

# 以竞促学培养农业微生物学领域创新人才

杨金水, 王娜, 田长富, 袁红莉, 王颖, 陈文峰, 陈芝, 文莹, 王磊\*

中国农业大学生物学院, 北京 100193

杨金水, 王娜, 田长富, 袁红莉, 王颖, 陈文峰, 陈芝, 文莹, 王磊. 以竞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 Jinshui, WANG Na, TIAN Changfu, YUAN Hongli, WANG Ying, CHEN Wenfeng, CHEN Zhi, WEN Ying, WANG Lei. Promoting learning through competition to cultivate innovative talents in agricultural microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1261-1271.

**摘要:** 学科竞赛已成为培养大学生创新思维、操作能力和团队合作精神的重要途径, 本文结合教学团队成员在指导本科生科研训练和学科竞赛中发现的创新性思维和独立科研能力欠缺的问题, 通过微生物学课程内容的改革和学科竞赛的有机融入, 提高学生的创新能力、操作能力和合作精神, 进而达到以学助竞、以竞促学的良性循环, 在学生综合能力培养方面取得了一定的成效, 从而为培养具有创新思维的农业院校微生物领域人才提供借鉴和参考。

**关键词:** 学科竞赛; 农业微生物学; 教学改革; 人才培养

## Promoting learning through competition to cultivate innovative talents in agricultural microbiology

YANG Jinshui, WANG Na, TIAN Changfu, YUAN Hongli, WANG Ying, CHEN Wenfeng, CHEN Zhi, WEN Ying, WANG Lei\*

College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

**Abstract:** Subject competitions have become a meaningful way to cultivate the innovative thinking, operational ability, and teamwork spirit among college students. Our team members have discovered the necessity for improving the innovative thinking and independent research ability of undergraduates when guiding the research practice and subject competitions. By reforming the course content of microbiology and introducing subject competitions, we aim to improve students' innovative thinking, operational skills, and collaborative spirit, thereby

资助项目: 教育部 2022 年度拔尖计划 2.0 研究课题(20222024)

This work was supported by the Ministry of Education 2022 Annual Excellence Program 2.0 Research Project (20222024).

\*Corresponding author. E-mail: 01056h@cau.edu.cn

Received: 2023-09-12; Accepted: 2023-11-20; Published online: 2024-01-10

promoting the competition through learning and the competition for learning. We have achieved specific results in cultivating students' comprehensive abilities, providing references for fostering top-notch talents with innovative thinking in agricultural microbiology.

**Keywords:** subject competitions; Agricultural Microbiology; teaching reform; talent training

农业是国家发展的基石,《“十四五”国家科技创新规划》提到未来 10–20 年,我国将通过技术跨越(2020–2025)、产业跨越(2025–2030)和整体跨越(2030–2035),解决促进植物生长、生产植物天然产物、监测植物病原体、检测农产品质量和土壤监测和修复<sup>[1–2]</sup>的问题,进而促进我国农业合成生物技术研究及产业化整体水平达到世界先进水平<sup>[3]</sup>,2023 年中央一号文件中的“大食物观”也明确指出微生物是未来解决“藏粮于地”,托住“中国饭碗”的核心“芯片”<sup>[4]</sup>。而要使“微生物芯片”真正发挥功能,则需要大量理论知识扎实、操作技能熟练、并具有创新思维的农业微生物学领域拔尖人才。这对于农业大学而言既是机遇也是挑战,需要农业院校加强农业微生物领域拔尖创新人才的自主培养,提供微生物技术方面的人才支撑。本教学团队成员在指导本科生科研训练和学科竞赛中发现,本科生虽然掌握了微生物学理论知识,但针对微生物学解决农业问题的潜力还缺乏一定的认知,创新性思维和独立科研能力仍需进一步提升,因此通过微生物学课程内容的改革,在教学过程中融入以竞促学理念,注重培养学生的科研思维方式,聚焦提高学生学以致用能力,建立有思考、有拓展、有创新、以学助竞的学习氛围,依托各类竞赛实现有实践、有探索、有求知、以竞促学的良性循环,为农业微生物领域创新人才的培养提供借鉴和参考。

