

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

全拓, 魏雪团, 何进, 陈雯莉*

华中农业大学, 湖北 武汉 430070

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 Tuo, WEI Xuetuan, HE Jin, CHEN Wenli. Cultivating first-class innovative talents in Microbiology based on National Key Laboratory of Agricultural Microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(12): 5249-5259.

摘要: 微生物学是农业高校生物科学、生物技术、生物工程及其他涉农专业的重要专业基础课, 主要讲授微生物及其生命活动规律。华中农业大学微生物学教学团队依托农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室, 面向国家重大需求、聚焦农业微生物学前沿领域, 以高水平科学研究为支撑, 在微生物学创新人才培养方面一直进行着探索与实践。在讲授微生物学课程前、后或过程中, 任课教师同时作为全国重点实验室固定研究人员, 将实验室科研优势、学科优势转化为一流育人资源, 将课程讲授与科研训练相结合, 指导学生在国家级科研平台接受规范化、系统性、前沿性的科研训练。同时, 依托一流学科底蕴, 培养学生的交叉思维; 借助国际科技合作, 拓展学生的全球视野; 通过产教研学引领, 强化学生的实践能力; 弘扬科研文化精神, 促进学生的全面发展。多措并举, 微生物学教学团队科研育人成效显著, 为生物产业和乡村振兴输送了大批微生物学相关领域的创新人才。

关键词: 微生物学; 农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室; 创新人才; 科研育人

资助项目: 湖北省科技创新人才及服务专项软科学研究项目(2022EDA089); 湖北省教育厅科学研究计划(B2022275); 国家新工科研究与实践项目(E-SWYY20202512); 华中农业大学研究生培养条件建设项目(2022CG08)

This work was supported by the Hubei Science and Technology Innovation Talent and Services Special Soft Science Research Project (2022EDA089), the Scientific Research Program of Education Department of Hubei Province (B2022275), the National New Engineering Research and Practice Project of China (E-SWYY20202512), and the Postgraduate Training Conditions Construction Project of Huazhong Agricultural University (2022CG08).

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

Received: 2024-06-13; Accepted: 2024-08-05; Published online: 2024-09-09

Cultivating first-class innovative talents in Microbiology based on National Key Laboratory of Agricultural Microbiology

QUAN Tuo, WEI Xuetuan, HE Jin, CHEN Wenli*

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China

Abstract: Microbiology is a basic course of biological sciences, biotechnology, bioengineering, and other agriculture-related majors in agricultural colleges and universities, with the main teaching content of microorganisms and their life activities. Facing the major needs of the country and focusing on the frontiers of agricultural microbiology, the National Key Laboratory of Agricultural Microbiology (NKLAM) of Huazhong Agricultural University has been exploring and practicing the cultivation of innovative talents in microbiology with the support of high-level scientific research. The teachers, also the researchers of the NKLAM, transformed the discipline and research advantages into teaching resources for the standardized, systematic, and cutting-edge research training of students. The NKLAM has used the advantages of first-class disciplines to cultivate students' interdisciplinary thinking and international cooperation programs to expand students' global vision. Meanwhile, the NKLAM has strengthened students' practical skills through production-education-research-learning cooperation and promoted students' all-round development by carrying forward the cultural spirits of scientific research. In short, by taking various measures, the NKLAM has achieved remarkable effect in talent cultivation, fostering a large number of innovative talents in microbiology-related fields for the bio-industry and rural revitalization.

Keywords: Microbiology; National Key Laboratory of Agricultural Microbiology; innovative talent; cultivating talents through scientific research

微生物学是研究微生物及其生命活动规律的学科，微生物学课程是高校生物科学、生物技术、生物工程及其他涉农类专业(含植物生产类、动物生产类、资源环境类、食品工程类专业)学生(含本科生、研究生)的重要骨干课程，其相关知识与人类生产生活有着紧密的联系，课程要求学生掌握微生物及其生命活动规律相关理论及实践技能。

