

## 环境微生物学教学改革与学生创新能力的培养

张小凡\* 周伟丽 王志平 袁海平

(上海交通大学 环境科学与工程学院 上海 200240)

**摘要:** 培养具有科学创新能力的科研人才和解决实际问题的工程应用型人才,是教学研究型大学的核心任务。针对环境微生物学课程的理论与实践教学,文章从教学内容、教学方法等几个方面进行了探讨,为环境微生物学教学改革提供了新的思路。

**关键词:** 环境微生物学, 教学改革, 教学方法, 能力培养

## Teaching reform of Environmental Microbiology and cultivation of students innovative ability

ZHANG Xiao-Fan\* ZHOU Wei-Li WANG Zhi-Ping YUAN Hai-Ping

(School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** An important mission of teaching-and-research-based university is to develop the students' scientific innovation and their ability of solving the practical problem. In order to improve the theoretical and practical teaching of the subject Environmental Microbiology, discussion on course contents, teaching method, etc. is made in this paper, which provides a new idea for the curriculum reform of Environmental Microbiology.

**Keywords:** Environmental Microbiology, Curriculum reform, Teaching method, Ability training

环境科学与工程是一个应用性较强的专业,如何培养大批具有宽厚、复合、开放、创新特征的高水平、高素质、国际化人才,是摆在每位专业教师面前亟待解决的问题。高素质创新型人才的培养是一项系统工程,实现这一目标必须提高教育质量,对传统以传授知识为主体的教育观念、教育模式、教学内容和教学方法等进行改革。教学是联系宏观的教育理论与微观的教育实践的纽带,无论什么样的教育观念、教育思想、教育理论和培养目标,最

终都必须借助教学才能实现。如何在专业课教学过程中,渗透学生能力培养,是我们在环境微生物学课程教学中一直努力的方向。几年来,我们在环境微生物学教学中进行了一些改革和实践,取得了一定的成效。本文就此谈几点体会,与同行探讨。

### 1 教学内容的拓展与更新

教学内容的改革是教学改革的中心。环境微生物学具有内容多、发展快、实践性强等特点,客观

基金项目: 上海交通大学教学发展中心教学发展基金项目

\*通讯作者: Tel: 86-21-54748942; 信箱: xf\_zhang@sjtu.edu.cn

收稿日期: 2013-05-06; 接受日期: 2013-07-26; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2013-10-12

上造成微生物学知识零碎化,学生难以系统理解和掌握。因此,必须根据环境微生物学课程特点和人才培养目标,确定和改革授课内容,以确保教学效果,达到应有的教学目的。

随着科学科技的迅速发展,一批新的微生物学科,如微生物分子生态学、微生物基因组学、微生物蛋白组学等正在孕育和形成。很多新技术、新方法,如 RT-PCR、原位荧光杂交技术(*Fluorescence in situ hybridization*, FISH)、PCR-变性梯度凝胶电泳(PCR-DGGE)等在环境科学中被广泛应用<sup>[1-3]</sup>。必须在教材内容的基础上适当地增加一些比较前沿的新知识、新技术、新问题。例如,在讲述微生物细胞内含物核糖体时,系统介绍了 16S rRNA 的特点,序列分析、数据库检索方法,及其在微生物分类学和系统进化研究中的重要意义等内容;在微生物的遗传与变异章节,通过污染物致突变性检测试验(Ames 试验)展开介绍了化学污染物的致突变作用与致癌作用之间的密切相关性及诱变剂的共性原则;在介绍微生物发光及萤光素酶部分时,增加了报告基因及其在微生物降解污染物、生物膜菌群构架和环境生态学等研究领域的应用<sup>[4]</sup>。这些内容的补充即能使学生了解到分子生物学技术在环境科学中的应用及环境学科的发展方向,又能加深学生对已有知识的理解。

此外,教师在平时应密切关注本学科在环境科学中的应用与发展,掌握国际上最新的专业动态及前沿知识,充实自己的专业信息。并把一些对学生学习、掌握专业知识有用的网站及时推荐给学生,利用学校的网络图书资源,指导学生上网查寻相关资料,以增加信息量和扩大知识面。

## 2 教学方法的改进

教学方法是教师和学生为了实现共同的教学目标,完成共同的教学任务,在教学过程中运用的方式与手段。为了确保教学效果,达到应有的教学目的,我们进行了如下改进。

**2.1 上好第一节课,培养学生积极学习的态度**  
“好的开头等于成功的一半”,任何一本教材都

有一个开头。绪论是一门课的开头,讲好绪论,可以激发学生对本课程产生浓厚的兴趣和强烈的求知欲望;绪论也是一门课的纲领,它贯穿教材、统领全书;绪论还可以给学生指引学习方向,激发学生学习的自觉性和积极性。绪论课的教学效果在于不仅能给学生留下深刻的印象,还直接影响到学生对一门课的认知和重视程度。