## 1 指导学科竞赛时面临的问题

伴随学科竞赛种类的增加,以及学生参与

度的提高,学科竞赛也成为培养、衡量大学生应用实践及创新能力的重要途径之一。目前有很多生物类相关的学科竞赛。竞赛类别有国际的国际基因工程机器大赛(international genetically engineered machine competition, iGEM)、国家的“互联网+”大学生创新创业大赛、省部级“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”和校级“北京市大学生生物学竞赛之中国农业大学校级选拔赛”等,形成了完整、规范、可持续的评价体系。本学院 2000 年率先实现全员本科生科研训练(undergraduate research program, URP),鼓励本科生参加各类学科竞赛活动并取得了良好的成效,但在指导学科竞赛的过程中发现,虽然学科竞赛已经被大家所熟知,但也存在一定的问题,具体分析如下。

### 1.1 学科竞赛融入教学缺乏系统性

虽然目前的学科竞赛类别很多,获奖学生可以在评优、保研、就业等方面多一些筹码,学校也可以增加一些人才培养质量方面的展示度,但是学科竞赛仅有部分学生可以参与,且缺乏与课堂教学的有机融合,降低了举办学科竞赛在培养人才方面的成效。因此,应系统性地将竞赛项目纳入人才培养方案或教学计划中,从而实现人人都可以参与、人人都可以有收获的完备的教学-竞赛互促体系,在争取获奖的同时,更加注重学生参与的过程和能力培养<sup>[5]</sup>。

### 1.2 学科竞赛支持力度不够

学科竞赛的目的是培养具有创新能力的专业人才,大部分理工类专业的学科竞赛都涉及实验设备的操作,并且对竞赛实验场地有所要求<sup>[6]</sup>,生命科学类学科竞赛不但需要上述硬件

设施, 还需要购买试剂药品、培养微生物、测序分析和实验操作等, 并需要老师的专业指导。而国内各个院校在学科竞赛上的专项经费十分有限或缺乏, 很多学科竞赛指导教师不仅要完成自己本职的教学、科研任务, 还需要提供科研场地、并从自己的科研经费中支出指导学科竞赛的部分实验费用, 指导学科竞赛获奖对老师并无激励政策或激励力度不够, 导致老师对指导学科竞赛没有热情, 也不积极。

### 1.3 本科生创新性思维和独立科研能力欠缺

本院的本科生如果不参加其他竞赛性项目, URP 是一个必选课程, 学生需要调研各个老师的研究方向、了解各个实验室的特点, 以及与指导教师面对面地交谈, 最终学生和指导教师双向选择, 确定指导教师和 URP 的研究方向。但本人在指导本科生创新项目和 URP 的过程中发现了一个普遍存在的问题, 即学生虽然有参加创新项目和 URP 的意愿, 但其创新性思维欠缺。具体表现为: (1) 思维上具有惰性和缺乏主见。受传统应试教育的大学生, 习惯答案的唯一性, 缺少质疑权威或已知知识的勇气, 因此理解新事物的能力较强, 但对新事物的热情更多地停留在被动地了解和接受, 提出质疑或提供更佳解决方案的能力不够。(2) 好奇心和想象力不足。好奇心和想象力是提升人们看待问题和解决问题广度和深度的关键, 由于网络的普及, 信息量的剧增, 现代大学生会有一种什么都知道, 什么都清楚的错觉, 但正是由于这种错觉, 导致大学生缺少一种打破砂锅问到底的好奇心。(3) 专业领域知识储备不足导致创新水平较低。大学生为了在求职市场上取得成功, 大多遵循以前中学阶段应试教育的学习模式和认知结构, 专业知识储备不足, 造成学生个性发展失衡, 创新能力低下<sup>[7]</sup>。此外, 学生在进行 URP 和创新项目之前虽然已经看过导师课题组发表的文章, 但对自

己想从事的研究内容并无一个清晰的认识, 仅仅停留在感兴趣这个层面, 而对于具体的研究思路、研究内容、研究路线等都需要导师制定并委托研究生从头指导其实验操作技能, 学生对导师和研究生的依赖性较高, 缺乏独立科研的能力。在其他类型的学科竞赛中也存在类似的问题。少数学生在实验后期会对研究内容提出自己的看法, 但大多数学生仅仅是半独立完成了一个相对完整的自主性实验。

