

师范院校生物科学专业微生物学实验教学 规范化实施现状评价与分析

——以XXXX大学为例

吴红萍, 徐志霞, 魏 力, 彭 沁, 金映虹, 李 鹏*

热带岛屿生态学教育部重点实验室, 海南省热带动植物生态学重点实验室, 海南师范大学生命科学学院,
海 南 海 口

收稿日期: 2025年4月23日; 录用日期: 2025年5月22日; 发布日期: 2025年5月29日

摘 要

课程是人才培养的核心要素, 课程建设水平决定人才培养的质量。为评价师范类高校生物科学专业微生物学实验实践教学规范化实施现状, 文中以高校生物科学专业类实验教学建议性规范(简称“规范”)为标准, 对海南师范大学生物科学专业微生物学实验课程的实践教学规范化实施现状进行了评价与分析。通过对比发现: 我校生物科学专业微生物学实验课程在实验项目及内容、实验项目涉及的技术类型、实验模块、实验知识单元与学时数设置上整体均符合“规范”要求, 但在病毒与质粒、传染与免疫以及微生物分子生物学综合分析鉴定的实验模块及知识单元上的实验教学安排上有所欠缺, 同时在虚拟仿真、数字教学的实验教学资源建设和应用上存在不足。对此, 我们从人才培养目标、教学内容体系和课程目标达成和课程思政建设入手, 落实立德树人根本任务, 解决人才培养、教与学及教学评的问题, 进一步提升我校生物科学专业微生物学实验课程的标准化建设和规范化实施。本研究具有较强的普适性, 为其他实验课程的教学规范化的实施与评价提供了可借鉴的经验。

关键词

课程建设, 微生物学实验, 实验教学, 标准化与规范化, 评价与分析

*通讯作者。

Evaluation and Analysis of the Current Status of Standardized Implementation of Microbiology Experimental Teaching in the Biological Science Majors of Normal Universities

—Taking the XXXX University as an Example

Hongping Wu, Zhixia Xu, Li Wei, Qin Peng, Yinghong Jin, Peng Li*

Ministry of Education Key Laboratory for Ecology of Tropical Islands, Key Laboratory of Tropical Animal and Plant Ecology of Hainan Province, College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou Hainan

Received: Apr. 23rd, 2025; accepted: May 22nd, 2025; published: May 29th, 2025

Abstract

Curriculum is the core element of talent cultivation, and the quality of talent cultivation depends on the level of curriculum construction. In order to evaluate the current status of standardized implementation of microbiology experimental teaching in biological science major in normal universities, here, the current status of standardized implementation of practical teaching in microbiology experimental courses in biological science majors at Hainan Normal University was evaluated and analyzed, based on the suggested norms for experimental teaching in biological science major in normal universities (referred to as “norms”). Comparison results indicated that the microbiology experimental course in our school’s biological science major meets the overall requirements of “norms” in terms of experimental projects and content, technical types involved in experimental projects, experimental modules, experimental knowledge units, and class hours. However, there are deficiencies in the experimental teaching arrangements for virus and plasmid, infection and immunity, and comprehensive analysis and identification of microbial molecular biology. Meanwhile, there are shortcomings in the construction and application of experimental teaching resources for virtual simulation and digital teaching. Hence, we start with the achievement of talent cultivation goals, teaching content systems, curriculum ideological and political construction, implement the fundamental task of cultivating morality and talents, solve the problems of talent cultivation, teaching and learning, and teaching evaluation, and further enhance the standardized construction and implementation of microbiology experimental courses in our biological science major. This study presents strong universality and provides valuable experience for the standardized implementation and evaluation of teaching in other experimental courses.

Keywords

Curriculum Construction, Microbiology Experiment, Experimental Teaching, Standardization and Normalization, Evaluation and Analysis

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

课程标准建设是提高高等教育质量的基础工程,92个本科专业类教学质量国家标准发布后,在各地各高校产生了强烈反响。《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准(2019年版)》明确了培养目标、方案和专业知识体系及核心课程体系,对生物类专业类本科生的实验教学环节进行细化和规范化[1][2]。自2018年3月以来,高等学校国家级实验教学示范中心联席会生物与食品学科组(简称“学科组”)和高等教育出版社开展了“高校生物类专业类实验教学建议性规范”的研究和编制工作,“学科组”综合了来自29个省(含自治区、直辖市),涵盖了综合类、师范类、理工类和农林高校类的127所高校(137个学院)反馈的包括基础性、综合性和研究性等不同类型的22,763个实验教学项目,通过整理、优化、综合和简并之后保留了3382个具有广泛代表性的实验项目,其相关内容、数据和分析对实验教学具有较强的参考价值[3]。据此,“学科组”充分考虑生物类专业的实验教学现状、发展方向和实验教学改革的发展趋势,倡导先进的实验教学理念,编写了《高校生物类专业类实验教学建议性规范》(简称《规范》)一书,并于2021年3月由高等教育出版社发行。该《规范》充分体现了高校生物学各专业实验教学的基本属性、实验教学内容的基本要求及实验教学持续发展的拓展空间,以提高相关高校各专业实验教学与专业人才培养目标的达成度、社会需求的适应度、师资和条件的支撑度,为高校生物类专业类实验教学课程设置、实验教学改革提供参考[4]。该《规范》虽然不属于法律法规和国家标准,是非约束性的,但仍对生物学相关学科实验教学改革、对促进高等学校生物类专业人才培养水平的不断提高起到积极的推进作用。

生物学是一门以实验为手段,研究生命活动规律的学科。生物学实验既是验证已有理论的方法,又是发现新理论的工具。高校生物学相关专业的毕业生不仅应该具备扎实的理论基础,还应该具有熟练的实验操作技能、实践能力和创新能力。因此,实验教学在生物学人才培养中占有十分重要的地位。微生物学是生命科学领域的一门重要分支学科,其理念和技术已经渗透到生命科学的各个领域,具有很强的实践性和应用性,同样备受生物学相关专业学生喜爱[5]-[7]。微生物学实验作为生物科学专业的专业必修课,是从事微生物理论研究和实践必不可少的一门实验课程。

