

环境微生物学课程内容体系和理论教学模式的探索与实践

郑平* 胡宝兰 梁璐怡 张萌 王茹

(浙江大学环境工程系 浙江 杭州 310058)

摘要: 环境微生物学是专业基础课,它是开启环境类专业科学大门的一把钥匙,也是破解环境类专业工程难题的一件利器。结合国家精品/资源共享课和学校专业核心课建设,课程组对环境微生物学的课程理论教学模式进行了积极的改革探索,构建了以解答微生物“是什么”、“有何用”和“怎么用”为主线的课程内容体系,提出了以“学生兼课”、“课堂讨论”、“专题讲座”、“课程论文”和“综合评价”为标志的课程理论教学模式。经过实践,成效显著。

关键词: 环境微生物学, 课程内容体系, 课程教学模式

Exploration and practice of content system and teaching pattern for Environmental Microbiology

ZHENG Ping* HU Bao-Lan LIANG Lu-Yi ZHANG Meng WANG Ru

(Department of Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China)

Abstract: Environmental Microbiology, one of the basic professional courses, is helpful to figure out environmental issues and to remove engineering roadblocks. Environmental Microbiology was endowed with the support of the national excellent courses and the professional core courses in Zhejiang University. In the course construction process, a new content system was established targeting pursuing the answers of “what are microorganisms”, “what can microorganisms do” and “how to use microorganisms”. A new teaching pattern was proposed, including students lecture, special subject lecture, topic discussion, thesis course and comprehensive assessment. The practice of the new content system and teaching pattern resulted in a good reward, demonstrating the feasibility for the course.

Keywords: Environmental Microbiology, Course content system, Course teaching pattern

伴随着我国经济社会的高速发展,环境污染带来的瓶颈制约与胁迫影响日益严峻。面对这一重大挑战,《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》^[1]和《国家中长期科学和技术发展规

划纲要[2006–2020年]》^[2]提出了加强环境保护的总体要求。环境微生物学是微生物学与环境科学相互渗透而产生的一门边缘学科^[3],它是开启环境类专业科学大门的一把钥匙,也是破解环境类专业

Foundation item: National Excellent Courses Foundation of China (No. [2007]20)

***Corresponding author:** Tel: 86-571-88982819; E-mail: pzheng@zju.edu.cn

Received: January 02, 2017; **Accepted:** May 24, 2017; **Published online** (www.cnki.net): June 15, 2017
基金项目: 国家精品课程项目(教育部高教函[2007]20号)

***通讯作者:** Tel: 86-571-88982819; E-mail: pzheng@zju.edu.cn

收稿日期: 2017-01-02; 接受日期: 2017-05-24; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-06-15

工程难题的一件利器。学好环境微生物学,有助于学生发现、分析和解决环境污染、环境监测和环境工程问题,为后续专业课程打下坚实基础,增强环保人才素质培养^[4-8]。

环境微生物学包括理论课程和讨论课程。理论课程每周2课时(每学期16周,共计32学时),面向环境工程和环境科学专业大学三年级本科生,学生人数50-80人;讨论课程每周2课时(每学期16周,共计32学时),主要面向环境工程专业大学三年级本科生,学生人数30-50人。课程旨在帮助学生运用微生物学手段解决环境问题,要求预修环境学,掌握环境学知识。

本课程于2007年列入国家精品课程,2013年列入国家精品课程资源共享课程,2014年列入浙江大学专业核心课程,结合国家精品/资源共享课程和浙江大学专业核心课程的建设,课程组对环境微生物学的课程内容体系和课程教学模式进行了积极的改革探索,取得了显著成效。本文对环境微生物学的课程内容体系和课程理论教学模式作一介绍,供同行参考。

1 环境微生物学的课程内容体系

环境微生物学是环境科学和微生物学的交叉学科,是环境类专业(环境科学和环境工程)学生的必修课。本课程以“求是创新,学以致用”为理念,除了1学时的绪论外,将内容分为“微生物主要类群”、“微生物基本理论”和“微生物在环境领域的重要作用”三大部分(表1)。不同于普通微生物学课程内容,环境微生物学关注微生物在环境科学和工程领域的应用,以解答微生物“是什么”、“有何用”

