



## 创新创业教育在微生物学实践教学中的探索

毛露甜\* 陈兆贵 徐良雄

惠州学院生命科学学院 广东 惠州 516007

**摘要:** 创新创业教育是当前高等教育改革的重要方向, 如何将微生物学实践教学与创新创业教育相结合是一个值得研究的课题。我们在微生物学实践课程体系和学生业余科研中探索出以下举措来培养学生的创新能力和创业思维: 建立兴趣小组参与实验准备的模式, 这能让学生快速成长为实验能手, 成了我校微生物学实验教学的优良传承和特色, 并辐射到全校的其他课程; 通过多元化的设计方案、专题实验来锻炼学生综合应用知识的能力、科研思维 and 创新能力, 这让学生在潜移默化中走上科研道路; 指导学生申报科研课题和参加学科竞赛项目, 培养学生的实验技能和探索能力, 这成为实践教学的有益延伸。上述改革的成效显著, 学生学习的积极性和参与科研的意识被激发, 申报科研项目的质量和数量大大提高, 在学科竞赛获奖、参与论文发表和专利申请等方面获得了不俗的成绩。该组合模式为本科生创新创业能力的培养和综合素质的提升发挥了重要的作用, 尤其对地方本科院校人才培养具有重要的推广价值。

**关键词:** 创新创业教育, 教学改革, 微生物学, 实践教学

## Exploration of innovation and entrepreneurship education in Microbiology practice teaching

MAO Lu-Tian\* CHEN Zhao-Gui XU Liang-Xiong

College of Life Sciences, Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516007, China

**Abstract:** Innovation and entrepreneurship education has become an important orientation in the reform of national higher education. How to combine curriculum reform with innovation and entrepreneurship education is a crucial subject in Microbiology teaching. In that project, several measures were taken to cultivate students' innovative ability and entrepreneurial thinking. Firstly, participation in experimental preparation of interest group enabled some students to rapidly grow into experimental experts. This practice had become a good inheritance and characteristics of Microbiology curriculum, which had been widely used in other courses in our university. Secondly, the students' ability of comprehensive application

**Foundation items:** Construction Project of Off-campus Practice Teaching Base for College Students in Guangdong Province (2019); Construction Project of Off-campus Practice Teaching Base for College Students in Huizhou University (SJJD2017003); Project of Excellent Resources Sharing Course Construction in Guangdong Province (20146199); Project of Higher Education Teaching Research and Reform in Guangdong Province ([2016]236)

\*Corresponding author: E-mail: mlt@hzu.edu.cn

**Received:** 17-09-2019; **Accepted:** 16-12-2019; **Published online:** 04-01-2020

**基金项目:** 广东省大学生校外实践教学基地建设项目(2019); 惠州学院大学生校外实践教学基地建设项目(SJJD2017003); 广东省精品资源共享课程(20146199); 广东省高等教育教学研究和改革项目(粤教高函[2016]236)

\*通信作者: E-mail: mlt@hzu.edu.cn

**收稿日期:** 2019-09-17; **接受日期:** 2019-12-16; **网络首发日期:** 2020-01-04

of knowledge, scientific research thinking and innovation could be improved by the modular experiments with diversified designing, so that students could step on the scientific research road in the process of subtle influence. Thirdly, guiding students to participate in the teacher's project and applying for the discipline competition project could cultivate students' scientific research thinking and experimental skills, which was a beneficial extension of practical teaching. The above reform had achieved remarkable results. The activity of studying and participating in scientific research of the students had been significantly improved. The quality and number of scientific research projects applied by students remarkably increased. Those students also did well in academic competitions, scientific paper publishing, and patent applications. This mode played an important role in improving the undergraduates' innovation and entrepreneurship ability, as well as comprehensive capability, which could be applied in talent training in other local universities.

