

21世纪学科发展丛书·微生物学

丛书主编 周光召

小生物 大贡献

山东教育出版社

前言

微生物学是 20 世纪迅速发展,至今势头未曾稍减的现代前沿学科。在这本小册子里,我们力图全方位地描绘这门学科的梗概,并尽可能地介绍世纪交替时期的重大发现和成就。

微生物学既是当代生命科学中的重要组成部分,又是一门密切结合实际的科学,读者应该不难理解书中的内容。参加本书编写的,都是长期在微生物学不同领域中坚持工作数十年的教授。他们力争用较浅近的文字,以事物的发展过程为脉络讲明科学发现的过程和这些发现的影响;适当向读者介绍了一些近代才被公认的科学原理,虽然这些原理的背景知识常常是深奥的;还利用不多的篇幅介绍了一些有关产业的最新信息,读者将从中粗略了解微生物学对当代经济发展的重要贡献和广阔发展前景。当然,企图用这样有限的篇幅完整地介绍纵贯百年,横跨工、农、商、学众多行业的这门学科,几乎是不可能的,因此,我们不期待读者会把它当做教科书或工具书,我们能够为读者提供一个入门的途径,就是最大的满足了。为了读者进一步在某个主题上深入学习,我们列

举了一些参考书籍，这些书籍在图书馆应该不难找到。

愿意为微生物学献身的有志者，不要犹豫，投身到这支不断壮大的队伍中来！有兴趣了解微生物学的读者们，希望您们不要放过阅读它的机会，并且用了解到的新知识去思考和指导实践。让我们在充满希望又面临严峻挑战的新世纪中生活得更意义。

编者

2000年12月

《21 世纪学科发展丛书》编辑委员会、 出版委员会名单

一、丛书主编、副主编

主 编:周光召

常务副主编:张玉台

副 主 编:徐善衍 常志海 张 泽 宋南平
宫本欣 马 阳

二、丛书编辑委员会

主 任:庄逢甘

副主任:闵桂荣 杨 乐 张 泽 宫本欣 马 阳

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 孙永大 刘 珩 朱道本 仲增墉
陈学振 张 鲁 汪稼明 李慧政 金明善
周 济 胡序威 赵 逊 相重扬 徐世典
谢荣岱 薛全福

各分册编审委员会主任(名单略)

三、丛书出版委员会

主 任:宫本欣

副主任:陈学振 张 鲁 李慧政

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 王昭顺 尹 铭 史 彬 刘传喜
张力军 宋德万 隋千存 董 正 韩 春
鲁颖淮

序

周光召

人类已跨进了新的千年,21世纪的曙光将给全球带来灿烂辉煌的新篇章。回顾过去的20世纪,科学技术的创新与进步引发了人类经济、社会的巨大变革,由此又带来了全球翻天覆地的变化。马克思曾在《资本论》中指出:“生产力的发展,归根结底总是来源于发挥着作用的劳动的社会性质,来源于社会内部的分工,来源于智力劳动特别是自然科学的发展”,人类社会实践有力地证实了这一精辟论断。

随着科学技术在近现代的蓬勃发展,新思维、新理念、新发现推动着新兴学科、交叉学科不断涌现。许多传统学科一方面派生出新的分支学科,另一方面又在与其他学科的融合中形成新的综合性学科。展望21世纪,信息科学技术、生物科学技术、纳米科学技术将成为发展迅速,带动社会经济技术快速进步的前沿学科。环境、能源、材料、航天、海洋等科学技术将继续发展,解决人类面临的持续发展课题。社会进步和经济发展的需求为人类今后如何驾驭科学技术的骏骑,如何继续攀登科技巅峰提出了新的课题。

一个国家的科技水平不仅体现在少数科学家的科技成就中,更要体现在广大群众对科学技术的理解、掌握和应用之中。“科技先行,以人为本”有赖于公众科技文化素质整体水平的提高。因此,弘扬科学精神、传播科学知识和科学方法

