

高校教改纵横

赛培研有机融合培养工业微生物育种新质人才

杨套伟, 潘学玮, 邵明龙, 徐美娟, 张显, 张玲, 段作营, 陈献忠, 饶志明*

江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122

杨套伟, 潘学玮, 邵明龙, 徐美娟, 张显, 张玲, 段作营, 陈献忠, 饶志明. 赛培研有机融合培养工业微生物育种新质人才[J]. 微生物学通报, 2025, 52(7): 3340-3349.

YANG Taowei, PAN Xuewei, SHAO Minglong, XU Meijuan, ZHANG Xian, ZHANG Ling, DUAN Zuoying, CHEN Xianzhong, RAO Zhiming. Integration of competition, training, and research for cultivating new-quality talents in industrial microorganism breeding[J]. Microbiology China, 2025, 52(7): 3340-3349.

摘要: 面向新一轮科技革命和产业变革, 针对新工科背景下学生解决工业微生物育种复杂问题的能力不断提升的要求, 以“厚植家国情怀, 强化交叉融合, 注重创新实践能力培养”的理念为引领, 以学科竞赛为载体, 构建并实践了“价值塑造、创新教育和实践提升”三位一体的工业微生物育种新质人才培养路径。厚植家国情怀, 强化专业教师思政教育能力, 提升大学生思政素养教育质量; 激发创新精神, 构建“金字塔”式学科竞赛训练模式, 因材施教培养学生创新能力; 强化实践能力, 优化院校企三级实践训练平台, 梯度递升学生的工程实践能力。基于赛培研有机融合, 在生物工程类本科专业工业微生物育种新质人才培养方面取得了一定的成效, 以期对其他领域的新质人才提供了一些借鉴和参考。

关键词: 家国情怀; 创新精神; 实践能力; 新质人才

资助项目: 江苏省高等教育教改研究项目(2023JSJG458, 2023JSJG085); 江南大学本科教育教学改革研究项目教学数字化专项(JG2023019)

This work was supported by the Teaching Reform Programs of Higher Education Institutions in Jiangsu (2023JSJG458, 2023JSJG085) and the Special Project for Digital Teaching of Undergraduate Teaching Reform Programs of Jiangnan University (JG2023019).

*Corresponding author. E-mail: raozhm@jiangnan.edu.cn

Received: 2024-10-21; Accepted: 2024-12-19; Published online: 2025-01-17

Integration of competition, training, and research for cultivating new-quality talents in industrial microorganism breeding

YANG Taowei, PAN Xuwei, SHAO Minglong, XU Meijuan, ZHANG Xian, ZHANG Ling, DUAN Zuoying, CHEN Xianzhong, RAO Zhiming*

School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

Abstract: In a new round of scientific and technological revolution and industrial transformation, to improve students' ability of solving complex engineering problems in industrial microorganism breeding under the background of emerging engineering education and guided by the education philosophy of strengthening the patriotism, interdisciplinary integration, and innovative practical abilities, we have constructed and implemented a three-in-one (morality shaping, innovative thinking motivation, and practice improvement) path for cultivating new-quality talents in industrial microorganism breeding through competitions. The ideological and political education of professional teachers was promoted to improve the ideological and political literacy of college students. We constructed a pyramid training model to motivate students' innovative thinking in accordance with their aptitude. A three-level practice platform was optimized to gradually boost students' engineering practice abilities. By the integration of competition, training, and research, we have achieved in cultivating new-quality talents in industrial microbial breeding, which might provide references for fostering new-quality talents in other fields.

Keywords: patriotism; innovative thinking; practice ability; new-quality talents

“新质生产力”的核心是“要以科技创新推动产业创新”，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力。发展绿色、安全、优质、高效的生物制造产业不仅契合以智能制造为核心的发展规划和绿色发展理念，而且对解决人类社会面临能源、资源、健康和环境等问题具有重大作用。2024年，国家首次将创新药、生物制造、生命科学集体写入工作报告，这标志着我国将把这些产业放在优先发展的位置。根据世界经济合作与发展组织预测，到2030年，将有大约35%的化学品和其他工业产品来自生物制造；到2050年，生物制造经济影响有望达到4万亿美元，将成为未来产业发展的重要爆发点^[1]。我国现有生物产业相关企业10 000家左右，大部分生物发酵企业普遍存在自有菌种性能与工艺水平与国外先进技术水平差距较大，并且缺乏

