



2009-2010

*Report on Advances in
Microbiology*

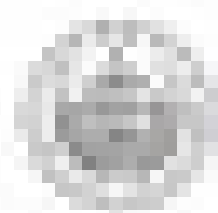
中国科学技术协会 主编
中国微生物学会 编著

微生物学
学科发展报告

微生物学学科发展报告

中国科学技术出版社





2009-2010

Report on the Development of

Microbiology

CHINESE ACADEMY OF SCIENCES
2009-2010

微生物学
学科发展报告

中国科学院
2009-2010



2009-2010

微生物学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN MICROBIOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国微生物学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2009—2010 微生物学学科发展报告/中国科学技术协会
主编;中国微生物学会编著. —北京:中国科学技术出版社,
2010.4

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-4999-7

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①微生物学—技术发展—
研究报告—中国—2009—2010 IV. ①Q93—12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043177 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62173165 传真:010-62179148

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:11.25 字数:270 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:34.00 元

ISBN 978-7-5046-4999-7/Q·149

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2009—2010
微生物学学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN MICROBIOLOGY

首席科学家 赵国屏

专 家 组

组 长 肖昌松

成 员 (按姓氏笔画排序)

方呈祥	东秀珠	白逢彦	刘双江	刘秀梅
曲音波	张 霆	张先恩	李 俊	李若瑜
李顺鹏	杨胜利	杨瑞馥	肖亚中	肖昌松
邵一鸣	陈焕春	金 城	姚咏明	胡远扬
胡福泉	赵立平	赵国屏	徐建国	郭 俊
黄 力	盛 军	喻子牛	焦炳华	程 池
蔡永峰	谭华荣			

学 术 秘 书 王 旭

序

当今世界科技正处在一次新的革命性变革的前夜。人类迫切需要创新发展模式和发展途径,创新生产方式和生活方式,开发新的资源。这样的需求和矛盾,强烈呼唤着新的科学技术革命。而全球金融危机所带来的世界经济、产业格局的大变化,很可能会加快新科技革命的到来。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面。深入开展学科研究,总结学科发展规律,明晰学科发展方向,对促进学科的交叉融合并衍生新兴学科,继而提升原始创新能力、加速科技革命具有重要意义。

中国科协自 2006 年开始启动学科发展研究及发布活动,连续完成了每个年度的学科发展研究系列报告编辑出版及发布工作。2009 年,中国科协组织中国气象学会等 27 个全国学会分别对大气科学、古生物学、微生物学、生态学、岩石力学与岩石工程、系统科学与系统工程、青藏高原研究、晶体学、动力与电气工程、工程热物理、标准化科学技术、测绘科学与技术、烟草科学与技术、仿真科学与技术、颗粒学、惯性技术、风景园林、畜牧兽医科学、作物学、茶学、体育科学、公共卫生与预防医学、科学技术史、土地科学、智能科学与技术、密码学等 26 个学科的发展研究,最终完成学科发展研究系列报告和《学科发展报告综合卷(2009—2010)》。

学科发展研究系列报告(2009—2010)共 27 卷,约 800 万字,回顾总结了所涉及学科近年来所取得的科研成果和技术突破,反映了相关学科的产业发
展、学科建设和人才培养等,集中了相关学科领域专家学者的智慧,内容深入浅出,有较高的学术水准和前瞻性,有助于科技工作者、有关决策部门和社会公众了解、把握相关学科发展动态和趋势。

中华民族的伟大复兴需要科学技术的强力支撑。中国科协作为科技工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,应广泛集成学术资源,促进学科前沿和新学科的融合,推动多学科协调发展,广泛凝聚科技工作者智慧,为建设创新型国家做出新贡献。我由衷地希望中国科协及其所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究、学术史研究以及相应的发布活动,充分发挥中国科协和全国学会在增强自主创新能力中的独特作用,推动学科又好又快发展。

A stylized, cursive handwritten signature in black ink, likely belonging to Chen Moxun, positioned above the date.