和“怎么用”为主线来构建课程内容体系,能使学生会微生物鉴定,熟悉环境微生物主要类群;掌握微生物基本理论,熟悉环境微生物基本功能;具备微生物应用技能,熟悉环境微生物的重要作用。

2 环境微生物学的课程理论教学模式

根据环境微生物学课程内容,任课教师采用了课内教学和课外教学的方式。课内教学以教室为平台,进行课程讲解、专题讲座和课堂讨论,传授课程核心内容;课外教学主要以图书馆和互联网为平台,撰写课程论文,拓展课程内容,最终以知识活用作为依据进行综合考核,评价课内外教学效果。“学以致用”激发了学生学习的积极性,不仅使他们掌握了核心知识,熟悉了学科前沿,了解了发展趋势,也向他们传授了以知识改造自然和改造社会的理念。环境微生物学课程理论教学模式如图1所示。

课程讲解以教师讲解为主、学生讲解为辅,让学生兼课。“学生兼课”力图打破师生之间“我讲-你听”、“我问-你答”、“我写-你抄”、“我给-你收”的单向课程教学格局,提高学生在课程教学中的参与度,培养学生抓课程重点的能力。

课堂讨论以学生交流为主、教师引导为辅,让学生主演。“课堂讨论”力图改变课程教学过程单一的现状,发挥“学生教学生,学生帮学生”的作用,培养学生自主消化、吸收和应用知识的能力。

专题讲座以专家讲授为主、视频观看为辅,让学生开眼界。“专题讲座”力图弥补教材内容更新缓慢的不足,借助国内外一线专家的专题介绍,跟踪学科发展,了解研究前沿。

表1 环境微生物学的课程内容和学时分布

Table 1 Content and credit-hour of Environmental Microbiology

微生物主要类群(9 学时) Population of microorganism (9 credit-hour)	微生物基本理论(11 学时) Basic theory of microbiology (11 credit-hour)	微生物在环境领域的重要作用(11 学时) Application of microorganism in environmental protection (11 credit-hour)
微生物的起源与进化(2 学时)	微生物的营养与代谢(4 学时)	微生物与环境污染(2 学时)
非细胞型微生物(1 学时)	微生物的生长繁殖与遗传变异(2 学时)	微生物与环境净化(3 学时)
细胞型原核微生物(3 学时)	微生物生态(3 学时)	微生物与环境工程(4 学时)
细胞型真核微生物(3 学时)	微生物与物质循环(2 学时)	微生物与环境监测(2 学时)

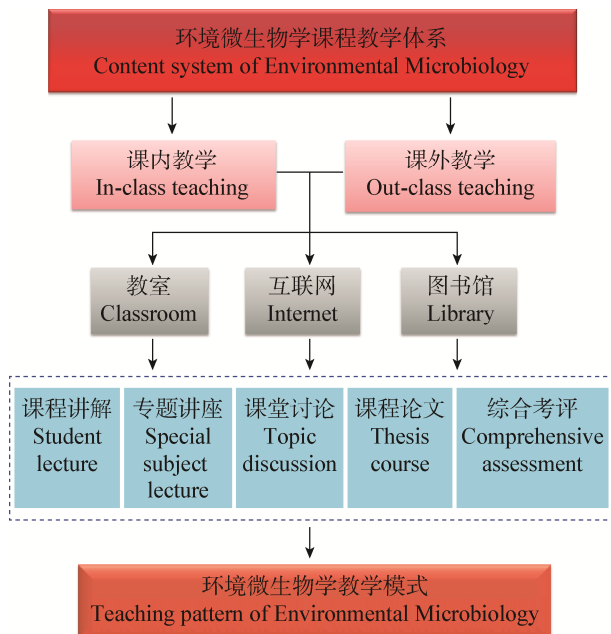


图1 环境微生物学课程教学体系

Figure 1 Teaching system of Environmental Microbiology course

课程论文以学生研写为主、教师指导为辅，让学生“畅游”。“课程论文”力图改变“先教后学”、“不教不学”、“教多少，学多少”的现状，培养学生利用书刊和互联网资源、自主学习、独立思考、创新知识。