**Keywords:** Innovation and entrepreneurship education, Educational reformation, Microbiology, Practice teaching

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020)》提出:创新型、实用型、复合型人才紧缺,应重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模<sup>[1]</sup>。2015年国务院在《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》中明确指出,创新创业教育是国家实施创新驱动发展战略和推进高等教育综合改革的重要举措<sup>[2]</sup>。这将创新创业教育提高到了前所未有的新高度,以解决我国人才创新能力不足的问题。全国高校纷纷出台创新创业教育实施方案,鼓励师生创新创业。自此,创新创业教育成为全国高校教育改革的旗帜和方向。

惠州学院是一所地方本科院校,以服务地方经济、培养应用型人才为办学定位,大部分毕业生选择直接就业或创业<sup>[3]</sup>。目前很多教师对学生的创新创业教育不够重视甚至存在理解偏差,导致很多专业教学和科研一味地做无用功,培养的学生难以适应新时期创新型社会的需求<sup>[4]</sup>。微生物学实践教学包含了针对所有学生课程体系中的实验教学、见习和实习等,此外,对微生物学感兴趣的部分学生开展的业余科学研究则是实践教学的有益延伸。课程改革如何与创新创业教育联动是微生物学实践教学急需解决的核心问题。为此,我们课程组结合课程建设与教师科研情况,近年来通过指导学生申报科技创新项目,指导学科竞赛和发表论文等措施,全面推进本科生的创新创业教育。

## 1 在微生物学实践教学强化创新创业教育的几大举措

为培养学生的创新能力和创业思维,微生物学课程组使出一套“组合拳”,大胆进行实践教学的改革与创新。

### 1.1 组建微生物学兴趣小组参与实验准备,让部分学生快速成为实验能手

“操作很繁琐、准备很耗时”是微生物学实验课程的特点,消毒灭菌和接种等常规工作需要大量人力。随着办学规模的扩大,仅凭实验技术人员的力量难以满足开课需求。本项目在第一轮课程改革中,建立了“兴趣小组参与实验准备”的创新模式,启动了实验课改革,具体的做法见项目组已发表的论文<sup>[5]</sup>。我们在第一次上课时向学生介绍微生物学兴趣小组的组织结构、工作任务,以及往届学生的心得体会,然后让学生自由报名。由于每个实验都需要兴趣小组参与准备,这需要占用他们大量课余时间,为了鼓励学生参与,实验准备可以作为实验平时成绩的重要加分项;为了提高“传帮带”效率,本着“兴趣优先原则”,我们在众多报名的学生中挑选4–5人组成兴趣小组。在培养方式上,我们对兴趣小组成员实行两级培养。一级培养由实验技术人员负责,主要培训高压蒸汽灭菌锅、生化培养箱、恒温摇床、超净工作台等仪器设备的使用和培养基、试剂的配制等实验技能,以及实验前、实验过

程中、实验完成后的实验室管理；二级培养则由任课教师负责，主要培训实验技术路线的设计、实验采样、结果观察和数据分析等。兴趣小组成员是先“动”起来的少数人，他们比其他学生更早地掌握培养基的配制和高压蒸汽灭菌锅的使用等常规操作，不仅能更好地理解实验方案与思路，迅速成长为实验能手，并且在实验课进行时能充当课堂的“小老师”，成了教师实验管理的得力助手。我们从多年的经验总结看出，兴趣小组成员对微生物学兴趣浓厚，工作积极主动，吃苦耐劳，他们即使不是考试的高分生，经过培养都能成为实验操作能手。这一做法已成为微生物学课程的良好传承和特色，在全校的其他课程被广泛推广。

## 1.2 开设设计性实验，锻炼学生的科研素养和创新能力

微生物学课程组自 2003 年起率先在全校开设了微生物检验设计性实验，开放了实验室，学生组队自主设计实验方案，自主安排实验进度，变被动学习为主动学习<sup>[6]</sup>。截至 2019 年，生物技术和生物科学专业共有 18 个年级 66 个班的学生开设了设计性开放性实验，包括“人体表和实验室环境的微生物检测”“土壤微生物多样性调查”“化妆品防腐挑战”等设计模块。各模块实验的设计方案与学生能力的培养情况详见表 1。我们通过细节教育及实验方案的多元化设计，循序渐进地培养学生的科研思维 and 创新能力。

例 1：在“实验室环境与人体表微生物检测”模块，我们对空气监测点设置了人流量大的实验室与洁净度高的接种室作对比，让学生明白外部环境对无菌操作的重要性；洗手前后手部微生物的检测则设计了不同品牌的洗手液(威露士、立白、舒肤佳、雕牌)和不同干手方式(自然挥发干、暖风机吹干和酒精棉球消毒后自然干)的双因子设计方案。由于实验内容与自身关系密切，每届学生对手部微生物检验都倾注了极大热情。我们指导学生将实验结果与产品说明书上的杀菌效果进行比较，分析有无虚假广

