

## 基于应用技术型人才培养模式下的环境微生物学教学改革探索

高莉<sup>1,2</sup> 李琴琴<sup>2</sup> 赵英虎<sup>1,2\*</sup> 张建忠<sup>1,2</sup>

(1. 中北大学信息商务学院 山西 太原 030051)

(2. 中北大学化工与环境学院 山西 太原 030051)

**摘要:** 环境微生物学是环境工程专业的必修专业课, 课程的开展对培养学生应用技术能力和提高综合素质等至关重要。传统教学模式使应用技术型人才的培养受到局限, 通过分析环境微生物学课程的理论教学、实验教学、教学形式和师资建设等方面现状, 阐述了改革思路和具体措施, 以期达到提高学生应用能力的目的, 为实现应用技术型人才培养目标进行探索与实践。

**关键词:** 环境微生物学, 教学探索, 应用技术型人才

## Reform of Environmental Microbiology education based on training talents for applied technology

GAO Li<sup>1,2</sup> LI Qin-Qin<sup>2</sup> ZHAO Ying-Hu<sup>1,2\*</sup> ZHANG Jian-Zhong<sup>1,2</sup>

(1. College of Information and Business, North University of China, Taiyuan, Shanxi 030051, China)

(2. School of Chemical and Environmental Engineering, North University of China, Taiyuan, Shanxi 030051, China)

**Abstract:** Environmental Microbiology is a compulsory course for environmental engineering major, this course is very important for cultivating student's applied technology ability and improving the comprehensive quality. The traditional teaching mode has limited the applied technology talents cultivation. The teaching reform ideas and measures of Environmental Microbiology have been detailed mainly from the theory teaching, experiment teaching, teaching form and teaching construction. This exploration aims at improving student's applicability understanding for this course and providing the exploration and practice for enhancing the applied technology talents cultivation.

**Keywords:** Environmental Microbiology, Teaching exploration, Applied technology talents

**Foundation item:** Shanxi Province Teaching Reform Project in Higher Education (No. J2016150); Shanxi Provincial Projects for Science and Technology Development (No. 20140311008-7); Shanxi Province Key Laboratory of Functional Nanocomposites, North University of China (No. NFCM201603)

\*Corresponding author: E-mail: zyh\_ibc@nuc.edu.cn

**Received:** January 09, 2017; **Accepted:** July 28, 2017; **Published online** (www.cnki.net): August 08, 2017

基金项目: 山西省高等学校教学改革创新项目(No. J2016150); 山西省科技攻关项目(No. 20140311008-7); 山西省重点实验室开放基金项目(No. NFCM201603)

\*通讯作者: E-mail: zyh\_ibc@nuc.edu.cn

收稿日期: 2017-01-09; 接受日期: 2017-07-28; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-08-08

环境微生物学是环境工程专业的一门必修专业基础课,是在研究微生物学一般规律的同时,更加注重微生物与环境之间相互作用规律,集理论性、实践性和应用性于一体的一门课程<sup>[1-2]</sup>。环境微生物的研究对环境保护、提高人类的生活质量、促进社会发展具有重要的意义<sup>[3]</sup>。环境微生物学是后续课程如环境生态学、水污染控制工程、大气污染控制工程与环境监测等课程的学习和应用的基础,通过对环境微生物学课程的学习能让学生更好地将理论与实践相结合,为适应工作岗位提供基础保证,也能培养综合素质高、应用知识和创新能力强等特点的应用型人才<sup>[4-5]</sup>。

传统的环境微生物学课程教学活动存在着一些不足:课程内容多而更新不及时,与生产实践脱节<sup>[6-8]</sup>;教学内容抽象,学生不易理解<sup>[9-10]</sup>;学生创新意识较弱,综合实践能力不强<sup>[11-13]</sup>;考核办法不完善,不能全面反映学生能力<sup>[14-16]</sup>。随着中国经济社会的快速发展,目前社会最需要的是综合素质高的应用型技术人才<sup>[17]</sup>,这就决定了传统的人才培养目标必须加以调整。高素质应用技术型本科人才培养,不仅要使学生掌握基础的知识技能,更重要的是促使学生提高应用知识能力、实践创新能力等,即不仅要“授之以鱼”,更要“授之以渔”。

