

国家示范性高职院校特色教材建设
重点专业群平台课程教材



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

Fundamentals of Microbiology 微生物学基础

刘晓蓉 主编 邓毛程 主审

 中国轻工业出版社

国家示范性高职院校特色教材建设重点专业群平台课程教材

微生物学基础

刘晓蓉 主 编

邓毛程 主 审

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学基础/刘晓蓉主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2011. 8

国家示范性高职院校特色教材建设重点专业群平台课程教材
ISBN 978-7-5019-7987-5

I. ①微… II. ①刘… III. ①微生物学—高等学校: 技术学
校—教材 IV. ①Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 247245 号

责任编辑: 江 娟

策划编辑: 江 娟 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 晋 洁 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 20.75

字 数: 408 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7987-5 定价: 36.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101494J2X101ZBW

本书编写人员

主 编	刘晓蓉	
副主编	石 琳	张冬青
	周爱芳	冯爱娟
主 审	邓毛程	

前言

按照当前国家示范性高职院校重点专业的建设要求,为实现资源共享,提高人才的培养水平,拟将本课程构建为“食品营养与检测”专业群的一门平台课程。在教材的编写过程中,一方面力求体现“工学结合”与“教学做一体化”特色,强化职业能力的培养;另一方面突出专业基础课的特点,注重适当的理论基础,为学习后续专业课服务。

本教材分为九个学习单元,系统介绍了微生物基本知识和免疫学基本知识,既可作为高职院校食品类、生物类和制药类专业学生的教材,也可供相关领域从事微生物应用工作的人员参考。

参加本教材编写工作的有刘晓蓉、石琳、张冬青、周爱芳、冯爱娟。具体编写分工如下:刘晓蓉编写学习单元一、学习单元三中项目一、学习单元八、学习单元九、附录一、附录四;石琳编写学习单元二中项目一、项目二及项目三、学习单元三中项目二、学习单元四;张冬青编写学习单元六;周爱芳编写学习单元五、学习单元七、附录二、附录三;冯爱娟编写学习单元二中项目四。全书由刘晓蓉统稿,邓毛程教授担任主审。

在本教材的出版过程中,得到了广东轻工职业技术学院领导的大力支持与帮助;在编写过程中,参考了许多作者的书籍与文献资料,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平和能力有限,加之编写时间仓促,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年6月

目 录

1	学习单元一 绪论
1	知识讲解
1	一、微生物概述
6	二、微生物学概述
8	三、显微镜的结构、性能、使用、维护与保养
15	学习单元二 微生物的形态观察
15	项目一 细菌的形态观察
15	知识讲解
16	一、细菌的形态与大小
18	二、细菌的细胞结构
24	三、细胞的繁殖
25	四、细菌的培养特征
26	五、细菌的致病性
27	六、细菌感染的类型
28	七、常见细菌
29	项目实训 细菌的形态观察
29	一、简单染色法
31	二、革兰染色法
32	项目二 酵母的形态观察
32	知识讲解
33	一、酵母菌的形态与结构
35	二、酵母菌的菌落特征
35	三、酵母菌的繁殖方式与生活史
37	四、常见酵母菌
38	项目实训
38	一、酵母菌死活细胞的染色鉴别
40	二、酵母菌大小的测定
42	三、酵母菌数目的测定
45	项目三 霉菌的形态观察

45	知识讲解
45	一、霉菌的形态与结构
46	二、霉菌的繁殖方式与生活史
48	三、霉菌的菌落特征
48	四、常见霉菌
50	项目实训 霉菌的形态观察
52	项目四 病毒及其他微生物的形态观察
52	知识讲解
52	一、病毒
57	二、放线菌
62	三、其他原核微生物
64	项目实训
64	一、噬菌斑的观察
66	二、放线菌的形态观察

69 学习单元三 微生物的营养与代谢

69	项目一 微生物的培养
69	知识讲解
70	一、微生物的营养
79	二、培养基
84	三、微生物的纯培养
85	四、微生物的培养方法
86	项目实训
86	一、培养基的制备
91	二、微生物的接种技术
94	三、微生物的分离纯化
98	项目二 微生物的代谢及调节
98	知识讲解
98	一、微生物代谢概述
99	二、微生物能量代谢的主要方式
114	三、微生物的次级代谢
118	四、微生物代谢的调节
122	项目实训 微生物的生理生化反应

