

“农科教”融合培养“农化”背景丰富的化学类复合应用型人才路径探索与实践

龚良玉, 牛永盛, 王修中, 鲁莉华, 徐鲁斌, 李帅帅, 王杰*

青岛农业大学化学与药学院, 山东 青岛 266109

摘要: 新农科背景下, 推动“农化”背景丰富的化学类复合应用型人才的培养与供给, 突出化学化工对农业农村现代化发展的支撑、赋能和催化作用意义重大。青岛农业大学化学与药学院依托学校农业学科优势, 积极践行“化学+农业+N”路径, 打造“以工强农、以融兴农”人才培养新范式。首先, 以培养方案修订为引导, 重塑“3平台-2模块-2体系”人才培养体系, 打造了“农化”特色鲜明的专业特色课程体系, 深化化学与农业的专业知识、涵养“三农”情怀; 其次, 打破学科融合壁垒, 探求“农化”特色科研方向和成果, 推进“科教融合”育人; 再者, 遵循平台开放共享理念, 搭建“两线三面-融通-目标”的学科及专业群大平台布局, 汇聚“产科教”优质资源协同育人; 同时, 建立健全配套管理体制机制, 为“农科教”融合赋能农业背景丰富的复合应用型化学类专业人才培养提供制度支撑。

关键词: “农科教”融合; “农化”特色; 化学类专业; 复合应用型人才

中图分类号: G64; O6

The Exploration and Practice of Integrating “Agriculture, Science, and Education” to Cultivate Chemistry Talent with a Rich “Agrochemical” Background

Liangyu Gong, Yongsheng Niu, Xiuzhong Wang, Lihua Lu, Lubin Xu, Shuaishuai Li, Jie Wang *

College of Chemistry & Pharmaceutical Sciences, Qingdao Agriculture University, Qingdao 266109, Shandong Province, China.

Abstract: In the context of the “New Agricultural Science”, promoting the cultivation and supply of application-oriented chemistry talents with a strong “agrochemical” background is essential. This approach highlights the critical role of chemistry and chemical engineering in supporting, empowering, and catalyzing the modernization of agriculture and rural development. The College of Chemistry and Pharmaceutical Sciences at Qingdao Agricultural University leverages the university’s strengths in agricultural disciplines and actively implements the “Chemistry + Agriculture + N” pathway, creating a new paradigm for talent cultivation focused on “strengthening agriculture through industry and revitalizing agriculture through integration”. Initially, the college revised its curriculum, leading to the reshaping of a “3-platform-2-module-2-system” talent cultivation framework. This system has resulted in the development of a curriculum that emphasizes “agrochemical” characteristics, deepens the integration of chemistry with agriculture, and nurtures a commitment to the “three rural issues” (agriculture, rural areas, and farmers). Next, the college has broken down the barriers between disciplines by exploring agrochemical-focused research directions and outcomes, advancing an “education-research integration” approach to talent development. Furthermore, following an open and shared platform

收稿: 2024-10-08; 录用: 2024-12-04; 网络发表: 2025-05-20

*通讯作者, Email: wangjie@qau.edu.cn

基金资助: 山东省教改项目(Z2024201, SDYJSJGC2024049, M2023314); 青岛市教育科学“十四五”规划2023年度课题(QJK2023B29); 山东省高等教育学会高等教育研究专项重点课题(SDGJ2023B10); 山东省教育教学研究课题(2024JXQ271); 中国高等教育学会教改项目(23NL0102); 青岛农业大学研究生教育教学改革课题(QNYJG2314, QNYJG2406); 青岛农业大学课程思政团队项目(XTD2022008); 青岛农业大学思政课题(XJY20230105); 青岛农业大学教学研究项目(XJY2024056, XJY20230029)

philosophy, the college has created a “two lines-three dimensions-one integration-one goal” framework for disciplinary and professional clusters, bringing together industry, research, and educational resources to foster collaborative education. Finally, the college has established and enhanced complementary management systems and mechanisms, providing strong institutional support for the cultivation of application-oriented chemistry professionals with a rich agricultural background through the integration of agriculture, science, and education.

