

农科特色有机化学课程的教学探索与实践

万福贤, 李映, 张元红, 朱树华, 徐静, 王艳芳*, 张丽丽*

山东农业大学化学与材料科学学院, 山东 泰安 271018

摘要: 立足高等农林教育, 从教学案例、教学方法、教师团队建设等方面对有机化学课程教学进行了探索和实践。教学实践表明, 激发了学生的学习兴趣, 拓展了学生的视野, 助力学生领略了有机化学研究前沿(尤其是与农科交叉融合应用前沿)魅力, 培养了学生的文化素养、职业素养和科学素养, 塑造了学生“知农爱农”的情怀, 厚植了学生的家国情怀; 实现了知识传授、能力培养与价值引领的同向同行和交相辉映, 有效解决了公共基础课与专业教育需求不能完全匹配的问题, 充分发挥了课程在农科人才培养中的作用。

关键词: 有机化学; 农科; 案例教学; 课程思政; 交叉融合创新

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Teaching in Agricultural Characteristic Organic Chemistry Course

Fuxian Wan, Ying Li, Yuanhong Zhang, Shuhua Zhu, Jing Xu, Yanfang Wang*, Lili Zhang*

College of Chemistry and Material Science, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China.

Abstract: Based on higher agricultural and forestry education, we have explored and practiced the teaching of organic chemistry course from aspects such as teaching cases, teaching methods, and teacher team building. The teaching practice has shown that it has stimulated students' interest in learning, broadened their horizons, and helped them appreciate the charm of frontier research in organic chemistry (especially the cross-integration with agricultural science). It has also cultivated students' cultural literacy, professional competence, and scientific literacy, shaping their passion for agriculture and the country. The teaching approach has achieved the integration of knowledge imparting, competence development, and value-oriented guidance, effectively addressing the issue of incomplete alignment between public basic courses and professional education needs. It has fully played the role of the course in the cultivation of agricultural science talents.

Key Words: Organic chemistry; Agricultural science; Case method; Ideological and political education; Cross-fusion innovation

2019年9月5日, 习近平总书记给全国涉农高校书记校长和专家代表的回信中寄语涉农高校师生: “以立德树人为根本, 以强农兴农为己任, 拿出更多科技成果, 培养更多知农爱农新型人才, 为推进农业农村现代化、确保国家粮食安全、提高亿万农民生活水平和思想道德素质、促进山水林田湖草系统治理, 为打赢脱贫攻坚战、推进乡村全面振兴不断做出新的更大的贡献^[1]。”习总书记的重要

收稿: 2023-08-08; 录用: 2023-10-20; 网络发表: 2023-11-14

*通讯作者, Emails: wyanfang@sdau.edu.cn (王艳芳); llzhang@sdau.edu.cn (张丽丽)

基金资助: 山东省高等教育本科教学改革研究项目(M2020284); 中华农业科教基金课程教材建设研究项目(NKJ202102039); 山东化学教指委教学改革研究项目(SDHX-YB-2022-13); 山东农业大学教学改革研究项目(XM202231, S2021048, XM202046, S2021050, S2021049, XM202161); 山东农业大学2022年校级课程思政示范课程——有机化学

回信为新时代高等农林教育创新发展提供了根本遵循和行动指南。涉农高校应以习总书记重要回信精神为指引,坚持立德树人根本任务,为国家培养“知农爱农、强农兴农”新型人才,为农村农业高质量发展提供坚实的人才支撑。

有机化学与农业、生命科学等学科有着密切且广泛的联系,其发展为农业、生命科学等学科的可持续发展提供坚实的理论和材料基础及技术支持,在农科人才培养体系中有着举足轻重的地位^[2,3]。山东农业大学有机化学课程每学年面向全校9个学院近30个专业(农学、种子科学与工程、制药工程、生物技术、食品科学、动物医学等)的2800余名学生进行授课,是一门专业覆盖面广、受众多的核心公共基础课程。