告嫌疑，以此培养学生敢于质疑和积极思辨的精神。

例 2：在“土壤微生物多样性调查”模块，我们分别用稀释倒平板法、种土法和划线法在无氮培养基分离固氮菌，然后用简单染色法(而非教材介绍的负染法)进行荚膜染色，完成圆褐固氮菌的分离及鉴定，通过实验设计、结果分析这一完整的流程来培养学生的科研思维。为加深学生对土壤微生物多样性的理解，我们增设了高氏 1 号培养基分离放线菌、马铃薯蔗糖琼脂培养基(PDA)分离霉菌等内容，并将重铬酸钾、硫酸链霉素分别添加到高氏 1 号 and PDA 培养基中做对比实验，让学生体会培养基的选择对分离目标菌的重要性。

例 3：“食品微生物检验”模块是微生物学实验课程的特色和亮点，占课程学时的 30%，该模块的开设历程、实施的关键环节、多维度过程育人、多元化量化考核体系、教学效果反馈与反思等教学改革总结见项目组已经发表的论文<sup>[7]</sup>。我们注重采样方案的整体规划，各年级安排不同的食品检验专题。比如 2014 级学生检测大型商场和超市的无包装熟食，2015 级学生检测校园周边的流动小贩出售的食品，2016 级学生开展了校园内出售的食品专题检验，2017 级学生开展了网络订餐食品专题检验。我们指导学生进行菌落计数和数据处理，要求每期的食品专题检验结果要进行小组整理、班级归纳、年级汇总，以“大数据”展示专题食品的微生物安全性，让学生明白食品安全监督要有理有据，这种模式培养了学生大胆质疑和严谨求证的科学精神<sup>[8]</sup>。

## 1.3 指导学生申报科技创新项目，提高学生的科研创新能力

经过两级培养的兴趣小组成员具备了实验准备能力，经过课程体系中设计性综合性实验的训练，以及后续科技创新项目的科研训练，他们的科研思维和实验技能大大提高。

### 1.3.1 参与教师科研，系统训练科研技能

很多学校的科研团队由博士生-硕士生-本科生

表 1 实验方案设计的多元化与学生能力培养的对应关系

Table 1 The relationship between the diversity of experimental scheme design and the cultivation of students' ability

实验模块 Experiment module	知识储备 Knowledge reserve	实验方案设计 Experimental scheme design	对应能力培养 Corresponding ability training
人体表和实验室环境的微生物检测 Microbiological detection of human surfaces and laboratory environments	(1) 空气微生物检测: 自然沉降法 (1) Air microbiological detection: natural sinking method (2) 接种法: 涂布、划线 (2) Inoculation method: coating and streak plate inoculation	(1) 空气监测的布点设计: 人流量大的课室/走廊和人流量少的接种室 (1) Point distribution design for air monitoring: classroom/corridors large flow of people and vaccination room with small flow of people (2) 洗手方式的设计: 不同品牌的洗手液, 洗手后不同的干手方式 (2) Model design for hand-washing: hand lotion with different brand, model of hand-drying after washing	(1) 科研思维 (1) Scientific thinking (2) 创新思维 (2) Innovative thinking (3) 综合能力 (3) Comprehensive capability (4) 团队协作能力 (4) Teamwork ability (5) 质疑思辨精神 (5) Questioning and speculative spirit
土壤微生物多样性调查 Soil microiologial diversity survey	(1) 样品预处理: 10 倍稀释法 (1) Pretreatment of the sample: 10 folds dilution (2) 接种法: 稀释倒平板法和种土法 (2) Inoculation method: dilution plate method and kind of method	(1) 土样类型与微生物数量的关系: 黑土、红土、黄土; 土层厚度, 不同作物的根际土 (1) Relationship between soil type and the amount of microorganism: black soil, red soil and yellow soil; soil depth, rhizosphere soil of different crop (2) 不同培养基分离不同类型微生物: 高氏 1 号分离放线菌、无氮培养基分离固氮菌、PDA 培养基分离真菌 (2) Different cultures were used to separate different types of microorganisms: isolation of actinomycetes with GA1, isolation of azotobacter with nitrogen free medium, isolation of fungu with PDA medium	(1) 创新思维 (1) Innovative thinking (2) 科研能力 (2) Capacity for scientific research (3) 综合能力 (3) Comprehensive capability (4) 团队协作能力 (4) Teamwork ability (5) 质疑思辨精神 (5) Questioning and speculative spirit (6) 信息素养 (6) Information literacy
食品微生物检验 Food microiologial detection	(1) 食品卫生微生物检验的国标 (1) National standards for microbiological detection of food hygiene (2) 检验方法更新, 产品更新 (2) Update of testing method and product	(1) 采样的规划: 校园食品、网络订餐食品; “三无”食品和 HACCP 认证的食品 (1) Plan for sampling: campus food, online ordered food, “Three noes” food and food recognized with HACCP (2) 不同的方法测定同一个指标: 菌落总数用平板法和纸片法; 大肠菌群用 9 管发酵法和 VRBA 平板计数法 (2) Determination the same parameter with different methods: total number of bacterial colony determined with plate method and paper strip method, coliform bacteria determined with 9 tube fermentation and verba plate counting method	(1) 科研能力 (1) Capacity for scientific research (2) 创新能力 (2) Innovative thinking (3) 综合能力 (3) Comprehensive capability (4) 团队协作能力 (4) Teamwork ability (5) 质疑思辨精神 (5) Questioning and speculative spirit (6) 信息素养 (6) Information literacy

