

四川省精品课程教材

工科 微生物学

车振明 主编 马力 主审

教程

GONGKE
WEISHENGWUXUE
JIAOCHENG



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

四川省精品课程教材

工科微生物学教程

车振明	主 编
张 玲 黄 丹	副主编
朱剑宏 袁永俊	
马 力	主 审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是为适应工科院校按学科大类开设基础课的需要而编写的基础微生物学教材,内容包括微生物类群与形态结构、微生物营养、微生物代谢、微生物生长与控制、微生物遗传与育种、微生物生态、免疫与免疫技术、食品微生物学基础、污水处理微生物学、微生物制药,以及微生物在其他工程领域的应用。本书可作为工科院校生物工程、食品科学与工程、制药工程、环境工程等专业的教材,也可供生物技术、轻化工程、生物医学工程等专业选用,同时还可供相关专业的研究生和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工科微生物学教程 / 车振明主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.2

ISBN 978-7-81104-527-7

I. 工... II. 车... III. 微生物学—高等学校—教材
IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 013461 号

工科微生物学教程

车振明 主编

*

责任编辑 王 旻

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 25.125

字数: 624 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-527-7

定价: 38.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本教材是在西华大学“微生物学”省级精品课程建设的基础上,联合四川省属高校长期从事微生物学教学的老师集体编写而成。

随着教育改革的深入,“厚基础、宽口径、复合型”的高素质人才作为本科教育的培养目标,已在全社会达成共识。许多学校试行了以院(系)招生,按学科大类构建共同的学科基础知识和能力平台,实施了通识教育基础上的宽口径专业教育和多种学科复合的特色人才培养模式。但是,相应的教材建设却不能满足教学改革的需要。就微生物学教材而言,目前发行较多的一类是适用于综合大学理科专业的普通微生物学;另一类是适用于某一具体专业的应用微生物学,如食品微生物学、环境工程微生物学等。对于生物工程、食品科学与工程、制药工程、环境工程、生物医学工程等大生物工程类专业来讲,缺乏构建公共学科基础和能力平台的微生物学教材,本教材就是为满足上述需要而编写的。

本教材编写考虑了以下几个方面:

第一,基础部分以传统微生物学的基本知识体系为主线,保证了微生物学基本概念、基本技术原理等基础知识的介绍,突出了“厚基础”的要求。

第二,在介绍基础知识的过程中,重点介绍了工程实践中微生物技术的基本原理和相关的应用实例。

第三,应用部分重点解决工程实践中的有关技术问题,力争做到理论与生产实际相结合,以培养学生运用所学知识分析和解决实际问题的能力。

第四,以大生物工程类专业为对象,既兼顾到各专业的需要,又尽量满足“宽口径”的要求,扩大学生的知识面,拓宽学生就业、升学的途径。

第五,内容上突出“新”字,尽量把学科前沿知识和新成果、新技术介绍给学生。

第六,编写形式上,力求通俗易懂,便于自学,多数章末尾附有小结和精选的思考题,有利于学生巩固知识,举一反三,活学活用。

本书由西华大学车振明任主编,西南科技大学张玲、四川理工学院黄丹、成都大学朱剑宏和西华大学袁永俊任副主编,参加编写的还有四川理工学院的李光辉、张强,西华大学的李玉锋、李明元、焦士蓉、向文良、江元霞、王华和乐山师范学院的王燕。西华大学研究生唐洁参与了部分插图的绘制和统稿核校工作。

著名专家马力教授担任本书主审,特此致谢。同时也要对西华大学和各参编教师所在学校的领导以及西南交通大学出版社的大力支持表示诚挚的谢意。

本书适用于工科院校生物工程、食品科学与工程、制药工程、环境工程等专业的本科教材,也可供生物技术、轻化工程、生物医学工程等专业选用,同时可供相关专业的研究生和科研人员参考。