### 1.4 现有的微生物学课程内容需要补充和完善

#### 1.4.1 教材更替的速度慢于科研的最新进展

教材是有关讲授内容的材料, 如书籍、讲义等<sup>[8]</sup>。因此, 随着科学的发展和时代的进步, 教材内容需要适时更新、更正, 以满足不同院校、不同专业、不同学生水平的需求。对微生物学课程而言, 沈萍、陈向东主编的《微生物学》2016 年更新到第 8 版<sup>[9]</sup>, 陈雯莉主编的《微生物学》2019 年更新到第 7 版<sup>[10]</sup>, 辛明秀、黄秀梨主编的《微生物学》2020 年更新到第 4 版<sup>[11]</sup>, 周德庆主编的《微生物学教程》2020 年更新到第 4 版<sup>[12]</sup>, 袁红莉、杨金水主编的《农业微生物学及实验教程》2021 年更新到第 3 版<sup>[13]</sup>, 戚中田主编的《医学微生物学》2022 年更新到第 4 版<sup>[14]</sup>。由上述的例子可以看出虽然每本教材的主编都会根据学科的发展和教材的受众对教材进行更新, 但整体而言, 教材内容的更新速度是无法匹配科学的研究进展, 特别是缺乏真实场景中的一线科研实例, 因此在实际教学过程中, 教师本人对前沿知识的了解程度和关注点就会极大影响学生掌握知识的广度和深度。而在实际的学科竞赛过程中, 学生不但会用到微生物学中的经典实验技能, 而且经常需要利用一些最新的研究技术或方法, 因此需要用更多的精力学习新的知识和技能。

### 1.4.2 实验教学偏重于验证性实验

微生物学实验课程的核心教学目标是使学生建立起“无菌操作”的意识和掌握微生物无菌操作的基本技术,因此目前国内微生物实验的内容基本是按照微生物学课程的内容进行匹配设置的,一般包括显微技术、微生物的形态观察、微生物的纯培养技术、营养元素与环境条件对微生物生长的影响以及应用微生物技术等<sup>[15]</sup>。这样的设置层次清晰、可以与课堂教学内容很好地呼应,帮助学生掌握坚实的基本微生物学技能,但是对于学生而言,各实验内容仍然是独立的“知识点”,很难建立一个系统的“点-线-面”状知识体系,也难以建立聚焦于科学问题的科研思维。为此本教学团队在实际教学过程中引入了综合性大实验,将培养基制作、微生物分离、纯化、16S rRNA 基因鉴定、生物信息学分析及菌株初步应用等内容设计成一个完整的综合性大实验,以提高学生的创新意识<sup>[16]</sup>,但整体而言,实验教学的内容丰富,但缺乏“线”将内容串联起来,系统性不够完善,为了满足国家对创新型人才培养的需求,对实验教学内容的优化调整也势在必行。

### 1.4.3 学生的主动性和积极性不高

为了提高学生的学习兴趣 and 主动性、避免传统填鸭式教学的局限性,案例法教学<sup>[17]</sup>、思维导图法教学<sup>[18]</sup>、本科生助教模式<sup>[19]</sup>、翻转课堂<sup>[20]</sup>、线上线下混合教学<sup>[21-22]</sup>等相继涌现并取得了良好的教学效果,但由于目前的学生从小就熟练使用手机等互联网工具,见闻和视野与以前的学生大不相同,且更有个性,因此一部分学生觉得课堂的内容并无挑战性导致学习的主动性和积极性并不高,这就需要教师采取更有竞争性的课程活动调动这部分学生的兴趣。对于农业院校学生而言,如何在微生物学教学中体现农业特色,培养学生学农爱农,做新农人的使命感也是教师的一个重要职责。

## 2 以竞促学在微生物教学中的具体应用

### 2.1 学科竞赛案例引入教学,提升学习兴趣

成果导向教育(outcome-based education)是一种以学生为本、以成果为目标导向,采用逆向思维方式进行课程建设的观念,这种方式有助于激发他们的学习兴趣。学科竞赛是一种短期、高效的以成果为导向的“头脑风暴”式学习,将学科竞赛融入课堂教学,以具体的竞赛案例为出发点展开教学内容,富有实战性和趣味性,很容易激发学生的学习兴趣。例如在讲第一章绪论中的微生物与人类的关系时,我们很自然地引入旅游途中观察到的石质文物腐蚀分化问题,进而征求大家的解决方案并进行讨论,在点评学生的各种方案的优缺点时给学生介绍一下国际 iGEM 竞赛及由本教学团队教师指导的中国农业大学本科生 iGEM 团队针对这个问题提出的解决方案“利用微生物的分泌物草酸钙实现文物的防腐”。该项目不但斩获金牌,并荣获最佳软件工具、最佳新复合元件、最佳生物元件组合设计等三项单项奖提名,获最佳生物制造项目赛道第一名,成为2022年中国唯一进入全球 Top 10 的队伍。将学生自己身边鲜活的学科竞赛案例引入教学,并邀请获奖学生进课堂与学弟学妹交流备赛过程中的事迹,不但激发了学生的学习兴趣,而且帮助学生树立了学习目标,并增强了学习的自信心。

