



GAODENG ZHIYE JIAOYU SHENGWU JISHULEI ZHUANYE XILIE JIAOCAI

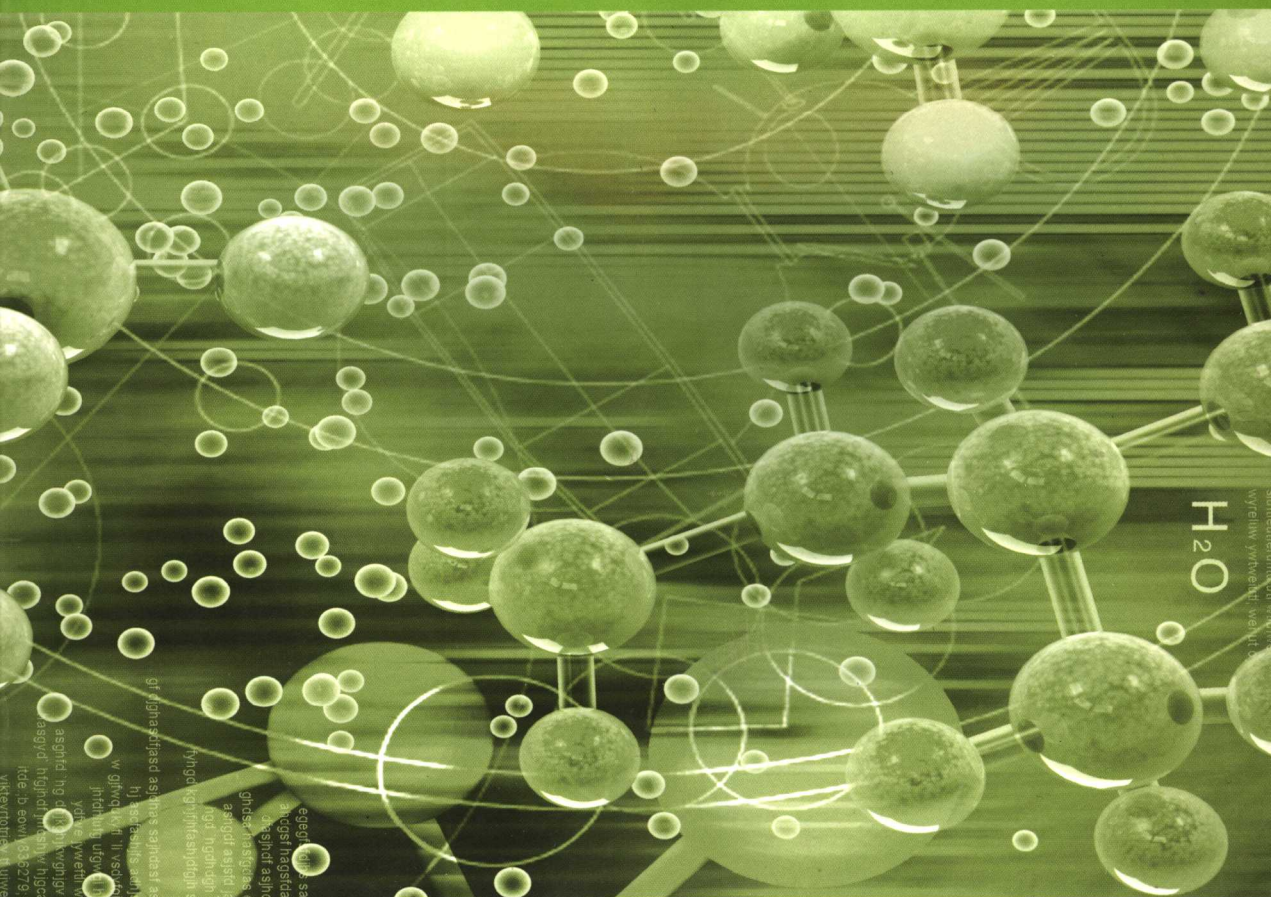
• 高等职业教育生物技术类专业系列教材 •

微生物学

WEISHENGWU XUE

魏明奎 主编

段鸿斌 张振仓 副主编



 中国轻工业出版社

高等职业教育生物技术类专业系列教材

微生物学

魏明奎 主编

段鸿斌 张振仓 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学/魏明奎主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2007. 4

