

# 生物技术专业环境微生物学课程探索与改革

曹理想<sup>1,2\*</sup> 张仁铎<sup>1,2</sup>

(1. 中山大学 生命科学学院 广东 广州 510275)

(2. 中山大学 环境科学与工程学院 广东 广州 510275)

**摘要:** 本文主要介绍对生物技术专业高年级学生或研究生开设的环境微生物学课程在教学内容、教学方法与考核方式方面的改革, 主要包括制定新教学大纲、选择新版中英文教材、引用创新成果更新授课内容、引导学生自主学习和注重能力考核等方面。

**关键词:** 生物技术, 环境微生物学, 教学改革

## Exploration and Teaching Reform of Environmental Microbiology Courses for Students Majored in Biotechnology

CAO Li-Xiang<sup>1,2\*</sup> ZHANG Ren-Duo<sup>1,2</sup>

(1. School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

(2. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

**Abstract:** Some reforms in teaching content, teaching modes and examination of the environmental microbiology course for students (including senior undergraduate and graduate students majored in biotechnology) were presented. The reforms include how to renew teaching outline, chose new textbooks in English and Chinese, renew teaching contents, and the means to encourage active learning and examine the capacities of students.

**Keywords:** Biotechnology, Environmental microbiology, Teaching reform

生物技术是在生命科学基础上发展起来的一个新兴独立的技术领域。1981年, 国际纯粹与应用化学联合会将生物技术定义为: “将生物化学、生物学、微生物学和化学工程应用于工业生产过程(包括医药卫生、能源及农业产品)及环境保护的技术”。1982年, 国际经济合作及发展组织提出生物技术定义为: “应用自然科学及工程学原理, 依靠生物作用剂(Biological agents)的作用将物料进行加工以提供产

品为社会服务的技术”。1986年, 我国国家科委制定《中国生物技术政策纲要》时, 对生物技术的定义为: “以现代生命科学为基础, 结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理, 按照预先的设计改造生物体或加工生物原料, 为人类生产出所需的产品或达到某种目的”<sup>[1]</sup>。因此现代生物技术是一门多学科相互交叉、渗透的综合性学科, 应用领域包括医药、环境、农业、畜牧业、食品、化工、林业、

采矿冶金、材料、能源等领域。1998 年教育部颁布了新修订的专业目录和《关于普通高等院校修订本科专业教学计划的原则意见》，开始在我国多数高校设立生物技术本科专业，并指出：教学计划修订的核心是调整学生的知识、能力、素质结构，淡化专业意识，拓宽基础，加强素质和能力培养。但作为一个新兴专业，目前并没有反映生物技术专业要求的课程体系，大多采用以前生物系各专业的课程体系，侧重于介绍医药生物技术领域的内容。因此有必要对目前的课程体系按照整体规划重新编排，开设符合我国生物技术发展要求的课程。

20 世纪 70 年代，环境微生物学作为一门学科出现于学术界，最初的研究焦点是水质和环境中原体的归宿方面。由于它在整个环境科学的发展中起着重要作用而得到迅速发展。随后在国外一些大学作为正式课程开设，英国与瑞士等国开始招收环境微生物学专业的研究生。早期的教材包括美国著名的微生物生态学家 Mitchell R 教授所著《环境微生物学导论》，于 1973 年发行第 1 版。我国于 1980 年 12 月在南宁召开的水生态和环境微生物学术研讨会上开始讨论建立环境微生物课程，随后作为必修的基础课程为环境科学与环境工程专业学生开设<sup>[2]</sup>。现代环境微生物学的研究领域不仅包括环境中的病原体与生物修复，作为环境生物技术领域的重要部分，环境微生物学的研究领域已渗透到空气微生物学、农业与土壤微生物学、生物地化循环、微生物检测、食品质量控制、资源生产、能源与金属回收、废水处理、水处理等领域<sup>[3]</sup>。《微生物学通报》于 2008 年开始连续每年出版“环境微生物专刊”，介绍国内环境微生物学研究的进展<sup>[4]</sup>。因此为生物技术专业高年级学生或研究生开设环境微生物学选修课程可以使学生重新回顾普通微生物学、生物化学、遗传学、有机化学和生态学等课程的基本知识，而且了解这些基本知识在实践中的应用，也为学生下一步从事科学研究或生产实践打下基础，有利于淡化学生的专业意识，调整学生的知识结构，从而加强素质和能力培养。生物技术专业环境微生物学课程仅有 36 个学时，学生基础同环境类专业学生有很大差异，因此需要对目前在环境类专业开设的环境微生物学课程进行调整，使之符合生物技术专业学生的培养要求。我们按照培养学生掌握基本知识

