

## 环境工程微生物学实验教学改革与实践

吕绿洲 林海\* 陈秀枝 李天昕

(北京科技大学 环境工程实验中心 北京 100083)

**摘要:** 阐述了环境工程微生物学实验教学的改革实践, 通过对课程设置、教学内容、教学方式、教学手段及考核方式等方面进行不断的改革与完善, 极大地提高了教学质量。

**关键词:** 环境工程微生物学, 实验教学, 改革实践

### Reform and practice of environmental engineering microbiology experiment teaching

LÜ Lü-Zhou LIN Hai\* CHEN Xiu-Zhi LI Tian-Xin

(Environmental Experimental Center, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This article introduces the reform and practice in environmental engineering microbiology experiment teaching, the quality of instruction is improved by constant reform and perfect in the course setting, teaching content, teaching methods, teaching means and assessment methods.

**Keywords:** Environmental engineering microbiology, Experiment teaching, Reform and practice

实验教学是贯彻理论联系实际教学原则的重要而有效的手段(教学方法)。实践是认识的先导, 又是检验认识的标准。通过实验教学, 使学生更好地接受理论知识, 并巩固和加深对理论知识的理解和掌握<sup>[1]</sup>。环境微生物学是一门技术性很强的实验学科, 其实验技术在学科发展中占据着突出的位置<sup>[2]</sup>。作为环境工程专业的专业基础必修课。“环境工程微生物学”是生命科学和环境科学与工程交叉学科, 具有极强的实践性和应用性<sup>[3]</sup>。环境工程微生物学实验课是理论课的延伸, 实验教学是加

深学生对理论知识的理解, 培养学生实践技能, 提高学生独立操作能力、分析问题和解决问题能力的一个重要环节<sup>[4]</sup>。因此, 加强环境工程微生物学实验教学的改革研究, 对学生掌握基本实验技能, 深刻理解微生物在污染治理中的作用, 掌握环境中微生物污染调查的技术和方法, 提高学生的专业素质及培养创新人才等方面都具有非常重要的意义<sup>[5]</sup>。

我校自 1998 年开始面向全国招收环境工程专业的本科生, 为了适应环境工程专业开展了环境微生物实验课教学, 近年来我们对环境工程微生物的

基金项目: 高等学校特色专业建设点项目(No. TS12553); 北京科技大学教育教学改革与研究重点项目(No. JG2012Z03); 2012 年度北京市支持中央在京高校人才培养共建项目(No. GJ-201205); 北京科技大学第四批校级精品课程建设项目(No. KC2012XJ001)

\*通讯作者: Tel: 86-10-62332526; ✉: linhai@ces.ustb.edu.cn

收稿日期: 2013-12-27; 接受日期: 2014-04-03; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2014-05-23

实验教学进行了改革探索,目的是进一步提高环境工程微生物学实验教学效率,培养具备理论知识扎实、动手能力强的大学毕业生。

## 1 实验教学改革

### 1.1 实验课程的设置

环境工程微生物学实验 2001–2006 年之间是环境工程微生物学课程(36 学时)的一部分,占其中的 4 学时,实验项目 2 个。实验内容较少,教学方式单一,学生缺乏足够的实验训练,不能充分掌握实验技能,在后续的实践及科研中感到比较吃力。

为了进一步提高学生的实验技能,加深学生对环境工程微生物学的认识,2007 年开始将“环境工程微生物学实验”独立成为环境工程专业的一门专业必修课,共 16 学时,1 学分。

### 1.2 修订教学内容

环境工程微生物学是微生物学的一个分支,具有突出的专业特点,实验内容的选择要做到既能培养学生微生物学的基本操作技能,又要兼顾微生物在环境工程实践中的应用<sup>[6]</sup>。例如,培养基的制备、器皿及培养基的灭菌、显微镜的操作、微生物的染色及观察、微生物的培养及分离等实验内容是必不可少的,这些都是微生物实验最基本的操作,学生必须扎实掌握,但在实验微生物种类的选择上也要照顾到环境工程中的重要微生物,比如普通生物学中较少涉及环境工程微生物中比较重要的藻类、原生动物和微型后生动物等,本人自 2007 年起,对环境工程微生物学实验教学不断完善,及时更新实验教学内容,加大实验知识和实验技术的传授,同时将教师的科研项目引入实验教学。将实验项目拓展到 8 个,并出版校内讲义《环境工程微生物学实验技术》,作为实验指导教材;2011 年 9 月,将实验教学内容进一步修改完善,出版了校内讲义《环境工程微生物学实验技术》(修订版),将环境工程微生物实验项目增加到 10 个,并增加综合性实验项目;设计了“环境工程微生物学”实验内容、实验项目、学时数和实验类别等(表 1)。表 1 中实验内

