

基于研究生科研素养培养的“高级微生物学实验”课程教学改革

丁晨雨，何腾霞*

贵州大学生命科学学院 山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室，贵州 贵阳 550025

丁晨雨，何腾霞. 基于研究生科研素养培养的“高级微生物学实验”课程教学改革[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1156-1166.

DING Chenyu, HE Tengxia. Teaching reform of Advanced Microbiology Experiment course based on the cultivation of graduate students' scientific research literacy[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1156-1166.

摘要：“高级微生物学实验”课程旨在培养新入学研究生的科研思维、创新意识、探索精神和实践能力。为了提升教学质量，针对教学中存在的突出问题，本课程秉持“以学生为中心，以成果为导向”的育人理念，组建了教师教学团队，设置基础性、研究性和探索性创新实验项目优化教学内容；依托智慧教室和线上教学平台实施小组教学、互动式教学、混合式教学、翻转课堂等多元教学活动，借助智能化开放实验室和教师科研资源保障实践教学；采用全过程综合考核评价研究生的综合科研素养，构建了适用于贵州大学微生物学专业研究生培养的教学体系。实践显示，“课堂+线上+实践”的改革取得了较好的成效，研究生的科研兴趣与热情、实践创新能力得到激发和锻炼，有效提升了他们的综合科研素养。

关键词：高级微生物学实验；混合式教学；信息化教学平台；综合科研素养

资助项目：贵州省研究生教育教学改革重点课题(黔教合 YJSCXJH[2020]016)

This work was supported by the Guizhou Provincial Graduate Education Teaching Reform Key Project (YJSCXJH[2020]016).

*Corresponding author. E-mail: txhe@gzu.edu.cn

Received: 2023-06-22; Accepted: 2023-10-13; Published online: 2023-11-08

Teaching reform of Advanced Microbiology Experiment course based on the cultivation of graduate students' scientific research literacy

DING Chenyu, HE Tengxia*

Key Laboratory of Plant Resource Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region (Ministry of Education), College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China

Abstract: The course of Advanced Microbiology Experiments aims to cultivate the scientific research thinking, innovative consciousness, exploring spirit, and practical abilities of newly enrolled graduates. To improve the quality of teaching and address the key issues in teaching, our team adheres to the educational philosophy of being student-centered and outcome-based, and optimizes the teaching content by designing basic, research-oriented, and exploratory innovative experimental projects. Diversified teaching activities such as group teaching, interactive teaching, blended teaching, and flipped classroom were implemented with reliance on the smart classroom and online teaching platform. The practical teaching was carried out with intelligent open laboratories and scientific research resources. A comprehensive assessment was adopted throughout the entire process to evaluate the comprehensive scientific research literacy of graduates. Finally, a teaching system suitable for fostering graduates majoring in microbiology at Guizhou University was built. The practice has shown that the teaching mode of “classroom+online+practice” has achieved good results, which can stimulate graduates' interest and enthusiasm in scientific research, cultivate their practical and innovation abilities, and improve their comprehensive scientific research literacy.

Keywords: Advanced Microbiology Experiment; blended teaching; information-based teaching platform; comprehensive scientific research literacy

作为生命科学领域的前沿学科之一，微生物学是研究细菌、古菌、真菌、病毒、单细胞藻类、原生动物等微小生物的生物学特性及其在一定条件下的生命活动规律与应用的科学，微生物学研究的深入发展能为解决人类健康、食品风味、生态和环境保护等问题提供新的思路与方法，为研究生拓宽了职业发展前景^[1-2]。“高级微生物学实验”是面向微生物学专业新入学研究生所设的高阶实践教学，以培养新入学研究生的科研思维、探索精神和实践能力等综合科研素养为核心，使他们更好地适应当前科

学研究的需求和挑战。然而传统的“高级微生物学实验”课程教学往往局限在理论知识传授与实验技能的培养上，已经难以跟上“双一流”建设新阶段对高素质科研创新人才培养的要求，尤其是对新入学研究生综合科研素养的培养，因此，如何有效提升课程教学质量已成为本课程教学改革亟须解决的问题。

为了提高教学与人才培养质量，近年来，得益于现代教育信息化技术和新媒体平台的迅猛发展，许多高校通过整合线上+线下优秀教学资源，分别对微生物学相关课程的教学模式、

教学体系进行了改革与探索,并取得了良好的效果^[3-6]。然而这些教学改革的探索与实践主要集中在理论课程教学部分,对于如何将现代教育信息化技术和新媒体平台融入实践类课程则较少涉及,仍值得探讨。鉴于此,通过整合优化微生物学科的科研和教学资源,依托新建成的智慧教室、线上教学平台和智能化开放实验室,我们构建了适用于贵州大学微生物专业研究生培养的“高级微生物学实验”课程教学体系,使其内容更加丰富、实践性更强、与科研前沿更为贴近,旨在为新入学研究生未来的科研和职业发展奠定坚实的基础。

