

## 基于项目制学习的“环境工程微生物学”研究型实验探索

吉铮<sup>1,2\*</sup> 马阁<sup>1,2</sup> 王瑞媛<sup>1,2</sup> 李敏睿<sup>1,2</sup>

(1. 陕西师范大学地理科学与旅游学院 陕西 西安 710119)

(2. 陕西师范大学地理学国家级实验教学示范中心 陕西 西安 710119)

**摘 要:** 项目制学习是一种以学生为中心, 倡导主动性学习、咨询性学习的教育方法。为了提高“环境工程微生物学”课程实验的系统性, 增强其科研性, 我们进行了基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的探索。本文对实验设计、实施、评价等方面的问题进行了讨论与总结。通过这种教学模式的实践, 能够使学生对环境工程微生物学研究有更系统性的认识, 提高了学生的自主学习能力, 培养了学生科研探索的精神, 对教学效果的提高具有明显促进作用。

**关键词:** 项目制学习, 研究型实验, 环境工程微生物学实验

## Practice at researching experiment of Environmental Engineering Microbiology based on project-based learning

Ji Zheng<sup>1,2\*</sup> MA Ge<sup>1,2</sup> WANG Rui-Yuan<sup>1,2</sup> LI Min-Rui<sup>1,2</sup>

(1. Department of Geography, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

(2. National Demonstration Center for Experimental Geography Education, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

**Abstract:** Project-based learning is a kind of student-centered teaching mode, which advocate active and interrogative learning. In order to improve the integral systematicness of Environmental Engineering Microbiology experiment courses, enhance the scientific research, the researching experiment program has been carried on which was based on the project-based learning. The experimental design, implementation, evaluation and other issues were discussed and summarized. In conclusion, this kind of teaching mode could encourage students to form a systemic understanding of environmental microbiology research, promote the ability of autonomous learning and cultivate the scientific spirit of exploration. The teaching effectiveness has been improved obviously by such kind of teaching practice.

**Foundation items:** Natural Science Foundation of Shaanxi Province (2017JQ5074); Fundamental Research Funds for the Central Universities (GK201603075, GK201601009); Xi'an Science and Technology Bureau Project (2017071CG/RC034[SXSf002])

**\*Corresponding author:** Tel: 86-29-85310525; E-mail: jizheng@snnu.edu.cn

**Received:** October 30, 2017; **Accepted:** January 16, 2018; **Published online** (www.cnki.net): January 18, 2018

**基金项目:** 陕西省自然科学基金青年项目(2017JQ5074); 中央高校基本科研业务费专项资金(GK201603075, GK201601009); 西安市科技局项目(2017071CG/RC034[SXSf002])

**\*通信作者:** Tel: 86-29-85310525; E-mail: jizheng@snnu.edu.cn

**收稿日期:** 2017-10-30; **接受日期:** 2018-01-16; **网络首发日期**(www.cnki.net): 2018-01-18

**Keywords:** Project-based learning, Researching experiment, Environmental Engineering Microbiology experiment

“环境工程微生物学”课程实验是环境类专业的基础必修课,其教学内容涉及环境与生物两个领域,旨在培养学生的实验技能、实验思维、创新能力和科学素养<sup>[1]</sup>,是课堂教材理论知识联系生产生活实践的重要环节。目前,许多高校设置的“环境工程微生物学”课程实验基本都参照,甚至照搬“普通微生物学”课程实验,如利用教学示范片进行微生物形态观察、培养基的制备与灭菌等<sup>[2]</sup>,没有体现出“环境类”的专业特色,即“环境工程微生物学”课程实验内容的设置与专业的关联度不高,因此,学生普遍缺乏学习兴趣。另外,传统的“环境工程微生物学”课程实验多采用被动灌输式的教学手段,抑制了学生的自主创新能力<sup>[3]</sup>,导致教学效果一般。因此,在教学中引入新理念,优化设计教学内容,寻求恰当的教学模式,已经成为提高“环境工程微生物学”课程实验教学质量的必然要求。

作为教育创新领域的前沿,“项目制学习”(Project-based learning, PBL)正在被广泛应用。项目制学习是一种以学生为中心,倡导主动性学习、咨询性学习的教育模式,这种方式旨在让学生浸入更有意义的教学环境,并且能极大提升学生的学习兴趣。“项目制学习”的创始人之一 Rob Riordan 认为,“学科的划分与人们在真实世界中使用知识的方式不相符合,也无法帮助人们应对世界急剧的变化。而在深度的项目研究中,学生则可以通过项目开展个性化学习(Personalized learning),所有项目通过小组紧密合作的形式完成。学生不再仅仅是项目的执行者,师生双方是项目的共同设计者(Co-designers),在项目中实现共同探讨、共同成长。”而这些都恰好在一定程度上弥补了传统实验教学的不足。