全面的专利布局，导致我国生物企业在核心技术上竞争无力，无法支撑我国庞大的生物产业良性发展^[2]。个体微小、结构简单的微生物是合成生物学常用的底盘生物，与绿色生物制造密切相关。拥有具备自主知识产权的高水平菌种是我国生物产业持续健康发展的基石^[3]。在工业微生物育种领域培养一大批具备家国情怀、勇于创新 and 擅于实践的创新型新质人才，是最具有决定意义的因素^[4]，是高校教育教学改革发展的新航标和新机遇^[5]。

新质人才是具有成长心态与高意识学习、人机共生思维与AI渗透技能、开拓精神与“破界”能力、人类共同体思维与跨文化行动力等特质的复合型现代创新人才^[6]。学科竞赛作为一种卓越的人才培养机制，不仅能培养学生的创新实践能力，同时注重参赛者的职业素养塑造，进而达到学科竞赛与专业创新教育、立德树人同

步协调发展的目的。创新能力优是获得工业微生物新菌种的必要前提,通过优化学科竞赛选拔体系,满足不同类型学生的创新需求,不但可以做到因材施教,同时有助于激发大学生的创新激情。工程实践能力强是保证科技转化为生产力和经济价值的充分条件,根据不同竞赛类型对工程实践的需求,优化多层次实践平台,有助于定向强化学生的工程实践能力。思政素养高是守住将相应技术服务于国计民生的初心和使命,这就要求培养出的创新型新质人才需要具有家国情怀和高尚的道德操守。基于此,我们以“改革教育理念、强化能力培养、注重价值塑造”的理念为引领,提出了赛培研有机融合生物工程类专业工业微生物育种新质人才培养的理念。

1 工业微生物育种新质人才培养过程中面临的问题

人才培养的关键因素在于师资力量和培养体系。长期以来,思政教育的功能和责任被普遍归于高校的思政课专业教师和思政工作队伍,对于高校专业教师并没有明确的要求,以致于专业教师在很多本该发挥独特思想教育功能的地方放弃其特殊作用,导致培养专业人才存在着不同程度的思政教育缺失。另外,从本学院2016年生物工程本科专业培养方案可以看出,毕业要求是完成165个学分,其中思政课占比为9.7%,但都是由专业思政教师主讲。创新创业教育只有4个学分,占比仅为2.4%,主要通过第二课堂和创新创业训练完成。工程实践环节,只有生产实习和很小比例(<10%)的毕业设计才能进入工厂进行工程实践实习。

1.1 大学生思政素养教育质量不足以满足新时期社会发展对人才德育培养的要求

新产业、新业态和新经济随着新一轮科技革命正蓬勃兴起,我国传统的生物产业相关企

业在国际化成长和发展过程中正面临前所未有的挑战。为了进一步提升我国生物企业在核心技术上的竞争力,支撑我国庞大的生物产业良性发展,需要培养生物工程专业大学生的家国情怀、社会责任感和专业认同感。2016年全国高校思想政治工作会议强调,要把思想政治工作贯穿教育教学全过程,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应。这就要求高等教育必须从知识维度向能力维度和价值维度深化与拓展,课程思政是时代的要求。事实上,当前高校自然科学类专业课课堂教学上,“重智轻德”局面由来已久,思想政治教育和价值塑造未引起重视^[7]。高校课程思政教育属于“隐性教育”,但存在原则理念不明确、专业结合不紧密、教育资源不丰富以及教育主体思想政治素养欠缺等问题。课程思政教育重点是使学生在潜移默化的专业学习中接受教育,难点在于专业教育与课程思政的有机融合^[8]。这就要求专业课教师增强思政教育自觉性,完善课程思政教育体系,深度挖掘各门课程中蕴含的思想政治教育资源,在课程内容中寻找与爱国情怀、法制意识、社会责任、文化自信、人文情怀、工程伦理、工匠精神等相关知识体系的“触点”,将正确的价值追求和理想信念传递给学生,实现价值引领与知识传授同频共振。

1.2 现有创新教育覆盖面广但靶向性不足以满足大学生对创新能力个性培养的需求

随着现代生物科学的飞速发展,如何提高生物科学专业人才的创新能力是生物学教育工作者目前遇到的主要难题。目前大学生学科创新教育主要方式为举办学科竞赛,学科竞赛是指在紧密结合课堂教学知识的基础上,通过完成参赛项目来发现问题和解决问题,同时培养学生的创新意识、实践能力和团队协作精神^[9]。目前有很多生物科学类相关的学科竞赛:国际基因工程机器大赛、中国国际“互联网+”大学生创

新创业大赛、全国大学生生命科学竞赛等各级别学科竞赛。学院为培养大学生的创新创业积极性,鼓励本科生参加各类学科竞赛活动,力争全体成员学科竞赛全覆盖参与,却忽略了大学生群体的个体差异十分复杂且创新意愿和需求也各不相同。创新教育要以学生为中心,在充分考虑学生创新需求差异和个体差异的基础上,构建满足不同需求层次的创新教育体系,实现对不同创新需求和创新能力学生进行分层递阶式培养。