1 改革背景

在国家信息化教育方针和“双一流”建设背景下,贵州大学生命科学学院于2020年10月依托国家农业生物实验教学示范中心建成了智能化开放实验室平台,包括42间功能实验室和5间大型仪器室。与此同时,贵州大学于2021年新建了82间智慧教室和2个校内线上教学平台(“一体化教学云平台”和“清新课堂”)。这些平台设施能够为教师回归教学、研究教学提供支持,帮助教师探索新时代下教学体系和教学模式的改革,从而提高教学水平与创新人才培养质量。然而,正如2022年国家三部委在《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见》^[7]中所指出,“双一流”建设实施以来,教育改革发展成效明显,但仍然存在高层次创新人才不足、资源配置亟待优化等问题。尽管“互联网+”时代下的教学资源不断丰富,辅助教学设施不断完善,但大多数教师的教学方法、教学理念、教学内容、信息化教学能力等仍停留在旧有水平,存在很大的提升空间。因此,如何依靠教学改革整合优化学科科研教学资源,将学科前

沿科研优势转化为育人资源是有效提高本课程教学质量与微生物及交叉领域人才培养水平的关键。

2 “高级微生物学实验”教学改革现状

“高级微生物学实验”课程教学改革旨在帮助新入学研究生深入理解、实践和研究领域前沿内容,优化和完善其知识结构体系,锻炼其实践动手能力以及发现、分析和解决问题的能力,从而培养新入学研究生的综合科研素养,使其在科研和就业中更具竞争力和创造性,更好地为科技、社会进步作贡献,成为适应未来的高素质人才。目前已有部分高校对“高级微生物学实验”课程教学的改革进行了探索^[8-10],如:教学内容上增加综合性实验项目,减少基础性实验项目,引入科研课题等以鼓励学生进行探索与创新;教学模式上采用以问题为导向、项目为基础(problem oriented and project based learning, POPBL)、线上+线下、翻转课堂等模式培养学生的科研思维与创新意识;课程考核上采用分阶段、多角度的综合考察方式更加科学地评估学生的实践能力和科研素养;教学保障方面通过组建教学团队,开展教研活动,从而提升教师教学能力与水平。尽管这些改革已经极大地提升了课程教学质量,但“高级微生物学实验”的教学中仍存在两个突出问题。

2.1 实验教学内容未兼顾系统性与专业性

微生物不仅是生命科学领域研究的重要材料,在食品、环境、农、林、医、药等领域也具有重要作用^[11]。然而需要注意的是,传统的“高级微生物学实验”教学内容专业性不强,为了平衡不同专业基础的新入学研究生,实验内容以锻炼学生实验技能为主,缺乏设计性与创

新性。目前改革后的教学内容在设计和创新上进行了加强,但过于集中在单一领域,如食品加工,这固然能够保证实验研究的专业性和完整性,可也意味着非食品研究领域的学生要面临所学内容与今后研究、就业方向不相符合的问题。例如,环境研究领域的新入学研究生可能更关注微生物的碳氮降解能力、环境因子对微生物群落的影响等内容,对食品领域研究的微生物发酵产物的性质、新菌种选育等内容缺乏学习动力,这是因为两个领域的前沿研究内容与所用的技术并不相同。此外,教学内容过于强调专业性也会使得不同实验项目之间缺乏联系,不利于不同项目组间的交流学习与提升。

2.2 实验时间及实验场所不足阻碍课程教学效果

无论传统的还是改革后的“高级微生物学实验”课程教学均具有耗时久的特点,这是由生物材料的时效性所决定的。同时,改革后的课程教学由于加强了实验项目的专业性,研究生可能面临实验任务增加、前沿实验技术难以复现甚至实验失败等困难,从而造成实验时间延长、实验场所冲突等延伸问题。尽管也有研究团队提出开展开放性实验以应对生物类实验课程对实验时间与场所的需求,但也发现了由此带来的安全问题会将实验内容限制在安全系数较高的范畴和对轮值教师的需求上^[4]。而且由于近几年研究生招生规模的扩大,各科研实验室仅能够为少部分基础扎实且具有科研经历的新入学研究生提供实验场所,其余学生只能靠教学期间有限的时间学习锻炼,加剧了学生实践时间和实验进度的差异^[12]。此外,实验时间和实验场所不足的问题可能不仅阻碍新入学研究生流畅地完成实践学习,还会进一步消耗他们的科研热情和探索精神,导致懒惰情绪滋长。