1 农科特色有机化学课程建设的出发点

1.1 新高考背景下农科新生化学基础学情分析

开课伊始,随机对我校2021级部分农科专业学生进行了问卷调查(图1),结果显示有31.68%的新生高考未选化学科目,仅有11.29%的学生认为中学所学知识能够满足大学学习需要,课程理论较抽象叠加学生基础薄弱等因素,使得很大一部分学生对课程的学习产生了畏难甚至厌学情绪^[4,5]。此外,还存在部分农科类学院管理者和师生对公共基础课重视程度不高甚至带有偏见的现象。通过课程改革调动学生的学习积极性和主动性是任课教师首要解决的命题^[6]。

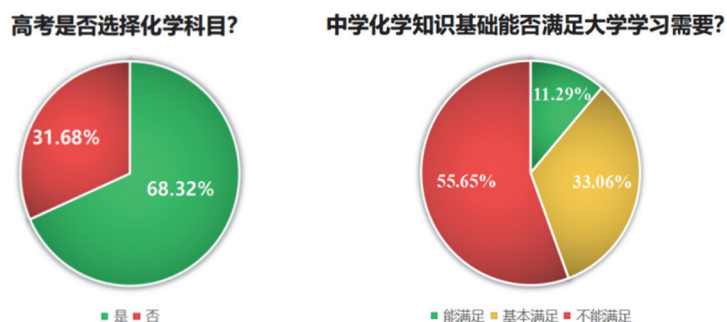


图1 2021级部分新生化学基础学情调查问卷结果

1.2 以课程思政建设为契机推动农科特色有机化学课程建设

农科有机化学课程不是简单的将综合性大学有机化学课程内容的删减,而是要结合学校特色、学生学情,以解决公共基础课与专业教育需求不能完全匹配的问题、打通公共基础课与专业教育协同育人的路径、充分发挥公共基础课在农科创新型人才培养中的作用为教学目标,以课程思政建设作为促进教学改革、推动教学质量提升的有力抓手和切入点,在教学案例、教学方法、教学团队建设等方面进行有效的探索与实践,旨在为课程注入新的活力,深化课程的内涵和功能^[7,8](图2)。



图2 农科特色有机化学课程体系

2 结合特色, 多途径、多方位融入教学案例

2.1 讲好中国古代化学史故事, 坚定文化自信

我国古代劳动人民认识、利用有机化合物的信息被浩如烟海的古文献资料记载或文物承载, 展现了中国传统科学文化的优秀基因, 反映了我国古代劳动人民的奋斗史, 蕴藏了中国智慧, 彰显了中华民族推动人类文明发展进步的大国责任和担当^[9]。从中国传统优秀文化的视角学习古代化学文明成果(表1), 焕发了课堂生机, 激发了中华优秀传统文化的生机与活力, 实现“知其然知其所以然”, 师生深刻感悟“观历史知未来”的哲学道理, 深刻感悟中华五千年文明的精神和力量, 体验和认知中华文化的价值和精神传承, 不断从中华优秀传统文化中汲取智慧, 阐明中国道路的深厚文化底蕴, 增强历史自信, 坚定文化自信, 增强民族自豪感, 达到鉴古励今^[10]。

2.2 讲好当代中国取得的辉煌成就故事, 弘扬新时代精神

新中国成立以来, 在有机化学领域取得了一系列举世瞩目的成就, 比如20世纪60年代的人工合成牛胰岛素、70年代抗疟药物青蒿素的研究, 以及近年来在不对称合成、复杂天然产物全合成、合成生物学、交叉偶联反应等领域的突破性进展。在教学中讲解我国在有机化学领域的重要进展, 不仅向学生传递了有机化学前沿研究领域的精彩, 还能体现中国智慧对世界的贡献, 展示了中国精神、中国力量和中国风度, 以此加深学生对我国科技强国发展理念的理解, 增强学生对中国特色社会主义的“四个自信”。例如: 中国科学家在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成; 中国具有完全自主知识产权的口服抗新冠药物——阿兹夫定; 李闯团队实现著名抗癌天然药物紫杉醇的高效全合成。

