 .....	48
3.2 膜系统 .....	51
3.3 简单的膜细胞器 .....	53
3.4 线粒体 .....	54
3.5 叶绿体 .....	55
3.6 运动 .....	56
3.7 核与细胞分裂 .....	62
3.8 原核细胞与真核细胞的比较 .....	67
<b>第四章 微生物能学</b> .....	<b>69</b>
4.1 酶 .....	71
4.2 生物体系中能量的释放 .....	77
4.3 发酵作用 .....	78
4.4 呼吸作用 .....	82
4.5 三羧酸循环 .....	86
4.6 有关呼吸作用方面的问题 .....	88
4.7 无氧呼吸作用 .....	90
4.8 生物发光现象 .....	91
4.9 摘要 .....	92
<b>第五章 生物合成和营养</b> .....	<b>94</b>
5.1 糖代谢和营养 .....	96
5.2 有机酸代谢 .....	103
5.3 脂肪酸和烃代谢 .....	104
5.4 氨基酸代谢 .....	112
5.5 嘌呤和嘧啶的代谢 .....	115
5.6 卟啉环 .....	117
5.7 细菌细胞壁的合成 .....	118
5.8 生物合成过程对降解过程的控制 .....	122
5.9 生物合成途径的探明 .....	123
5.10 无机氮代谢 .....	124
5.11 硫的代谢 .....	126
5.12 磷的代谢 .....	127
5.13 矿质营养 .....	127
5.14 有机生长因子 .....	129

5.15 各种微生物的培养基 .....	132	5.17 本章总结 .....	138
5.16 运送和营养 .....	133		
<b>第六章 生命的自养方式</b> .....			140
6.1 光合作用 .....	140	6.4 光合作用碳循环的变化 .....	152
6.2 从氧化无机能源得到的能量 .....	147	6.5 光合有机体的生态学 .....	153
6.3 自养性 CO <sub>2</sub> 固定 .....	149	6.6 自养生物和异养生物的比较 .....	155
<b>第七章 生长、大分子合成和分化</b> .....			158
7.1 群体生长 .....	158	7.7 抗菌素对大分子合成的影响 .....	183
7.2 微生物数目和重量的测定 .....	161	7.8 细胞分裂和大分子合成 .....	185
7.3 群体生长周期 .....	165	7.9 酶的调节的实践意义 .....	187
7.4 连续培养 .....	170	7.10 生长的能学 .....	190
7.5 同步生长 .....	175	7.11 细胞分化和形态发生 .....	192
7.6 大分子合成与生长 .....	176		
<b>第八章 微生物与环境</b> .....			196
8.1 温度 .....	196	8.5 氧化还原电位 .....	216
8.2 水和水的活度 .....	207	8.6 辐射 .....	220
8.3 液体静压力 .....	212	8.7 工业加工中微生物环境的控制 .....	223
8.4 酸度和 pH .....	213		
<b>第九章 病毒</b> .....			226
9.1 病毒颗粒或病毒粒子 .....	226	9.5 环状 DNA .....	242
9.2 病毒的定量和分离 .....	230	9.6 病毒活性的干扰 .....	243
9.3 病毒的复制 .....	232	9.7 病毒的分类和多样性 .....	244
9.4 温和细菌病毒：溶源性 .....	240	9.8 病毒的起源和进化 .....	252
<b>第十章 原核生物的遗传学</b> .....			254
10.1 遗传密码 .....	254	10.8 转导 .....	273
10.2 突变型及其分离 .....	256	10.9 细菌的接合 .....	274
10.3 突变的分子基础 .....	260	10.10 质粒 .....	281
10.4 突变形成的机制 .....	262	10.11 转化、转导和接合之间的实验区别 .....	286
10.5 突变与微生物的演变 .....	265	10.12 应用遗传学分析方法研究基因的结构 与功能 .....	285
10.6 遗传重组 .....	266	10.13 细菌遗传学的实际应用 .....	290
10.7 遗传转化 .....	267		
<b>第十一章 真核微生物的遗传</b> .....			292
11.1 真核生物的遗传机构 .....	292	11.6 感染共生 .....	309
11.2 遗传重组 .....	293	11.7 核质关系综述 .....	309
11.3 脉孢菌和有关生物的遗传分析 .....	297	11.8 基因组大小和进化的复杂性 .....	310
11.4 线粒体遗传 .....	300	11.9 原核生物和真核生物中遗传机制的 比较 .....	311
11.5 叶绿体遗传 .....	305		