综上所述,尽管过去几年的“高级微生物学

实验”课程教学改革已取得了较好的效果,但仍然存在能够完善提升的方面,需要开展更多的探索与实践。

3 “高级微生物学实验”课程教学改革实践

针对上述背景和“高级微生物学实验”课程教学改革现状中存在的问题和需求,在充分借鉴前人研究成果与研究经验的基础上,我们构建了适用于贵州大学微生物学专业新入学研究生培养的课程教学体系(图 1)。

3.1 教学建设理念、定位与目标

“高级微生物学实验”课程的构建紧紧围绕“强化基础,加强应用,融入前沿,着力创新”的指导思想,秉承“由浅入深,结构合理,整体协调”的原则,坚持“以学生为中心,以问题导向、目标导向和成果导向为统领,以培养学生的科研思维、探索精神和创新能力为核心”的育人理念。作为“基础微生物学实验”的进阶教学,“高级微生物学实验”课程教学服务的对象主要为微生物学专业新入学研究生。课程教学的主要目的在于将前沿理论知识、技能与实际科研任务联系起来,帮助新入学研究生破除对科研工作的畏难情绪,建立开展科研工作的自信心,培养学生们的批判性思维与解决科学问题的能力,从而完成综合科研素养的启蒙,为成长为新时代高素质创新人才奠定基础。

3.2 教学内容

根据课程定位与目标,我们对“高级微生物学实验”课程教学内容进行了优化、调整与拓展(表 1)。在拓展内容部分,保持对前沿领域最新研究进展关注的同时,加强了对新入学研究生独立思考、解决问题和写作能力的培养。在实验教学部分则遵循由浅入深的原则,设置了基

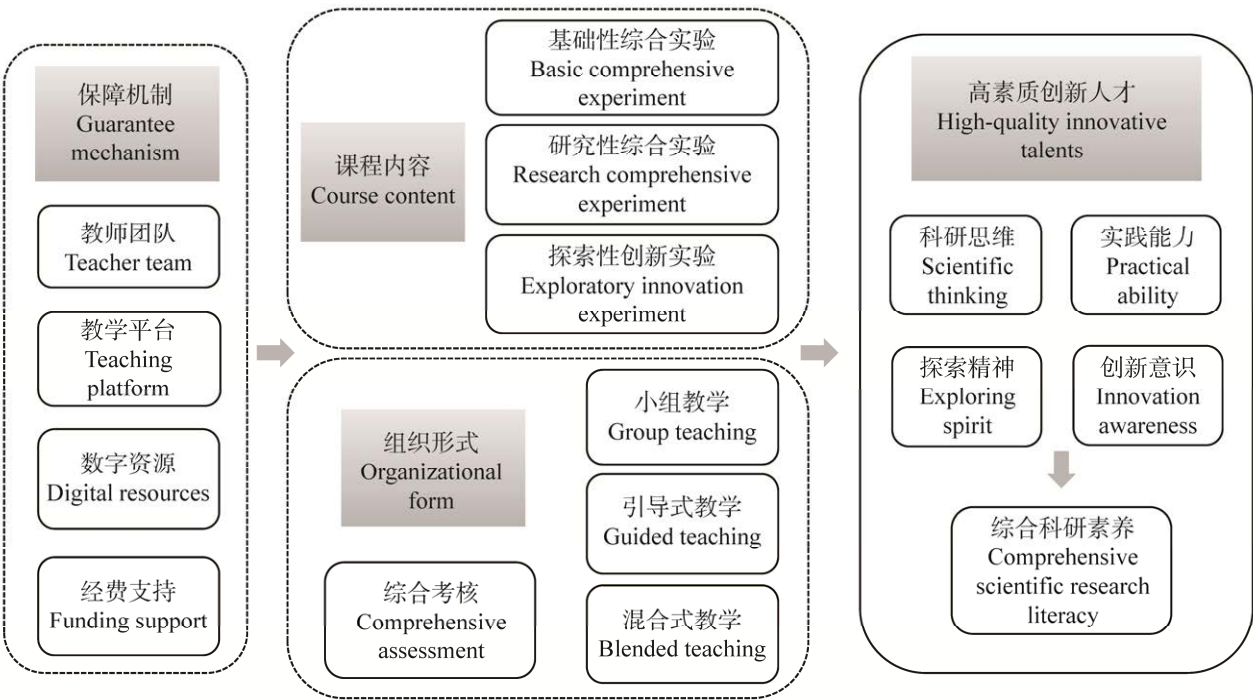


图1 “高级微生物学实验”课程教学体系
Figure 1 Teaching system of the Advanced Microbiology Experiments course.