海南师范大学是海南省人民政府与教育部共建高校,海南省重点大学,海南省卓越师资、高级专门人才重要培养基地和科学研究基地,已培养出20余万基础教育师资和各类高级人才,被誉为“琼岛名校,教师摇篮”。学校生物科学专业始建于1982年,2007年获批为首批国家级特色专业,2013年获批为教育部“本科教学工程”地方高校第一批本科专业综合改革试点,2019年入选国家级一流本科专业建设点,2022年7月有条件通过了师范类专业认证(二级),有效期至2028年6月。为客观评价我校生物科学专业微生物学实验实践教学规范化和标准化实施情况,本文对标《规范》中的相关内容,从我校生物科学专业微生物学实验实践教学规范化与标准化实施的现状、存在的问题及原因分析和解决的途径进行探讨,旨在进一步优化并形成更加规范科学的微生物学实验教学内容和评价体系,以促进学院微生物学实验教学质量的有效提升和持续发展,以及育人质量的提升。

2. 实施现状分析

2.1. 微生物学实验项目实施现状

根据生物科学类教学质量国家标准,微生物学实验课程的基本教学体系由基础性、综合性和研究性多层次实验教学构成,其中综合性和研究性实验的比例占总实验教学的比率不低于50%,且基础性实验单人操作率不低于80%[8]。

依据《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》,结合调研各高校生物科学专业开展实践性教

学情况,《规范》提出了师范类高校生物科学专业微生物学实验建议性实验项目(表 1)。从表 1 可以看出,该建议性实验项目的组成和结构均合理,包含基础性、综合性和研究性多类型的实验项目,且综合性和研究性实验的学时数占比超过 50%,既满足微生物学实验课程目标需求,也符合各类型师范院校开展微生物学实验教学的条件现状,为高质量师范生的培养奠定基础。

Table 1. Suggested experimental projects for microbiology laboratory in normal universities (Requiring at least 32 class hours)
表 1. 师范类高校微生物学实验建议性实验项目(建议 32 学时及以上)

编号	实验项目名称	基础性/综合性/研究性实验	建议学时
1	培养基的制备与灭菌、无菌操作	必修/基础	4
2	微生物的分离、纯化、接种及菌种保藏	必修/基础	3
3	显微镜的使用(油镜)、细菌简单染色及革兰氏染色形态观察	必修/基础	3
4	细菌的芽孢染色、荚膜染色和鞭毛染色观察	必修/基础	2
5	放线菌形态观察	必修/基础	2
6	丝状真菌形态观察	必修/基础	2
7	酵母菌细胞形态观察	必修/基础	2
8	微生物细胞的大小测定及显微计数	选修/基础	3
9	霉菌、放线菌、细菌菌落特征观察及平板菌落计数法	选修/基础	3
10	微生物的生理生化特性鉴定	必修/综合	3
11	环境及正常人体微生物的检测	选修/综合	3
12	特定功能微生物的筛选及活性测定	选修/研究	6

注:该表中必修实验可根据不同院校的具体情况采用不同的实验材料和实验方法;确定选修的实验项目主要依据少数院校开设,或部分实验内容已包括在其他实验项目中。

比较师范类高校微生物学实验建议性实验项目(表 1)和海南师范大学生物科学专业微生物学实验项目(表 2)的实验项目名称和内容可以看出,我校生物科学专业微生物学实验的实验项目与师范类高校微生物学实验建议性实验项目高度一致,符合生物类专业类实验教学建设性规范要求。另外,从表 2 可以看出,我校生物科学专业微生物学实验开设了 5 个基础性实验项目、4 个综合性实验项目和 1 个研究性实验项目,综合性和研究性实验的比例占实验教学的比例为 50%;5 个基础性实验均采用单人单设备,个人独立完成操作;4 个综合性实验和 1 个研究性实验采用分组(4 人/组)分工合作完成,且通过小组成员互相监督与评定确保单人操作率不低于总实验的 25%。可见,我校生物科学专业微生物学实验的实验项目组成与结构、综合性和研究性实验的占比以及学生参与度等指标均符合高校生物类专业类实验教学建设性规范要求。

Table 2. The microbiology experimental project in the biological science major at Hainan Normal University (30 class hours)
表 2. 海南师范大学生物科学专业微生物学实验项目(30 学时)

编号	实验项目名称	基础性/综合性/研究性实验	建议学时
1	油镜的使用及微生物形态观察	必修/基础性	3
2	细菌的简单染色	必修/基础性	3

续表

3	细菌的革兰氏染色	必修/基础性	3
4	酵母菌形态观察及大小测定(显微测微尺的使用)	必修/基础性	3
5	微生物的显微镜直接计数法(酵母菌的直接计数)	必修/基础性	3
6	培养基制备与灭菌及环境微生物的检测	必修/综合性	3
7	大分子物质的水解试验	必修/综合性	3
8	环境因素对微生物生长的影响	必修/综合性	3
9	水的细菌学检查(水中细菌总数及大肠菌群的测定)	必修/综合性	3
10	环境微生物的分离、纯化及初步鉴定	必修/研究性	3