(高等职业教育生物技术类专业系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5019 - 5890 - 0

I. 微… II. 魏… III. 微生物学 - 高等学校: 技术
学校 - 教材 IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 026048 号

责任编辑: 江 娟 责任终审: 李克力 封面设计: 水长流文化
版式设计: 马金路 责任校对: 李 靖 责任监印: 胡 兵 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: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 26

字 数: 495 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 5890 - 0/Q · 038 定价: 40.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 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读者服务部联系调换

51067J4X101ZBW

前 言

进入 21 世纪,随着高等教育改革发展的进一步深化,我国高等职业教育事业也得到了迅速发展,成为我国高等教育的重要组成部分,一个基本适应我国社会主义现代化建设需要的高等职业教育体系已初步形成。随着高职高专教育的快速发展,其教材的规划建设工作也被列入各高职高专院校的重要工作日程,以适应高职高专教育发展的需要。

本书突出高职高专特色,以适应社会需要为目标,针对高职高专学生特点和培养目标,教材内容符合“必需,够用,实用”原则,既注重基本理论和基本知识的系统性,又突出重点、实用。适当压缩理论部分内容,扩大实验及应用部分的相关知识,做到理论和实践紧密结合。本书主要供高职高专生物技术类专业学生使用。

本书力求达到的效果是:通过本课程的学习,对微生物的基础知识有一个系统的了解,熟练掌握微生物学实验的基本技能,对和微生物相关的应用领域的知识力求做到触类旁通。注重培养学生的动手能力和实践创新能力。

本书共分 12 章,编写分工:魏明奎编写第一章、第十一章、实验十三至实验十五,并对全书进行编排统稿;段鸿斌编写第二章、实验一至实验四;张娅婷编写第三章、实验五至实验七和实验十一、实验十二;张振仓编写第四章、实验二十一至实验二十五;张冬青编写第五章、第六章、实验八至实验十;李燕编写第七章;姚珺编写第八章、实验十六至实验二十;吴国旭编写第九章、第十章。

由于编者的水平所限,难免有错漏与不妥之处,因此本书存在的不足之处,真诚期望广大师生和读者批评指正。

编 者

2007. 1. 30

主 编 魏明奎

副主编 段鸿斌 张振仓

编 者 (按姓氏笔画为序)

李 燕 (十堰职业技术学院)

张冬青 (广东轻工职业技术学院)

张娅婷 (信阳农业高等专科学校)

张振仓 (陕西杨陵职业技术学院)

吴国旭 (天津渤海职业技术学院)

姚 珺 (洛阳大学)

段鸿斌 (信阳农业高等专科学校)

魏明奎 (信阳农业高等专科学校)

目 录

第一章 绪论	1
一、微生物和微生物学	1
二、微生物学的发展简史	4
三、微生物学的现状及发展前景	10
第二章 原核生物	13
第一节 细菌	13
一、形态、大小和染色	13
二、构造	14
三、细菌的繁殖	31
四、细菌的群体形态	32
第二节 放线菌	33
一、放线菌的形态构造	34
二、放线菌的繁殖	35
三、放线菌的群体特征	36
第三节 蓝细菌	37
第四节 支原体、立克次氏体和衣原体	39
一、支原体	39
二、立克次氏体	40
三、衣原体	40
第三章 真核微生物	43
第一节 真核微生物概述	43
一、真菌的细胞构造	43
二、真核生物与原核生物的比较	47
第二节 酵母菌	47
一、酵母菌的形态结构	48
二、酵母菌的繁殖与生活史	49
三、酵母菌的菌落	51
四、发酵工业常用酵母菌	52
第三节 霉菌	53