1.3 大学生工程实践能力不足以满足生物产业对专业人才解决复杂生物工程问题实践能力的需求

工业微生物育种是融合生物学、工程学、经济学等为一体的应用型交叉学科,不仅要理论上和技术上介绍如何获得优质微生物高产菌株,同时需要学生掌握合成生物学相关技术体系^[10]以及利用工程化技术实现目标产物的高效合成^[3]。然而,现在的工科青年教师大多数人接受的是传统“科学范式”和“技术范式”的工科教育,参与的科研项目又是以实践性不强的工程科学理论研究为主,缺乏跨学科专业学习和研究的经历;在追求学术卓越的环境中,教师重理论轻实践的现象依然存在,很难通过理论与实践的有机结合来对学生的工程实践环节进行有效指导,工程教学能力不能满足新工科背景下对新质人才培养的要求。另外,学生对理论知识基本都是“碎片化”记忆,很难做到各个知识点系统化和网络化归纳,一旦将课程理论知识与其他学科联系起来解决实际问题,就会显得手忙脚乱、无所适从^[11]。学生工程实践能力不足,不能满足生物行业对专业人才工程实践能力的需求。

2 赛培研有机融合在工业微生物育种新质人才培养中的实践

学科竞赛是指在紧密结合课堂教学的基础

上,通过完成参赛项目来发现问题和解决问题,同时培养大学生的创新意识、实践能力和团队协作精神。近年来,教育部、各省市和高校都非常重视大学生参与学科竞赛活动,生物专业相关学科竞赛包括国际遗传机器工程大赛、中国“互联网+”大学生创新创业大赛、全国大学生生命科学竞赛、全国大学生课外学术科技竞赛(挑战杯)等。针对大学生思政素养教育质量不足以满足新时期社会发展对人才德育培养的要求、现有创新教育覆盖面广但靶向性不足以满足大学生对创新能力分层培养的需求、大学生工程实践能力不足以满足产业对专业人才解决复杂生物工程问题能力的需求等问题,以“厚植家国情怀,强化交叉融合,注重创新实践能力培养”的理念为引领,以学科竞赛为载体,努力为社会培养了一批科学素养高、创新实践能力强和家国情怀厚的工业微生物育种创新型新质人才(图1),以支撑我国生物产业持续健康发展。

2.1 厚植家国情怀,强化教师思政教育能力,提升大学生思政素养教育质量

高尚的道德情操是新时代对人才培养的基本要求。针对“大学生思政素养教育质量不足以满足新时期社会发展对人才德育培养的要求”问题,我们从教师角色再定位、思政资源库建立和课程思政融入三方面协同发力,以期增强教师思政教育和学生思政学习的主动性与自觉性,从而实现专业知识教学和思政教育的同频共振。

教师角色再定位,依托国家精品课程资源平台和名师教学团队,进一步强化青年教师立德树人根本任务,重构专业教师的角色身份,形成专业知识传授显性教学与思政教育隐性教育的合力。(1) 通过专门培训、学习调研和团队活动,加强团队教师自身的思政素养,强化课程思政意识,从而增强专业教师在专业教学过程进行思政教育的自觉性;(2) 与马克思主义学院思政教师团队开展互学互助活动,通过跨专业跨