由于学科竞赛以学生为主,教师为辅,学生在备赛过程中不仅需要熟练掌握微生物学的基本知识,还要关注前沿进展进行自主选题,提出科学问题后在教师的指导下自主学习和查阅相关文献,因此反哺在学习中表现为学习目标明确、学习动机强烈、学习兴趣浓厚。此外,在竞赛过程中通过沟通交流,不仅能提高团队意识以及人际交往能力,还能查缺补漏,提高了微生物

学课程学习的效率,更使学生在交际、团队合作、自我认识等方面得到重大历练,这些经历为日后升学、求职、科研打下了良好的基础。

## 2.2 课程内容的改革,打通教学与竞赛的互通渠道

针对微生物在学科竞赛中经常扮演“主角”地位,备赛过程中需要对目标微生物进行培养、遗传改造、功能活性分析等操作,因此在课程教学上对微生物的营养、微生物的代谢、微生物的生长与环境条件、微生物遗传与诱变育种、微生物在农业上的应用章节的内容进行调整,新增一些最新研究进展和技术,例如膜转运机制的最新进展、温敏型菌株的应用、抗氧化与人体健康、不同条件下微生物代谢途径的多样性、植物根际促生菌(plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)与植物抗逆促生、微生物能源、生物固氮与碳减排、CRISPR/Cas 基因编辑技术、宏组学技术等<sup>[13]</sup>。此外,在课堂授课过程中,将本系各个研究团队的工作有机地融入

教学,既扩展了研究前沿,让学生了解了微生物可以解决农业中的具体问题,又提供了实现自己科研设想的平台信息,便于学生寻找科研导师。实验教学方面,本教学团队调整了以前实验课程按照理论课程进度安排经典微生物学实验的模式,将实验分为四大模块,第一模块为基础模块,包括细菌、放线菌、真菌、病毒培养基的制备和灭菌、环境样品的采集、预处理和几大类微生物的分离和保藏;第二模块为原核微生物模块,进行环境样品中功能原核微生物的纯化、菌落形态观察和革兰氏染色、荚膜染色和芽孢染色,在此基础上进行 16S rRNA 基因鉴定、确定其系统发育地位,并进行生理生化指标测定和功能分析;第三模块为真核微生物模块,进行酵母和丝状真菌的纯化、菌落形态观察和 ITS 鉴定,在此基础上进行真核微生物的菌体形态观察、大小测定和功能性实验分析;第四模块为病毒模块,包括噬菌体的纯化、效价测定和形态观察(表 1)。通过上述内容的调整和

表 1 微生物学课程的具体改革内容

Table 1 Specific reform content of Microbiology curriculum

编号 No.	章节/实验 Chapter/Experiment	调整内容 Main adjustments
1	第五章 微生物的营养 Chapter 5 Microbial nutrition	新增了膜转运机制的最新进展 The latest progress in membrane transport mechanisms has been added
2	第六章 微生物的代谢 Chapter 6 Microbial metabolism	新增了不同条件下微生物代谢途径的多样性 Added diversity of microbial metabolic pathways under different conditions
3	第七章 微生物的生长与环境条件 Chapter 7 Microbial growth and environmental conditions	新增了温敏型菌株的应用、抗氧化与人体健康 Added the application of temperature sensitive strains, antioxidant and human health
4	第八章 微生物遗传与诱变育种 Chapter 8 Microbial genetics and mutation breeding	新增了 CRISPR/Cas 基因编辑技术 Added CRISPR/Cas gene editing technology
5	第十二章 微生物在农业上的应用 Chapter 12 Application of microorganisms in agriculture	新增了 PGPR 与植物抗逆促生、微生物能源、生物固氮与碳减排、宏组学技术 Added PGPR and plant stress resistance and growth promotion, microbial energy, biological nitrogen fixation and carbon reduction, and metaomics technologies

(待续)

(续表 1)