一、霉菌的形态与构造	54
二、菌丝体的分化和特化	54
三、霉菌的繁殖和生活史	59
四、工业常用的霉菌	63
第四节 大型子实体真菌——蕈菌	67
一、担子菌的生活史	68
二、常见大型真菌	69
第四章 病毒	72
第一节 真病毒	73
一、病毒的大小及形态构造	73
二、病毒的繁殖	80
第二节 亚病毒	93
一、类病毒	93
二、拟病毒	94
三、朊病毒	94
第三节 病毒的抵抗力与种类	94
一、病毒对理化因素的抵抗力	94
二、病毒的分类与命名	95
第五章 微生物分类鉴定	99
第一节 微生物的命名	99
一、双名法	99
二、三名法	100
第二节 微生物分类系统纲要	100
一、微生物的分类单元	101
二、Bergey 氏原核微生物分类系统	104
三、Ainsworth 真菌分类系统	106
第三节 微生物的分类鉴定方法	107
一、经典方法	107
二、现代方法	108
第六章 微生物的营养	112
第一节 微生物的营养物质	112
一、碳源	113
二、氮源	113
三、无机盐	114

四、生长因子	116
五、水	116
第二节 微生物的营养类型	118
一、光能无机营养型	120
二、光能有机营养型	120
三、化能无机营养型	121
四、化能有机营养型	121
第三节 微生物对营养物质的吸收	122
一、简单扩散	123
二、促进扩散	124
三、主动运输	125
四、基团转位	125
第四节 培养基	127
一、设计培养基的原则和方法	127
二、培养基的种类	131
第七章 微生物的代谢	136
第一节 微生物的能量代谢	136
一、生物氧化	136
二、能量转移	146
第二节 微生物的合成代谢	148
一、糖类的生物合成	148
二、脂肪酸的生物合成	150
三、氨基酸和核苷酸的生物合成	150
第三节 微生物代谢的调控	153
一、初级代谢的调控机制和调控解除	153
二、次级代谢调节	158
第八章 微生物的生长及控制	161
第一节 微生物的纯培养	161
一、稀释倒平板法	161
二、涂布平板法	162
三、平板划线分离法	162
四、稀释摇管法	162
五、单细胞（单孢子）分离	163
六、利用选择培养基分离法	164

第二节 测定微生物生长繁殖的方法	164
一、测生长量	164
二、计繁殖数	165
第三节 微生物的生长规律	167
一、微生物的个体生长和同步生长	167
二、单细胞微生物的典型生长曲线	169
三、微生物的连续培养	171
四、补料分批培养	173
第四节 影响微生物生长的环境因素	174
一、营养物质	174
二、温度	174
三、氧化还原电位	177
四、pH	177
五、辐射	177
六、渗透压	178
七、重金属及其化合物	179
第五节 抑菌、灭菌技术	179
一、基本概念	179
二、物理方法	180
三、化学方法	184
第九章 微生物的遗传变异和育种	188
第一节 遗传变异的物质基础	188
一、遗传变异物质基础的三个经典实验	188
二、遗传物质存在的部位及方式	191
三、遗传变异物质基础的特例——朊病毒	193
第二节 基因突变及修复	194
一、基因突变的类型	194
二、基因突变的特点	196
三、基因突变的修复	199
第三节 基因重组	201
一、原核微生物的基因重组	201
二、真核微生物的基因重组	209
第四节 微生物育种	211
一、诱变育种	211