综合考评兼顾过程考核与结果考核，让学生参与。“综合考评”力图改变“重结果轻过程”的考核方式，细化课程成绩构成，反映学生学习全程，引导学生持续学习、全面学习、探究学习。

3 环境微生物学的课程教学实践

3.1 “学生兼课”的探索实践

一提到教师，就会想到教师在教室中讲课；一提到学生，就会想到学生在教室中听课。由于教师主导课堂，学生被动学习，少有主动思考。由于没有参与讲课，学生只听说过讲课的不易，并未体验过讲课的辛苦。由于长期疲于听课被灌，部分学生习惯于抢坐教室后排，不时打一会瞌睡或开一会小差，个别学生甚至逃之夭夭。课堂的主体是学生，没有学生，课堂也失去了存在的价值。因此，教师

将课堂还给学生是明智之举^[9]。

在环境微生物学课程教学中，进行了“学生兼课”的尝试。任课教师以知识点为基本单位，将课程核心内容组合为若干模块。先由教师讲解各模块中的典型内容，再让学生讲解各模块中的其他内容。例如，在“微生物主要类群”模块中，任课教师先讲解“细菌”章节，再设置“放线菌”、“蓝细菌”、“古菌”、“真菌”、“藻类”、“原生动物”和“微型后生动物”等章节供学生讲解。“学生兼课”给了学生参与授课的机会，也给了学生上好课的压力，收到了显著的教学成效。

【教学案例1】某环境工程专业班共有47名学生，分成8个团队，每个团队推荐1名组长。任课教师将4课时的课程内容分为8部分，即放线菌、蓝细菌、古菌、真菌、真菌概论、真菌分类学(前两类)及其代表属、真菌分类学(后三类)及其代表属、藻类、原生动物及微型后生动物等，并将任务布置给每个团队。“学生兼课”前，任课老师先以“细菌”部分为授课样板，讲解课程重点，然后由组长组织团队备课，再由教师组织各团队讲课。明确“学生授课”的具体任务是：消化教材知识，查阅课外书刊，精选上课内容，商定讲授重点，制作PPT，进行课堂讲解。每个团队推荐一位代表讲课，其他队员解答同学提问；没有承担讲课任务的团队负责提问、打分，并从内容、形式、重点、表述等方面给予评价；任课教师和课程助教也对团队表现进行打分、点评、总结；综合学生、助教和教师的打分(相应占比为56%、14%、30%)，最终给出该团队“学生兼课”部分的成绩(各组员得分相同)。

无论是知识的丰富程度，还是讲课的实践经验，教师总是强于学生。教师将课堂交给学生，是否会浪费教学资源？实践证明，这种担忧是多余的。教师个体与学生个体相比，前者占优；但教师个体与学生群体相比，前者不一定占优。俗话说“三个臭皮匠，赛过诸葛亮”，学生以团队协同学习，学生之间“一对一”交流的效率远胜过师生之间“一

对众”交流的效率；师生年龄不同，彼此之间存在或大或小的沟通障碍，学生之间交流的通畅性也远胜过师生之间交流的通畅性。此外，在课程教学中学生当“演员”参加“演戏”，不再“事不关己”而逃之夭夭，也从中体验了教师的辛勤工作，了解自己的“演艺”水平，增强了学习的自觉性。

3.2 “课堂讨论”的探索实践

在课程教学过程中，预习是学习的必要环节，它是学生产生困惑或问题的源头，带着问题去听课才能收到事半功倍之效。但今天的学生很少会把没讲的课程内容预看一遍。复习也是学习的必要环节，温故而知新。但现今的学生也很少会把讲过的课程内容再看一遍。如何保证及时预习和复习？这是提高课程教学质量的重要问题。

在环境微生物学课程教学中，进行了“课堂讨论”的尝试。将课堂讨论从课程教学中剥离，单独设课，将上课地点由传统的座椅式教室转移至新式的圆桌式教室，增强了学生面对面讨论的氛围。在