组成,很好地解决了科研的“传帮带”问题<sup>[9]</sup>。我院目前没有硕士点,我们以导师制为载体,把本科生当作研究生来培养。第一步是让学生参与教师科研,学生在四年制的第二学期进入教师的科研团队,先跟着前两届的师兄师姐做实验,从培养基配制、消毒灭菌等最基础的操作训练开始。随着微生物学课程的开设,他们加入兴趣小组并进行系统训练,为独立开展科技创新研究做充分的准备。

### 1.3.2 组建创新小组,申报科技创新项目

对微生物学感兴趣的部分学生开展的业余科研以申报科研创新项目为抓手,实行主持人负责制。负责人为经过上述多级训练的高年级学生,负责团队组建、人员分工和项目具体实施等工作。因为这是利用课余时间开展的科研工作,学生在课程任务繁重的情况下如何高效有序地开展实验是我们必须要解决的难题。经过多年的带队经验,我们总结了不同年级不同班级组队来解决团队的“传帮带”问题和错峰实验问题,大大提高了团队的协作能力。导师着重从项目选题、研究方案和技术路线制定、申报书和结题论文的撰写等方面给予学生多方位的指导。大学生创新项目的选题多与当地社会需求高度契合,如针对广东省惠东县冬种马铃薯黑胫病、青枯病等土传病害危害严重这个现状,我们结合当地马铃薯健康种植需求来确定大学生创新项目的研究内容,以拮抗菌开展的生物防控切合现代农业对农药化肥双减的时代需求。学生通过这些小课题的科学探索,强化了科研能力和创新思维。我们通过指导学生申报创新项目对学生逐渐深入地引导,培养学生服务地方经济的意识和社会责任感。

### 1.4 指导学生参与学科竞赛,强化学生的创业思维培养

近年来国家对创新创业教育的呼声很高,高校现阶段的创业教育主要在创业思维培养上下功夫。学科竞赛能提升学生专业技能、增强学生创新能力和创业思维,是实践教学的有益延伸。近年来,全

国“互联网+”大学生创新创业大赛、全国大学生生命科学创新创业大赛、全国大学生生命科学竞赛和“挑战杯”等学科竞赛开展得如火如荼,已受到高校师生的高度关注和积极参与<sup>[10]</sup>。