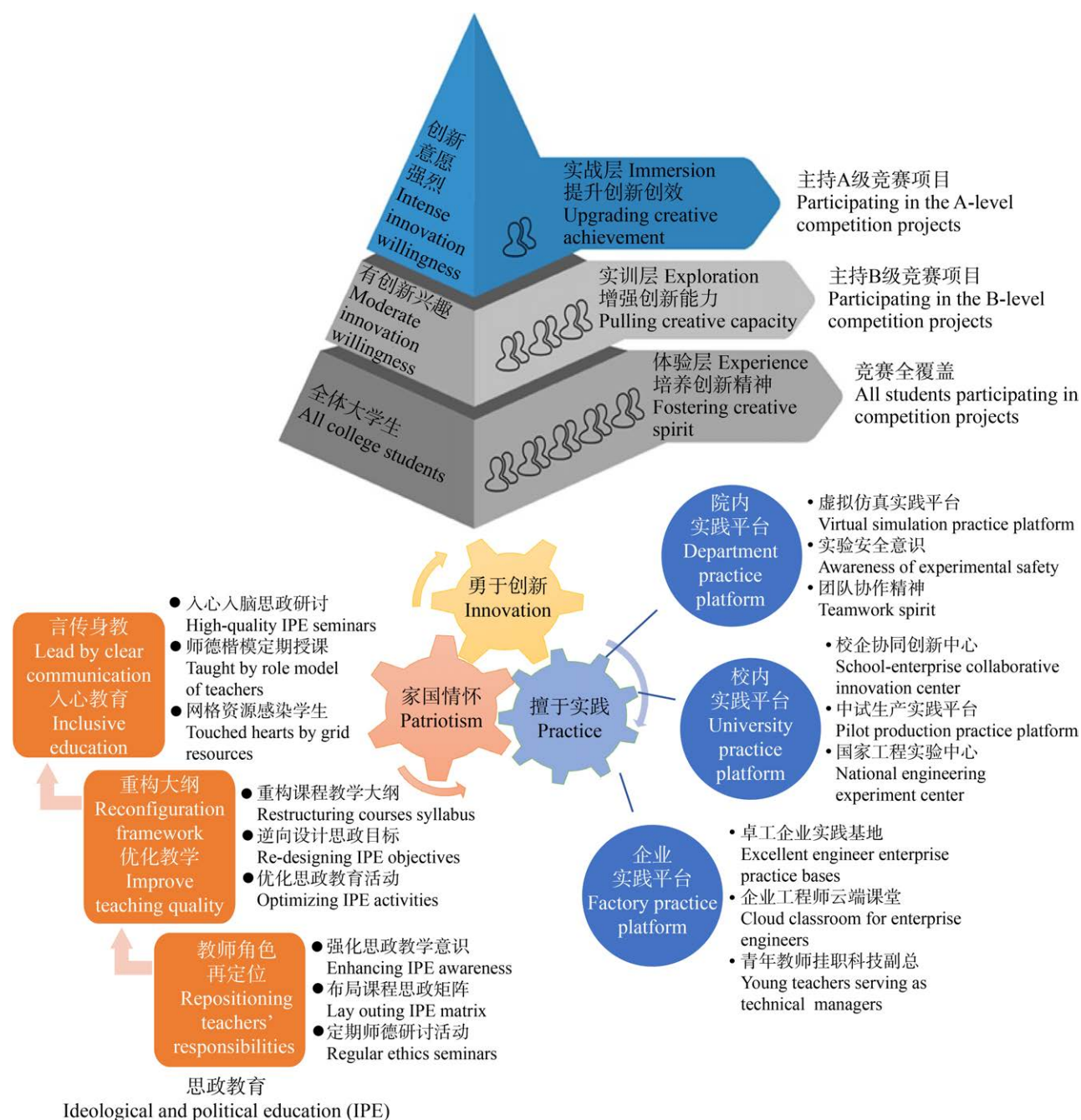


图1 赛培研有机融合工业微生物育种新质人才培养路径

Figure 1 Integration of competition, training, and research for cultivating new-quality talents in industrial microorganism breeding.

学科的交流,提升专业教师的课程思政能力;
(3)开展思政教育的教学改革,探索课程思政融入专业教学的路径,推进显性教学方法与隐性教学方法相结合,推动传统教学方法与翻转课

堂^[12]、线上线下混合教学^[13]相结合的模式。采用牵引式教学,摒除传统课堂注重教师怎么教、聚焦教学活动和知识传授的传统模式,转变为注重学生怎么学、聚焦学生学习活动和知识掌

握的新的教育教学模式。

思政资源库建立,成立思政教育改革小组,通过逆向设计修订微生物学和微生物遗传育种学等核心专业课的教学大纲和教学方案。首先确定预期结果,即学生要学到什么;然后制定评价标准,怎么判断是否达到学习目标;最后设计学习体验和教学活动,服务于学习目标的达成。基于以上设计,结合合成生物学研究热点和微生物育种产业发展趋势,深度挖掘课程中蕴含的思政教育资源。从著名工业微生物育种科学家、重大学科发展历史事件中,挖掘科学素养与工匠精神的典型案例,感受精益求精的专业精神和严谨至上的科学态度;从学科发展热点和合成生物学新兴技术发展应用中,挖掘创新思维的科学典范,开展励志教育和强化引领意识;从众志成城的新冠疫情防控中,挖掘家国情怀和奉献精神,强化科研工作者的社会责任。与时俱进,不断更新思政元素,持续推进课程思政案例库建设。