因此,针对以往“环境工程微生物学”课程实验教学中存在的问题,我们在教学实践中进行了基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的

初步探索,取代原有的微生物实验项目,采用“构思—设计—实施—操作—评价—反馈(Conceive—Design—Implement—Operate—Assessment—Response)”的模式,以期为高校环境类专业“环境工程微生物学”课程实验的教学改革提供参考。

## 1 基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的设计

陕西师范大学 2001 年增设环境科学专业,每年招生人数为 30 人左右,组成一个自然班。自专业开设后,“环境工程微生物学”课程实验一直作为专业技能必修课程独立开课,共计 18 学时,以自然班为单位进行单班授课,每 4-5 人组成一个实验小组。

### 1.1 设置思路

基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的设计思路如下:(1) 实验项目设置应该突出“微生物技术的环境应用”这一特点,并紧跟学科发展的前沿。因此,在基本的微生物学实验项目的基础上,还应融入现代生物技术在环境科学与工程领域的理论知识和应用技术<sup>[1]</sup>,不断将科研中的方法引入到实验教学中。(2) 通过研究型实验的设置将原本互相独立的实验项目进行有机整合、优化,融会贯通,增强每个实验的连贯性与逻辑性,形成一项综合性、设计性实验,力求使学生在夯实基础的同时进行科研训练,对一个完整的环境微生物学研究途径有系统性的认识<sup>[4]</sup>。(3) 坚持以学生为主体,以设计为重点,有意识地让学生参与到教师的科研工作中去,力争形成“科研促进教学,教学带动科研”的良好局面,充分给学生提供学习探索的空间,发挥其创新能力和实践能力,培养学生独立从事科学实验和科学技术工作的本领<sup>[4]</sup>。

### 1.2 实验题目的选择与确定

基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验必须起源于学生感兴趣的、又具有科研性质

的问题。课堂以问题开始,教师在学期初提出一个貌似宽泛、宏达的问题(即制定研究范围,如“环境中功能性细菌的筛选与鉴定”),引发学生进行思考并确定最终项目的选题(如“活性污泥中硝化细菌的分离鉴定及其硝化功效的初步研究”),取代原有的、相互独立的单项实验。为使项目能够涵盖微生物学实验基础及生物技术的环境应用等几方面内容,必要时教师需要将提出的问题结构化,引导学生进行基于内容的学习。在限定时间节点内,学生完成背景资料的搜集并进行最初的实验设计。师生共同讨论,最终确定实验题目。

教师在辅助学生进行实验题目的最终确定时,需秉承以下原则:(1) 个性化原则,即学生能在项目实施过程中的哪些环节做出自我选择;(2) 知识任务原则,即学生能在项目实施过程中的哪些环节完成自我挑战;(3) 理论联系实际原则,即学生能在项目实施过程中的哪些环节建立理论与实践的相互联系;(4) 师生共同设计原则,即如何在既有条件下完成师生项目设计的架构。只有这样,才能在项目实施阶段更好地帮助学生完成知识的深入学习。

### 1.3 实验方案的设计

教师首先将实验题目分解,设置系列阶段性、过渡性的任务,如活性污泥的微生物相观察→活性污泥中自养细菌的分离与培养→功能性硝化细菌的筛选与纯化→硝化细菌功效的初步检测→功能性硝化细菌的生物学鉴定,明确每一阶段的实验内容,并将实验室可支配的仪器设备介绍给学生。学生稍后以自愿为主结成项目小组,根据前期学习的理论知识和实验技能,同时结合文献资料等方式在现有实验条件下自主进行实验方案的设计<sup>[1-2]</sup>。期间,指导教师和学生是项目的共同设计者(Co-designers),需要不断对实验方案进行修正。例如自养细菌培养基的选择、硝化强度的测定方法选择、生理生化指标的选择及菌种的鉴定方法选择等。整体方案设计完毕,设立讨论课,每个小组以答辩形式介绍设计方案的背景、