由于编者水平有限,加之时间仓促,缺点和错误在所难免,敬请广大读者和同行专家提出宝贵意见。

编 者

2006年9月于西华大学

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 微生物的概念与特点	1
第二节 微生物的分类与命名	3
第三节 微生物学的形成与发展	6
第四节 微生物学的分支学科及本课程的主要内容	10
第二章 微生物类群与形态结构	12
第一节 原核微生物	12
第二节 真核微生物	43
第三节 病毒	76
第三章 微生物的营养	102
第一节 微生物的营养要求	102
第二节 微生物的营养类型	111
第三节 微生物对营养物质的吸收	115
第四节 微生物的培养基	122
第四章 微生物代谢	134
第一节 代谢概论	134
第二节 微生物的产能代谢	136
第三节 微生物的耗能代谢	153
第四节 微生物的次级代谢	165
第五节 微生物的代谢调节与应用	170
第五章 微生物的生长	181
第一节 微生物的分离和纯培养	181
第二节 微生物的生长与繁殖	188
第三节 微生物生长的环境条件	205
第四节 微生物的控制	211
第六章 微生物遗传与育种工程	227
第一节 遗传变异的概念与物质基础	227
第二节 基因突变与基因重组	241
第三节 微生物与基因工程	255

第四节 菌种保藏与微生物育种技术·····	265
第七章 微生物生态学 ·····	279
第一节 微生物生态学概论·····	279
第二节 微生物在自然生态系统中的作用·····	283
第三节 微生物生态系统中生物种群的生态学关系·····	287
第八章 免疫与免疫技术 ·····	291
第一节 微生物的致病性与感染途径·····	291
第二节 宿主的免疫力·····	294
第三节 免疫技术·····	303
第九章 食品微生物学基础 ·····	315
第一节 微生物在食品制造中的应用·····	315
第二节 微生物与食品的腐败变质·····	319
第三节 微生物与食品保藏·····	335
第四节 微生物与食品卫生·····	343
第十章 污水处理微生物学 ·····	346
第一节 好氧生物处理·····	346
第二节 厌氧生物处理·····	353
第三节 生物脱氮除磷·····	356
第十一章 微生物制药 ·····	360
第一节 微生物药物的概念与研究方法·····	360
第二节 常见微生物药物产生菌·····	362
第三节 微生物药物产生菌筛选·····	370
第四节 微生物药物的发酵生产·····	377
第五节 分子遗传学在微生物制药中的应用·····	379
第十二章 微生物在其他领域中的应用 ·····	382
参考文献 ·····	394

第一章 绪 论

第一节 微生物的概念与特点

一、微生物的概念

微生物 (microorganism, microbe) 一词并非生物分类学上的专用名词, 而是指一类个体微小、结构简单, 肉眼不可见或看不清楚的微小生物的统称。因此, 微生物通常包括病毒、细菌、真菌、原生动物和某些藻类, 它们的大小和特征如表 1.1 所示。

表 1.1 微生物形态、大小和细胞类型

微生物	大小近似值	细胞特征
病毒	0.01 ~ 0.25 μm	非细胞的
细菌	0.1 ~ 10 μm	原核生物
真菌	2 μm ~ 1 mm	真核生物
原生动物	2 ~ 1 000 μm	真核生物
藻类	1 μm ~ 几米	真核生物

但是有些例外。如许多真菌实体、蘑菇等常肉眼可见; 相同的, 某些藻类能生长几米长。一般来说, 微生物可以认为是结构相当简单的生物, 大多数的细菌、原生动物、某些藻类和真菌是单细胞的微生物, 即使为多细胞的微生物, 也没有许多的细胞类型。病毒甚至没有细胞, 只有蛋白质外壳包围着的遗传物质, 且不能独立生活。

二、微生物的特点

微生物虽然个体小, 结构简单, 但它们具有与高等生物相同的基本生物学特性。微生物种类多、数量大、分布广、繁殖快、代谢能力强, 是自然界中其他任何生物不可能比拟的, 而且这些特性归根结底与微生物体积小, 结构简单有关。

1. 代谢活力强

微生物体积小, 有极大的表面积/体积比值, 因而微生物能与环境之间迅速进行物质交换, 吸收营养和排泄废物, 而且有最大的代谢速度。从单位重量来看, 微生物的代谢强度比高等生物大几千倍到几万倍。如发酵乳糖的细菌在 1 h 内可分解其自重 1 000 ~ 10 000 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, 比食用公牛强 10 万倍。