农业微生物资源发掘与利用国家重点实验室是在我国土壤微生物学奠基人、中国科学院院士陈华癸教授创建的微生物学学科及相关农业农业部重点实验室的基础上逐步发展而来，

是我国唯一专门从事农业微生物研究的全国重点实验室。该实验室长期坚持“四个面向”，围绕生物育种、粮食安全、农业绿色发展、健康中国等重大国家战略，以有益微生物的利用和有害微生物的防治为主要研究对象，深入开展农业微生物学的应用基础研究，并向基础研究和应用开发两个方面延伸。1989年微生物学科获评国家首批重点学科；2003年获批建设“农业微生物学国家重点实验室”；2022年实验室经过优化调整，重组为全国重点实验室。作为依托高校而建设的国家战略科技力量，国家重点实验室是推动学科发展、孕育重大原始创新、解

决国家重大科技问题的引擎，也是科研育人、创新人才培养的主战场^[1-2]。因此，全国重点实验室在科技人才的培养中起着极其重要的支撑作用。

华中农业大学微生物学教学团队的教师同时也是农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的固定研究人员，充分发挥一流科研平台优势与重点学科优势，将课程讲授与科研训练相结合，指导学生在全国重点实验室中接受规范化、系统性、前沿性的科研训练。积极开展全员、全过程、全方位科研育人实践，把思想引领、价值塑造贯穿人才培养的全过程和各环节，指导学生在科研活动中厚植家国情怀，提升创新能力^[3]。经过几代人几十年的不断探索与实践，在科研育人实践中为生物产业输送了一大批掌握微生物学知识技能的“创新型”“创业型”“创造型”人才，也为“乡村振兴”培养了知农爱农强农兴农的新型微生物学人才^[4-6]。

1 依托一流科研平台与重点学科，开发新颖一流教学资源

从农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室创始人陈华癸院士等老一辈科学家开始，历代微生物学教学团队依托实验室的一流科研平台及微生物学科，开发了一批具有农林特色的微生物学教学资源，探索实践了“德识趣能”四位一体的育人模式，显著提升了育人成效和人才培养质量，取得丰硕成果。

1.1 构建系统性、科教融合的微生物学教学资源体系

微生物学教学团队致力科教融合，积极开展教材和教学资源建设，主持完成省级“国家精品课程微生物学数字资源建设”项目和全国高等农业教育精品课程资源建设《微生物学》数

字教育资源建设子项目，建成的电子资源包括微生物显微照片库、视频、科研案例等，都来自教师科研成果，具有自主知识产权，真正使实验室高水平科研成果凝练转化为一流教育教学资源，为农业微生物学拔尖人才培养夯实基础、延展领域。2022年制作的视频版课程思政案例“生物固氮与粮食安全”与文字版“重金属污染土壤的微生物治理”结合了团队成员在紫云英根瘤菌共生固氮及重金属污染的微生物修复方面的科研成果，获评全国高等农林院校课程思政联盟研讨会优秀案例。基于教师科研成果建成的2个虚拟仿真实验“多环芳烃降解菌的分离及初步鉴定”“耐镉细菌的筛选、鉴定与功能优化”，获评湖北省虚拟仿真实验一流课程，已在我校广泛使用并已共享至云南大学等国内十几所高校。

1959年，陈华癸院士主编出版教材《微生物学》，将基础知识与农业微生物科研进展紧密结合，教材先后经6次更新^[7-12]。在传承经典的基础上，微生物学团队分别与高等教育出版社和中国农业出版社合作，主编了国家规划教材兼新形态教材《微生物学》(第7版，中国农业出版社)^[13]、《微生物学实验》(第2版，中国农业出版社)^[14]、《微生物学》(高等教育出版社)^[15]、《微生物学双语教学动画》(高等教育出版社)^[16]等，有效支撑了我校生物学、生物工程一流学科，以及生物科学、生物技术和生物工程一流专业的建设，并服务了全国几十所农林高校^[17]。

微生物学教学团队还先后主持建成了校精品在线开放课程群微生物学、校精品实验课程普通微生物学实验、校创新创业慕课微生物技术与产品、国家首批一流在线课程微生物学、省级一流线上线下混合式课程微生物学和省级虚拟仿真实验教学一流课程。基于系统性、交

