

生物科学
生物技术
系 列

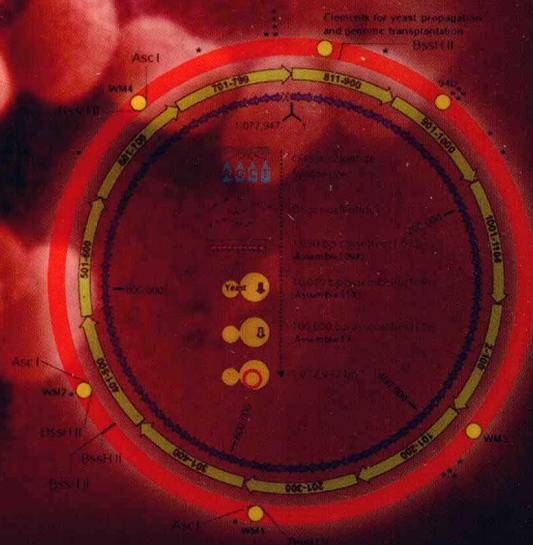
MICROBIOLOGY

普通高等教育“十二五”规划教材

精品课程教材

微生物学

邱立友 王明道 主编



化学工业出版社

第 10 版
第十版

MICROBIOLOGY

第十版

微生物学

第 10 版



高等教育出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
精品课程教材

微生物学

邱立友 王明道 主编
吴小平 徐淑霞 李自刚 王风芹 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学/邱立友, 王明道主编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 11

普通高等教育“十二五”规划教材. 精品课程教材

ISBN 978-7-122-12258-2

I. 微… II. ①邱…②王… 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 (2011) 第 182695 号

责任编辑: 刘 畅 赵玉清

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 24 字数 623 千字 2012 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

前 言

微生物是地球上出现最早、种类最多、活性最强的群体，与其他生物关系极其密切。动植物要依赖微生物进行食物和营养的消化、吸收和供应。与动植物相比，微生物种类多，能够适应多种环境条件，能够利用多种物质，包括动植物不能利用的 N_2 、人和动物不能利用的 CO_2 ，以及几乎所有的有机废弃物，其生长繁殖快，合成蛋白质、氨基酸、维生素、各种酶等的能力比动物、植物高上百倍。

微生物因其特点，有着广阔的应用范围。农业上，在依靠水土为中心的传统农业将接近或达到承载能力临界状态的当今，新的出路将是“白色农业”或“微生物农业”，即是利用微生物资源，创建以微生物产业为中心的新型工业化农业；还可用微生物生产食品如食用菌、单细胞蛋白；用微生物生产肥料如菌肥、沼肥；用微生物生产生物农药；用微生物生产能源如秸秆乙醇、沼气等。另外，微生物在其他领域的应用，可生产抗生素、氨基酸、核苷酸、有机酸、发酵食品、能源、基因工程药物、疫苗及抗体产品等，从多领域造福人类。然而，有少数微生物是病原，时刻威胁着人类和动植物的健康和生存，正如恩师喻子牛教授所说“最微小的生命，最悠久的历史，最巨大的贡献，最猖獗的危害。”因此，学习和掌握微生物学的知识和技术，对高等院校生物类各专业如生物科学、生物技术、生物工程和植物科技等，以及植物生产类各专业如农学、植保、园艺、资环等，工程类各专业如食品工程、环境工程、能源工程等，都是非常必要的，是这些专业重要的专业基础课。

同时，微生物学一直是生命科学研究中最为活跃的领域。微生物由于简单而又具有完整的生命活动成为了生物学研究的模式生物。近年来，微生物在遗传学、生理学、基因工程、代谢工程、发酵工程、基因组学、蛋白质组学等方面的突破和进步，深刻影响了生物学各个领域的发展。因此，在微生物学教科书中能够及时反映这些最新成就，让初学者在学习微生物学基础知识的同时，为他们从更高、更新的角度来认识微生物的本质和规律，激发其强烈、持久的学习、探索微生物的兴趣和发自心灵深处的动力源泉，是非常必要的。为此，本书在各章的开首和文中均用 box 形式，以简短、有趣的语言介绍与正文基本理论、基本知识相关的轶闻趣事、最新科研动态及其在科研、生产和社会生活中的应用等。

本书的付梓问世，仰赖各位编者和出版社友仁的学识和辛勤劳动。参加本书编写的有：邱立友教授（第一章），徐淑霞博士（第二章），张世敏博士（第三章），张勇法博士（第四章、第九章），吴小平教授（第五章），王风芹博士（第六章），王明道博士（第七章），戚元成博士（第八章），李自刚博士（第十章），潘志明博士（第十一章），刘新育博士（第十二章），李小六教授（附录）。吴小平、徐淑霞、李自刚和王风芹对初稿进行了审读，全书由邱立友和王明道统稿。