微生物的这个特性为它们的高速生长繁殖和产生大量代谢产物提供了充分的物质基础,

从而使微生物有可能更好的发挥“活的化工厂”的作用。人类对微生物的利用主要体现在它们的生物化学转化能力。

2. 繁殖快

微生物繁殖速度快，易培养，是其他生物不能比的。如大肠杆菌 (*Escherichia coli*)，其细胞在合适的生存条件下，每分裂一次的时间是 12.5~20.0 min。如按 20 min 分裂一次计，则 1 h 分裂 3 次，每昼夜可分裂 72 次，后代数为：4 722 366 500 万亿个（重约 4 722 吨），48 h 为 2.2×10^{43} （约等于 4 000 个地球之重）。

事实上，由于种种客观条件的限制，细菌的指数分裂速度只能维持数小时，因而在液体培养中，细菌的浓度一般仅能达到每毫升 $10^8 \sim 10^9$ 个左右。

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义，主要体现在它的生产效率高、发酵周期短上。而且大多数微生物都能在常温常压下，利用简单的营养物质生长，并在生长过程中积累代谢产物，不受季节限制，可因地制宜、就地取材，这就为开发微生物资源提供了有利的条件。如生产用做发面鲜酵母的酿酒酵母 (*Saccharmyces cerevisiae*)，其繁殖速度不算太高（2 h 分裂 1 次），但在单罐发酵时，几乎每 12 h 即可收获 1 次，每年可“收获”数百次。这是其他任何农作物所不能达到的“复种指数”。这对缓和人类面临的人口增长与食物供应矛盾也有着重大意义。另外微生物繁殖速度快的生物学特性对生物学基本理论的研究也带来了极大的优越性，它使科学研究周期大大缩短、经费减少、效率提高。当然对于危害人、畜和植物等的病原微生物或使物品发生霉腐的霉腐微生物来说，它们的这个特性就会给人类带来极大的麻烦甚至严重的祸害，因而需要认真对待。

3. 种类多、分布广

微生物在自然界是一个十分庞杂的生物类群。迄今为止，我们所知道的微生物约有 10 万种。它们具有各种生活方式和营养类型，它们中大多数是以有机物为营养物质，还有些是寄生类型。微生物的生理代谢类型之多，是动、植物所不及的。分解地球上储量最丰富的初级有机物——天然气、石油、纤维素、木质素的能力，属微生物专有；微生物有着多种产能方式，如细菌光合作用、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；生物固氮作用；合成各种复杂有机物一次生代谢产物的能力；对复杂有机物分子的生物转化能力；分解氰、酚、多氯联苯等有毒物质的能力；抵抗热、冷、酸、碱、高渗、高压、高辐射剂量等极端环境能力；以及独特的繁殖方式——病毒的复制增殖，等等。不同微生物可以有不同的代谢产物，如抗生素、酶类、氨基酸及有机酸等，还可以通过微生物的活动防止公害。自然界的物质循环是由各种微生物参与才得以完成的。

微生物在自然界的分布极为广泛，土壤、水域、大气，几乎到处都有微生物的存在，特别是土壤是微生物的大本营。任意取一把土或一粒土，就是一个微生物世界，其中含有不同种类的微生物。可以这样说，凡是有高等生物存在的地方，就有微生物存在，即使在极端的环境条件如高山、深海、冰川、沙漠等高等生物不能存在的地方，也有微生物存在。

从微生物种类多、分布广这一特性可以看出，微生物的资源是极其丰富的。可是据估计目前人类至多仅开发利用了已发现微生物种类的 1%。因此，在生产实践和生物学基本理论问

题的研究中,利用微生物的前景是十分广阔的。

4. 适应性强、易变异

微生物有极其灵活的适应性,这是高等动、植物所无法比拟的。其原因主要是因为其体积小和面积大,即比表面积大。为了适应多变的环境条件,微生物在其长期的进化过程中就产生了许多灵活的代谢调控机制,并有种类很多的诱导酶(可占细胞蛋白质含量的10%)。

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞或非细胞的。它们通常都是单倍体,加之它们具有繁殖快、数量多和与外界直接接触等原因,即使其变异频率十分低(一般为 $10^{-5} \sim 10^{-10}$),也可以在短时间内产生大量变异后代。最常见的变异形式是基因突变,它可以涉及任何形状,诸如形态构造、代谢途径、生理类型,以及代谢产物的质或量的变异等。人们利用微生物易变异的特点进行菌种选育,可以在短时间内获得优良菌种,提高产品质量。这在工业上已有许多成功的例子。但若保存不当,菌种的优良特性易发生退化,这种易变异的特点又是微生物应用中不可忽视的。