在环境微生物学教学中如何培养具有创新意识和创新能力的应用型人才,是地方高校所面临的一项紧迫而艰巨的任务<sup>[18]</sup>。因此,我们有必要对整个教学过程进行反思,从理论教学、实验教学、教学形式和师资建设方面进行相应的探索与改革,提高学生对本课程较强应用性的认识,增强应用技术型人才的培养。

## 1 理论教学改革——突出课程的应用性

### 1.1 调整教学大纲,更新教学内容

作为环境工程的基础课程之一,微生物学内容丰富且不断更新。但学生没有微生物学知识的基础且现有的学时较少,所以环境微生物学课程不能选择微生物学专业教材,只能结合学生的专业基础和

课程需要将普通微生物学和环境微生物学知识相结合进行讲授,结合学时安排,优化理论教学体系,调整教学内容,突出重点难点,做到内容少而精。我们将之前理论课基础微生物学部分,在参考多种优秀教材的基础上,对其中核心基础知识进一步梳理,减少与其他相关课程交叉重复的知识点,并本着应用技术型人才培养的原则,增加微生物在环境工程领域中的应用知识。微生物基础理论知识,包括绪论、非细胞结构的超微生物、原核微生物、真核微生物、微生物的生理、微生物的生长与繁殖因子、微生物的遗传和变异等六章内容共30学时,环境工程中的微生物应用知识,包括微生物的生态、微生物在环境物质循环中的作用、水环境污染控制与治理的生态工程及微生物学原理、污(废)水深度处理和为污染源水预处理中的微生物学原理、有机固体废物与废气的微生物处理技术及其微生物群落、微生物学新技术在环境工程中的应用等六章内容共18学时。

### 1.2 热点话题引入课堂教学,凸显课程内容的实用性

热点话题对正处于求知欲旺盛的年轻学生来讲永远都具有吸引力,因此扩充并引入与课程教学内容相关的热点话题,可以引起学生的兴趣,增强教学的趣味性。在讲到环境中的病原微生物部分,教师介绍2003年在全球范围暴发流行的严重急性呼吸综合征(即SARS)以及日常我们较为熟悉的流感与普通感冒的对比分析,激发学生的兴趣,增强学生对一些事物的认知。环境领域中应用微生物新技术越来越多,在介绍这部分时,我们提到细菌冶金,这种冶炼手段是利用细菌冶金,使得废弃尾矿中的金属得到充分的回收利用。这种教学方式不仅利用了微生物技术与废物的综合利用知识,而且使得利用微生物的特性来解决环境污染问题和实现可持续发展成为可能<sup>[11]</sup>。另外,通过要求学生查阅文献资料,了解当前环境研究热点和环境研究进展,使学生可以认识到本门课程知识对解决热点问题的有用性,而且培养了学生解决问题的科学

思维方法。

### 1.3 理论知识与实践相结合,更好地培养应用技术型人才

毕业设计是在校大学生完成的最后一次全面系统的学习过程,也是检验学生4年对所掌握的理论知识和能力综合应用的过程,更是对老师所传授教学内容的检测过程。我校许多毕业设计选题的内容是从利用生物处理垃圾渗滤液、生活污水、工业废水等工程设计着手。首先考虑采用生化处理水质是否恰当?紧接着考虑选择工艺是脱氮、除磷为主还是仅以脱氮为主?与之相联系的工艺有哪些?然后再考虑每个工艺阶段中的微生物都发生哪些反应?在每步过程中,能使微生物发挥功能的主要因素有哪些?如何通过构筑物的设计或者运行过程中条件的控制等措施的实施使处理效果维持较好状态?因此,为了使学生能少走弯路,提高大学生毕业设计的质量,在环境微生物学课程教学时就把环境微生物学基本知识与毕业设计过程各环节中所需要考虑的知识相结合,提高了学生在环境专业应用技术的专业能力。

地方综合类大学所培养出来的学生主要承担着为地方经济服务的重任。因此,为了让学生密切接触地方企业,毕业后能够更好地适应社会工作,环境微生物学课程一定要本着走出课堂的理念。例如在讲环境微生物学课程有关污水处理部分,首先考虑应用于实际的城市周边的工厂,当学生参观这些污水厂时就能更好地认识实际污水处理厂运行,更好地了解环境微生物学所学知识,综合能力得到提高。