127 学习单元四 微生物的生长与控制

127	项目一 微生物生长曲线的测定
-----	----------------

127	知识讲解
127	一、微生物的生长
135	二、微生物生长的测定方法
140	三、微生物与环境间的相互关系
142	四、工业上常见的微生物发酵方式
145	项目实训
145	一、细菌生长曲线的测定
147	二、酵母菌生长曲线的测定
149	项目二 微生物生长的控制
149	知识讲解
149	一、环境因素对微生物生长的影响
153	二、有害微生物生长的控制
159	项目实训 环境因素对微生物生长的影响
162	学习单元五 微生物菌种的选育与保藏
162	项目一 微生物菌种的选育
162	知识讲解
162	一、微生物的遗传变异
167	二、从自然界分离筛选菌种
173	三、基因突变
175	四、诱变育种
177	五、基因重组育种
182	六、原生质体融合育种
184	七、基因工程
185	项目实训
185	一、微生物的诱变育种
187	二、抗药性突变菌株的筛选
189	项目二 微生物菌种的保藏
189	知识讲解
189	一、菌种的衰退与复壮
192	二、菌种的保藏
193	项目实训 微生物菌种的保藏
198	学习单元六 免疫学基础
198	知识讲解
198	一、免疫的概念与功能

199	二、免疫器官与免疫细胞
202	三、免疫球蛋白
209	四、补体系统
212	五、细胞因子
214	六、抗原
218	七、免疫应答
222	八、超敏反应
230	九、免疫学应用
234	项目实训
234	一、免疫血清的制备
237	二、凝集反应
240	学习单元七 微生物的应用
240	知识讲解
240	一、微生物菌体的应用
251	二、微生物发酵产物的应用
260	三、微生物酿造食品
262	四、微生物酶制剂的生产
266	五、微生物与环境保护
271	学习单元八 微生物与食品腐败变质
271	知识讲解
271	一、微生物与食品腐败变质
276	二、各类食品的腐败变质
283	学习单元九 微生物的常规检验技术
283	知识讲解
283	一、细菌总数的测定
284	二、大肠菌群的测定
284	三、霉菌和酵母菌菌数的测定
284	四、乳酸菌的检验
284	项目实训
284	一、细菌总数的测定
288	二、大肠菌群的测定
294	三、霉菌、酵母菌菌数的测定
298	四、乳酸菌的检验

302	附录一	常用玻璃器皿的清洗、包扎及干热灭菌
305	附录二	常用染色液的配制
306	附录三	常用指示剂与试剂的配制
309	附录四	常用培养基及其制备
317	参考文献	

学习单元一

绪 论

知识目标

1. 了解微生物的分类与命名。
2. 理解微生物学的概念、研究内容及发展概况。
3. 掌握微生物的概念、类群、特点及生物学地位、普通光学显微镜的使用和维护。

能力目标

1. 能陈述微生物的概念、类群、特点和生物学地位。
2. 培养学生使用和维护普通光学显微镜的能力。

知识讲解

微生物是自然界一类数量庞大、体形微小、肉眼难以看见的生物类群。尽管个体微小，但对人类却有很大影响，有些微生物对人类和动植物有益且必需，能给人类创造财富；有些微生物引起人类和动植物病害，给人类带来困难，甚至灾难。因此，我们必须全面认识微生物，掌握微生物知识，为人类造福。

一、微生物概述

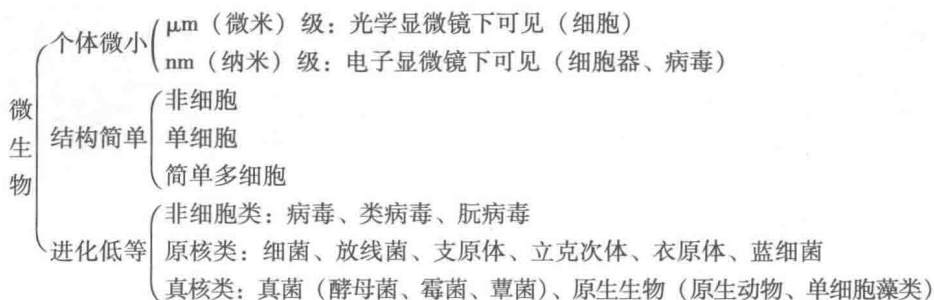
（一）微生物的概念及其类群

微生物不是分类学上的名词，是一类个体微小（ $<0.1\text{mm}$ ）、结构简单的低等生物的总称。包括属于原核微生物的细菌、放线菌、支原体、立克次体、衣原体和蓝细菌等；属于真核微生物的真菌（酵母菌、霉菌及蕈菌）、原生动物和单