我们微生物学课程组近年来主要通过指导学科竞赛来提升学生的创业思维。例如,围绕着微生物肥料的研究,我们组建了生物技术与经济管理跨专业的绿硕创业团队。创业大赛看重项目的市场前景、拥有核心技术、有注册公司投产的潜力等。跨专业组队能取长补短,通过分工合作来解决上述问题。生物技术专业的学生致力于微生物肥料及配套产品研发,经济管理类专业的学生着重从产品的市场定位、营销策略和财务管理等方面开展创业尝试。绿硕团队以拟注册的公司模式先后参加了全国“互联网+”创新创业大赛、全国大学生生命科学竞赛、全国大学生生命科学创新创业大赛、广东省创业大赛等,提出“生产安全高效的微生物肥料,实现农药、化肥双减目标”的公司愿景。团队掌握了功能菌种筛选、微生物菌剂扩大生产和微生物肥料工艺优化等核心技术,为种植户提供专用肥的订单生产和种植管理的农化服务。该项目于2017年与妙夫人生物技术有限公司合作研制微生物肥料的中试生产设备,目前拥有800 L的中试发酵罐,并于2018年在第二届中国高校科技成果交易会与该公司签订了合作协议。此外,绿硕创业团队与勇记供港蔬菜基地、惠东马铃薯产业园等签订了合作协议并开展了微生物肥料大田试验。从前期的产品研发到后期的大田推广,绿硕团队奔走于田间地头,利用寒暑假和周末的大部分时间开展大田试验,先后开展了“广东省不同地区农用肥的市场调研”寒假社会实践调研、“微生物液体肥料大田推广试验(乡村振兴计划实践类)暑期三下乡”社会实践活动并获得重点项目资助。跨专业组队实现了专业优势互补,项目的商业模式、公司架构、财务分析、市场风险等在参赛打磨中逐步完善。以公司运作的项目模式很好地契合了对学生创业

能力培养的要求, 学生的创业思维和能力在参赛中不断得到提升, 他们在一次次的项目路演中与其他团队同台竞技, 一次次地展现自我增强自信, 又不断地见贤思齐学习别人的长处以提高和完善自我。我们要求队员将比赛经历汇总成书面材料, 通过比赛把项目不断完善提高。团队于 2017 年参加了“第一届粤港澳大湾区大学生创新创业项目全国对接洽谈”活动, 通过与创业大师面对面交流, 极大地拓宽了学生的视野, 培养其创业思维和创业信心。团队于 2018 年参加了山东临沂站的“红色筑梦之旅中国互联网+创业大赛”对接活动, 将创业项目与我国精准扶贫工作有效挂钩, 实现了科研与田间地头的连接, 培养了学生的社会责任感。指导教师通过带队参赛, 接触到专业以外的很多知识, 这也给微生物学实践教学改革在应用型创新型人才培养上指明了方向。

## 2 基于创新创业教育的微生物学实践教学的一些成效

### 2.1 学生申报科技创新项目的成效

国家非常重视大学生创新创业能力培养, 学生每年都可以申报大学生创新创业训练项目(简称“大创项目”, 有国家级、省级、校级三个级别)和广东省大学生科技创新培育专项(简称“科技攀登计划项目”, 有一般项目和重点项目两个级别)。创新小组以“微生物肥料”为研究方向, 针对冬种马铃薯的主要细菌性病害的危害现状, 成功申报了“马铃薯黑胫病和青枯病拮抗性功能菌的筛选”等创新课题。通过导师对项目的创新性、可行性及实验平台等全方位指导, 本科生的创新训练项目得以高效有序实施<sup>[11]</sup>。在此过程中, 我们通过开放实验室和规范实验室管理, 提升了微生物学实验室的使用效率; 以兴趣小组模式解决了本科生系统性训练不够的难题; 以专题实验和参与教师科研等模式训练了学生的科研思维<sup>[12-13]</sup>。上述举措大大提高了学生的项目申报成功率和项目执

行力。围绕着马铃薯健康种植和微生物肥料研发等方向, 课程组近年来指导大学生创新创业训练计划项目国家级 5 项、省级 5 项、校级 6 项, 指导广东省科技攀登计划项目 3 项。其中微生物学领域的项目在生命科学学院所获立项的占比很高, 如在 2019 年惠州学院“大学生创新创业训练计划项目”的国家级立项中, 生命科学学院的 2 个项目均与微生物相关; 2017-2019 年连续三年的“广东省大学生科技创新培育专项”立项中, 生命科学学院的立项项目都与微生物相关。以上数据说明实践教学改革提升了学生创新能力和科研素养, 极大地促进了创新人才的培养。