2.3 讲好科学家故事, 弘扬科学家精神

19世纪初, 有机化学发轫于对自然界有机生命体化学组成的探索, 经过200余年的发展, 已经成为一门内容丰富、涵盖面广、充满活力的学科。有机化学的发展历程凝聚了无数中外科学家的智慧和辛勤汗水。“高山仰止, 景行行止。”师生共学、共悟科学家精神, 既能提升教师自身的师德修养, 又可以让科学精神在学生心中破土发芽、枝繁叶茂, 并成为学生人生发展的新航标。例如: 范特霍夫的立体化学人生; 中国现代有机化学的先驱者之一——庄长恭, 庄教授的至理名言: “科学研究不是靠运气的, 必须要有坚强的毅力、严谨的态度和敏锐的观察, 才能获得成就^[11]。”这句话将永远激励各时期的学子前行; 中国有机合成化学的奠基人——黄鸣龙, 黄教授曾讲过: “搞科研不能像蜻蜓点水, 而要像蜜蜂采蜜, 做实验要认真观察, 在反应中出现异常情况, 要追根到底弄明白反应结果^[12]。”这种孜孜以求、仔细认真、严谨的科学态度和治学精神值得我们学习。

2.4 讲好经典农药的故事, 增强生态环保理念

众所周知, 农药是现代农业的重要组成部分, 但也是一把双刃剑, 若在农业生产中科学合理地使用农药, 则有助于保障粮食增产稳收、农民增收和农产品有效供给; 若使用不当, 则会严重威胁生态环境和人类健康。随着科技的不断发展和进步, 人类对农药的辩证认识也不断提高, 逐步淘汰了高毒高风险的农药, 推动研发高效、低毒的生态环保型农药。通过讲解部分经典农药的故事, 激发学生的学习兴趣, 引导学生探究有机化学与农药之间的密切联系, 引导学生科学辩证地看待农药, 助力学生了解环保型农药的发展趋势, 增强学生生态环保意识, 提高学生辩证思维能力。在大学生实践活动中, 以“科学用药、合理用药”为主题的科学宣传活动颇具农业特色, 有机化学任课教师为学生提供学术支持, 帮助学生在服务社会、回报社会和奉献社会中历练成长, 在学以致用、知行并进的过程中塑造学生“知农爱农”的情怀, 提升学生“强农兴农”的本领。例如: 由盛转衰的滴滴涕(DDT), 美国环境保护署自1972年开始禁止使用DDT, 中国政府于1985年明令全部禁止使用DDT^[13]; 溴甲烷熏蒸剂与大气臭氧层保护, 中国政府从2019年1月1日起, 在农业生产上全面禁止应用含溴甲烷产品, 实现了中国政府履行国际臭氧层保护公约的目标, 向国际社会彰显了中国政府负责任大国的形象; 中国第一个具有自主知识产权的超高效绿色除草剂——单啞磺隆(为中国农药“正名”的“南开先生”——李正名)。

表1 含有机化学信息的优秀传统文化案例

知识点	部分传统文化记载	涉及章节
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 乙醇	“辨四饮之物，一曰清，二曰医，三曰浆，四曰醕”——《周礼》	绪论 醇酚醚
 茜草素	“缟衣茹蘆，聊可与娱”——诗经《国风·郑风·出其东门》	绪论 醇、酚、醚 醛、酮
 麝香酮(3-甲基十五烷酮)	“晚堕兰麝中，休怀粉身念”——杜甫《江头四咏·丁香》	绪论 醛、酮 环烷烃
CH_3COOH 乙酸(醋)	“醕人掌共醕物”——《周礼》 “四月四日可做酢，五月五日也可做酢”——东汉《四民月会》	绪论 羧酸及其衍生物
蔗糖	“脍炙炮羔，有柘浆些”——屈原楚辞《招魂》	绪论 碳水化合物
薄荷醇	“神农取辛苦，病客爱清新”——彭汝砺《薄荷》	环烷烃 萜烯
造纸	“汉代已有幡纸代简”——苏易简《纸谱》	绪论 碳水化合物
蜡烛	“秦始皇墓，以水银为百川江河大海，以人鱼膏为烛，度不灭者久之”——《史记》	绪论 羧酸及其衍生物
甘露醇	“愚按：作柿干法，生柿搯去厚皮，捻扁，向日曝干，内于瓮中，待柿霜俱出，可食，甚凉”——王祯《农书》 “今人谓之柿饼，亦曰柿花，其霜谓之柿霜”——李时珍《本草纲目》	绪论 醇、酚、醚 碳水化合物
青蒿素	“青蒿一握，以水二升渍，绞取之，尽服之”——《肘后备急方》	绪论 醇、酚、醚 羧酸及其衍生物
没食子酸	“看药上长起长霜，则药已成矣”——《本草纲目》	绪论 醇、酚、醚 羧酸
乌头碱	《神农本草经》乌头条说：“其汁煎之名射罔，杀禽兽”	绪论 杂环化合物

