

本科微生物学实验课程模块化体系构建与质量评价

何伟, 刘中华, 贾永, 张石柱, 许凯, 张元炜, 戴亦军*

南京师范大学 生命科学学院, 江苏 南京 210046

何伟, 刘中华, 贾永, 张石柱, 许凯, 张元炜, 戴亦军. 本科微生物学实验课程模块化体系构建与质量评价[J]. 微生物学通报, 2024, 51(9): 3743-3748.

HE Wei, LIU Zhonghua, JIA Yong, ZHANG Shizhu, XU Kai, ZHANG Yuanwei, DAI Yijun. Modular construction and quality evaluation of Microbiology Experiment teaching[J]. Microbiology China, 2024, 51(9): 3743-3748.

摘要: 将微生物学实验课程设计成微生物学科研项目, 设置环境微生物多样性调查, 产酶微生物的筛选、鉴定、培养与选育, 以及水质微生物学检验等若干个模拟研究实验模块。每个实验模块围绕一个科学问题。同时, 将微生物学基本实验技术和方法融合在研究型实验过程中, 增强其连续性、系统性, 形成一种综合性、研究型微生物学实验课程教学模式。进一步实施了人员、教材、资料的配套和改革, 并通过操作考试和调查问卷的形式对实验教学质量进行总体的评价。这种模块化课程模式为微生物学实验教学实践提供了有益的探索。

关键词: 微生物学实验; 模块化实验; 教学改革和实践

Modular construction and quality evaluation of Microbiology Experiment teaching

HE Wei, LIU Zhonghua, JIA Yong, ZHANG Shizhu, XU Kai, ZHANG Yuanwei, DAI Yijun*

College of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, Jiangsu, China

Abstract: Microbiology Experiment was redesigned and set as several scientific research projects. The modules of this course included environmental microbial diversity, screening, identification, cultivation, and enzyme production of enzyme-producing strains, and microbial test of water quality. Each module aimed to solve a scientific problem. At the same time, the basic experiment techniques and methods of microbiology were integrated in the research-oriented experiments. Thus, a comprehensive, research-oriented teaching mode was

资助项目: 2021 南京师范大学教改研究课题重中之重项目(2021NSDJG006)

This work was supported by the Key Project of Curriculum Reform Research in 2021 Nanjing Normal University (2021NSDJG006).

*Corresponding author. E-mail: daiyijun@njnu.edu.cn

Received: 2023-12-28; Accepted: 2024-01-27; Published online: 2024-03-12

constructed for Microbiology Experiment. Furthermore, the staff, textbook, and materials supporting the teaching were provided. The teaching quality was evaluated by operation examinations and questionnaire survey. Such a modular teaching mode paves a new way for the reform of Microbiology Experiment teaching.

Keywords: Microbiology Experiment; modular experiment; teaching reform and practice

微生物学实验课作为生物类专业的基础课程,其重要性不容忽视。它不仅有助于学生巩固微生物学理论知识,还对提高学生的实验技能和解决问题的能力具有关键作用^[1]。现行各高校普通微生物学实验课程,沿用了农业微生物、食品微生物和发酵工程等传统的微生物学内容,主要还是注重基本实验技能的培养和对有关理论知识的验证。根据国内外对于微生物学实验改革的研究和探索^[2-3]并结合本单位多年的实际教学经验和情况发现,传统的实验教学模式主要存在以下问题:(1) 理论教学与实践教学内容脱节,理论知识和实验操作未能有效结合,导致学生在实验中无法充分应用所学理论;(2) 实验教学中学生过于依赖教师,独立思考和操作能力有待提高。实验过程中简单操作多,复杂操作少,学生的责任感和自主性不强;(3) 缺乏对学生综合分析能力的培养。目前的实验教学过于注重基本技能的训练,而忽视了学生的综合分析能力和创新思维的培养;(4) 各实验项目间存在内容重叠交叉的情况,导致教学资源浪费,学生的学习效率降低;(5) 缺乏翔实细致的实施指南和组织保障及质量监控体系,缺少行之有效的实验能力考查指标和考核办法。如何对微生物学实验教学环节进行调整使其更加切合实际生产和科研,这样的调整对整个教学质量和效果会有何影响成为了实验教学亟待解决的问题。我们经过不懈探索与实践,在多年的教学实践中对基础微生物学实验教学进行了模块化体系的构建,积累了丰富的教改经验。形成了以突出基本能力、综合能力及创