二、体内基因重组育种	216
三、体外同源重组技术	218
第五节 菌种的退化、复壮和保藏	219
一、菌种的退化	219
二、菌种的复壮	220
三、菌种的保藏	220
第六节 基因工程	222
一、基因工程简介	222
二、基因工程的基本操作	222
三、基因工程的应用	225
第十章 微生物生态	229
第一节 微生物在生态系统中的作用	229
一、微生物在生态系统中的地位	229
二、微生物与生物地球化学循环	229
第二节 生态环境中的微生物	233
一、微生物的群落	234
二、土壤中的微生物	235
三、水中的微生物	237
四、大气中的微生物	237
五、极端环境中的微生物	238
六、动植物体中的微生物	239
第三节 微生物与环境保护	240
一、水体的污染——富营养化	241
二、利用微生物治理环境污染	241
三、重金属的转化	244
四、微生物与环境监测	245
第十一章 传染与免疫	249
第一节 传染	249
一、传染与传染病的概念	249
二、传染的途径	252
三、传染的结局	253
四、影响传染结局的因素	254
第二节 免疫	257
一、免疫的概念	257

二、非特异性免疫	258
三、特异性免疫	261
四、抗原	263
五、抗体	267
第三节 免疫学反应	272
一、免疫学反应的概念及一般特点	272
二、免疫学反应的类型	274
三、免疫学反应的应用	275
第四节 免疫学的应用	275
一、免疫预防	276
二、免疫途径	277
三、疫苗的保存	277
第十二章 微生物实验	279
实验一 环境中的微生物	279
实验二 普通光学显微镜的使用与细菌形态观察	282
实验三 细菌的染色	287
实验四 放线菌形态的观察	295
实验五 水浸片观察酵母菌、霉菌	297
实验六 酵母菌子囊孢子的观察	301
实验七 微生物大小的测定	303
实验八 培养基的配制与器皿的清洗包扎及棉塞的制备和灭菌方法	306
实验九 微生物的无菌操作、分离及纯培养技术	313
实验十 菌种保藏技术	321
实验十一 噬菌体的检查及效价测定	325
实验十二 食用菌的菌种分离及栽培技术	328
实验十三 厌氧菌的分离和培养	333
实验十四 细菌的生理生化试验	335
实验十五 药物敏感试验	340
实验十六 微生物诱变育种——紫外线诱变	343
实验十七 抗药性突变株的分离	351
实验十八 细菌菌落总数的测定	353
实验十九 大肠菌群数的测定	356
实验二十 沉淀反应	363
实验二十一 凝集反应	368

目 录

实验二十二 血凝及血凝抑制实验.....	374
实验二十三 酶联免疫吸附实验.....	377
实验二十四 疫苗的制备技术.....	380
实验二十五 动物病毒的鸡胚培养.....	382
附录.....	388
参考文献.....	403

第一章 绪 论

[教学目标] 要求掌握微生物学研究的对象和任务及微生物的概念, 了解微生物学的发展史和当前的发展概况

一、微生物和微生物学

微生物是一切肉眼看不见或看不清的微小生物的总称。它们是一些个体微小(一般 $<0.1\text{mm}$)、构造简单的低等生物, 包括属于原核类的细菌(真细菌和古生菌)、放线菌、蓝细菌(旧称“蓝绿藻”或“蓝藻”)、支原体、立克次氏体和衣原体; 属于真核类的真菌(酵母菌、霉菌和蕈菌)、原生动物和显微藻类; 以及属于非细胞类的病毒和亚病毒(类病毒、拟病毒和朊病毒)。但其中也有少数成员是肉眼可见的, 例如近年来发现有的细菌是肉眼可见的: 1993 年正式确定为细菌的费氏刺骨鱼菌(*Epulopiscium fishelsoni*) 及 1998 年报道的纳米比亚嗜硫珠菌(*Thiomargarita namibiensis*), 均为肉眼可见的细菌。上述微生物的定义是指一般的概念, 仍被沿用。但也有微生物学家提出不同的看法, 例如著名的微生物学家 Roger Stanier 提出, 确定微生物不应只根据其大小, 还应该根据有别于动、植物的研究技术。例如消毒灭菌、培养基的应用、分离微生物纯种和培养等。

微生物除具有生物基本的特性外, 还具有区别于其他生物的特点:

