

基于科教融汇的微生物学人才培养改革与实践

涂芊, 侯顺, 陈雯莉*

华中农业大学, 湖北 武汉 430070

涂芊, 侯顺, 陈雯莉. 基于科教融汇的微生物学人才培养改革与实践[J]. 微生物学通报, 2025, 52(6): 2896-2904.

TU Qian, HOU Shun, CHEN Wenli. Reform and practice of Microbiology talent training based on the integration of research and education[J]. Microbiology China, 2025, 52(6): 2896-2904.

摘要: 科教融汇是教育、科技、人才一体化发展的重要路径, 是一流大学人才培养的普遍共识, 也是创新人才成长规律的内在要求。华中农业大学微生物学团队探索基于科教融汇的人才培养模式, 不断强化科学研究在教师教学能力提升中的支撑作用, 科学前沿和科研文化在教学资源建设中的先导作用和科研实践在学生创新能力培育中的驱动作用, 教研互促, 取得了良好的育人成效。

关键词: 科教融汇; 微生物学; 人才培养

Reform and practice of Microbiology talent training based on the integration of research and education

TU Qian, HOU Shun, CHEN Wenli*

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China

Abstract: The integration of research and education is an important path for the integrated development of education, science & technology, and talents. It is the universal consensus for talent cultivation in first-class universities and an inherent requirement for the growth of innovative talents. The teaching team of Microbiology at Huazhong Agricultural University has explored a talent cultivation model based on the integration of research and education by continuously strengthening the supporting role of scientific research in improving teachers'

资助项目: 2024 年湖北本科高校省级教学改革研究项目(2024177); 中国高等教育学会 2023 年度高等教育科学研究规划课题(23XS0408)

This work was supported by the Provincial Teaching Reform Research Project for Undergraduate Universities in Hubei Province in 2024 (2024177) and the 2023 Higher Education Science Research Plan Project of the Chinese Society of Higher Education (23XS0408).

*Corresponding author. E-mail: wlchen@mail.hzau.edu.cn

Received: 2025-04-04; Accepted: 2025-04-30; Published online: 2025-05-26

teaching abilities, the leading role of scientific frontiers and research culture in teaching resource construction, and the driving role of research practice in cultivating students' innovative abilities. The mutual promotion between teaching and research has achieved good educational results.

Keywords: integration of research and education; Microbiology; talent training

科教融汇是将科研与教育 2 个系统置于共生共荣、相互依赖的发展场域中,共同作用于人才培养实践活动^[1]。19 世纪初,德国洪堡最早提出“教学与科研相统一”的大学办学思想理念,引起世界范围的研究热潮^[2]。我国高校对教学与科研关系的认识则随着育人实践的深入经历了嬗变,从教学为主转向教学与科研并重,再到科教结合、科教融合。相关文件提出“统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新,推进职普融通、产教融合、科教融汇,优化职业教育类型定位”。首次将“科教融合”转为“科教融汇”,进一步强调科研和教学相结合(融)和广度(汇),体现出我国高等教育发展的战略选择和大势所趋。华中农业大学微生物学教学团队深刻把握新时代高校科教融汇的价值内涵,深入开展微生物学科教融汇、协同育人的改革与实践,总结一些可供推广借鉴的做法。

1 新时代背景下高校科教融汇的价值内涵

1.1 科教融汇是教育、科技、人才一体化发展的重要路径

科教融汇是科技创新和人才培养的集中交汇点,是实现教育、科技、人才一体化发展的必由之路。高校作为育人主阵地、创新策源地和人才富集地,承担着立德树人的根本使命,应深入推进科教融汇,将高水平科研优势和人才优势转化为高质量育人动能,实现科技创新与人才培养的深度融合与协同发展。

1.2 科教融汇是一流大学人才培养的普遍共识

20 世纪中叶以来,知识创新和科技进步在

社会发展中的驱动作用愈发凸显,高校人才培养和科学研究两大基本职能互相渗透,科教融汇已成为国内外一流高校的重要特征。例如,加州理工学院与美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)共建研究机构,使学生获得直接参与 NASA 重大任务的机会;埃因霍温大学设置本科生和硕士生科研项目、学术型博士研究课题、专业型博士学位项目,开展基于项目的研究性学习和挑战性学习;麻省理工学院将产业前沿等实际问题转化而来的科研项目融入课程,使人才培养与产业实践紧密衔接^[3]。国内知名高校也开展了有价值的科教融汇育人探索:(1) 推动育人主体多元化,构建“学院+研究院+书院”协同的拔尖创新人才培养模式^[4];(2) 推动育人资源多元化,将人才、平台、项目等科技资源运用于学生创新能力培养,打造科教协同育人新模式^[5];(3) 推动育人模式项目化,建构基于国家重大科技项目的研究生培养模式^[6]。总的来看,科教融汇已得到国内外一流大学的普遍认同。