## 2 实验与实践教学改革——强化动手能力,突出应用技能培养

### 2.1 充分把握实验教学的各个环节,达到事半功倍的效果

课前预习、课堂讲解、实验观察记录、实验结果讨论这4个环节对环境微生物学整个实验的完成起到了至关重要的作用,因此对每一个实验步骤

都需严格要求,并且落到实处。课前预习是实验教学的重要环节,学生如果能够很好地进行预习,实验就能比较顺利地进行,实验过程中也可能产生新的想法和观点。课堂讲解起着承上启下的作用,我校教师在讲解中规范操作,尤其是在演示实验操作时,对容易出错或易被忽视的操作进行说明和强调,并适当提问,启发学生思考问题。

实验报告的观察记录是培养学生科学严谨的实验态度和耐心细致作风的过程。在实验结果观察阶段,专职实验指导教师随时解决学生在观察中遇到的困难。对于大多数本科生来说,实验结果分析讨论部分是难点,大部分学生分析思路不够清晰,不知道该如何分析。因此,教师会提出问题供学生们思考,并诱导启发学生,让学生学会该怎样分析讨论问题,培养他们独立思考的能力,掌握分析思路;鼓励学生多阅读相关文章,根据自己在实验过程中学到的知识与体会,对改进或改革实验提出自己的一些观点和建议。通过实验教学与理论教学的融合,巩固了基础理论知识,提高了实验操作技能,学生们对本课程理论知识与实验技术在实际生活和生产实践中的应用有了一定的认识。例如:在污水中细菌总数的检测实验中,让学生自己采集不同类型污水样本进行检测、对比,并根据实验结果对实际样本来源进行讨论,既掌握了平板计数方法,又对污水中的微生物数量有了直观认识。

### 2.2 优化实验教学内容,增强学生工程实践及创新能力

为了使实验教学具有系统性和先进性,使学生具备较强的工程实践及创新能力,在已有的实验基础上,增加实验课时比例,并且重新组织和安排教学内容,把实验项目分为验证性实验、综合性实验和创新性实验三个层次。实验课时由原来的16学时增加为32学时,与理论课的48学时达到1:1.5的比例,在原有实验基础上,增设了更多的综合性与创新性实验。验证性实验教学在传统的实验教学中占主导,本课程的验证性实验主要包括微生物的分纯培养、计数、染色和形态观察。这些实

验能够培养学生的操作能力,加深对微生物理论知识的理解和应用。然而由于学生们是检验一个已知的正确结果,有时无法调动起学生的学习兴趣,在实验学习中往往会表现出冷淡的态度。综合性实验是基础实验的有机结合,使得各基础知识融合在一起。通过实验课程比例和内容的完善,培养学生自主完成实验,提高学生的创新能力。我校结合环境工程专业特点增添设置“水体环境微生物学指标的检测”、“空气微生物的检测”、“活性污泥和生物膜中生物相的观察”、“污染物对土壤微生物活性研究”、“校园水体富营养化调查与水体中藻类的测定”等实验项目。创新性实验是以学生为主构建启发式教学,更适合环境微生物学的教学需求,有助于培养学生的创新能力。在以学生为主体的教学情形下,结合专业教师的科学研究项目,设置了环境中对持久性污染物具有降解作用的微生物进行分离、筛选和降解特性研究的实验,给学生充分的自由发挥空间,让学生自选实验材料、自行设计实验方案并独立完成实验。由于实验结果具有不确定性和一定的创新性,学生在实验过程中必须充分动脑、查阅文献、融合所学知识才有可能完成实验,从而调动了学生的积极性,培养了学生的创新意识、创新能力,进而也营造了积极的实验教学氛围。

### 2.3 实验取材和项目测定密切联系实际,提升学生岗位技能和实践能力

学生在学校学到的知识到工作岗位上不能或者不知道如何发挥专业的用处,需要花费很长的一段时间来适应自己新的工作岗位。为了让学生能够尽快适应自己以后的工作岗位,在实验过程中,实验所取的材料都用真实材料,使得学生对微生物真实生活环境有所了解。在微生物纯种分离实验中,要求学生从自己感兴趣的样本(如变质饮料、自来水)中分离含芽胞细菌,分析可行的筛选、检测方法。学生在做镜检观察细菌、原生动物和后生动物实验时,选择校园生活污水和附近污水处理厂活性污泥中的微生物来观察。实验样品选自学生周边环境,既提高了学生的兴趣,又加深了学生对于周边