在编写过程中，参考了许多同仁的著作和论文，在此深表谢意。由于我们水平所限，错误和不足之处在所难免，诚恳希望读者批评指正。

邱立友

2011 年 10 月于郑州

目 录

第一章 绪论	1
一、什么是微生物	1
二、微生物在生物界的地位	1
三、微生物学的范畴	4
四、微生物学的发展简史	4
五、微生物的特点	9
六、微生物与我们	11
本章小结	13
思考题	13
参考文献	14
第二章 原核微生物	15
第一节 细菌的结构与功能	15
一、细胞的形态、排列和大小	15
二、细胞的构造	17
三、细菌的繁殖	35
四、细菌的群体形态	35
五、细菌与疾病	36
第二节 放线菌	37
一、放线菌的形态结构	38
二、放线菌的繁殖	40
三、放线菌的菌落特征	40
第三节 蓝细菌	40
一、蓝细菌的形态结构	41
二、蓝细菌的繁殖	42
第四节 其他原核微生物	42
一、支原体	42
二、立克次体	43
三、衣原体	44
四、螺旋体	45
五、黏细菌	45
第五节 古菌	46
一、古菌的细胞结构	46
二、古菌的主要类群	48
三、古菌与细菌和真核生物的特征比较	51
本章小结	51
思考题	52

参考文献	52
第三章 真核微生物	53
第一节 真核微生物细胞的构造	53
一、真菌的细胞构造	53
二、真核微生物与原核微生物比较	56
第二节 酵母菌	57
一、酵母菌的形态和大小	57
二、酵母菌的细胞构造	58
三、酵母菌的繁殖方式	59
第三节 霉菌	67
一、霉菌的菌丝	67
二、霉菌的繁殖方式	70
三、霉菌的菌落特征	72
四、常见的霉菌	73
第四节 蕈菌	78
一、菌体结构	79
二、形态特征	79
第五节 黏菌	80
一、概述	80
二、黏菌的生活史	81
三、黏菌的形态特征	81
四、黏菌的主要类群及其代表种类	81
本章小结	82
思考题	83
参考文献	83
第四章 病毒与亚病毒	84
第一节 病毒	84
一、病毒的形态、构造和化学成分	85
二、病毒的分类	92
三、细菌的病毒——噬菌体	93
四、植物病毒	101
五、人类和脊椎动物病毒	102
六、昆虫病毒	107
第二节 亚病毒	108
一、类病毒	108
二、拟病毒	109
三、朊病毒	110
本章小结	113
思考题	113
参考文献	114
第五章 微生物的营养	115
第一节 微生物细胞的化学组成和所需营养物质	115

一、微生物细胞的化学组成·····	115
二、营养物质及其功能·····	116
三、微生物的营养类型·····	119
第二节 营养物质进入细胞的方式·····	122
一、吞噬作用·····	122
二、渗透吸收作用·····	122
第三节 培养基·····	124
一、配制培养基的原则·····	124
二、培养基的种类及应用·····	125
本章小结·····	129
思考题·····	130
参考文献·····	130
第六章 微生物的新陈代谢 ·····	131
第一节 能量代谢·····	131
一、ATP 的结构·····	131
二、ATP 产生方式·····	132
三、生物氧化·····	145
四、能量利用和储存·····	148
第二节 分解代谢·····	148
一、葡萄糖的分解及丙酮酸的生成·····	149
二、丙酮酸代谢的多样性·····	151
三、其他有机物的分解·····	159
第三节 合成代谢·····	162
一、自养微生物 CO ₂ 的固定·····	162
二、生物固氮·····	166
三、肽聚糖的生物合成·····	170
四、微生物次级代谢产物的合成·····	172
本章小结·····	176
思考题·····	176
参考文献·····	177
第七章 微生物的生长及其控制 ·····	178
第一节 测定生长繁殖和获得纯培养的方法·····	178
一、微生物生长的测定·····	178
二、纯培养的定义及分离方法·····	182
第二节 微生物生长所需的环境条件·····	184
一、营养物质·····	184
二、温度·····	184
三、氧气和氧化还原电位·····	186
四、氢离子浓度·····	188
五、水分和渗透压·····	190
第三节 微生物的生长·····	191
一、微生物的个体生长·····	191