1.3 科教融汇是创新人才成长规律的内在要求

当前我国已进入新质生产力发展阶段,迫切需要一大批高水平拔尖创新人才。科教融汇在多个层面促进创新人才培养:首先,科学家精神和“四个面向”科技工作价值导向为大学生厚植家国情怀、涵育科学精神提供了精神坐标;其次,科研活动为学生夯实理论基础、掌握研究方法、精通实验技能、提升综合素质等提供了实践渠道;并且,科学研究以其不断向未知和前沿进军的超越性,引导学生开展基于好奇和求知的自主探索,促进自身发展和人格完善。

2 华中农业大学微生物学的科教融汇人才培养模式探索

华中农业大学微生物学创始人陈华癸先生是我国著名的微生物学家、土壤学家和农业教育家,是我国农业微生物学奠基人之一。先生一贯主张,只有将科学发展的前沿成果纳入教学中去,才能保持教学内容的充实更新,才能使学生了解掌握科技新知识和学术新动向,才能使毕业生站在科技和生产的前沿,适合社会的需求^[7]。在先生的带领下,经过几代人的传承和改革实践,微生物学教学团队不断突破科教融汇的深度和广度,从经典的教育“三元素”

视角(教师、学生、教育内容)探索创新链和教育链融通的教学模式(图 1),育人成效显著。

2.1 强化科学研究在教师教学能力提升中的支撑作用,让教师能起来

科教融汇的育人成效如何,很大程度上取决于教师的学术视野、科研水平和教学能力。微生物学教研室共有 18 人,均具有博士学位,其中 2 人入选国家人才计划,2013 年以来引进的 6 位青年教师全部获国家自然科学基金资助,团队整体科研实力雄厚。为了将团队的科研优势充分转换为教学资源,打造教研相长的教师队伍,团队摸索了一套完备的帮扶制度:依托湖北名师工作室建立青年教师教学工作