1. 个体微小

微生物细胞的大小以纳米或微米计算, 病毒的大小以纳米计算, 需要通过光学或电子显微镜观察。1500 个杆菌首尾相连约等于一粒芝麻的长度; 100 亿个细菌加起来重量约等于 1mg。

2. 结构简单

微生物多数为单细胞如细菌、放线菌等。有的为简单的多细胞如真菌、藻类、原生动物等。有的为非细胞结构如病毒。

3. 生长繁殖快

理想状态下, 大肠杆菌(*E. coli*) 一个细胞重约 10~12ng, 平均 20min 繁殖一代, 24h 后产生 4722366500 万亿个后代, 重量达到 4722t。事实上, 由于营养、空间和代谢产物等条件的限制, 微生物的几何级数分裂速度充其量只能维持数小时。因而在液体培养中, 细菌细胞的浓度一般仅为 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。有资料表明, 大肠杆菌在 1h 内可分解其自重 1000~10000 倍的乳糖;

产朊假丝酵母 (*Candida utilis*) 合成蛋白质的能力比大豆强 100 倍, 比食用牛 (公牛) 强 10 万倍; 一些微生物的呼吸速率也比高等动、植物的组织强数十倍至数百倍。这个特性为微生物的高速生长繁殖和合成大量代谢产物提供了充分的物质基础, 从而使微生物能在自然界和生产实践中更好地发挥其“活的化工厂”的作用。

4. 数量大

在自然界中 (土壤、水体、空气、动植物体内和体表) 生存有大量的微生物。如每克土壤中有细菌 1 亿个, 土壤中细菌的总重量约为 1×10^{16} t。人类每个喷嚏中含细菌 4500 ~ 150000 个, 重感冒患者为 8500 万个。

5. 种类多, 分布广

地球上除了火山的中心区域等少数地方外, 从土壤圈、水圈、大气圈至岩石圈, 到处都有它们的踪迹。可以认为, 微生物将永远是生物圈生存极限的开拓者和各项生存纪录的保持者。不论在动、植物体内外, 还是土壤、河流、空气, 平原、高山、深海, 污水、垃圾、海底淤泥, 冰川、盐湖、沙漠, 甚至油井、酸性矿水和岩层下, 都有大量与其相适应的各类微生物在活动着。目前已定种的微生物数量不到 10 万, 但研究表明其不到地球上微生物种类的 1%。

6. 适应性强, 易变异

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞甚至是非细胞的, 它们通常都是单倍体, 加之具有繁殖快、数量多以及与外界环境直接接触等特点, 因此即使其变异频率十分低, 也可在短时间内产生出大量变异的后代。有益的变异可为人类创造巨大的经济和社会效益, 如产青霉素的菌种 *Penicillium chrysogenum* (产黄青霉), 1943 年时每毫升发酵液仅分泌约 20 单位的青霉素, 至今早已超过 5 万单位了; 有害的变异则是人类各项事业中的大敌, 如各种致病菌的耐药性变异使原本已得到控制的相应传染病再次变得难以治疗, 而各种优良菌种生产性状的退化则会使生产无法正常维持等。

微生物学是研究微生物及其生命活动规律的科学, 即研究微生物在一定条件下的形态结构、生理生化、遗传变异以及微生物的进化、分类、生态等生命活动规律及其应用的一门学科。随着微生物学的不断发展, 已形成了基础微生物学和应用微生物学, 又可分为许多不同的分支学科, 并还在不断地形成新的学科和研究领域, 是当今发展最为活跃、最为迅速、影响最大的生命科学之一。