编号 No.	章节/实验 Chapter/Experiment	调整内容 Main adjustments
6	实验十六 几种常见培养基的制备 Experiment 16 Preparation of several common culture media	第一模块：基础模块 Module 1: Basic module
7	实验三十一 稀释法分离土壤微生物 Experiment 31 Separation of soil microorganisms by dilution method	
8	实验十七 高压蒸汽灭菌和干热灭菌 Experiment 17 High pressure steam sterilization and dry heat sterilization	
9	实验三十四 微生物菌种保藏技术 Experiment 34 Microbial strain preservation technology	
10	实验三十 环境中微生物检测 Experiment 30 Microbial detection in the environment	第二模块：原核微生物模块 (新增功能原核微生物的纯化；新增 16S rRNA 基因鉴定和系统发育地位分析)
11	实验一 亮视野显微镜的使用 Experiment 1 Use of a bright field microscope	Module 2: Prokaryotic microorganism module
12	实验七 细菌的革兰氏染色 Experiment 7 Gram staining of bacteria	(added purification of functional prokaryotic microorganisms; added 16S rRNA gene identification and phylogenetic analysis)
12	实验八 细菌的芽孢染色 Experiment 8 Spore staining of bacteria	
14	实验九 细菌的荚膜染色 Experiment 9 Capsule staining of bacteria	
15	实验十二 放线菌的形态观察 Experiment 12 Observations on the actinomycetes morphology	
16	第四章 营养元素与环境条件对微生物生长的影响 Chapter 4 The Influence of nutrient elements and environmental conditions on microbial growth	
17	实验十三 酵母菌形态及子囊孢子观察 Experiment 13 Observation on the morphology and ascospores of yeast	第三模块：真核微生物模块 (新增酵母和丝状真菌的纯化和 ITS 鉴定；新增真菌的功能分析)
18	实验十四 毛霉和根霉的形态观察 Experiment 14 Morphological observation of <i>Mucor</i> and <i>Rhizopus</i>	Module 3: Eukaryotic microorganism module (added purification and ITS identification of yeast and filamentous fungi; added functional analysis of fungi)
19	实验十五 青霉、曲霉及镰刀菌的形态观察 Experiment 15 Morphological observation of <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> and <i>Fusarium</i>	
20	实验二十五 微生物对大分子物质的水解 Experiment 25 Hydrolysis of macromolecular substances by microorganisms	
21	实验二十七 显微镜下微生物细胞的直接计数 Experiment 27 Direct counting of microbial cells under a microscope	
22	实验二十四 噬菌体的效价测定 Experiment 24 Determination of phage titer	第四模块：病毒模块 (新增噬菌体的纯化和形态观察) Module 4: Virus module (added purification and morphological observation of bacteriophages)

模块化,在保证学生掌握基本微生物操作技能的基础上,突出了实验的完整性、综合性和目的性,打通教学与竞赛的互通渠道,以赛促学,以赛促教,同时培养了学生的实践创新能力。

### 2.3 创新能力的提高和创新人才的培养

除了通过上述方法提升学习兴趣、丰富和改革教学内容以提高学生的综合素质和创新能力外,学院将 URP 列为学生的必修课,每个学生必须利用课余时间在 1-2 年内自行单独完成 URP 训练,学有余力的学生可自主组队参加各个级别的各种学科竞赛。在此过程中,学生需要独立完成文献查阅、与导师讨论后确定研究内容和技术路线;赛中需要定期和导师、研究生及团队成员交流实验进展、熟练掌握相关的实验操作技能、解决实验中遇到的问题、根据实验进展对实验内容或技术路线进行调整、并主动学习新技术;取得实验结果后需要按照要求撰写结题报告、准备汇报的 PPT、现场答辩。这一过程不仅培养了学生的创新思维,强化了学生的竞争意识和团队意识,提高了学生的表达能力和团队协作能力以及综合素质,而且促使学生明确了未来的职业定位和发展方向,为创新人才的脱颖而出提供了平台。赛教结合模式的应用不但激发了学生参与竞赛的积极性,在比赛中取得了良好的成绩,也显著提高了学生学习的自主性和内驱性,提高了整体的人才培养质量,为创新人才的涌现提供了基石和平台。