课程思政融入,在课程内容中寻找与爱国情怀、法治意识、社会责任、文化自信、人文情怀、工程伦理、工匠精神等相关知识体系的“触点”。讲述学科发展史时,引入一些献身学术的伟大人物和典型历史事件,比如针对巴斯德的贡献以及佛莱明发现青霉素的过程与意义,推荐学生课后观看相关影视资源,深挖其中蕴含的学术求真精神和辩证看待研究结果的态度。讲授诱变育种课程内容时,强调诱变试剂涉及实验室安全、环境污染和人身安全等,严格按照要求规范使用、回收,防止扩散等,树立“绿水青山才是金山银山”的绿色发展理念。后面几个章节涉及基因工程育种,通过生物伦理等一些基本职业道德思政教育,培养学生的社会责任。用好课堂“主渠道”,使思政教育与专业教育“基因植入”,在“润物细无声”中完成思政教育,课程思政既是引领,又推动了教学质量的提升。课余时间邀请模范校友返校进行

职业规划教育和行业发展解析;同时通过学院品牌活动“朱宝镛”大讲堂,邀请国内外著名专家学者,与生工学子畅谈学科前沿、分享人生经验,激励青年学子树立科学理想、勇攀学术高峰。

2.2 激发创新精神,构建“金字塔”式学科竞赛训练模式,因材施教培养学生创新能力

学科竞赛和科创活动是激发学生创新精神和学术兴趣的重要载体。然而大学生的创新积极性、主动性和创新能力存在较大差别。现有创新教育覆盖面广但针对性不足以满足大学生对创新能力靶向培养的需求,需要充分考虑学生创新需求差异和个体差异,构建满足不同创新需求层次的学科竞赛体系,以学科竞赛科创活动为载体,对不同创新需求学生进行因材施教培养^[14]。

在课堂教学中,采用教师精讲与专题研讨相结合的创新模式,以达到知识传授与能力培养相统一的目标。专题研讨类型:微生物育种前沿技术和育种技术的集成应用;分组准备:4-6人/组,准备报告;辅导备课:教师课下分组辅导备课,确保研讨质量;研讨过程:代表汇报,全班研讨,按组评分;学生评分标准:专题准备情况、汇报展示质量、回答问题与研讨情况;教师评分:外加提交文档质量;成绩分配:按人分配,按劳分配,各组长根据组员贡献确定分配比例(比如5人1组,小组得分90分,总分即为450分,组长根据组员贡献按比例分配总分)。学生无论在完成课题过程中,还是在研讨时,查阅和综合资料的能力、综合分析解决问题的能力、良好的团结协作精神和意识都得到了明显提升。

在创新实训时,为了提升学生参与竞赛的热情,我们首先制定了竞赛选拔和奖励制度,建立实验设备操作培训制度,满足竞赛实验场地所有要求^[15]。赛前通过揭榜挂帅的方式向全

体学生发布竞赛课题,要求有意参赛者在规定时间内提交申报书,通过初筛后通知入围者进行答辩选拔。通过综合测评选拔框定培训对象,贯彻“因材施教、好中选优”的原则,先对入围学生进行技能培训和创新意识培养;对创新有兴趣的大学生,通过全程导师制对大学生进行重点培养,推报省级竞赛选拔;对创新表现出强烈意愿的学生,注重个性培养,通过参与导师的国家重点、重大课题研究,组织参加国际国家科创竞赛活动,注重提升创新创效。

2.3 强化实践能力,优化院校企三级实训平台,梯度递升学生工程实践能力

工业微生物育种课程群具有实践性、应用性强的特点,培养学生的高阶实践创新思维能力和综合素质等高阶能力尤为重要^[16]。但是大学生工程实践能力不足以满足产业对专业人才解决复杂生物工程问题实践能力的需求。其主要原因归咎于两点:(1) 青年教师广泛存在重理论研究轻实践教学的情况,造成自身工程实践教学能力不足;(2) 学生本身参与系统工程实践的机会偏少。因此,需要完善工程实践创新教育的体制机制。我们对院校企三级实训平台进行了优化,以期构建“梯度递升”实践能力培养模式。

基于学院实践平台,借助多维网络教学平台,全面构建虚拟仿真与课堂实验相融合、课内课外相结合的多阶立体化实践教学资源,实验教学的线上课程让学生对实验操作有了感性认识,帮助学生在实验操作课程之前夯实基础知识;同时结合线上实验室安全案例资源,提前对学生进行实验室安全教育工作,包括实验室设备安全、人身安全和生物安全等,培养学生安全规范操作意识和习惯;在课程实践时,除了设置必要的单元操作实验外,同时引入设计性和综合性的实验内容,注重培养学生的团队协作精神。

基于学校实践平台,依托江苏省协同创新中心,积极和合作企业在校内建立联合实践平

台,依据企业的实际生产需求,合作进行新的菌株开发和相应的生产工艺研发;在此基础上,充分利用国家工程实验平台和配套的中试生产线,满足学生从实验室研发到中试生产的实践需求,为后续的工业化规模生产提供技术和经验积累。