又融合的课程体系,依托国家级和省级线上一流课程、新形态教材及多样化数字资源等,为我们的人才培养奠定了坚实宽厚的专业基础。

1.2 科教与思政协同,实践“德识趣能”四位一体的育人模式

微生物学与农业生产、医药健康、环境保护等息息相关。微生物学教学团队利用全国重点实验室国家级科研平台的科教场景,积极培养学生热爱科学、不怕困难、勇于求索、乐于奉献的科学精神和可持续发展观,有效发挥科研育人主渠道的作用。结合微生物学特点充分挖掘和梳理思政元素,将思政内容融入具体的教学实践中,充分发挥“价值引领”在专业课程中的重要作用。设置经典回顾之“微生物学家专题”和未来展望之“学科前沿进展”等专题,挖掘微生物学发展历程中伟大科学家的事迹,掌握学科前沿进展,展望学科发展趋势,引导学生培养不畏艰难、立志求真、勇于创新、探索科学真谛的精神和意愿。将生物固氮、微生物的生长控制、物质循环等专业知识与粮食生产、微生物肥料、抗生素抗性、“双碳”目标、水体污染治理等农业生产应用实践及社会热点相结合,通过案例介绍,主题讨论等形式,让学生在掌握专业知识的同时,提升知农、爱农的专业认同感及强农、兴农的责任感,厚植以天下为己任的家国情怀,弘扬生态文明,倡导农业绿色发展。

在课堂上,将自养型细菌利用羧酶体进行CO₂固定、维持土壤碳库平衡、减少温室气体排放与粮食安全、“碳达峰”“碳中和”重点任务相结合,激发学生学习兴趣,说明微生物学与国家的发展理念和新的生态观紧密关联。将微生物参与的地球物质循环与环境污染现状、“十条”等政策相结合,说明防治环境污染的重要性和紧迫性,引发学生思考怎样发挥微生物在

绿色农业及生态环境保护中的重要作用,引导学生树立可持续发展的科学发展观和生态文明价值观。团队教师引出自己在研发土壤重金属污染的微生物修复技术时遇到的问题,即高效吸附固定重金属的微生物菌剂投放到重金属中到重度污染的环境中往往修复效率不高,为解决这一技术难题,通过研究土壤-细菌-重金属-作物根际界面的相互作用、土壤细菌生物膜形成与瓦解机制、根际细菌相互作用模式及核心物种对镉的生态屏障效应,发现土壤细菌生物膜的形成使细菌对重金属的去除率增加了20%–40%;通过加入促进生物膜形成和重金属固定的核心菌种后,水稻根部表面的微生物生物量明显增加,并使水稻对Cd(II)的吸收率降低了40%,得到令人满意的修复效果^[18]。这些鲜活的案例告诉学生利用微生物学原理与技术能够为生产实践解决实际问题,能服务于国家需求,保障绿色农业的可持续发展。

此外,利用微生物学线上课程,开展线上线下混合式教学,充分落实“以生为本”。通过线上线下结合,课内课外结合,过程考核与绩效评价结合,加强问题引导式研究型教学模式探索,将价值塑造、知识传授和能力培养紧密融合,引导学生成为生态文明的建设者,可持续农业绿色发展的践行者。不仅传授给学生微生物学理论知识,还强化他们的微生物学实验技能。通过基础性实验,训练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;通过综合探究性实验,如功能微生物(土壤溶磷菌、高产淀粉酶的细菌、乳酸菌等)的筛选与鉴定,打破课程之间的界限,涵盖多个知识和技能点,培养学生学以致用、融会贯通的综合能力;通过在全国重点实验室开展应用性实践项目,以教师科研项目、大学生科技

创新项目、学科竞赛等为载体，搭建课内外相结合的实践体系，培养学生的实践创新能力。在课堂之外，构建虚实结合、虚实互补的实践教学体系，建成省级虚拟仿真实验教学一流课程“耐镉细菌的筛选、鉴定与功能优化虚拟仿真实验”，结合“微生物作画”“培养皿设计大赛”等实验项目，打破时空限制，缩短实验周期，促进学与研、实与虚深度融合，提高学生自主学习的积极性。