细胞藻类；属于非细胞类的病毒、类病毒和朊病毒等。

绝大多数微生物需借助显微镜才能看到，但近年来发现了肉眼可见的细菌，如1993年正式确定为细菌的费氏刺尾鱼菌、1998年报道的细菌纳米比亚硫磺珍珠菌等。所以上述微生物的定义是一般的概念，是历史的沿革，今天仍适用。

微生物的概念和类群可以表示如下：



(二) 微生物的生物学特点

1. 个体小，作用大

微生物个体非常微小，度量其大小的单位是微米 (μm , $1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$)，甚至是纳米 (nm , $1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m}$)。细菌中球菌的直径约 $0.5\mu\text{m}$ ，80 个球菌“肩并肩”排列才达到一根头发的宽度；杆菌的长度约 $2\mu\text{m}$ ，1500 个杆菌头尾相接，才达到一粒芝麻的长度。每个细菌的质量仅 $1.0 \times 10^{-10} \sim 1.0 \times 10^{-9}\text{mg}$ ，即大约 10 亿个细菌总质量才达到 1mg 。

物体的表面积和体积之比称为比表面积。假设人的比表面积为 1，则大肠杆菌的比表面积高达 30 万。巨大的比表面积决定了微生物有一个巨大的营养物质吸收面和代谢产物排泄面，对微生物与周围环境进行物质与能量的交换具有十分重要的意义。因此，个体小、比表面积大这一特点决定了微生物的其他特性。

绝大多数微生物对人类和动植物有益。自然界的物质循环必须依靠微生物的代谢才能进行。如土壤中的微生物能将死亡动植物的有机氮转化为无机氮，以供植物生长所需；空气中的游离氮依靠固氮菌作用后才能被植物吸收。工业上，微生物被广泛应用于食品、皮革、纺织、石油、化工、冶金等行业。农业上，微生物可以制造菌肥、植物生长激素等，还可利用微生物感染昆虫来杀死害虫。医学上，约 $2/3$ 的抗生素是微生物代谢产生的，微生物还可用来生产维生素、辅酶、ATP 等药物。在基因工程技术中，微生物不仅提供了多种工具酶和载体系统，还可定向创建有益的工程菌新品种。

但是，不少微生物会导致病害，如引起人类伤寒、痢疾、结核病、破伤风、

麻疹、脊髓灰质炎、肝炎、艾滋病（AIDS）、非典型性肺炎（SARS）等；引起鸡霍乱、鸭瘟、牛炭疽、猪气喘等；引起水稻白叶枯病、小麦赤霉病、大豆病毒病等。有些微生物还导致工业产品、农副产品和生活用品的腐蚀和霉烂等。

2. 种类多，分布广

微生物的种类繁多，主要体现在以下三个方面：

第一，种数多。据估计，微生物种数在 50 ~ 600 万种，其中已记载的仅约 20 万种，包括原核生物 3 500 种，病毒 4 000 种，真菌 9 万种，原生动物和藻类 10 万种；每年还有大量新的微生物菌种报道。

第二，代谢类型多。微生物能分解利用的物质众多，不仅能分解糖类、蛋白质、脂肪和无机盐等，还能分解石油、纤维素、塑料等，甚至能分解氰、酚、聚氯联苯等有毒物质；微生物产能方式也多种多样，如细菌的光合作用、嗜盐菌紫膜的光合作用、自养细菌的化能合成作用、各种厌氧产能途径等。

第三，代谢产物多。微生物究竟能产生多少种代谢产物，至今难以全面统计。1980 年曾有人统计有 7 890 种，1992 年有报道称，仅微生物产生的次级代谢产物就有 16 500 种，且每年还在以 500 种新化合物的数目增长。