基于企业生产实践平台,一是通过企业工程师进“云端课堂”和“名校+名企”的第二课堂,协同提升青年教师工程实践能力;同时引导青年教师挂职龙头企业科技副总,了解企业的管理制度和实际生产要求,帮助企业解决一些专业问题,力争共同申报产学研项目。二是以校企合作科研为契机,鼓励学生进入工厂一线生产线进行中试开发和规模化生产实践活动,使学生清楚认识到实验室科研和工业化生产的区别与联系,感受科学研究转化为生产力的魅力,从而使工程实践从形式主义到自我需求的转变。

3 工业微生物育种新质人才培养成效

3.1 打造了一支专业教学与思政教育“双一流”师资队伍

教学团队在微生物育种领域已经深耕 20 余年。于 2000 年在同类学科中率先为生物工程专业开设微生物遗传育种学课程,已成为国家生命科学与技术人才培养基地班和生物工程类专业的核心必修课程。2008 年核心课程微生物学入选江苏省精品课程,2016 年微生物遗传育种学荣获国家精品资源共享课程称号,2020 年微生物遗传育种学被认定为国家一流课程,2021 年微生物学入选江苏省一流课程。相关课程建设成效有力支撑了轻工技术与工程一流学科的发展。

思政教育影响力凸显。团队成员获批江南大学教学名师工作室,江苏省无锡市优秀教育工作者 1 人,江南大学至善教学奖 3 人次;微生物遗传育种学入选 2021 年教育部课程思政

示范课程,授课教师入选课程思政教学名师和教学团队。另外,团队按照“一室双融三机制”建设思路,围绕课程思政改革重心,促进党建与人才培养融合,团队所在的微生物学教学中心党支部获评2020年江南大学“言微新生”教师育人工作室,2021年首批江苏省党建工作样板支部,2024年全国第四批“党建工作样板支部”,2024年教育部第三批高校“双带头人”教师党支部书记工作室。“学生和课堂才是我们工作的根”等理论学习成果获中国教育报刊载^[17],成果“党建赋能课程思政建设的实践与探索”获同行认可。

教学改革成效显著。近年来,团队成员积极参与教学改革与创新。“课程思政内植于微生物遗传育种学教学的路径探索与实践”获批江南大学教育教学改革重点项目。“以赛促培,工业微生物育种创新人才培养路径探索”获批江苏省高等教育教学改革研究项目。团队成员所授的微生物学、微生物遗传育种学及其配套的实验课程均深受学生喜爱,近5年来,20余人次学院综合评教前5%,学生评教成绩多年名列学院前茅。相关成果荣获教学成果奖4项。其中,“现代工业发酵特色生物工程专业创新人才培养体系构建与实践”获江苏省教学成果一等奖(2017年),“三融合二递进轻工食品类本科创新人才培养体系的构建与实践”获国家教学成果二等奖(2018年),“新工科背景下生物工程类一流专业五位一体建设的路径与实践”获江苏省教学成果一等奖(2022年)。“赛培研有机融合,工业微生物育种创新人才培养路径探索与实践”荣获江南大学教学成果一等奖(2023年)。

3.2 培养了一批创新能力优良的工业微生物育种新质人才

学科竞赛助力学生创新实践能力显著提升,相关成果具备良好的行业价值和社会意义。氨基酸工业在我国发酵工业中占有举足轻重的地位,高产菌株是氨基酸发酵工业的核心和灵

魂。以开发氨基酸高产菌株为目标,我们从物质代谢、能量平衡、协同调控、生理适配和鲁棒性能等迭代提升了菌株生产性能,实现了L-精氨酸、 α -氨基丁酸、 γ -氨基丁酸等的微生物法高效合成,开发量取代了毛发水解制备L-精氨酸、化学合成方法制备氨基丁酸的工业生产菌株和生产工艺,实现了相关化学品的绿色生物制造。以此为目标的学科竞赛项目“基于生物大数据的高效细胞工厂”获第三届中国“互联网+”大学生创新创业大赛国赛铜奖(2017年),开发的后续迭代技术与工艺“大国菌匠——重要氨基酸绿色生物制造引领者”获第七届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛国赛铜奖(2021年)。

