

· 高校生物学教学 ·

新工科背景下基于成果导向提升生物类专业本科生创新能力

曹潇月¹, 陈微微¹, 赵博^{2*}

1 杭州师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 杭州 311121

2 杭州师范大学 中国教育现代化研究院, 浙江 杭州 311121

曹潇月, 陈微微, 赵博. 新工科背景下基于成果导向提升生物类专业本科生创新能力[J]. 生物工程学报, 2024, 40(9): 3270-3281.

CAO Xiaoyue, CHEN Weiwei, ZHAO Bo. Outcome-based education enhances the innovative capabilities of biological science undergraduates in the context of new engineering[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(9): 3270-3281.

摘要: 在新工科背景下, 提升高等教育生物类大学生的创新能力势在必行。本文以杭州师范大学生命与环境科学学院为例, 立足于问卷调查分析获得的生物类本科生的创新能力现状, 通过实践教学创新、科研导师制构建、“科教产教”双融合等方式, 探索基于成果导向教育(outcome-based education, OBE)理念驱动生物类专业的实践教学改革。在此基础上, 利用威廉斯创造力量表开展实证研究, 明确基于 OBE 导向的实践教学改革能够显著促进学生的创造力发展, 为提升学生的创新能力奠定基础, 也为高校生物类创新人才培养提供参考。

关键词: 成果导向教育理念; 生物类专业; 创新能力; 实证研究; 高校教育

资助项目: 杭州师范大学生命与环境科学学院本科生创新能力提升工程项目; 杭州师范大学教学建设和改革立项建设项目

This work was supported by the Innovation Ability Enhancement Project for Undergraduate Students in the School of Life and Environmental Sciences of Hangzhou Normal University, and the Teaching Construction and Reform Project of Hangzhou Normal University.

*Corresponding author. E-mail: 20187010@hznu.edu.cn

Received: 2023-12-02; Accepted: 2024-05-06; Published online: 2024-05-08

Outcome-based education enhances the innovative capabilities of biological science undergraduates in the context of new engineering

CAO Xiaoyue¹, CHEN Weiwei¹, ZHAO Bo^{2*}

1 School of Life and Environmental Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, Zhejiang, China

2 Chinese Education Modernization Research Institute of Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, Zhejiang, China

Abstract: In the context of new engineering, it is of great importance to enhance the innovative capabilities of biological science undergraduates receiving higher education. We conducted a questionnaire survey at the School of Life and Environmental Science, Hangzhou Normal University to examine the current situation of undergraduates' innovative capabilities. We explored the teaching reform in biological majors based on outcome-based education (OBE) from teaching innovation, tutorial system establishment, and dual integration of research-education and production-education. Furthermore, an empirical study adopting the Williams's Creativity Assessment Packet highlighted that the OBE-oriented teaching reform effectively fostered students' creativity and laid a foundation for enhancing their innovative capabilities. This study provides valuable insights for cultivating innovative talents majoring in biological sciences in universities.

Keywords: outcome-based education (OBE); biological majors; innovative capability; empirical study; higher education

随着互联网技术快速发展, 创新将成为新时代人才最重要的能力指标之一。2017年教育部提出“新工科”理念, 以新技术、新要求、新途径培养新时代的创新型卓越工程人才^[1]; 2022年5月, 《“十四五”生物经济发展规划》着重提出推动生物技术和信息技术融合创新, 加快发展生物医药、生物育种、生物材料、生物能源等产业, 做大做强生物经济^[2]。创新是推动社会发展的重要驱动力^[3], 然而, 目前生物类专业本科生创新能力培养存在理论与实践脱节、创新思维培养不足等问题^[4]。基于成果产出的教育模式(outcome-based education, OBE)以学生能力为核心, 关注实际应用能力^[5], 与生物类专业本科生创新能力的培养具有天然的

耦合点。

OBE教育理念要求学校从社会、企业、政府等需求出发, 根据学校发展定位, 确定人才培养目标, 形成以培养学生能力为核心的毕业要求, 根据毕业要求反向设计人才培养方案及课程教学大纲等^[6]。Spady等^[7]提出OBE教育理念, 强调教育应该以明确的学习结果为导向, 要将学习结果与实际应用相联系。Ali等^[8]进一步开发了重视学习成果的课程。这一教育理念改变了以教为中心的教育模式, 转向以学生为中心, 以学生成果达成作为教学目标设计的驱动力, 鼓励学生将所学知识和技能应用于实际情境^[9], 进而培养学生解决问题和创新实践的能力, 在提高教育质量的同时促进学生的全面

发展^[10]。目前,该理念及其相关课程已经成为全球教育改革的重要组成部分^[11]。

本文以杭州师范大学生命与环境科学学院为例,通过问卷调查了解本院生物类专业本科生的创新能力现状,以实践教学改革作为促进学生创新能力发展的突破口,探索新工科背景下应用 OBE 教育理念驱动实践教学改革、提升生物类专业本科生创新能力的有效方法,并引入威廉斯创造力倾向量表实证研究分析实践教学成果的有效性,有助于培养学生的多元智能和个性化发展(图 1)。

1 生物类专业本科生的创新能力现状分析

本研究运用问卷调查的方法探究了本院本

科生创新能力的影响因素,基于 OBE 教育理念优化实践教学方案,主要从本科生创新能力认知、创新实践活动参与情况、实践教学现状、学院实践教学环境这 4 个维度进行综合考量。

此次调查一共回收有效问卷 694 份,其中生物科学(师范)专业 436 份(62.82%),生物技术专业 141 份(20.32%),环境工程专业 51 份(7.35%),生态学专业 66 份(9.51%)。