新能力训练为目的的模块化微生物学实验教学的新模式。本文即介绍如何构建这种综合性、研究型微生物学实验课程教学模式并对该课程改革的教学质量和效果进行一定评价。

1 模块化实验体系的构建

首先,微生物学实验课程需要学生掌握一定的基础知识,如微生物的形态、生理、分类等方面的知识。因此,在课程安排上,需要实验课与理论课同步开展,合理分配整个学期时间以确保学生能够充分理解和掌握这些基础知识和实验操作。其次,微生物学实验课程时间较长(总共36学时),集中时段进行会与学生其他课程冲突,不利于教学安排。我们的总体思路是:将微生物学实验课程设计成几个科研项目,其中设置若干个模拟研究实验模块,每个实验模块围绕一个科学问题的解决来开展。同时,将微生物学基本实验技术和方法融合在研究型实验过程中^[4]。另外加强和丰富实验动手能力的考核(图1)。实际操作:将微生物学实验课程分为3个大的模块,每个模块再分成若干个连续的实验分次完成,其内容简单介绍如下。

实验模块1(4周完成,每周3个学时):环境微生物多样性调查。该模块设置成连续4周进行的课程模式,目的是训练学生能够从样品中分离出细菌、霉菌、放线菌、噬菌体,并能将其纯化、染色、鉴定;能完成该模块总结和结果处理并进行实验论文写作。其内容借鉴了农业微生物、环境微生物等常规的微生物分离染色操作方

法^[5-6],具体包括:实验1,环境样品的采集与微生物分离培养。即从各种环境样品,如室内外空气、不同土壤、不同水体中分离细菌、放线菌和霉菌并进行固体平板培养;水体活体微生物运动性显微观察;口腔微生物单染色显微观察。实验2,菌落及微生物形态多样性观察。即观察前次实验平板上长出的各种微生物,并对其形态、数量进行比较和初步形态学鉴定,另将疑似放线菌与霉菌的菌落进行平板转接划线并进行插片培养,用作下一次实验观察;通过革兰氏染色、芽孢染色、荚膜染色和鞭毛染色观察和鉴定细菌的形态结构。实验3,放线菌与真菌形态多样性观察。即以学生自备的霉菌与放线菌的插片培养物为材料,观察和比较放线菌、丝状真菌及酵母菌的形态结构特征,并显微测量和比较酵母细胞悬液样品中的单位体积数量。实验4,污水中大肠杆菌噬菌体的分离与纯化。包括污水样品的采集、预处理和噬菌体的扩增培养,双层平板培养基的制备,噬菌体的分离和噬菌斑观察,噬菌体纯化与效价鉴定及保藏等内容。

实验模块2(5周完成,每周3个学时):功能性或产酶微生物的筛选、鉴定、培养与选育。同样将该模块设置成连续的实验并分5周进行,且该实验模块设置了可任意选择的模块备选实验,能对产胞外淀粉酶、蛋白酶的微生物酶活进行分析,也可对拮抗菌进行抗菌谱测定^[7-8]。目的是训练学生掌握常用灭菌物品和培养基的制备;从样品中分离纯化具有一定生理功能的微生物菌种,并对其进行培养;会评价不同培养条件对微生物生长及功能的影响;掌握菌种分子鉴定、诱变育种和筛选方法。另外,能完成该模块总结和结果处理并进行实验论文写作。该模块内容参考了农业微生物、环境微生物、工业微生物等微生物常用的筛选、鉴定、诱变方法,具体内容包括:实验5,培养基的配制与实验材料的灭

菌。即配制本模块实验所需的全部培养基和准备各种灭菌器材。掌握高压蒸汽灭菌和烘箱干热灭菌的原理、适应范围和操作技术;掌握培养皿、移液枪头、移液管、试管等的包扎与灭菌方法;了解常用微生物培养基的配方以及配制和分装过程中的注意事项。实验6,功能性微生物的分离筛选与纯化。实验内容包括土壤样品采集、处理、稀释,土壤样品涂布与微生物分离培养,微生物功能性酶活力测定,阳性菌落的平板转接与斜面接种。实验7,产酶微生物菌种的初步鉴定。即了解微生物分类与鉴定中的基本程序和常规实验技术与方法;熟悉16S rRNA基因PCR扩增进行细菌鉴定的基本原理,掌握相应操作技术并测序鉴定。实验8,功能性产酶微生物菌种的摇瓶培养与培养条件的测定。接种前次实验所获得的菌种进行摇瓶培养,观察不同培养条件和营养物质等对菌体生长和对酶活力的影响,使学生掌握液体摇瓶培养技术并进一步强化斜面接种和倒平板技术。实验9,功能性微生物或产酶菌株的诱变育种。利用前次实验细菌液体培养物进行紫外线诱变育种;测定诱变突变率和致死率;掌握紫外诱变选育微生物菌种的基本实验方法;熟悉有关微生物突变体的筛选方法以及筛选培养基的设计思路。