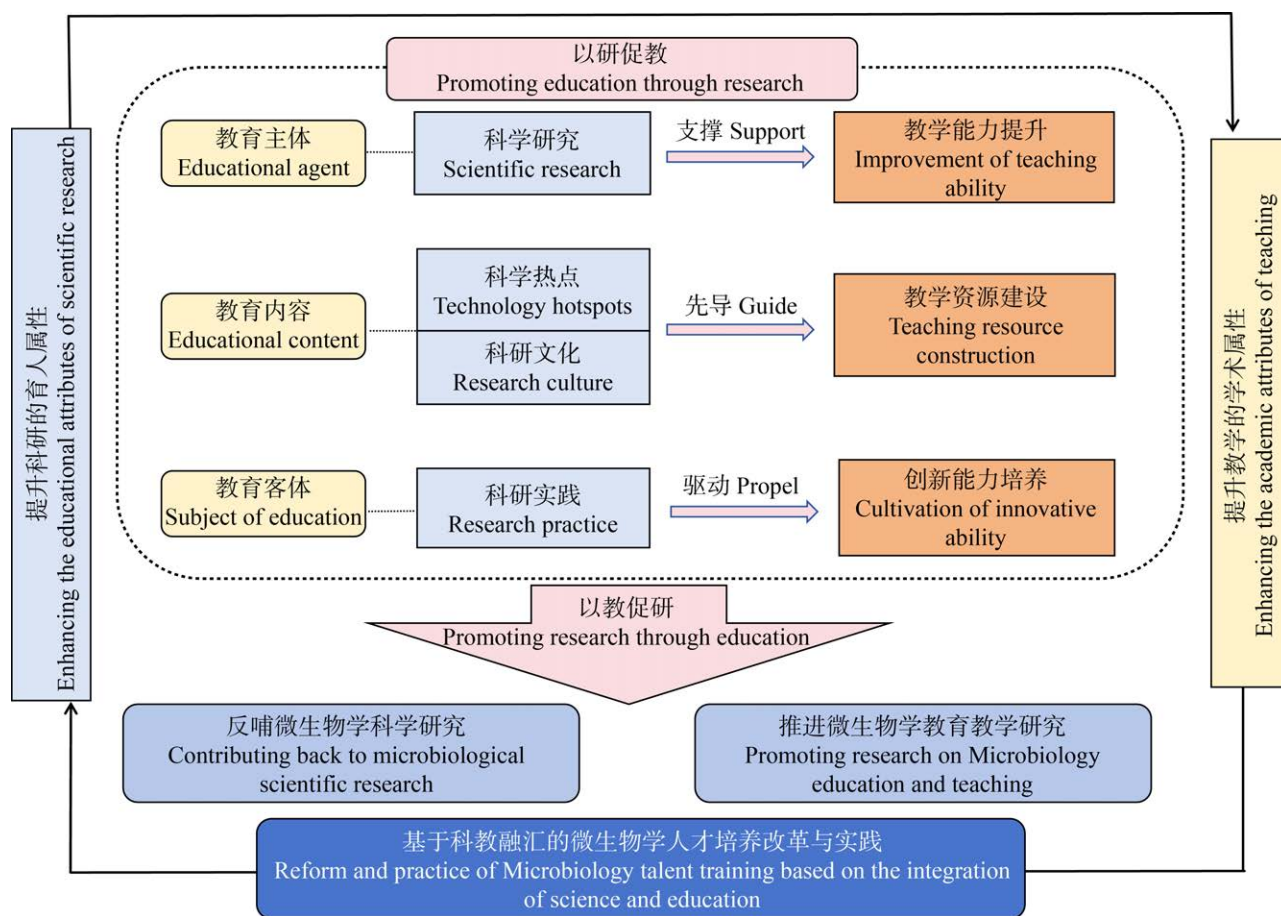


图 1 基于科教融汇的微生物学人才培养改革与实践

Figure 1 Reform and practice of Microbiology talent training based on the integration of science and education.

站,名师领衔实施“双团队、双导师”制度^[8],青年教师同时加入科研团队和教学团队,接受科研导师和教学导师的双重指导,团队通过集体备课、互相听课、名课观摩、实验操作培训、支持培训及出国进修等途径,着力提升团队教学能力,引导教师将科学研究与教书育人有机结合、齐头并进。例如,教师立足自身研究领域,将“共生固氮”的科学原理融入育人理念,从“信号交流-互惠互利-碳氮交换-开花结果”的共生固氮体形成过程中受到启发,构筑“共鸣(启人以志)-共生(授人以渔)-共享(五育融通)-共创(教学相长)”的师生价值、学术、情感和发展共同体。还有教师借用合成生物学的常用元件对学生进行学习方法的启发,即:学习不需要“启动子”,要涵养永动力;学习善用“转座子”,提升创新力;学习不会“甲基化”,要保持鲜活活力;学习没有“终止子”,要具备坚韧力。

除了将科学原理转化为育人理念,团队还注重将前沿技术和成果引入教学,注重知识的延伸和扩展。如在介绍酵母(yeasts)时,除了常规性地讲解其作为发酵工具的作用,也特别指出其在分子生物学研究中发挥的重要作用,引入酵母双杂交系统(yeast two-hybrid system)的基本原理和实验步骤。在讲解微生物的大小时,结合2022年6月*Science*论文“A centimeter-long bacterium with DNA contained in metabolically active, membrane-bound organelles”^[9],向学生介绍目前发现的最大尺寸可达2 cm的华丽硫珠菌(*Thiomargarita magnifica*),给学生留下深刻印象。

教师自身的科研成果也被广泛引入案例教学中,比如在原核生物的细胞结构与功能章节中,引入教师主持的国家自然科学基金项目“*Anabaena* PCC7120 中异形胞的发育与细胞分裂和DNA复制间协调关系的机制研究”的成果,将鱼腥蓝细菌的细胞分裂周期及异形胞分化过程作为一条清晰的教学主线索,按照生长增殖及功能性分化的细胞生命活动顺序依次展开微

生物的细胞结构与功能^[10],起到串联知识点、帮助学生理解的作用。

2.2 强化科研热点和科研文化在教学资源建设中的先导作用,让教学新起来

2.2.1 建设教研同步的微生物学教材

教研同步的理念也体现《微生物学》系列教材之中。1959年,《微生物学》教材问世,并于2019年更新至第7版^[11-17]。在60余年赓续传承的过程中,几代编者始终紧跟农业微生物学研究前沿领域,不断将研究热点和创新成果融入教材中。如第3版增补了涉及分子生物学的内容;第6版增加了生物三域(domains)学说的介绍;第7版增加了完全氨氧化微生物、植物微生物组,以及高通量培养、高通量测序和单细胞分析等新概念、新理论和新技术^[18]。