了解学生选择生物相关专业的动机因素,可以从内部探索学生自主学习的意愿和积极能动性,后者是学生创新能力培养的重要推动力^[12]。调查显示多数学生因为兴趣选择了生物类专业,占比 56.48%,约 1/3 的学生认为自己创新能力一般;对于当代大学生创新思维能力不足的影响因素,大部分学生选择的是缺乏实践锻炼(77.25%)以及缺乏独立思考能力(69.31%)。

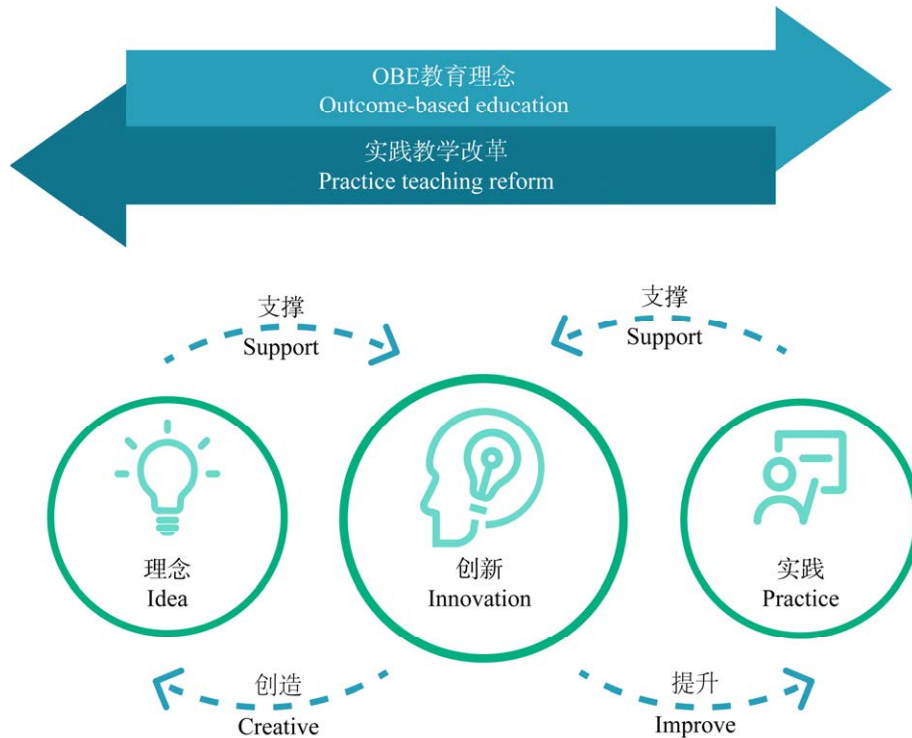


图 1 OBE 教育理念与创新能力之间相辅相成的关系

Figure 1 The correlation between OBE-oriented education and innovation capability.

创新实践活动的开展是提升本科生创新能力的重要途径之一^[13]。本问卷数据统计显示, 91.65%的学生希望创新实践指导从大一及大二阶段开始, 问卷中有 41.64%的学生没有参与过包含社会实践、教师科研项目、学科竞赛等在内的任何创新实践活动。15.27%的学生非常愿意参与创新实践活动。同时, 67.58%的学生希望教师提升对学生创新能力培养的重视程度。

问卷调查中, 对于创新能力培养的影响因素选择, 绝大多数学生选择了师资配备和教学模式(85.88%)以及学生的主动性学习与参与(82.28%)。

学院的创新环境, 是影响创新活动开展的关键外因^[14]。从本次调查问卷反馈, 绝大多数学生对于本院的创新硬件环境高度认可。在创建创新软环境上, 占比排名前四的分别是多提供实践机会、增加和科研导师沟通的机会、提供跨学科交叉学习的机会、提供更多的竞赛机会。

基于以上背景, 本研究探索基于 OBE 教育理念优化实践教学方案, 在实践教学中最大程度地开发学生的创新能力^[15]。

2 OBE 教育理念在生物类专业实践教学改革中的应用

通过问卷调查分析和前人研究结果, 本研究探索两个层面的转变, 理论层面以 OBE 教育理念为教学指导, 实践层面注重基于 OBE 的探索性实践锻炼, 实现校内校外实践教学创新(图 1)。针对生物类专业的特点, 根据年级设置不同层次的培养(表 1), 主要包括以下两方面的内容: (1) 大一到大三阶段, 校内实践教学改革与科研训练相结合, 奠定创新人才培养的基础; (2) 大四阶段以校外实践为主, 创新环境创设及实践教学基地建设, 提升学生解决问题的能力。

2.1 创新实践教学, 强化实践育人

生物类专业有着探究生命科学前沿进展的本质, 因此具有天然的实践属性^[16], 在 OBE 教育理念实施前, 教师更注重传授知识, 经过以目标成果为导向的教学改革后, 所有实验课程大纲中均增加了毕业目标矩阵与课程达成度分析, 以毕业目标 and 需求作为专业课程建设的依据, 并通过增加实验实践课程学分比例, 强化培养核心能力。截至 2023 年 9 月, 本院生物科学(师范)专业、生物技术专业、生态学专业的实践教学学分占总学分比例分别为 31.02%、34.94%、33.43%。本院实行实验室开放制度和模块化教学措施, 各实验实践课程以综合性、设计性实验为主, 引导学生积极参与实践教学, 鼓励学生在实验室开展学科竞赛、创新项目、课题研究等训练, 培养学生的实践能力和创新精神。