表1 “高级微生物学实验”课程教学内容
Table 1 Teaching contents of the Advanced Microbiology Experiments course

教学模块 Teaching module	教学内容优化前 Before teaching content optimization	教学内容优化后 After teaching content optimization	教学目标 Teaching objectives
拓展内容 Expanded content	前沿概述 Overview of frontiers	前沿概述 Overview of frontiers 文献检索 Literature search 实验设计 Experimental design 数据分析 Data analysis 论文撰写 Thesis writing	全面地培养新入学研究生的科研思维、探索精神和创新意识，提升其综合科研素养 Comprehensive cultivation of research thinking, exploratory spirit, and innovation consciousness in newly enrolled graduate students, enhancing their comprehensive research literacy
基础性综合实验 Basic comprehensive experiment	枯草芽孢杆菌的分离纯化 <i>Bacillus subtilis</i>	好氧反硝化脱氮菌的分离纯化 Isolation and purification of aerobic denitrifying bacteria 发酵食品中乳酸菌的分离纯化 Isolation and purification of <i>Lactobacillus</i> from fermented foods	锻炼新入学研究生的基础实验技能，如无菌操作技术、筛选培养基的制备等，获取新的菌种资源

(待续)

(续表 1)

教学模块 Teaching module	教学内容优化前 Before teaching content optimization	教学内容优化后 After teaching content optimization	教学目标 Teaching objectives
		土壤中放线菌的分离纯化 Isolation and purification of actinomycetes from soil 有机物降解菌的分离纯化 Isolation and purification of organic matter degrading bacteria 枯草芽孢杆菌的分离纯化 Isolation and purification of <i>Bacillus subtilis</i>	Enhance the fundamental laboratory skills of newly enrolled graduate students, such as aseptic techniques and the preparation of selective culture media, access to new strains resources
研究性综合实验 Research comprehensive experiment	菌株的显微形态观察 Microscopic observation of strains 菌株的生理生化反应, 如糖发酵、酪素水解、硝酸盐还原、柠檬酸盐利用等实验 Physiological and biochemical reactions of strains, such as sugar fermentation, casein hydrolysis, nitrate reduction, citrate utilization, etc. 伯杰氏鉴定细菌学手册 Bergey's manual of systematic bacteriology	菌株的显微与超微形态观察 Microscopic and ultra-microscopic observation of strains Biolog 自动微生物分析系统鉴定实验 Biolog automatic microbial analysis system identification experiment 微生物分子生物学鉴定 Microbial molecular biology identification 系统发育树分析 Systematic phylogenetic tree analysis	帮助新入学研究生掌握跨学科实验技术以及高端精密仪器设备的使用方法, 贯通多学科知识的综合运用 Assist newly enrolled graduate students in mastering interdisciplinary experimental techniques and the utilization of advanced precision laboratory equipment, facilitating the integrated application of knowledge across multiple disciplines
探索性创新实验 Exploratory innovation experiment	高产菌株发酵条件优化 Optimization of high-yield strain fermentation conditions	降解菌培养条件或高产菌株发酵条件优化 Optimization of degradation strain cultivation conditions or high-yield strain fermentation conditions 发酵产物/活性成分的应用研究 Application research of active components or fermentation products 极端环境因素如低温、高盐、重金属等对微生物效能的影响 Impact of extreme environmental factors such as low temperature, high salt, heavy metals, etc., on microbial efficacy 功能菌关键基因的挖掘 Mining of key genes of functional bacteria	聚焦微生物的应用或具体科学问题, 激发新入学研究生的兴趣和创造力 Focus on the applications of microbiology or specific scientific questions to ignite the interest and creativity of newly enrolled graduate students

基础性综合实验、研究性综合实验和探索性创新实验 3 个模块,实验项目库的建立综合考虑了前沿领域研究和指导教师优势科研资源^[13],而且可动态调整,保障了实验内容的系统性与专业性。其中,基础性综合实验项目“微生物的分离、纯化和筛选”不再局限于研究同一功能微生物,新入学研究生可根据今后研究方向或个人职业规划从项目库内自主选择,这一举措能够提升新入学研究生开展实验研究的积极性。随后,学习小组需要运用形态学、生物化学、分子生物学和生物信息学等多个学科的知识对此前分离获得的微生物开展优化后的“鉴定与分类”综合性实验,掌握发酵罐、Biolog 自动微生物分析系统等先进分析仪器的使用方法与分子生物学技术。最后,选择性探索此前分离获得菌株的应用范围、发酵产物的成分以及相关作用机制等,为后续的科研探索或应用落地奠定基础。

3.3 教学组织形式

改变传统单一的“以教师为主”的教学模式,依托信息化教学平台和开放实验平台,运用多种教学模式进行“高级微生物学实验”课程的“课堂+线上+实践”混合式教学(图 2)。