二、细菌的群体生长·····	192
三、丝状真菌的群体生长·····	196
四、细菌的二次生长、同步生长和连续培养·····	197
第四节 微生物培养法概论·····	200
一、好氧培养方法·····	200
二、厌氧菌的培养·····	202
第五节 微生物生长的控制·····	204
一、控制微生物的物理方法·····	205
二、控制微生物的化学方法·····	210
本章小结·····	217
思考题·····	218
参考文献·····	218
第八章 微生物遗传 ·····	219
第一节 遗传变异的物质基础·····	219
一、3 个经典实验·····	220
二、遗传物质在微生物细胞内存在的部位和方式·····	222
三、DNA 的结构·····	224
四、遗传信息的传递过程·····	226
第二节 基因突变和诱变育种·····	232
一、基因突变·····	232
二、突变与育种·····	239
第三节 基因重组和杂交育种·····	247
一、原核生物的基因重组·····	247
二、真菌的基因重组·····	255
第四节 重组 DNA 技术·····	258
一、目的基因的克隆·····	259
二、重组体的筛选·····	260
三、DNA 的人工合成和扩增·····	260
四、基因的定位诱变·····	261
第五节 菌种的衰退、复壮和保藏·····	262
一、菌种的衰退与复壮·····	262
二、菌种的保藏·····	264
本章小结·····	265
思考题·····	266
参考文献·····	267
第九章 微生物的分类和鉴定 ·····	268
第一节 微生物的分类单元和命名·····	268
一、微生物的分类单元·····	268
二、微生物的命名·····	269
第二节 微生物分类鉴定方法·····	270
一、形态特征·····	270
二、生理生化反应·····	271

三、血清学反应·····	272
四、噬菌体分型·····	272
五、细胞化学成分组成·····	272
六、核酸的碱基组成和分子杂交·····	273
七、各种分类方法联合应用·····	276
第三节 微生物分类系统介绍·····	279
一、细菌分类和伯杰氏手册·····	279
二、安·贝氏真菌学词典·····	280
本章小结·····	281
思考题·····	282
参考文献·····	282
第十章 微生物生态 ·····	283
第一节 微生物与生物环境间的相互关系·····	283
一、微生物间的相互关系·····	284
二、微生物与高等动植物间的相互关系·····	289
第二节 土壤微生物学与生物地球化学循环·····	294
一、土壤微生物·····	294
二、生物地球化学循环·····	297
第三节 水体微生物学与污水污物处理·····	301
一、水体中的微生物·····	301
二、污水污物的微生物处理·····	304
本章小结·····	308
思考题·····	309
参考文献·····	309
第十一章 传染与免疫 ·····	311
第一节 传染·····	311
一、微生物侵染宿主·····	312
二、微生物的病原特性·····	313
第二节 非特异性免疫·····	315
一、表皮和屏障结构·····	316
二、嗜菌作用·····	316
三、炎症反应·····	316
四、抗菌物质·····	317
第三节 特异性免疫·····	318
一、抗原·····	318
二、抗体·····	322
三、细胞介导的免疫·····	324
四、免疫学的实际应用·····	326
本章小结·····	329
思考题·····	330
参考文献·····	330
第十二章 应用微生物 ·····	331

第一节 食品微生物.....	331
一、微生物与食品腐败及食品保藏.....	331
二、应用微生物生产食品.....	337
第二节 工业微生物.....	343
一、发酵技术.....	343
二、主要发酵工业产品.....	347
第三节 农业微生物.....	352
一、微生物肥料.....	352
二、微生物农药.....	355
三、微生物饲料.....	357
四、食用菌.....	359
第四节 微生物在其他领域的应用.....	361
一、生理活性物质.....	361
二、微生物与能源开发.....	363
三、微生物冶金.....	364
四、微生物与环境保护.....	365
本章小结.....	366
思考题.....	366
参考文献.....	366
附录	368
附录 1 微生物学大事记	368
附录 2 微生物学研究获得的诺贝尔奖	369
附录 3 常见微生物学名及其读音	370
一、微生物学名的发音.....	370
二、常见微生物学名及读音.....	370
附录 4 《伯杰氏系统细菌学手册》第 2 版简表	370

第一章 绪 论

The joy of dirt to the joy of cleanliness

从 16 世纪到 19 世纪的大约 400 年的时间里，欧洲人都以脏为乐 (the joy of dirt)。因为医生告诉这些深受鼠疫、霍乱和伤寒等传染病死亡威胁的人们，热水浴和出大汗会使皮肤的毛孔打开并让各种毒气进入而感染我们的血液。当时甚至还流传着一层污垢能抵抗疾病侵袭的说法。法国国王亨利四世以肮脏著称，“全身恶臭，散发着汗水味、马厩味、臭脚味和大蒜味”。英国伊丽莎白一世一个月仅洗一次澡，而他的继任者詹姆斯一世则只洗自己的手指头。在路易十四统治时期，最爱干净的贵妇人每年也仅洗两次澡。直到 19 世纪中后期，列文虎克用自制的显微镜观察到了微小的生物细菌、以及巴斯德和科赫等人的微生物病理理论被普遍接受，人们才开始逐渐养成卫生习惯。然而，过于清洁卫生对身体也是不利的，因为人体不接触到细菌，也就没办法构筑强健的免疫系统。