### 2.2 以指导学科竞赛为切入点, 实现了创新创业教育与课程改革的有机融合

绿硕团队先后参加了“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”、全国大学生生命科学竞赛、全国大学生生命科学创新创业大赛等学科竞赛。团队以参赛的模式先后有生物技术和经管类专业的学生 4 届共 60 多人人次参与了国家级、省市级和校级的创业大赛共 13 项, 获得了国家级二等奖 1 项, 国家级三等奖 3 项, 省级“挑战杯·创青春”创业大赛金奖 1 项, 省级互联网+创业大赛优胜奖 3 项和市级创业路演大赛二等奖 1 项等好成绩。团队结合了教师的研究课题来开展工作, 比较有研究基础, 获奖比较多, 以赛促学的模式培养了一大批学生, 训练了学生的创新创业意识和团队合作精神, 在全校具有引领作用。该模式有推广价值, 受到学校和当地媒体的报道。

### 2.3 学生参与发表论文和申请专利

学生经过创新项目申报、组织实施、结题等系列训练后, 较好地掌握了项目书的撰写、实验方案的设计、实验数据的分析处理等技能, 并具备了较好的论文撰写能力<sup>[14]</sup>, 近年来学生参与发表论文 10 多篇, 其中被 SCI 收录的论文 2 篇。项目组指导学生创新团队开展微生物肥料的研究, 围绕着马铃薯黑胫病和青枯病的拮抗性功能菌的

筛选做了大量研究,先后申请功能菌筛选的专利3项,病害检测及防控技术等与健康种植相关的专利2项。

### 3 教学改革的成效分析

为了适应高等教育发展新趋势,实现应用型创新型人才培养,微生物学课程组进行了一系列改革和探索,取得了一定成效,也发现了一些问题。例如兴趣小组参与实验准备的模式虽然能提高学生的实验技能、动手能力、解决问题的能力 and 实验室管理能力,但兴趣小组的人数毕竟有限,受众面较窄,下一阶段需要优化“传帮带”的模式,提高兴趣小组的受众面,让更多学生从中获益。

设计性实验的开课模式能锻炼学生综合应用知识的能力、科研思维和团队合作精神,给予学生很大的成功感,充分激发了学生从事科学研究的兴趣,在潜移默化中让学生走上科研道路。教师作为设计性实验的总设计师,成为学生开展科学研究的引路人,任重而道远。这种模式有利于引导学生明确自己的考研意向,提高考研的录取率。

我们以导师制为抓手,把本科生当研究生来培养。通过兴趣小组参与实验准备、参与教师科研、申报大学生科研项目和参加学科竞赛等多级培养模式,我们对学生进行了系统科研训练,取得了不俗的成绩,较好地解决了没有研究生的情况下本科生科研路上的“传帮带”脱节问题,该模式尤其在地方本科院校具有推广价值。

### 4 结语

本项目构建了具有推广应用价值的微生物学实践教学体系。在微生物学实验课程体系中建立了兴趣小组参与实验课程准备的模式、开设专题性设计性实验来全面提高学生的实验技能。此外,通过指导学生申报科技创新项目和参加学科竞赛来提高学生的创新创业能力。这种组合模式集创新能力培养、创业思维训练、实验技能培训为一体,对本科生创新创业能力的培养发挥着重