2.5 讲好科学认识毒品故事，树立禁毒意识

毒品严重危害人类的身心健康，对个人、家庭和社会具有严重的危害，从长远来看，还会影响民族素质的提高，是严重威胁人类生存、发展的大敌。无论是来自于毒品原植物的传统毒品还是通过合成得到的新型毒品，从本质上来讲，都是化学物质或化学物质的混合。通过科学认识毒品的教学活动，让学生了解毒品知识，深刻认识和理解毒品的危害，提高明辨是非的能力，做到珍爱生命、远离毒品，作为新时代的大学生更应该做好拒毒禁毒的宣传工作。例如：在讲解含氧官能团化合物时引入“一字之差的4-氨基丁酸(GABA)和4-羟基丁酸”案例；在讲解杂环化合物时引入“植物类新型毒品——迷幻蘑菇”案例。

2.6 立足山东农大，塑造“知农爱农”的情怀

有机化学与农林学科关系密切，为探索、研究农业科学提供强有力的理论基础和技术支撑。在实践教学中，收集、凝练、推敲学校有机化学与农科交叉融合的应用案例，使学生深刻领悟有机化学与农林学科深度交叉融合创新的精彩，激发学生学习兴趣，借身旁接地气的鲜活案例培养学生“知校爱校荣校”和“知农爱农”的情怀，提升学习农科专业的自豪感、成就感和自身价值实现感，塑造“学农兴农强农”的家国情怀，提高学生服务国家、服务人民的社会责任感。

案例1 孔令让团队找到小麦“癌症”克星。孔令让团队经过20多年的持续研究，首次从小麦近缘植物长穗偃麦草中克隆出抗赤霉病基因Fhb7，解释了其解毒的分子机理，对于我国小麦种质创新具有十分重要的科学价值与现实意义，为守护“中国粮”贡献了山东农大力量，展现了山东农大教师在农业科研领域“埋头苦干、勇挑重担、永不懈怠、一往无前”的泰山“挑山工”精神，是山东农大师生建功新时代的楷模。镰刀菌侵染小麦后分泌呕吐毒素(DON)，是小麦赤霉病危害严重的重要因素之一，孔令让团队经过长期有机分子实验和高分辨质谱表征，揭示了Fhb7基因编码谷胱甘肽S-转移酶催化谷胱甘肽(GSH)亲核进攻环氧官能团的碳，打开DON毒素的核心毒性结构——环氧基团，形成谷胱甘肽加合物(DON-GSH)，从而产生解毒效应^[14](图3)。