由于微生物具有生物的一般特性,又具有其他生物所没有的特点,因而微生物也成为了许多生物学基本问题研究最理想的实验材料。

第二节 微生物的分类与命名

一、微生物在生物分类中的地位

根据形态和生理特征人们把地球上的生物分为动物界和植物界,统治了生物学100多年。1957年Copeland提出四界分类系统:即原核生物界(procaryotae)(细菌、蓝细菌等);原生生物界(protista)(原生动物、真菌、粘菌和藻类等);动物界(animalia)(多细胞动物);植物界(plantae)。1969年Whittaker提出把真菌单独列为一界,即形成了生物五界分类系统,将生物分为:原核生物界、真核原生生物界(protistae)、真菌界(fungi)、动物界、植物界。随着对病毒研究的深入,于1977年,我国微生物学家提出把病毒列为一界,即病毒界(vira)。因此在五界分类系统的基础上形成了六界分类系统。根据微生物的定义,我们可以看出,在生物六界分类系统中,其中微生物包括四界。

20世纪70年代以后,随着“第三型生物”——古细菌(archaeobacteria)的发现,于1978年R.H.Whittaker和L.Margulis提出了三原界(kingdom)(后来改称三个域)分类系统。认为,在生物进化的早期,存在一类各生物的共同祖先,然后分成三条进化路线,形成了三个界,并构建了三界(域)生物的系统树(见图1.1)。它没有包括非细胞形态的病毒在内,也许是因为病毒系统地位不明之故。

古细菌原界:包括产甲烷细菌、极端嗜盐细菌、嗜热嗜酸细菌;

真细菌(eubacteria)原界:包括除古细菌以外的其他原核生物;

真核生物原界：包括原生动物、真菌、动物和植物。

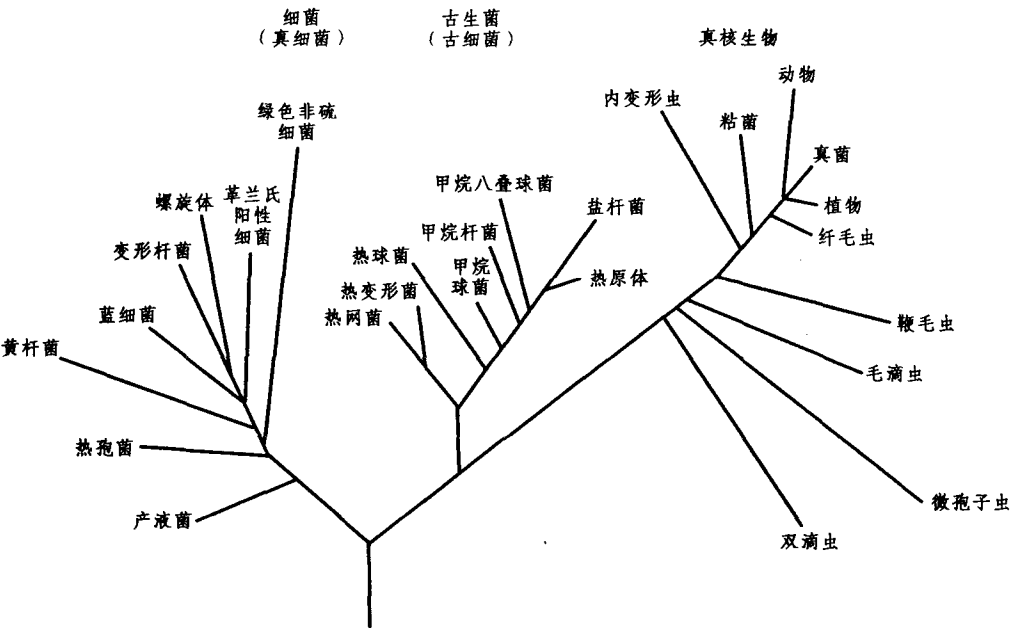


图 1.1 全生命系统树 (Olsen 和 Woese, 1993)