实验模块3(3周完成,每周3个学时):微生物的卫生学检验。将该模块也设置成连续的实验并分3周进行,同时也设置了可任意选择的模块备选实验,如食品中沙门氏菌的检验、牛乳卫生质量的检测、Ames test检测化学诱变剂等。目的是训练学生掌握环境或食品样品采集、分析的各种方法;从样品中检测相关微生物,并对其进行培养计数;会对饮用水或食品进行微生物质量评价。另外,能完成该模块总结和结果处理并进行实验论文写作。该模块内容参考了微生物检验、血清学等常用的分离、鉴定、计

数的方法^[9-10],具体实验项目包括:实验 10,食品饮用水等样品的采集与细菌计数。内容包括采集各种来源的食品、化妆品、自来水等常见的日常产品,采用活菌计数法测定样品的细菌总数。将结果进行比较,使学生了解产品质量控制的重要性。实验 11,样品中大肠菌群检测与生理生化反应。即采用多管发酵法测定各种样品中的大肠菌群数,并进一步验证和鉴别阳性反应。实验 12,样品中大肠杆菌的免疫学检测。即采用抗血清对样品中的大肠杆菌进行免疫沉淀反应。掌握食品、环境样品中肠道细菌的抗原性检测方法。

2 模块化实验课程质量保证和评价

传统的实验教学往往只注重教的过程,无法

保证或无法客观地评价实际的教学质量。而这恰恰是我们关注的问题。因此,我们从教学团队建设与实验内容设置、学生成绩评价改革和配套措施与教学资源建设 3 个方面入手,实施了一系列质量保证措施(图 1)。

首先,从教师入手,建立由教授到普通实验教师共同参与的教学团队,发挥各任课教师专业和研究方向所长,为实验课程内容设置大纲,对实验方案调整出谋划策,确保实验内容与当前研究和实践需求相匹配。制定课程讨论会制度,即提前 2-3 d 对准备要上的实验课进行集中讨论,制定详尽的实验方案,预判可能的情况,并对相应的实验进行调整。建立预实验制度,确保实验物品准备工作无遗漏。在教学上综合运用以问题为基础的教学(problem based learning, PBL)、自我



图 1 模块化微生物学实验体系的构建

Figure 1 Construction of modular Microbiology Experimental system.

导向学习(self directed learning, SDL)、综合实验动手能力考试(comprehensive ability exam, CAE)和基于实验的论文写作(assessment writing based experiment, AWBE)等教学技术,促进学生熟练掌握技术。

其次,从学生入手,对课程的总评成绩也进行相应的改革,由过去的重理论转化为重操作,并将总分分为若干块,包括:平时成绩(10%)、论文成绩(30%)、操作成绩(60%)。我们摒弃了传统的实验报告写作方法,要求学生做好每个单元实验的实验方法和结果的记录,按照实验模块综合整理报告内容,格式参照公开发表的学术论文。这样,平时成绩能反映学生的出勤、课堂纪律等情况;论文成绩则反映3次模块实验的结果记录和总结分析是否科学,以及课程论文写作的质量。尤其是将学期末的实验操作考核作为重点评价内容。我们改变了以前将单个操作孤立考查的方法,而采用了类似于研究生复试的方法(1周完成,3个学时):让学生分组、分批次进行一整套完整的实验操作的演练,通过完整的实验操作演练,考查学生对实验内容和操作手法的掌握。同时多位实验课指导教师共同监考和观摩,一起打分并得出平均值,如此可尽量排除人为主观因素对学生的评价误差。在此基础上,才能保证和客观评价学生对课程内容的掌握程度和实验课程的教学质量。

再次,从配套措施上入手,建立创新型本科微生物学实验教学参考书及其配套资料。我们经过多年摸索总结出了《微生物学模块化实验教程》^[11]一书作为课程教材并辅有教学视频作为参考,建立了新的教学大纲和教案,并使用网络平台对每次实验课的实验内容和过程进行记录并与学生交流。同时,在课程中穿插小的实验技能评比,将优秀的实验结果和课程论文进行展示,极大地激发了学生的课堂积极性和动手操作