2.2. 微生物学实验项目涉及的技术类型现状

《规范》一书编写团队依据《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》中“生物科学类教学质量国家标准(生物科学专业、生物技术专业)”和“生物工程类教学质量国家标准”，结合调研各高校生物专业开展实践性教学情况，形成了各专业微生物学实验技术类型统计表(表 3)。从表 3 可以看出，高校生物专业(生物科学、生物技术和生物工程)微生物学实验技术类型虽然存在一定的差异。但整体来看，高校生物专业微生物学实验基本实验技术包括生物绘图和显微成像技术，微生物制片、染色及形态观察技术，纯培养技术、微生物接种技术，微生物的分离纯化与鉴定技术以及生物仪器设备综合运用技术。对表 3 各专业微生物学实验涉及的技术类型进行进一步的细分和归纳可划为：1) 生物绘图和显微成像技术包括掌握微生物形态学研究中使用的普通光学显微镜、相差显微镜、暗视野显微镜，荧光显微镜和电子显微镜成像技术。了解显微镜的工作原理、显微性能及操作，以便观察并绘制(或显微拍照)不同类型的微生物个体形态；2) 微生物制片、染色及形态观察技术包括掌握微生物样品制片、染色技术及分析检测技术，掌握不同染色法，包括鉴别性染色法(革兰氏染色法)及非鉴别性染色法(如简单染色法)、负染色法(荚膜染色)的基本原理和使用方法，学会显微观察微生物个体形态及特殊结构(如细菌的芽孢、鞭毛、荚膜及真菌的无性孢子和有性孢子等)；3) 纯培养技术包括掌握微生物分离培养技术及无菌操作，掌握培养基的制备方法和灭菌技术，了解培养基的种类。掌握高温灭菌法(干热灭菌和湿热灭菌、过滤除菌法、巴斯德消毒法、化学药物灭菌和消毒的原理及操作；4) 微生物接种技术包括掌握多种微生物接种方法，如斜面试种、液体接种、固体接种和穿刺接种等，进行严格的无菌操作，以获得生长良好的纯种微生物；5) 微生物的分离纯化与鉴定技术包括掌握微生物常用的稀释平板分离法和划线分离法的基本原理和操作，掌握利用选择培养基分离目标微生物的方法，掌握细菌纯培养鉴定的常规生理生化技术与分子生物学技术；6) 生物仪器设备综合运用技术包括掌握微生物学实验室常用生物仪器设备的使用方法，如光学显微镜、离心机、摇床、培养箱、可见/紫外分光光度计、酶标仪、灭菌锅、电泳仪、电子天平、水浴锅、移液枪、涡旋振荡器、接种环、刮铲、目镜测微尺、镜台测微尺、pH 计、血细胞计数板等。通过上述微生物学实验技能的学习和实操，要求学生牢固地建立无菌概念、熟悉微生物的基本特性，掌握一套完整的微生物实验基本操作技术。据此可见，《规范》一书总结提出的高校生物专业微生物学实验技术类型统计表，既明确了各专业微生物学实验技术类型特点，又明确了各专业学生需要掌握的微生物学实验基本实验技能，并为各高校生物专业微生物学实验课程的规范化和标准化建设提供了具体实施内容的科学指导。

Table 3. Statistical table of microbiology experimental technology types for biology majors in universities
表 3. 高校生物类专业微生物学实验技术类型统计表

序号	技术类型		
	生物科学专业	生物技术专业	生物工程专业
1	A. 生物绘图和显微成像技术	A. 生物绘图和显微成像技术	A. 生物绘图和显微成像技术
2	B. 动植物解剖及标本制作技术	B. 动植物解剖及标本制作技术	B. 动植物解剖及标本制作技术
3	C. 无菌操作技术	C. 无菌操作技术	C. 无菌操作技术
4	D. 微生物生理生化分析技术	D. 微生物生理生化分析技术	D. 微生物生理生化分析技术
5	E. 微生物分离培养技术	E. 微生物分离与多级培养技术	E. 细胞器分离及成分分析技术
6	F. 细胞器分离及成分分析技术	F. 细胞器分离及成分分析技术	F. 生物样品制片、染色技术及分析检测技术
7	G. 生物样品制片、染色技术及分析检测技术	G. 生物样品制片、染色技术及分析检测技术	G. 光谱与色谱技术
8	H. 光谱与色谱技术	H. 生化分离分析技术	H. 电生理操作技术
9	I. 分子操作技术	I. 光谱与色谱技术	I. 离体动物器官制备技术
10	J. 电生理操作技术	J. 基因操作技术	J. 整体动物实验操作技术
11	K. 离体动物器官制备技术	K. 电生理操作技术	K. 酶联免疫技术
12	L. 整体动物实验操作技术	L. 离体动物器官制备技术	L. 实验设计与数据处理技术
13	M. 细胞与组织培养技术	M. 整体动物实验操作技术	M. 多学科交叉技术
14	N. 酶联免疫技术	N. 细胞与组织培养技术	N. 发酵工程技术
15	O. 实验设计与数据处理技术	O. 酶联免疫技术	O. 生物分离工程技术
16	P. 多学科交叉技术	P. 实验设计与数据处理技术	P. 基因工程技术
17	Q. 生物学仪器设备综合运用技术	Q. 多学科交叉技术	Q. 生物反应工程技术
18	R. 常见动植物鉴别方法、动植物标本制作、样方与样线调查方法	R. 生物学仪器设备综合运用技术	R. 生物工程设备技术
19	S. 其他技术	S. 常见动植物鉴别方法、动植物标本制作、样方与样线调查方法	S. 其他技术
20		T. 其他技术	

微生物教学团队成员依据《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》中“生物科学类教学质量国家标准(生物科学专业)”，参考《规范》一书中关于生物科学专业部分高校微生物学实验项目整理汇总表，并结合我校生物科学专业微生物学实验实践教学实际情况整合形成部分师范类高校生物科学专业微生物学实验项目(内容)及技术类型汇总表(表 4)。从表 4 的技术类型可知，我校生物科学专业微生物学实验所涉及的技术类型高度集中在高校生物类专业微生物学实验技术类型表(表 3)中的技术类型代码 A、C、D、E、G、O、Q、S，其对应的基本实验技能分别为绘图和显微成像技术、无菌操作技术、微生物生理生化分析技术、微生物分离培养技术、生物样品制片、染色技术及分析检测技术、实验设计与数据处理技术、生物学仪器设备综合运用技术以及其他技术。另外，我校生物科学专业微生物学实验项目二、三、四中的细菌涂片和酵母水浸片均属于临时制片，可归为动植物(含微生物)解剖及标本制作技术(B)中的微

生物标本制作技术, 而生物科学专业学生的野外实习教学环节安排的大型真菌的调查工作可归为常见动植物(含大型真菌)鉴别方法、动植物(含大型真菌)标本制作、样方与样线调查方法(R)实验技术类型。由此可见, 我校生物科学专业微生物学实验所涉及的技术类型整体符合高校生物科学专业类实验教学建议性规范要求, 满足生物科学专业学生的微生物学实验技能培养需求。