2 发挥国家重点实验室平台优势，科教融合增强学生科研创新能力

华中农业大学微生物学教学团队利用全国重点实验室的平台优势，聚焦微生物学前沿领域，在植物微生物、动物微生物、环境微生物、食品微生物等实验室的优势科研方向，将科研项目转化为本科生、研究生的科研训练项目，将科研实验室转化为学生科研实践场所，为学生提供系统的科研训练内容和条件，积极推行“早进实验室、早进课题、早进团队”的“三早”模式，接纳本科生开展科研训练，注重科教融合，让学生接受学术文化熏陶，提升学术素养，以高水平科学研究支撑创新人才培养，采取“关键问题+重大任务”的科研育人模式，通过分解任务，提出问题，形成师生学术共同体，激发学生的学术志趣，构建“点-线-面”开放体系，培养学生的创新能力。例如，环境微生物团队承担国家重点研发计划、国家自然科学基金等科研项目，主要以微生物学、分子生物学和生态学的方法与技术系统解析微生物对重金属的解毒及调控机制、微生物在重金属环境下的相互作用与共进化、微生物-植物互作缓解重金属的胁迫等，团队成员将科研成果作为案例引入课

堂，调动了学生的学习兴趣，生物工程专业2021级的3名本科生因此报名参加了由中国生物工程学会合成生物学分会主办的第二届合成生物学竞赛，在老师指导下从超表达控制鞭毛旋转的基因以及大肠杆菌素基因入手，从增强菌株运动性和释放抑菌物质两方面促进大肠杆菌的运动性及竞争性，最终荣获合成生物学竞赛创新赛细菌博弈赛银奖。国际基因工程机器大赛(international genetically engineered machine competition, iGEM)是合成生物学领域的顶尖赛事，是以合成生物学为主，化学、数学、计算机、机械电子工程设计等多学科为辅的团队性竞赛，教师们依托自己的科研成果，引导学生自主选题备赛，充分锻炼了学生的创新思维和团队协作能力，同时也培养了学生对于科学研究的热情，提高了他们的创新能力，达到以赛促学、以学增智的目的。自2017年以来我校iGEM团队先后8次斩获iGEM金奖并跻身TOP10。赛后有学生表示：“通过iGEM比赛，锻炼了我们的实验操作能力，增长了许多见识，了解到了许多新的技术和新的理念，特别是提升了我们的团队合作意识和组织协调能力。希望以后有更多同学参与到这项特别有趣的比赛中来”。我校已举办2年的“湖北省微生物培养皿艺术设计大赛”，每年都吸引省内20余所高校近1000名师生参赛，让学生感受微生物魅力的同时，发现问题和解决问题的能力显著增强，创新思维与追求卓越的精神也得到了培养。

在重点实验室，还特别注重学术交流与合作，把研究生学术年会真正交给研究生去主办，充分尊重、信任学生，以激发他们的学术志趣、培养创新思维、提高创新能力。定期举办科研仪器设备使用培训等，同时强化学位论文开题、中期检查、学位论文答辩等全过程管理，强化学生的创新能力，提升科研育人效能。

为衡量微生物学教学团队所培养学生的科研能力及活跃程度, 本文对 2013–2022 年间发表的科研论文进行了计量分析。本文以农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室为第一单位, 且以微生物学教学团队指导的学生(指在实验室内从事科学研究的在校生, 包括本科生、硕士生、博士生及留学生, 但不含博士后, 下同)为第一作者的 SCI 收录论文为样本, 运用文献计量学方法从 SCI 论文数、ESI 高被引论文数、论文年度分布、被引频次等方面进行计量分析。

研究所涉及的 SCI 收录论文数据、学生数据来自华中农业大学图书馆, 并经过 Web of Science 核心合集 SCI-EXPANDED 数据库验证。通过统计分析发现, 农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室 10 年共发表 SCI 论文 2 018 篇, 其中第一作者身份为学生的论文有 1 973 篇。由此可见, 学生是实验室科研产出的

主力军, 具体数据及不同层次学生发表的 SCI 论文数见表 1。

表 1 数据显示, 从 2013–2022 年这 10 年间, 微生物学教学团队所指导的学生发表的 SCI 论文年均增长率为 9.9%, 呈迅速增长态势, 而其中博士生所发表论文又占大多数, 博士生群体的科研产出增幅远超人数增长, 表明微生物学教学团队所培养的博士生具有一定的独立从事科学研究工作的能力, 能取得创造性研究成果。