<b>第十二章 微生物的相互作用和共生关系</b> .....	313
12.1 地衣 .....	313
12.2 微生物同高等生物的相互作用 .....	317
12.3 动物体的正常微生物群落 .....	317
12.4 无菌动物 .....	323
12.5 瘤胃共生 .....	325
12.6 微生物同昆虫的共生 .....	329
12.7 藻类和无脊椎动物 .....	332
12.8 植物的正常微生物群落 .....	332
12.9 共生固氮作用 .....	334
12.10 菌根 .....	338
12.11 小结 .....	342
<b>第十三章 寄主与寄生物的关系</b> .....	343
13.1 微生物致病性的因素 .....	344
13.2 对寄主的伤害 .....	347
13.3 抵抗疾病的机制 .....	353
13.4 特异性免疫机制 .....	357
13.5 免疫学反应的几个方面 .....	365
13.6 抗体与免疫 .....	368
13.7 化学疗法 .....	370
13.8 流行病学 .....	373
<b>第十四章 微生物在自然界中的作用</b> .....	380
14.1 自然界中的微生物 .....	381
14.2 水生环境 .....	383
14.3 污水和废水处理 .....	390
14.4 陆地环境 .....	394
14.5 石油微生物学 .....	401
<b>第十五章 微生物的进化与分类</b> .....	403
15.1 生命的起源和进化 .....	403
15.2 化石微生物 .....	407
15.3 分子进化和比较生物化学 .....	413
15.4 微生物分类学 .....	416
15.5 分子的和遗传的分类法 .....	418
15.6 数码分类法 .....	421
15.7 菌种保藏和微生物分类 .....	424
15.8 微生物分类和系统发生 .....	424
<b>第十六章 有代表性的原核生物群</b> .....	425
16.1 光合细菌 .....	425
16.2 蓝绿藻 .....	433
16.3 滑行细菌 .....	439
16.4 鞘膜细菌 .....	446
16.5 带柄的、芽生的以及有附属器的细菌 .....	448
16.6 革兰氏阴性、需氧的、极生鞭毛的异 养生物 .....	453
16.7 硫氧化性和铁氧化性矿质化能营养 的生物 .....	460
16.8 硝化细菌 .....	464
16.9 甲烷氧化细菌 .....	467
16.10 产甲烷细菌 .....	471
16.11 根瘤菌属——土壤杆菌属菌群 .....	472
16.12 固氮菌属 .....	473
16.13 醋酸细菌 .....	476
16.14 肠道细菌 .....	476
16.15 革兰氏阴性球菌和球杆菌 .....	481
16.16 乳酸细菌 .....	484
16.17 革兰氏阳性球菌 .....	490
16.18 芽孢(内生孢子)形成菌 .....	492
16.19 棒状细菌 .....	499
16.20 丙酸细菌 .....	502
16.21 分枝杆菌 .....	504
16.22 放线菌纲 .....	505
16.23 螺旋体 .....	511
16.24 枝原体 .....	514
16.25 立克次氏体属 .....	517
16.26 鸚鵡病群:衣原体 .....	519
16.27 摘要 .....	521

<b>第十七章 真核类群的代表</b> .....	523
<b>藻 类</b>	
17.1 藻类的分类特征 .....	523
17.2 藻类的命名和分类 .....	526
17.3 藻类的培养方法 .....	526
17.4 代表藻类及它们的生活周期 .....	528
<b>真 菌</b>	
17.5 真菌的结构特征 .....	536
17.6 真菌的分类 .....	538
17.7 研究真菌的方法 .....	539
17.8 代表真菌和它们的生活周期 .....	540
17.9 致病真菌 .....	550
<b>粘 菌</b>	
17.10 细胞粘菌 .....	552
17.11 非细胞的粘菌 .....	555
<b>原生动 物</b>	
17.12 原生动物的分类特征 .....	558
17.13 研究原生动物的方法 .....	559
17.14 代表性原生动物 .....	560
17.15 小结 .....	570
<b>附录：词汇表</b> .....	571

# 第一章 导 论

微生物学是研究微生物的;微生物是一大群各种各样的、独立生活的生物,它们以单细胞或以细胞群体存在。因此微生物细胞不同于动物和植物的细胞;动植物细胞不能独自在自然界中生活;而仅作为多细胞生物的一部分存在。单独的微生物细胞一般都能实现它的生命过程,如生长、呼吸、繁殖等等,而与其它的细胞——同类细胞或不同类细胞——无关,尽管有例外,这在我们以后将要谈到,但这个定义为我们介绍微生物提供了一个基础。