就成为科技工作者又一不可推卸的、任重而道远的职责。中国科学技术协会作为党领导下的科技群团组织，肩负着促进学科发展、推动科技进步和普及科学知识、提高全民科技文化素质的重要责任。编写《21世纪学科发展丛书》是使这种重要责任有机融合的一次新尝试。科学普及的对象可分为若干社会群体，其中青少年群体的科普教育尤为重要，因为他们是21世纪的后备人才，是攀登科技高峰的生力军。让广大青少年了解自然科学和技术科学的发展历程、卓越成就，对人类文化、社会、经济发展的巨大贡献，培养他们对科学技术的兴趣、爱好，以及为科技事业献身的精神，是老一辈科技工作者义不容辞的责任，也是我们编撰此套丛书的初衷所在。因此，专家学者们对编著此套丛书表现了极大的热情与关注。68个全国性学会参与了丛书的组织编写，很多院士、知名科学家在百忙中亲自挥笔，运用通俗的语言、生动的描绘、深入浅出的方式，将科学的奥秘揭示给读者。全套丛书介绍了60多个不同学科的起源、发展历程、著名科学家、重大科技成就，以及未来学科发展的态势，为广大读者特别是高中以上文化程度的各阶层读者提供了一套科学性、知识性、前瞻性、趣味性和可读性相统一的科普读物。希望通过浏览这套丛书，不仅能够帮助广大青少年读者拓宽知识领域，而且对于他们选择未来发展方向起到引导和参考作用。同时，此套丛书通俗易懂，也适合其他不同社会群体的干部与公众阅读。丛书将由山东省出版总社于2001年分两批出版发行。

跨入21世纪的中华民族将面临重新崛起的机遇和挑战，衷心地祝愿充满希望的一代丰获知识的硕果，为我国的繁荣富强贡献出才智和力量，作出无愧于伟大中华的重大业绩！

2001年1月16日

目 录

第一章 探索微观生命世界的科学——微生物学的	
 诞生和发展	1
第一节 微生物学的研究范围	2
第二节 人类认识微生物的艰难历程——微生物	
学发展简史	4
第三节 微生物对生命科学的贡献	17
第四节 微生物的研究方法	26
第二章 认识微生物的武器——微生物学	39
第一节 微生物的五大特征	40
第二节 微生物的生物多样性	44
第三节 微生物的营养、代谢和生长	74
第四节 微生物的遗传与变异	92
第五节 微生物的生态	101
第六节 微生物的分类和鉴定	109
第三章 微生物与人类健康	113
第一节 微生物的感染	115
第二节 人体对微生物感染的防御功能	133
第三节 微生物感染的预防与治疗	143

第四节	公共卫生与传染病预防	148
第五节	生物武器——助纣为虐者的利器	153
第四章	微生物与肿瘤	159
第一节	致动物肿瘤微生物的发现	161
第二节	已发现的主要致人类肿瘤微生物	164
第三节	肿瘤微生物的致癌机制	175
第四节	人类肿瘤微生物的防治原则	183
第五章	微生物与工业产品的生产	187
第一节	古老的渊源和 20 世纪的进展	189
第二节	用微生物生产的工业产品	198
第三节	微生物霉腐的防治	221
第四节	工业微生物学中的新技术——微生物的 高密度培养	223
第六章	微生物与现代农业	233
第一节	微生物在生物地球化学循环中的作用	236
第二节	微生物与植物保护	249
第三节	微生物饲料与农副产品中的真菌毒素	259
第四节	食用真菌和药用真菌	264
第七章	微生物与环境保护	269
第一节	有害微生物对环境的污染	271
第二节	微生物是生态平衡和物质转化中的幕后 “英雄”	273
第三节	微生物是环境质量的重要指标	275
第四节	微生物是治理环境污染的能手	276
结束语	21 世纪的微生物学	285

第1章

21 世纪学科发展丛书

探索微观生命世界的科学 ——微生物学的诞生和发展

第一节 微生物学的研究范围

微生物是一大群微小生物的总称，包括除高等动植物以外的所有微小生物。它们包括没有细胞结构的病毒，单细胞的古生菌、真细菌和单细胞藻类，以及丝状真菌和原生动动物。这些小生命都要用显微镜才能看到或看清楚，不过一些形体较大的大型真菌，例如蘑菇，虽然它过去是植物学的研究对象，现在也被作为微生物学的研究对象。因为它们也是由看不见的基本单位集合在一起组成的，而且从其进化历史、细胞构造、早期发育特点、各种生物学特点和研究方法等多方面来考察，都可证明它们与其他典型的微生物完全一致。

微生物学是研究这些微生物生命活动的科学。作为生命科学中的一个重要领域，微生物学的任务是从分子水平到群体水平研究微生物的类型、组成成分和结构、新陈代谢、生长繁殖、遗传、进化和分布等生命活动的各个方面，还研究微生物与其他生物和环境的相互关系等。为此，微生物学今天有着学科本身的系统，其中包括许多