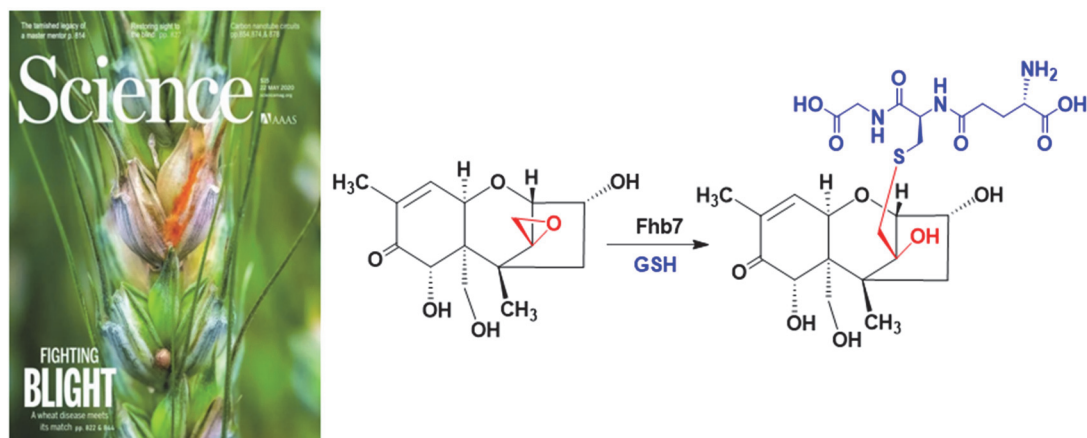


图3 孔令让教授发表在Science上封面文章与涉及的化学反应

案例2 优秀毕业生连磊研发的具有完全知识产权的除草剂。山东农大校友连磊(2003级农学专业)和庄润青(2001级植保专业)带领团队奋斗数年，成功研发了具有完全知识产权的对羟基苯基丙酮酸双氧化酶(HDDP)抑制剂类除草剂(环吡氟草酮、双唑草酮和苯唑氟草酮)和羟基苯基丙酮酸双氧化酶(HPPD)靶标抑制类除草剂(三唑磺草酮)，这些新化合物成功应用于农业生产，对中国乃至全世界的粮食安全生产和供应具有深远的意义。优秀毕业生勇于担当、勇于创新、奋斗拼搏、爱岗敬业的品质有着深深的山东农大烙印，是山东农大学子建功新时代的榜样。

3 教学方法

通过线上线下混合式教学，将“教与学”的指导过程渗透在课前、课中和课后三个环节中，教学过程实现了“看得见老师、看得见学生、看得见教学过程与效果”的闭环式教学，很好地拓展了教学的时空维度(图4)。有机化学与农业学科密切联系，为学科交叉融合类教学案例提供了丰富的资源。

3.1 课前导学阶段(线上为主)

3.1.1 不断丰富和完善智慧树平台在线课程导学资源

注重推送图片类、视频类等可视化学习资源；注重推送与农科交叉融合创新的前瞻性、扩展性、应用性的案例；注重根据学生专业类别进行精准推送(例如，孔令让团队找到小麦“癌症”克星案例

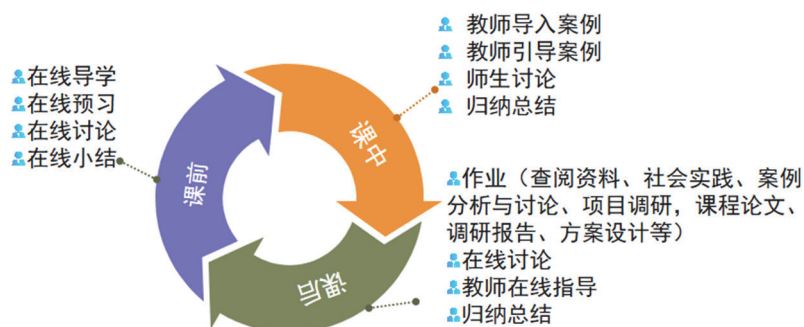


图4 全方位多维度课程案例融入模式

被主要推送给农学、植物科学与技术、种子科学与工程等专业学生；溴甲烷的淘汰史案例被主要推送给植物保护、制药工程等专业学生；牛群产生甲烷导致温室效应及对策教学案例被主要推送给动物医学、动物科学等专业学生；优秀校友郭兆将破解“超级害虫”烟粉虱为害600多种植物的分子机制案例被主要推送给生物科学、植物科学、植物保护等专业学生；榴莲中的臭味分子案例被主要推送给食品科学与工程、食品质量与安全等专业学生），实现同课异构，提高案例学习的针对性，提升学习效果。

3.1.2 优化课前学习互助和研讨活动

任课教师就教学案例的重点、难点、融合交叉点进行合理引导。例如，孔令让团队找到小麦“癌症”克星这一教学案例，教师首先引导学生学习醇酚醚章节环氧化合物和醛酮章节 α,β -不饱和酮的结构与性质，然后引出引起小麦赤霉病的主要元凶——呕吐毒素(镰刀菌群侵染谷物后产生天然毒素)的结构、毒性官能团、解毒方法及原理(涉及的有机化学反应类型)，最后引导学生领悟习近平总书记“农业现代化，种子是基础，必须把民族种业搞上去”的讲话精神，启发学生感悟有机化学在分子育种中的重要作用，从而唤起学生对有机化学和分子育种专业的学习兴趣。鼓励学生以学习小组的形式完成课前线上学习，就学习中遇到的问题和收获在组内、组间讨论交流，教师就小组汇总后提交的典型问题予以解答或共同探讨。