环境质量水平的认识。另外,本学院建立了校外创新实践基地,安排学生在实习基地轮流开展相应的实验,如在污水处理厂,学生自己动手采集水样和污泥样,在专业教师和污水厂工程师的指导下分析水质和污泥指标等。

## 3 教学改革——提升教学效果

### 3.1 充分利用互联网,建设课程资源学习网站,增强课堂师生互动

现代信息技术可以充分发挥网络及资源共享的优势,具有传统教学模式所无法比拟的优点,因此建立共享资源学习网站符合教学改革的发展方向<sup>[19]</sup>。资源网站可涵盖在线课堂、交流讨论、成果与评价、学习分工、精彩图片、系统管理等模块,因此,我校在全国高校教师网络培训中心平台上建立了相关学习网站 <http://online.enetedu.com/nuc1>,目前主要是相关课程学习、提交作业、交流讨论等模块。

目前在线课堂包含微课、慕课、教学录像、多媒体课件、背景资料等学习资源,学生通过网络可进行课前预习和课后复习,利用移动互联网工具可随时观看视频以及图像等。我校结合网络在线进行环境微生物学教学,为学生营造一个资源共享、合作探究、自主学习的良好氛围,同时能够突出教学任务中的重点内容,激发学生探究微生物奥秘的兴趣,调动学习主动性。本专业教师共同制作了各章节重点难点的微课、慕课,为学生进行课前预习、课后复习等自主学习提供了有利的条件,也可以帮助学生随时进行学习和检测。在我校的学习网站交流讨论模块,学生不仅对课程知识开展交流和探讨,而且随时对国内外发生的有关微生物的重大事件进行讨论。讨论的同时学生又可通过网络查找支持其观点的依据,这样学生的学习从被动变成了主动,课堂气氛被调动起来,大大促进了课堂的教与学。在成果与评价模块,学生可以在线提交作业和进行章节测试,学生自己或同学之间可对学习情况进行评价,起到了巩固学习成果的作用。

### 3.2 举办形式多样的交流会, 提高教学质量

专家讲学。专业教师邀请著名大学及相关研究领域的专家来我校讲学, 鼓励学生参加国外专家的报告, 并结合专家的报告, 查阅相关文献, 写出读书笔记。这种教学形式, 不仅使学生了解国外最新研究动态, 而且也使学生感受到大师的思维和风范, 非常有利于学生国际视野的养成。

专题讨论会。为了进一步提高教学效果, 我们尝试用专题讨论的形式来引导学生学习。例如, 针对大学生创新实验举办专题讨论, 大家一起集思广益, 激发了学生的创新思维, 提高了学生的表达沟通能力, 并且培养了学生的团结合作精神。

答疑会。我校学生在之前教学和实验的学习过程中, 通常会对教学理论知识、实验的基本原理、具体操作流程等有关内容产生一些困惑。我们会专门举办答疑会, 及时进行疑难解答, 一方面避免疑难问题累积, 另一方面可以帮助学生学习掌握相关知识。

### 3.3 鼓励学生参与科技创新项目, 培养解决问题的能力

高水平的科研工作永远是提高教学水平的助推器, 将科研、教学与应用紧密结合是提高教学水平的有效途径之一, 高等学校在教学中越来越重视将产研内容转化为教学内容。教师的产学研课题包含了所有微生物教学要求掌握的基本技能, 因此, 我们鼓励学生参与到专业教师的科学研究中。本团队教师在主持的与环境微生物相关的国家自然科学基金、省自然科学基金及企事业横向课题, 每年都会接纳学生参与课题的研究工作中, 使得学生可以根据自己的兴趣选择项目内容, 自己查阅文献、设计实验方案、主动安排时间完成。学生由被动转为主动, 成为实验的主人, 科研培养过程中, 我们调动了学生的积极性和主动性, 而且提高了学生的科研技术能力。如参与融合菌株对多环芳烃(PAHs)的降解途径及机理研究, 学生既可以进一步巩固培养基制备, 细菌分离、鉴定等基本知识, 还可以锻炼实验设计能力和对前沿科研了解掌握的能力, 如对培