Key Words: Integration of agriculture, science, and education; Agrochemical background; Chemistry-related disciplines; Application-oriented composite talent

教育部于2019年启动了“新农科”建设，随即通过“安吉共识”“北大仓行动”和“北京指南”等系列行动和措施，推进了“新农科”建设在全国高校全面落地生根，进而推动了农林教育的深刻变革^[1]。“新农科”建设的实施与成效则进一步彰显了我国高等农林教育在创新驱动新时代中的积极作为和显著贡献。

基于化学学科的基础性和与农业及相关学科之间的交叉融合性，其教育教学在国家“新农科”战略部署建设中发挥着重要的作用^[2,3]。化学支持“四新”建设研究也逐步受到了广泛关注，体现在多个方面，如将原有的特色方向升级为专业、在现有专业下设置符合“四新”特征的专业方向、按“四新”理念对现有的课程体系和教学内容进行升级和改革等路径^[3]。但从我国农业院校设置的化学类专业培养方案来看，照搬国内综合性大学或理工科大学痕迹明显，导致专业特色不突出、专业定位不明晰等现状。同时，在学生培养方面，也面临着“知农爱农”情怀不深、“学农为农”行动不够等现实问题^[4]。在“四新”背景下，农业院校的化学类专业面临着凸显农业特色、服务国家农业农村现代化发展需求以及对接农业创新发展新要求等多重挑战。针对这些挑战，农业院校的化学类专业需要积极寻求解决方案，以更好地适应时代发展的要求，为国家农业现代化建设做出更大的贡献。

山东是农业大省，化学是支撑现代农业绿色可持续发展的重要基础，培养化学与农业学科交叉融合的复合应用型人才，是服务山东“十强产业”的重要保障和实现强省农业发展战略目标的关键抓手。青岛农业大学在“新农科”背景下，主动调整和优化学科专业结构，精准对接现代农业需求，建设了系列特色鲜明、优势突出、适应农业产业发展需要的新兴专业或方向^[5]。在这一过程中，化学与药学院深刻认识到化学学科作为学校核心支撑专业的重要性，并以此为契机，主动探索与实践跨学科融合新路径，充分发挥化学学科在农业、食品、生物、信息、材料等领域的“粘合剂”和“催化剂”作用，不断深化“农化”特色的学科专业建设，克服跨学科融合重“形式”轻“实效”的倾向，解决学科交叉融合力度不足、深度不够的问题，通过打造特色课程群、凝练特色科研方向以及构建特色大平台等系列举措，进一步凸显学科专业的“农化”特色。同时，建立健全“农科教”融合机制，化解学生在运用化学知识解决农业农村实际问题时所面临的意识与能力不足问题，在为国家和社会培养具有“知农爱农”情怀、“强农兴农”本领且拥有丰富农业背景的复合应用型化学类专业人才等方面，积累了丰富的经验。

1 顶层设计引导，以专业人才培养方案修订为契机，构建“农科教”融合育人机制

学院秉持“特色兴院”战略，遵循“交叉融合”基本理念，依托学校农科优势，修订应用化学、材料化学、功能材料和化学工程与工艺等专业的2020版培养方案，通过落实“化学+农业+N”学科交叉融合路径，构建各专业“农化”特色课程群，并培育系列富有农化特色的创新实践活动常态化推进；鼓励教师积极融合现代信息技术，基于“线上”平台资源和“线下”翻转课堂，提升学生学习主动性及学习效果；推动“思专”融合，让学生掌握扎实的专业知识，厚植“三农”情怀；构建“农化”特色学科方向与平台，深耕科研特色，推进“科教融合”，将学科及科研资源反哺人才培养，提升学生综合运用化学知识和技能解决复杂农业问题的本领；构建校企(地)共建的实验(训)大平

台,做好人才引育、资源配置、绩效分配、岗位考核与聘任等方面政策的顶层设计,为培养服务于农业农村现代化发展的农业背景丰富的化学类复合应用型专业人才营造良好条件。将人才培养定“性”在应用,定“向”在行业,定“格”在特色,具体方案如图1所示。