3 借助国际交流合作, 拓宽学生全球视野

微生物学教学团队充分发挥农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的国际交流合作优势, 在强化联合育人、支持学生参加海外学术交流、联合培养研究生等方面进行了许多有益探索。如借助国家留学基金委国际合作培养

表 1 2013–2022 年间农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室学生发表 SCI 论文分布情况

Table 1 SCI papers published by National Key Laboratory of Agricultural Microbiology students from 2013 to 2022

出版年 Publication year	本科生论文数 Number of papers from undergraduates	硕士生论文数 Number of papers from master students	博士生论文数 Number of papers from doctoral students	留学生论文数 Number of papers from international students	学生论文数 总计 Total number of student papers	篇均被引 频次 Citation frequency per paper	高被引 论文数 Number of highly cited papers	总数占比 Percentage of highly cited papers (%)
2013	0	46	71	4	121	28.49	0	0
2014	1	62	73	5	141	27.83	1	0.71
2015	1	63	103	3	170	21.82	0	0
2016	5	83	129	6	223	20.06	0	0
2017	5	51	144	6	206	19.48	2	0.97
2018	4	43	116	4	167	17.39	2	1.20
2019	3	43	155	6	207	12.25	1	0.48
2020	3	49	147	8	207	6.35	3	1.45
2021	1	44	190	13	248	2.38	1	0.40
2022	4	50	220	9	283	1.99	4	1.41
Total	27	534	1 348	64	1 973	15.80*	14	0.71*

*: 平均值

*: Average value.

项目、一流学科建设项目及实验室访学专项基金等项目派出学生到高水平大学与研究所访学交流。如依托农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室与英国剑桥大学、帝国理工学院共建的动物疫病防控国际联合研究中心等十余个国家级省部级国际科技合作基地，资助学生开展双向交流，开设全英文专业课程，并个性化培养来华留学生。通过“111”引智基地、中国与新西兰政府间国际科技创新合作重点专项、中国与澳大利亚国际合作项目以及教育部外国专家项目等，邀请了 623 人次全球知名科学家来重点实验室访问讲学或开展合作研究。通过这一系列举措，极大地拓宽了学生的全球视野。团队所指导的学生在 iGEM、北美数学建模竞赛等各类竞赛中获奖 40 余项。

同时，本文以科研论文视角，为评估微生物学教学团队指导的学生的国际合作水平和能力，采用 VOS viewer^[19-21]分析了 2013–2022 年间农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室学生发表论文的国际(地区)合作情况，并绘制国际(地区)合作图谱(图 1)。

由图 1 可见，在 2013–2022 年间微生物学教学团队所指导的学生与美国、英国、法国、德国、日本、加拿大等发达国家的科研合作较广泛，与巴基斯坦、印度、埃及、以色列、泰国等“一带一路”合作伙伴也较为紧密。这些国家对合作网络的形成贡献较大。合作图谱说明了微生物学教学团队利用国际科技合作优势，极大拓展了学生的全球视野，提升了学生国际交流能力、科技合作能力和全球胜任力。

