

基于PBL教学模式的细胞生物学实验教学研究

张红梅^{1*} 武静茹²

(¹德州学院生命科学学院, 德州 253023; ²德州市第一中学附属中学, 德州 253023)

摘要 本科教学和人才培养工作一直以来都是一个备受关注的议题, 人们意识到加强本科生的科研能力培养对他们的未来职业发展至关重要。随着教育理念的不断发展, PBL(project-based learning)教学模式被越来越多的高校所采用, 并取得了显著的教学效果。而细胞生物学作为一门重要的基础学科, 其实验教学更是必不可少的一环。传统的实验教学模式面临着难以调动学生兴趣、创新能力培养不足等挑战。因此, 如何将PBL教学模式融入到细胞生物学实验中值得探讨。该文分析了细胞生物学实验教学现状, 提出将科研项目引入实验课程。通过小组合作, 学生讨论、设计具体的项目方案, 并进行实际操作, 从被动学习向以任务驱动、项目导向的主动学习转变, 这种教学模式不仅培养了学生的创新意识和能力, 而且极大地激发了他们的学习潜力, 增强了教学效果。

关键词 细胞生物学实验; 项目式教学; 教学改革

A Study on Cell Biology Laboratory Teaching Based on PBL Instructional Model

ZHANG Hongmei^{1*}, WU Jingru²

(¹College of Life Science, Dezhou University, Dezhou 253023, China;

²Dezhou No.1 Middle School Affiliated High School, Dezhou 253023, China)

Abstract The cultivation of undergraduate teaching and talent has always been a significant topic of concern. It is widely acknowledged that enhancing undergraduate students' scientific research ability is crucial for their future career development. With the continuous development of educational concepts, an increasing number of universities are adopting the PBL (project-based learning) teaching model, which has yielded significant teaching outcomes. Cell biology and its experiment, as an important basic discipline, play a vital role. However, the traditional experimental teaching model faces certain challenges, such as difficulty in engaging students' interest and inadequate cultivation of their innovation ability. Therefore, it is worth exploring how to integrate the PBL teaching model into cell biology experiments. This article analyzes the current situation of cell biology experimental teaching and proposes the introduction of scientific research projects into experimental courses. Through group cooperation, students are encouraged to discuss and design specific project plans, as well as conduct practical operations. This transformation from passive learning to task-driven, project-oriented active learning not only fosters students' innovative consciousness and ability, but also greatly stimulates their learning potential and enhances teaching effectiveness.

Keywords cell biology experiment; project-based teaching; teaching reform

收稿日期: 2023-08-28

接受日期: 2023-10-29

德州学院实验教学改革项目(批准号: SYJS23009、SYJS20015)资助的课题

*通讯作者。Tel: 15621819021, E-mail: dzxy7678@163.com

Received: August 28, 2023 Accepted: October 29, 2023

This work was supported by the Dezhou University of Experimental Teaching Reform Project (Grant No.SYJS23009, SYJS20015)

*Corresponding author. Tel: +86-15621819021, E-mail: dzxy7678@163.com

基于项目的学习(project-based learning, PBL)也被称为项目式教学,是近50年来高等教育中最成功的教育创新之一。PBL最早出现在20世纪60年代末加拿大麦克马斯特大学,大多数书籍认为霍华德·巴罗斯(Howard Barrows)是PBL的先驱、主要实践者、作者和理论家,他论述了关于导师的角色和“元认知建模”在构建学生思维和解决问题中的重要性^[1]。与以教师为中心的教学相比,PBL是一种以学生为中心的动态教学方法,鼓励学生在教师的帮助下自己学习和解决相关学习中的现实问题。通常,在PBL中,学生从一个要解决的问题开始,组织各种各样的活动,应用已经获得的知识和技术,最终以解决问题的报告或论文结束。在这个过程中,教师们试图为学生提供建议,而不是讲课。PBL的一个关键优势是,学生可充分参与学习过程,同时这也提高了他们的沟通和协作技能^[2]。

细胞生物学实验是培养生命科学学科优秀创新型人才的重要课程之一。传统实验教学模式下,学生的学习兴趣和学习动机往往不高,学习效果也有待提高。为了改进这一状况,笔者将项目式教学模式引入细胞生物学实验。项目式教学模式通过将实验课程转化为项目的形式,让学生在实践中提出、分析和解决问题,从而激发他们的学习动力和创新思维。尽管有些细胞生物学实验进行了改革,但大多都基于单独的一个实验^[3-4],对于学生综合能力的培养,效果有限。

本文的研究重点在于探讨PBL教学模式在细胞生物学实验中的可行性和有效性。通过对案例分析和实证研究提出了一种基于项目式教学的细胞生物学实验教学模式,该模式主要包括以下几个方面:一是选取合适的项目题目;二是设计合理的实验方案;三是组织学生进行实验操作和数据分析;四是引导学生进行讨论和总结。通过项目式教学,学生可以学习和运用科学研究方法,培养科学思维和科研素养。他们通过设计实验方案、收集和分析数据、总结和归纳结论,进一步提高解决问题的能力和创新能力^[5-6]。本研究旨在为今后的实验教学提供参考经验,进一步探索和完善细胞生物学实验教学的方法和模式,以促进学生的全面发展和创新能力的培养。