## 1.1 微生物细胞

细胞是所有生物的基本单位,这是生物学十分统一的理论之一。一个单独细胞是一个实体,它以细胞壁或细胞膜同其他细胞相隔离;细胞中含有各种亚细胞结构,只其中一部分为所有细胞所共有。所有的细胞都含蛋白质、核酸、脂类和多糖。由于这些化学成分是整个生物界共有的,人们认为,所有的细胞都由某一个共同的祖先——原始的细胞传下来的。经过几百万年的进化,出现了今天存在的极其多种类型的细胞。细胞的大小变化很大,从小到不能用光学显微镜看见的细菌,到大至  $170 \times 135 \text{ mm}$  的鸵鸟蛋,后者是已知最大的单细胞。微生物细胞大小的变化也是很大的,有的远远大于人类的细胞。单细胞的原生动物草履虫大约比人的红血细胞重 5000 倍。

虽然每一种细胞都有一定的结构和大小,但细胞是一个动态单位,不断地发生变化和取代着它的某些部分。即使当它在非生长的时期,细胞也在不停地从环境中取得物质,并把它们转变为自身的结构;同时,细胞又不断向环境排出细胞的物质和废物。因而细胞是一个开放系统,永远在变化着,但一般保持着同样的细胞。

## 1.2 微生物的多样性

微生物细胞虽然有很多共同点,但在细胞结构上有两种基本的形式:原核细胞和真核细胞。细菌和蓝绿藻是原核生物,而所有其它的藻类、真菌和原生动物是真核生物。原核生物和真核生物之间的最重要区别在于它们核的结构。真核细胞有一个真正的核,这是包围在膜内的一个结构,其中有含有遗传物质的染色体。另一方面,原核细胞没有真正的核或染色体,它的遗传物质包含在单个裸露的 DNA 分子中。原核细胞和真核细胞之间的其他许多结构上的区别将在第二章和第三章里详细讨论。现在,人们已充分认识到这些区别的存在,以及它们的重要性,并使人们相信,这些区别反映了生命发展早期历史上的进化的分歧。由于高等动物和高等植物的细胞都是真核的,很可能,真核微生物就是高等生物的先驱;而原核生物代表了在进化上从未超过微生物阶段的一个分支。

由于微生物的多样性,给它们定名是有用处的。要做到这点,我们必须有一个区别它们的方法。在对微生物的结构组成和行为进行仔细研究之后,我们常常可以找出一种微生物区别于另一种微生物的一组特征。一旦一种微生物被那样一组特征划定之后,就可以给它定名。微生物

学家使用了最初在动物和植物中发展起来的双名命名法系统。属名用来指一群相关的生物,属里每一个不同的生物类型给一个种名。属名和种名总是放在一起描述生物的一个特定类型——不论是单个细胞或是一群细胞。通常所用的名称来源于拉丁语或希腊语,标志出了生物的某些特点。例如,*Saccharomyces cerevisiae* 是啤酒酵母的种名。酵母转变糖为酒精,“*Saccharo*”意思是“糖”。酵母类属真菌,复合词 *myces* 来源于希腊词“真菌”的意思。*cerevisiae* 是拉丁词“啤酒酿造者”的意思。但是,象刚才这样来分解一个微生物的学名是不容易的,即使一个认识拉丁文和希腊文的人,也很少能把许多种名都译成英文。虽然我们尽可能在这书中少用种名,学生也应当熟悉至少最重要的名称(及它们的拼读法!)

许多生物学家把生物分为两界,即植物和动物。微生物是植物还是动物?似乎没有疑问,某些微生物,如一些含叶绿素的藻类,属于植物,而许多原生动物则完全象是动物。但我们也碰上许多困难,例如,眼虫 *Euglena gracilis* 是有叶绿素的,明显属于植物;但在经某种药物处理后,它失去叶绿体,而且不再得到它。此后,它的后代永远过动物式生活。虽然真菌缺乏叶绿素,但在许多方面它们更为接近于藻类而不接近于原生动物。原核生物,作为一个类群是如此明显地不同于动物或植物,因而,试图把它们放到这群或那群之中,那似乎是愚蠢的。有些微生物学家提出一个办法是把所有微生物集中在一起成为一个独立的类群,叫原生生物(Protista),使与动物和植物有同等地位。这样作就忽视了这一事实,即很多藻类明显地近于植物而不是动物;原生动物和动物具有更多共性而不是植物。可能有三个以上的界存在,有的建议,已多达五个界。我们对微生物多样性的认识还不足以建立一个确切的分类。

病毒是非细胞的,它们缺乏细胞的许多特性,其中最重要的是,它们不是一个开放的动态系统。一个病毒颗粒是一个静态结构,相当稳定,不能改变或置换它的某些部分。只有当它同细胞结合的时候,病毒才获得一些生命系统的特性。病毒是否被看成是活的生物这将取决于生命本身的定义。我们将留在第九章中进一步讨论这个有意义的问题。