微生物的分布非常广泛，可以说无所不有、无处不在。人体内外、动植物组织、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，都可发现微生物的踪迹。

土壤是微生物的大本营，1g 贫瘠的土壤中含 3 ~ 5 亿个微生物，1g 沃土中含菌量则高达几亿甚至几十亿。空气中也含有大量的微生物，越是人员密集的公共场所，含菌量越高。在人体肠道中，聚集有 100 ~ 400 种不同种类的微生物，其个体数在 100 万亿以上，质量约是粪便干重的 1/3。各种水域中也存在微生物，美国科学家曾经在东太平洋的一处深度为 1 万米的海底温泉中，发现了硫细菌。在南极洲深度为 128m 和 427m 的沉积岩中，发现有活细菌存在。

3. 代谢旺，繁殖快

比表面积大，有利于微生物吸收营养和排泄代谢产物，因此代谢作用旺盛。例如，大肠杆菌 1h 能消耗相当于自身质量 2 000 倍的糖，而人类需要 40 年；1kg 酒精酵母在 1d 内可以将数千千克糖转变为酒精；乳酸菌 1h 能分解其自重 $10^3 \sim 10^4$ 倍的乳糖。微生物旺盛的代谢作用对地球上的物质转化非常重要，如果没有微生物对动植物尸体的分解，地球早已尸横遍野了。

微生物的繁殖速度非常快。大肠杆菌在合适的条件下，每 12.5 ~ 20min 就可分裂一次，假如 1 个细胞 20min 分裂 1 次，则 24h 可分裂 72 次，细胞数达 2^{72} 个，质量超过 4 722t。48h 后的细胞相当于 4 000 个地球重。当然，由于营养、空间和代谢产物等条件的限制，微生物的指数分裂速度只能维持数小时。因此液体培养时，细菌细胞的浓度一般仅达 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。有代表性的几种微生物的代时（分裂一次的时间）和每日增殖率如表 1-1 所示。

表 1-1 几种微生物的代时和每日繁殖率

微生物名称		代时	每日分裂次数	温度/℃	每日增殖率
细菌	大肠杆菌	18min	80	37	1.2×10^{24}
	枯草芽孢杆菌	31min	46	30	7.0×10^{13}
	乳酸菌	38min	38	25	2.7×10^{11}
	根瘤菌	110min	13	25	8.2×10^3
	光合细菌	144min	10	30	1.0×10^3
酿酒酵母		120min	12	30	4.1×10^3
藻类	小球菌	7h	3.4	25	10.6
	硅藻	17h	1.4	20	2.64
	念珠蓝菌	23h	1.04	25	2.1
草履虫		10.4h	2.3	26	4.92

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义，可以提高生产效率、缩短发酵周期。例如，一头体重为 500kg 的食用公牛，24h 最多合成 0.5kg 蛋白质；同样质量的大豆，24h 可生产 50kg 蛋白质；同样质量的酵母菌，只需以糖蜜和氨水作主要养料，24h 内却可真正合成 50 000 kg 的优良蛋白质。一个年产 10^5 t 酵母菌的工厂，若以酵母菌的蛋白质含量为 45% 计，则相当于在 562 500 亩农田上所生产的大豆蛋白质的量。微生物的上述特性对生物学基本理论的研究也有十分重要的意义，可以缩短科研周期，降低科研经费，提高科研效率。但是，有害微生物或病原微生物的快速繁殖可能会给人类带来危害甚至灾难。

4. 适应性强，易变异

微生物对外界环境条件具有很强的适应能力，如大多数细菌能耐 $-196 \sim 0^\circ\text{C}$ 的低温，海洋深处的某些硫细菌可在 150°C 的高温条件下正常生长，一些嗜盐细菌能在 32% 的饱和盐水中正常生活。微生物能耐低温、耐酸碱、耐缺氧、耐毒物、抗辐射、抗渗透压等，一方面是因为微生物在进化过程中产生了许多灵活的代谢调控机制，产生了很多种类的诱导酶；另一方面是微生物在菌体外面产生保护层，或形成休眠体，例如肺炎双球菌的荚膜可以抵抗白血球的吞噬；细菌的芽孢、真菌的孢子在干燥条件下能保藏几十年、几百年甚至上千年。