3.3.1 小组教学,培养新入学研究生沟通协调、合作互助的能力

当前许多科研项目的完成离不开团队成员的协作,因此,在课程开始前,研究生按照每组 3-5 人进行分组,组内沟通讨论确定实验项目的选题,然后查阅相关文献资料并在指导教师的帮助下制定合理可行的实验方案。各学习小组内部可结合实验研究内容合理分配任务,充分发挥学习能力强、有科研实践经历学生的示范引领作用,互相学习、取长补短,实现小组成员共同进步。

3.3.2 引导式教学,培养新入学研究生发现问题、分析问题和解决问题的科研思维

首先,课程教学开始后的前 10-15 天,研

究生学习小组在指导教师引导下学习并挖掘学科领域前沿成果所解决的科学问题以及所用到的技术方法,深入分析和思考如何有效地获取更优良的微生物菌种资源、可能存在的代谢途径(功能)以及更高效可行的发酵技术条件等研究问题,从而确立选题依据、研究内容与目标、技术路线等。实验开始后,指导教师结合实验过程中遇到的问题与困难,指导研究生总结引发问题可能的原因并协助他们寻找可行的解决方案或替代方案,比如更换技术方法或解析新的特征物质。所有实验项目完成后,学习小组与指导教师对实验开展过程中的问题和获得的结果进行讨论和总结,其后在课堂上进行 PPT 汇报展示与分享,并最终形成正式的课程报告论文或研究论文。

3.3.3 混合式教学,培养新入学研究生学习的主动性,加强师生交流互动

在教学开始前,指导教师团队可在“超星学习通”“雨课堂”和校内“清新课堂”等线上信息化教学平台上为学习小组提供精选的学习资料,如规范的实验操作技术流程、领域前沿研究成果等。在实验教学开展过程中,使用“线上+线下”指导和答疑的方式开展互动式教学,提高师生交流频率,帮助学习小组及时解决遇到的问题,保障实验研究的顺利进行。在实验方案制定和实验结束后的总结汇报中,通过“智慧教室终端”“雨课堂”等软硬件实现分组讨论、翻转课堂等辅助教学模式,提高研究生的课堂参与度。

3.3.4 全过程综合化的考核方式,帮助新入学研究生完成综合科研素养的启蒙

课程考核摒弃“平时成绩+实验报告”的简单方式,采用从文献总结、实验方案讨论制定、课前准备、实验操作、数据处理与分析、课堂 PPT 汇报与讲解、课程报告论文和研究论文撰