(基本方法、基本概念和基本理论)，训练科学的学习方法，然后引导学生自学所需的其他知识，扩大知识的广度和深度的原则，对环境微生物学课程的教学内容、教学方法及考核方式进行了改革探索，在此供同行们参考和指正。

## 1 加强院系与学科交流，借鉴已有经验，制定教学大纲

由于种种原因，生物类专业以前很少开设环境微生物学课程<sup>[5]</sup>，所以生物技术专业环境微生物学课程没有可资借鉴的教学大纲与教学经验。在以前有些学校曾开设过与环境微生物学课程相近的《微生物生态学》课程，虽然微生物生态学是研究微生物之间及其与周围环境(包括生物与非生物成分)的关系或相互作用的科学，环境微生物学是研究微生物对周围环境和人类活动、健康、福利影响效应的应用科学，但由于微生物生态学领域的研究对环境微生物学来说是必不可少的，所以二者有密切的联系。我们在《微生物生态学》课程的基础上，同我校环境科学与工程学院《环境微生物学》课程教学团队建立联系，互相提供感兴趣的信息，交流教学经验与体会，在充分理解环境微生物学内涵的基础上，根据生物技术学生的基础与培养目标，确立生物技术专业环境微生物学课程的教学目标是通过介绍环境微生物学基础知识与相关学科内容，提高学生自觉利用所学生物学基础知识解决相关领域实际问题的能力，培养具有创新意识的应用型人才，并根据此目标制定相应教学大纲。

## 2 精心挑选教材与参考书

教材是体现教学内容的知识载体<sup>[6]</sup>，为获得能系统地、完整地反映环境微生物学知识体系和现代环境微生物学领域最新研究成果的优秀教材，我们对多种国内外的优秀环境微生物学教材进行比较，选择 Raina M Maier、Ian L Pepper 与 Charles P Gerba 联合编写的《Environmental Microbiology》<sup>[3]</sup>与 Gareth M Evans 与 Judith C Furlong 合编的《Environmental Biotechnology: Theory and Application》<sup>[7]</sup>为主要教材，这两本教材分别由张甲耀和邢新会等翻译为中文<sup>[8-9]</sup>，教材的中文版本作为辅助教材使用。除此之外还向学生推荐了 Raina M

Maier、Ian L Pepper 与 Charles P Gerba 联合编写的《Environmental Microbiology (Second Edition)》<sup>[10]</sup>以及周少奇编著的《环境生物技术》<sup>[1]</sup>、王国惠主编的《环境工程微生物学》<sup>[11]</sup>、张兰英等编著的《现代环境微生物技术》<sup>[12]</sup>、常学秀等编著的《环境污染微生物学》<sup>[13]</sup>、王家玲主编的《环境微生物学》(第2版)<sup>[14]</sup>作为参考书。为解决学生英文版教材的供应问题,学院图书馆购置了多套相应影印版教材,供学生轮流借用,同时将主要内容制作成相应电子版课件,供学生上课前下载与复制。教材与参考书相互结合使用,避免了单纯靠一本教材带来的局限和不足。同时,中英文版本教材的同时使用,也使学生在学习时没有语言负担,利于提高教学效果,而且在学习环境微生物学基本知识的同时还可以学习环境微生物学专业英语,进而提高学生阅读英文原版教材与英文文献的能力,借助学校网络获取更多更新的环境微生物学相关知识。