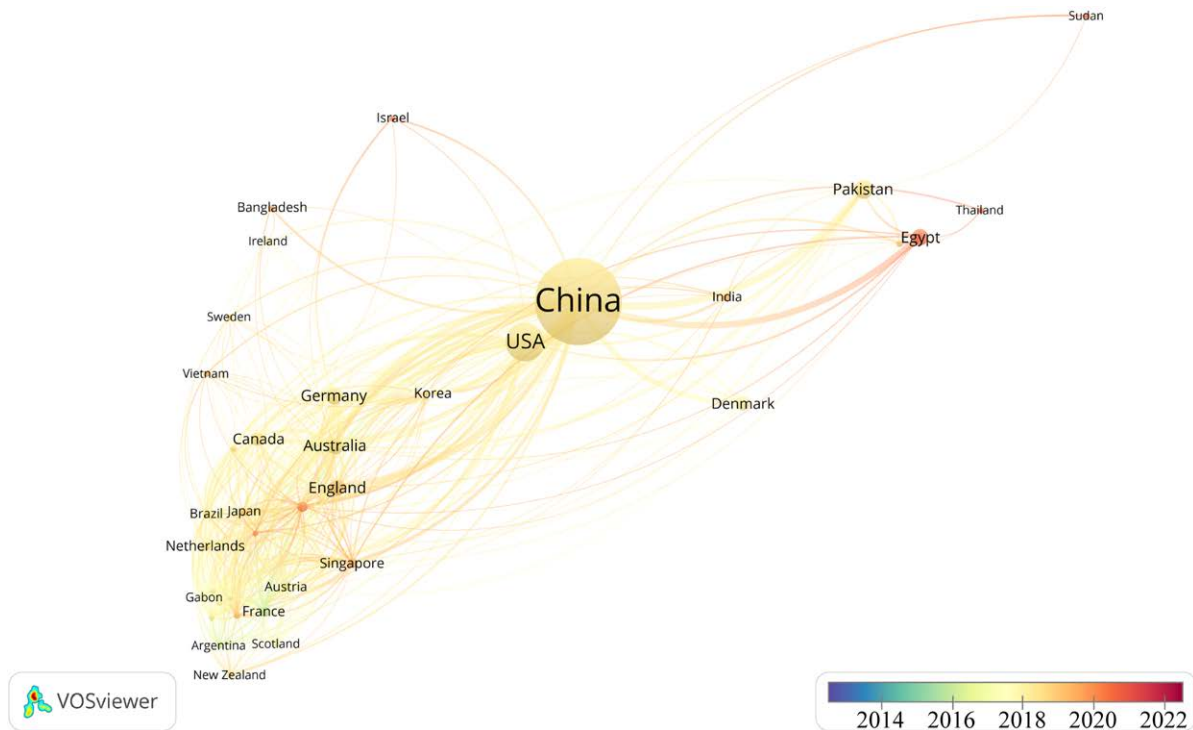


图 1 2013–2022 年间农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的学生与不同国家(地区)联合发表 SCI 论文情况图

Figure 1 The scheme of joint publication of SCI papers by students in National Key Laboratory of Agricultural Microbiology and other people of different countries (region) from 2013 to 2022.

4 通过产教研学引领，强化学生实践创新能力

在实践教学环节，微生物学教学团队始终秉承农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室“做好科学，做好技术，做好产品，引领发展”的创新理念，基于行业和专业实践，构建室企紧密连接、师生广泛参与、产教深度融合的创新机制，打造“四链”（创新链、人才链、教育链、产业链）畅通的室企发展共同体。在杀虫抗病研究方向，多年来坚持自主创新，吸引学生开展有组织的科研，利用学生寒暑假回家的时机从全国范围内采集土样，分离筛选芽孢杆菌，建成全球规模最大的杀虫微生物种质资源库，研发了具有自主知识产权的农业微生物杀虫产品，其中 HAN055 是国际上首个商业化防线虫苏云金芽孢杆菌(Bt)制剂，已转让武汉科诺生物科技股份有限公司，完成了近 20 年来我国唯一新靶标登记的 Bt 新农药(PD20211358)^[22]。我校昆虫微生物方向则致力于功能微生物与水虻联合转化有机废弃物的研究，利用功能微生物促进水虻对有机垃圾的高效降解及应用，将有机废弃物转化成具有抗菌效果的昆虫蛋白，水虻转化后的虫粪和残渣则研制成新型生物肥料，变废为宝，目前与武汉超拓生态农业有限公司等多家企业合作进行了成果转化，取得了良好的经济效益和生态效益。

此外，我们还以农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的重要合作伙伴如上市企业安琪酵母、科前生物、回盛生物、广西杨翔等农牧龙头企业为依托，建立了大批校外实践教学基地。通过产教融合，与企业贯通校企人才培养，建立学生在企学习、企业员工来校深造的机制；实行“本-硕-博”一体、校企协同的高端