在环境微生物学课程教学中,要培养学生积极学习的态度,首先教师要熟悉掌握教材内容,精心准备教案,认真组织课堂教学;其次是广泛收集材料,然后加以整理,可以从日常生活现象入手,如从日常生活中的衣物发霉、剩饭变酸,到工业生产中的发酵、环保工程中的生物降解等引出微生物概念,也可以从历史上和微生物学相关的人文趣事着手,说明微生物的无处不在,比如青霉素的大规模生产,消除学生对知识学习的畏惧心理;三是向学生展示微生物学研究的前沿领域,如 FISH、PCR-DGGE、微生物传感器、转基因技术等,缩短学生与现代科学发展的距离,使学生知道本学科当前发展的趋势、研究的热点及有所争论的问题;四是培养学生的学习兴趣,兴趣是学生持久的内在动力,是学生发挥主观能动性的基础。

此外,教师在第一节还要告诉学生,教师对本门课程的期望和要求,使学生一开始就有明确的学习目标,对该课程也可以进行总体的规划。教师的治学态度决定学生的学习态度,也是营造班级良好学风的前提和关键。

### 2.2 采用渗透式教学,注重知识的系统性

环境微生物学课堂教学既要重视基础知识的教学,又要抓住教材的主线。教师通过对教材内容的整理和归类,使知识完整化、系统化,从而达到学科内各知识点的渗透和综合<sup>[5]</sup>。例如,在讲述微生物的质粒时,同时介绍微生物的抗药性、微生物细胞的转化以及质粒在生物工程中的重要作用。又如,在讲述细菌芽孢时,同时介绍高压灭菌、伴孢晶体(Parasporal inclusion)与转基因作物。在教学中,注意对这些不同知识板块中的类同点进行合理

的渗透,使学生客观地、科学地认识生物界,以更好地达到渗透式教学的效果。

### 2.3 采用启发式教学,调动学生的学习积极性

环境微生物学课程为环境科学与工程专业的主干课程,内容多且比较繁杂、抽象,要求理论与实践相结合,是一门难教且难学的课程。对于综合型课程,学生需要在学习过程中将各方面知识融会贯通才能更好地理解环境条件下的微生物活动对于环境污染及生态的影响,而传统的“老师讲、学生听”的教学方法更多是从具体的知识点展开,学生很难从整体加以把握。

运用启发式教学法,使学生在在学习过程中自始至终处于主动地位<sup>[6]</sup>。这样即可激发学生的学习兴趣,又强化了学生对所学知识的记忆。例如,在讲述“微生物细胞特殊结构荚膜”这部分时,只介绍1928年英国细菌学家 Fredrick Griffith 做的肺炎双球菌转化实验,在这个实验中,有荚膜的死细菌中有某些物质进入无荚膜的活细菌,使无毒性细菌转化为有荚膜的毒细菌,而造成“死细菌”死亡的原因留在“原核生物的转化”这部分,启发学生主动分析找到正确答案。又如,在讲解“病毒的繁殖”时,先阐述1952年美国 Alfred D. Hershey 和 Martha Chase 所做的 T2 噬菌体感染实验,启发学生回答 <sup>35</sup>S 和 <sup>32</sup>P 分别标记噬菌体的哪些部位?通过离心分离它们会停留在离心管的哪个部位?让学生思考为什么会出现这样的结果。这样可使学生会融会贯通前后所学的知识,并且准确把握相关知识点。通过启发式教学,激发学生思维,使学生摆脱课堂知识的枯燥乏味,提高知识的可接受程度,也提高了学生学习的积极性,变“要我学”为“我要学”。

### 2.4 采用讨论式教学,培养学生自主学习能力

环境微生物学是我院的重要专业基础课程,在课程教学中,对有关环境微生物学基本理论、基础知识、基本技能的内容进行重点阐述,让学生对环境微生物学知识有一个较全面的了解和掌握。而对资料性、热点性的内容则在介绍基本概念后,提出问题,让学生回答或者进行讨论,以培养学生自主

学习能力。例如,在讲述“原核生物的转导”部分时,在学生系统学习了病毒基本理论和基础知识的前提下,我们先提出问题:为什么会出现转导现象?流感病毒为什么容易变异?变异的本质是什么?其变异与流行之间有什么关系?结合当下社会上所关注的热点,比如2003年流行的 SARS 和2013年流行的禽流感病毒,让学生带着问题查阅资料并进行分组讨论。这样,学生不仅获得了最新知识,而且较系统地掌握了“转导”以及病毒的行为特征的知识要点,并激发了学生的学习兴趣。