以“食用菌栽培技术”课程为例, 该课程立足于食用菌的形态、分类、生理、生态等基础知识, 通过实践操作和科研探索, 使学生系统地掌握食用菌菌种分离、菌种制备及常见食用菌的栽培技术, 为今后的实践应用和创新创业打下基础。基于 OBE 和项目学习(project-based learning, PBL)教育教学模式, 在课程教学中明确课程目标与学习成果, 组织学生开展小组讨论、翻转课堂、文献速递及实验技能评比等活动, 课内外同步联动, 并结合智慧教育课堂, 提供个性化的学习服务支持。同时, 该课程大胆探索学科交叉形式, 在实践中引入美育理念, 以小组形式鼓励学生创作以食用菌为主题的短视频或海报, 并在翻转课堂中展示, 以激发学生的跨学科能力。最后邀请艺术领域专家对作品进行点评打分, 形成过程性评价数据, 获得对课程更深层次的认知和思考, 促进创新能力的培养。

表1 生物类专业本科生实践教学分层次培养

Table 1 Implementation of a hierarchical approach for enhancing practical teaching in undergraduate biology education

| 实践类别 Practice category | 培养层次 Training level | 培养能力 Training abilities | OBE 教育理念 OBE educational philosophy | 实践课程内容 Practical course content |
|-------------------------------|------------------------|--|---|---|
| 校内实践 On-campus practice | 大一 Freshman | 实验操作能力 Laboratory skills | 以学生为本 Student-centered | 植物学实验 Botany lab |
| | 大二 Sophomore | 解决问题能力 Problem-solving skills | 持续改进 Continuous improvement | 动物学实验 Zoology lab 植物学野外实习 Botany field internship 动物学野外实习 Zoology field internship |
| | 大三 Junior | 团队合作能力 Teamwork skills | 成果为导向 Outcome-oriented | 生物化学实验 Biochemistry lab 微生物学实验 Microbiology lab 遗传学实验 Genetics lab |
| | | 综合分析能力 Analysis skills | | 分子生物学实验 Molecular biology lab 基因工程实验 Genetics lab 发酵工程实验 Fermentation engineering lab 细胞生物学实验 Cell biology lab 免疫学实验 Immunology lab 人体解剖生理学实验 Human anatomy and physiology lab 植物生理学实验 Plant physiology lab 动物生理学实验 Animal physiology lab 发育生物学实验 Developmental biology lab 生态学实验 Ecology lab |
| 科研竞赛 Research competitions | 大一 Freshman | 运用创新思维解决问题 Apply innovative thinking to problem-solving | 持续改进和 成果为导向 Continuous improvement and outcome-oriented | 全国大学生生命科学竞赛 National university life science competition |
| | 大二 Sophomore | 进行独立的科学研究和 创新 Conduct independent scientific research and innovation | | 国家级大学生创新创业训练计划项目 National undergraduate innovation and entrepreneurship training program |
| | 大三 Junior | | | 本科生创新能力提升工程 Undergraduate innovation capability enhancement project |
| | 大四 Senior | | | “挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛等 “Challenge Cup” national college students extracurricular academic science and technology works competition, etc. |
| 校外实践 Off-campus practice | 大三 Junior | 创新实践能力 Innovative practical skills | 持续改进和 成果为导向 Continuous improvement and outcome-oriented | 企业实习 Enterprise internship |
| | 大四 Senior | 科学创新能力 Scientific innovation skills | | 社会调查 Social investigation 社区服务 Community service |
| | | | | |

2.2 构建科研导师制，驱动科研育人

教师是提升学生创新能力的直接引导者，科研导师制度是高校人才培养创新模式的重要探索^[17]。构建“导师引导-学生参与-协同科研”

的培养模式，让学生在科研导师的指导下进入实验室开展科研训练和/或学科竞赛，是本院提升学生创新能力的重要策略^[18]。以本院科研项目为例，项目申报书撰写、实验内容设计、答辩

准备等,都由学生负责人协调组员共同完成,指导教师作为项目“引导人”为学生提供建议,让学生在主动探索过程中获得能力成长。

当前,生物类专业的科研竞赛包含全国大学生生命科学竞赛、浙江省大学生环境生态科技创新大赛、国家级大学生创新创业训练计划项目、本科生创新能力提升工程、浙江省大学生科技创新活动(暨新苗人才计划)、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛等。以全国大学生生命科学竞赛为例,实施 OBE 教育理念之后,本院定期组织科研导师,评估和改进科研竞赛的教学方案,通过收集学生和教师的反馈意见,分析竞赛的优点和不足之处;同时,举办教师培训和交流活动,提升教师的科研指导能力,以更好地支持学生的创新实践;为参赛学生提供必要的资源支持,包括实验设备、文献资源、科研经费等;设立大仪共享科研实践基地,提供先进的实验设备和研究平台,提升环境硬实力。经过努力,本院学生科研竞赛的参与率及成果均呈明显上升趋势。2020–2023 学年,本科生创新能力提升工程共计 75 支团队成功立项,参与发表的论文 30 篇、专利申请 10 项、竞赛获奖 45 项;国家级大学生创新训练计划项目共计 19 支团队成功立项,参与发表论文 21 篇、专利申请 5 项、竞赛获奖 21 项;学生竞赛方面,本院近 3 年共计获得全国大学生生命科学竞赛一等奖 7 项、二等奖 10 项和三等奖 23 项,其中 2023 年新增创新创业类赛道获得一等奖 2 项、二等奖 1 项、三等奖 2 项,各项实践成果丰硕。

2.3 实行“科教产教”双融合,协同创新育人

“科教产教”双融合是实践教学创新范式的新趋势,更是培养创新人才的新路径^[19],校外实践实习是培养大学生创新能力发展的突破口,生物类专业校外实践具有学科相关性、多