教学团队积极服务国家对于培养拔尖创新型人才的战略需求,不断优化《微生物学》系列教材的结构和形态,提升教材开放性和挑战度,加强对学生科学素养、创新能力和开拓精神的培养。如第2版教材相较于第1版而言,更强调了对原理的阐述,以利于人才培养和教学;第3版教材采用Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (8th edition)^[19]中列举的细菌学名编写了术语索引和微生物中文名、拉丁文学名对照表以便读者查询;第5版主要名词均有英文对照,以利读者查阅文献;第6版在每章后面增设了思考题,帮助学生加深理解;第7版克服了传统教材的局限,配套有丰富的数字资源,包括学科发展史、社会热点、科学家故事、与生活生产紧密联系的实践案例、图片库、动画、习题、试卷和课件等,便于学生自主探索学习^[20]。

2.2.2 开发紧跟微生物学前沿的课程资源

为进一步完善专业课程体系,帮助学生更直接、更系统地了解微生物学的最新进展及其应用,教学团队积极开发“微生物学前沿”新课程^[21],结合高水平文献阅读,将细菌的第二信使分子信号调控、细菌的群体感应调控、细菌的应激反应,古菌的进化地位和遗传机制、古

菌的细胞周期调控、噬菌体的发现及其基本特征、原核生物抗噬菌体系统,以及噬菌体及应用等前沿研究介绍给学生。此外,团队还开设了“双百案例课”的科研案例课,在“农田土壤重金属污染的生物修复”案例中引导学生用微生物学知识解决环境污染问题,不断拓宽学生的科学视野,鼓励学以致用。

近年来,随着微生物学研究领域的持续突破和 AI+HI 新技术浪潮的到来,数智教学资源开发和教学模式变革步伐进一步加快。在传统课堂之外,团队不断建设并拓展线上科研育人资源,积极开展“微生物学”国家级线上一流课程建设和“翻转课堂(flipped classroom)”改革实践^[22],通过回顾科技经典和开展国际科研前瞻训练项目,培养学生自主学习能力和批判性思维;随着 MOOC 等线上教学资源的极大丰富,团队将小规模限制性在线课程(small private online course, SPOC)模式运用于教学中^[23],完善线上、线下虚实结合的教学模式,将前沿研究进展引入学生自主学习和课堂讨论。近期又建成微生物学知识图谱,为建设数智化课程奠定了基础。

2.2.3 实施弘扬科研文化的课程思政教育

教学团队将科研元素广泛运用于课程思政,开展“盐溶于水”的课程思政教育。如在介绍根瘤菌(rhizobia)时,引入 1941 年研究者通过人工接种试验,率先发现紫云英根瘤菌和紫云英结瘤共生固氮是一个独立的“互接种族”的故事。在介绍衣原体(*Chlamydia*)时,引入 1956 年研究者应用鸡胚卵黄囊接种法在国际上率先成功分离培养出沙眼衣原体的故事。用老一辈科学家的先进事迹,激励学生的创新热情。教师团队还注重用身边的案例来引导学生,如菌物章节中,讲述华中农业大学教师经过充分调研,向原农业部提交“关于建议将油菜黑胫病作为进口油菜籽技术壁垒的报告”,推动有关部门对进口油菜籽实施紧急检疫,保护了我国油菜的安全生产。2019 年海关总署因检测到油菜茎基溃疡病菌,紧急叫停加拿大油菜籽进口,学校

教师还作为中国代表团成员参加了与加拿大的谈判。这些身边的实例生动说明学好微生物学必将大有可为,给学生留下深刻印象。

微生物因其生命力和神秘性而具有独特魅力,教学团队立足学科特色,开展人文艺术教育,用科研之美浸润学生心灵。在“解开酒香密码,探寻生物奥秘”活动中,学生体验酿酒文化,参与啤酒品鉴,感受发酵科学的独特韵味。而“绘出奇思妙想,创造‘微’美世界”活动则引导学生以微生物为画笔,在细腻的草图设计和菌种选择中,将科学与艺术交织,绘制出充满生命力的微生物画作,激发对微生物世界的无限遐想与探索热情。团队自主举办的湖北省微生物培养皿艺术设计大赛,每年均吸引来自湖北省内 20 余所高校近 1 000 名师生参与竞赛,竞赛中获奖的优秀作品图片,又被广泛运用于教学中。团队指导学生举办的“创见”生物艺术展,紧扣“科学与艺术”的主线,用微生物稀释分离计数实验后留下的平板装点世界名画;用 2 500 多个三角瓶搭建“金字塔”,三角瓶中的水稻种子会随着时间推移生长;用试管斜面装饰的“五牛图”,勾勒出了生命的线条。在老师的带领下,学生们感受到了生命的脉动和科学与艺术的魅力。