人类自诞生以来，采集植物、捕猎动物获得衣食，不断繁衍进化。但在肉眼看不见的微生物面前则表现出许多痛苦和无奈，但也有喜悦。

一、什么是微生物

动物、植物和微生物 (microorganism) 一起构成了地球生物圈所有的生物。和动物及植物的概念不同，微生物不是生物分类系统中的一个类群。动物和植物分别指生物分类中的动物界和植物界，其特征非常明显。比如，植物是指那些具有 6 个基本特征的真核生物，6 个特征分别是能够进行光合作用、分裂组织能够无限生长、细胞具有细胞壁、不能运动、没有感觉和神经系统和具有世代交替的生活史。而动物是指那些多细胞真核生物，其共同特征是具有肌肉、能够运动、具有感觉和神经系统、行异养生活、没有细胞壁、不能无限生长、具有一定的身体结构。

微生物是个体微小、肉眼难以看清、需要通过显微镜才能进行观察的所有生物的总称，包括细菌 (bacteria, 单数: bacterium)、古菌 (archaea)、真菌 (fungi, 单数: fungus)、原生动物 (protozoa, 单数: protozoon) 和藻类 (algae, 单数: alga)。另外，还包括非细胞生物病毒 (viruses)。细菌包括球菌、杆菌、螺菌、放线菌、蓝细菌、支原体和立克次体等；古菌包括产甲烷菌、极端嗜盐菌和嗜热菌等；真菌包括霉菌、酵母菌和蕈菌等；原生动物包括变形虫、纤毛虫和鞭毛虫等；藻类包括绿藻、褐藻和甲藻等。

除个体微小这一共同特征外，微生物的生物学特性相当多样。既有原核生物 (prokaryotes)，如细菌、古菌，也有真核生物 (eukaryote)，如真菌、原生动物和藻类。大多数微生物是单细胞生物，或有细胞壁，或异养型生物，少数是多细胞生物，或无细胞壁，或自养型生物。有些微生物具有鞭毛或纤毛，能够运动，有些微生物不能运动。少数微生物个体较大，肉眼可见，如一些藻类和真菌。

尽管微生物的生物学特性相当多样，但对其研究则有一整套独特的实验方法，如制片染色技术、显微观察技术，无菌操作技术和纯培养技术等。这些技术也越来越多地应用在动植物的科学研究中。

二、微生物在生物界的地位

地球是在大约 46 亿年前产生的。产生之初，由于高温、强辐射，不适合生命生存。大

约在 38 亿年前地球变得可供生命生存。在地层中发现的最古老的化石生命可以追溯到 35 亿年前。这些最早的化石类似于蓝细菌（cyanobacteria，单数：cyanobacterium）和其他目前仍然存在的细菌（图 1-1）。地球年轻时的大气圈主要由甲烷、氢气、氨和水蒸气组成。通过蓝细菌的光合作用，大约在 22~23 亿年前转变成含氧的大气圈。在 35 亿年的地层中发现细菌之后的 10 亿年中，地球上的生命仍是由原核生物组成的。