的主动性。

对比未进行模块化改革之前,学生在本课程活动(例如,实验结果墙报,培养皿艺术创作)中的积极性都有了显著的提高,对于本实验课程的兴趣也得到了增强。不少学生参加了微生物相关的竞赛,报名人数和获奖项目数在2023年达到了最多。另外,对于课程改革的效果评价,我们专门设计了问卷,对2020–2022级共计452名学生进行了无记名的调查。结果显示有96.5%的学生认为本实验改革对于进一步理解和掌握微生物学基础理论和基本知识有很大提高;有95.5%的学生认为该教学改革有利于树立创新思维意识和提高实验动手能力。有学生表示:实验安排合理,内容恰当,能逐步深入地了解微生物学基本理论知识,同时各实验紧密衔接成一个整体,而不是孤立、互不相干的。大家普遍认为改革后的微生物学实验课程的最大特点是基础性好、系统性强、理论与实践联系紧密、思路清晰,锻炼了各种微生物学基本技能,培养了严谨、细心、耐心的科研态度。

构建模块化微生物学实验内容体系的最终目的是使学生的观察能力、动手能力、分析能力、表达能力等综合素质得到提高^[12–14]。在此过程中也存在一些问题,例如单次实验时间过长,一些实验内容往往需要课后进行,操作考核比较烦琐等。我们针对微生物学实验教学进行的这些改革,是对综合性实验模式的探索,期望以此进一步推动教学改革的进程,使教学真正达到预期目标,实现对学生的素质教育。

REFERENCES

- [1] 杨建华, 严冰, 李明春, 陈月华, 牛淑敏. 构建在科研平台上的微生物综合实验教学体系[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(3): 86–88.
YANG JH, YAN B, LI MC, CHEN YH, NIU SM. The construction of integrated microbiology experimental

- teaching system on scientific research platform[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2007, 26(3): 86-88 (in Chinese).
- [2] 叶辉. 微生物学实验教学改革与学生创新能力培养[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(2): 58-59, 65.
- YE H. Cultivation of students' creativity in experimental teaching of microbiology[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2004, 23(2): 58-59, 65 (in Chinese).
- [3] 刘森林. 微生物学实验创新教学体系的研究与实践[J]. 微生物学通报, 2005, 32(4): 153-155.
- LIU SL. Research and practice on innovative teaching system of microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2005, 32(4): 153-155 (in Chinese).
- [4] JOHNSON TR, CASE CL. Laboratory Experiments in Microbiology[M]. 2010: Addison-Wesley.
- [5] 周德庆. 微生物学实验教程[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- ZHOU DQ. Experimental Microbiology[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2006 (in Chinese).
- [6] 黄秀梨. 微生物学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- HUANG XL. Microbiology[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2009 (in Chinese).
- [7] 袁生. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- YUAN S. Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009 (in Chinese).
- [8] 钱存柔. 微生物学实验教程[M]. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- QIAN CR. Laboratory Experiments in Microbiology[M]. 2nd ed. Beijing: Peking University Press, 2008 (in Chinese).
- [9] 刘国生. 微生物学实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- LIU GS. Microbiology Experimental Technology[M]. Beijing: Science Press, 2007 (in Chinese).
- [10] 范秀容. 微生物学实验[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- FAN XR. Microbiological Experiment[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 1989 (in Chinese).
- [11] 何伟. 微生物学模块化实验教程[M]. 高等教育出版社, 2014.
- HE W. Modular Experimental Course of Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014 (in Chinese).
- [12] 杨文博. 优化微生物学教学[J]. 微生物学通报, 1996, 23(3): 183-185.
- YANG WB. Optimizing microbiology teaching[J]. Microbiology China, 1996, 23(3): 183-185 (in Chinese).
- [13] 裘娟萍, 钟卫鸿, 朱家荣. 微生物学教学方法的若干探索[J]. 微生物学通报, 1997, 24(3): 184-185.
- QIU JP, ZHONG WH, ZHU JR. Exploration on teaching methods of microbiology[J]. Microbiology China, 1997, 24(3): 184-185 (in Chinese).
- [14] 陈宏伟. 微生物学实验教学方法的改进[J]. 微生物学通报, 1997, 24(6): 381-382.
- CHEN HW. Improvement of microbiology experiment teaching method[J]. Microbiology China, 1997, 24(6): 381-382 (in Chinese).