图1 “农科教”融合的育人思路示意图

1.1 设置“农化”特色鲜明的课程群,“思专”融合,丰富专业知识、涵养“三农”情怀

依托专业人才培养方案修订,重塑以通识基础课、学科基础课、专业核心课为三大平台,以创新创业教育体系与实践教学体系为两大支柱,以专业拓展课和素质提升课为两大模块的“3平台-2模块”课程体系(图2)。



图2 “3-2-2”课程体系支撑农业背景丰富的化学专业应用型人才培养示意图

以特色化、差异性办学为关键突破口，顶层设计各专业特色课程群，以化学与农业学科交叉为主，涵盖与食品、生命科学、信息、材料等学科的交叉融合，设置系列“化学+”课程模块，突出化学化工在农业科技等相关领域的应用价值，彰显农业院校化学类专业的“农化”特色(见表1)。例如：应用化学专业设置的“应用化学专业实验”，112学时，其实验项目内容全部设置为综合/设计型实验，包括小分子纳米材料对种子生长的影响、生物传感器的制备及其在农药残留分析中的应用等。为材料化学专业设置的“材料制备与性能测试综合实验”，64学时，其实验项目涵盖农用地膜的制备及性能检测、木质素熔融纺丝制备碳纤维及其力学性能测试等。所设置的课程内容不仅体现学科交叉融合，还积极融汇学科前沿知识，突出“农用化学”特色。同时，积极引导教师充分利用现代信息技术，基于线上资源的积累，推行以学习者为中心的教学模式创新，推行“思专”融合、“双线”并驱模式，在落实专业教育的同时，有效涵养学生的“三农”情怀。通过思政教育和专业课程教育的深度融合，培养学生“知农爱农为农”强烈意识，积极投身于服务农业的实践之中。如2024届本科毕业生的就业信息显示，涉农相关企业就业人数占当年就业总人数的25.7%。

1.2 打造高效、协同的实验实践教学体系和“双创”教育教学体系，科教融合，提升学生创新实践能力

面对农业创新发展新要求，农业院校需进一步强化学生的创新意识、创新能力和科研素养，以培养出能够适应未来农业发展趋势、具备解决农业实际问题能力的专业人才。科教融合作为一种高效的教育模式，其本质正是协同创新和协同育人^[6]。青岛农业大学化学与药学院构建了以学生能力提升为中心，以实验实践教学和创新创业教育为两大支柱，涵盖实施途径、条件支撑和质量保障三维管理的“一中心二支柱三维管理”的实验实践教学体系^[7]，旨在精准服务于“新农科”背景下复合应用型人才的培养目标。该体系的核心内容是实验实践教学内容体系，特色是“工农”融合。各专业主动对标普通高校教学质量国家标准以及工程教育认证标准，增加工科课程类型及学时(见表1)，增加实验实践课程学时比例。立足于学科专业前沿，结合学院科研实际，主动将科研成果转化为实验项目内容，提升综合性、设计性、创新性实验项目数量和质量，拓展实验(训)教学内容的广度和深度，在专业实训中让学生沉浸式体验文献查询与整理→方案设计→实验开展→结果整理→报告整理与汇报的全过程，培养学生的科学探索精神，强化学生工程综合实践及创新能力培养。比如：为材料类专业学生开设的“二氧化碳基新材料研制及其载农药纳米粒子大田杀虫虚拟仿真实验”“二氧化碳基生物降解农用地膜的制备及大田应用虚拟仿真实验”，均来自于科研成果转化并培育成功的省级一流课程。