样化的实践形式以及强调实践技能培养的特点,是培养学生的创新思维和科研能力的孵化器^[20],能够为今后的职业生涯打下坚实的基础。本院建立成果导向为主体的本科生创新能力培养体系(图 2),该体系以“科教产教”双融合为基础,通过创设创新环境,建设校企共同支撑的实践项目,开展学生自主性和创新性的培养,既满足学生个性化发展的需求,也符合当前国家对多元智能型生物类专业大学生的发展需求^[21]。

我院以“科教产教”双融合优化资源配置,推进产学研合作教学模式。目前建有药用植物种质改良与质量控制技术、器官发育与再生技术研究、城市湿地与区域变化研究实验室等省级重点实验室,1 个药用植物生物技术国际合作基地和 1 个城市湿地生态修复与资源利用创新团队,还拥有杭州西溪湿地国家公园生态研究中心的省级实践教育基地,依托生物学和生态学学科科研优势,2023 年度新获批浙江省“十四五”基础学科拔尖学生培养基地。学院与校外 20 余家企业签订了实践协议,在增加校内实践性课程比重的同时,形成良好的校企合作模式,为学生的实践创新活动“保驾护航”^[22]。

校外实践活动具有社会实践性,帮助学生了解本专业的市场属性;校内实践活动则具有理论实践性,通过科学研究发现本领域的创新方向,培养学生的综合素质和多元智能。学院邀请行业专家参与实践课程建设,深入挖掘校外产教协同育人核心资源,将学生毕业目标与社会的发展需求相结合。通过“科教产教”双融合,学生将理论知识应用于实习实践,从学院到教师,再到学生,建立注重过程性评价的意识。首先,在学院层面上,制定详细的评价标准,关注学生参与过程中的收获;其次,在教师层面上,给予学生更多正确的指导,关注学生在实践活动中能力的成长;最后,在学生层

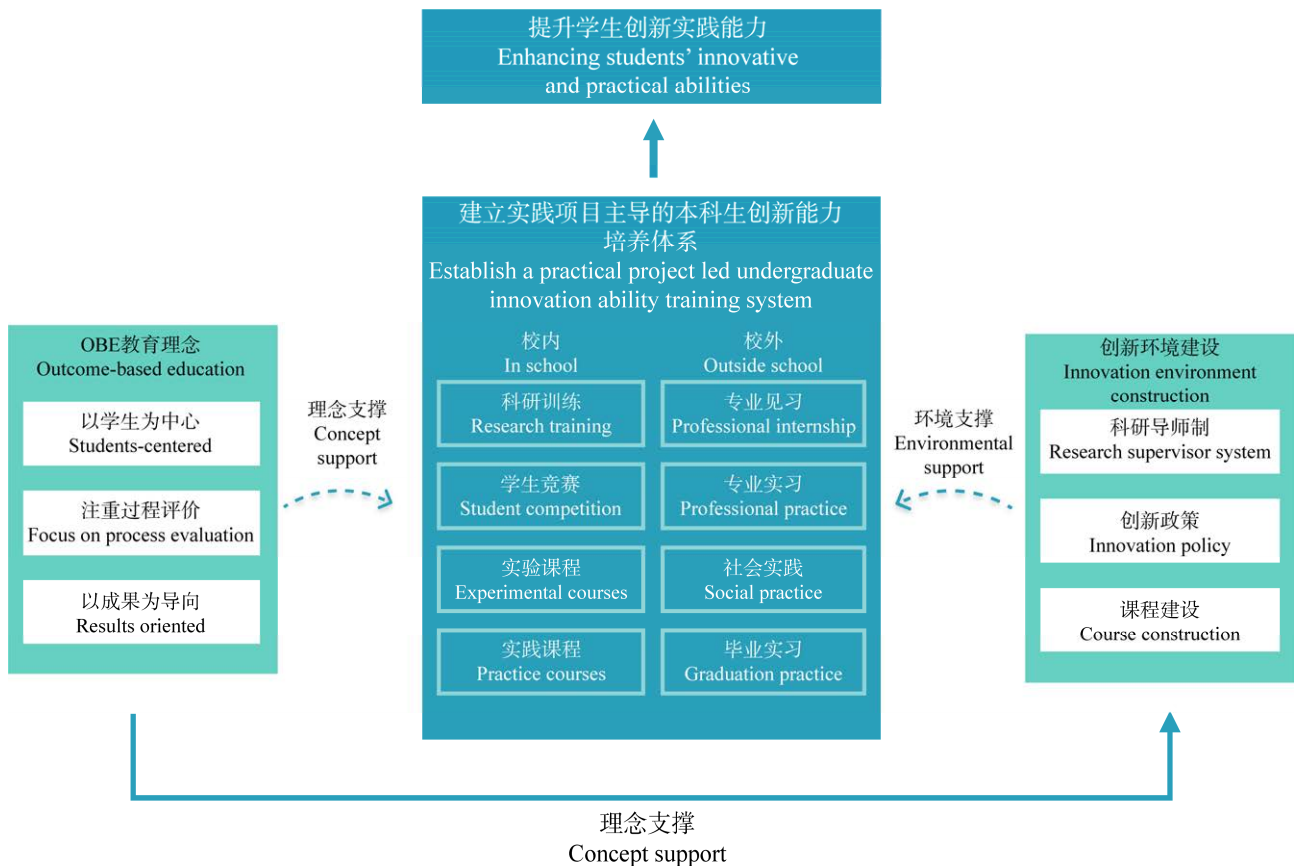


图2 校内校外实践教学项目主导的本科生创新能力培养体系

Figure 2 The system for fostering undergraduates' innovative abilities *via* a combination of on-campus and off-campus practical teaching projects.