噬菌体是微生物菌株的病毒,一旦感染了噬菌体,将对发酵过程造成不可挽回的损失。团队指导学生获2019年iGEM国际金奖的项目“Terminator of phage”从实验室感染噬菌体现象出发,致力于解决发酵工业存在的噬菌体感染问题。为此团队以大肠杆菌为底盘微生物,通过转录组学分析,筛选出能够分时响应噬菌体侵染的诱导型启动子,通过文献检索,寻找到了能够抵抗大肠杆菌T4等噬菌体的抗性蛋白,同时借助诱变筛选和重测序,又筛选出了能够抵抗大肠杆菌T4噬菌体的元件,最后辅之以iGEM库中的抗菌肽元件,成功构建了一株能够在噬菌体侵染早期和晚期抵抗其侵染的菌株,提高了氨基酸发酵过程的安全性,带来了显著的经济效益。另一个iGEM国际金奖项目“构建熊蜂生假丝酵母CRISPR-Cas9基因编辑系统调节生产酸型/内酯型槐糖脂”(2020年),立足于解决水体生物污染问题,致力于基于代谢工程育种获得一种环境友好、可降解、低毒性的生物表面活性剂生产菌株,为蓝藻问题提供一种经济可行的解决方案,该项目在社会实践和问卷调查中获得了良好的反响。

在人才培养方面,本科论文“*Pyrococcus yayanosii* L-天冬酰胺酶分子改造及高效表达体

系构建”荣获江苏省本科优秀毕业设计(2019), 本科论文“L-天冬酰胺酶高效表达体系构建及嗜学性质研究”荣获江南大学本科优秀毕业设计(2020), 本科论文“大肠杆菌 L-色氨酸响应型启动子的筛选、突变及应用”获江南大学本科优秀毕业设计(2022)。据不完全统计, 在已毕业的学生中, 已经晋升为教授的有 8 人, 成为发酵企业技术骨干的有百余人。

4 结语

以“厚植家国情怀, 强化交叉融合, 注重创新实践能力培养”的理念为引领, 以学科竞赛为载体, 基于赛培研有机融合, 构建并实践了“价值塑造、创新教育和实践提升”的三位一体生物工程类专业工业微生物育种新质人才培养路径; 具体体现在: (1) 名师引领, 传帮互助, 打造了一支专业教学与思政教育能力俱佳的师资队伍, 显著增强了学生的家国情怀、社会责任和科学素养; (2) 因材施教, 好中选优, 构建了“金字塔”式分层递进学科竞赛选拔与培养体系, 靶向提升了学生的创新热情、创新能力和创新创效; (3) 梯度提升, 交叉融合, 优化了院校企三级实践训练平台和实践创新载体, 注重强化了学生的工程实践意识、实践体验和实战能力。培养出一批弘扬“胸怀祖国、服务人民”家国情怀、传承“善于实践、勇于创新”发酵精神的工业微生物育种新质人才。在未来建设中, 将引入“规划设计-建设实施-评价诊断”的循环优化人才培养路径, 通过长期持续性建设积累成果, 有望成为生物工程类本科专业新质人才培养的重要路径。

作者贡献声明

杨套伟: 执行调研、撰写文章; 潘学玮: 数据分析; 邵明龙: 执行调研; 徐美娟: 提供资源; 张显: 执行调研; 张玲: 执行调研; 段作营: 方法论; 陈献忠: 提出概念; 饶志明: 获取基金、数据收集与监管。

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] 毕心宇, 吕雪芹, 刘龙, 陈坚. 我国微生物制造产业的发展现状与展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(5): 59-68.
BI XY, LYU XQ, LIU L, CHEN J. Development status and prospects of microbial manufacturing industry in China[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5): 59-68 (in Chinese).
- [2] 石维忱, 王晋. 生物发酵产业“十四五”时期发展展望[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(2): 8-13.
SHI WC, WANG J. Prospect of bio-fermentation industry during national 14th Five-Year Plan period[J]. Journal of Food Science and Technology, 2021, 39(2): 8-13 (in Chinese).
- [3] 周景文, 高松, 刘延峰, 李江华, 堵国成, 陈坚. 新一代发酵工程技术: 任务与挑战[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(1): 1-11.
ZHOU JW, GAO S, LIU YF, LI JH, DU GC, CHEN J. Next generation fermentation engineering: missions and challenges[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2021, 40(1): 1-11 (in Chinese).
- [4] 杨荣刚. 加快创新型人才培养 赋能新质生产力发展[N]. 光明日报, 2024 年 03 月 29 日 02 版.
YANG RG. Accelerating the cultivation of innovative talents and enabling the development of new quality productivity[N]. Guangming Daily, Page 2, Mar. 29, 2024 (in Chinese).
- [5] 唐晓峰, 陈向东. 新质人才培养: 高校微生物学教学的新航标[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1051-1054.
TANG XF, CHEN XD. Cultivating novel-quality talents: new direction of Microbiology teaching in universities[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1051-1054 (in Chinese).
- [6] 祝智庭, 戴岭, 赵晓伟, 沈书生. 新质人才培养: 数智时代教育的新使命[J]. 电化教育研究, 2024, 45(1): 52-60.
ZHU ZT, DAI L, ZHAO XW, SHEN SS. Cultivating novel-quality talents: a new mission for education in the age of digital intelligence[J]. e-Education Research, 2024, 45(1): 52-60 (in Chinese).
- [7] 李毅, 唐中伟, 龙丹丹, 杨建强, 马艳琴. 微生物学课程“一制二融三环四合”教学模式的改革与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1067-1078.
LI Y, TANG ZW, LONG DD, YANG JQ, MA YQ. “One-system, two-integration, three-link, four-blend” teaching innovation practice for Microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1067-1078 (in Chinese).
- [8] 王铁卿, 李丽娟, 郝丽丽. “隐性教育”在高校思想政治教学中的问题及改进策略[J]. 教育理论与实践, 2020, 40(3): 37-39.
WANG YQ, LI LJ, HAO LL. The problems and improvement strategies of “recessive education” in the ideological and political teaching in university[J].