2010 年 3 月

前 言

在中国科协统一安排和领导下,本报告以微生物学科近两年来的研究进展为主,按照国标(GB/T 13745—92)和学科分类,选取本学科近几年发展较快的主要研究领域以及涉及交叉学科领域进行了重点研究。

本报告除综合报告外,还包括农业微生物学学科发展、医学微生物学与免疫学学科发展、真菌学学科发展、病毒学学科发展、微生物生理与代谢学科发展、微生物生态学学科发展、环境微生物学学科发展、海洋微生物学学科发展、微生物毒素与食品安全学科发展、微生物分类学与菌种保藏学科发展、酶工程学学科发展 11 个专题报告。为了保证本报告在同行中的认可程度,我学会组织业内专家讨论并征求意见,形成了以中国微生物学会理事长、中国科学院上海生命科学院植物生理生态研究所赵国屏院士为首席科学家,包括有近 50 位专家学者组成的专家组,参加了综合报告和专题报告的研究和撰写。

在此,我会诚挚地向参与本报告研究工作的专家、学者表示深深的谢意!向为本书出版付出辛勤劳动的工作人员表示感谢!在大家支持下,2009 年度的研究工作圆满完成。相信我们的工作对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态,深入开展研究,推进学科交叉、融合与渗透,促进科技创新具有非常积极的意义。

由于时间和经验所限,学科发展进程把握不够全面,本报告难免有不足之处,敬请读者批评指正。

中国微生物学会

2010 年 1 月

目 录

序	韩启德
前言	中国微生物学会

综合报告

微生物学学科发展	(3)
一、本学科领域的战略地位	(3)
二、本学科的发展规律和研究特点	(5)
三、近年来本学科领域的研究现状与发展趋势	(9)
四、人才队伍建设、资助情况、重要成果等	(14)
五、未来 5~10 年本学科领域的发展布局、优先领域以及国际合作	(15)
六、保障措施	(17)
参考文献	(17)

专题报告

微生物分类学与菌种保藏学科发展	(21)
农业微生物学学科发展	(33)
医学微生物学与免疫学学科发展	(44)
真菌学学科发展	(55)
病毒学学科发展	(73)
微生物代谢工程学科发展	(87)
微生物生态学学科发展	(97)
环境微生物学学科发展	(110)
海洋微生物学学科发展	(120)
微生物毒素与食品安全学科发展	(129)
酶工程学科发展	(141)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Progress of Microbiology	(151)
--------------------------------	-------

Reports on Special Topics

Development of Microbial Taxonomy and Culture Collection	(156)
Development of Agricultural Microbiology	(157)

Development of Medical Microbiology and Immunology	(158)
Development of Mycology	(159)
Development of Virology	(160)
Development of Microbial Metabolic Engineering	(162)
Development of Microbial Ecology	(163)
Development of Environmental Microbiology	(164)
Development of Marine Microbiology	(165)
Development of Microbiological Toxins and Food Safety	(166)
Development of Enzyme Engineering	(169)

综合报告

微生物学学科发展

微生物学(microbiology)是生命科学领域中重要的基础学科之一。微生物作为最简单的生命体而成为生命科学研究不可替代的基本材料,由此也奠定了微生物学在生命科学中的基础地位,对探索和揭示生命活动的规律,推动自然科学的发展发挥了十分重要的作用。微生物极其丰富的生物多样性决定了它们具有代谢产物多样性,同时又与人类、动植物和环境有着密切的相互作用,因此,微生物学、微生物技术与微生物工程都在生产实践中具有广泛的应用,成为现代生物技术的重要组成部分,微生物学已成为应用领域里十分活跃的一门学科^[1]。