### 1.3 微生物的发现

虽然,这些小到不能用肉眼观察的微生物的存在,人们早就有所推测,但它们被发现是同显微镜的发明联在一起的。1644年,Robert Hooke 描述了霉菌的子实结构(图 1.1),但在比较精细地看见微生物的第一个人是荷兰的显微镜制造爱好者 Antoni von Leeuwenhoek,他使用的是他自己制造的简单显微镜(图 1.2)。Leeuwenhoek 的显微镜同当今的比较起来是非常粗糙的,但通过细心地操作和调节焦点,他能够看见小到细菌之类的生物。在他给伦敦皇家学会的许多信里报告了自己的观察结果,并译成英文发表了这些文章。吕文虎克的“微小的动物”一文中的某些描绘图见图 1.3。他的观察为其他人所证实,但对这些微小生物的本质的了解,进展很慢。只在十九世纪,才有改良的显微镜出现并且得到广泛使用。在微生物学历史的各个阶段,它能够取得较大的进步,都是当有更好的显微镜出现的时候,使得科学工作者洞察细胞的秘密。图 1.4 所表示的用不同显微镜观察到的酵母的细胞,就很好地说明了这点。

微生物学作为一门科学来说,是到十九世纪晚期才发展起来的。长期停滞的原因,除显微镜外,还需要有研究微生物的某些基本技术。到十九世纪对两个疑难问题的探讨,导致了这些基本

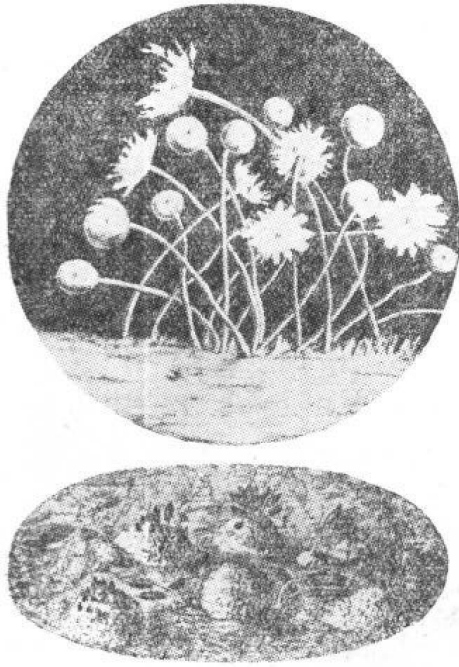


图 1.1 Robert Hooke 作的两个草图，代表了对微生物的最初的显微镜记载。上图：生长在皮革表面的一种蓝霉；圆形结构含有霉菌孢子。下图：生长在枯萎的蔷薇叶面上的一种霉菌。