要作用,同时也是全面提升本科生综合素质的重要途径<sup>[15]</sup>。

### REFERENCES

- [1] Ministry of Education. Outline of the national medium- and long-term plan for educational reform and development (2010-2020)[EB/OL]. (2010-07-29). [http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content\\_1667143.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content_1667143.htm) (in Chinese)  
教育部. 国家中长期教育改革和发展规划纲要 (2010-2020)[EB/OL]. (2010-07-29). [http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content\\_1667143.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content_1667143.htm)
- [2] The State Council. Opinions on deepening the reform of innovation and entrepreneurship education in colleges and universities[EB/OL]. (2015-05-13). [http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/13/content\\_2861327.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/13/content_2861327.htm) (in Chinese)  
国务院. 《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》[EB/OL]. (2015-05-13). [http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/13/content\\_2861327.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/13/content_2861327.htm)
- [3] Mao LT, Huang Y, Lin YW, et al. Strengthening the concept of serving local economy and highlighting the applicability of microbiology teaching[J]. Journal of Agricultural University of Hebei (Agriculture & Forestry Education), 2017, 19(1): 43-46 (in Chinese)  
毛露甜, 黄雁, 林燕文, 等. 强化服务地方理念凸显微生物学教学应用性[J]. 河北农业大学学报: 农林教育版, 2017, 19(1): 43-46
- [4] Zhang CY, Ma HQ, Ding ZF, et al. Teaching reform of microbiology laying stress on fostering students' innovative ability[J]. Journal of Microbiology, 2017, 37(1): 110-112 (in Chinese)  
张春杨, 马汇泉, 丁忠峰, 等. 注重学生创新能力培养的微生物学教学改革[J]. 微生物学杂志, 2017, 37(1): 110-112
- [5] Mao LT, Wang SF. Teaching reform on preparation of microbiological experiment[J]. Journal of Huizhou University, 2010, 30(6): 125-128 (in Chinese)  
毛露甜, 王绍芬. 微生物学实验教学中改革实验准备的探讨[J]. 惠州学院学报, 2010, 30(6): 125-128
- [6] Mao LT, Wang SF. The practice and experience of carrying out design experiment in microbiology experiment teaching[J]. Microbiology China, 2007, 34(3): 614-616 (in Chinese)  
毛露甜, 王绍芬. 微生物学实验教学中开展设计性实验的做法与体会[J]. 微生物学通报, 2007, 34(3): 614-616
- [7] Mao LT, Huang Y, Wang XH, et al. Teaching exploration and practice of special experiment of food microbiological detection based on multi-dimensional education[J].

- Microbiology China, 2019, 46(12): 3497-3506 (in Chinese)
- 毛露甜, 黄雁, 王晓晗, 等. 基于多维度育人的食品微生物检验专题实验的教学探索与实践[J]. 微生物学通报, 2019, 46(12): 3497-3506
- [8] Mao LT, Wang SF, Chen QL. Embodiment of application-oriented talents fostering in experiment teaching of microbial inspection as a special topic[J]. Journal of Microbiology, 2010, 30(6): 107-109 (in Chinese)
- 毛露甜, 王绍芬, 陈巧兰. 如何在微生物检验专题实验教学中体现应用型人才培养[J]. 微生物学杂志, 2010, 30(6): 107-109
- [9] Lu CY, Li YQ, Shi XH, et al. Model exploration on teaching assistant of graduates with innovation practice of microbiology course[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 742-748 (in Chinese)
- 鹿春燕, 李玉倩, 时晓寒, 等. “微生物学”创新实践教学中研究生助教模式的探索[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 742-748
- [10] Li BJ. The teaching reform of microbial test promoted with skill competition[J]. Journal of Microbiology, 2014, 34(2): 107-108 (in Chinese)
- 李冰洁. 以技能竞赛促进微生物检验技术教学的改革[J]. 微生物学杂志, 2014, 34(2): 107-108
- [11] Lv ZT, Zhang XM, Zhao LK, et al. Exploration in reform and practice of research-based designing experiments of microbiology courses[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 670-675 (in Chinese)
- 吕志堂, 张秀梅, 赵丽坤, 等. 微生物学研究型设计性实验教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 670-675
- [12] Pan J, Niu SM, Wei DS, et al. The establishment of multi-level microbiology experimental teaching system and cultivation of innovation elite[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 867-872 (in Chinese)
- 潘皎, 牛淑敏, 魏东盛, 等. 创建多层次微生物学实验教学体系培养科研创新型人才[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 867-872
- [13] Wei DS, Niu SM, Chen RR, et al. Construction and exploration of an application-based teaching model for microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 873-876 (in Chinese)
- 魏东盛, 牛淑敏, 陈容容, 等. 基于应用的基础微生物学实验教学模式的设计与探索[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 873-876
- [14] He J, Tang Q, Chen WL, et al. Exploration of research-oriented microbiology teaching model based on innovative creativity[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 635-641 (in Chinese)
- 何进, 唐清, 陈雯莉, 等. 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
- [15] Luo X, Li YR, Yu J, et al. Effects of innovation practice on quality-oriented education of undergraduates[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 824-828 (in Chinese)
- 罗熙, 李艳茹, 于婧, 等. 创新实践教学模式对大学生素质教育的作用[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 824-828