按研究对象可分为: 细菌学、放线菌学、真菌学、病毒学、原生动物学、藻类学等。

按过程与功能可分为: 微生物生理学、微生物分类学、微生物遗传学、微生物生态学、分子微生物学等。

按生态环境可分为：土壤微生物学、环境微生物学、水域微生物学、海洋微生物学、宇宙微生物学等。

按技术与工艺可分为：发酵微生物学、分析微生物学、遗传工程学、微生物技术学等。

按应用范围可分为：工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、预防微生物学等；

按与人类疾病关系可分为：流行病学、医学微生物学、免疫学等。

随着现代理论和技术的发展，新的微生物学分支学科正在不断形成和建立。如细胞微生物学、微生物分子生物学和微生物基因组学等，在分子水平、基因水平和后基因组水平上研究微生物生命活动规律及其生命本质的分支学科和新型研究领域的出现，表明微生物学的发展进入了一个崭新的阶段。



课外阅读小知识

你我身边的微生物

当我们品尝可口的酸奶和美味的面包时，这是微生物的恩惠；当人们患感冒等疾病经受病痛的折磨时，是有害的微生物侵蚀了人的身体；当你服用（或注射）抗生素，使你很快恢复了健康时，是微生物带来的福音。当我们长期使用某种抗生素类药物，效果甚微甚至毫无效果时，这也是微生物的恶作剧——病原微生物对药物产生了抗药性。可以说，微生物与人类关系的重要性，怎么强调都不过分，微生物是一把十分锋利的双刃剑，它给人类带来的灾难有时甚至是毁灭性的。1347年由鼠疫耶尔森氏菌（*Yersinia pestis*）“黑死病”引起的瘟疫使欧洲有1/3的人（约2500万人）死于这场灾难，在此后的80年间，这种疾病一再肆虐，消灭了大约75%的欧洲人口。我国在解放前也曾多次流行鼠疫，死亡率极高。另外，历史上还出现过天花、疟疾、麻风、梅毒、肺结核（“白痲”）和流感等大流行。艾滋病（AIDS）也正在全球蔓延；许多已被征服的传染病（如肺结核、疟疾、霍乱等）也有“卷土重来”之势。随着环境的污染日趋严重，一些以前从未见过的新的疾病（如军团病、埃博拉病毒病、霍乱0139新菌型、大肠杆菌0157新菌型、疯牛病、SARS、高致病性禽流感等）又给人类带来了新的威胁。因此，人类和微生物的“竞赛”永远不会结束。

二、微生物学的发展简史

1. 历史上人类对微生物的早期利用阶段（公元前 6000—1676）

在这个时期，实际上人们在生产与日常生活中积累了不少关于微生物作用的经验规律，并且应用这些规律，创造财富，减少和消灭病害，在人们真正看到微生物之前，人们已经在不知不觉中应用它们。我国劳动人民已很早就认识到微生物的存在和作用，也是最早应用微生物的少数国家之一。

据考古发现，在河南新郑县裴李岗文化遗址中，出土了许多石镞、石磨盘及陶鼎等容器，说明我国在 8000 年以前的新石器时代早期可能就出现曲蘖酿酒了。在山东章丘县发现的“龙山文化时期”的遗址中，发掘到大量的樽等陶制酒器，说明 4000 多年前我国酿酒已十分普遍，而且当时的埃及人也已学会烘制面包和酿制果酒，2500 年前我国人民已发明酿酱、醋，知道用曲治疗消化道疾病。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，是人类在农业生产实践中控制和应用微生物生命活动规律的生产技术。古埃及人也早已掌握制作面包和配制果酒技术。公元 6 世纪（北魏时期），我国贾思勰的巨著《齐民要术》详细地记载了制曲、酿酒、制酱和酿醋等工艺。公元 9 世纪到 10 世纪我国已发明用鼻苗法种痘。到了 16 世纪，古罗马医生 G. Fracastoro 才明确提出一些疾病是由肉眼看不见的生物引起的。

2. 微生物的形态描述阶段（1676—1861）

真正看见并描述微生物的第一人是荷兰商人安东·列文虎克（Antony van Leeuwenhoek, 1632—1723），他利用自制的显微镜发现了微生物世界，他的显微镜放大倍数为 50 ~ 300 倍。列文虎克清楚地看见了细菌和原生动物，首次揭示了一个崭新的生物世界——微生物界。由于他划时代的贡献，1680 年被选为英国皇家学会会员。列文虎克的发现吸引着各国学者去研究、探索微生物世界，推动着微生物学的建立和发展。