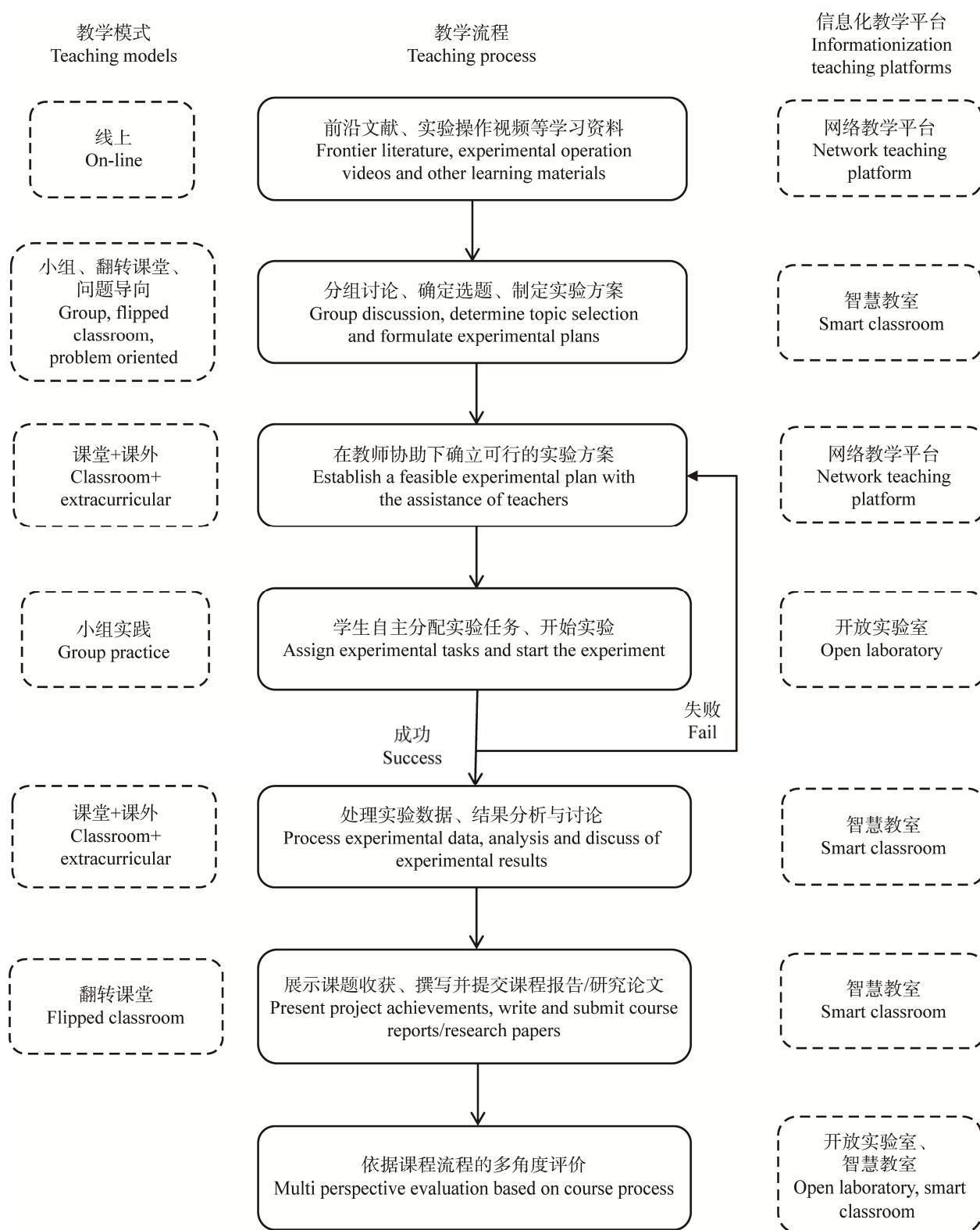


图2 “高级微生物学实验”课程教学组织形式

Figure 2 Teaching organizational form of the Advanced Microbiology Experiments course.

写等多个环节对研究生的课程学习进行全面评价。综合化的考核方式能够从多层次、多角度对研究生的学习表现进行公正的评价,是更科学的考核评价方式,可以更加全面地提升新入学研究生的综合科研素养。

3.4 教学保障机制

3.4.1 专业的指导教师团队

师资队伍建设和学科建设的核心内容之一,是创新人才培养的基础和保障。经过沟通协调以及整合现有学科教师资源,课程指导教师由原来的1人增加至5人,其中教授2人、副教授2人、实验师1人,是一支学术造诣高、知识结构合理、具有合作精神的教学团队。指导的新入学研究生的人数严格控制在15–25人,较高的师生比(1:3–1:5)是为了确保指导教师能够在实验设计的创新性和可行性、学习小组实验过程中遇到的问题以及实验数据如何分析、研究论文如何规范撰写等方面提供充足的指导和帮助。

3.4.2 便捷的信息化教学平台

“高级微生物学实验”课程非实验操作环节在学校建设的智慧教室和线上教学平台开展,信息化的教学设施可为本课程混合式教学模式的实施提供极大的便利。实验环节则主要在开放实验室进行,新建的开放实验室不仅具有实验所需的离心机、培养箱、超净工作台等常规仪器设备,还适配了实验室智能化综合管理平台,包含信息综合管理系统、实验教学管理系统、实验室安全管理系统、实验室开放管理系统、高清摄像头、存储硬盘、电子门禁装置、智能电源控制装置等软硬件设施,能够让学习小组在合适的时间预约使用,解决了实验时间、实验场所冲突以及开放实验室安全等突出问题。此外,学习小组还可通过大型仪器共享平台预约使用全自动微生物鉴定系统、发酵罐、全波长酶标仪等精密仪器设备开展深入研究。

3.4.3 较丰富的数字教学资源

贵州大学购买了较实用的电子期刊数据库,方便师生查阅科研教学相关的文献资料,引入了“雨课堂”“超星学习通”等在线教学平台,同时还建设了校内“清新课堂”和“一体化教学云平台”,让教师将教学视频、收集的教学科研数字资源和文献资料等学习内容上传至平台,为学生课下线上查阅学习或复习提供支持。此外,生命科学学院还建有分子生物学、生物化学虚拟仿真实验教学系统,研究生可以申请账号进行相关实验操作流程的模拟训练。

3.4.4 稳定、充足的实验经费

除了稳定的实验教学专项经费外,学校师生每年还可申请创新实践项目,根据项目的类别和级别获得相应的专项经费支持。课程指导教师也能够主持或参与国家各级政府、各企事业单位、科研院校、民间资金或境外资金资助的各类纵向和横向科研项目,如国家自然科学基金、贵州省科技计划、贵州省研究生教育教学改革重点课题等获得经费支持。