养基的优化设计、菌株融合、微生物的分子鉴定等。

### 3.4 建立互动式教学模式, 提高学习效果

新课程改革明确指出教师需要从传统的、死板的灌输式知识传授者转变为知识的引导者和协助者。环境微生物学的实验教学过程中, 需要的是教师更多的操作示范, 指导学生熟练掌握操作步骤, 并帮助学生解决实验过程中遇到的疑难问题。实施互动式教学模式使师生双方都能积极地发挥主观能动性, 大幅度提高学生的学习效率, 将学生从之前被动学习的状态中引出, 使学生成为学习的主体。老师与学生之间可以时常进行疑难问题的探讨, 这样能刺激学生积极主动的思考, 通过互相讨论、交流观点等方式提高学生独立思考以及分析解决问题的能力。例如“生长曲线测定”实验, 我们提出“关于微生物生物量的测定还有哪些方法?”让学生展开思考并进行小组讨论与实验操作, 教师做出适当的补充参与到讨论实验方案设计与操作过程中, 在实验后启发学生可以通过查阅期刊、文献等资料得到更多的有益信息, 最后将实验收获写进实验报告, 进行总结。教师根据学生的报告再归纳总结, 促进了学生在掌握“生长曲线测定”实验的同时, 掌握更多的干重法、比浊法、血球计数板法等生物量测定方法。

### 3.5 改革课程考核方式, 科学全面评定成绩

成绩的评定标准是确保教学改革成功的制度保证。成绩评定标准起着激励、制约和保护学生学习积极性的作用。根据现阶段对培养新型人才的要求, 需要改变传统课程的考核方式, 把由以前重点放在考核学生对基础理论知识的掌握上, 转变为在重点考核学生对基础理论知识掌握同时, 也适当加强对学生的创新和实践能力的考核。由此课程总评成绩也发生相应的改变, 主要由期末成绩、实验成绩和平时成绩组成, 其中期末成绩所占比重最多, 为 70%, 主要考核学生对基础知识的理解和应用、学生的思维方式和分析问题的能力等; 实验成绩占 20%, 主要按照学生在实验课上的表现评定成绩, 例如回答问题的情况, 实验操作、设计和处理

实验报告的能力等;平时成绩占10%,主要考评出勤、回答问题、作业完成及参与相关科研创新项目表现的情况。

#### 4 师资建设——培养具有学科交叉优势且实践能力强的应用型教师队伍

##### 4.1 优化师资队伍知识结构体系,发挥学科交叉优势

随着微生物领域的快速与各专业领域交叉发展,微生物学方面的知识不断更新,因而对教师的知识结构体系、能力等也有了新的要求。因此,我们根据学科发展的需要及自身师资的特点优化师资队伍。在教学安排方面,不同章节内容安排由相关专业背景的教师授课,同时根据教师的专长及特点合理安排教学计划,例如基础微生物学部分由科研能力与应用较强的教师讲解,应用微生物学部分由有与企业长期合作实践经验丰富的教师讲解,实验课在实践经验丰富的教师指导下,由近年毕业的具有博士、硕士学位的年轻教师讲解。例如微生物的遗传和变异由有分子生物学背景的老师讲解,他们能够很好地阐述遗传工程技术在环境保护中的应用。在课程内容方面,对重要基础知识点从不同应用角度阐释或举例,由不同专业背景教师的讲解,更具有针对性和专业性。微生物生态、水环境污染微生物处理、有机固体废弃物与废气的微生物处理由不同应用方向的老师阐释,让学生可以更多地了解微生物学的应用。

##### 4.2 扩大教师培训范围,提高教师实践技能

专业师资队伍建设和教学效果和实践效果能否得到保证的关键因素,是学生能力得到最大限度提高的保证。培养具有一定实验动手能力的应用技术型人才,首先必须配备一支既具备专业知识、又熟悉工程实际应用技术的“双师型”和“生产型”教师。我们通过邀请其他高校的相关人员到我校指导,积极鼓励教师走出去进行深造、培训、学术会议交流,努力拓展教师业务,提高教师的科研实力,从而更好地将该领域的前沿学术应用到学生的教学和实验教学中。另外是与企业开展产学研合作,