二、微生物的分类与命名

1. 微生物的分类

除病毒以外，微生物和其他生物分类一样，分为七个基本的分类等级 (rank 或 category) 或分类阶元，由上而下依次是：界、门、纲、目、科、属、种。在分类中，若这些分类单元的等级不足以反映某些分类单元之间的差异时也可以增加亚等级，即亚界、亚门……亚种。

以酿酒酵母为例，它在分类系统中的归属情况为：

门：真菌门 Eumycophyta

纲：子囊菌纲 Ascomycetes

亚纲：原子囊菌亚纲 Protoascomycetes

目：内孢霉目 Endomycetales

科：内孢霉科 Endomycetaceae

亚科：酵母亚科 Sacchromycetoideae

属：酵母属 Sacchromyces

种：酿酒酵母 *S. cerevisiae* Hansen

在上述分类单位中，种 (species) 是最基本的分类单位。作为分类单元的等级，微生物的种可以看做是：具有高度特征相似性的菌株群，这个菌株群与其他类群的菌株有很明显的区别。正是由于微生物种的划分缺乏统一的客观的标准，分类学上已经描述的种潜藏着不稳定性，有的种可能会随着认识的深入，分种依据的变化而进行必要的调整。

subsp (反硝化产碱杆菌氧化木糖亚种)。

(7) 有时, 只讲某一属的菌, 不讲某一个具体的种, 或没有种名时, 用属名后加 *sp.* (单数) 或 *spp.* (复数) 表示。如 *Bacillns sp.* 泛指芽孢杆菌属中任何一个种; *Bacillns spp.* 表示该属中的某几个种。

第三节 微生物学的形成与发展

因为微生物很小, 构造又简单, 所以人们充分认识它, 并发展成为一门学科, 与其他学科比起来, 还是很晚的。尽管如此, 人们已经在广泛地应用微生物了。我国劳动人民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。据考古学推测, 我国在 8 000 年前已经出现了曲蘖酿酒了, 4 000 多年前我国酿酒已十分普遍, 而且当时埃及人也已学会烤制面包和酿制果酒。2 500 年前我国人民发明酿酱、醋, 知道用曲治疗消化道疾病。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。在农业上, 虽然还不知道根瘤菌的固氮作用, 但已经在利用豆科植物轮作提高土壤肥力。这些事实说明, 尽管人们还不知道微生物的存在, 但是已经在同微生物打交道了, 在应用有益微生物的同时, 还对有害微生物进行预防和治疗。为防止食物变质, 采用盐渍、糖渍、干燥、酸化等方法。在我国隆庆年间就开始用人痘预防天花。人痘预防天花是我国对世界医学上的一大贡献, 这种方法先后传到俄国、日本、朝鲜、土耳其及英国, 1798 年英国医生琴纳 (Jenner) 提出用牛痘预防天花。

微生物学作为一门学科, 是从有显微镜开始的, 微生物学发展经历了三个时期: 形态学时期、生理学时期和现代微生物学的发展。

一、形态学时期

微生物的形态观察是从荷兰商人安东·列文虎克 (Antony Van Leeuwenhock, 1632—1732) 发明的显微镜开始的, 它是真正看见并描述微生物的第一人, 他的显微镜在当时被认为是最精巧、最优良的单式显微镜, 他利用能放大 50~300 倍的显微镜, 清楚地看见了细菌和原生动物, 而且还把观察结果报告给英国皇家学会, 其中有详细的描述, 并配有准确的插图。1695 年, 安东·列文虎克把自己积累的大量结果汇集在《安东·列文虎克所发现的自然界秘密》一书里。他的发现和描述首次揭示了一个崭新的生物世界——微生物世界。这在微生物学的发展史上具有划时代的意义。

二、生理学时期

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, 同时开辟了医学和工业微生物等分支学科。巴斯德和柯赫是微生物学的奠基人。

1. 巴斯德

巴斯德原是化学家, 曾在化学上作出过重要的贡献, 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。主要集中在下列三个方面:

(1) 彻底否定了“自然发生”学说。“自生说”是一个古老学说, 认为一切生物是自然发生的。到了 17 世纪, 虽然由于研究植物和动物的生长发育和生活循环, 使“自生说”逐渐削弱, 但是由于技术问题, 如何证实微生物不是自然发生的仍是一个难题, 这不仅是“自生说”的一个顽固阵地, 同时也是人们正确认识微生物生命活动的一大屏障。巴斯德在前人工作的基础上, 进行了许多试验, 其中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, 他们导致了有机质的腐败。巴斯德自制了一个具有细长而弯曲的颈的玻璃瓶, 其中盛有有机物水浸液, 经加热灭菌后, 瓶内可一直保持无菌状态, 有机物不发生腐败, 一旦将瓶颈打断, 瓶内浸液中才有了微生物, 有机质发生腐败。巴斯德的试验彻底否定了“自生说”, 并从此建立了病原学说, 推动了微生物学的发展。

(2) 免疫学——预防接种。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。其后它又研究了牛、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、治病作出了重大贡献。

(3) 证实发酵是由微生物引起的。究竟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与微生物的生长繁殖有关。经不断努力, 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。还研究了氧气对酵母菌的发育和酒精发酵的影响。此外, 巴斯德还发现乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵都是不同细菌所引起的。为进一步研究微生物的生理、生化奠定了基础。

(4) 其他贡献。一直沿用至今天的巴斯德消毒法 ($60\sim65^{\circ}\text{C}$ 做短时间加热处理, 杀死有害微生物的一种消毒法) 和家蚕软化病问题的解决也是巴斯德的重要贡献, 它不仅在实践中解决了当时法国酒变质和家蚕软化病的实际问题, 而且也推动了微生物病原学说的发展, 并深刻影响医学的发展。

2. 柯赫

柯赫是著名的细菌学家, 由于他曾经是一名医生, 因此对病原细菌的研究作出了突出的贡献。

(1) 具体证实了炭疽病菌是炭疽病的病原菌。

(2) 发现了肺结核病的病原菌, 这是当时死亡率极高的传染性疾病, 因此柯赫获得了诺贝尔奖。

(3) 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——柯赫原则: 首先在患

病肌体里存在着一种特定的病原菌，并可以从该肌体里分离得到纯培养；然后用得到的纯培养接种敏感动物，表现出特有的性状；最后从被感染的敏感动物中又一次获得与原病原菌相同的纯培养。由于柯赫在病原菌研究方面的开创性工作，自 19 世纪 70 年代至 20 世纪 20 年代成了发现病原菌的黄金时代，所发现的各种病原微生物不下百余种，其中还包括植物病原菌。

柯赫除了在病原菌方面的伟大成就外，在微生物基本操作技术方面的贡献更是为微生物学的发展奠定了技术基础，这些技术包括：

(1) 用固体培养基分离纯化微生物的技术，这是进行微生物学研究的基本前提，这项技术一直沿用至今。

(2) 配制培养基（见第三章），也是当今微生物研究的基本技术之一。这两项技术不仅是具有微生物研究特色的重要技术，而且也为当今动植物细胞的培养作出了十分重要的贡献。

巴斯德和柯赫的杰出工作，使微生物学作为一门独立的学科开始形成，并出现以他们为代表而建立的各分支学科，例如细菌学（巴斯德、柯赫等）、消毒外科技术（J. Lister），免疫学（巴斯德、Metchnikoff、Behring、Ehrlich 等）、土壤微生物学（Beijerinck Winogradsky 等）、病毒学（Ivanowsky、Beijerinck 等）、植物病理学和真菌学（Bary、Berkeley 等）、酿造学（Hensen、Jorgensen 等）以及化学治疗法（Ehrlich 等）。微生物学的研究内容日趋丰富，使微生物学发展更加迅速。

三、现代微生物学的发展

20 世纪上半叶微生物学事业欣欣向荣。微生物学沿着两个方向发展，即应用微生物学和基础微生物学。在应用方面，对人类疾病和躯体防御机能的研究，促进了医学微生物学和免疫学的发展。青霉素的发现（Fleming, 1929）和瓦克斯曼（Waksman）对土壤中放线菌的研究成果导致了抗生素科学的出现，这是工业微生物学的一个重要领域。环境微生物学在土壤微生物学研究的基础上发展起来。微生物在农业中的应用使农业微生物学和兽医微生物学等也成为重要的应用学科。应用成果不断涌现，促进了基础研究的深入，于是细菌和其他微生物的分类系统在 20 世纪中叶出现了，对细胞化学结构和酶及其功能的研究发展了微生物生理学和生物化学，微生物遗传和变异的研究导致了微生物遗传学的诞生。微生物生态学在 20 世纪 60 年代也形成了一个独立学科。