Table 4. Summary table of microbiology experimental items (contents) and technical types of biological science majors in some normal universities

表 4. 部分师范高校生物科学专业微生物学实验项目(内容)及技术类型汇总表

序号	实验模块名称	实验项目名称	知识单元	技术类型	建议学时 (总学时 32 及以上)
1	I: 微生物实验基础 培训、无菌操作及 纯培养	微生物实验室规则与安全	微生物的 营养与培养基	S	4 (0) 注: 未设计独立实 验, 但均兼容在其他 实验项目内容中。
		玻璃器皿的清洗、包扎和干热灭菌		C	
		培养基的制备、高压蒸汽灭菌		C	
		无菌操作技术		C	
		微生物的接种技术		CE	
		微生物菌种保藏		CE	
		微生物的平板划线分离		CE	
		微生物稀释涂布平板分离技术		CE	
		微生物平板菌落计数		CEO	
2	II: 微生物群体形态 观察、分离、纯化 及鉴定	厌氧微生物的培养	微生物的生长 及控制 微生物生态	CE	4 (0) 注: 未设计独立实 验, 但均兼容在其他 实验项目内容中。
		土壤样品中微生物的分离培养和计数		CEO	
		土壤样品中微生物的分离与纯化		CE	
3	III: 微生物的个体 观察与显微计数	实验一: 显微镜、油镜的使用及细菌形态观察	原核微生物的形态 构造与功能 真核微生物的形态 构造与功能	ACG	3 0 3 3 3 3 8 (15)
		实验一: 丝状真菌形态观察、放线菌形态观察		ACG	
		细菌鞭毛、芽孢、荚膜染色及观察		ACG	
		实验二: 细菌的简单染色		ACG	
		实验三: 细菌的革兰氏染色		ACG	
		实验四: 酵母菌的形态、繁殖过程观察及大小测定(显微测微尺的使用)		ACG	
		实验五: 酵母菌的直接计数和间接计数(微生物的显微镜直接计数法)		ACEO	
4	IV: 微生物的生理 生化特性鉴定	细菌性淀粉酶和过氧化氢酶的定性测定	微生物的新陈代谢	CDE	0 0 3 8 (3)
		微生物糖发酵试验		CDE	
		实验七: 大分子物质水解实验——淀粉水解试验、油脂水解试验和明胶液化试验		CDE	

续表

		实验八：环境(化学)因素对微生物生长的影响		CE	3		
5	V：环境对微生物生长的影响	生长谱法测定微生物的营养要求	微生物的新陈代谢 微生物的生长及其控制微生物生态	CDE	0	4 (3)	
		大肠杆菌抗药性的测定		CEO	0		
		不同培养条件对产淀粉酶细菌生长和产酶的影响		CDEO	0		
6	VI：微生物分子生物学综合分析鉴定	细菌总基因组的提取及琼脂糖凝胶电泳检测	原核生物的形态构造与功能 微生物的新陈代谢	CHIOS	4 (0)		
		微生物基因组 DNA 的提取		CHIOS			
7	VII：病毒与质粒	细菌的局限性转导	病毒 微生物的生长及其控制	CDIQ	6 (0)		
		细菌转导实验		CDIQ			
		噬菌体裂解液的制备		CDIQ			
8	VIII：微生物发酵	微生物液体发酵产酶进程的测定	微生物的新陈代谢 微生物生长及控制	CDEOQ	6 (0)		
		甜酒酿的制作及品质评定		CEOS			
9	IX：功能微生物分离及鉴定	实验十：功能微生物的分离纯化与初步确认。(如：① 产淀粉酶、② 产纤维酶、③ 产脂肪酶、④ 产脲酶、⑤ 耐盐细菌、⑥ 芽孢杆菌)	微生物的影响与培养基 微生物的新陈代谢 微生物生态	CDE	3 (注：①~⑥实验项目任选一项完成，综合考核实验。)	6 (3)	
		淀粉酶产生菌的分离、筛选、鉴定和产酶条件优化		CEO			
		联苯等其他环境污染物降解菌的分离		CES			0
		牛乳中细菌的检查		ACG			0
10	X：微生物多学科交叉应用研究	细菌形态学虚拟仿真实验	微生物生态 传染与免疫	SP	0	6 (6)	
		免疫学实验		NS	0		
		微生物数字观察		SP	0		
		大肠菌群的血清学检验		NS	0		
		实验九：水的细菌总数及大肠菌群的测定(多管发酵法)		ACEO	3		
		实验六：实验室环境和人体表面微生物检查 (培养基的配置与灭菌及环境微生物的检测)		ACEO	3		

注: 本表摘取《规范》一书总结的部分高校生物科学专业微生物学实验项目整理汇总表中的师范高校微生物学实验项目并汇总, 表中实验一至实验十为我校生物科学专业微生物学实验课程实验项目情况。

2.3. 微生物学实验课程实验模块现状

从表 4 中的实验模块可以看出, 我校生物科学专业微生物学实验所涉及的实验模块与《规范》提出的实验模块 III、IV、V、IX 和 X 基本一致; 《规范》提出的实验模块 I 和 II, 我校生物科学专业微生物

学实验虽未独立设置,但相关实验项目内容均有涉及。如:我校微生物学实验开设的培养基的配置与灭菌及环境微生物的检测实验项目均涉及《规范》提出的实验模块 I 中的微生物实验基础培训、无菌操作及纯培养内容;我校生物科学专业微生物学实验开设的目的微生物(产淀粉酶、产纤维素酶、产脂肪酶、产脲酶、耐盐细菌、芽孢杆菌)的分离纯化与初步确认实验项目实质上与《规范》提出的实验模块 II——微生物群体形态观察、分离、纯化及鉴定一致。由此可见,我校生物科学专业微生物学实验课程的实验模块整体符合高校生物科学专业类实验教学建议性规范要求,满足微生物学课程实验模块建设需要。