3.2 精心设计以学生主动参与性学习为主的课堂教学

教师依据学生在课前学习中遇到的无法自行解决的问题进行梳理，设计讲解纲要，鼓励学生小组根据讲解纲要进行讲解，教师引导学生对关键知识点进行讨论，教师对学生无法准确理解的知识点进行补充性讲解，从而提升学生的自主学习能力。例如，孔令让团队找到小麦“癌症”克星这一教学案例，教师结合醇酚醚、醛酮章节的授课情况，挖掘凝练教学案例中涉及的环氧化合物亲核加成反应、 α,β -不饱和酮的迈克尔加成反应、呕吐毒素的化学结构、谷胱甘肽(GSH)的化学结构、Fhb7基因编码谷胱甘肽S-转移酶催化谷胱甘肽(GSH)对呕吐毒素上的环氧官能团亲核加成而产生解毒效应等知识点，引导学生自主学习和讲解，采用“生讲生评师评”的方式，对学生讲授及学习效果及时做出点评，确保学生对相关知识的理解和掌握。

3.3 课后巩固和任务阶段(线上为主)

教师根据授课情况布置课后任务，学生在课后以小组形式通过查阅文献资料、向农学相关专业教师或学长学姐请教、讨论等环节，在巩固课堂学习内容的基础上撰写并提交课程论文或报告，教师通过在线课程讨论区，回答学生在完成课后任务时遇到的问题，点评、评选和展示优秀课程论文。教师引导和鼓励参加各种有机化学与农科交叉融合创新的线上、线下学术讲座或会议，了解学科交叉融合创新的研究前沿和热点问题，感悟学科交叉融合创新的魅力。教师引导和鼓励参加各类大学生科学研究训练项目或大学生创新创业大赛，以有机化学的视角观察农科专业中的问题，以有机化学的原理和知识解决农科专业的问题，实现学以致用、用以促学、学用相长。

4 培育知农爱农型教师队伍, 提升教学质量

习近平总书记考察中国人民大学时强调:“对教师来说, 想把学生培养成什么样的人, 自己首先就应该成为什么样的人^[15]”, 打造高素质的知农爱农型教师团队是“知农爱农、强农兴农”人才培养的重要保障。

教学团队有20名教师, 虽然90%以上具有博士学位, 但是存在学科背景较大差异的问题(仅5名教师研究生阶段为有机化学专业), 因此部分教师还不能全面地了解有机化学领域的知识和最新进展(尤其是有机化学与农学深度融合的前沿研究), 无法灵活自如地开展具有农科特色有机化学课程及思政教学, 教学能力亟待提升。

基于此, 一是引导教师从科研中找教学, 鼓励教师在自己熟悉的学科领域挖掘教学案例、进行特色案例教学研究。例如: 开展了自主创新农药中的有机化合物、食品安全中的有机化学问题、农业生产中的白色污染问题、垃圾分类回收与资源循环、海洋赤潮发生时的有机毒素等系列微型学术讲座或报告, 实现了科学研究与思政教学的有机融合。二是创新课程组集体学习、研讨、回头审视制度。团队成员通力合作进行课程案例教学设计与实践, 开发出散发着光明和力量、滋养学生想象力和创造力的教学案例, 进而提升课程的吸引力和感染力, 建设了持续更新的农科特色教学案例库。在教学实践中, 注意搜集学生对案例的反馈, 根据反馈的信息, 团队成员集体讨论和研判, 不断对案例进行优化, 提升教学实效。例如, 孔令让团队找到小麦“癌症”克星这一案例, 经过多轮的打磨, 我们发表了以《解“毒”呕吐毒素》为题目的科普文章^[16]。三是鼓励教师参加学校的各类农科科研论坛, 体会有机化学与农业融合发展的魅力, 引导教师从教学中找科研, 拓宽科学研究的深度和广度。例如, 团队成员殷焕顺指导本科生研究了三元2D复合光催化杀菌剂Ag/BiOCl/Bi₂O₂CO₃杀灭禾谷镰刀菌的效果及机理, 为小麦“癌症”的防治提供了新思路, 在*Chemosphere*上发表了相关研究成果^[17]。四是鼓励教师与学生一起从学校“小课堂”走向田间地头, 近距离了解农业, 聆听田间生产和管理知识讲座。例如, 2023年暑假, 山东农业大学组织了以“万名学子联万村, 我为家乡做贡献”为主题的暑期大调研活动, 师生在乡村一线的火热实践中进“万家门”、行“万里路”、解“万家事”, 团队教师精心设计了土壤熏蒸剂的未来之路调研课题(分为溴甲烷的淘汰史、氯化苦的前世今生、新型替代品的研发进展等小课题), 贴近农户了解土壤熏蒸剂的使用情况, 宣传“科学用药、合理用药”, 增强绿色环保意识。五是鼓励青年教师积极参加各项教学竞赛, 通过比赛实现“以赛促教”的目的, 促进青年教师快速成长。近5年来, 团队成员中2人获得学校教学质量一等奖, 2人获得学校教学质量二等奖, 1人获得教育部在线教育研究中心“智慧教学之星”。