这种方法的采用不仅增强了学生对课堂的参与性,加深了对所学内容的理解,还充分调动了学生学习的主动性,有效地培养了学生的自主学习能力。同学们相互交流意见还可以培养他们分析问题、解决问题的能力,口头表达能力及小组合作能力。

### 2.5 充分发挥现代化教学手段在教学中的作用

在环境生物学课程的教学中,理论知识通常被认为抽象复杂、枯燥乏味,给教师授课和学生学习带来一定难度。特别是这些微生物给学生的感觉是“看不见、摸不着”,抽象、难记,直接影响了学生学习兴趣的产生。在传统的教学中要借助挂图、模型,同时要求充分发挥空间想象力才能够帮助学生理解。而多媒体技术以文字、图像、音频、视频等元素所形成的图文并茂、形象生动的界面更具有直观性<sup>[7]</sup>。利用多媒体教学等现代化的教学方法和手段,把微观世界用多媒体的手段直观地展示在学生面前,用生动、形象的动画效果,增加课堂教学的趣味性。如微生物鞭毛运动的动画、芽孢的形成、噬菌体感染细菌的动画等网络资源,均可下载或在线观看。在课堂教学中充分利用这些网络资源,可以增进课堂教学的新颖性、启发性和直观性,加强学生的记忆,从而取得良好的教学效果。

## 3 加强实践教学,培养学生科学思维

环境微生物学是一门实践性很强的学科。教师在讲授微生物学重要理论、原理和概念时,除把相关科学实验引入到教学中,使学生从前人设计实验

的过程中学到科学的研究方法外,还应通过环境微生物学实验教学加深学生对微生物学理论知识的理解,培养学生的动手能力和团结协作能力,提高学生综合素质。

### 3.1 调动学生的积极性,提高学生的动手能力

传统的实验教学基本上是由教师对实验目的、原理、内容、方法、注意事项等进行讲解后,学生按步操作,这样既不能培养学生的主动性和创造性,又忽略了对环境微生物学实验能力的培养。为了调动学生的学习积极性,培养学生的独立思考能力,提高学生的综合素质,在实践教学中除了让学生理解、掌握基本原理、方法外,还应减少每个实验小组人数,使每个学生都有亲自操作的机会。在实验过程中,加强学生规范操作习惯的培养,如显微镜的正确使用及保养,超净工作台使用前后的消毒,取菌后的接种针和接种环的及时灭菌,高压蒸汽灭菌正确使用,试管、培养皿中微生物培养物的灭活处理等。只有严格的实验操作规程与良好的实验习惯才能确保实验数据的准确性。学生通过实验操作可以理论联系实际,加深对理论的认识,激发学习兴趣,培养操作技术能力,提高学生实际操作素质。

### 3.2 改革实验教学内容,加强创新能力的培养

实验课是培养学生动手能力、创造性思维以及理论联系实际的重要课程。为此,我们在实验课教学中,将微生物学实验课的内容分为基础实验、综合实验和创新实验三大部分<sup>[8]</sup>。在学生完成基本技能训练实验,对显微镜的操作、微生物的染色观察、培养基的制备与灭菌、无菌操作技术等有一个全面的了解与掌握的基础上,鼓励学生开展大型综合实验,以提高学生实验能力及团结协作能力<sup>[9]</sup>。实验内容大多来源于环境治理过程中的实际课题。如苯系化合物降解菌的分离与纯化,就要求学生参考实验指导,自己设计实验方案,从培养基的配制、样品的处理、细菌生长曲线的测定、菌体形态特征观察和菌株的种属鉴定等,整个实验过程均由学生自己操作完成。通过这些实验内容的学习,学生不但

能全面的掌握培养基的配制、微生物的分离纯化、菌落特征、微生物的生长现象、生理生化特征等环境生物技术基本的实验技能,还让学生学习了不同环境对微生物生长的影响及微生物的鉴定方法,从而对微生物的生物特性以及形态特征有了较深入的认识。创新实验是根据学生的兴趣与要求,由学生提出实验方案,由课题组研究生协助完成。实验前学生要求提交开题报告,包括实验题目、实验目的、实验材料与方法及参考文献等内容;实验结束后,学生还要提交小论文,小论文包括题目、摘要、关键词、序言、材料与方法、结果与讨论、结论及参考文献等内容。如生物膜微生物群落分析,纳米颗粒物对微生物细胞的影响等。通过创新实验,学生不仅能学习到提出问题、分析问题和解决问题的方法,还可以学习、掌握科技论文的撰写格式及方法。