人才培养模式；共建科教创新团队，共享资源，聘请“产业教授”为学生授课，建设“双师型”教师队伍，共研新技术新产品，共享发展成果，共担育人使命，为生物产业及乡村振兴培养创新人才。例如，我们与校友企业武汉水之国环保科技有限公司建立了研究生联合培养实践基地，签订了科技成果转化、项目联合攻关等共建协议，落实了专业实践活动及考核计划，水之国总经理被正式聘任为我校博士专业学位行业产业导师，水之国研发总监、副总经理为企业导师，负责专业学位研究生在企业实践期间的指导工作。我们联合培养专业博士研究生和专业硕士研究生各 2 名，围绕工业污水的微生物高效处理进行相关技术研发、功能微生物分离筛选、工艺流程优化及科技成果转化。研究生定期前往公司研发部进行实践，参加中试规模以上的项目研发，对校企联合项目中存在的棘手问题，校内导师和企业导师共同带领学生进行科技攻关、科技成果转化。研究生跟随企业导师深入生产一线，能切实了解生产实际中遇到的问题，更直观地感受到行业技术存在的问题，促使他们理论紧密联系实际，培养创新创业能力。

未来我们将继续深化实施产、教、研、学“四融合”培养生物产业创新人才的模式，重塑协同育人生态，重构协同育人主体，培养生物产业“创新型”“创业型”“创造型”人才，也为乡村振兴培养“知农”“爱农”“强农”“兴农”的中坚力量。

5 弘扬科研文化精神，加强学生家国情怀与科研素养

微生物学教学团队在长期的育人实践中，发扬农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的“创新、创造、创业”的实验室文化与兴室

理念，同时将文化引领与价值塑造相结合，融入科研育人的全过程，促进学生的全面发展。重点实验室浓郁的学术环境和丰富的文化氛围，进一步激发了学生的创造力，成为了孕育原始创新、解决关键科学问题的动力源泉。

如微生物学教学团队大力弘扬科研报国的科学家精神，将科学报国和科学精神热忱贯穿科研育人全过程，建设“诚实守信、追求真理、崇尚创新、鼓励探索、勇攀高峰”的学术生态。把学风建设、科研诚信、科技伦理等要求贯穿于科研全过程。大力开展科学道德和学风建设宣讲教育，推动科学家精神进实验室、进研究团队、进思想；同时全面强化实验室安全管理，构建涵盖消防安全、危化品安全、生物安全、保密安全等内容的安全管理培训制度体系，全面提升学生科研素养。

卓越的创新文化和创新生态促进了学生全面发展，实验室成立以来，微生物学科自主培养了数位中国科学院院士、中国工程院院士和一大批国家杰出青年科学基金获得者等领军人才，为我国微生物学科发展作出了重大贡献。

6 结语与展望

微生物学教学团队在关注国家重大战略、面向国家重大需求、参与国家重大项目的科研育人过程中，开展了一系列富有成效的探索与实践。受益于农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室的一流平台、一流学科、一流生态，团队指导的学生在国家科研平台中接受了规范化、系统性、前沿性的科研训练，取得了一系列原创性研究成果，创新能力、全球视野和实践能力均得到极大提升，促进了学生的全面发展，人才培养成效显著，有力支撑了生物科学、生物技术、生物工程、动物医学、植物保护、农业资源与环境等微生物学相关专业建设成为

国家一流本科专业建设点，入选教育部首批生物科学基础学科拔尖计划 2.0 基地、国家生物学理科基地、国家生命科学与技术人才培养基地等。

依托农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室这一国家战略科技力量，微生物学教学团队在一流人才培养过程中也将承担更加重要的科研育人功能，把科研育人贯穿于教育教学的全过程，未来我们将努力做到以下三点。

立德树人，铸强育人品性。在科研育人的过程中，进一步发挥国家重点实验室平台优势，指导学生瞄准科研前沿，厚植家国情怀，主动担当作为，进一步坚定学术自信，强化责任感和使命感，把论文写在祖国的大地上，为乡村振兴聚力。

崇尚学术，凸显学术品貌。注重对学生“从 0 到 1”的科研教育与训练，勇闯科研无人区，敢于领跑，“讲好自己的科研故事”，全面提升学生科学素养与学术能力。同时，对标一流实验室，深入推进学术道德和学术诚信教育，强化学术活动全过程的监督机制与自我约束，使从农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室走出的学生成为科研诚信的表率。

以文化人，涵育文化品位。传承农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室长期积淀而成的厚重实验室文化，探索“科研思政”，大力弘扬爱国主义、科学精神与科学家精神，传播农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室科学家故事，学习实验室身边的科学家精神，挖掘科研育人中的深厚底蕴与内涵，强化文化自信、学术自信、科研自信。