5 教学效果

课程结束时, 随机对2021级部分农科专业学生进行了问卷调查, 在学生基础薄弱的不利局面下, 仍有88.37%的学生喜欢有机化学在农业领域的应用案例(图5), 有93.03%的学生认为有机化学对学习农学专业有帮助, 有90.70%的学生认为有机化学课程锻造了自己的三农情怀和家国情怀(图6)。

2021级齐鲁学堂学生这样写道: 通过学习, 让我们探究了现实生活与有机化学的密切联系、领略了有机化学前沿研究的进展、理解了有机化学在农业、医药、材料等领域的应用、开启了认识绚丽多彩的分子世界的大门; 令我们印象深刻的是我国古代劳动人民在有机化学领域的探索和成就, 以及近代中国科学家在有机化学领域的重要进展, 特别是与农科交叉融合领域的精彩成果, 使我们深深爱上了学校和农学专业, 我们要努力学好专业知识, 锤炼过硬的本领, 不负强国兴农使命。

综上所述, 农科特色有机化学教学使得课程充满了生机和活力, 能激发学生的学习兴趣, 营造良好的学习氛围, 同时塑造了学生“知农爱农”和家国情怀。

6 结语

作为高等农林教育工作者, 我们站在新时代的大舞台, 面向国家农业发展战略需求, 秉承“立

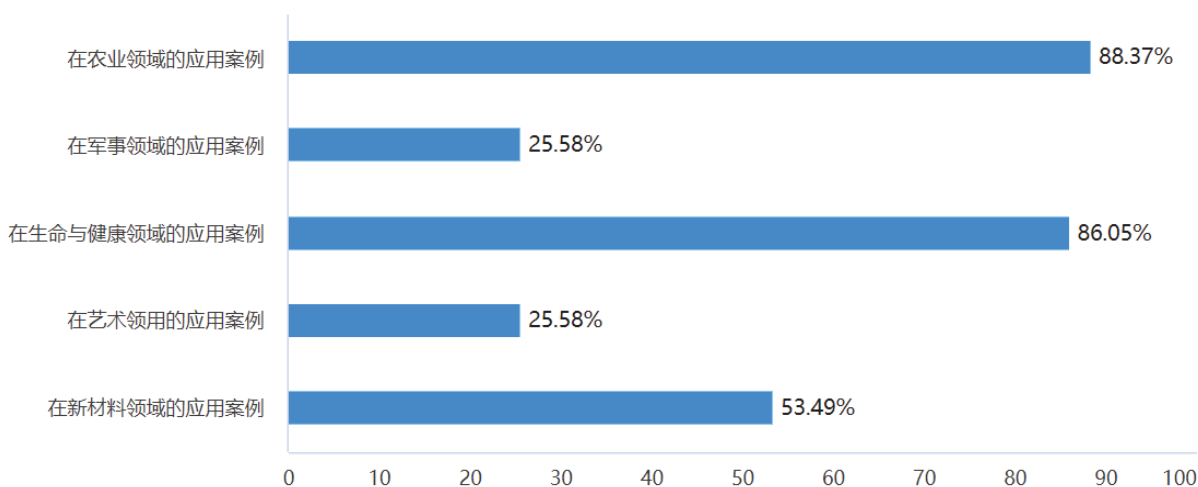
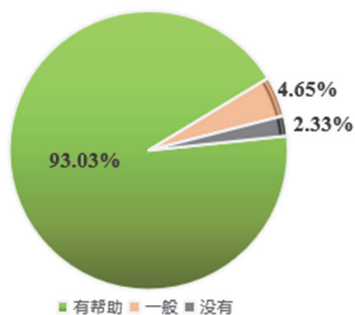