面上, 关注科研过程, 注重在实践活动中与同学展开合作, 加强沟通, 收获最终的能力成长。

3 威廉斯创造力倾向量表数据分析

为更好地了解 OBE 教育理念的实践教学改革成果, 本团队进行了生物类专业本科生的实证调查研究, 采用随机抽样法, 以杭州师范大学生命与环境科学学院的学生作为主要对象, 进行威廉斯创造力倾向量表调查, 通过线上发放并填写问卷的形式收集数据。

威廉斯创造力倾向量表是国际通用的权威

性成熟量表, 在我国大学生中具有良好的信度和效度^[23], 该量表包括冒险性、好奇心、想象力、挑战性 4 个分量表, 能够较好地反映本院基于 OBE 教育理念实践教学改革后生物类专业本科生的创造力水平, 为今后的创新能力提升提供实践性建议。调查问卷共包含 3 个部分, 第一部分是个人基本信息共 6 题(姓名、学号、班级、年级、专业、性别), 第二部分是提升研究结果可靠性的控制变量共 2 题(是否参与过基于 OBE 教育理念的实验实践教学课程、是否参与过学科竞赛或科研项目的创新实践活动), 第三部分是创造力倾向测验共 50 题, 共计 58 题。

3.1 问卷信效度检测

利用 SPSS 26.0 软件检验了创造力倾向测验内部的一致性信度及各维度信度,研究的样本数据信度系数 Cronbach's α 值为 0.907 (>0.9),说明研究数据信度质量很高。使用 KMO 和 Bartlett 检验进行效度验证,KMO 值为 0.827 (>0.8),研究数据非常适合提取信息,信效度检验表明调查数据可用于进一步分析。

3.2 正式调查和描述性统计

全院在校生共 1 255 人,回收有效问卷 1 038 份,其中,生物科学占比 65.9%,生物技术占比 20.91%,生态学占比 7.80%,环境工程占比 5.39%;大一学生占比 32.66%,大二、大三、大四学生占比 67.34%;男生占比 23.70%,女生占比 76.30%,本院 4 个年级学生入学时成绩相对排位处在同一水平,因此可针对各项数据进行标准化处理。

威廉斯创造力倾向量表测试问卷总分 150 分,我院学生在本次测验情况如下:创造力总分均值 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)为 109.52 ± 12.619 ,其中最高分 143,最低分 66。总分 90 分(合格)以上 1 003 人,占总人数的 96.63%,120 分(良好)以上 232 人,占总人数的 22.35%,全院大部分学生的创造力水平在合格以上,高创造力水平人数有待提升。

3.3 不同年级的创造力倾向差异比较

本次参与问卷调查的大一、大二、大三、大四学生的创造力总分均值 \pm 标准差分别为 108.79 ± 13.487 、 107.04 ± 11.771 、 108.79 ± 12.751 、 112.36 ± 12.272 ,数据表明大一、大二、大三均与大四学生的创造力总分均值呈显著差异(图 3A),特别是大二年级与大四年级的学生呈极显著差异($P<0.001$)。通过不同年级的总分均值比较,可以明显看出高年级学生的创造力总分均值高于低年级学生。根据调查数据统计,

高年级学生除参与毕业论文(设计)、企业实习等活动外,创新实践竞赛及实践实验教学课程参与率为 100%。因此拥有更多的实践机会,一定程度上反映了基于 OBE 教育理念的实践教学改革能够促进学生创造力的发展。低年级学生统计样本,并未区分是否参与过实践教学或创新实践活动,因此低年级学生总分均值未有明显差异,与实际相符。研究启示应当积极开展低年级学生群体的实践教学改革,增加学生参与竞赛和科研的机会,有助于提升学生的创造力水平。

3.4 基于 OBE 教育理念的实践教学改革前后结果分析

参与问卷调查与威廉斯创造力量表同为本院大一至大四的学生,威廉斯创造力量表设置了 2 个控制变量,数据表明参与过 OBE 教育理念实践教学课程的学生,在冒险性、好奇心、想象力、挑战性 4 个维度与创造力总分上均有提升(图 3B),创造力总分均值从 107.84 上升至 109.94,呈显著差异;四维度中的挑战性维度,从均值为 27.10 上升至 27.77,呈极显著差异;冒险性维度均值虽有提升,但无显著性差异。统计结果表明,基于 OBE 教育理念的实践教学能够提升学生的创造力水平,但冒险性维度的差异不明显,该结果提示,以成果为导向的实践教学改革不仅要让学生主动参与,更应该以激发学生的创造力为目标,鼓励学生在实践中敢于冒险、积极创新。

参与过创新实践活动的创造力总分均值 \pm 标准差为 111.31 ± 12.512 (图 3C),与未参与组呈极显著差异,其中 4 个维度均有明显提升。验证了以成果为导向的创新实践活动对于学生创造力的影响,未来应当拓宽竞赛渠道和科研项目,增加学生参与创新实践活动的机会。