2.3 强化科研实践在学生创新能力培育中的驱动作用,让学生动起来

2.3.1 学练结合,建成“基础性实验-综合性实验-研究性实验”的实验教学体系

与理论课程的改革同步,教学团队进行了实验教学内容体系的变革,精选学生应重点掌握的实验技术,整合基础性实验、开设综合性实验,实行教师出题、学生自主设计,让本科生掌握生物学核心技术。扎实开展“微生物学实验”课程及“微生物学实习”,带领学生“步兵操练式”过关每个实验步骤,引导学生掌握细菌革兰氏染色法、微生物形态观察、微生物大小与数量测定、微生物分离纯化及鉴定等基本原理和技能。依托国家级生物学实验教学示范中心,每年开展大学生微生物学实验技能竞赛,现场

评判打分,从理论知识、实验设计、动手能力等方面对学生进行严格考查。针对已掌握相关理论知识和实验技能的学生,引导他们进行功能微生物(土壤溶磷菌、高产淀粉酶的细菌、乳酸菌等)的筛选与鉴定等探究性实验,提高学生科学表达实验结果、独立分析问题和解决难题的能力。一些学生在完成探究性实验之后,进行了更进一步的科研探索,开展“具有捕食病原细菌能力的蛭弧菌的筛选与鉴定”“聚乙烯降解菌株的分离筛选及鉴定”“芽孢杆菌 A1 抗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌活性物质的分离与鉴定”等大学生科技创新基金项目研究。教师团队定期组织实验室开放周、学术沙龙等活动,引导学生“早进实验室、早进课题、早进团队”,农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室等科学研究平台和教师科研项目面向学生全面开放,积极接纳本科生开展科研训练,锻炼学生的跨学科知识整合能力和科学研究思维。

2.3.2 以赛促学,搭建多层次的科技竞赛舞台

基于对学生科研思维、创新意识、探索精神和实践能力的培养,教学团队积极组织学生参与“挑战杯”“互联网+”、国际遗传工程机器设计大赛(international genetically engineered machine competition, iGEM)、全国合成生物学竞赛创新赛、湖北省大学生实验技能竞赛等大学生科技创新赛事,举办湖北省微生物培养皿艺术设计大赛和湖北省酒体设计大赛^[24]。覆盖创意、创新、创业等分阶段立体化的科技竞赛体系,对于帮助参赛学生在真实场景中夯实专业知识、涵育学术志趣具有重要意义。以 2024 年度 iGEM 为例,学校参赛项目为“*Bacillus Gemini*: plant guard & nematode buster”,该项目针对农业生产中的植物线虫病害,创新运用合成生物学手段,开发出一种多功能芽孢杆菌,为解决线虫病害提供了新方法。项目灵感源于团队成员的集体头脑风暴和广泛文献调研,导师组提供全程指导、实验保障和服务器计算资源,师生同研同学,

共同进步。iGEM 队长在赛后谈道:“从自主选题、查阅文献到设计实验方案,从实验验证到计算机模拟,每个过程都让我们受益颇深。”

2.3.3 开放办学,引导学生在学术前沿和产业一线砥砺学术

为进一步帮助学生开阔学术视野,团队常态化开办微生物学前沿论坛,邀请数百名海内外知名专家来校交流,近 3 年微生物学前沿论坛共举办 74 场,吸引数千名学生参与。支持学生积极参与生物学领域国际学术研讨会并作学术报告,组织学生通过创新型人才国际合作培养项目赴美国俄克拉荷马大学、英国杜伦大学、英国利物浦大学、新西兰梅西大学、澳大利亚格里菲斯大学、日本北海道大学、韩国东亚大学等国外高校交流学习。与企业联合共建新华扬微生态制剂实验室、微康研究院、回盛研究院、柏尊生物科技研究院等 30 余个联合培养基地,拓宽调研和实践的渠道,引导学生深入产业一线寻找科学问题。

2.4 教学对科研的反哺和促进

在基于科教融汇的人才培养改革与实践过程中,科研与教学是双向互动、螺旋式相互提升关系,科研对教学起到了支撑、先导和驱动作用,教学也对科研起到了反哺和促进作用。

从微生物学研究层面来看,育人先育己,立德先立人,在将科学精神和科研文化融入教学的过程中,教师自身也在潜移默化中不断深化对科学家精神、教育家精神的领悟,科研工作的价值导向更加清晰,科技报国的信念更加坚定。科教融汇、教研同步也有助于开阔教师的学术视野,教师自身的研究方向往往聚焦于某个领域,而专业教学、教材编纂、课程开发、指导竞赛等工作则要求教师进行广泛涉猎和深度思考,才能满足对学生的知识供给。以微生物学课程为例,48 个总学时中,涵盖了绪论、原核微生物、真核微生物、病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物的生长与控制、微生物生态、微生物遗传和变异等 9 个章节,教