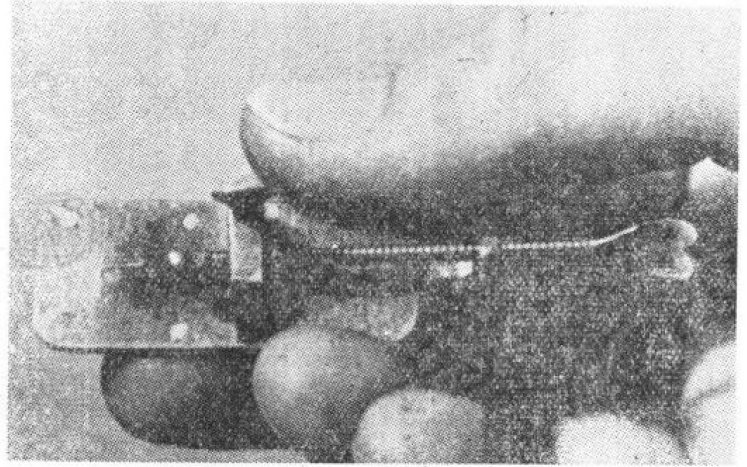


图 1.2 Leeuwenhoek 所使用的显微镜的复制品。基架是一个金属片，带有一个嵌进左边小孔中的透镜。被观察的物体放在螺丝顶端小尖上。调螺丝使它来回移动。

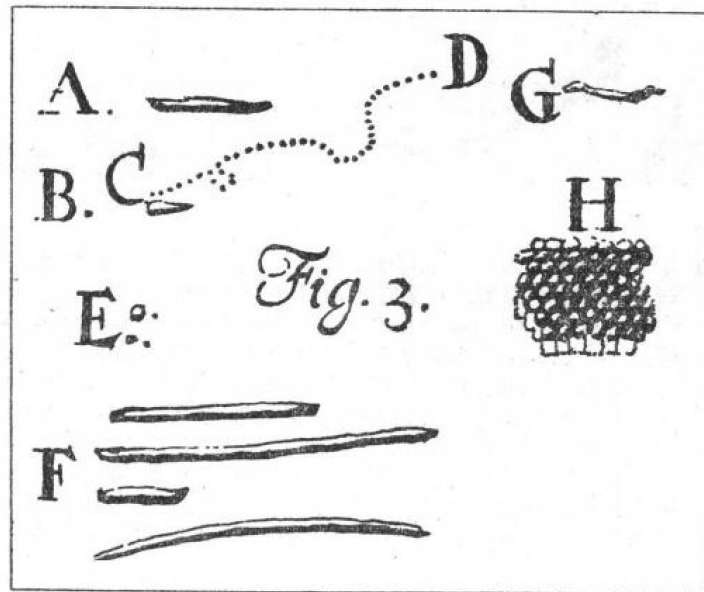


图 1.3 Leeuwenhoek 的细菌草图，发表于 1684 年。从这粗略的草图中，我们可以看出几种常见细菌。有大写字母 A、C、F 和 G 的是杆状的；E 是球形的；H 是成包裹形的球状细菌。