## 3 以竞促学的成效

### 3.1 学生对课程的认可度高,自主学习能力显著提升

为了鼓励学科竞赛与教学的融合,学校建立了创新创业平台并将指导学科竞赛与教学任务挂钩。学院一方面建立了微信群,有序地引导学生参与各类学科竞赛,另一方面将指导学

科竞赛与教师的师德师风建设挂钩,并资助教师参加各类教学研讨会议,通过学习交流有序地将学科竞赛融入教学。本教学团队通过在微生物教学过程中引入学科竞赛,学生的自主学习能力有了显著提升,学生评教系统中,“这门课程引导我用批判性思维去分析问题、解决问题”“课程紧密联系当前,让我了解知识相关的前沿动态”“激发我独立开展实验探究的自主性”上得分都在 9.6 分以上。团队老师的教学排名都处于全院前 80%,学生的具体评价如表 2 所示。

而在毕业深造方面,以近 4 年本团队指导参加 iGEM 比赛的学生毕业去向为例,在毕业后 16%的学生到哥伦比亚大学、康奈尔大学等国际知名高校深造,出国比例为学院同期毕业生出国率的 2.14 倍;67.7%的学生到清华、北大、中国科学院等高等学府攻读研究生学位,为学院同期到高等学府读研学生比例的 1.33 倍,并且 29.4%的学生研究领域为微生物学方向,62.3%的学生从事的研究与微生物相关,100%的学生认为参加 iGEM 的经历对自己的科研工作有帮助,23.5%的学生未来会继续从事与微生物及合成生物学相关的职业。

### 3.2 专业基础扎实,创新思维反哺赛绩

自 2021 年以来,在学院的支持下,我院本科生参加学科竞赛获得了教育部第二届基础学科拔尖学生培养计划 2.0 “提问与猜想”二等奖 1 项;北京市大学生生物学竞赛三等奖 8 项,二等奖 4 项,一等奖 5 项,其中微生物项目占 35.3%,全国大学生生命科学竞赛三等奖 8 项,二等奖 4 项,一等奖 1 项,其中微生物项目占 23.1%。本团队的王磊副教授指导学生借鉴昆虫肠道微生物对塑料基的分解能力,构建塑料基高附加值产品产生的菌种体系获得 2022 年北京市大学生生物学竞赛(实验设计)三等奖;王娜

表 2 学生对微生物学课程学习的评价

Table 2 Student evaluation of Microbiology course learning

评价指标 Evaluating indicator	成绩 Achievement
老师在我树立人生观、价值观方面给予了正确的启发和引领 The teacher gave me the correct inspiration and guidance in establishing my outlook on life and values	9.684 2
老师在授课中经常与学生进行互动交流, 启发我们的思考 The teacher often interact and exchange ideas with students during teaching, inspiring our thinking	9.609 8
老师的教学激发了我的学习兴趣, 愿意自主学习 The teacher's teaching has stimulated my interest in learning and I am willing to learn independently	9.756 1
这门课程培养了我严谨求实的学习态度和学术精神 This course has cultivated my rigorous and pragmatic learning attitude and academic spirit	9.789 5
这门课程引导我用批判性思维去分析问题, 解决问题 This course guides me to use critical thinking to analyze and solve problems	9.609 8
这门课程能够紧密联系当前, 让我了解到知识相关的前沿动态 This course can closely connect with the current situation, allowing me to understand the cutting-edge developments related to knowledge	9.804 9
这门课程提升了我综合运用所学知识, 分析和解决问题的能力 This course has enhanced my ability to comprehensively apply the knowledge I have learned, analyze and solve problems	9.684 2
这门课程激发了我独立开展实验探究的自主性 This course has stimulated my autonomy in conducting independent experimental research	9.684 2
每项总分为 10 分 Each item has a total score of 10 points.	

和王磊副教授指导的“地下沼气工厂——复合菌剂作用于石油烃产甲烷”项目和袁红莉教授指导的“‘小球’出大力, 超强五合一”项目利用小球藻实现固碳、水体净化、废气处理、生物发电和生物燃料生产五合一都获得 2023 年北京市大学生奇思妙想生物学竞赛三等奖。本团队老师指导的 iGEM 竞赛连续 5 年获得金牌 (2019–2023), 并在 2022 年比赛中获得 3 项单项奖提名, 生物制造赛道第一、全球 Top 10 的佳绩, 创下参赛以来的最好成绩。这些成绩极大地鼓舞了学生们对生命科学的热爱和学习的主动性和积极性。