一、本学科领域的战略地位

1. 微生物学在生命科学中的重要地位

现代生命科学关于生命活动基本规律的若干基础性的重大发现与理论,是在研究微生物的过程中或以微生物为实验材料与工具取得的。例如,利用酵母菌无细胞制剂进行酒精发酵的研究,不但阐明了生物体内的糖酵解途径,且为生物化学领域的酶学研究奠定了基础;肺炎双球菌的转化试验,证明了 DNA 是遗传物质;而 DNA 双螺旋结构的确定,遗传密码的揭示以及中心法则的建立,从研究思路到实验方法都与微生物学有密切的关系;大肠杆菌乳糖操纵子的研究,为基因表达调控研究开创了先河;RNA 逆转录酶的发现,以 DNA 重组为标志的生物技术的兴起,首先都是以微生物为实验材料实现的。微生物学的发展导致了生命科学一批新兴领域的诞生,推动了生命科学的蓬勃发展。微生物作为深入研究生命本质的重要材料,仍将继续发挥不可替代的作用。

2. 微生物学在生物技术领域中的特殊作用

微生物具有生长速度快、结构简单、易操作等特点。21 世纪以来,微生物在生物技术的发展中起到了举足轻重的作用。以微生物学研究为基础建立的新理论、新思路和新技术对其他生物物种的研究具有重要的指导意义。作为基因工程的外源 DNA 载体,都是来源于微生物本身(如噬菌体、病毒)和微生物细胞中的质粒;基因操作中被用作切割与缝合基因的数千种工具酶,绝大多数都来自不同的微生物。当今已经大量生产的遗传工程产品,大多数是以微生物作为基因工程的受体,如大肠杆菌(*Escherichia coli*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、变青链霉菌(*Streptomyces lividans*)和酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)等。以微生物为基础,一些重要的生物活性物质被大量生产,并在相关行业中发挥了重要作用。

(1)微生物制药:人类很多疾病是由微生物引起的,而这类疾病的防治又主要是微生物产生的药物,历史上最为典型的,就是微生物产生的抗生素的发现和广泛利用,成为人

类战胜感染性疾病的最重要和最有效的武器。自遗传工程开创以来,昔日由动物才能产生的胰岛素、干扰素和白细胞介素等昂贵药物纷纷转向由“微生物工程菌”来生产。与人类生殖、避孕等密切相关的甾体激素类药物也早已从化工生产方式转向微生物生物转化的生产方式。

(2)微生物能源:微生物可以把自然界蕴藏量极其丰富的纤维素转化成乙醇;产甲烷菌能把自然界蕴藏量最丰富的可再生资源转化成甲烷;光合细菌、蓝细菌或厌氧梭菌等微生物生产“清洁能源”——氢气等。

(3)微生物采油:通过微生物发酵产气或其代谢产物来提高石油采收率,如微生物产生的黄原胶可作为注水增稠剂,注入油层驱油;也可作为钻井黏滑剂,同时可脱去石油中的石蜡,改善成品的品质。又如用多元复合功能菌群(如好氧产表面活性剂菌与厌氧产气酸菌共培养)来开发多元微生物采油技术。

(4)微生物监测:用艾姆氏(Ames Test)法检测环境中的“三致”物质,用 EMB(伊红美蓝琼脂培养基的简称)培养来检查饮水的肠道病原菌等。

(5)微生物环境保护:用微生物肥料、微生物杀虫剂或农用抗生素来取代会造成环境恶化的各种化学肥料或化学农药;利用微生物生产的聚羟基丁酸酯(PHB)来制造易降解的塑料制品;利用微生物来净化生活污水和有毒工业污水;利用微生物技术来监察环境的污染度等。尽管基因工程所采用的外源基因供体可来自各种动植物或人类,但微生物由于其生理代谢类型的特点,因而很自然地成了外源基因有效表达和高效表达的首选受体。微生物在新兴的生物技术产业中,已经捷足先登,为人类创造了巨大的财富。作为生命科学的重要分支,微生物学未来在农业、工业以及医药等三大生物技术产业领域中将发挥极为重要的作用。