容的安排基本上都包含了微生物重要的实验操作,同时兼顾了环境工程中的微生物运用等相关的实验,实验内容安排合理,而且实验效果很好<sup>[7-10]</sup>。

### 1.3 改变教学方式

改变以往简单的学生实验、编写报告的教学方法,将实验教学贯穿到实验准备、实验过程、编写报告、实验考试等全过程。

传统的实验课程教学方法是由实验教师帮助学生完成很大一部分准备工作,学生只是按教师的讲解和实验手册的步骤进行操作<sup>[11]</sup>。我们在环境工程微生物学实验教学中,要求学生提前预习实验指导书并写出预习报告(包括实验目的、原理、仪器、材料、步骤等),做到对所做实验心中有数。实验过程中从准备实验器材、配置试剂到实验结束每一步都由学生自己动手,教师只起到辅助、监督和示范作用。每个实验都设置有相关思考题,学生带着这些问题进行实验,实验课程中进行讨论、验证或课后进一步查找资料来解决这些疑问。

### 1.4 改革教学手段

微生物个体微小,学生对它的感性认识不多,这使许多有关微生物的概念变得抽象、难以理解。在实验教学中,有目的地引入视频实验教学等多媒体教学方法,可以增加实验教学的直观性和趣味性。采用视频教学短片,向学生展示基本的实验操作,以及相关实验技术的发展及其在生产或科研中的应用,通过屏幕清晰形象准确地展现每一个步骤,如无菌操作技术,微生物的分离和培养技术,消毒灭菌技术,斜面、液体、平板接种培养方法等。采用多媒体进行实验教学,具有形象、生动、信息量大的优点,结合教师在实验过程中的讲授和示范,使学生可以更好地掌握实验操作技巧,实验操作更加规范<sup>[11]</sup>。因此,我们建立了环境工程微生物学课程网站,制作了环境工程微生物实验的多媒体教学课件,建立了环境工程微生物图库,完成了课程试题库建设,该网站成为适合学生自学的网络平台。

表 1 实验内容  
Table 1 Experiment content

年份 Years	总学时数 Total credit hours	实验项目 Experimental project	实验性质 Experimental property	学时数 Credit hours
2001-2006	4	实验基本技术	验证性	2
2007-2010	16	显微镜的使用和环境微生物的观察	验证性	2
		(1) 微生物培养基的制备、灭菌及接种	验证性	2
		(2) 细菌的形态和结构观察	验证性	2
		(3) 微生物的数量及大小的测定	验证性	2
		(4) 微生物的纯种分离	验证性	2
		(5) 微生物生长量的测定和生长曲线绘制	验证性	2
		(6) 水的微生物学检查	验证性	2
		(7) 污水处理指示性微生物观测	验证性 生产实践	2
2011-2013	16	(8) 创新性实验	设计性 研究型	2
		(1) 微生物培养基的制备和灭菌	验证性	2
		(2) 细菌的形态结构观察和染色技术	验证性	2
		(3) 微生物的分离与纯化技术	验证性	2
		(4) 微生物的数量及大小的测定	验证性	2
		(5) 微生物生长量的测定和生长曲线绘制	验证性	2
		(6) 市政污水处理厂污水处理水质指示性微生物观测	验证性 生产实践	2
		(7) 细菌鉴定中的若干常规生理生化反应(选做)	验证性 研究型	4
		(8) PCR 基因扩增(选做)	验证性	4
		(9) 水中细菌总数及大肠菌群的测定(选做)	综合性 生产实践	4
		(10) 创新性实验(选做)	设计性 研究型	4

### 1.5 有效的考核和评价方式

建立了一套有效的考核方法。实验课程考试方式是综合考核(实验+闭卷考试), 实验主要考核项目有预习情况、操作情况、数据的记录及处理、实验报告的质量等, 该部分占考核成绩的 70%。闭卷考试主要考核实验涉及到的知识点及操作关键点, 该部分占 30%。