同时，学院聚焦“双创”教育教学体系的顶层设计，打造了“课程链”“实践链”“平台链”三链衔接、梯级递进、全过程融合实施的“专创融合”创新创业教育生态链，使其成为复合应用型人才培养的拉动力量^[8]。首先，通过“第一课堂”理论及实验(训)教学，“分层次”推进“双创”课堂教育教学，体现“面向全体、分类施教”原则。其次，基于科教融合打造“第二课堂”，搭建了“多级联动”的“双创”实践链，涵盖专业(学科)竞赛、项目实训、创业实践与项目孵化等环节。这一链条以学生为主体、导师为指导、项目为驱动，充分激发学生的创新潜能和创业热情，有效提升了学生基于专业素养之上的“双创”能力。学院高度重视思政教育与“双创”教育深度融合，着力将思政元素渗透至“双创”活动各环节。比如，学院积极寻求与企业(尤其是农化企业)合作，将“双创”教育延伸至“第三实践课堂”，使学生深入了解行业现状与需求，增强其社会责任感、服务意识及专业实践能力；还积极引导学生参与教师的涉农特色科研课题及以“三农”为主题的专业社会实践和志愿服务活动，增强其服务“三农”的使命感和责任感^[9]。学生创新实践能力提升效果显著。以功能材料专业为例，学生在2021年(2023届毕业生为主力)和2022年(2024届毕业生为主力)主持或参与“双创”项目分别为26项、52项，参与人数达70及134人次，分别占本专业2023年和2024年毕业生人数的111%及216%。2024年该专业学生获全国大学生生命科学竞赛一等奖2项，二等奖1项，第十四届“挑战杯”山东省大学生创业计划竞赛金奖1项。

表1 各专业课程设置情况一览表

专业	突出工科及创新实践能力课程群	学科交叉的“农化”特色课程群
应用化学	农用化学品制备工艺、化工安全与环保、化学反应工程、精细化工工艺学、精细化工设备与自动化、绿色化学与化工、化工原理课程设计、精细化工工艺学课程设计、技术经济与管理等、化工原理实验、化工操作实践、化工生产仿真实习、金工实习、应用化学专业综合实习等	化学+农业：农药化学、农药制剂学、农药毒理学、农药综合实验、农用精细化学品； 化学+环境：环境化学与监测、农业土壤化学、工业分析； 化学+食品：食品化学与分析、农兽药残留分析； 化学+信息：计算机在化学中的应用、波普解析、Python语言程序设计； 化学+材料：农用高分子材料、电化学基础、工业催化； 化学+生物：基础生物化学、天然产物化学、化学与生物传感器； 其他学科交叉课程：应用化学专业导论课，应用化学综合实验，应用化学专业创新思维训练等
材料化学	材料工程基础、材料热力学与动力学、工业催化材料、计算材料学、绿色化学与化工、材料化学专业综合实习等	材料+农业：农用高分子材料、农用新材料、材料表面与界面化学、农用缓释材料、材料合成与制备技术、高分子化学与物理、农业精细化学品化学、生物质炭科技与工程； 材料+环境：生物传感材料、化学分析与分离、环境化学与监测、材料腐蚀与防护、材料分析测试方法； 其他学科交叉课程：材料化学专业导论课程，材料化学虚拟仿真实验等
功能材料	材料性能学、生物质炭科技与工程、化学电源技术及其应用、半导体器件工艺、材料研究与测试方法、生物材料制备与加工、控制释放理论与应用、功能材料专业综合实习、金工实习等	材料+生命：高分子化学与物理、生物材料学、生物医用高分子材料、口腔生物材料学、可降解与可吸收材料、材料毒理与生物学性能评价； 材料+能源：新能源材料与器件、半导体物理学、燃料电池材料与器件、光伏材料学、新型电化学能源材料、材料腐蚀与防护； 材料+信息：计算机在材料科学与工程中的应用、实验设计与处理、文献检索与科技论文写作； 其他学科交叉课程：功能材料专业导论课，材料化学性能等材料制备与性能测试综合实验等
化学工程与工艺	化工安全与环保、化学反应工程、化工热力学、化工设计、化工分离过程、化工系统工程、化工过程控制技术、化工原理课程设计、化学工艺学课程设计、化工操作实践、化工生产仿真实习、化工生产实习、技术经济与管理等	化工+农业：农用化工产品开发、农用化工机械、农用材料的设计与生产、农产品的储存与加工、生物发酵工程、天然产物化学； 化工+材料：化工防腐与材料选择、海洋生物化工、海洋化工产品加工技术学、生物质炭科技与工程、能源化学工程概论、绿色化学与化工、精细化工工艺学； 其他学科交叉课程：专业导论课、化学工程与工艺专业综合实验等

2 依托学校农业学科优势，实施“化学+”路径，打造“农化”特色鲜明的学科体系，赋能时代需求的复合应用型化学类专业人才培养

在“四新”建设发展背景下，引导教师勇于面对挑战，准确识变、科学应变、主动求变，推进“化学+农学、化学+生科、化学+食品、化学+材料、化学+信息”等学科交叉融合机制，让学科之间