分支学科。这些分支可以从应用角度来划分，也可以从生物学的学科来划分。前者主要是医学微生物学、工业微生物学、农业微生物学和环境微生物学等；后者则主要是微生物分类学、微生物生理学、微生物遗传学、微生物细胞学、分子微生物学等。

临近 20 世纪结束的时候，一种新的生物分类观点被多数生物学家接受。按这种观点，地球上的生物被分成三个域：真细菌 (Bacteria)、古生菌 (Archaea) 和真核生物 (Eukarya)。那么，前两个域的全部和真核生物 (Eukarya) 的一部分都是微生物。微生物是最能体现生物多样性的两大类生物，目前人类发现并命名的微生物估计还不到应该存在于自然界中的 10%。

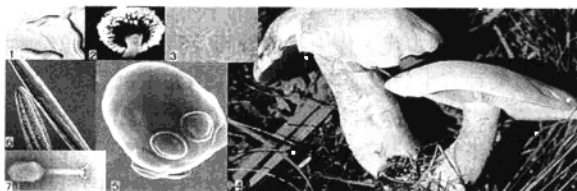


图 1-1 丰富多彩的微生物世界

1 细菌, 2 霉菌, 3 放线菌, 4 大型真菌, 5 酵母菌, 6 藻类, 7 病毒

我们把这些彼此亲缘关系并不很密切，种类庞杂的一群生物作为微生物学的研究对象，首先是由于微生物和人类的关系非常密切，多种微生物引起的疾病至今仍然威胁着人类的健康，许多微生物为我们提供了形形色色的产品，有些是我们日常生活难以离开的，例如酱、醋和酒，有些是必要的医药品，例如抗生素和疫苗等，还有的被用在环境保护和农业上。同时微生物又是生命科学和多种自然科学研究的良好材料。在新世纪，微生物学将依旧作为前沿学科为人类的社会进步发挥重要作用。

第二节 人类认识微生物的艰难历程 ——微生物学发展简史

微生物的发现只不过 300 多年的历史，这门科学的诞生和发展经历了艰难曲折的过程，许多科学家献出了毕生精力，甚至献出了宝贵的生命。

微生物是地球上最古老的生物，已经存在了 30 多亿年。人类在数百万年前出现之后就一直和微生物发生着千丝万缕的密切联系。不过在很长的时期内，人类并不知道他们的生活和微生物的共处。他们不知道许多疾病是微生物引起的，也不知道发面、果酒和啤酒酿造、牛奶和奶制品的发酵等是那些看不见的小生命做出的贡献。不过，从现有的古代著作中我们看到，还是有些人曾经觉察到是某种有生命的物质在起作用。例如在我国 17 世纪初的清代，有位叫吴有性的医生曾在他的著作《瘟疫论》中认为传染病是“乃天地间别有一种异气所感”。并且明确指出“气即是物，物即是气”。这在发现微生物之前，能够肯定地预见有某种实体是传染病的病原体，不能不认为是一种科学的预见。

一、列文虎克发现了微生物

果然，在吴有性发表他的预言后的几十年，1673 年有个名叫列文虎克(图 1-2)的荷兰人用自己制造的显微镜观察到了被他称为“小动物”的微生物世界。他给英国皇家学会写了许多信，介绍他的观察结果。他发现了杆菌、球菌和原生动，表明他实实在在看到并记录了一类从前没有人看到过的微小生命。所以今天我们把列文虎克看成是微生物学的开山鼻祖。不过，在列文虎克发现微生物后差不多

过了 200 年，人们对微生物的认识还仅仅停留在对形态进行描述上，并不知道原来是这些微小生命的生理活动对人类健康和生产实践有那样重要的关系。

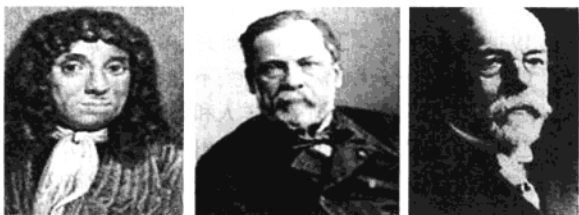


图 1-2 微生物学界的主要奠基人

(从左到右: 列文虎克、巴斯德、科赫)