2.4. 微生物学实验课程实验内容现状

从实验项目与内容(表 4)可以看出,我校生物科学专业微生物学实验开设的 10 个实验项目与《规范》统计的部分师范高校微生物学实验项目与内容大致相同。虽然部分实验项目名称不同,但是具体实验内容一致,且存在一个实验项目包括其他实验项目相关内容的情况。从具体的实验内容来分析,实验一——显微镜油镜的使用及微生物(细菌、真菌、放线菌)形态的观察实验项目具体内容中,任课教师先讲授的是微生物实验室规则与安全相关内容,后讲授的是显微镜油镜的特点及使用及微生物形态观察相关内容;实验二——细菌的简单染色和实验三——细菌的革兰氏染色实验项目具体内容中,均重点传授并要求练习无菌操作技术;实验四和实验五主要开展酵母菌的形态观察、大小测量和数量直接测定实验,内容涉及微生物菌液稀释相关方法和实验操作;实验六——培养基的配置与灭菌及环境微生物的检测实验项目包括玻璃器皿的清洗与包扎(培养皿、移液管、涂布棒等)和干热灭菌、培养基的配置与灭菌(高压蒸汽灭菌等)、实验室环境(实验台面)和人体表面(洗手前后、面部、头皮屑等)微生物检查等具体内容;实验七——大分子物质水解实验项目中的淀粉水解试验、油脂水解试验和明胶液化试验均属于微生物的生理生化特性鉴定中的经典试验项目;实验八——环境因素对微生物生长的影响实验项目包括设定不同 pH、渗透压、培养温度及紫外线照射等因素对微生物生长的影响,虽未开设生长谱法测定微生物的营养要求、大肠杆菌抗药性的测定具体实验项目,但任课教师在本实验的课堂讲授中均有涉及相关内容,如生物因素(抗生素)的抗菌谱的确认、化学因素(化学消毒剂)的石碳酸系数(酚系数)等相关知识点;实验九——水的细菌总数及大肠菌群的测定(多管发酵法)实验项目包括微生物平板菌落计数(倾注平板法计细菌菌落总数)、微生物的平板划线分离(EMB 平板分离初发酵阳性管中的大肠菌群菌)、土壤(水样)样品中微生物的分离培养和计数等具体内容;实验十——功能微生物(如:产淀粉酶、产纤维素酶、产脂肪酶、产脲酶、耐盐细菌、芽孢杆菌等)的分离纯化与初步确认实验项目涉及土壤样品中微生物的分离与纯化以及微生物菌种保藏相关内容。另外,从实验五开始,各实验均涉及培养基的制备与灭菌、无菌操作技术、微生物的接种技术以及微生物的培养等微生物学实验基本且重要的实验技能。综上所述,我校生物科学专业微生物学实验课程的实验项目和内容整体符合高校生物科学专业类实验教学建议性规范要求,满足微生物学课程实验模块建设需要。

2.5. 微生物学实验知识单元与学时数现状

从知识单元来看(表 4),我校生物科学专业微生物学实验基本覆盖《规范》统计的部分师范高校微生物学实验所涉及的全部知识单元,且重点强化在微生物的营养与培养基、微生物的生长及控制、微生物生态、原核及真核微生物的形态构造与功能、微生物的新陈代谢、微生物的生长及其控制、微生物的影响与培养基等知识单元的学习上。从建议学时来看(表 4),我校生物科学专业微生物学实验计划总学时为 30。但是,实验十——功能微生物(如:产淀粉酶、产纤维素酶、产脂肪酶、产脲酶、耐盐细菌、芽孢杆菌等)的分离、纯化与初步确认(设计性实验)的具体实施时长一般为 2 周左右,如折算成学时数,课程实际总学时远超 30。因此,我校生物科学专业微生物学实验综合学时数符合《规范》中提出的师范类高校

生物科学专业微生物学实验课程的建议总学时数(32 学时及以上)。由此可见, 我校生物科学专业微生物学实验课程的实验知识单元与学时数均符合高校生物学专业类实验教学建议性规范要求, 整体满足微生物学实验教学知识单元与课程学时数的要求。

3. 存在的问题及原因分析

3.1. 实验模块(项目)、实验知识单元及实验内容方面

对标《规范》、结合表 4 可知, 在实验模块和知识单元方面, 我校生物科学专业微生物学实验在 VI、VII 和 VIII 三个实验模块和原核生物的形态构造与功能、病毒与微生物的生长及其控制、传染与免疫三个知识单元均未安排相关实验项目。未安排微生物分子生物学综合分析鉴定实验模块(VI)的实验内容, 原因是考虑到生物科学专业必修课程生物化学实验教学内容中已安排 CATB 法提取植物总 DNA 及琼脂糖凝胶电泳分析实验项目, 为避免相关实验内容及操作的重复, 因此未安排细菌总基因组的提取(微生物基因组 DNA 的提取)及琼脂糖凝胶电泳分析实验内容; 未安排病毒与质粒实验模块(VII)的实验内容, 是由于选用的徐德强主编的《微生物学实验教程》中未编排该模块相关内容[9], 且本课程团队认为该模块属于任选实验, 非必选的基础实验, 因此未予以安排; 未安排微生物发酵模块(VIII)的实验内容, 是考虑到生物科学专业后续必修课程生物工程概论开设发酵工程相关的辅修实验, 因此未重复设置。另外, 未安排实验模块 IV、模块 V 和模块 IX 部分实验内容(细菌的过氧化氢酶和微生物糖发酵试验、生长谱法测定微生物的营养要求及大肠杆菌抗药性的测定、联苯(或其他环境污染物)降解菌的分离和牛乳中细菌的检查、), 是考虑到我校微生物学实验课程已安排或兼容与上述模块相类似的实验内容, 因此未重复设置。未安排模块 X 中的细菌形态学虚拟仿真实验和微生物数字观察实验项目, 确实与我校生物学专业(生物科学、生物技术和生态学)目前开展生物虚拟仿真实验室和生物数字实验室的建设工作缓慢, 现代信息和数字技术在微生物学实验教学中的运用不够的现状相关。