师只有进行系统的文献阅读和知识梳理,了解微生物学从基础研究到实践应用的全貌,才能高质量完成教学任务,这无疑帮助教师建构了更为完善的知识框架和理论体系。同时,在翻转课堂等注重专题讨论、师生互动的研究型教学模式下,教师与学生就某一问题进行深入探讨,常常能够发现新的研究视角,激发科研灵感。例如,教师结合 2021 年蛭弧菌门(*Bacteroidetes*)正式确立引发的研究热潮,与学生探讨如何控制有害微生物、利用有益微生物,在解答学生疑问的过程中全面梳理了专性捕食细菌蛭弧菌及其类似细菌的诸多基础性科学问题、研究进展和应用前景,并以此为基础发表高水平论文^[25],实现以教促研。

从教学学术研究层面来看,基于扎实的科教融汇教学实践,相关教学教改研究不断深化,教学的学术属性更加鲜明。教学团队近年来主持省部级和校级教改项目 10 余项,“以教材建设为先导的微生物学教学改革”“师生互动,科教一体,培养卓越生物学人才”“以培养一流人才为目标的微生物学教学改革实践”“农林高校基础生物学课程群一体化育人模式的研究与实践”等教改成果获省级、校级奖励。课程组成员多次在教育部虚拟教研室、教材编写大会、教学研讨会等大会上作口头报告,介绍微生物学课程的教改经验,得到同行的高度评价与肯定。通过总结凝练课程思政的经验和做法,综合运用团队成员科研成果,团队参编出版了《农科大类基础课程思政教学指南》^[26],“生物固氮与粮食安全”“重金属污染土壤的微生物治理”等 2 项案例获 2022 年全国高等农林院校课程思政联盟研讨会优秀案例。

3 微生物学科教融汇人才培养改革与实践的成效

3.1 打造一支教研相长的双能型教师队伍

科教融汇、教研相长的成功探索,有效支

撑了微生物学教学团队获评湖北高校省级优秀教学团队,1 人入选湖北省教学名师,1 人获全国高校农林类专业微课教学比赛二等奖,4 人次获校教学质量优秀一等奖,11 人次获校教学质量优秀二、三等奖,3 人次获校教师教学创新大赛三等奖,3 人次获青年教师讲课竞赛三等奖,多次获评学校“优秀导师奖”和“教书育人奖”。基于教师科研成果开发的“多环芳烃降解菌的分离及初步鉴定”获全国首届“莱茵特杯”生物和食品类虚拟仿真实验教学软件优秀作品比赛优秀奖;“耐镉细菌的筛选、鉴定与功能优化”获批湖北省虚拟仿真实验一流课程,已在校内广泛使用并共享至云南大学等国内十几所高校^[27]。教研室每学年承担 32 个班次 1 000 余人的本科教学任务,人均本科教学工作量达 200,教学效果良好,学生评教平均分数在 90 分。

3.2 建设内容丰富、形态多元的高阶性教学资源库

《微生物学》作为我国农林高校首选的微生物学教材,在理论体系建构、学科建设、人才培养、知识普及等方面均发挥了强有力的支撑作用。1992 年第 4 版获全国优秀教材奖,2002 年第 5 版获全国优秀教材一等奖,2008 年第 6 版获全国高等农业院校优秀教材奖。除《微生物学》外,该系列还衍生出《微生物学双语教学动画》^[28]《微生物学实验》^[29]等一系列分别适应不同教学要求和目标的教材,以及包含科研案例库、微生物学实验操作视频、微生物显微照片库、微生物学试题库、多媒体课件、数字课程等素材的电子教学资源库,还有建成的微生物学知识图谱等,为微生物学人才培养提供了有力支撑。

3.3 学生的科研素养和创新能力显著增强

经过长期以来的科教融汇人才培养改革与实践,学生科技创新能力提升成果显著:近年来本科生升学率超过 60%,研究生升学率接近 10%,90% 以上的博士生进入科研院所和大学工作。iGEM 团队连续 9 次获得金奖;最近 5 年来,

600 多人次获得湖北省大学生实验技能竞赛微生物组一、二、三等奖；湖北省“挑战杯”弘博大学生课外学术科技作品竞赛一等奖及第九届、第十届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛三等奖等。