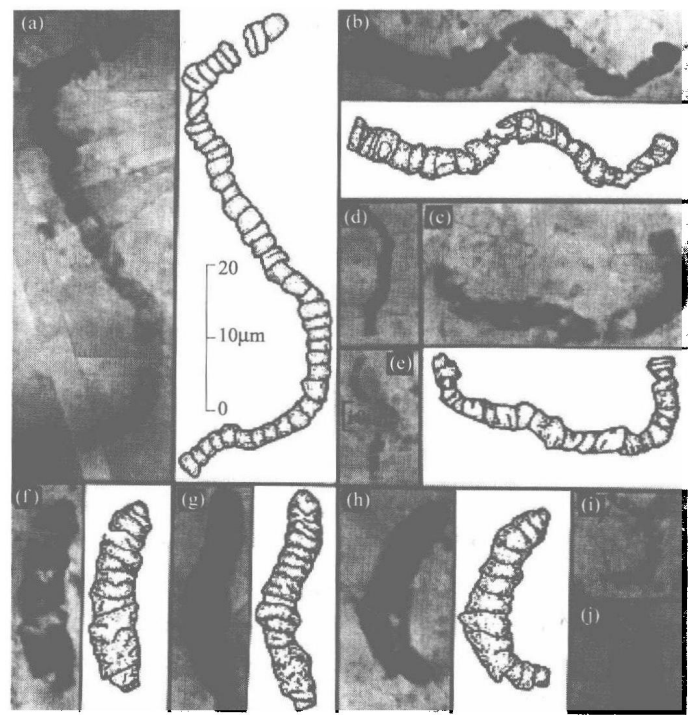


图 1-1 细菌化石

在澳大利亚西部瓦拉乌纳（Warrawoona）35 亿年前的地层中发现的一些丝状蓝细菌化石群的显微照片，这是迄今发现的地球上最早的生物化石记录

大约在 27 亿年前，地球上单细胞真核生物产生了。从真核生物含有部分细菌和古菌的基因组可以推导出，最早的真核细胞是来自细菌和古菌共生而形成的嵌合体。大约在 12~15 亿年前，也就是中元古代的延展纪和盖层纪时期，真核细胞又获得了各种共生体作为细胞器，比如线粒体和叶绿体，线粒体来自 α -变形细菌（ α -proteobacteria），叶绿体则来自蓝细菌，形成单细胞的藻类。而细胞核的起源问题目前仍不清楚，在细胞核的起源过程中显然没有发生共生现象。随后，由于地球板块运动形成高山、海洋以及气候变化和大气化学成分的改变，生物的生存环境不断发生着剧烈变化，通过自然选择作用，地球上陆续出现了其他动植物和人类（图 1-2）。

根据 Whittaker（1969）提出的生物五界系统，地球上的生物分为原核生物界（Monera 或 Prokaryotae）、原生生物界（Protoctista）、动物界（Animalia）、真菌界（Fungi）和植物界（Plantae）。原生生物界包括原生动物和藻类。所以，微生物涵盖了五界中的三界。Woese（1987）根据细胞中核糖体 RNA（ribosomal RNA，rRNA）的核酸序列以及细胞膜膜脂的结构和对抗生素的敏感性，将生物分为三个域，即三域系统（the three domain system）。三域分别是细菌域（Bacteria）、古菌域（Archaea）和真核生物域（Eukarya）。

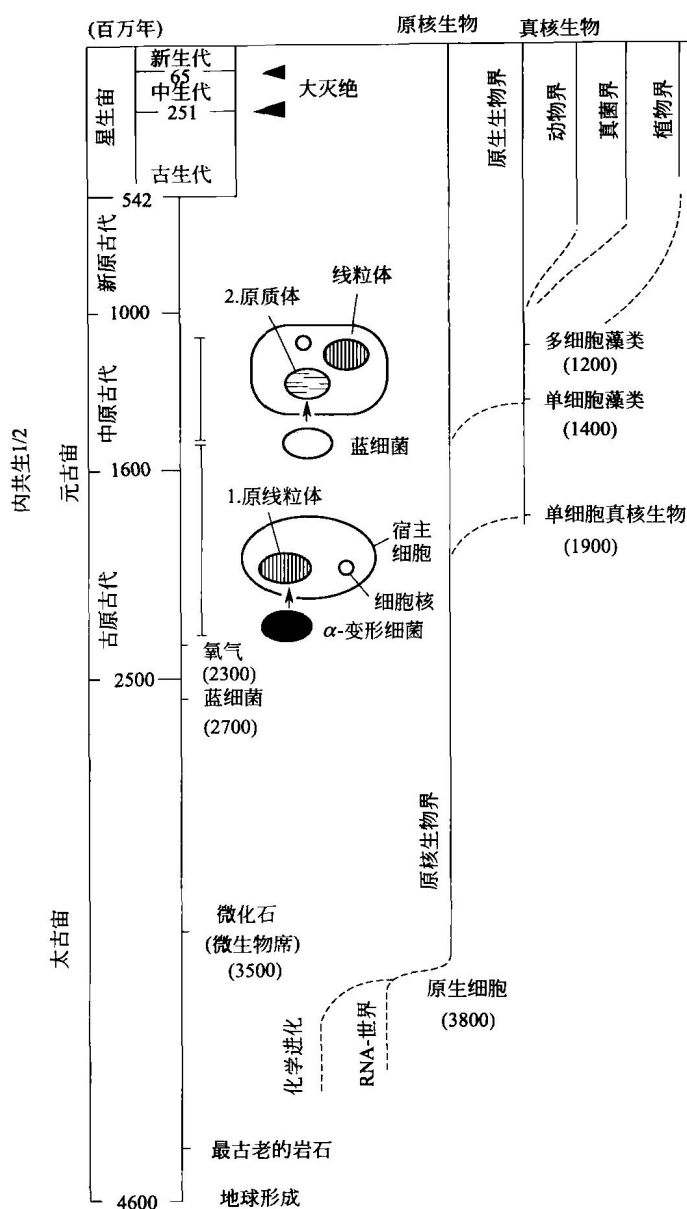


图 1-2 各地质年代发生的原核生物和真核生物进化的重要事件

(图 1-3)。域是高于界的生物分类单位，真核生物域包括了原生物界、真菌界、植物界和动物界。三域系统的主要进展是将传统认为的原核生物细菌分为真细菌 (eubacteria) 和古菌两个类群，但由于习惯使然，真细菌仍称为细菌。