3.2. 实验涉及的技术类型方面

对标《规范》和表 4 可知, 我校生物科学专业微生物学实验课程在光谱与色谱技术(H)、分子操作技术(I)、酶联免疫技术(N)和多学科交叉技术(P)等实验技术类型方面, 未给学生安排相关实验项目和实验内容进行针对性的实验技能锻炼。另外, 根据高校生物学专业微生物学实验技术类型统计表(表 3)可知, 我校生物科学专业微生物学实验课程在细胞器分离及成分分析技术(F)、电生理操作技术(J)、离体动物实验操作技术(K)、整体动物实验操作技术(L)、细胞与组织培养技术(M)等实验技术类型方面, 同样也未给学生安排相关实验项目和实验内容进行针对性的实验技能培养。剖析上述未实验涉及的技术类型来看, 编号为 H、N、J、K、L、M 的技术类型是物类专业其他必修实验课程须掌握的基本实验技能, 且均具有涉及多课程、综合性较强的特点。如: 光谱与色谱技术(H)和酶联免疫技术(N)属于生物化学实验需掌握的基本实验技能、电生理操作技术(J)属于人体解剖生理学实验需掌握的基本实验技能、离体动物实验操作技术(K)和整体动物实验操作技术(L)属于动物学实验相关的基本实验技能、细胞器分离及成分分析技术(F)和细胞与组织培养技术(M)属于细胞工程实验相关的基本实验技能, 分子操作技术(I)充分利用生物化学相关实验项目予以完成, 上述基本实验技能均在其他对应或相关的实验课程中予以培养和锻炼, 虽然微生物实验课程未安排具体的实验项目, 但在微生物学实验相关实验教学内容中均有涉及, 且上述实验技能后续均可能在微生物相关的研究实验中得到深入的应用。由此可见, 我校生物科学专业学生的微生物学实验技术类型培养方面的“可见缺陷”, 并非由微生物学实验项目和实验内容的不合理所造成的, 而是由生物学学科和微生物学实验课程特点带来的“必然结果”。同时, 我校生物科学专业微生物学实验在多学科交叉技术(P)类型, 尤其是虚拟仿真和数字技术在微生物学科的交叉应用方面的培养和锻炼不

足,这主要是由于地方高校实验室建设经费投入有限相关。

4. 解决的途径

微生物学实验课程主要目的是使学生掌握研究与应用微生物的主要方法与技术,包括经典的、常规的及现代的方法与技术,结合微生物学基础理论课,认识微生物的基本特性,比较它们与其他生物的相似和不同之处,将理论知识应用于实验,在实验中更深刻地理解基础理论,使学生在微生物实验方法和实验技能等方面得到系统的训练,培养和提高学生在实践中综合应用所学的知识去发现问题、分析问题和解决问题的能力,使学生具有创新精神、创新意识和创新能力。为解决我校生物科学专业微生物学实验实践教学规范化和标准化实施进程中目前存在的一些问题,有效实现微生物学实验课程教学目标,实现我校生物科学专业人才培养目标,微生物教学团队在以下几方面进行了积极探索和不懈努力。

4.1. 坚持课程思政建设,落实立德树人根本任务

立德树人成效是检验高校一切工作的根本标准,落实立德树人根本任务,必须将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体、不可割裂。全面推进微生物学课程思政建设,就是要寓价值观引导于微生物学理论知识传授和微生物学实验技能培养之中,帮助学生塑造正确的世界观、人生观、价值观[10]。近五年,微生物教学团队成员争当课程思政建设“主力军”,以微生物学理论课及微生物实验课课程思政建设为“主战场”,以课堂教学和课外科研为“主渠道”。围绕全面提高人才培养能力这一核心问题,在微生物理论课堂教学中通过把马克思主义立场观点方法的教育与科学精神的培养结合起来,提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力,在微生物学实验实践课堂教学中,注重学思结合、知行统一,注重培养和增强学生勇于探索的创新精神、善于解决问题的实践能力[11]。通过申报“课程思政”教育教学改革专项建设项目、参加“课程思政”教师教学比赛等形式多样的课程思政活动,取得了一系列可喜的成绩,如:微生物教学团队获批省级“课程思政”教育教学改革项目2项,校级“课程思政”教育教学改革专项建设项目3项,微生物教学团队成员张璐老师荣获学校首届“课程思政”教师教学大赛理工科组二等奖,李鹏老师荣获第十一届“海南师范大学青年教学能手”称号,吴红萍老师荣获学校“实践育人优秀指导教师”。通过问题导向,围绕时代热点,结合海南热带雨林生态系统、海南红树林生态系统、海南莺歌海盐场等特殊生态环境[12]-[16],组织学生从上述特殊环境中筛选微生物资源应用于农业病虫害的生物防治、生物育种、环境污染物的降解等领域,既促进学生对微生物资源开发与利用知识的理解,又锻炼了学生微生物实验技能,同时增强了学生的历史使命感。学生主持的微生物课外科研项目成果也获得了大学生挑战杯国家二等奖1项(省一等奖),三等奖2项(省一等奖),全国大学生生命科学竞赛(科学探究类)一等奖2项、二等奖3项、三等奖5项,全国大学生生命科学竞赛(创新创业类)一等奖和二等奖各1项等奖项,以本科生为主的海南鹦哥岭自然保护区林下土壤微生物种群多样性调查团队荣获海南省大中专学生志愿者暑期文化科技卫生“三下乡”社会实践活动“优秀团队”。由此可见,我校在微生物实验实践教学中坚持课程思政建设,有效促进和落实立德树人的根本任务。

4.2. 立足人才培养目标,解决“人才培养”问题

人才培养是我国高等教育的根本任务,它贯穿于高校的教书育人、科学研究、社会服务、文化传承创新和国际合作交流等职能全过程[17]。因此,回答好“人才培养”三问:“培养什么人”、“怎样培养人”和“为谁培养人”事关如何做好高等教育,也关系着我国高等教育事业的发展和中国特色社会主义事业的发展[18]。要解决好我校生物科学专业“人才培养”三问,必须立足人才培养目标。为此,本教学团队从生物科学专业本科人才培养目标出发,即遵循立足海南,面向全国(为谁培养人);培养富有高尚师德与教育情怀、具备扎实的生物科学基础知识和实践技能、掌握教育教学理论与方法复合型人才(怎样培