4 结语

基于科教融汇理念，华中农业大学微生物学教学团队强化了科研的育人属性和教学的学术属性，让教师能起来，让教学新起来，让学生动起来，教研互促，取得了良好的育人成效。未来，团队还将进一步提高思想认识，从国家战略的高度把握科教融汇育人的重要意义，坚定育人初心使命；进一步抓好统筹谋划，整合创新链、教育链与人才链的优势资源，系统推进科教融汇的深度实施，培育适应经济和社会发展需要的一流创新型人才；进一步凝练工作经验，注重科教融汇育人成果的固化与推广，为推动微生物学领域的科技创新与教育发展作出新的更大贡献。

作者贡献声明

涂芊：数据收集与监管、数据分析、撰写文章；侯顺：获取基金、方法论；陈雯莉：获取基金、方法论、组织开展教研教改、提供资源、修改文章。

作者利益冲突公开声明

作者声明绝无任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

REFERENCES

- [1] 严纯华. 科教融汇赋能拔尖创新人才培养[J]. 中国高教研究, 2025(2): 1-4.
YAN CH. Integrating science and education to empower the cultivation of top-notch innovative talents[J]. China Higher Education Research, 2025(2): 1-4 (in Chinese).
- [2] 卢晓中. 科教融汇视角下高校教学与科研更好结合刍论[J]. 中国高教研究, 2023(11): 32-38.
LU XZ. Better combination of teaching and research in universities from the perspective of science and education integration[J]. China Higher Education Research, 2023(11): 32-38 (in Chinese).
- [3] 王云鹏. 走好科教融汇育人路 加强拔尖创新人才自主培养[J]. 中国高等教育, 2023(S2): 16-19.
WANG YP. Advancing the synergistic education path of integrating science and education and strengthen the independent cultivation of top-notch innovative talents[J]. China Higher Education, 2023(S2): 16-19 (in Chinese).
- [4] 樊建平. 深化“四链融合”视角下的新型教育新使命新挑战：“科教融汇、产教融合”建设深圳理工大学[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(9): 1529-1540.
FAN JP. Embracing the new mission and challenges of innovative education from perspective of deepening “integration of four chains”: converging research and education, integrating industry and education, to build Shenzhen University of Advanced Technology[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(9): 1529-1540 (in Chinese).
- [5] 郭迟, 姜卫平, 刘经南. 在科研实践中培养“双创”人才[J]. 科技传播, 2021, 13(22): 13-14.
GUO C, JIANG WP, LIU JN. Cultivating mass entrepreneurship and innovation talents through research practice[J]. Public Communication of Science & Technology, 2021, 13(22): 13-14 (in Chinese).
- [6] 张凤, 马永红, 张飞龙. 基于国家重大科技项目的研究生培养模式研究：以长鹰无人机为例[J]. 研究生教育研究, 2024(6): 43-52, 117.
ZHANG F, MA YH, ZHANG FL. A study on the postgraduate training mode in the context of major national sci-tech programs: with the Changying UAV as an example[J]. Journal of Graduate Education, 2024(6): 43-52, 117 (in Chinese).
- [7] 金安江, 胡胜. 微生物学家陈华癸先生的教学科研实践对培养一流人才的若干启示[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 820-823.
JIN AJ, HU S. The practice of Microbiologist Chen developing teaching and research enlightening how to cultivate first-class talents[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 820-823 (in Chinese).
- [8] 和希顺, 左覃艳, 陈雯莉. 团队链式提升青年教师教学能力的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(3): 1337-1344.
HE XS, ZUO QY, CHEN WL. Practice of improving the teaching ability of young teachers by team chain mode[J]. Microbiology China, 2023, 50(3): 1337-1344 (in Chinese).
- [9] VOLLAND JM, GONZALEZ-RIZZO S, GROS O, TYML T, IVANOVA N, SCHULZ F, GOUDEAU D, ELISABETH NH, NATH N, UDWARY D, MALMSTROM RR, GUIDI-RONTANI C, BOLTE-KLUGE S, DAVIES KM, JEAN MR, MANSOT JL, MOUNCEY NJ, ANGERT ER, WOYKE T, DATE SV. A centimeter-long bacterium with DNA contained in metabolically active, membrane-bound organelles[J]. Science, 2022, 376(6600): 1453-1458.
- [10] 陈雯莉, 胡胜. 课堂之外：微生物学“翻转课堂”的改革实践[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 735-741.
CHEN WL, HU S. Outside the classroom: teaching reform practices of Microbiology by flipped classroom[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 735-741 (in Chinese).
- [11] 陈华癸. 微生物学[M]. 北京：高等教育出版社, 1959.