3. 微生物学对社会生产力发展的重要贡献

人类的生存与活动,依赖一个平衡的生态系统,而我们肉眼看不见的微生物是地球生态系统的真正主宰者。

在地球上,微生物无处不在,土壤、水体、空气等都是微生物存在的载体。微生物世界在很大的程度上控制着地球生态系统的发生与发展,推动着地球生物化学循环,影响着土壤生命力、水质和全球气候的演变,在环境、能源、农业和健康等领域都发挥着十分重要的作用。当然,微生物的这些作用,像一把双刃剑,可有益于人类的生存和发展亦可对人类造成巨大的危害。

有益微生物在人类健康和工农业生产中有重要的作用。在今天,工业微生物技术已渗透到包括医药、农化、能源、精细化工、环境保护等几乎所有的工业领域,并且扮演着重要角色。微生物所产生的次级代谢产物是医药工业的重要原料来源。20 世纪 20 年代青霉素的发现曾拯救了无数人的生命,是医药史上的里程碑式的革命。从那时起,从微生物中筛选重要的次级代谢产物,尤其是抗生素等药物的研究蓬勃发展,方兴未艾。除抗生素外,微生物产生的氨基酸、核酸类物质、有机酸、维生素、酶制剂、多糖、醇类、微生物肥料、微生物农药等也是被研发的主要产物。另外,还可利用微生物,将光合作用存储在植物生物物质中的能量转化成乙醇、甲烷、氢气等我们可以方便利用的可再生能源^[2]。因此,由微生物产生的一系列新的产品和技术已形成了一个庞大的现代生物技术工业王国,并且呈

现快速增长的势头。

微生物是自然物质循环中的清道夫,在环境保护方面有着至关重要的作用。由于人类社会经济的发展和人类活动,带来了许多生态环境问题,如工业“三废”、农药残留、生活垃圾等,使人类面临日益恶化的生存环境。微生物可直接参与污水处理、环境净化、生物恢复等。在改善人类生存环境、满足人类社会经济可持续发展的紧迫要求方面,微生物又以提供生物农药、生物肥料、生物可降解塑料等一批环境友好产品来代替目前仍大量使用的化学合成农药、化肥以及源自石油化工的、难以自然降解的各类塑料制品,从而还人类一个洁净的生存环境。

另一方面,有害微生物对人类健康和工农业生产都会造成巨大危害,从而影响生产力的发展。人类许多疾病是由微生物所引起的,由病毒、细菌和真菌等引发的疾病迄今仍是困扰人类健康的主因。21世纪,微生物引起的传染病仍然是世界范围内引起人类死亡的首要原因,而且在全球范围内面临着“老传染病持续存在、曾一度被控制的传染病又死灰复燃、新传染病不断出现、已知病原的耐药性急剧增加”等严峻挑战。例如鼠疫、结核、痢疾和霍乱等老传染病仍严重威胁着人类的健康,而且,在与人类斗争过程中,病原微生物也不断进化,已演化出诸如 O157:H7 大肠杆菌、O139 霍乱弧菌和多重耐药结核杆菌等新基因型和耐药的致病菌株。病毒是严重威胁人类健康的病原体,一些病毒感染所引起的疾病,如艾滋病、肝炎、高致病性流感等已成为目前对人类健康威胁极大的传染性疾病,而且不断有新病毒如尼帕病毒、SARS 等引起的疾病的爆发和流行,对人类健康和社会安定产生了巨大的威胁。特别是微生物毒素涉及生物战争、食品安全等重大问题,例如,真菌毒素是产毒真菌在谷物或食品中生长繁殖而产生的有毒代谢产物,特别是黄曲霉毒素、伏马菌素、呕吐毒素、T-2 毒素、棕曲霉毒素、展青霉素等对食品和饲料的污染造成了世界性的安全、经济与贸易问题。此外,微生物造成农产品和某些工业产品的腐烂变质。从科学角度认识和防治有害微生物依然是人类所面临的重要问题。

因此,着力开展微生物学研究并推动相关技术产业的发展,对疾病预防与控制、食品安全监控、能源开发与利用、环境保护、生物医药与加工等众多领域具有重要的战略意义,其所带来的经济效益和社会效益将是难以估量的。