## 2 环境工程微生物学实验教学改革实践的特点

### 2.1 让学生参与实验准备的全过程

实验室的前期准备工作很重要, 工作量要比实验课程多许多。让学生参与到前期准备工作中, 不

但要认真预习实验内容, 还要准备实验所需的材料。实验课分组进行, 每组实验结束后, 做好后整理工作, 比如微生物生长量的测定和生长曲线绘制实验, 测试完毕要将实验菌种和器材进行灭菌后清洗, 然后每组分别准备出下一个实验自己小组所需的器材, 要对培养皿、试管、镊子等消毒灭菌, 配置各种试剂, 这个过程使学生学习到完整的微生物实验操作技术。

### 2.2 及时更新实验教学内容

微生物学和环境科学知识的更新推动着环境工程微生物学不断向前发展, 实验技术和方法也在不断改进。随着生物工程技术的发展, 现代生物技术如基因重组、PCR 技术也在环境工程得到应用,

但是传统的实验教学对这些实验技术在环境工程中运用很少涉及,为了紧跟时代和学科发展的步伐,让学生熟悉和掌握学科前沿新的理论知识和操作技术,我们及时更新实验内容,将分子生物学的部分内容写进教材,如2011年进行实验教材的改编时,将电泳、凝胶成像、PCR 基因扩增等实验引入到实验教学中。

### 2.3 增强不同实验间的连贯性

过去实验内容多为孤立、连贯性不强的项目,各实验之间的内容重复较多,学生难以系统地把握微生物学实验,对此,我们调整了实验内容,将原来独立设置的实验内容整合到一起,形成具有一定连续性的实验体系,比如培养基的配制和灭菌(实验一)培养出的微生物可进行观察细菌的形态结构和染色练习(实验二),微生物的分离和纯化(实验三)后的微生物进行数量和大小测定(实验四)以及生长曲线的测定(实验五)。在这个环环相扣的实验体系中,有利于培养学生严谨的学习态度和实事求是的工作作风,有利于培养学生独立思考、探索和发现问题、分析问题以及解决问题的能力,也可以系统培养学生的逻辑思维,并使之形成一种良好的思维惯性,对学生在日后的学习或工作中的创造,都有着积极的作用<sup>[12]</sup>。

### 2.4 结合多媒体实验教学、更直观展现实验内容

环境工程微生物学实验中的各种微生物需要在光学显微镜甚至电子显微镜下放大才能看到。由于环境样品中微生物的复杂性和多样性,应用传统的实验教学方法不便于更好地展示微生物的形态结构、动态变化过程,针对这点我们在多媒体课件中放入大量宏观及微观图片,并建立了污水处理指示性微生物图库,从而更直观更丰富的反应微生物的形态特征,使学生更好的掌握实验知识。

### 2.5 增加创新性实验项目,培养创造性思维能力

高等学校实验室是“知识创新的源头,人才培养的基地”。增加本科生科技创新实验项目,是为

了有效利用和挖掘实验室资源条件,充分发挥实验室在实施素质教育中的重要作用,吸引学生利用课余时间到实验室参加实验,提供更多的实践机会,活跃学生的第二课堂,使学生更好地掌握和巩固专业知识,提高其动手能力和创新实践能力,培养学生创新思维,为日后从事科学研究工作奠定较为坚实的基础<sup>[13]</sup>。创新性实验项目把实验的主动权交给学生,学生在教师有限的启发引导下,综合运用所学知识,项目选题、实验设计、项目实施、结果处理、项目报告评审等均由学生解决。创新性实验的目的是进一步培养设计实验和创造性思维的能力,所以在实验项目的安排原则上不做范围的限制,只要是实验室条件满足就予以安排,创新性实验结束后指导教师和学生一起总结实验,找出成功或者不足之处,使学生的创造性思维和分析解决问题能力得到提高。如2013年我校的科技创新项目:微生物处理高氯酸盐的研究、利用餐厨垃圾发酵废液培养产油微生物及其油脂提取技术的研究和餐厨垃圾与玉米秸秆混合干式厌氧发酵产沼气工艺参数优化试验研究等;2010年的科技创新项目:2-MIB降解菌的生理生化特性的研究、复合生物填料处理垃圾渗滤液的研究和体育馆有害微生物研究。每个项目由3-5名本科生,1名指导教师组成。学生自由组织,编写项目申请书,提交申请,申请通过后实验室提供场地和实验材料,项目完成后进行答辩验收,验收由3-5名评委进行,优秀的项目可以获得一定的奖励。