二、巴斯德开始揭示微生物和人类的关系

(一) 在处理葡萄酒变酸和家蚕微粒子病过程中认识了微生物的作用

过了大约 200 年，从 19 世纪 60 年代前后起，法国科学家巴斯德开始研究微生物生命活动对人类的作用。巴斯德在为法国里尔城的酒厂老板解决葡萄酒和啤酒变酸时观察到，好葡萄酒中只能看到一种又圆又大的酵母菌，变酸的酒中则还有另外一种又小又长的细菌。他把这种细菌放到没有变酸的葡萄酒中，葡萄酒就变酸了。巴斯德告诉酒厂老板把酿好的葡萄酒放在接近 50℃ 的温度下加热并密封，葡萄酒便不会变酸。酒厂老板如法炮制，果然灵验。从此以后，人们把这种采用不太高的温度加热杀死微生物的方法叫做巴斯德灭菌法。直到今天，我们每天食用的牛奶还是采用巴斯德灭菌法来保鲜的。因为解决了葡萄酒变酸问题，巴斯德在法国的名声大振。后来巴斯德又采用类似的方法防止了家蚕的微粒子病，挽救了法国的丝绸工业。研究葡萄酒变酸和蚕病取得巨大成功之后，巴斯德开始主张传染病是由微生物引起

的。正因为微生物能够通过身体接触、唾液或粪便散布，便可以从病人传播给健康的人而使人生病。这种观点后来被许多医生的观察和治疗经验证实了。

（二）在防止炭疽病的过程中发现了免疫现象

19世纪70年代，巴斯德开始研究在羊群中流行的一种严重的传染病——炭疽病。这种病不仅对畜牧业危害很大，还会传染给人类，特别是牧羊人和屠夫容易患病而死亡。巴斯德首先从病死的羊血中分离出了引起炭疽病的细菌——炭疽杆菌，再把这种有病菌的血从皮下注射到做试验的豚鼠或兔子身体内，这些豚鼠或兔子很快便死于炭疽病，从这些病死的豚鼠或兔子体内又找到了同样的炭疽杆菌。在实验过程中，巴斯德又发现，有些患过炭疽病但侥幸活过来的牲口，再注射病菌也不会得病了。这就是它们获得了抵抗疾病的能力（我们今天叫做免疫力）。巴斯德马上想起50年前詹纳用牛痘预防天花的方法。可是，从哪里得到不会使牲口病死的，而且毒性比较弱的炭疽杆菌呢？通过反复试验，巴斯德和他的助手发现把炭疽杆菌连续培养在接近45℃的条件下，它们的毒性便会减少。用这种毒性减弱了的炭疽杆菌预先注射给牲口，牲口就不会再染上炭疽病而死亡了。1881年，巴斯德在一个农场进行了公开的试验。一些羊注射了毒性减弱了的炭疽杆菌；另一些没有注射。4个星期后，又给每头羊注射毒力很强的炭疽杆菌，结果在48小时后，事先没有注射弱毒细菌的羊全部死亡了；而注射了弱毒细菌的则活蹦乱跳，健康如常。巴斯德的成就开创了人类战胜传染病的新世纪，拯救了无数的生命，奠定了今天已经成为重要科学领域的免疫学的基础。1885年，巴斯德第一次用同样的方法治好了被疯狗咬伤了的9岁男孩梅斯特。

（三）用简单明了的试验证明了生命只能从生命产生，不可能自然发生

在解決實際問題的同時，巴斯德還用簡單的實驗證明了生命不可能自然發生，而只能從生命產生，結束了長達 100 年的爭論（這個故事讓我們在後面詳細講）。

三、科赫完善了微生物的研究方法並開創了醫學微生物學

科赫本是一位小鎮上的醫生。他在對牛炭疽病進行研究時，在牛的脾臟中找到了引起這種病的細菌，他把這種細菌移種到老鼠體內，使老鼠相互感染了炭疽病，最後又從老鼠體內重新得到了和從牛身上得到的相同細菌。這是人類第一次用科學的方法證明某種特定的微生物是某種特定疾病的病原。後來他擔任了柏林大學衛生學教授和衛生研究所的所長。1882 年發現了引起肺結核的病原菌——結核分支桿菌，而肺結核在當時是人類健康的頭號殺手。他用血清固體培養基成功地將其分離出，並且接種到豚鼠體內引起了肺結核病。1883 年科赫還在印度發現了霍亂弧菌，在 1897 年以後他又研究了鼠疫和昏睡病，發現了這兩種病的傳播媒介，前者是虱子，而後者是一種采采蠅。他根據自己分離致病菌的經驗，總結出了著名的“科赫原則”。在這個原則的指導下，使得 19 世紀 70 年代到 20 世紀的 20 年代成了發現病原菌的黃金時代。例如 1883 年和 1884 年兩位科學家各自獨立地發現了白喉桿菌，1884 年還發現了傷寒桿菌，1894 年發現了鼠疫桿菌，1897 年發現了痢疾桿菌。在此期間先後發現了不下百種病原微生物，包括細菌、原生動物和放線菌等。不僅有動物病原菌，還有植物病原菌。