课堂讨论中，教师出任“导演”，以问题为导向，引导学生及时预习和复习课程知识，培养学生消化、吸收和应用知识的能力；学生出任“演员”，以解答问题为抓手，发挥“学生教学生，学生帮学生”的作用，通过“问题-思考-探索-解答”的活跃思维，从不同角度对讨论主题发表看法，强烈的辩论气氛激发了学生的求知欲和学习热情。

【教学案例 2】某环境工程专业班共有 47 名学生，分成 8 个小组，每组推荐一名组长。任课教师根据课程内容设置 16 个讨论主题(表 2)，各小组自主选 2 个讨论主题，由组长组织学生准备讨论内容，讨论根据理论授课进度和表 2 所示顺次开展，具体由教师组织各组学生进行课堂交流。明确“课堂讨论”的具体任务是：查阅相关知识，精选主题内容，商定关键例证，制作 PPT，进行课堂交流。每个小组推荐一位代表演讲主题内容，其他组员解答同学提问；没有演讲任务的小组先进行组内讨论，协调观点，统一意见，再在全班讨论中提出质

表 2 环境微生物学“课堂讨论”主题(2015–2016 学年)
Table 2 Discussion topics for Environmental Microbiology (2015–2016)

编号 No.	讨论主题 Topics
1	例举 2 个著名微生物学家及其贡献或 2 个重大微生物学事件及其意义(2 学时)
2	微生物与地球环境形成、维持和改善有何关系(2 学时)
3	例举 2 种病毒及其引发的重大恶性事件或 2 种病毒及其揭示的重大科学意义(2 学时)
4	目前原核微生物分类概况和鉴定方法如何(2 学时)
5	目前真核微生物分类概况和鉴定方法如何(2 学时)
6	微生物需要哪些营养物质？以乳糖为例说明营养物质的吸收、代谢和调控(2 学时)
7	微生物有哪些趋避性行为？以趋化性为例说明鞭毛运动的调控机制(2 学时)
8	微生物培养方式有哪些？如何操作(2 学时)
9	引起菌群演替的原因有哪些？如何导向菌群演替(2 学时)
10	为何厌氧细菌易受氧毒害？好氧细菌需氧，对其生长是否氧浓度越高越好(2 学时)
11	以氮为例，讨论营养元素的形态、有效性和生物转化(2 学时)
12	例举并分析一个典型微生物污染案例(2 学时)
13	例举并分析一个典型微生物修复案例(2 学时)
14	例举并分析一个典型微生物在环境工程中应用的案例(2 学时)
15	环境工程对控制水传性疾病(如霍乱、痢疾、伤寒)的历史贡献及其现实意义(2 学时)
16	例举 2 种当前常用的目标微生物的分子生物学检测方法，并分析其优点和缺点(2 学时)

询,在辩论中应用已学知识,获得未学知识,产生新的问题。教师全程参与,最后点评共性问题并解析分歧意见。“课堂讨论”共设 32 学时,课前发放成绩评定和问题汇总表(任课老师和助教制定),最终成绩由各小组、助教、教师打分,依次占比为 56%、14%、30%。

在教师“导演”课堂讨论中,应当注意:(1) 不要急于纠正学生的错误,学生发言出错时,引导其他同学参与质疑和争论,力求在讨论中让学生自己解决问题。(2) 不要让少数学生“垄断”讨论“市场”,鼓励学生人人参与,并从学生发言中找到有益元素,及时加以表扬,保护学生的积极性。(3) 控制学生对问题的解答距(解答问题所需思考过程的长短),适当分配“微解答距”的记忆性和知识性问题、“短解答距”的理解性和感知性问题、“长解答距”的品味性和比较性问题、“新解答距”的评点性和拓展性问题。

3.3 “专题讲座”的探索实践

专题讲座一般邀请嘉宾主讲,嘉宾多为某领域知名专家(例如:美国环境生物技术专家 Rittman 教授,荷兰厌氧微生物专家 Jetten 教授),专题讲座也常围绕某领域的前沿问题(例如:环境微生物的分子生物学检测,厌氧氨氧化研究进展)。对于学生,专题讲座是一场学术盛宴。专题讲座涉及的内容相对高端,具有较高的学术水平和研讨价值。聆听这种讲座,能体验思路火花的碰撞,也能了解最新的科研成果,了解某一研究的起始、进展、趋势和影响。因此,设立专题讲座或观看专题讲座视频可以有效弥补教材内容更新缓慢的不足。