促进教师深入企业,了解和掌握生产实践知识,及时更新教学与实践内容。在建立的校外创新实践基地,专业教师轮流去实习基地进行实地学习实践并提供技术服务,比如充分了解污水厂构筑物、污水处理工艺以及污水厂污水处理过程工艺参数的变化规律,这样能够更好地理论联系实际,提高自身和学生的现场分析、解决问题的能力。

#### 5 结语

为了能让学生更好地将理论与实践相结合,为了更好地适应未来就业岗位,为了培养综合素质高、应用知识和创新能力强等特点的应用技术型人才,我们对环境微生物学课程进行了改革。在我校2016和2017两届共196名学生进行环境微生物学课程的学习过程中,我们进行了教学模式改革,逐渐探索出一套培养应用技术型人才的环境微生物学教学体系,取得了阶段性成果。通过理论教学、实验与实践教学、教学形式、师资建设等方面的改革,学生对于该课程的满意程度很高。通过调整理论与教学课程内容,突出实践应用能力培养,90%的学生认为该教学体系激发了自己的求知欲和对本课程的兴趣,提高了自己的创新思维和创新能力。通过资源网站在线课堂和交流讨论的学习,95%的学生认为该方式激发了自己探究微生物奥秘的兴趣,调动了学习的主动性。通过举办形式多样的交流会,92%的学生认为专家讲学和专题讨论会使其创新思维、表达沟通能力、团结合作的精神得到了明显的提高,非常有利于自己国际视野的培养。显然,我们进行的环境微生物学改革,不仅提高了环境微生物学的教学质量,培养了学生的创新意识,激发了学生的学习兴趣,而且培养了具有学科交叉优势且实践能力强的应用型教师队伍。环境微生物学教学改革是一项长期而系统的工程,我们将不断努力,继续总结和完善,为进一步培养应用技术型人才而不懈努力。

#### 参 考 文 献

- [1] Chen WL, Hu S. Outside the classroom—teaching reform practices of Microbiology by flipped classroom[J]. Microbiology