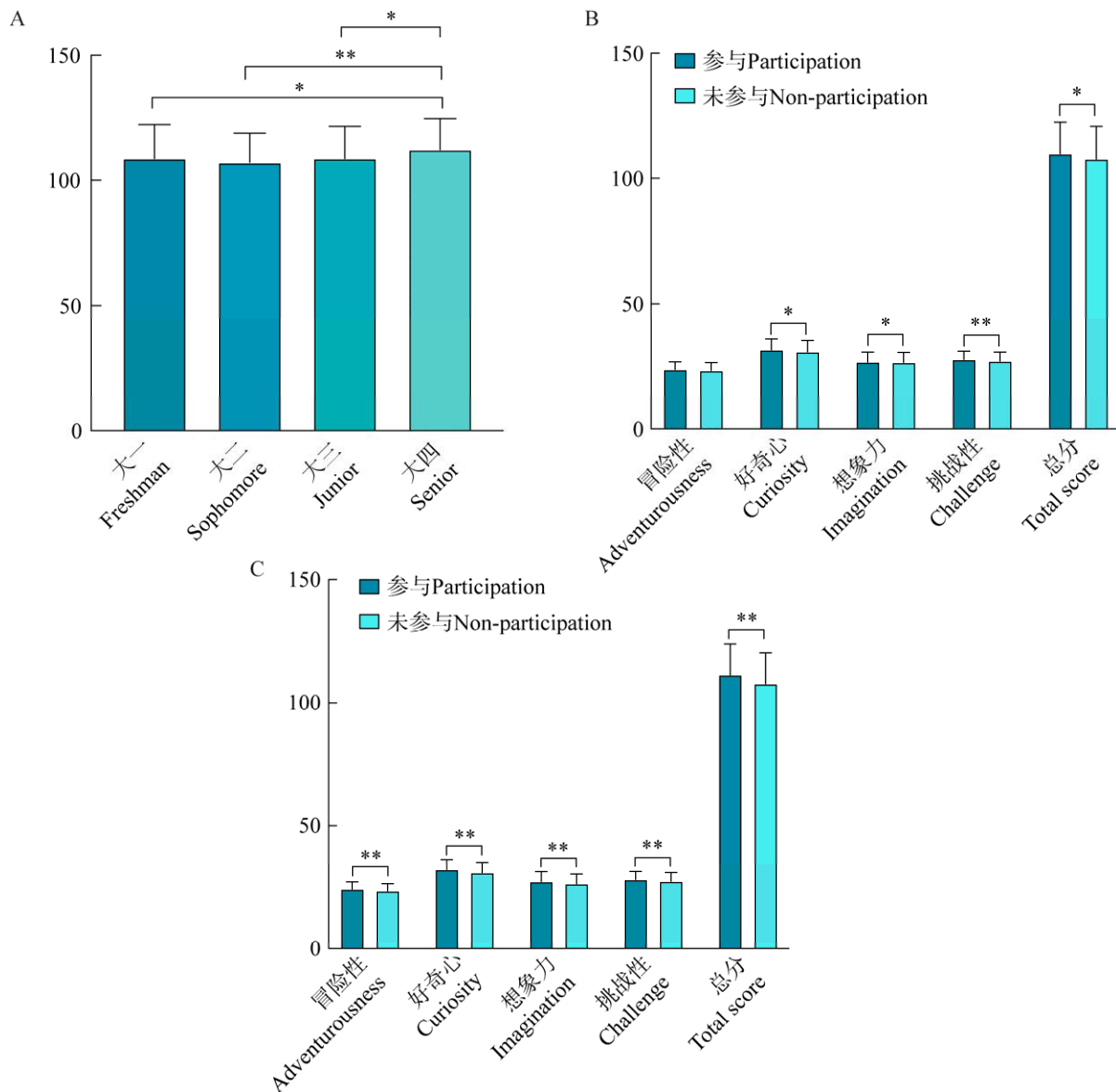


图3 威廉斯创造力倾向量表数据分析 A:不同年级创造力倾向总分的显著性差异比较. B:基于OBE教育理念的实验实践教学改革课程的参与程度的均值差异比较. C:学科竞赛或科研项目创新实践活动参与程度的均值差异比较. $P>0.05$ (ns); $0.05\geq P>0.001$ (*); $P\leq 0.001$ (**)

Figure 3 Data analysis of the Williams Creativity Disposition Scale. A: The significance differences of total creativity tendency scores among different grade levels. B: The mean differences in participation in experimental practice teaching reform courses based on OBE educational philosophy. C: A comparison of the mean differences in participation levels for innovative practice activities. $P>0.05$ (ns); $0.05\geq P>0.001$ (*); $P\leq 0.001$ (**).

本研究进一步通过 Logistic 回归模型分析了实验实践教学改革课程和创新实践活动对学生创造力总分均值的影响(表 2)。以创造力总分

均值不合格的学生为参照组，对应创造力总分均值为合格和良好两个层次，对于实验实践教学改革课程(reform courses, RC)，参与的学生在

表 2 实验实践教学课程改革和创新实践活动对学生创造力总分均值的影响

Table 2 The impact of experimental practical teaching reform courses and innovative practical activities on student achievement

| 创造力总分均值 The total score level of creativity ^a | B | 标准误 Standard error | 瓦尔德 Wald | 自由度 Degrees of freedom | 显著性 Significance | Exp(B) | Exp(B)的 95%置信区间 95% confidence interval for Exp(B) | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|---------------------|--------|---|-------------------|--------|
| | | | | | | | 下限 Lower bound | 上限 Upper bound | |
| 良好 Qualified | 参加实践教学课程改革 Participation RC | 1.152 | 0.355 | 10.542 | 1 | 0.001 | 3.165 | 1.579 | 6.346 |
| | 未参加实践教学课程改革 Non-participation RC | 0 ^b | . | . | 0 ^b | . | . | . | . |
| | 参加创新实践活动 Participation IPA | 1.596 | 0.493 | 10.469 | 1 | 0.001 | 4.934 | 1.876 | 12.973 |
| | 未参加创新实践活动 Non-participation IPA | 0 ^b | . | . | 0 ^b | . | . | . | . |
| 合格 Adequate | 参加实践教学课程改革 Participation RC | 1.871 | 0.403 | 21.564 | 1 | 0.000 | 6.495 | 2.949 | 14.307 |
| | 未参加实践教学课程改革 Non-participation RC | 0 ^b | . | . | 0 ^b | . | . | . | . |
| | 参加创新实践活动 Participation IPA | 1.788 | 0.507 | 12.451 | 1 | 0.000 | 5.979 | 2.214 | 16.145 |
| | 未参加创新实践活动 Non-participation IPA | 0 ^b | . | . | 0 ^b | . | . | . | . |