现代生物的最后共同祖先——“露卡 (LUCA)”

地球上所有的生物都有一个共同的祖先，这个共同祖先是什么？科学家认为，地球上的所有生物都源自同一种实体，一种 30 亿年或 40 亿年前漂浮在“原始汤”周围的原胞，称为“露卡 (the last universal common ancestor, or the last universal cellular ancestor, LUCA)”，也就是“第一个基本的共同祖先”之意，它没有留下任何已知的化石，也没有其他物理线索可揭示其身份，所以，人们只能依靠间接证据来获取关于“LUCA”的生物信息及环境信息。

根据来自现存基因组的基因证据对先祖蛋白序列所做重建表明,“LUCA”所处环境很热,“LUCA”是嗜热生物。但核糖体 RNA (rRNA) 序列过去被认为与一个温度较低的环境相一致。一种新的“分子温度计”方法可能已经解决了这一明显的偏差。利用关于分子演化的最新数学模型对来自数百种现代物种的 rRNA 及蛋白序列所做分析表明,存在两个环境温度变化阶段。后来变成“LUCA”的生物先是嗜中温的,生活在大约 60℃ 的水中,然后适应了较高的温度 (高于 70℃), 产生了一个嗜热的共同祖先。随着之后海洋温度降低,细菌、古菌和真核生物发生分化。

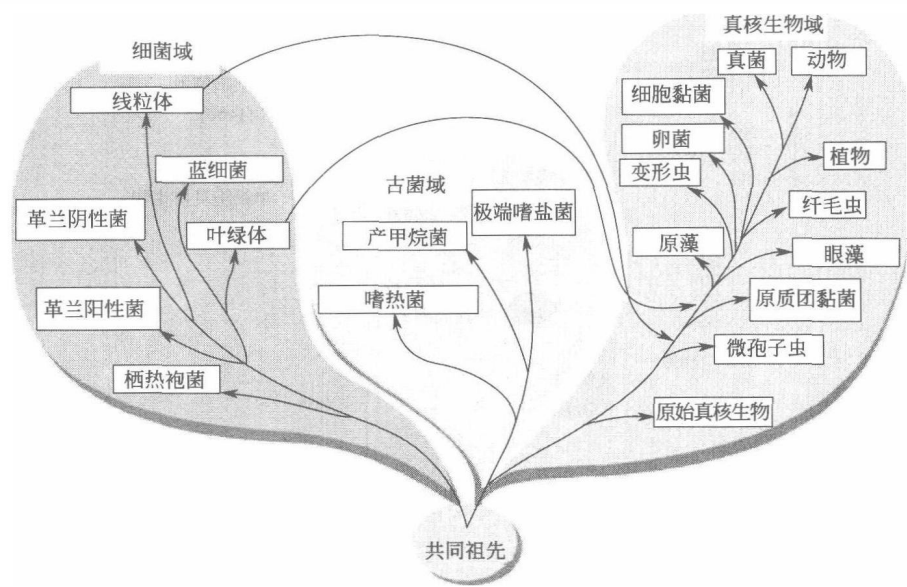


图 1-3 三域系统及其所含生物简图

三、微生物学的范畴

微生物学是研究微生物的生命活动规律及其应用的一门学科。主要研究微生物的形态、构造、生理、遗传、生态、分类和进化,以及微生物在农业、工业、医药、能源和环境等领域的应用等。

随着研究范围的日益扩大和深入,微生物学不断发展成熟,已分化出大量的分支学科。以研究微生物基本生命活动规律的不同方面而产生的分支学科有普通微生物学 (general microbiology)、细胞微生物学 (cellular microbiology)、微生物生理学 (microbial physiology)、微生物遗传学 (microbial genetics)、微生物生态学 (microbial ecology)、微生物分类学 (microbial taxonomy)、分子微生物学 (molecular microbiology) 等。以研究对象不同而产生的分支学科有细菌学 (bacteriology)、真菌学 (mycology)、病毒学 (virology) 等。以研究微生物的应用及应用领域不同而产生的分支学科有应用微生物学 (applied microbiology)、农业微生物学 (agricultural microbiology)、土壤微生物学 (soil microbiology)、工业微生物学 (industrial microbiology)、医学微生物学 (medical microbiology)、药物微生物学 (pharmaceutical microbiology)、兽医微生物学 (veterinary microbiology)、食品微生物学 (food microbiology)、环境微生物学 (environmental microbiology)、海洋微生物学 (marine microbiology) 等。

四、微生物学的发展简史

(一) 史前期 (~1676 年)