20 世纪 80 年代以来，在分子水平上对微生物研究迅速发展，分子微生物学应运而生。在短短的时期内取得了一系列进展，并出现了一些新的概念，较突出的有：生物多样性、进化、三原界学说；细菌染色体结构和全基因组测序；细菌基因表达的整体调控和对环境变化的适应机制；细菌的发育及其分子机理；细菌细胞之间和细菌同动植物之间的信号传递；分子技术在微生物原位研究中的应用。经历了约 150 年成长起来的微生物学，在 21 世纪将为统一生物学的重要内容而继续向前发展，其中两个活跃的前沿领域将是分子微生物遗传学和分子微生物生态学。

微生物产业在 21 世纪将呈现全新的局面。微生物从发现到现在短短的 300 年间，特别是 20 世纪中叶，已在人类的生活和生产实践中得到广泛的应用，并形成了继动、植物两大生

物产业后的第三大产业。这是以微生物的代谢产物和菌体本身为生产对象的生物产业，所用的微生物主要是从自然界筛选或选育的自然菌种。21 世纪，微生物产业除了更广泛地利用和挖掘不同生境（包括极端环境）的自然资源微生物外，基因工程菌将形成一批强大的工业生产菌，生产外源基因表达的产物，特别是药物的生产将出现前所未有的新局面，结合基因组学在药物设计上的新策略将出现以核酸（DNA 或 RNA）为靶标的新药物（如反义寡核苷酸、肽核酸、DNA 疫苗等）的大量生产，人类将完全征服癌症、艾滋病以及其他疾病。此外，微生物工业将生产各种各样的新产品，例如降解性塑料、DNA 芯片、生物能源等，在 21 世纪将出现一批崭新的微生物工业，为全世界的经济和社会发展作出更大贡献。

四、我国微生物学的发展

我国是具有 5 000 年文明史的古国，我国劳动人民对微生物的认识和利用是最早的几个国家之一。特别是在制酒、酱油、醋等微生物产品以及用种痘、麦曲等进行防病治疗等方面具有卓越的贡献。但微生物作为一门科学进行研究，我国起步较晚。中国学者开始从事微生物学研究在 20 世纪之初，那时一批到西方留学的中国科学家开始较系统地介绍微生物知识，从事微生物学研究。1910—1921 年间伍连德用近代微生物学知识对鼠疫和霍乱病原的探索 and 防治，在中国最早建立起卫生防疫机构，培养了第一支预防鼠疫的专业队伍，在当时这项工作居于国际先进地位。20 世纪 20~30 年代，我国学者开始对医学微生物学有了较多的试验研究，其中汤飞凡等在医学细菌学、病毒学和免疫学等方面的某些领域做出过很多成绩，例如沙眼病原体的分离和确认是具有国际领先水平的开创性工作。20 世纪 30 年代开始在校设立酿造科目和农产品制造系，以酿造为主要课程，创建了一批与应用微生物学有关的研究机构，魏岩寿等在工业微生物方面做出了开拓性工作。戴芳澜和俞大绂等是我国真菌学和植物病理学的奠基人；陈华癸和张宪武等对根瘤菌固氮作用的研究开创了我国农业微生物学；高尚荫创建了我国病毒学的基础理论研究和第一个微生物学专业。但总的来说，在新中国成立之前，我国微生物学的力量较弱且分散，未形成我国自己的队伍和研究体系，也没有我国自己的现代微生物工业。

新中国成立以后，微生物学在我国有了划时代的发展，一批主要进行微生物学研究的单位建立起来了，一些重点大学创设了微生物学专业，培养了一大批微生物学人才。现代化的发酵工业、抗生素工业、生物农药和菌肥工作已经形成一定的规模，特别是改革开放以来，我国微生物学无论在应用和基础理论研究方面都取得了重要的成果，例如我国抗生素的总产量已跃居世界首位，我国的两步法生产维生素 C 的技术居世界先进水平。近年来，我国学者瞄准世界微生物学科发展前沿，进行微生物基因组学的研究，现已完成痘苗病毒天坛株的全基因组测序，最近又对我国的辛德毕斯毒株（变异株）进行了全基因组测序。1999 年又启动了从我国云南省腾冲地区热海沸泉中分离得到的泉生热袍菌全基因组测序，目前取得可喜进展。我国微生物学进入了一个全面发展的新时期。但从总体来说，我国的微生物学发展水平除个别领域或研究课题达到国际先进水平，为国外同行承认外，绝大多数领域与国外先进水平相比，尚有相当大的差距。因此如何发挥我国传统应用微生物技术的优势，紧跟国际发展前沿，赶超世界先进水平，还需做出艰苦的努力。