二、本学科的发展规律和研究特点

(一)微生物学发展的历史回顾

微生物学的发展经历了漫长的几个不同发展阶段。从 1676 年荷兰人列文虎克(Anthony van Leeuwenhock)首次用显微镜观察到细菌起,直至 19 世纪中叶近 200 年中,作为微生物学的萌芽期,人们对微生物的研究仅停留在形态描述和个体观察记载的低水平上,而对它们的生理活动及其对人类健康和生产实践的重要性没有更多的认识。

从 1861 年法国的巴斯德(Louis Pasteur)通过曲颈瓶实验推翻了生命的自然发生说(spontaneous generation),创立了胚种学说(germ theory)起,直至 18 世纪 90 年代,是微生物学的创建时期。在这段时间内,以巴斯德和科赫(Robert Koch)为代表的微生物学家

们建立了诸如分离接种和纯培养、细菌细胞的染色技术、显微摄影技术等一系列微生物学的研究方法和技术,寻找并确证了炭疽病、结核病和霍乱病等一系列严重传染疾病的病原体等,开始对微生物的生命活动及其对人类实践和自然界的作用进行初步研究。这些成就奠定了微生物学成为一门科学的基础,并由此开创了寻找病原微生物的黄金时期,把微生物学的研究从形态描述推进到生理学研究的新水平。在这个时期,微生物学的许多分支学科逐步形成,尤其是建立了解决当时实际问题的几门重要应用微生物学科,例如细菌学、酿造学、土壤微生物学、植物病理学等。

1897年德国化学家布奇纳(E. Buchner)利用石英砂研磨酵母,发现其无细胞滤液能发酵葡萄糖产生酒精和 CO_2 ,他把这种能发酵的物质称为“酒化酶”,标志着微生物学的研究进入了生化水平。在此期间,由微生物产生的一些重要产物,如抗生素、维生素等不断被发现,尤其是1928年Fleming发现了青霉素,开创了工业微生物产业的先河,应用微生物学领域中出现了工业微生物学等分支学科。20世纪40年代初,真菌学、细菌学、病毒学、工业微生物学、土壤微生物学、植物病理学、医学微生物学及免疫学等分支学科开始迅速发展。值得一提的是,对粗糙脉孢菌(*Neurospora crassa*)、大肠杆菌和噬菌体进行的大量遗传学研究表明,微生物、尤其是细菌在遗传变异本质上与高等植物有着高度的一致性。有远见的科学家开始以微生物作为“探针”,研究生命现象的普遍规律,认识复杂的生物及其环境。1953年Watson和Crick提出了DNA双螺旋结构模型之后,以解析中心途径为核心的分子生物学应运而生,而微生物细胞结构的简单,微生物体系体内(遗传)和体外(生化)研究结合之简便,使微生物学的研究被率先、迅速推向分子生物学研究的新高度。在微生物遗传学的主流大旗下,原来相对独立的微生物学各分支学科与分子生物学进行交叉融合,使微生物学一跃成为生命科学领域内一门发展最快、影响最大、体现生命科学发展水平的前沿学科。微生物作为研究生命现象最简单的模式,成了现代分子生物学、细胞生物学研究中最频繁选用的实验材料。在应用研究方面,逐步朝着人为有效控制的方面深入发展。20世纪70年代初,在基因工程的带动下,传统的微生物发酵工业发生了质的变化,成为生物技术的重要组成部分。进入20世纪90年代之后,以微生物为基础的DNA克隆和测序技术成为人类基因组计划的支撑,而人类基因组计划,也以大肠杆菌和酿酒酵母为基因组测序和注释的模式,获得了迅速的发展。此后,运用基因组技术阐明微生物生命活动的全貌已成为微生物学的重要发展趋势。自1995年7月美国完成嗜血流感菌的全基因组测序以来,已有915株微生物的全基因组完成测序,另有1985株的微生物基因组测序正在进行中(NCBI数据,截至2009年6月)。基因组学的迅速发展使人类可以从宏观和全局的角度观察构成生命的所有基本信息,从而极大地开拓了人类的视野。基因组还是其他现代生命科学与技术研究基础,无论是转录组学、蛋白质组学、代谢组学及调控网络,都极大地受惠于基因组学得到的海量数据。因此,微生物学的研究已率先从分子生物学时代进入“组学”数据基础上,全面认识生命规律的系统生物学(systems biology)时代。