史前期是指人类还未见到微生物个体尤其是细菌细胞前的一段漫长的历史时期,大约在

距今 8000 年前一直至公元 1676 年间。在没有发明显微镜、没有看到个体微小的微生物前,古代人们就已经根据生活生产经验或猜想,利用微生物生产食物和医药,控制微生物保藏食物和防治疾病。对个体较大的大型真菌蕈菌的利用则历史更为久远。

我国先民酿酒的历史可追溯到七、八千年前的新石器文化时代,在新郑裴李岗、武安磁山、余姚河姆渡、偃师二里头、三星堆遗址和西安半坡村等遗址均发现有盛酒或制酒的器具。啤酒自发明至今已有约 6000 年甚至更长的历史。公元前 6000 年左右巴比伦人用黏土板雕刻的献祭用啤酒制作法是已发现的最古老的酒类文献。在距今 6000 多年前的苏美尔人的贸易遗址站里发现了双柄啤酒陶罐。公元前 2000 年埃及人制作面包。公元前 1000 年亚洲地区应用娄地青霉 (*Penicillium roqueforti*) 制作奶酪。我国酱油、食醋和酱腌菜的生产历史约有 3000 多年。

远在公元前五世纪,我国名医扁鹊主张传染病应防重于治。公元前 556 年,就已经知道驱逐狂犬是预防传染病的有效方法。公元前 600 年古印度外科医生 Susruta 认为一些疾病能够通过接触、空气和水传播。罗马学者 Marcus Terentius Varro 指出,污水中滋生肉眼看不见的小生物,飘浮在空气中,通过口鼻进入人体引起疾病。公元二世纪,张仲景提出“禁食病死的兽肉和不清洁的食物”。公元 4 世纪中期,葛洪著的《肘后方》一书中,除详细记载天花病状外,还注意到天花流行的方式。公元 10 世纪的时候,我国发明接种人痘防治天花的方法。到了 1768 年,英格兰医生爱德华·琴纳发明了牛痘防治天花。公元 16 世纪,意大利人 Girolamo Fracastoro (1483~1553) 指出疾病能够通过病原体“germs”在人群中传播。

北魏(公元 386 年~543 年)末年,贾思勰著的《齐民要术》中记载了我国人民在农业生产中应用微生物的多种方法,如利用微生物沤麻、制靛蓝和生物固氮(大田前作种豆,后作种谷类或蔬菜,或将绿豆压翻在土壤里,使它成为绿肥,再在田里种上谷物)技术等。我国是认识、利用和人工栽培食用菌最早的国家之一。在六七千年前的仰韶文化时期,那时的人已经采食菌类。在汉代王充的《论衡》中就记载了紫芝的栽培方法,唐宋以来,菌类的栽培发展迅速。《四时类要》中记有金针菇的栽培方法,元代王桢所著《农书》中有香菇的栽培方法。在非洲阿尔及利亚北部发现有公元前 3500 年前的以“蘑菇”为题的人类岩画。在欧洲阿尔卑斯山上发现了一具有 5000 多年的木乃伊,从其腰包中发现有 3 种蘑菇的碎片。18 世纪法国开始栽培蘑菇,是欧美地区最早栽培蘑菇的国家。

(二) 初创期 (1676 年~1857 年)

1665 年,英国科学家罗伯特·胡克用自制的复式显微镜(放大倍数 40 倍~140 倍)观察软木塞薄片,发现了生物体的最小结构单位“细胞”。但由于其显微镜放大倍数较小以及缺乏染色技术,罗伯特·胡克未能观察到更小的微生物。

1676 年,荷兰布商和业余透镜磨制爱好者列文虎克 (Antonie van Leeuwenhoek) (1632~1723) 用自制的单透镜显微镜第一次观察到细菌,他当时称之为“微动物 (animalcules)” (图 1-4)。这一事件标志着微生物学的诞生,因此,列文虎克被誉为“微生物学之父”。列文虎克去世后,微生物学在一个多世纪内停滞不前,一方面是由于显微镜没有得到广泛应用,另一方面是人们没能将微生物与人类生活和工农业生产结合起来加以研究。直到 1857 年巴斯德的工作建立了这种联系,微生物学才开始受到重视。所以,初创期从 1676 年起至 1857 年结束。

(三) 奠基期 (1857 年~1897 年)

从 1857 年巴斯德发现发酵的微生物原理起直到 1897 年的时期,由巴斯德、科赫等为代表的微生物学家发现了微生物的发酵过程、化能自养和生物固氮现象,创立了疾病的微生物理论,发展了疫苗、微生物培养和显微观察技术等,使得微生物学成为一门科学。