### 2.6 完善的考核手段

合理的考核方法对学生的学习能起到积极的督促作用<sup>[14]</sup>。相当一部分学生存在对实验技能不够重视的倾向,他们在实验中不认真操作,基本技能掌握不好,但却可以写出很好的实验报告<sup>[1]</sup>。为克服这种不良倾向,我们在本课程中建立了一套有效的考核手段,除了实验操作+实验报告成绩(占70%),环境工程微生物学实验还增加了闭卷考试(占30%),将实验中的重要内容或者操作的关键点

灵活转化为试题的形式进一步进行考核,有利于加深学生对实验关键点的掌握。

### 3 实验教学改革的成效

通过对实验内容的不断改进,实验教学环节的优化以及考核评价体系的优化,减少了重复操作,丰富了实验内容,提高了实验效率,加深了学生对专业的了解,拓宽了他们的视野,提高了学生分析问题和解决问题的能力及实验技能,增强了科研意识及专业信心,通过实验环节和考核方式的改革,培养了学生严谨求实、一丝不苟的工作作风,为今后的工作打下了坚实的基础。

从2007年至2012年,环境工程微生物学实验教学改革探索进行了5年,取得了非常好的教学效果,连续3年来环境工程微生物学实验教学在本科教学网评中排名前10%。2010-2011年,“环境工程微生物学”成为校第五批优秀课程建设项目,2012年11月,环境工程微生物学实验教学改革项目被评为我校第十届实验技术成果奖二等奖。为了配合环境工程微生物学实验教学改革,出版了2本配套讲义和1本普通高等教育“十一五”国家级规划教材,分别是《环境工程微生物学实验技术》(2007版和2011版,校内讲义)和《环境工程微生物学》。

### 4 结语

环境工程微生物学实验教学已进行了多年,很多学校也进行了不少教学改革探索,目前国内文献或会议报道的环境微生物学实验教学改革有让学生尽量多的参与实验准备过程、完善教学内容、增强实验连贯性、增加综合性实验的比重、结合多媒体教学等。本论文的特点在于在环境工程微生物学教学改革中,增加了网上教学交流及多媒体教学的比重,采用了更加完善的考核方式(实验操作+闭卷考试),将分子生物学的内容引入到环境工程微生物学实验教学中,进一步适应目前环境工程微生物学技术的要求;本文的创新性在于增加了创新性实验项

目内容,极大地提高了学生的科研能力。

通过对环境工程微生物学实验教学的不断改革及实践,我们看到环境工程微生物学实验的内容安排更加合理、科学。学生通过实验熟练地掌握了各项基本技能,同时促进了对环境工程微生物学理论知识的学习与理解,为他们从事后续环境工程专业课程的学习以及从事科研工作打下了很好的基础。

### 参考文献

- [1] 沙涛,程立忠,张汉波,等. 改革实验内容和教学方法,提高学生微生物实验技能[J]. 实验技术与管理, 2001, 18(6): 85-87.
- [2] 蔡芬兰,梁丽莉,徐威. 改革实验教学内容与方法 提高环境微生物学实验课的魅力[J]. 中国科教创新导刊, 2008(19): 47.
- [3] 郝春博. 《环境工程微生物学》实验教学方法探索[J]. 科技教育创新, 2009(21): 216.
- [4] 潘少兵,孙慧群. 环境工程微生物学实验教学内容优化研究[J]. 中国微生态学杂志, 2010, 22(9): 841-842.
- [5] 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.
- [6] 潘少兵,孙慧群. 环境工程微生物学实验教学内容优化研究[J]. 中国微生态学杂志, 2010, 22(9): 841-842.
- [7] 张长平,刘晓宁. 环境工程微生物学实验教学的探讨[J]. 中国校外教育, 2009(1): 87.
- [8] 周群英,高廷耀. 环境工程微生物学[M]. 北京:高等教育出版社, 2008: 380-436.
- [9] 马放,任南琪,杨基先. 污染控制微生物学实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2002: 356-413.
- [10] 周德庆. 微生物学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 3-136.
- [11] 张大全,郑红艾. 环境工程微生物实验教学改革探索[J]. 中国科教创新导刊, 2011(26): 26-27.
- [12] 包英华,陈燕飞,刘静华,等. 生物技术大实验课教学体系改革探讨[J]. 微生物学通报, 2007, 34(3): 598-599.
- [13] 张现青,屈二军,陈兰英,等. 推进微生物实验教学改革提高学生综合实验素质[J]. 实验室科学, 2008(6): 57-58.
- [14] 程罗根,朱媛媛,周洲,等. 遗传学实验课程改革的实践与探索[J]. 教改创新, 2013(8): 101-102.