4 改革成效

“高级微生物学实验”教学体系自构建以来,共有总计44名新入学研究生参与了教学改革的实践。课后的跟踪调查显示,这些研究生普遍认为,教学过程中与指导教师的深入沟通和交流激发了他们对科学研究的兴趣与热情,坚定了继续深造或从事科研工作的信念。同时学生们还表示,经过本课程的学习,掌握了文献检索、实验方案设计、仪器设备操作、数据处理与分析、论文写作等技能,文献归纳总结、实践动手、时间规划以及思考问题、分析问题、解决问题的能力得到提升,真切体验到了一项科学研究由提出到完成的完整实施过程,并取得了可喜的科研成果。参与课程改革实践的研

究生已在 SCI 期刊和中文核心期刊上累计发表微生物学相关研究论文 20 多篇,参与申请微生物相关专利 2 项^[14-16]。

尽管“高级微生物学实验”课程教学改革取得了不错的成效,但在实践过程中也发现了一些不足之处:部分新入学研究生反映培养方案设置的理论课程较多,学习任务较重,缺乏充足的时间自学和思考科研问题,无法跟上学习小组的进度;也有部分研究生认为基础性综合实验耗时太长且对今后的研究方向帮助不大,提不起参与的兴趣。对于这些问题,我们拟在今后的实践中尝试以下方法:(1) 在课前充分调研并掌握新入学研究生的学情,根据其学习需求,更加合理地组建学习小组;(2) 帮助学习小组制定学习清单,明确学习的范围,掌握高效检索与整理资料的方法;(3) 指导教师根据学习小组的实践表现动态调整实验项目内容等措施,以进一步提升课程的教学效果。

5 教学改革创新特点

依托智慧课堂和线上信息化教学平台,在“课堂+线上+实践”教学过程实现了以学习小组(研究生)为主导者、教师回归引导者的转变。在实验选题、实验方案设计、问题讨论与答疑、实验结果汇报等课程教学环节采用了混合式教学模式,激发研究生的探究性和批判性思维。与理论课程不同的是,学习小组内思维碰撞内容不仅仅停留在思考讨论阶段,均可在随后的实验中进行尝试或验证,因此,通过课程的学习,这些新入学研究生普遍经历了“观摩→发现问题→思考→分析问题→探索→设计方案→验证→解决问题”的学习过程,显著提升了他们的科研思维能力与创新能力。

同时,依托智能化开放实验室,满足了课程教学对实验时间和实验场所的需求,使课程

教学兼具课堂教学与开放实践教学的优点,极大地提升了教学效果。学习小组有课堂外的时间与场地开展实验,因而能够熟练掌握今后研究所需的实验技能,实践动手能力也能够得到充分锻炼。与此同时,由于能够在课外开放时间完成实验项目,学习小组在课堂上可以更频繁地就实验的发现或问题与指导老师沟通交流,不仅能加深师生感情,也能深化新入学研究生对其专业和研究领域的认知。此外,信息化的开放实验室还能够将学生进入实验室开展实验的过程进行记录,为课程教学结束后的综合考核提供依据。

6 结语

国家信息化方针和“双一流”建设背景下,推进实验课程教学改革是提高课程教学效果最有效的途径。本文以“高级微生物学实验”课程教学改革为例,分析并总结了“高级微生物学实验”教学改革面临的突出问题,并根据新的课程建设理念、定位与目标,在专业的指导教师团队、便捷的信息化教学平台、较丰富的数字教学资源、稳定充足的经费保障支持下,对课程教学内容和组织形式进行了重构,并取得了一定的成效。然而,课程教学改革和教学体系建设是一项长期的系统工程,目前的“高级微生物学实验”课程教学模式仍不完善,需要在探索中不断总结反思、完善出新,以启发更多的教育者和研究者投身课程的改革实践中,共同推动教学水平和人才培养质量的提升。

REFERENCES

- [1] 沈萍,陈向东. 微生物学[M]. 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
SHEN P, CHEN XD. Microbiology[M]. 8th ed. Beijing: Higher Education Press, 2016 (in Chinese).
- [2] 吕志堂,张秀敏,赵丽坤,石楠,李景晨. 微生物学研究型设计性实验教学改革与实践[J]. 微生物学通报,