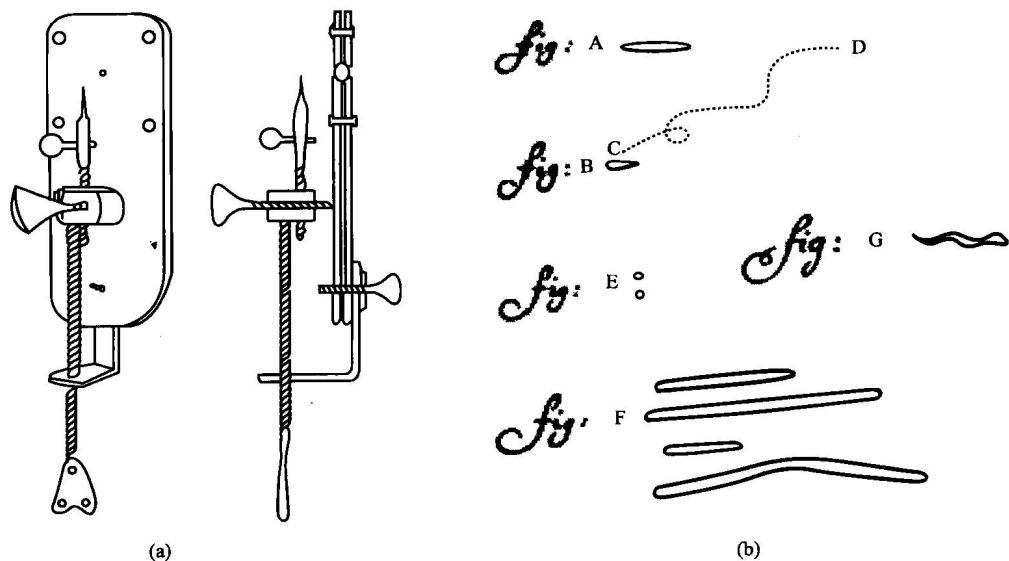


图 1-4 列文虎克自制的显微镜和观察到的微生物
(a) 列文虎克自制的显微镜；(b) 列文虎克观察到的微生物。C~D 表示微生物运动的路径

1857 年，法国科学家路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）（1822~1895）在解决酒精发酵问题时，证实酵母菌利用糖生成乙醇，发酵的真正原因是生物。巴斯德还发现葡萄酒变酸是一种细菌引起的（1858），并发明了巴斯德消毒法（1862）。1864 年，巴斯德巧妙地设计了曲颈瓶试验彻底推翻生命的自然发生说（spontaneous generation）。长期以来，人们认为生命自发地起源于非生命物质，如腐肉生蛆，肉汤能生出微生物。而巴斯德则坚信是空气中含有微生物，空气中的微生物进入到肉汤中才导致腐败。巴斯德先将肉汤倒入一个长颈瓶中，然后将长颈弯成 S 形，再将肉汤煮沸后冷却。弯曲的颈能够使空气进入瓶中，但却截留了空气中的微生物，这样即使经过数月肉汤依然不腐败（图 1-5）。

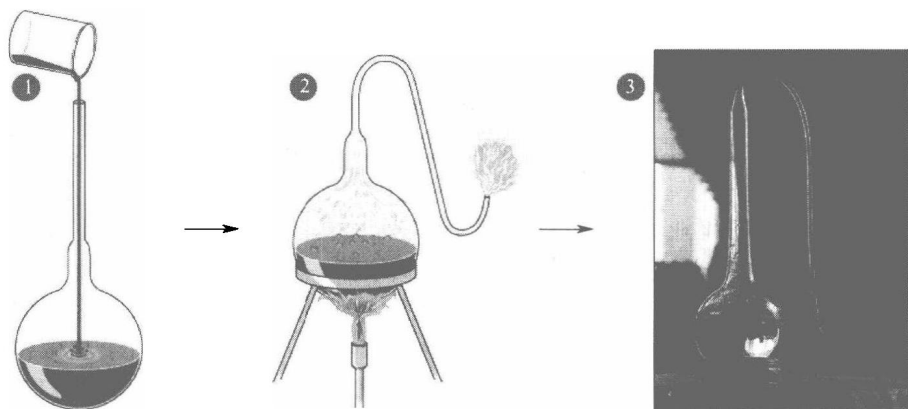


图 1-5 巴斯德反驳自然发生论的实验
①将肉汤注入长颈瓶中；②先将瓶的长颈加热并弯曲成 S 形，然后再将肉汤加热煮沸数分钟；
③冷却后，长时期内肉汤中没有出现微生物

巴斯德与自然发生说以及后来与蚕病和产褥热斗争取得的胜利，使越来越多的人接受了疾病的微生物理论。在医治鸡霍乱病、炭疽病和狂犬病过程中，巴斯德发明了多种疫苗，为