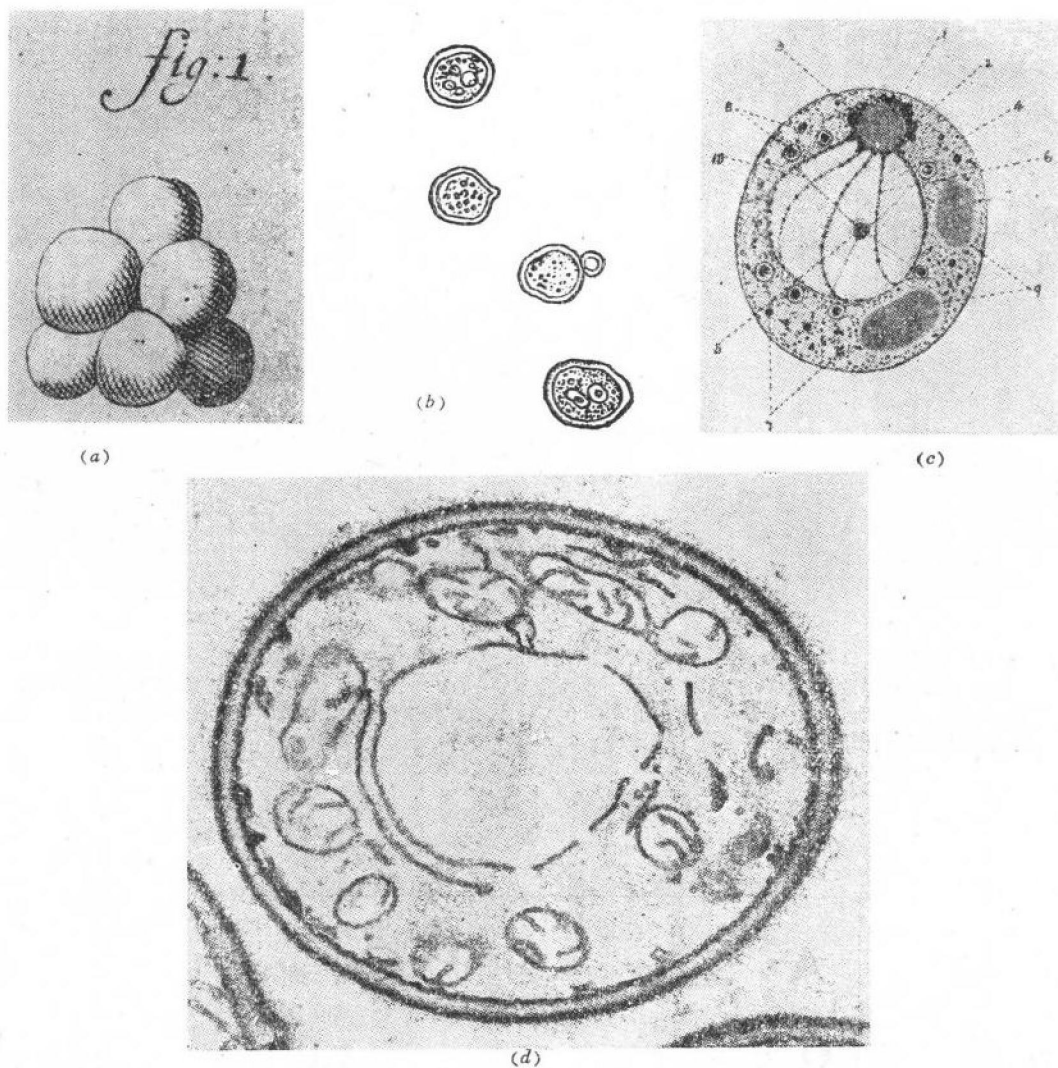


图 1.4 不同观察者所见到的酵母细胞。人们对细胞结构认识的大大提高是由于显微镜的改进。(a) Leeuwenhoek, 1694 年绘制的酵母图。注意完全没有细胞的细微结构。(自 Leeuwenhoek, A. van 1694, *Ondervindingen en Beschouwingen der Onsigthar Geschapene Waarheden*, 2nd ed. p.45. Delft.) (b) 巴斯德绘制的酵母图绘于 1860 年, 表现了酵母生长的出芽过程。外面细胞壁和内部细胞质的对比是清楚的。细胞质里的大物体是液泡。(自 Paster, L. 1860, *Ann. Chim. Phys.* 58:323.) (c) 1910 年绘制的一个酵母细胞概图。细胞内较细致的情况来自一方面由于显微镜的改进, 一方面是使用染料, 增加了反差和染出了各部分结构。但是所标出的有些结构可能是尸体。(自 Wager, H., and A. Peniston. 1910, *Ann. Bot.* 24: 45.) (d) 用电镜观察的一个酵母细胞的照片。细胞首先用化学药品处理, 它保持了细胞结构并染上了某些特定成分。30,800 $\times$ 。(自 Conti, S. F., and T. D. Brock. 1965. *J. Bacteriol.* 90:524.)

技术的发展, 并奠定了微生物科学的基础。(1) 自然发生能出现吗? (2) 接触传染病的本质是什么? 这两个问题的研究同时并进, 有时, 同样一些人在做这两方面的工作。到世纪末, 这两个

问题都得了答案,从而,微生物学作为一门独立的发展的科学,牢固地建立起来了。

#### 1.4 自然发生说

自然发生说的基本思想是很容易了解的。如果食品让它放置一些时间,它腐败了;用腐败的东西进行显微镜检查时,就发现它有很多细菌。在新鲜食品里是没有细菌的,它们是从哪里来的呢?一些人认为,这些细菌从种子或胚芽发展来的,而种子或胚芽是从空气进入食品的;而另一些人认为,这些细菌是自然发生的。

自然发生意味着生物可以从一些没有生命的东西产生。但很多人不能设想,象生物细胞这样复杂的東西会从死的物质中自然发生。自然发生说的最强有力的反对者是法国化学家路易巴士德,他关于这个问题的研究是最精确和令人信服的。巴士德首先证明,在空气中有一些有结构的東西,它们非常象是腐败物品上看到的微生物。他的作法是,使空气通过棉花滤器,棉花纤维挡住了固体微粒。然后,把棉花浸到乙醇和醚的混合物中,棉花上捕获的微粒降落到液体的底层,置载片上显微镜检查。巴士德发现,在普通空气中总是存在着各种固体的结构物,其大小从0.01 mm至1 mm以上。其中很多非常象是普通霉菌的孢子,原生动物的孢囊和各种微生物的细胞。在15升普通空气中可多到20—30万个。这些東西很难同腐败物品上见到的那大量的微生物相区别。因此,巴士德得出结论:腐败物品上的微生物来自于空气中有结构的物体,它们不断地落到所有的物体上。如果这个结论是正确的,那就意味着,如果把食品进行处理,以杀死它上面所污染的全部生物,那么,它就不会腐败。

巴士德用热力消除了污染,从此,人们认识到热力可以有效地杀死生物。事实上,很多工作者已经证明,如果把滋养浸液密闭在一个玻璃烧瓶中加热煮沸,它就不会腐败。但自然发生说的倡议者抨击这种实验,断言新鲜空气是自然发生所必需,密闭烧瓶中的空气,已经受到了加热的影响,它不能再维持自然发生。巴士德简单而出色地解决了这问题。他设计了一个曲颈烧瓶,现叫“巴士德烧瓶”(图1.5)。在这样烧瓶中,可以将腐败的物质加热至沸腾,烧瓶冷却以后,空气可以从新进入,但颈部的弯曲阻止了粒状物、细菌或其他微生物进入。在这种烧瓶中被灭菌的物质就不腐败,只要烧瓶的颈部保持完整,就没有微生物出现。但如果颈部破裂,腐败就出现,液体很快就充满活的生物。这个简单的实验有效地解决了自然发生说的争论。

杀死一切细菌或生物是一个我们现在称之为灭菌的过程;这个方法巴士德和其他的使用者最后把它引入到微生物的研究中。推翻了自然发生理论,从而导致了有效的灭菌法的出现,没有这个方法,作为科学的微生物学是不可能发展的。

后来,又已证明了烧瓶和其它容器都可用棉塞来防止污染,棉塞容许空气通过。由巴士德创造的灭菌技术的原理是初学微生物者要学习的第一个技术。食品科学也受益于巴士德,因为他的灭菌原理是适用于罐头和许多食品的贮藏。