发生神奇的“化学反应”，培育新的学科生长点。目前，学院着力建立了三大科研系统：① 有机合成-生物药中间体加工-农用生物药创制为一体的科研系统；② 纳米材料制备-生物传感搭建-农药残留分析为一体的科研系统；③ 生物质衍生材料构筑-固氮(碳)应用-效能分析为一体的科研系统。主要围绕药用潜力活性分子的绿色制造及应用，疾病标志物、抗生素及农药残留的快速、高灵敏传感新技术新方法，农用高分子材料与新型纳米功能材料的开发与应用等方向积极开展有组织的科学研究，并在仿生药物及绿色农药创制、农用化学品的合成与工程开发、农用新材料、疾病标志物、食品安全等领域的基础研究上的优势和特色逐渐凸显(表2)。基于三大科研系统，加快科教融合进程，以科研反哺教学，培养学生敏锐捕捉学科前沿和准确把握社会需求的能力，为农业农村现代化发展提供有力的人才支持，增强化学类专业人才在农业领域的适应性和竞争力。

表2 学院各专业的研究方向一览表

专业	特色研究方向
应用化学	化学合成药物(农药、兽药)，生物源药物(农药、兽药)开发，食品安全及农药残留分析，仿生界面与传感，生物纳米探针与分子识别、疾病标志物甄别与检测等
材料化学	绿色生物材料以及碳中和和高附加值产品开发，天然产物提取与生物合成，农用可降解与可回收材料设计与开发，催化材料分析设计与制备技术，光电催化技术，光电纳米材料设计制备与应用等
化学工程与工艺	新型药物合成工艺设计、开发及产品化，农药检测与过程控制工程，精细化工中间体制备与应用，精细化工和制药加工过程，微生物发酵技术，生物分离及加工过程，工业微生物的应用，药物制剂加工技术，绿色催化过程与工艺，生物添加剂等

以学科建设“牵引力”拉动专业内涵发展，以学科交叉视角深化特色专业群建设，学院先后获得山东省应用型特色名校工程重点建设专业群、山东省高水平应用型立项建设专业群的立项建设支持，在此基础上应用化学专业获批国家一流专业建设点，化学工程与工艺专业、材料化学专业获批省一流专业建设点。化学、化工、材料科学三个学科与学院一流本科专业形成相互支撑相互促进的发展格局。2024年学院获批为山东省首批专业特色学院(现代农化科技学院)，化学学科和材料科学学科保持在ESI全球前1%。

3 遵循开放共享理念，打造“两线三面一融通一目标”的特色创新实训大平台，为“教研产”融合营造平台支撑

以教学、科研为主线，通过统筹建设与管理，逐步打破学科专业壁垒，消除“实验室孤岛”现象，达成教学及科研实验室空间资源、仪器设备资源和实验教学资源的集约化、共享化。教学主线上构建了“化学专业群特色实验教学平台、化学学科群实验教学平台、校级公共化学实验教学平台”三层实验(训)大平台，科研主线上打造了“教授科研创新实验平台、院级科研共享平台(含学科特色平台)、学校测试中心(化学学科类功能测试模块)”三层科研创新实训大平台^[10]。近年来，学院还积极整合校外资源，将学生创新实践能力培养延伸至社会(企业)，“务实”于社会需求，并从社会需求中求“实效”，即“一融通”。依托“两线三面一融通”大学生创新实践大平台新布局(图3)，推动资源开放共享。各层面平台之间既分工明确，又相互贯通，相互促进，进而为学生提供了一个全方位、多层次、开放式的创新实践环境，这有利于教学科研的深度融合以及产学研的有机联动，为“产科教”融合赋能“农化”特色鲜明的专业人才培养提供了坚实平台支撑，有效推进了具有创新精神和实践能力专业人才培养目标的实现。

例如，学院在生物传感技术的研发与应用、有机功能分子设计与应用、生物制药技术、绿色化工技术、农用高分子材料、新能源材料开发与利用等领域的科研团队创新实验室平台建设，彰显了