- Theory and Practice of Education, 2020, 40(3): 37-39 (in Chinese).
- [9] 解玉红. 解构“环境工程微生物学”教学改革: 痛点、创新路径和实施策略[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1109-1121.
XIE YH. Deconstructing the teaching reform of Environmental Engineering Microbiology: pain points, innovative paths, and implementation measures[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1109-1121 (in Chinese).
- [10] 王浩琦, 高豪, 信丰学. “十四五”背景下合成生物学产业发展趋势分析[J]. 生物学杂志, 2023, 40(3): 1-5.
WANG HQ, GAO H, XIN FX. Analysis of the development trend of synthetic biology industry under the background of “14th Five-Year Plan”[J]. Journal of Biology, 2023, 40(3): 1-5 (in Chinese).
- [11] 杨金水, 王娜, 田长富, 袁红莉, 王颖, 陈文峰, 陈芝, 文莹, 王磊. 以赛促学培养农业微生物学领域创新人才[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1261-1271.
YANG JS, WANG N, TIAN CF, YUAN HL, WANG Y, CHEN WF, CHEN Z, WEN Y, WANG L. Promoting learning through competition to cultivate innovative talents in agricultural microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1261-1271 (in Chinese).
- [12] 符波, 刘和, 张衍, 王丽红, 王新华. “环境工程微生物学”面向深度学习的线上线下混合式教学与翻转课堂的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(8): 3713-3724.
FU B, LIU H, ZHANG Y, WANG LH, WANG XH. Exploration and practice of deep learning-oriented online-offline blending teaching and flipped classroom in Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2023, 50(8): 3713-3724 (in Chinese).
- [13] 鲁乐乐, 李林珂, 李文华, 郝越, 董海亭, 汤欣妍, 苏春. STEAM 教育理念下“线上+线下”混合教学模式初探: 以微生物学实验为例[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1472-1482.
LU LL, LI LK, LI WH, HAO Y, DONG HT, TANG XY, SU C. The “online+offline” blended teaching mode under the concept of STEAM education: taking Microbiology Experiment as an example[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1472-1482 (in Chinese).
- [14] 徐容, 柳军剑. 新工科背景下与专业教育融合的学科竞赛体系研究[J]. 重庆交通大学学报(社会科学版), 2020, 20(5): 91-97.
XU R, LIU JJ. Research and exploration of the discipline competition system integrating with the professional education under the background of new engineering education[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2020, 20(5): 91-97 (in Chinese).
- [15] 高哲, 杨开一, 刘俏含. 以学科竞赛为途径的理工科大学生创新人才培养实践研究[J]. 创新创业理论与实践, 2022, 5(6): 177-179, 187.
GAO Z, YANG KY, LIU QH. Practical research on cultivation of innovative talents of college students in the science and technology by means of discipline competition[J]. The Theory and Practice of Innovation and Entrepreneurship, 2022, 5(6): 177-179, 187 (in Chinese).
- [16] 陈萍, 苏晓波, 郭晓兰, 冯毅, 戴婷, 余利红, 马文康, 路蕾, 欧阳永长. 多维教学资源下的混合式微生物学实验教学创新[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1299-1313.
CHEN P, SU XB, GUO XL, FENG Y, DAI T, YU LH, MA WK, LU L, OUYANG YC. Innovation and practice in hybrid teaching of Microbiology Experiment with multidimensional teaching resources[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1299-1313 (in Chinese).
- [17] 陈献忠. 学生和课堂才是我们工作的根[N]. 中国教育报, 2023 年 11 月 06 日第 6 版.
CHEN XZ. Students and classes are the roots of our work[N]. China Education Newspaper, Page 6, Nov. 06, 2023 (in Chinese).