a: 参照组, 创造力总分均值不合格; b: 此参数因冗余设置为零。“未参加实践教学课程改革”与“未参加创新实践活动”两个变量因冗余而被设置为零(如 b 所示), 其他部分结果由“.”表示不显著. B: 回归系数

a: The reference category is the total score of creativity is unqualified. b: This parameter is set to zero because it is redundant. “Non-participation RC” and “Non-participation IPA” were set to zero due to redundancy (b of the table), The results for other sections are denoted by dots and are not significant. B: Regression coefficients.

“合格”和“良好”两个创造力水平上的 B 值分别为 1.152 和 1.871, 均呈显著性差异($P < 0.05$), 说明参与实验实践教学课程改革课程对学生的创造力有正面影响。而未参与的学生在这两个水平上的 B 值均为 0 (由于冗余而设为 0), 说明没有显著影响。对于创新实践活动(innovative practice activities, IPA), 参与的学生在“合格”和“良好”两个创造力水平上的 B 值分别为 1.596 和 1.788, 也均显著大于 0 ($P < 0.05$), 说明参与创新实践活动同样对学生的创造力有正面影响。而非参与的学生在这两个水平上的 B 值同样为 0, 没有显著影响。

以上结果与问卷调查结果一致, 证明基于

OBE 教育理念的实验实践教学课程改革和创新实践活动均对学生创新能力产生显著的正向影响。

应用威廉斯创造力倾向量表进行数据分析, 结果显示, 本院进行的以成果产出为导向的实践教学改革, 在一定程度上提升了生物类专业学生的创造力水平。

4 讨论与结论

新工科建设行动基于我国“两个一百年”奋斗目标, 其中强化创新能力是 3 个关键任务之一, 本研究将 OBE 教育理念与生物类专业教学相结合, 为本科生创新能力的培养提供了新的视角和方法。通过问卷调查及威廉斯创造力量表

分析等实证研究手段,初步验证了OBE教育理念在实践教学中的有效性,为后续的深入研究奠定了基础。

因时间限制,目前研究主要基于单一学院的本科生数据,未涉及教师问卷分析,未来考虑扩大研究范围,包括不同专业、不同学校的调研数据,从教育者角度深入探讨OBE教育理念的实施效果和改进策略,以提高研究成果的普适性。在验证OBE教育理念有效性的基础上,进一步深入探索其背后的机制、影响因素和长期效果,为教育实践提供更为全面和深入的指导。

OBE教育理念在实践教学中具有多项优势,可以促进高校本科生的创新能力提升^[24]。高等教育应始终把培养新时代创新人才摆在突出位置,结合社会需求持续推动创新教育的发展,期待本研究能为高校培养创新人才提供思路和启示。

REFERENCES

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
ZHONG DH. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6 (in Chinese).
- [2] 王占旗, 吴潇银, 仲雪婷, 黄华, 王晓梅, 唐朝阳, 杨洁, 张立钦. 高校生物类专业高质量就业驱动的人才培养模式探索: 以湖州师范学院为例[J]. 生物工程学报, 2022, 38(12): 4827-4837.
WANG ZQ, WU XY, ZHONG XT, HUANG H, WANG XM, TANG ZY, YANG J, ZHANG LQ. Exploration of the talent training mode of biology majors driven by high-quality employments in higher education: a case study of Huzhou University[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(12): 4827-4837 (in Chinese).
- [3] 张建红. “双一流”建设背景下我国高校拔尖创新人才培养研究[J]. 江苏高教, 2021(7): 70-74.
ZHANG JH. A study on cultivation of the top-notch innovative talents in universities in the context of “double first-class” construction[J]. Jiangsu Higher Education, 2021(7): 70-74 (in Chinese).
- [4] 董丙君, 郑国, 马莲菊, 王泽, 杨明. 生物类专业本科生创新能力培养实践[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2021, 11(3): 31-34.
DONG BJ, ZHENG G, MA LJ, WANG Z, YANG M. Practice on the cultivation of innovative ability of biological undergraduate students[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2021, 11(3): 31-34 (in Chinese).
- [5] ALONZO D, BEJANO J, LABAD V. Alignment between teachers’ assessment practices and principles of outcomes-based education in the context of philippine education reform[J]. International Journal of Instruction, 2023, 16(1): 489-506.
- [6] 张男星, 张炼, 王新风, 孙继红. 理解 OBE: 起源、核心与实践边界: 兼议专业教育的范式转变[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 109-115.
ZHANG NX, ZHANG L, WANG XF, SUN JH. Origin, core and practical boundary of OBE: discussion on paradigm change in professional certification[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2020(3): 109-115 (in Chinese).
- [7] SPADY WG, MARSHALL KJ. Beyond traditional outcome-based education[J]. Educational Leadership: Journal of the Department of Supervision and Curriculum Development, N.E.A., 1991, 49(2): 67-72.
- [8] ALI F, MINAZ M, SHEHZAD S, BAIG GN, AHMAD W. An analysis of outcome-based education into educational practices at university level[J]. Qlantic Journal of Social Sciences and Humanities, 2024, 5(1): 89-98.
- [9] SPADY W. Choosing outcomes of significance[J]. Educational Leadership, 1994, 51: 18-22.
- [10] MALHOTRA R, MASSOUDI M, JINDAL R. Shifting from traditional engineering education towards competency-based approach: the most recommended approach-review[J]. Education and Information Technologies, 2023, 28(7): 9081-9111.
- [11] RAO NJ. Outcome-based education: an outline[J]. Higher Education for the Future, 2020, 7(1): 5-21.
- [12] 陶金国, 张妍, 廖莉莉. 大学生科研创新能力影响因素的实证研究[J]. 高校教育管理, 2020, 14(3): 104-112.
TAO JG, ZHANG Y, LIAO LL. An empirical study on influencing factors of college students’ innovation ability in scientific research[J]. Journal of Higher Education Management, 2020, 14(3): 104-112 (in Chinese).