- 2018, 45(3): 670-675.
- LYU ZT, ZHANG XM, ZHAO LK, SHI N, LI JC. Exploration in reform and practice of research-based designing experiments of Microbiology courses[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 670-675 (in Chinese).
- [3] 陈丽华, 宋明胜, 漆涌, 许欢, 曹晶莹, 伍勇. 翻转课堂结合学生小讲课在临床微生物学检验技术实习教学中的探索[J]. 微生物学杂志, 2021, 41(3): 124-128.
- CHEN LH, SONG MS, QI Y, XU H, CAO JY, WU Y. Exploration of flipped classroom combined with student small lecture in clinical microbiology testing technology practice teaching[J]. Journal of Microbiology, 2021, 41(3): 124-128 (in Chinese).
- [4] 原野, 夏洪梅, 刘东波, 李晓雪, 李凡. 微生物学实验技术课程“五阶段”翻转课堂教学模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(8): 3531-3538.
- YUAN Y, XIA HM, LIU DB, LI XX, LI F. Exploration and practice of “five-stage” flipped classroom teaching in Microbiology Experimental Technology course[J]. Microbiology China, 2022, 49(8): 3531-3538 (in Chinese).
- [5] 赵欣欣, 孙献坤, 刘国艳, 徐鑫, 程缘, 于海. 慕课背景下食品类专业“微生物学”课程教学改革[J]. 食品工业, 2022, 43(12): 165-168.
- ZHAO XX, SUN XK, LIU GY, XU X, CHENG Y, YU H. Teaching reform of “Microbiology” course for food specialty based on MOOC background[J]. The Food Industry, 2022, 43(12): 165-168 (in Chinese).
- [6] 张海涵, 黄廷林, 朱陆莉, 杨福玲, 潘思璇, 张卉. 新时代人才培养需求下工科高校专业课教学创新与实践: 以“环境工程微生物学”为例[J]. 微生物学通报, 2022, 49(10): 4467-4480.
- ZHANG HH, HUANG TL, ZHU LL, YANG FL, PAN SX, ZHANG H. Teaching innovation and practice of engineering courses in universities for talent cultivation in new era: insights into Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(10): 4467-4480 (in Chinese).
- [7] 教育部 财政部 国家发展改革委关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2022(6): 8-13.
- Ministry of Education, Ministry of Finance, National Development and Reform Commission. Several opinions on further promoting the construction of World-Class Universities and First-Class Disciplines[J]. Bulletin of the Ministry of Education of the People's Republic of China, 2022(6): 8-13 (in Chinese).
- [8] 王素英, 张宏宇, 杨晓丽. 项目驱动的实验教学新模式的构建与实践: 以微生物学实验为例[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 702-707.
- WANG SY, ZHANG HY, YANG XL. Construction and practice of a novel experimental teaching model based on the project actuation: taking Microbiology experiment as an example[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 702-707 (in Chinese).
- [9] 冯远航, 朱勇, 王智文. 改革微生物学实验教学, 激发学生创新潜力[J]. 微生物学杂志, 2018, 38(3): 122-125.
- FENG YH, ZHU Y, WANG ZW. Reformation of microbiology experimental teaching to motivate the students' innovation potential[J]. Journal of Microbiology, 2018, 38(3): 122-125 (in Chinese).
- [10] 刘倩, 魏涛. POPBL 模式微生物学实验课程教学改革探索[J]. 生物学杂志, 2022, 39(3): 120-124.
- LIU Q, WEI T. The application of problem oriented and project based learning on the teaching reform of experimental course of microbiology[J]. Journal of Biology, 2022, 39(3): 120-124 (in Chinese).
- [11] 陈向东. 新型冠状病毒肺炎疫情常态化防控态势下我国微生物学教学改革与人才培养[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1231-1234.
- CHEN XD. Microbiology teaching reform and personnel training under the situation of normalized prevention and control of COVID-19 epidemic[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1231-1234 (in Chinese).
- [12] 陈建, 杨卓鸿, 熊亚红, 肖蕙, 袁腾. 农业院校理工科研究生拔尖创新人才培养模式探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(8): 37-41.
- CHEN J, YANG ZH, XIONG YH, XIAO H, YUAN T. Exploration on innovative talent training of graduate students of science and engineering in agricultural university[J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(8): 37-41 (in Chinese).
- [13] 沈骁, 程勇. 基于大型科研项目的教学实验设计[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(8): 189-193.
- SHEN X, CHENG Y. Teaching experiments design based on large-scale scientific research projects[J]. Experimental Technology and Management, 2022, 39(8): 189-193 (in Chinese).
- [14] ZHANG MM, HE TX, CHEN MP, WU QF. Ammonium and hydroxylamine can be preferentially removed during simultaneous nitrification and denitrification by *Pseudomonas taiwanensis* EN-F2[J]. Bioresource Technology, 2022, 350: 126912.
- [15] CHEN J, WANG H, CHEN YS, ZHU QJ, WAN J. Inhibitive effect and mechanism of cinnamaldehyde on growth and OTA production of *Aspergillus niger* in vitro and in dried red chilies[J]. Food Research International, 2023, 168: 112794.
- [16] 何腾霞, 张漫漫. EN-J1 脱氮菌及其在含氮污水处理中的应用: CN115011522A[P]. 2023-05-12.
- HE TX, ZHANG MM. EN-J1 denitrifying bacteria and application thereof in nitrogen-containing sewage treatment: CN115011522A[P]. 2023-05-12 (in Chinese).