后来,德国科学家Ferdinand Cohn和Kobert Koch描述一种特殊结构——细菌的芽胞(图1.6),它对热力有很高的抵抗力,不能用一般的煮沸杀死它。细菌芽胞不存在于巴士德用以推翻自然发生论的实验的物质中,但它在植物性物料和土壤中却是很普遍的,为了杀死芽胞,常常需要高于沸腾的温度,而要达到这高温,就需在高压釜中加压情况下加热。

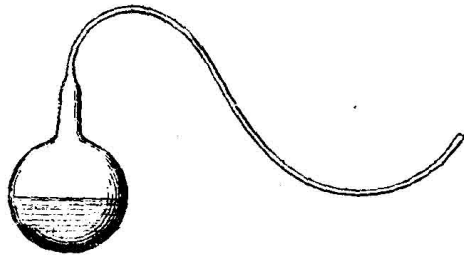


图 1.5 巴士德绘制的鹅颈烧瓶。他写道：“在玻璃烧瓶里我放了以下一种液体：酵母水，加糖酵母水，尿、糖萝卜汁、胡椒水。它们同普通空气接触是非常容易变化的。在火焰上把烧瓶颈拉成几个弯曲……。我然后把液体煮沸几分钟，直到流出的蒸汽自由通过瓶颈末端。这末端保持开放而勿须任何预防措施。其后，烧瓶让它冷却。任何一个熟悉所谓“自然发生”的实验的人将会吃惊地看到，经过这种方式处理过的液体，可以无定期地保持不变。这烧瓶可用任何方式处置，可从一地方转移到另一个地方，可让它经受不同季节温度的变化，但液体不受稍微的变化……。在培养了数月之后，如用锉刀把瓶颈去掉而不触及烧瓶，则在 24、36 或者 48 小时后，霉菌和滴虫之类就开始出现，正如通常情况一样，好象空气中的尘埃已接种到烧瓶中了……。但在此时，我的实验室中还有许多可变化的液体却保持着不发生变化长达 18 个月之久，它们具有开放的弯管或倾斜的瓶颈。（自 Pasteur, L. 1861, Ann. Sci. Nat., Ser. 4, 16:5, M Brock, T. D., ed. and trans. 1961, Milestones in microbiology. Prentice-Hall, Inc., Englewood, Cliffs. N. J.)

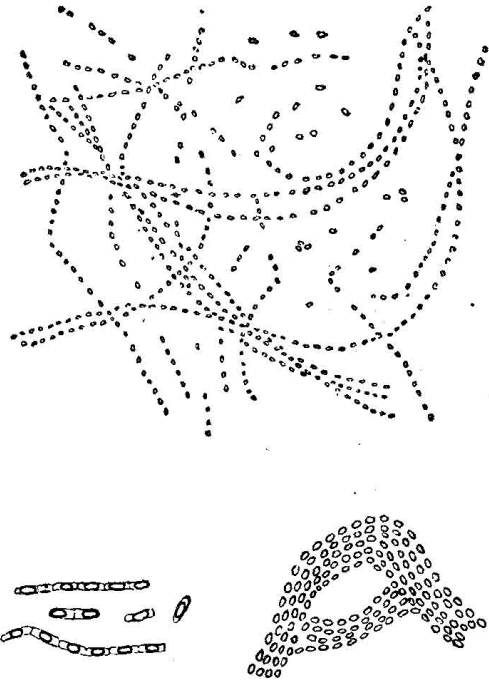


图 1.6 Koch(上)和 Cohn 所绘制的细菌芽胞图，发表于 1876 年，芽胞最初在细菌链中形成一长列而最后释放出来。Bacillus anthracis 这种微生物能引起牛和人类的炭疽病。无害的细菌芽胞如枯草杆菌 Bacillus subtilis, 是很相似的。(自 Koch, R. 1876 Beitr. Biol. Pflanzen 2:277, And Cohn. F. 1876 Beitr. Biol. Pflanzen 2:247.)