微生物结构简单，大多为单倍体，缺乏免疫监控系统，加之它们繁殖快、数量多且与外界环境直接接触，所以很容易发生遗传性状的变异。在自然条件下，微生物的自发突变频率在 10^{-6} 左右。最常见的变异形式是基因突变，涉及形态构造、代谢途径、生理类型、抗性、抗原性以及代谢产物等任何性状的变异。

在生产实践中，人们常利用这个特性来保藏菌种和诱变育种。例如用物理或化学方法对微生物进行诱变，改变它们的遗传性质和代谢途径，可大幅度提高生

产性能。在1943年,1mL青霉素生产菌产黄青霉发酵液仅分泌约20单位的青霉素,现在早已超过5万单位甚至接近10万单位了。发酵工业上所用的生产菌种大多是经过突变培育的,其生产性能比原始菌株提高几倍、几十倍甚至几百倍。

但是实践中经常遇到有害变异,如医疗上的“超级细菌”就是滥用抗生素、导致致病菌产生抗药性的变异菌株。青霉素在刚临床使用时,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。2010年,携有抗药基因NDM-1的超级细菌蔓延全球,造成很多感染者死亡。

(三) 微生物在生物界的地位

18世纪中叶,人们把生物分成两大界,即动物界和植物界。近代又有人提出过三界、四界、五界、六界生物分类系统,我国微生物学家王大耜提出的六界分类系统,包括病毒界、原核生物界、真核原生生物界、真菌界、动物界和植物界。20世纪70年代后期,提出了生命三域学说。1990年把三域改为古生菌、细菌和真核生物。除动物和植物以外,其他绝大多数生物都属于微生物的范畴。由此可见,微生物在生物界中占据非常重要的地位。

(四) 微生物的分类与命名

1. 微生物的分类

微生物的分类是根据微生物的生物属性、亲缘关系,排列而成的一个有规律的系统,从大到小依次有界、门、纲、目、科、属、种等七个分类单位。有时在两个主要分类单位之间,还可加上次级分类单位,如“亚门”、“亚纲”、“亚目”、“亚科”、“亚属”、“亚种”等,在科与属之间有时可加“族”一级。

“种”是分类的最小单位。在种以下还可用亚种、型和菌株等。

(1) 亚种(subspecies, subsp., ssp.) 在一个种内,根据少数几个稳定的变异特征或遗传性状区分成小群,一个种分成的两个或多个小群,称为亚种,如金黄色葡萄球菌厌氧亚种。

(2) 型 型是同一细菌种内显示很小生物化学与生物学差异的菌株,常用于区分细菌(尤其是致病菌)中紧密相关的菌株。可认为型是细菌亚种的再细分,如根据抗原性的差异,肺炎双球菌有几十个血清型。还有噬菌体型、形态型、生物型、生理型、生态型、化学型、溶菌型与致病型等。

(3) 菌株 菌株又称品系。一个菌株是指由一个单细胞繁衍而来的克隆或无性繁殖系中的一个微生物或微生物群体。一个种可以存在遗传上相似或一致的很多菌株。同种微生物的不同菌株在作为分类鉴定的主要性状上相同,但在次要性状(如生化性状、代谢产物和产量性状)可存在或大或小的差异。菌株常用字母、编号、地址和/或其他符号来表示,如生产淀粉酶的枯草芽孢杆菌

BF. 7658, 生产蛋白酶的栖土曲霉 3. 942 等。

2. 微生物的命名

微生物的命名是采用双名法, 由属名和种名组成, 用斜体表示。属名在前, 第一个字母大写。种名在后, 全部字母小写。学名后还附上首次命名者的名字和命名年份, 用正体字表示。如金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884, 蜡状芽孢杆菌 *Bacillus cereus* Frankland et Frankland 1887。一般情况下, 后面的正体字部分可以省略。