- [13] MARTÍNEZ CASANOVAS M, RUÍZ-MUNZÓN N, BUIL-FABREGÁ M. Higher education: the best practices for fostering competences for sustainable development through the use of active learning methodologies[J]. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2022, 23(3): 703-727.
- [14] 刘小勇, 李荣丽, 李奇涵, 范依航, 陈延伟, 冉同欢, 王晖. 基于 OBE 理念驱动的地方工科高校大学生创新能力培养[J]. *机械设计*, 2018, 35(S2): 306-308.
LIU XY, LI RL, LI QH, FAN YH, CHEN YW, RAN TH, WANG H. Cultivation of innovative ability of local engineering college students based on OBE concept[J]. *Journal of Machine Design*, 2018, 35(S2): 306-308 (in Chinese).
- [15] 张绍芳. 基于 OBE 理念的高校学生教育工作改进研究[J]. *教育理论与实践*, 2022, 42(9): 19-21.
ZHANG SF. Research on the improvement of college students' education management based on OBE concept[J]. *Theory and Practice of Education*, 2022, 42(9): 19-21 (in Chinese).
- [16] 董彬, 王君, 吴涛, 刘滨, 宿志伟, 赵丽萍, 张韩杰, 吴信明, 付石军, 刘南南, 孙春龙, 姚志刚. 应用型人才培养视角下的生物工程类专业“生产实习”课程教学改革与实践[J]. *生物工程学报*, 2023, 39(2): 755-768.
DONG B, WANG J, WU T, LIU B, SU ZW, ZHAO LP, ZHANG HJ, WU XM, FU SJ, LIU NN, SUN CL, YAO ZG. Teaching reform and practice of 'Production Internship' course for biotechnology specialty from the perspective of training application-oriented talents[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2023, 39(2): 755-768 (in Chinese).
- [17] 吴雅琴. 基于“本科生导师制”的“新工科”人才培养模式探究[J]. *中国大学教学*, 2021(8): 8-11.
WU YQ. Research on the training mode of “undergraduate tutorial system”[J]. *China University Teaching*, 2021(8): 8-11 (in Chinese).
- [18] 李波, 张晓雪, 付学鹏, 刘丽杰, 孙婴宁, 焦德志. 生物类专业实践教学改革与大学生创新能力培养[J]. *实验技术与管理*, 2019, 36(8): 215-217, 229.
LI B, ZHANG XX, FU XP, LIU LJ, SUN YN, JIAO DZ. Practical teaching reform of biology majors and cultivation of innovative ability of university students[J]. *Experimental Technology and Management*, 2019, 36(8): 215-217, 229 (in Chinese).
- [19] 李德丽, 刘立意. “科教产教”双融合拔尖创新人才培养逻辑与范式改革: 基于创新创业实验室的探索[J]. *高等工程教育研究*, 2023(1): 189-194.
LI DL, LIU LY. Logic and paradigm reform of top-notch innovative talents cultivating under the background of the science-education and industry-education integration: exploration based on innovation and entrepreneurship laboratory[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2023(1): 189-194 (in Chinese).
- [20] 张楠. 学生创新能力培养的实践教学体系研究与实践[J]. *教育现代化*, 2019, 6(23): 21-22.
ZHANG N. Research and practice on practical teaching system of cultivating students' innovative ability[J]. *Education Modernization*, 2019, 6(23): 21-22 (in Chinese).
- [21] 林英, 司春灿, 韩文华, 冯唐锴. 应用型地方院校生物工程专业本科生科研创新能力培养探讨[J]. *高教学刊*, 2018(9): 37-39.
LIN Y, SI CC, HAN WH, FENG TK. Discussion on the cultivation of scientific research and innovation ability of undergraduate students majoring in bioengineering in applied local universities[J]. *Journal of Higher Education*, 2018(9): 37-39 (in Chinese).
- [22] 栾海清, 薛晓阳. 大学生创新创业能力培养机制: 审视与改进[J]. *中国高等教育*, 2022(12): 59-61.
LUAN HQ, XUE XY. The cultivation mechanism of college students' innovative and entrepreneurial ability: examination and improvement[J]. *China Higher Education*, 2022(12): 59-61 (in Chinese).
- [23] 孙雪. 基于威廉斯创造力倾向测量的研究生创造力倾向研究: 以东南大学为例[J]. *东南大学学报(哲学社会科学版)*, 2020, 22(S1): 141-144.
SUN X. A study of graduate students' creativity tendency based on Williams' Creativity Tendency Measurement: taking Southeast University as an example[J]. *Journal of Southeast University (Philosophy and Social Science)*, 2020, 22(S1): 141-144 (in Chinese).
- [24] 胡莱, 李林. OBE 导向下学习产出的影响因素研究: 基于上海七所高校的问卷调查[J]. *高等工程教育研究*, 2022(3): 139-145.
HU M, LI L. Research on the influencing factors of learning output under the guidance of OBE: based on the survey of seven universities in Shanghai[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2022(3): 139-145 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)