## 1.5 疾病的病菌说

微生物可以引起疾病的证明为微生物科学的发展提供一个极大的推动。实际上，在十六世纪，就有人认识到，有些东西可以从病人传至健康的人，并引起后者出现前者的疾病。许多疾病似乎是通过群体传播的，叫做接触传染病，这种传播的未知的东西叫做接触传染物 (contagion)。在微生物被发现之后，人们或多或少地认为，这些微生物可能引起接触传染病，但是，缺乏证据。1845 年，M. J. Berkeley 提供了第一个明确的关于微生物引起疾病的证明——一种霉菌能引起爱尔兰马铃薯枯萎病 (图 1.7)。Ignaz Semmelweis 和 Joseph Lister 的发现证明微生物在引起人类疾病上的重要性。但直到一位名叫 Koch 的医生的工作，才为疾病的病菌说建立了牢固的基础。

Koch 早期的工作，发表于 1876 年，研究牛的炭疽病，这病有时也发生在人体。炭疽病是由一种能形成芽胞的细菌，现在称炭疽芽胞杆菌 (*Bacillus anthracis*) 引起的，感染此菌的动物血液中含有许多这种大形细菌的细胞。Koch 通过仔细的显微镜检查证实，发病动物的血液里总是存在这种细菌。但是，他明白：仅仅是细菌同疾病相伴随并不能证明它引起了疾病，它也许是疾病的结果。因而 Koch 证明，从生病动物取出少量的血注射到另外的动物，后者进而生病死亡了。然



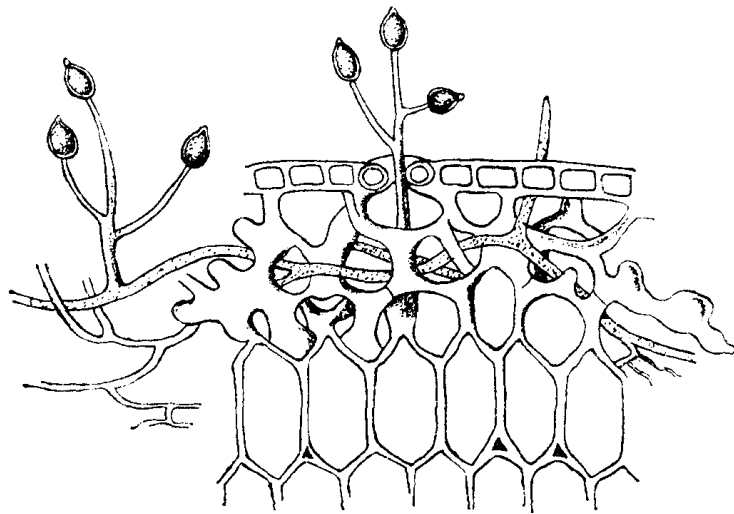


图 1.7 Berkeley 绘制的病原微生物图, 绘于 1840 年。这种病是爱尔兰马铃薯枯萎病, 它造成爱尔兰的巨大饥荒。草图表明了真菌在细胞周围和通过马铃薯叶细胞生长的情况。在细丝顶状的圆形结构是孢子体, 它释放孢子, 把真菌感染传播到其他植株上。可同 Hooke 的草图 (图 1.1) 作比较。(自 Berkeley, M. J. 1846. J. Roy. Hort. Soc. London 1:9)

后, 他从这第二个动物取血, 注射到第三个动物体, 又得到了特有的疾病症状。这样重复达 20 次, 用含有细菌的少量血液由一个动物传给另一个动物, 他证明了细菌确实引起了炭疽病。第 20 个动物也如第一个动物一样很快死亡; 在每个病例中, Koch 可以镜检证明, 濒死动物的血液含有大量的细菌。

Koch 进一步做实验, 他发现细菌可以在动物体外营养液中培养。甚至体外培养经多次转种后, 再接入动物体内, 仍能引起疾病。来自患病动物的细菌和体外培养的细菌一样, 注射后都能引起同样的疾病症状。根据这些和另外一些实验, Koch 提出了下列标准, 现在称为 Koch 定理, 来验证一种特殊类型的细菌引起一种特有的疾病:

1. 微生物必须是在患病动物中发现而不存在于健康的个体中。
2. 这一微生物可以离开动物体培养成为纯培养。
3. 这种培养物接种到敏感动物体后, 应当出现特有的疾病症状。
4. 这微生物可以从实验动物中再分离出来, 并且在实验室再培养出来。其后它同原有的微生物仍然是相同的。

Koch 定理不仅用以证明特种微生物引起特定的疾病, 而且, 由于它强调了实验室培养, 而给微生物科学的发展提供了巨大的促进作用。

为了成功地鉴定一种微生物引起某种疾病, 人们必须确证这一微生物是单独存在于培养中的。即是说, 培养物应当是纯的。要确定象细菌这样小的物质的纯度是不容易的, 即使很少一点血液或动物体液的取样中, 也会有许多种类的微生物, 它们都能在培养中一起生长。Koch 认识到纯培养的重要性, 并创造了许多巧妙地获得纯培养的方法, 其中最有用的是分离单个菌落的方法。Koch 观察到, 固体培养基表面, 如马铃薯片, 暴露到空气中然后加以培养的时候, 细菌菌落就发育了, 每一个菌落都有一个特有的形状和颜色。他推论, 每个菌落是来源于落到表面的