养人); 能从事基础教育生物学科的教学、研究和教育管理工作的人才培养目标(培养什么人)。结合生物科学专业实验课程建议性规范, 微生物教学团队在微生物学实验教学标准的制定、规范的实施及反思过程中, 始终将“人才培养”三问贯穿其中, 确保在微生物实验课程教学实施和对标培养“师德高尚、一专多能、全面育人、终身发展”高质量的生物科学专业人才目标。

4.3. 梳理教学内容体系, 解决“教与学”问题

“教与学”问题, 即教师教什么、教师怎么教, 学生怎么学、学生学得如何? 要解决好学生“学什么”的问题, 先要解决好教师“教什么”的问题; 要解决好学生“怎么学”的问题, 先要解决好教师“怎么教”的问题[19]。教学是教师的教与学生的学的统一, 教学过程是师生交往、积极互动共同发展的过程。课程是解决“教什么”的问题, 教学则是解决“怎么教”的问题。为此, 微生物教学团队立足人才培养目标和学生的学情, 根据生物科学专业实验课程建议性规范, 围绕我校生物科学专业微生物学实验课程目标的三方面(知识与能力、过程与方法、情感态度与价值观), 重新梳理并构建了具有地方特色的微生物学实验教学内容体系, 确保教学内容体系能够体现定性 with 定量相结合、弹性和刚性相结合、静态与动态相结合、结果与过程相结合(表 5)。新的教学体系内容既有“规矩”又有“空间”, 既有“底线”又有“目标”, 既有“定性”又有“定量”, 满足学院人才培养目标的内涵和特色, 并且在教学改革中“张弛有度”地实施。始终贯彻“以学生为中心”的教育理念, 与时俱进, 注重激发学生学习的积极性和主动性, 切实突出自主学习、交互式学习和探究式学习教育理念。同时创新教学手段, 重视现代信息技术, 尤其是虚拟仿真和数字化技术在教育教学中的运用。以期通过微生物学实验课程的学习和训练, 学生都达到无菌观念强、基本操作精、独立实验好、综合运用行的标准。

Table 5. Microbiology experiment teaching content system of biological science major of Hainan Normal University
表 5. 海南师范大学生物科学专业微生物学实验教学内容体系

编号	实验项目名称	实验内容	内容特点	实验项目目标	达成途径
1	油镜的使用及微生物形态观察	微生物实验室规则与安全, 四大类微生物(细菌、真菌、放线菌及酵母)菌落形态观察, 细菌三型、真菌(青霉、曲霉、根霉)及放线菌菌体形态观察、显微镜油镜的使用	静态与动态相结合 结果与过程相结合	知识与能力	课前预习推送, 课中“数字”观察及虚拟仿真、课堂讲授、课堂互动、操作示范, 课后实验报告。
2	细菌的简单染色	细菌的涂片普通, 细菌的芽孢、荚膜、鞭毛染色	定性 弹性和刚性相结合	知识与能力 过程与方法	课前预习推送, 课中课堂讲授、操作示范、课堂制片评比与展示, 课后实验报告。
3	细菌的革兰氏染色	细菌的革兰氏染色(经典法、三步法)	定性 结果与过程相结合	知识与能力 情感态度与价值观	课前预习推送, 课中课堂讲授、操作示范、课堂制片评比与展示, 课后实验报告。
4	酵母菌形态观察及大小测定(显微测微尺的使用)	酵母水浸片的制备、形态观察及死活细胞判定(美蓝染色)、大小测定	定性与定量相结合	知识与能力 过程与方法	课前预习推送, 课中课堂讲授、操作示范, 课后实验报告。
5	微生物的显微镜直接计数法(酵母菌的直接计数)	血球计数板的应用, 酵母菌的显微镜直接计数, 酵母出芽现象观察	定性与定量相结合 静态与动态相结合	知识与能力 过程与方法 情感态度与价值观	课前预习推送, 课中课堂讲授、课堂互动、操作示范, 课后实验报告。

续表

6	培养基制备与灭菌及环境微生物的检测	玻璃器皿的清洗、包扎与干热灭菌，培养基的制备、高压蒸汽灭菌，无菌操作技术，微生物的接种技术，浮游菌、沉降菌及表面微生物的采集与监测	定性与定量相结合 刚性与弹性相结合	知识与能力 过程与方法	课前预习推送，课中课堂讲授、操作示范、课堂练习与评比，课后实验报告。
7	大分子物质的水解试验	淀粉水解、油脂水解、明胶液化试验	定性与定量相结合	知识与能力 过程与方法 情感态度与价值观	课前预习推送，课中课堂讲授、课堂互动、操作示范，课后实验报告。
8	环境因素对微生物生长的影响	温度、pH、渗透压和氧气等对微生物生长的影响，杀菌剂最低抑制浓度(MIC)的测定	定性与定量相结合 结果与过程相结合	知识与能力 过程与方法	课前预习推送，课中课堂讲授、课堂互动、操作示范、虚拟仿真，课后实验报告。
9	水的细菌学检查(龟鳖养殖水体中细菌总数及大肠菌群的测定)	水中细菌总数及总大肠菌群的测定、平板菌落计数、微生物的平板划线分离	定性与定量相结合 结果与过程相结合	知识与能力 过程与方法 情感态度与价值观	课前预习推送，课中课堂讲授、操作示范、交流讨论，课后实验报告。
10	环境微生物的分离、纯化及初步鉴定	目的微生物(如产淀粉酶、产纤维素酶、产脂肪酶、产脲酶、耐盐细菌、芽孢杆菌)的分离、纯化与初步确认，菌株的分子生物学鉴定	定性 结果与过程相结合	知识与能力 过程与方法 情感态度与价值观	项目选题与文献查阅、项目“开题”汇报与评比，项目实施进度跟踪，项目产出(目的微生物)现场确认，项目“结题”汇报、交流讨论，项目结题报告。