目的、技术路线和方法及预期结果,由教师和学生提出意见及建议,对设计方案进行再次完善,以确保实验的可行性<sup>[1,5]</sup>。

### 1.4 实验方案的实施

在整个项目实施过程中,教师需要具有较强的项目管理能力和追踪能力,确定学生在学习过程中能把握大方向,不跑题,不偏题,保持住自己的关注点,并帮助学生对项目所涉及的概念与技术进行深度理解与挖掘。例如,我们在教学实践活动中开展的“活性污泥中硝化细菌的分离鉴定及其硝化功效的初步研究”这一研究型实验,从实施开始就对阶段性任务逐一进行拆解细化,仔细讲授了活性污泥法处理污水的脱氮原理及硝化细菌在氮循环中的作用等环境工程微生物学的基础知识,将理论知识融入实践教学,构建理论基础,明确实验主线;在具体实验操作中,对学生的训练内容囊括了普通微生物学实验中的显微镜技术、无菌操作技术、分离纯化与纯培养技术、微生物制片及染色技术等基本实验技能;进行的生物学鉴定及硝化功效的检测,既包含了传统的 Griess 试剂、二苯胺-硫酸试剂及纳氏试剂检测法等测定功效,还尝试了较为先进的 Vitek、Biolog 等生理生化检测鉴定;后续还利用了分子生物学鉴定方法,包含细菌总 DNA 的提取、PCR 技术及系统发育分析等。完成这一系列实验(具体学时分配见表 1),不仅能够使学生得到科研思维的训练,还能提高学生的实验技能;不仅使学生对环境工程中的微生物原理有了更深刻的认识,也使学生了解到了一些新技术与新方法。

在项目实施过程中,教师也需要引导学生进行质询,以确保学生学到项目中所要求的内容。教师可以帮助学生去构建一系列任务框架,训练学生的知识发展和社交技能,并最终对学生的全学习过程进行评估。学生则结成项目小组,由此进行探索性实验与深度学习。学生们通过对教师分配的小任务进行反馈与评估,以此来帮助教师更好地进行后期实验工作的调整。

表 1 活性污泥中硝化细菌的分离鉴定及其硝化功效的初步研究实验学时分配

Table 1 The setting of the experimental of isolation and identification of nitrobacteria and their nitrifying rates

实验项目 Experimental items	课时数 Study hours	内容概要 Summary
活性污泥的微生物相观察 Microbial morphology observation of activated sludge	2	掌握光学显微镜的原理、结构及操作方法, 观察活性污泥中的生物相
活性污泥中自养细菌的分离与培养 Isolation and cultivation of autotrophic bacteria in activated sludge	4	掌握硝化细菌分离培养基、富集培养基的制备与高压蒸汽灭菌方法, 掌握硅胶平板的制备
功能性硝化细菌的筛选与纯化 Isolation and purification of nitrobacteria	3	观察不同培养基中的菌落形态, 掌握涂布法和划线分离法分离微生物
硝化细菌功效的初步检测 Detection of nitrifying rates	4	了解硝化细菌的功能特性
功能性硝化细菌的生物学鉴定 Identification of nitrobacteria	4	掌握细菌的简单染色和革兰氏染色方法, 对硝化细菌提取基因组 DNA, 采用 Biolog 微生物自动鉴定系统及 16S rRNA 基因进行菌种鉴定, 学习利用 GenBank 数据库及系统发育分析
菌种的保藏 Preservation of microbial strains	1	练习菌种的低温保藏技术

教师在项目实施阶段始终践行以学习者为中心的、兼容并包的教学方法, 为每一位学生提供必要支持的同时, 又向其提出任务挑战, 在项目制学习中担任辅助者(Facilitator)的角色。学生在学习过程中不再被动接纳, 而是融入质询、主动探索的习惯, 提出问题、构建知识并寻求解决方法。这种基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的最终目的在于有意识地培养学生解决问题的能力、创造性能力、深入理解能力及批判性思维能力, 使学生走向自我导向性学习。

1.5 实验结果的展示

实验结束后, 要求学生撰写项目结题报告及符

合《微生物学通报》等优秀刊物要求的科研论文一篇。结题报告需包含文献综述(包含立项背景)、实验报告(包括实验原理、实验材料与方法、实验结果及分析讨论、结论等四部分)及心得体会。同时, 以实验小组为单位, 采用幻灯片的形式进行交流展示。

1.6 研究型实验的成绩评价

基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验需要对学生的学习全过程进行评估。教师评估内容包括实验方案的设计、项目的执行过程、实验结果的总结分析及结果展示等多方面<sup>[6]</sup>。学生评估内容主要包括自我反思与评价、同学探讨两部分。实验成绩评定最终以评分形式进行, 见表 2。

表 2 “环境工程微生物学”课程实验成绩评定

Table 2 The grade assessment in Environmental Engineering Microbiology experiments

形式 Form	内容 Contents	分值 Score	考核要求及成绩评定说明 Requirements and grading standards
个人 Individual	出勤	10	缺课 1 次扣 2 分, 迟到 1 次扣 0.5 分
	实验操作	10	根据学生的实验室行为、操作规范程度及熟练程度适当评分
	随机抽考	5	根据学生课前提问的回答准确度及讨论的参与度适当给分
	分次实验报告	25	根据个人实验报告完成质量及阶段性实验结果适当评分
小组 Team	实验设计	10	根据实验设计可行性及内容细化情况适当评分
	实验准备	10	根据小组实验准备情况适当评分
	综合实验报告及成果展示	30	科研论文 15 分, 结题报告 10 分, PPT 成果展示 5 分