在环境微生物学课程教学中,进行了“专题讲座”的尝试。专题讲座穿插于“课堂讨论”环节,分配 2-4 个课时。环境类专业(环境科学和环境工程)一般不设微生物学等基础生物类课程,学生的生物学背景知识停留于高中水平。然而,环境微生物学发展很快,新知识、新方法、新技术层出不穷,教学内容不断丰富^[10]。针对这一情况,课程

组除了衔接现有知识讲授课程核心内容外,还增设“乳糖利用与乳糖操纵子”、“细菌趋化行为与调控机理”、“走近 H7N9 禽流感病毒”、“一种抗击 HIV 的新型基因疗法”、“曲霉与曲霉病”、“废水处理微生物”、“废水生物脱氮”、“PCR 技术的发展及其在环境微生物监测中的应用”、“微生物与抗生素抗性基因污染”等专题讲座或专题讲座视频,拓展了学生的专业视野,唤起了学生的专业热望。

【教学案例 3】“微生物与抗生素抗性基因污染”专题讲座穿插于“课程讨论”第 12 个主题“例举并分析一个典型微生物污染案例”中,配置 1 个课时。许多微生物携带抗生素抗性基因(如卡那霉素抗性基因 *nptII*,四环素抗性基因 *tetR*)。抗生素抗性基因可通过转染肠道细菌,从而造成人类对这些抗生素产生抗性,即耐药性。中国是抗生素的使用大国,也是抗生素的生产大国。1995-2007 年疾病分类调查表明,全国感染性疾病占全部疾病的 49%,其中细菌感染性疾病占全部疾病的 18%-21%,也就是说 80% 以上属于滥用抗生素,每年有 8 万人因此死亡。2011 年 4 月 7 日世界卫生日的主题是“抵御耐药性:今天不采取行动,明天就无药可用”。通过听专题讲座,学生了解了抗生素抗性基因这种新型特殊污染物的污染和防治状况。

在举办专题讲座或组织观看专题讲座视频中,应当注意:(1) 预先介绍一些讲座背景,以针对学生的知识现状预补一些专业知识。(2) 适当控制讲座内容深度,以专题内容的深度与课程内容的深度接轨。(3) 合理分布讲座主题,邀请不同领域的主讲嘉宾。

3.4 “课程论文”的探索实践

学术论文是科研工作者在学术书刊上发表的自己研究成果的文章。学术论文强调原创性的研究成果,也可以是前人研究成果的回顾及评价(即综述性文章,简称综述)。综述包括“综”与“述”两个方面。所谓“综”就是作者对搜集的素材

进行归纳整理和综合分析,使材料更加精炼、更加明确、更有逻辑性。所谓“述”就是评述,是对所写专题全面、深入、系统的论述。课程论文属于综述,是作者根据自己的观点写成的资料性和评论性论文。

在环境微生物学课程教学中,进行了“课程论文”的尝试。课程论文不计入学时,是课外教学的一种方式,而课外教学是环境微生物学课内教学的延伸,也是优质教学的重要标志。对于课内“吃不饱”或“余兴未尽”的学生,从课程论文切入,可检索大量专业文献,梳理大量相关素材,研读大量文献内容,思考特定专业问题,并将思维成果写成学术论文。撰写课程论文过程中需要任课老师投入大量精力(如学生人数较多,可请其他专业老师协助),从选题开始介入指导,以深化学生的专业知识,培养学生的探究能力。

【教学案例 4】“环境微生物学课程论文”由每个学生单独完成。由学生自由选择专题,查阅中外文献,探讨相关问题,撰写课程论文。学生提前 2 周提交课程论文题目,由任课教师审定后再进行撰写。明确“课程论文”的基本内容是:题目、作者及单位、中英文摘要、关键词、前言、论文主体、结论、致谢、参考文献。课程论文撰写过程中可随时联系任课教师及助教进行指导,课程论文完成后交任课教师和助教进行批阅、打分,任课教师及助教的评分占比为 80%和 20%。例 2 中环境工程班学生共 47 名,全部上交了课程论文,其中 4 篇课程论文发表在《微生物学报》^[11]、《水处理技术》^[12]、《科技通报》^[13-14]上。