### 3.3 学科兴趣增强, 提升科研求知意向

通过参加各级学科竞赛, 学生在课题研究内容的选择、研究结果的展示、现场 PPT 展示、

创新点的凝练、团队的合作等方面都得到了提高。除此之外, 参赛学生在国家、省市级创新项目申报、科技论文发表、毕业论文写作等方面都有明显的能力提升, 本科生参与发表的论文中近半数为微生物领域的研究成果。据 2018–2022 年这 5 年来的学院统计数据 (图 1), 国家、北京市和校级本科生创新项目的总数由 2018 年的 87 项逐年递增, 最终维持在 110 项左右, 与学院每级的学生人数基本持平。分析其原因是学生通过课堂引导和锻炼, 自信心增强, 最初 2–3 人共同完成一个项目到后续基本每人单独完成一个项目。本科生主持的国家创新训练项目中微生物领域的科研项目占比分别由 2018 年的 28.57% 增加到 40%, 北京市创新训练项目由 25% 增加到 50%, 而校级 URP 项目中



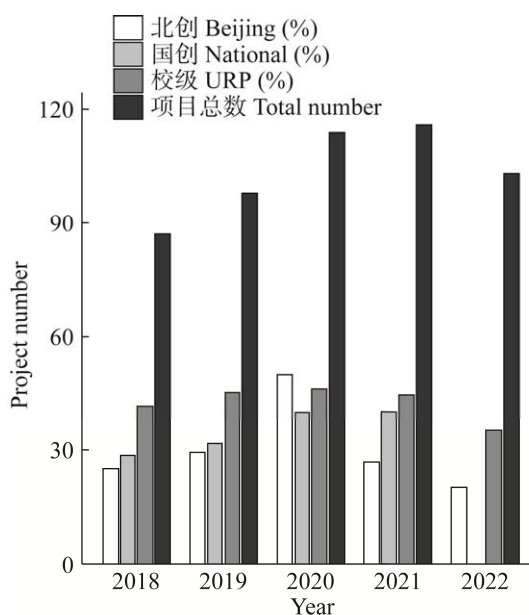


图1 2018–2022 年生物学院本科生主持项目总数及微生物领域项目占比

Figure 1 The total number of undergraduate projects led by the college of biology and the proportion of projects in the field of microbiology from 2018 to 2022.

微生物领域的项目占比基本维持在 40%左右。例如 2021 年获得国家本科生创新项目资助的“可便捷检测的绿僵菌 dsRNA 载体构建及杀灭蝗虫效果研究”及 2022 年获得北京市本科生创新项目资助的“可降解木质纤维素产乙醇的酿酒酵母菌株构建”均是立足于农业中面临的问题提出自己的研究课题。分析 2021–2022 年微生物领域创新项目占比下降的原因主要是由于有很大一部分学生转向植物和动物遗传改造研究领域，而这也正好符合我国对农业发展的需求。

## 4 结语

人才是第一资源，创新是第一动力，但是人才培养是一项长期、系统的工作，根据时代需要调整和优化人才培养各个环节是培养优秀

人才的基石。经过中国农业大学生物学院微生物学系几代微生物学人的传承和创新，我院微生物学的教学改革一直在有序开展并取得了一定的成果。将学科竞赛纳入微生物教学过程中不但可以激发学生们学习的热情，而且通过与国内、国际其他竞赛队伍的交流和学，不仅加深了学生对知识的理解和应用，培养了学生的创新精神，磨炼了学生的意志，还可坚定学生们的专业自信和文化自信。但是培养具有探索性、创新性思维的农业微生物学创新人才是一个长期而艰巨的伟大事业，我们还需要不断探索、砥砺前行，坚持为国育才，全面提高人才培养质量，着力造就拔尖创新人才，帮助学生去筑梦、追梦、圆梦，让一代又一代年轻人都能成为实现我们民族复兴和腾飞的正能量。

## REFERENCES

- [1] 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).
- [2] 中国农学会. 2022 农业农村重大科学命题[J]. 农学报, 2023, 13(3): 13-15. Chinese Association of Agricultural Science Societies. Major scientific propositions in agriculture and rural areas in 2022[J]. Journal of Agriculture, 2023, 13(3): 13-15 (in Chinese).
- [3] 吴杰, 赵乔. 合成生物学在现代农业中的应用与前景[J]. 植物生理学报, 2020, 56(11): 2308-2316. WU J, ZHAO Q. The application and prospect of synthetic biology in future agriculture[J]. Plant Physiology Journal, 2020, 56(11): 2308-2316 (in Chinese).
- [4] 中共中央国务院关于做好 2023 年全面推进乡村振兴重点工作的意见[P]. 人民日报, [2023-02-14]: 1-6. Opinions of the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council on doing a good