4.4. 依托课程目标达成度，解决“教学评”问题

“教学评”中的“教”既是教师，又是教学；“学”既是学生，又是学习；“评”不仅评价教师和教学，也评价学生和学习。要解决好教学评的问题，重点要解决教学评一致性问题[20]。因此，一方面需要在课程意义上把教材、教学、考试(考核)和评价实现一致性，另一方面也需要在课堂上实现如何围绕一堂课的目标来强化一致性的问题[21]。教师需要从课堂小闭环的过程中实现课堂的大闭环，通过实验课时、实验单元(项目)、实验目标的达成来落实课程培养目标。为此，微生物教学团队以微生物学实验课程目标达成度评价为抓手，通过过程性评价和期末考核评价两方面综合评价教与学。结合微生物学实验课程特点，将过程性评价细分为实验预习、实验态度、实验操作、实验结果和实验报告等，期末考核评价细分为综合实验设计方案及汇报、实验执行情况和实验报告等，分别对各小项赋分值和权重并计算加权值，用于评价课程目标各分目标达成度情况。然后根据课程目标各分项目标分值，结合过程性评价和期末考核评价在课程目标各分目标的占比计算加权值，用于评价课程整体目标达成度情况，对标课程评价标准，客观、公正、多维度地评价课程整体目标达成度。通过微生物学实验课程整体目标及各分目标的评价与分析，剖析教学评过程中存在的问题并提出改进的措施，解决“教学评”的一致性，以期实现生物科学专业微生物学实验教学效果的持续提升。

5. 结语

自《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》实施以来，各高校陆续对专业课程内容、教学模

式、教学方法和评价方式进行了多样化的改革,但课程建设水平依旧存在一定差异,微生物实验课程也不例外。因此,这就要求高校的课程建设与时俱进,不断发展和变革。人才培养目标是专业人才培养要求的具体化。在高校生物类专业类实验教学建议性规范和师范类专业认证理念的指导下,师范类生物科学人才培养目标、微生物实验教学和课程建设将越来越完善、具体且明确,评价机制也将越来越健全且合理。生物类专业类实验教学标准化和规范化的持续改进将促进生物科学专业人才培养的不断提升。

基金项目

海南省高等学校教育教学改革研究项目:海南生态环境保护下微生物学课程思政的探索与实践(Hnjg2024ZC-28)、基于二维码技术搭建开放实验室的精准管理模式——以生物化学实验室为例(Hnjg2024ZC-38)、人工智能时代高校微生物学创新融合教学模式探索与实践研究(Hnjg2025ZC-40);海南师范大学校级课程思政示范项目——生物工程概论。

参考文献

- [1] 教育部高等学校教学指导委员会. 普通高等学校本科专业教学质量国家标准: 上册[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [2] 教育部高等学校教学指导委员会. 普通高等学校本科专业教学质量国家标准: 下册[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [3] 单冉东, 刘艳, 李光跃. 《高校生物类专业类实验教学建议性规范》分析与评述[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2021, 11(6): 56-60.
- [4] 藤利荣, 张贵友, 陈峰. 高校生物类专业类实验教学建设性规范[M]. 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [5] 汤海峰, 谢志雄, 李臣亮, 藤利荣. “微生物学实验”课程教学改革现状分析: 以国内 11 所高校为例[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1321-1328.
- [6] 徐颖, 王永龙. “以学生为中心”教育理念下微生物学实验教学中的问题与探索[J]. 科技视野, 2022(26): 157-159.
- [7] 严金平, 刘丽, 夏雪山, 等. 建设研究型学院背景下微生物学实验课程改革[J]. 高教学刊, 2022, 8(25): 132-135.
- [8] 教育部高等学校教学指导委员会. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 222-229.
- [9] 徐德强, 王英明, 周德庆. 微生物学实验教程[M]. 第 4 版 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [10] 王春燕, 张好强, 李培琴. 浅谈《微生物学》课程思政[J]. 高教学刊, 2019(12): 177-180.
- [11] 汪小又, 郭婷, 程丹, 罗红丽, 廖国建. “微生物学与免疫学”课程思政的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1196-1201.
- [12] 李莹, 刘佳宇, 王锐萍, 张勇, 李鹏. “课程思政”理念下的《微生物学》教学探索与实践[J]. 创新教育研究, 2023, 11(2): 277-284. <https://doi.org/10.12677/CES.2023.112047>
- [13] 吴红萍. 海南鹦哥岭热带山地雨林土壤微生物多样性的海拔分布格局及其驱动因子研究[D]: [博士学位论文]. 海口: 海南师范大学, 2022.
- [14] 唐欣. 海南尖峰岭热带山地雨林土壤微生物多样性研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [15] 曹启民, 郑康振, 陈耿, 陈桂珠. 红树林生态系统微生物学研究进展[J]. 生态环境, 2008, 17(2): 839-845.
- [16] 陈永敢, 符明, 林佳, 李珍, 罗宏伟, 黄海. 海南莺歌海盐场土壤可培养微生物的多样性分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2020, 39(12): 5593-5598.
- [17] 鲁玉芬, 张雪武, 檀秋芬. 高职百万扩招背景下建设工程管理专业人才培养模式探索[J]. 高教学刊, 2021(2): 161-164.
- [18] 郝贵生. 社会主义大学究竟培养什么样的人[J]. 世界社会主义研究, 2017, 2(8): 89-90.
- [19] 蔡文伯, 刘俊丽. 教学满意度: 教师教学行为与学生学习行为哪个影响更大?: 基于 4585 位大学生调查的实证分析[J]. 高教探索, 2022(5): 63-69, 103.
- [20] 陈新华, 张贤金, 严业安, 郑柳萍. 我国“教、学、评”一致性研究: 评析与展望[J]. 化学教育, 2020(7): 23-29.
- [21] 李明照. 教学评一致性实施三策略[J]. 中国教育月刊, 2020(11): 104-105.