3. 细菌分类和伯杰氏手册

《伯杰氏手册》最初是由美国宾夕法尼亚大学的细菌学教授伯杰 (D. Bergey) 及其同事为细菌的鉴定而编写的名为《伯杰氏鉴定细菌学手册》(Bergey's Manual of Determinative Bacteriology)。该手册自 1923 年问世以来, 至今已发行了九版, 1957 年的第七版和 1974 年的第八版一直被广泛应用。1984—1989 年分四卷出版了《伯杰氏系统细菌学手册》(Bergey's Manual of Systematic Bacteriology), 第一卷包括革兰阴性细菌, 第二卷包括革兰阳性细菌, 第三卷包括古生菌、蓝细菌及其他革兰阳性细菌, 第四卷包括放线菌。1994 年在《伯杰氏系统细菌学手册》基础上修改补充后, 汇集成《伯杰氏鉴定细菌学手册》第九版。

二、微生物学概述

(一) 微生物学及其分科

微生物学是一门研究微生物的形态构造、营养特点、生理生态、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动基本规律, 并将其应用于工业发酵、医药卫生、生物工程和环境保护等实践领域的学科。研究微生物的目的在于发掘、利用、改善和保护有益微生物, 控制、消灭或改造有害微生物, 更好地服务于人类。

随着微生物研究与应用的深入, 微生物学分化形成了很多分支学科。从基础理论研究内容来说, 有微生物形态学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生物化学、微生物遗传学、微生物生态学和分子微生物学等。根据应用领域, 可分为工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学、药用微生物学、兽医微生物学、食品微生物学等。按研究对象分, 有细菌学、真菌学、病毒学等。

(二) 微生物学的发展简史

微生物学的形成与发展过程, 可分为四个时期 (表 1-2)。

表 1-2

微生物学的发展简史

发展时期	经历时间	特点和标记	代表人物
感性认识时期	约 8 000 年前至 1676 年	未发现微生物个体；但人类已在不自觉地应用微生物进行酿酒、发面、酿醋、制酱、沤肥、轮作、治病等活动	各国劳动人民
形态学时期	1676—1861 年	第一次发现了微生物个体并对微生物进行形态描述	列文虎克
生理学时期	1861—1953 年	开始创立微生物学；开创了寻找病原微生物的“黄金时期”；用无细胞酵母汁发酵酒精成功，建立了微生物生化研究的新时期；普通微生物学开始形成；建立了微生物学研究的基本技术	巴斯德、柯赫和布赫纳
分子生物学时期	1953 年以后	DNA 双螺旋结构模型的建立；广泛运用分子生物学理论和现代研究方法，深刻揭示微生物的各种生命活动规律；微生物的分支学科飞速发展；以基因工程为主导，把传统的工业发酵提高到发酵工程新水平；微生物基因组的研究促进了生物信息学时代的到来	J. D. Watson 和 H. F. C. Crick

在微生物学的发展史上，很多科学家为微生物学的建立、发展做出了巨大的贡献。现将微生物学的先驱及其贡献分述如下：

列文虎克（Anthony van Leeuwenhoek，荷兰，1632—1723，图 1-1）自制了世界上第一台显微镜，其放大倍数为 50~300 倍。1676 年他利用这种显微镜，观察到了一些细菌和原生动物，称为“微动体”，首次揭示了微生物世界；一生发表论文约 400 篇。由于他的伟大贡献，1680 年当选为英国皇家学会会员。

巴斯德（Louis Pasteur，法国，1822—1895，图 1-2）是微生物学的奠基人。他把微生物学的研究从形态描述推进到生理学水平，并开创了寻找病原微生物的黄金时期，使微生物学开始以独立的学科形式形成。其贡献主要表现在：①彻底否定了“微生物自然发生说”。根据曲颈瓶实验证实，空气中含有微生物，引起有机质腐败。②证实了发酵是由微生物引起的。巴斯德发现了酒精发酵是由酵母菌引起的，还发现了乳酸发酵、醋酸发酵、丁酸发酵等由不同细菌引起的。为研究微生物的生理生化奠定了基础。③将病原菌减毒，成功研制了疫苗。巴斯德发明了接种减毒病原菌的方法来预防鸡霍乱病以及牛、羊炭疽病，并制成狂犬病疫苗，为人类防治疾病做出了巨大的贡献。④发明了巴氏消毒法，沿用至今。还解决了当时法国葡萄酒变质和家蚕软化病等生产上的难题。

柯赫（Robert Koch，德国，1843—1910，图 1-3）是细菌学的奠基人。在病原菌的研究、细菌的分离培养等方面做出了杰出贡献。①发明了固体培养基，并