第四节 微生物学的分支学科及本课程的主要内容

一、微生物学的分支学科

微生物学是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（见图 1.2），并且还在不断地形成新的学科和研究领域。

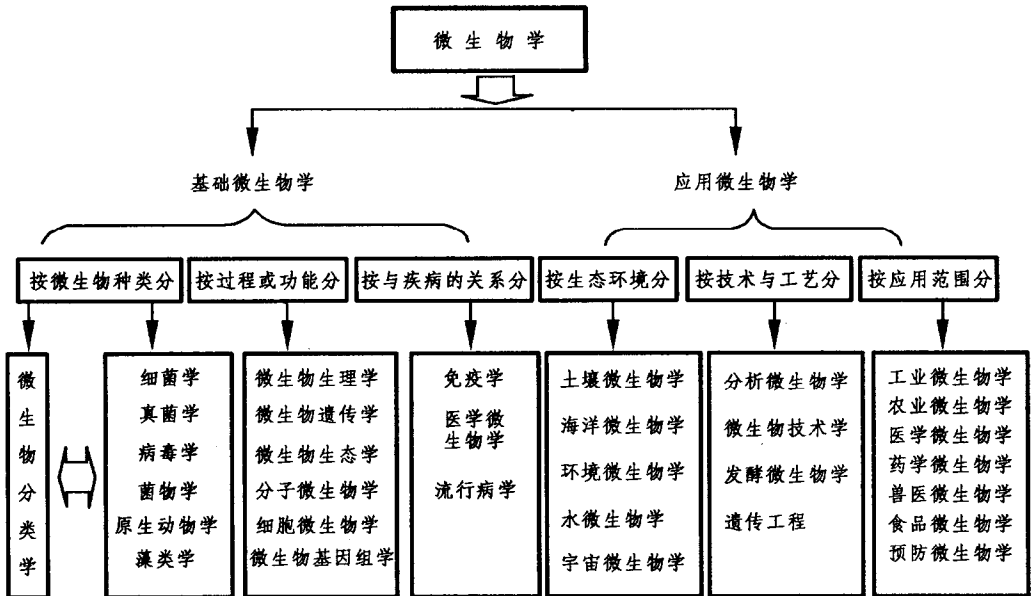


图 1.2 微生物学的主要分支学科

微生物学既是应用学科，又是基础学科，而且各分支学科是相互配合、相互促进的，其根本任务是利用和改善有益微生物，控制、消灭和改造有害微生物。

二、本课程的主要内容

本课程是专门为生物工程、食品科学与工程、制药工程、环境工程、生物医学工程等工程类专业编写的，属于应用微生物学的范畴。在介绍微生物的形态结构、微生物的培养、微生物代谢、微生物的生长与控制、微生物遗传与育种、微生物生态、免疫与免疫技术等微生物学基础知识的基础上，重点介绍微生物在工程实践中的应用，为以后学习相关专业课程奠定基础。

本课程是一门实践性较强的课程，也是发展非常迅速的学科，所以，主张采用“研究性学习”方法，既要重视基础理论知识的掌握，更要重视实验技能的训练。研究性学习突

出了学生的主体地位，以学会学习、学会创造为根本，尽可能改变以单纯地接受教师传授知识为主的学习方式，为学生构建开放的学习环境，提供多渠道获取知识，了解学科前沿动态和将学到的知识综合应用于实践的机会，有利于培养学生不断获取和应用新知识能力。学习本课程时，要求学生树立辩证唯物主义的科学态度，理论与实际相结合。在课堂学习中，学生对各种规律及有关原理必须深刻理解、融会贯通。实验过程中要求耐心细致、勤于思考。