- CHEN HG. Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1959 (in Chinese).
- [12] 陈华癸. 微生物学[M]. 2版. 北京: 农业出版社, 1962. CHEN HG. Microbiology[M]. 2nd ed. Beijing: Agriculture Press, 1962 (in Chinese).
- [13] 陈华癸, 樊庆笙. 微生物学全国高等农业院校试用教材 农学、土化专业用[M]. 北京: 农业出版社, 1979. CHEN HG, FAN QS. Microbiology: Trial Teaching Materials of National Agricultural Colleges and Universities, Applicable to Agronomy and Soil Chemistry[M]. Beijing: Agriculture Press, 1979 (in Chinese).
- [14] 华中农业大学, 南京农业大学. 微生物学[M]. 4版(修订本). 北京: 农业出版社, 1989. Huazhong Agricultural University, Nanjing Agricultural University. Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: Agriculture Press, 1989 (in Chinese).
- [15] 李阜棣, 胡正嘉. 微生物学[M]. 5版. 北京: 中国农业出版社, 2000. LI FD, HU ZJ. Microbiology[M]. 5th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000 (in Chinese).
- [16] 李阜棣, 胡正嘉. 微生物学[M]. 6版. 北京: 中国农业出版社, 2007. LI FD, HU ZJ. Microbiology[M]. 6th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2007 (in Chinese).
- [17] 陈雯莉. 微生物学[M]. 7版. 北京: 中国农业出版社, 2019. CHEN WL. Microbiology[M]. 7th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2019 (in Chinese).
- [18] 陈雯莉. 桃李三千我自成蹊: 陈华癸先生琐忆[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(4): 1-2. CHEN WL. Reminiscence and legacy: our stories of Mr. CHEN Huagui[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2024, 43(4): 1-2 (in Chinese).
- [19] BUCHANAN RE, GIBBONS NE. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology[M]. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1974.
- [20] 陈雯莉. 华中农业大学《微生物学》系列教材的特点及发展[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1235-1244. CHEN WL. Characteristics and development of textbooks on Microbiology at Huazhong Agricultural University[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1235-1244 (in Chinese).
- [21] 王璟, 徐纬, 何进. “微生物学前沿”新课程体系的构建[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1326-1333. WANG X, XU W, HE J. Construction of the new course content system of Frontiers in Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1326-1333 (in Chinese).
- [22] 何进, 唐清, 陈雯莉, 王莉, 端木德强, 金安江. 基于创新能力培养的“微生物学”研究型教学模式探索[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 635-641. HE J, TANG Q, CHEN WL, WANG L, DUANMU DQ, JIN AJ. Exploration of research-oriented Microbiology teaching model based on innovative creativity[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 635-641 (in Chinese).
- [23] 陈芳, 何进, 端木德强, 王莉, 陈雯莉. 小规模限制性在线课程(SPOC)模式在微生物学教学中的实践与探索[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1087-1094. CHEN F, HE J, DUANMU DQ, WANG L, CHEN WL. Practice and exploration of small private online course (SPOC) model in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1087-1094 (in Chinese).
- [24] 吴斌, 侯顺, 丁玲, 陈雯莉. 涉农高校微生物学人才培养引入耕读教育理念的实践探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(5): 1766-1773. WU B, HOU S, DING L, CHEN WL. Practical exploration of introducing farming-and-reading education for cultivation of talents in microbiology in agriculture-related colleges and universities[J]. Microbiology China, 2024, 51(5): 1766-1773 (in Chinese).
- [25] 谭述新, 黄巧云, 陈雯莉. 专性捕食细菌: 蛭弧菌及其类似细菌的捕食机制及其应用前景[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(4): 60-69. TAN SX, HUANG QY, CHEN WL. Predation mechanism and potential application of specific predatory bacteria: *Bdellovibrio* and like organisms[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2024, 43(4): 60-69 (in Chinese).
- [26] 刘雅婷. 农科大类基础课程思政教学指南[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022. LIU YT. Ideological and Political Teaching Guide for Basic Courses of Agricultural Sciences[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022 (in Chinese).
- [27] 全拓, 魏雪团, 何进, 陈雯莉. 依托全国重点实验室培养微生物学一流创新人才的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(12): 5249-5259. QUAN T, WEI XT, HE J, CHEN WL. Cultivating first-class innovative talents in Microbiology based on National Key Laboratory of Agricultural Microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(12): 5249-5259 (in Chinese).
- [28] 陈雯莉. 微生物学双语教学动画[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013. CHEN WL. Bilingual Educational Animations for Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2013 (in Chinese).
- [29] 陈雯莉, 王莉. 微生物学实验[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2021. CHEN WL, WANG L. Microbiology Experiments[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2021 (in Chinese).