- China, 2016, 43(4): 735-741 (in Chinese)  
陈雯莉, 胡胜. 课堂之外——微生物学“翻转课堂”的改革实践[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 735-741
- [2] Zhang L, Peng XL, Liu ZX, et al. Innovation and practice exploration of Microbiology experiment teaching[J]. Education Teaching Forum, 2015(36): 234-236 (in Chinese)  
张丽, 彭小列, 刘祝祥, 等. 微生物学实验教学的创新与实践探索[J]. 教育教学论坛, 2015(36): 234-236
- [3] Gao XZ, Wang XD, Zhang YY, et al. The teaching reform of Environmental Microbiology[J]. Education Teaching Forum, 2015(49): 122-123 (in Chinese)  
高秀芝, 王晓东, 张艳艳, 等. 《环境微生物学》课程教学改革的探索[J]. 教育教学论坛, 2015(49): 122-123
- [4] Yu Y, Wu XQ, Yang J, et al. Reform and management of environmental micro-organism experiment teaching system[J]. Experimental Technology and Management, 2016, 33(4): 194-197 (in Chinese)  
余阳, 吴小倩, 杨静, 等. 环境微生物实验教学体系改革和管理[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(4): 194-197
- [5] Duan JJ, Luo YR. Exploration on developing Environmental Microbiology Experiment for undergraduate of environmental science and ecology major[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 804-809 (in Chinese)  
段静静, 骆苑蓉. 为环境科学及生态学专业本科生开设“环境微生物学实验”课程的探索和实践[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 804-809
- [6] Yi L, Wang Y, Shi MY, et al. Exploration of microbiology teaching based on the applied talents cultivation mode “production-teaching-research combination”[J]. Heilongjiang Husbandry & Veterinary, 2016(2): 167-169 (in Chinese)  
易力, 汪洋, 史明艳, 等. 基于应用型人才培养“产学研一体化”模式下的微生物学教学探讨[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(2): 167-169
- [7] Zheng XT, Yang XY, Yin HF, et al. Exploration of Microbiology teaching reform in local colleges[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 759-763 (in Chinese)  
郑新添, 杨小燕, 尹会方, 等. 地方本科院校微生物学课程改革探索[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 759-763
- [8] Wang WW, Song H, Liu QM, et al. Exploration on Microbiology experimental teaching for pharmaceutical engineering major[J]. Modern Medicine Health, 2016, 32(2): 305-307 (in Chinese)  
王微微, 宋鸿, 刘清蒙, 等. 制药工程专业微生物学实验教学探讨[J]. 现代医药卫生, 2016, 32(2): 305-307
- [9] An DD, Zeng XC, Nurgul R, et al. Model exploration of innovation practice on Microbiology course[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 877-882 (in Chinese)  
安登第, 曾献春, 努尔古丽·热合曼, 等. 微生物学课程创新实践教学模式探索[J]. 微生物学报, 2016, 43(4): 877-882
- [10] Liu LZ, Sun JD, Li BX, et al. Inquiry into and analysis of construction method of Microbiology network courses of merging style[J]. Journal of Microbiology, 2015, 35(4): 102-105 (in Chinese)  
刘灵芝, 孙军德, 李炳学, 等. 微生物学融合式网络课程建设方法探析[J]. 微生物学杂志, 2015, 35(4): 102-105
- [11] Sheng D, Zhu LB. The teaching reform of Environmental Microbiology under the background of combining learning with research and production[J]. Journal of Yichun College, 2014, 36(12): 133-134 (in Chinese)  
盛蒂, 朱兰保. 产学研背景下《环境微生物学》教学改革实践[J]. 宜春学院学报, 2014, 36(12): 133-134
- [12] Li XK, Guo XM, Zhang QY, et al. Practice of construction of experimental teaching demonstration center of environmental science & engineering[J]. Experimental Technology and Management, 2016, 33(1): 153-155 (in Chinese)  
李旭凯, 郭杏妹, 张秋云, 等. 环境科学与工程实验教学示范中心建设实践[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(1): 153-155
- [13] Li W, Zhou YJ, Dai JF. Application of case-based teaching in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2016, 43(2): 403-409 (in Chinese)  
李崑, 周宜君, 戴景峰. 浅谈案例教学在微生物学教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2016, 43(2): 403-409
- [14] Kong F, Xue ZL, Yang CY, et al. Teaching reform of environmental microbiology experimental[J]. Journal of Science of Teachers' College and University, 2016, 36(1): 97-99 (in Chinese)  
孔芳, 薛正莲, 杨超英, 等. 环境工程微生物学实验教学改革[J]. 高师理科学刊, 2016, 36(1): 97-99
- [15] Li SM, Yi LJ, Deng H. Research on teaching environmental engineering microbiology experimental course[J]. China Educational Technology & Equipment, 2013(12): 123-125 (in Chinese)  
李姗姗, 易丽娟, 邓辉. 环境工程专业微生物学实验教学的探索研究[J]. 中国教育技术装备, 2013(12): 123-125
- [16] Bao LN, Ling Q, Wang L. Application of hierarchical integration teaching mode in the reform of microbiology of environmental engineering experiment[J]. Journal of Biology, 2013, 30(4): 110-112 (in Chinese)  
鲍立宁, 凌琪, 王莉. “层次一体化”教学模式在《环境工程微生物学实验》课程改革中的应用[J]. 生物学杂志, 2013, 30(4): 110-112
- [17] Chen XM, Li J. Significance of nine-semester reform of Chinese application-oriented universities[J]. Journal of Hefei University (Social Sciences), 2008, 25(1): 112-114, 127 (in Chinese)  
陈向明, 李军. 我国应用型大学九学期制改革的意蕴[J]. 合肥学院学报: 社会科学版, 2008, 25(1): 112-114, 127
- [18] Ji H, Gu YA, Zhang GH, et al. Exploration of innovative entrepreneurship education based on applied talents cultivation[J]. Jiangsu Higher Education, 2016(4): 77-80 (in Chinese)  
冀宏, 顾永安, 张根华, 等. 应用型人才培养视阈下的创新创业教育探索[J]. 江苏高教, 2016(4): 77-80
- [19] Xiao XZ, Tao XQ, Tong YL. The teaching reform of Environmental Microbiology under the condition of information technology[J]. Education Teaching Forum, 2015(50): 97-98 (in Chinese)  
肖相政, 陶雪琴, 童英林. 信息技术条件下《环境微生物学》教学改革探索[J]. 教育教学论坛, 2015(50): 97-98