此外,我们每学期还组织学生申报 PRP (Participation in research program)与 ITP (National undergraduate innovative test program)项目。例如,“红色非硫磺细菌的培养和可降解塑料的积累”,“壬基酚对废水处理装置中微生物群落结构的影响”,“芳烃化合物降解菌的分离和降解性研究”等。PRP 是根据我校培养具有“宽厚、复合、开放、创新”特征的高素质创新人才要求而制定的一项教学改革措施。该项目采取教师立项、学生自愿申报、专家评审、择优资助的原则来进行。在项目执行过程中,以学生为主体,充分发挥学生的主观能动性,使学生积极主动地进行调查研究、查阅文献、分析论证、制定设计方案、计算或实验、分析总结、撰写论文等,训练独立工作能力,增长科研方面的技能。在这些项目中,指导老师主要发挥主导作用,对学生项目执行的全过程进行精心指导。既放手培养,又不放任自流,营造一个教学相长、亲密融合的学术氛围。ITP 是上海交通大学另一个针对大学生创新能力培养的项目“国家大学生创新性实验计划”,是在“本科生研究计划(PRP)”和学生课外科技活动的基础上,为进一步加强创新人才培养体系建设,探

索并建立以问题和课题为核心的教学模式,深化以本科生为主体的创新性实验改革,充分调动学生的积极性,培养学生的创新精神和实践能力而实施的一项教育教学改革措施。参与本计划的学生要对科学研究或创造发明有浓厚兴趣。在兴趣驱动、导师指导下完成实验过程;自主设计实验、自主完成实验、自主管理实验;注重创新性实验项目的实施过程,强调项目实施过程中大学生在创新思维和创新实践方面的收获。

### 3.3 理论联系实际,学习科研相结合

高校要适应新世纪科技发展和社会日益发展的需要,培养高素质、有创新和探索精神的综合型人才。通过实验教学,学生把课堂所学的理论知识和学过的实验技能有机地结合起来,使动手能力、分析解决问题的能力均得到提高。在环境微生物学课程学完以后,利用开放的实验室和研究室让学生自主参与实验和课题研究,学生可自主设计实验,也可以利用 PRP、ITP 或参与教师的研究课题等方式参与科研,巩固理论知识,增强实践能力。教师采取讨论的方式指导学生独立完成某一个小课题的实验,并且将这些研究内容与其毕业论文相结合。

## 4 结语

实践证明,近年来我们进行的环境微生物学课程教学改革的尝试是成功的。教学内容的丰富与更新、教学手段的现代化,不仅提高了教学质量和教学效果,而且激发了学生的学习兴趣。如大部分学

生能自主学习、积极回答问题或大胆发表不同见解;学生全员参与、全程参与学习。环境微生物学也是最受环境科学与工程学院学生欢迎和喜爱的课程之一。在今后的教学中,我们还会不断学习,不断探索,不断总结经验,为培养面向 21 世纪合格的高素质环境人才而努力。

## 参考文献

- [1] Delorme S, Philippot L, Edel-Hermann V, et al. Comparative genetic diversity of *narG*, *narZ*, and 16S rRNA genes in fluorescent pseudomonads[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2003, 69(2): 1004-1012.
- [2] Ginige MP, Hugenholtz P, Daims H, et al. Use of stable-isotope probing, full-cycle rRNA analysis, and fluorescence in situ hybridization-microautoradiography to study a methanol-fed denitrifying microbial community[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2004, 70(1): 588-596.
- [3] Lapara TM, Nakatsu CH, Pantea LM, et al. Stability of the bacterial communities supported by a seven-stage biological process treating pharmaceutical wastewater as revealed by PCR-DGGE[J]. *Water Research*, 2002, 36(3): 638-646.
- [4] 杨颖, 张逢春. 荧光素酶的分类、结构与应用[J]. *北华大学学报: 自然科学版*, 2006, 7(5): 411-415.
- [5] 黎志东, 徐志凯, 李元, 等. 启发式教学法在医学微生物学教学中的应用[J]. *山西医学大学学报: 基础医学教育版*, 2002, 4(4): 312-313.
- [6] 周隆义. 谈微生物学课程的启发式教学[J]. *高等农业教育*, 2001, 8(122): 68-69.
- [7] 杨超, 杨传秀. 多媒体教育技术在微生物教学中的应用[J]. *生物学杂志*, 2009, 26(1): 87-88.
- [8] 王国惠. 环境工程微生物学实验教学改革研究[J]. *微生物学通报*, 2005, 32(2): 144-145.
- [9] 庞启华, 黄文芳. 综合班微生物学实验课的教学改革[J]. *微生物学通报*, 2005, 32(3): 135-138.