## 2 基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验的实施效果及反思

### 2.1 研究型实验的教学效果

经过两轮基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验,我们发现,如果研究型实验的内容是基于学生参与的国家大学生创新性实验计划项目(简称“国创”)或者教师的相关科研项目,则项目实施阶段学生的目标性更强,系统性也更好,完成质量相对更高。例如文中所提及的“活性污泥中硝化细菌的分离鉴定及其硝化功效的初步研究”即是环境科学班6名学生参与的国家大学生创新性实验计划项目内容的一部分,为保证各小组之间实验进度基本一致,教师将参与该项目的6名学生分配至不同小组中,这些学生基于自身的项目执行情况,配合教师完成了前期实验准备、中期微生物培养、观察及生化功能检测等大量工作,在项目制实验过程中起到了协调、反馈的积极作用。在整个项目制教学过程中,这6名学生还为其他同学做了课前讲解工作,进行了知识的铺垫,全班学生也在此过程中形成了相对完整的微生物学技能基础与环境实践的知识应用体系。

当此类项目制学习的执行质量较好时,可以增加学生对实验内容及相关理论知识的长期记忆能力和复刻能力,推动学生进一步拓展思维,发挥批判性思考的能力,学生的科研素养能够得到全方位的培养和训练。需要注意的是,基于项目制学习的研究型实验并非传统验证性实验,学生在项目实施期间不一定能得到既定的实验结果,因此需要培养学生对阶段性实验结果的挖掘与分析总结能力,培养学生积极面对并主动解决未知科学问题的精神。

此外,在基于项目制学习的环境工程微生物学研究型实验实施阶段,教师与学生要及时对实验中的问题与结果进行讨论反思,这也增强了师生间的沟通和理解。

### 2.2 反思

在项目制学习过程中,学生需要学会在社群中工作,由此带来的是对学生团队意识和责任感的培育。但是由于实验小组是项目制学习中的基

本单位,个别学生往往会出现“滥竽充数”的问题。要解决此类问题,我们将在今后采用“拼图与专家小组法”(Jigsaw and expert groups),即先把学生分为不同小组,在各自学习不同方面的问题后,每个小组随机选取一名学生重新组成新的小组,每个人在新小组中都掌握了独特的知识,因此,学生需要对自己的学习负责,不可偷懒。

除此以外,项目制学习需要学生花费较多的时间与精力,如何平衡日常学习和科研训练之间的关系也需要进一步规划。教师需要时刻提醒学生不能忽略基础知识的学习和传统课堂教学的精髓,学生在项目实施过程中只是引入了更多的课外资源。

## REFERENCES

- [1] Sun Y, Hu HY, Lu Y, et al. Development and practice of research-based experimental projects in Environmental Engineering Microbiology[J]. *Experimental Technology and Management*, 2016, 33(7): 217-219 (in Chinese)  
孙艳, 胡洪营, 陆颢, 等. 环境工程微生物学研究型实验项目开发与实践[J]. *实验技术与管理*, 2016, 33(7): 217-219
- [2] Wang GH. Construction and practice of comprehensive experimental teaching system of Environmental Engineering Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2017, 44(1): 232-237 (in Chinese)  
王国惠. 环境工程微生物学综合性实验教学体系的构建与实践[J]. *微生物学通报*, 2017, 44(1): 232-237
- [3] Kong F, Cheng JH, Liu WP. Consideration and exploration in teaching of environmental engineering microorganism experiment[J]. *Laboratory Science*, 2011, 14(2): 27-28 (in Chinese)  
孔峰, 程洁红, 刘维平. 环境工程微生物学实验教学的思考与探索[J]. *实验室科学*, 2011, 14(2): 27-28
- [4] Chen YP. Discussion on experiment project setting of Environmental Microbiology in college[J]. *Journal of Yangtze University: Natural Science Edition*, 2012, 9(6): 189-190 (in Chinese)  
陈一萍. 高校环境类专业“环境微生物学”课程实验项目设置探讨[J]. *长江大学学报: 自然科学版*, 2012, 9(6): 189-190
- [5] Zhang JF, Chen H. Initial study of teaching reform on Microbiology by project teaching method[J]. *Journal of Zhengjiang Shuren University*, 2009, 9(4): 33-35 (in Chinese)  
张建芬, 陈虹. 基于“项目教学”的“微生物学”教学改革初探[J]. *浙江树人大学学报*, 2009, 9(4): 33-35
- [6] Qiao WC, Yu L, Ye JD. Teaching reforms of comprehensive experiment in Environmental Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2017, 44(6): 1500-1506 (in Chinese)  
乔维川, 虞磊, 叶菊娣. 环境微生物学综合性实验教学改革[J]. *微生物学通报*, 2017, 44(6): 1500-1506