在撰写课程论文中,应当注意:(1)提醒学生选择与课程内容相关的论文主题。(2)提醒学生选择宽度适当的论文题目。(3)提醒学生在课程论文中陈述自己的观点。

3.5 “综合考评”的探索实践

考评是鉴定教学效果的重要环节。定期考评,可促使学生增强学习意识,努力完成学习任务,也可帮助学生判断学习成效,持续改进学习方法^[15]。综合考评,细化课程考评成绩构成,可全面、全程反映学生的学习状况,更加精确、及时地反馈学生的学业信息。让学生参与综合考评,则可彰显考评的公平性,也可使他们亲身感受考评带来的鞭策^[16]。

在环境微生物学课程教学中,进行了“综合考评”的尝试。课程成绩包括平时成绩(到课情况、随堂问答)、学生讲课(以团队考评)、课堂讨论(以团队考评)、课程论文、阶段考试、期末考试等多个部分(表 3),其中平时成绩由助教记录,学生授课和课堂讨论的成绩由师生共同评定,突出了课程的过程考评、团队考评和学生自我考评。值得指出的是,期末考试为考核学生综合掌握课程内容的关键环节,实行“一票否决制”,即必须达到及格线后才能进入表 3 所示的成绩综合评定。通过综合考评,细化了课程成绩,合理分配了学生获取各类知识点的动力,例 2 中环境工程班的结课平均成绩为 84.44 分,及格率为 97.87%,显著高于教改前的成绩。此外,综合考评也营造了求是创新的优良学风,培养了互帮互学的协作精神,建立了追求卓越的发展意识。

表 3 环境微生物学成绩评定标准

Table 3 Standards for grading in Environmental Microbiology

平时成绩 Usual performance (5%)	学生讲课 Student lecture (10%)	课堂讨论 Topic discussion (15%)	课程论文 Thesis course (20%)	阶段考试 Test (10%)	期末考试 Examination (40%)	总计 Comprehensive assessment (100%)
到课情况	内容选择	到课情况	选题合理	微生物主	术语翻译	各部分成绩 加权相加
随堂问答	内容组织	随堂问答	内容丰富	要类群	名词解释	
	PPT 质量	主题演讲	论述充分	微生物基	知识填空	
	讲课质量	主题解答	结论确切	本理论	问题解答	

4 小结

课程组以解答微生物“是什么”、“有何用”和“怎么用”为主线,构建了环境微生物学的课程体系,以尝试“学生兼课”、“课堂讨论”、“专题讲座”、“课程论文”、“综合考评”等教学方法为基础,提出了环境微生物学的课程理论教学模式,将其用于环境类专业的教学实践,取得了显著成效。教学有法,但无定法。只有不断探索,才能逐渐完善。