### 3 跟踪相关学科与创新成果,更新授课内容

我们的教学对象是生物技术专业高年级本科生或研究生,微生物学、分子生物学基本知识与实验技术都已掌握,因此在教学中删除与微生物学、分子生物学内容相重复的部分,而代之以其他相关学科内容。如介绍煤炭与石油微生物脱硫时穿插煤炭中硫的赋存形态与我国煤炭中硫的分布状况以及目前煤炭微生物脱硫中存在的问题。由于脱硫微生物部分菌株又应用于微生物冶金,可以很自然地把学生的学习内容转移到微生物冶金方面,同时还可以向学生介绍矿物特性、矿物的粒度分布、元素的赋存状态、常见硫化物的晶体化学以及我国金属矿产资源的特点,这些内容对于生物技术专业学生来说在其他课程中很少接触到,同时与实际应用密切相关,学生对这些内容都表示很大的兴趣。从地球化学的角度来讲,矿藏资源与环境污染都是一些物质在自然作用或人为作用下的过度富集,因此在介绍微生物修复环境污染时还向学生介绍微生物矿化以及深海热液系统中硫酸盐还原菌和硫细菌的矿化作用及对深海成矿作用的影响。趋磁细菌中磁小体的发现引起了对微生物功能及其矿化产物的关注,对其研究显示趋磁细菌具有自我组装能力,由此引

发材料科学的“智能化”革命,我们逐渐将教学内容引入纳米生物技术研究范围,并向学生介绍了2006年发表在《Science Express》上的一篇利用M13噬菌体表面蛋白组装锂电池电极的研究报告,这些都激发了学生对课程的学习兴趣。虽然选用教材内容比较新颖,但相对于生物技术的发展来说还显滞后,为保持教学内容新颖,我们经常从一些生物技术类的知名刊物如《Nature Biotechnology》、《Biotechnology and Bioengineering》、《Journal of Biological Engineering》等中选择创新性的研究成果丰富教学内容。我们曾选择了2008年发表在《Journal of Biological Engineering》上的一篇研究细菌计算机的文章,以及2009年发表在《Biotechnology and Bioengineering》上利用噬菌体表面展示技术筛选矿石的论文丰富教学内容,极大地提高了学生的学习热情。下课后,多名学生索要论文全文,并请教文献检索方法。这些不同学科通过微生物相联系的教学内容,自成一体,淡化了学生的专业意识,并认识到生物技术在其他学科的应用前景,课后自愿学习相关内容,提高自学能力。

### 4 注重启发式教学,引导学生自主学习

仅根据教材内容讲解,学生兴趣不高。如果先提出问题或现象,然后引导学生解决问题或分析现象,往往会取得更好的教学效果。在介绍肠道微生物时,我们以“麝香猫咖啡豆”为引线,逐渐展开肠道微生物学的内容,最后介绍2003年发表在《Nature Biotechnology》上的一篇利用口服表达IL-10的乳酸乳球菌治疗人炎症性肠炎的报道,并将其与利用大肠杆菌表达IL-10的结果相比较,学生不仅了解了乳酸菌表达系统,而且认识到利用微生物与宿主的关系可以改进药物投送方式,从而达到治疗效果。这些内容也是对医药生物技术内容的补充。在介绍微生物处理废水时,我们告诉学生已有研究利用废水产电,让学生思考实验原理,从而引出微生物燃料电池的内容,根据微生物燃料电池的原理又引出生物传感器的原理及研究进展,并进而向学生介绍了由美国海军部支持的一项利用大洋沉积物中的异化金属还原菌设计新型微生物燃料电池的计划及研究进展。从这些内容展开介绍微生物在可再生能源生产以及微生物采油与修复石油污染的内