农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室作为科技第一生产力、人才第一资源和创新第一动力的重要结合点，未来将继续立足中国式农业现代化建设需要，更好地与粮食安全、

农业绿色发展等重大国家战略需求结合, 践行大食物观, 着力培养造就拔尖创新人才, 打造国际领先的农业微生物理论与技术创新高地和人才中心, 切实发挥基础性、战略性支撑作用。

REFERENCES

- [1] 全拓, 刘彬. 生物科学领域国家重点实验室论文产出及研究热点分析[J]. 中国科学基金, 2021, 35(2): 307-316.
QUAN T, LIU B. The academic papers and research hotspots of state key laboratories in biological science[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35(2): 307-316 (in Chinese).
- [2] 吴承春, 颜廷武. 新时期高校建设国家重大科技基础设施的几点思考[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(11): 27-32.
WU CC, YAN TW. Thoughts on construction of university large scientific and technological infrastructures in new era[J]. Experimental Technology and Management, 2021, 38(11): 27-32 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 吕叙杰, 金安江, 何进, 陈雯莉. 乡村振兴背景下华中农业大学“三生”专业人才培养改革与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1464-1471.
LYU XJ, JIN AJ, HE J, CHEN WL. Reform and practice of talent cultivation in Bioengineering, Biotechnology and Bioscience majors under the background of rural revitalization: taking Huazhong Agricultural University as an example[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1464-1471 (in Chinese).
- [6] 吴斌, 侯顺, 丁玲, 陈雯莉. 农业微生物资源发掘与利用专业学位研究生教育改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1372-1381.
WU B, HOU S, DING L, CHEN WL. Reform exploration and practice of professional degree postgraduate education in excavation and utilization of agricultural microbial resources[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1372-1381 (in Chinese).
- [7] 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).
- [8] 陈华癸. 微生物学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 1962.
CHEN HG. Microbiology[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 1962 (in Chinese).
- [9] 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: 中国农业出版社, 1979.
CHEN HG, FAN QS. Microbiology: Trial Teaching Materials of National Agricultural Colleges and Universities, Applicable to Agronomy and Soil Chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1979 (in Chinese).
- [10] 华中农业大学, 南京农业大学. 微生物学[M]. 4版. 北京: 中国农业出版社, 1989.
Huazhong Agricultural University, Nanjing Agricultural University. Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: China Agriculture Press, 1989 (in Chinese).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] 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).
- [15] 赵斌, 陈雯莉, 何绍江. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
ZHAO B, CHEN WL, HE SJ. Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2011 (in Chinese).

- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] XING YH, LIU S, TAN SX, JIANG Y, LUO XS, HAO XL, HUANG QY, CHEN WL. Core species derived from multispecies interactions facilitate the immobilization of cadmium[J]. Environmental Science & Technology, 2023, 57(12): 4905-4914.
- [19] 吴松, 周甜, 杨立宾, 江云兵, 潘虹, 刘永志, 杜君. 基于VOS viewer的叶际微生物研究现状可视化分析[J]. 中国农学通报, 2023, 39(1): 142-150.
WU S, ZHOU T, YANG LB, JIANG YB, PAN H, LIU YZ, DU J. VOS viewer-based visual analysis on research status of phyllosphere microorganisms[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(1): 142-150 (in Chinese).
- [20] 范金凤, 邓秀新. 中国园艺学科科学研究热点与趋势分析: 基于近 20 年园艺学科研究生学位论文的文献计量分析[J]. 园艺学报, 2019, 46(6): 1201-1214.
FAN JF, DENG XX. Research hotspots and trend analysis of horticulture in China: based on bibliometrics analysis of the graduate thesis of horticulture from 1998 to 2017[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2019, 46(6): 1201-1214 (in Chinese).
- [21] CHEN CM. Science mapping: a systematic review of the literature[J]. Journal of Data and Information Science, 2017, 2(2): 1-40.
- [22] 中华人民共和国农业农村部公告第 468 号, 2021. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2021/202110/202112/t20211207_6384139.htm.
Announcement No. 468 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, 2021. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2021/202110/202112/t20211207_6384139.htm (in Chinese).