- job in key work of comprehensively promoting rural revitalization in 2023[P]. People's Daily, [2023-02-14]: 1-6 (in Chinese).
- [5] 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).
- [6] 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, 6: 177-187.
- 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]. Theoretical Research and Practice of Innovation and Entrepreneurship, 2022, 6: 177-187 (in Chinese).
- [7] 沈蓓, 王晓燕, 王松云. 培养大学生创新性思维在高校思政教育中的重要性与应用[J]. 现代商贸工业, 2022, 34(12): 164-165.
- SHEN B, WANG XY, WANG SY. The importance and application of cultivating innovative thinking among college students in ideological and political education in universities[J]. Modern Business Trade Industry, 2022, 34(12): 164-165 (in Chinese).
- [8] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典[M]. 7版. 北京: 商务印书馆, 2016.
- Dictionary Editing Office of Institute of Linguistics, Chinese Academy of Social Sciences. Modern Chinese Dictionary[M]. 7th ed. Beijing: The Commercial Press, 2016 (in Chinese).
- [9] 沈萍, 陈向东. 微生物学[M]. 8版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- SHEN P, CHEN XD. Microbiology[M]. 8th ed. Beijing: Higher Education Press, 2016 (in Chinese).
- [10] 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).
- [11] 辛明秀, 黄秀梨. 微生物学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- XIN MX, HUANG XL. Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2020 (in Chinese).
- [12] 周德庆. 微生物学教程[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- ZHOU DQ. Essential Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2020 (in Chinese).
- [13] 袁红莉, 杨金水. 农业微生物学及实验教程[M]. 3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2021.
- YUAN HL, YANG JS. Course of Agricultural Microbiology and Experiment[M]. 3rd ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2021 (in Chinese).
- [14] 戚中田. 医学微生物学[M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2022.
- QI ZT. Medical Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: Science Press, 2022 (in Chinese).
- [15] 王颖. 微生物生物学实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- WANG Y. Experimental Course of Microbial Biology[M]. Beijing: Science Press, 2014 (in Chinese).
- [16] 杨金水, 袁红莉, 李宝珍. “双一流”建设背景下农业微生物学课程教学改革的探索[J]. 微生物学通报, 2020, 47(2): 641-648.
- YANG JS, YUAN HL, LI BZ. Exploration on the teaching reform of Agricultural Microbiology under the background of “double-first-class” construction[J]. Microbiology China, 2020, 47(2): 641-648 (in Chinese).
- [17] 付强, 史慧君, 苏艳, 李斌, 李玮璐, 刘程. 案例教学法在《兽医微生物学》教学中的应用探索[J]. 现代畜牧科技, 2023(6): 123-125.
- FU Q, SHI HJ, SU Y, LI B, LI WL, LIU C. Application of case teaching method in “Veterinary Microbiology” teaching[J]. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2023(6): 123-125 (in Chinese).
- [18] 王一松, 高娜, 盛子洋, 范东瀛, 吴艳花, 王培刚, 安静. 思维导图在医学微生物学教学中的应用策略[J]. 医学教育管理, 2022, 8(suppl): 103-107.
- WANG YS, GAO N, SHENG ZY, FANG DY, WU YH, WANG PG, AN J. The application strategy of mind mapping in Medical Microbiology teaching[J]. Medical Education Management, 2022, 8(suppl): 103-107 (in Chinese).
- [19] 刘慧玲, 温崇庆, 杨世平, 丁燊. 本科生助教模式在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通

- 报, 2023, 50(1): 427-433.
- LIU HL, WEN CQ, YANG SP, DING Y. Exploration and practice of undergraduate assistant mode in the teaching of Microbiology Experiment[J]. Microbiology China, 2023, 50(1): 427-433 (in Chinese).
- [20] 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).
- [21] 李潇蒙, 李平, 朱永毅, 杨敬, 马光强, 范大有, 杨均. 《动物微生物》线上线下混合实验教学模式的探索与实践[J]. 中国家禽, 2022, 44(4): 121-124.
- LI XM, LI P, ZHU YY, YANG J, MA GQ, FAN DY, YANG J. Exploration and practice of online and offline mixed experimental teaching mode for Animal Microbiology[J]. China Poultry, 2022, 44(4): 121-124 (in Chinese).
- [22] 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).