容。在介绍微生物修复炸药污染时,首先向学生指出美国萨瓦纳河技术中心与英国爱丁堡大学正在研究利用细菌探测地雷的方法,希望学生也能设计相应技术,经学生讨论提出初步方案后,向学生介绍其设计原理,从而提高学生学习这部分内容的兴趣。部分学生表示从未想过生物技术在这方面的应用,从而扩展学生的视野。启发式教学对于提高学生的学习兴趣和,改善教学效果,提高知识应用能力十分有效。部分学生在进行学校的本科生开放课题选择时开始选择环境微生物学方面的课题进行研究。

## 5 精心设计考题,注重能力考核

目前高校普遍采用考试制度评价学生的学习效果,因此考核方式的改革关系到我们课程改革的成败。我们注重能力考核,采用两部分考试(闭卷考试与开卷考试)相结合的考核方式。闭卷考试注重基本知识的考核,但考题来源于发表文献或实际应用,减少记忆性内容,主要基本点都在题目中给出,学生在答题时也可以学到相关基本知识,达到利用考试促进学生学习的目的。如我们根据法国巴斯德研究所构建的利用 SOS 反应检测致突变物的大肠杆菌 PQ37 菌株为题目,让学生回答这种检测方法的原理以及比 Ames 试验方法检测快速的原因就考察了学生利用相关知识的能力。我们还设计了让学生利用噬菌体检测相应的病原微生物以及确定水体中粪便污染的指示微生物等题目都获得学生的欢迎。而开卷考试则是提出实际问题,让学生设计解决问题的实验方案,学生自己查资料,老师加以辅导,基本上可以设计出合理的实验方案。这种考核方式在提高学生利用所学知识解决实际问题能力的同时也减少了以往学生复印笔记、考前突击的情况,为学生毕业后就业与研究打下基础。

我们对生物技术专业环境微生物学课程教学内容、教学方法与考核方式的改革达到了预期效果。近两年学生的评教结果均在优秀,选课人数有大幅提高,并吸引了非生物技术专业的旁听生。目前国

际上生物技术发展迅速,生物技术的创新正在带动着生物技术产业的发展。现在接受生物技术专业本科教育的学生在 10-15 年后将成为我国生物技术研究开发的主力,他们的培养质量将直接影响到今后我国生物技术的发展水平。相应地,我们对生物技术专业课程的改革需不断进行,使培养的学生符合现代生物技术的发展要求。

## 参考文献

- [1] 周少奇. 环境生物技术. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 翁稣颖, 戚蓓静. 关于环境微生物学教学的通讯. 微生物学通报, 1982(2): 91-92.
- [3] Maier RM, Pepper IL, Gerba CP. Environmental Microbiology. San Diego: Academic Press, 2000.
- [4] 李顺鹏, 孙国萍. 快速发展的我国环境微生物学. 微生物学通报, 2009, 36(4): 465-466.
- [5] 张明, 唐欣响, 郭宁, 等. 非环境专业《环境微生物学》教学体系的建立研究. 微生物学通报, 2002, 29(4): 113-116.
- [6] 李靖, 周玉林, 关杰. 环境微生物学教学改革探索与实践. 微生物学通报, 2009, 36(11): 1766-1771.
- [7] Evans GM, Furlong JC. Environmental Biotechnology: Theory and Application. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [8] 张甲耀, 宋碧玉, 郑连爽, 等译. 环境微生物学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] 邢新会, 译. 环境生物技术——理论和应用. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [10] Maier RM, Pepper IL, Gerba CP. Environmental Microbiology (Second Edition). San Diego: Elsevier Inc, 2009.
- [11] 王国惠. 环境工程微生物学. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [12] 张兰英, 刘娜, 孙立波. 现代环境微生物技术. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [13] 常学秀, 张汉波, 袁嘉丽. 环境污染微生物学. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 王家玲, 李顺鹏, 黄正. 环境微生物学. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2004.