参考文献

- [1] State Council. Decision of the State Council on implementing scientific viewpoint of development and strengthening environmental protection[EB/OL]. 2005-12-13. http://www.gov.cn/zwzk/2005-12/13/content_125680.htm (in Chinese)
国务院. 国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定[EB/OL]. 2005-12-13. http://www.gov.cn/zwzk/2005-12/13/content_125680.htm
- [2] State Council. National outline for medium and long term S&T development (2006-2020) [EB/OL]. 2006-02-26. http://www.gov.cn/zwzk/2006-02/26/content_211553.htm (in Chinese)
国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)[EB/OL]. 2006-02-26. http://www.gov.cn/zwzk/2006-02/26/content_211553.htm
- [3] Zheng P. Environmental Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2010: 4-9 (in Chinese)
郑平. 环境微生物学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 4-9
- [4] Zeng W, Wang SY, Peng YZ. Research and practice of bilingual teaching mode on environmental microbiology[J]. China Modern Educational Equipment, 2009(17): 68-70 (in Chinese)
曾薇, 王淑莹, 彭永臻. 环境微生物学双语教学模式的研究与实践[J]. 中国现代教育装备, 2009(17): 68-70
- [5] Wang JJ, Mei LJ, Piao Z, et al. The reform of environmental microbiology[J]. Education Teaching Forum, 2015(38): 87-88 (in Chinese)
王进军, 梅丽娟, 朴哲, 等. 浅谈《环境微生物学》教改[J]. 教育教学论坛, 2015(38): 87-88
- [6] Lü LZ, Lin H, Chen XZ, et al. Reform and practice of environmental engineering microbiology experiment teaching[J]. Microbiology China, 2014, 41(10): 2149-2153 (in Chinese)
吕绿州, 林海, 陈秀枝, 等. 环境工程微生物学实验教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2014, 41(10): 2149-2153
- [7] Wei JH, Luo L. Challenges in the undergraduate course of “comprehensive design of microbiological experiments”[J]. Microbiology China, 2017, 44(1): 225-231 (in Chinese)
魏建宏, 罗琳. 微生物学综合性设计实验教学中存在的问题与探索[J]. 微生物学通报, 2017, 44(1): 225-231
- [8] Liang LY, Hu BL, Zhu L, et al. Reform of environmental microbiology experimental teaching mode[J]. Experimental Technology and Management, 2012, 29(9): 126-128,131 (in Chinese)
梁璐怡, 胡宝兰, 朱亮, 等. 环境微生物学实验教学模式改革[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(9): 126-128,131
- [9] Gao WG, Li PL. Application and practice of research-oriented teaching mode in the food microbiology[J]. Microbiology China, 2012, 36(1): 111-116 (in Chinese)
高文庚, 李平兰. 研究型教学模式在食品微生物学教学中的应用与实践[J]. 微生物学通报, 2012, 36(1): 111-116
- [10] Li SP, Yu LJ. In rapid development of environmental microbiology and technology: “The 12th national symposium on environmental microbiology” special preface[J]. Microbiology China, 2010, 37(4): 485-486 (in Chinese)
李顺鹏, 余龙江. 快速发展中的环境微生物科学与技术——“第十二次全国环境微生物学学术研讨会”专刊序言[J]. 微生物学通报, 2010, 37(4): 485-486
- [11] Zhao YG, Zheng P. Composition, structure and function of anammoxosome—a review[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2016, 56(1): 8-18 (in Chinese)
赵弋戈, 郑平. 厌氧氨氧化体的组成、结构与功能[J]. 微生物学报, 2016, 56(1): 8-18
- [12] Li YY, Zheng P, Zhang M. The effects of uncoupler on sludge reduction in wastewater biotreatment system[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(7): 6-11,24 (in Chinese)
李旂瑜, 郑平, 张萌. 解偶联剂对废水生物处理系统的污泥减量作用[J]. 水处理技术, 2016, 42(7): 6-11,24
- [13] Shan XY, Zhang M, Zheng P. Nar and Nxr: key enzymes in microbiological nitrogen cycle[J]. Bulletin of Science and Technology, 2016, 32(7): 202-206 (in Chinese)
单晓雨, 张萌, 郑平. Nar 与 Nxr: 氮素循环中微生物关键酶研究进展[J]. 科技通报, 2016, 32(7): 202-206
- [14] Wang ZY, Chen WF, Zheng P. The applications of fractal theory in anaerobic ammonium oxidation granule sludge blanket bioreactor[J]. Bulletin of Science and Technology, 2016, 32(12): 216-220 (in Chinese)
王志尧, 陈伟锋, 郑平. 分形理论在厌氧氨氧化颗粒污泥床反应器性能研究中的应用[J]. 科技通报, 2016, 32(12): 216-220
- [15] Zhang QF, Chi NY. Establishment and implementation of the evaluation system in microbiology experimental education[J]. Microbiology China, 2009, 36(9): 1432-1435 (in Chinese)
张庆芳, 迟乃玉. 微生物学实验教学考核评价体系的建立及实施[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 1432-1435
- [16] Li J, Zhou YL, Guan J. The exploration and practice of environmental microbiology teaching reform[J]. Microbiology China, 2009, 36(11): 1766-1771 (in Chinese)
李靖, 周玉林, 关杰. 环境微生物学教学改革的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2009, 36(11): 1766-1771