科赫除了在病原體的確證方面作出了奠基性工作外，他創立的微生物學方法一直沿用至今，為微生物學作為生命科學中一門重要的獨立分支學科奠定了堅實的基础。科

赫首创的显微摄影留下的照片在今天也是高水平的。这些技术包括分离和纯培养技术、培养基技术、染色技术等。

1905年，科赫获得了诺贝尔医学和生理学奖，主要是为了表彰他在肺结核研究方面的贡献。

四、布赫纳发现酶，标志着开始对微生物生命活动本质的探讨

20世纪即将来临的时候，1897年德国化学家布赫纳兄弟俩发现从磨碎的酵母菌细胞压榨出来的汁液里含有一种能把葡萄糖变成酒精的物质。这种物质显然是没有生命的，但是却能够起和酵母菌同样的酒精发酵作用。这种物质后来称为“酶”（在希腊文中，它的原意是“在酵母菌中”，后来创造出一个英文名词“enzyme”，中文翻译成“酶”）。布赫纳兄弟的发现把对微生物的研究从整体引向了微生物细胞内部的生物化学变化，开始探索微生物生命活动的原因。同时，从20年代后期开始，由于发现了青霉素，形成了在微生物中寻找各种有用物质的热潮。从此开始研究微生物共同具有的生物学规律，加速了微生物学的发展。

五、近代微生物学的发展

在进入20世纪后的20年中，微生物逐渐形成为一门独立的学科。在这个阶段，通过巴斯德、科赫和布赫纳等一大批医学家和微生物学家的勤奋工作，科学家们建立了一系列独特的微生物学研究方法和技术。借助这些研究方法，在全世界发现了许多种引起人类和牲畜严重疾病的病原微生物；同时，开始研究微生物的生理活动和它们在自然界的作用，并且开始有组织、有目的、较系统地研究各种微生物学问题，尤其是与人类健康、植物病害

防治和食品酿造有关的应用性课题。通过几代微生物学家的奋斗,微生物学的许多分支学科逐步形成,例如细菌学、外科消毒术、免疫学、土壤微生物学、病毒学、植物病理学、真菌学、酿造学以及化学治疗法等。

20世纪40年代,由于生物化学和遗传学的发展,许多微生物被作为研究材料。对一种霉菌脉胞菌和大肠杆菌进行了大量遗传学的研究,加上50年代又有沃森和克里克等人有关DNA结构双螺旋模型的提出,使微生物学和整个生命科学都跨入了分子生物学研究的新时期,这是微生物学进入成熟期的标志。在这个时期,微生物学从一门以往在生命科学中较为孤立的以应用为主的学科,迅速成长为一门十分热门的生命科学前沿基础学科,它与生物化学和遗传学相融合后,还产生了当代生物学的顶峰——分子生物学。微生物迅速成为现代分子生物学研究中最频繁选用的实验材料;在应用研究方面,逐步向着更自觉、更有效和朝着人为控制的方面深入发展,到70年代初,在遗传工程的带动下,传统的工业发酵已从多方面发生了质的变化,发展到发酵工程的新阶段,并成为生物技术的重要组成部分之一,微生物也成了新兴生物技术的主角。

六、微生物学发展的回顾

从微生物学诞生起的一百多年历史中,微生物学家的伟大成就不仅延长了人类的平均寿命,提供了无数的产品,还对整个生命科学作出了重大的贡献,为此,一大批微生物学家或生物学家获得了科学界的最高荣誉——诺贝尔奖。我们不可能一一详叙,现列出一个简表(见表1-1),从浏览这张简单的表格中,我们自己就能从亲身经历中感受许多成果的恩惠,也能粗粗领略征程的艰苦和成功的喜悦。