3. 微生物学发展的奠基期（1861—1897）

继列文虎克发现微生物世界以后的 200 年间，微生物学的研究基本上停留在形态描述和分门别类的阶段。直到 19 世纪中期，以法国的巴斯德（Louis Pasteur, 1822—1895）和德国的柯赫（Robert Koch, 1843—1910）为代表的科学家才将微生物的研究从形态描述推进到生理学研究阶段，揭露了微生物是造成腐败发酵和人畜疾病的原因，并建立了分离、培养、接种和灭菌等一系列独特的微生物技术，从而奠定了微生物学的基础，同时开辟了医学微生物学和工业微生物学等分支学科。巴斯德和柯赫是微生物学的奠基人。

巴斯德原是化学家，后来转向微生物学研究领域，为微生物学的建立和发

展作出了卓越的贡献，主要集中在以下几个方面：

(1) 彻底否定了“自生说”学说 古老的“自生说”认为一切生物是自然发生的。到了17世纪，由于植物和动物的生长发育过程的研究，使“自生说”逐渐削弱，但是如何证实微生物不是自然发生的仍然是一个难题。巴斯德著名的曲颈瓶试验无可辩驳地证实，空气内确实含有微生物，它们引起有机质的腐败。

巴斯德自制了一个具有细长而弯曲的颈的玻瓶，其中盛有有机物水浸液，经加热灭菌后，瓶内有机物不发生腐败。因为弯曲颈中的液体阻止空气中微生物进入有机物浸液内，一旦将瓶颈打断，空气进入后，瓶内浸液中才有了微生物，有机质发生腐败。巴斯德的实验彻底否定了“自生说”，并从此建立了病原学说，推动了微生物学的发展。

酒精发酵是一个由微生物引起的生物过程还是一个纯粹的化学反应过程，曾是化学家和微生物学家激烈争论的问题。巴斯德在否定“自生说”的基础上，认为一切发酵作用都可能和微生物的生长繁殖有关。经不断地努力，巴斯德终于分离到了许多引起发酵的微生物，并证实酒精发酵是由酵母菌引起的。此外，巴斯德还发现乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵都是由不同细菌所引起的，为进一步研究微生物的生理生化奠定了基础。

(2) 免疫学——预防接种 爱德华·詹纳 (Edward Jenner) 虽然早在1798年发明了种痘法可预防天花，但却不了解这个免疫过程的基本机制，因此，这个发现没能获得继续发展。1877年，巴斯德研究了鸡霍乱，发现将病原菌减毒可诱发免疫性，以预防鸡霍乱病。其后他又研究了牛、羊炭疽病和狂犬病，并首次制成狂犬疫苗，证实其免疫学说，为人类防病、治病做出了重大贡献。

(3) 巴斯德的其他贡献 他发明的巴斯德消毒法 (60~65℃做短时间加热处理，杀死有害微生物的一种消毒法) 一直沿用至今；找到了家蚕软化病的病原体；解决了法国酒变质问题；推动了微生物病原学说发展，并对医学的发展产生深刻影响。

柯赫是著名的细菌学家，他曾经是一名医生，对病原细菌的研究做出了突出的贡献。

在微生物基本操作技术方面的贡献：改进了固体培养基的配方，发明了倾皿法进行纯种分离，建立了细菌细胞的染色技术，显微摄影技术和悬滴培养法，为微生物学的发展奠定了技术基础；发现了炭疽病、肺结核病和霍乱病等一系列严重传染疾病的病原体等的病原菌，并获得诺贝尔奖；提出了证明某种微生物是否为某种疾病病原体的基本原则——柯赫法则。柯赫法则基本内容为：特定微生物与某一特定疾病有关系，可从患病的个体中分离到该种微生