图5 2021级部分农科学生对有机化学教学案例喜爱程度调查问卷统计结果

有机化学对农学专业学习是否有帮助?



有机化学课程是否对提升“强农富农”本领和涵养“三农情怀”有帮助作用?

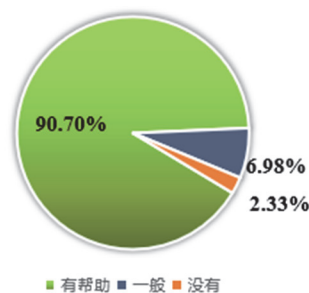


图6 2021级部分农科学生有机化学课程教学效果调查问卷统计结果

德树人、内涵发展、学用结合，学以致用”的教学理念，坚持守正创新，对农科特色有机化学课程教学进行了积极的探索和实践，激发了课程活力，深化了课程内涵和功能，有效解决了公共基础课与专业教育需求不能完全匹配的问题，实现了知识传授、能力培养和价值引领同向同行与交相辉映，充分发挥了在农科人才培养体系中的作用，打通了与专业教育协同育人的一体化路径，促进了农业高等教育人才培养质量全面提高。

参 考 文 献

- [1] 习近平给全国涉农高校的书记校长和专家代表的回信. [2019-09-06]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-09/06/content_5427778.htm
- [2] 蒲祥, 王晗光, 邹平, 王广途, 乐贵洲, 刘宽, 程琨, 冯鞠花, 张慧贤, 黄乾明, 等. 大学化学, **2021**, 36 (1), 2002053.
- [3] 汤江江, 袁茂森, 王凤, 王小平, 王俊儒. 大学化学, **2022**, 37 (8), 2206094.
- [4] 陈淑伟, 王进义, 袁茂森, 麻妙锋, 陈自胜. 课程教育研究, **2018**, 32, 225.
- [5] 吕伟, 高吉刚, 段俊玲. 广东化工, **2020**, 47 (3), 206.
- [6] 刘永红, 李慧慧, 段丽君, 文利柏, 胡先文, 陆冬莲, 王运, 成协设. 大学化学, **2022**, 37 (8), 2109045.
- [7] 洪波, 陈元晖, 赵淑杰, 刘文丛. 大学化学, **2022**, 37 (8), 2206085.
- [8] 毕灵玲, 张娅玲. 新课程研究(中旬刊), **2012**, No. 4, 88.
- [9] 张树永. 中国大学教学, **2021**, No. 8, 42.

- [10] 武全香, 惠新平. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2011020.
- [11] 邹宗柏. 化工时刊, **1988**, No. 2, 44.
- [12] 韩广甸, 金善炜, 吴毓林. 化学进展, **2012**, *24* (7), 1229.
- [13] 苏静静. 大众健康, **2022**, No. 2, 38.
- [14] Wang, H.; Sun, S.; Ge, W.; Zhao, L.; Hou, B.; Wang, K.; Lyu, F.; Chen, L.; Xu, S.; Guo, J.; *et al. Science* **2020**, *368* (6493), eaba5435.
- [15] 习近平在中国人民大学考察时强调: 坚持党的领导传承红色基因扎根中国大地走出一条建设中国特色世界一流大学新路. [2022-04-25].
http://www.gov.cn/xinwen/2022-04/25/content_5687105.htm
- [16] 万福贤, 张元红, 张丽丽, 姜林. 大学化学, **2023**, *38* (7), 157.
- [17] Zhou, Y.; Wang, Z.; Yin, H.; Cui, X.; Tian, Y.; Qian, Z.; Wang, S.; Hu, R.; Lv, W.; Mao, A.; *et al. Chemosphere* **2023**, *331*, 138768.