我国微生物学研究的起步较晚,20世纪初,我国的医学微生物学和工业微生物学的研究开始起步。30年代,我国学者开始对医学微生物学有了较多的实验研究。同时期,实业部南京中央工业试验所和黄海化学工业社分别设立了酿造研究室和菌学研究室,在

我国工业微生物学的早期发展中起了重要的作用。不过,直到 20 世纪 40 年代后期,我国的微生物学研究和应用只有零星的工作,未形成自己的队伍和研究体系。新中国成立后的第一个十年,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,抗生素、酒精厂等现代微生物工业的诞生向微生物学工作者提供了展示才能与贡献的机会。在这十年中,选育了一批优良菌种,促进了医药工业和发酵工业的发展,获得了一些新抗生素以防治人类疾病和动植物的病害,大量培植和推广了根瘤菌、好氧性固氮菌和分解有机磷细菌,开展了利用微生物勘探石油的工作。20 世纪 60 年代,根据国家 12 年科学发展规划,进行了许多理论性研究的初步工作,现代化的发酵工业、抗生素工业和农药、菌肥工业已经形成一定规模。改革开放 30 年,我国的微生物学和其他学科一样,进入了一个全面发展的新时期。在微生物资源的调查和开发、微生物次级代谢的研究、微生物与植物相互作用的研究、微生物致病与免疫机理的研究以及病毒的结构、功能及与宿主关系的研究等方面都取得了较大的发展。我国科学家在第九个五年计划期间,开始积极参与国际基因组计划,包括水稻和人类基因组计划。与此同时,我国微生物学界也及时抓住了这个机遇,自 1999 年开始展开细菌的基因组测序和注释的工作,并在此后取得了一系列重要的科研成果,建立了有效的高通量平台。我国微生物基因组的工作,已经有力地推动了我国微生物研究和微生物生物技术的发展,一个新的飞跃,就在我们的面前。

(二)微生物学研究的特点

随着国际上微生物学研究的不断深入,我国的微生物学发展也取得了跨越式发展。具有以下总体特色。

1. 应用基础为主导、基础研究上水平、应用研究求拓展

我国微生物学近些年的研究主要以应用基础为主导,围绕有应用前景和社会需求相关的领域开展工作,进行应用前期的微生物菌种改造,高产工程菌的构建及发酵条件的优化等工作。同时,基础性研究主要是研究微生物生命现象的基本特征:分类与系统发育定位、生理生化与遗传发育特性、基因表达调控及其机制研究等。整体水平虽然与国际一流水平相比还有一定的距离,但有些工作已经达到了国际先进水平。如次级代谢的生物合成调控、古菌遗传及其操作系统的构建、病毒复制及其与宿主的相互作用等。为解决生产中的实际需要,服务于国家经济建设的需求,应用研究在我国发展很快,涉及面在不断拓展。如在微生物农药、微生物肥料、生物质能源、环境友好的生物质材料、污染物的微生物降解等方面取得了较大的进展。

2. 加强学科交叉和融合,新的学科生长点不断产生

在分子生物学发展早期,以大肠杆菌及其噬菌体作为研究材料阐明了遗传和突变的基本规律。许多生命现象首先在微生物中发现,而后被证实高等生物中也存在。相反,也有些最早是在高等生物中发现的生命现象,后来也发现存在于微生物中。例如膜蛋白运送中的信号识别蛋白(SRP)首先是在骨髓瘤细胞中被发现,接着在嗜盐细菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌中都发现相同或相似的蛋白质,在膜转运过程中,它们有