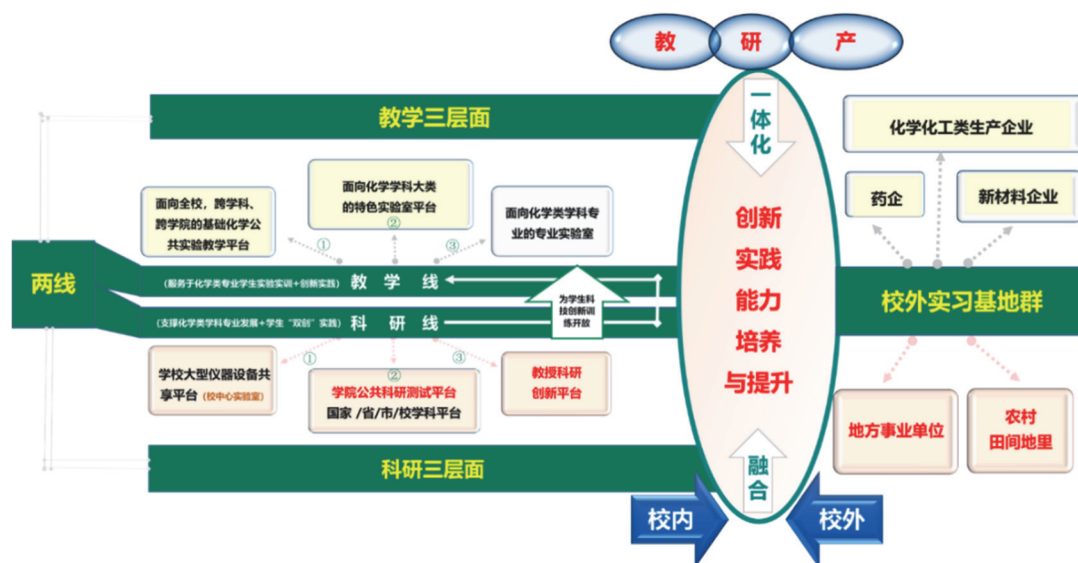


图3 “两线三面一融通”的创新实验(训)大平台布局

学院的“农化”特色与优势。其次，学院还聚焦农用生化药物研发、农业循环经济材料开发与利用，打造了农化特色鲜明、优势突出的学科平台作为学院科研共享平台的有效补充与有力支撑，包括：农用生物药创制技术国家地方联合实验室、山东省生物农药工程技术研究中心、山东省农用药物绿色创制与应用特色实验室、山东省农业碳中和技术工程研究中心、青岛市农用循环经济材料工程研究中心等地厅级及以上学科平台。“一融通”的内涵是实现校内外资源的有效融合，例如，学院与海利尔药业集团股份有限公司共建绿色农用药物创制研究院，签订了战略性框架协议，实现了人才培养、实验室建设与科研合作的全方位合作；与青岛瀚生生物科技股份有限公司联合建立高效低残留环保型农药山东省工程研究中心；与青岛海湾集团有限公司、鲁南制药集团股份有限公司、山东德晋新能源科技有限公司等单位建设了系列合作基地，形成了农化特色鲜明的实习基地群。通过建立健全基地的共建共享机制，畅通了校内外信息、资源和人员的流通渠道。此外，学生通过专业社会实践活动深入基层锻炼，比如，近年来学院“绿之益社团”结合“农化”专业特色与优势，聚焦“农药包装废弃物”的处置，深入山东10余个地市开展了“三农”主题的社会实践和志愿服务^[9]，成效明显。

4 建立健全“聚人才、建团队、强科研，塑特色，促发展”的管理体制机制，保障“农科教融合”的机制化建设与可持续发展

通过建立和完善体制机制，保障学科专业一体化推进，凝练学科专业特色，夯实师资队伍和平台建设支撑，践行产出导向和能力本位的教育理念，依托学校农业学科优势，着力培养“农化”特色鲜明的复合应用型化学类专业人才，满足现代农业发展对化学类专业人才的多元化需求。

4.1 夯实组织保障

设置办公室以及三系一实验中心，配置有学术分委员会、教授委员会、教学指导委员会、学位评定分委员会等组织，通过协调联动，形成高效推进合力：把握“重内涵、强特色、提质量”的政策导向，积极开展人才引进、资源配置、绩效分配、岗位考核与聘任等工作的顶层设计，建立起以质量为导向、内涵提升为重点的体制机制，夯实教师成长平台的“坚实度”，助力教师能力提升，持续提高教育教学质量；拓展课堂教学“宽广度”，建设“强创新、勇实践、重应用”的“三课堂”联动机制，使创新创业教育理念、实践环节与专业教育深度融合，共同指向“农化”特色鲜明的复合应用型化学类专业人才培养这一核心目标，有效促进学生综合素质的稳步提升。

4.2 夯实政策保障

构建“学校-学院-系-专业”四级教学管理制度，建立起一套科学、规范的教学质量管理体系，涵盖专业建设、教学改革、教学质量评价等方面，保证学院教学管理工作有规可依、有序进行；制订了一系列关于实践、实习、双创、竞赛等活动的管理办法，确保“双创”教育与专业教育深度融合，切实提升学生基于专业素养之上的创新创业能力；建立健全系统的教师发展支撑制度，涵盖师德师风建设、岗位考核与聘任、绩效考核、评先评优等重要环节，切实提高教师投身教学、指导学生参与创新实践活动的主动性、积极性。如将指导学生的科研创新实践活动取得的成绩作为教师申报职称的门槛条件，将指导学生参与创新项目、竞赛所获得的成绩纳入教师岗位考核与聘任的指标体系，并将指导成绩纳入教师奖励绩效，从而形成了有效的激励机制。

5 结语

学院基于国家“四新”建设背景，立足于复合应用型化学类专业人才培养需要，秉持“强化优势、打造特色、整合资源、突出重点”的原则，积极促进化学、材料、化工与农业及相关学科之间的交叉融合，打造了“农化”特色鲜明的课程平台，优化了“实验实践教学体系”和“创新创业教育体系”两大支柱体系；遵循开放共享理念，打造“两线三面一融通一目标”的创新实验(训)大平台，形成了多层次的立体开放、富有特色和活力的实验(训)大平台；依托校内外师资力量与平台资源，构建“农科教”融合的育人机制，营造了研究性教学、探索式学习的良好氛围，促进了学生实践能力及创新能力的高效培养与效果提升。在特色凝练、“思专创”融合及“产科教”协同育人、开放平台的建设与管理、大学生科技创新实践活动组织与实施等诸方面积累了丰富的经验，为同类高校培养“新农科”背景下具有“农化”专业背景的复合应用型人才的培养提供了有效借鉴。

参 考 文 献

- [1] 焦新安, 俞洪亮, 杨国庆, 张勇. 中国大学教学, **2020**, No. 5, 22.
- [2] 舒展霞, 饶震红, 杜凤沛. 大学化学, **2023**, *38* (3), 155.
- [3] 张树永, 丁玉强, 杜凤沛, 苑世领, 郭今心. 大学化学, **2023**, *38* (3), 1.
- [4] 饶震红, 张晨辉, 杜凤沛. 大学化学, **2022**, *37* (8), 1.
- [5] 牟少岩, 刘焕奇, 李敬锁. 高等农业教育, **2020**, No. 319, 7.
- [6] 董涵琼, 刘辉, 赵醒村. 医学教育管理, **2019**, *5* (2), 129.
- [7] 龚良玉, 王杰, 杜丰玉, 王修中, 徐鲁斌, 宋祖伟, 颜世海, 潘维, 刘福恒, 赵玉婷. 大学化学, **2023**, *38* (2), 46.
- [8] 龚良玉, 辛鑫, 王修中, 王海霞, 王杰, 田保玲, 董冬旗, 黄海红, 王辉, 赵玉婷. 大学化学, **2023**, *38* (11), 1.
- [9] 王海霞, 黄海红, 熊久晴, 龚良玉. 高等农业教育, **2023**, *4* (2), 45.
- [10] 龚良玉, 王杰, 杜丰玉, 徐鲁斌, 马传利, 颜世海, 宋祖伟, 刘福恒, 王修中. 大学化学, **2024**, *39* (4), 26.