1 基于学生潜能激发的“项目式”教学改革的实践

1.1 授课背景及教学现状

“细胞生物学”实验课程开设在第6学期,前置基础课程有植物学、植物生理学、生物化学等,学生已具备基本的实验安全知识和操作技能。“细胞生物学”实验课程是生物类专业学生的必修课,是该专业实践教学体系的重要组成部分,占32个学时。该课程主要包括:细胞器的分离与观察(叶绿体、线粒体等)、细胞骨架观察、细胞凝集反应、细胞融合反应、细胞计数及活性检测、细胞培养等8~10个实验。总体上看,当前存在实验项目类型比较单一、实验过程过于模板化、实验方法较传统、实验结果定型化等问题,导致学生的自主学习能力、自主创新能力、专业实践能力等得不到提升。目前本科生普遍存在两大科研素养培养和实践方面的问题。一是不知道科研课题怎么开展,比如不清楚怎么选择科研课题,选择课题的依据是什么?二是选好一个科研题目后,无从下手,对科研研究的具体步骤不清楚,对实验所需的实验技能不熟练等。“项目式”教学是一种比较好的教学方法,通过让学生参与实际的项目活动促进他们的学习和发展。这种学习方法强调学生在真实情境中应用所学知识和技能,通过解决实际问题和完成实际任务来获取知识和经验。基于项目的学习通常涉及团队合作、问题解决、创造性思维和实践技能的培养。通过参与项目活动,学生可以从实践中学习,并培养批判性思维、创新能力和解决问题的能力,这有助于提高学生的动手能力、团队合作能力和自主学习能力,培养他们的实践能力和创新能力,使他们能够应对现实生活和工作中的挑战。

1.2 “项目式”教学活动设计的具体流程和方法

笔者在讲授“细胞生物学”实验课中发现,将“项目式”教学模式嵌入到“细胞生物学”实验课程中会很好地缓解上述问题。以“细胞生物学”实验教学目标为基础,结合“项目式”教学,将大部分实验项目融合到一个科研项目中,既完成了教学目标,又把孤立的实验项目综合起来,设计出了“项目式”的教学模式,有效提升了学生的科研素养。其实施步骤包括项目选定、项目方案制定、项目实施、项目成果形成、成果交流与评价五个环节。

(1) 项目选定。根据“细胞生物学”实验教学目

标,选择与学科内容相关、能够激发学生兴趣的项目。项目应该具有挑战性和切实可行性,能够引导学生深入思考、解决问题和展示成果。

(2) 项目方案制定。阅读大量文献,制定详细的项目计划,包括项目设计、时间安排、任务分配和资源准备等。确保学生了解项目的整体流程和每个阶段的目标,以便他们能够有条理地推进项目的进展。

(3) 项目实施。为学生提供必要的资源,如图书馆、实验室、互联网资源等,以支持他们在项目中的学习和研究,按照科研思路制定项目实施技术路线。同时,教师应扮演指导者的角色,提供必要的指导和支持,帮助学生解决问题、拓展思路和发展技能。

(4) 项目成果形成及应用。项目完成后,需要有效记录和总结结果。项目团队应写一份综合报告,概述项目的成就、方法和主要发现。此外,项目团队可以通过演讲、研讨会、在相关期刊或会议上的出版物来展示项目结果。

(5) 成果交流与评价。采用多样化的评价方式来交流和评估学生在项目中的学习效果,包括项目报告、成果展示、口头演讲、写作作品等。评价应根据学习目标设定评分标准,并给予及时有效的反馈,帮助学生改进和提高。鼓励学生在项目结束后进行反思和总结,以回顾整个项目过程、检视自己的学习效果,并反思自己在合作学习和问题解决方面的经验和不足。

通过有效的实施策略,项目式教学可以激发学生的学习兴趣,培养他们的综合能力和解决问题的能力,并提供实际应用的机会,使学习更加深入和有意义。

2 “项目式”教学案例分析

以“纳米复合物的绿色合成及对肿瘤细胞的作用”为教学案例,引入到细胞生物学实验中,首先,这个方向是我一直研究的方向,指导学生能够得心应手;其次,这个项目基本能够覆盖细胞生物学实验教学目标的实验内容。实验项目包括从细胞培养到细胞凋亡检测共7个实验子项目(表1),将一套基本完整的细胞生物学实验技能系统地展现给学生,能够有效地培养他们掌握各种较复杂的实验技能,包括但不限于细胞器分离、细胞染色、显微镜观察、细胞培养等。这些技能不仅需要学生具备一定的理论知识基础,还需要他们熟练掌握各种实验仪器和设备,以及实验操作规程和数据处理等技能。通过这种方式,学生可以更好地理解细胞生物学的基本概念和原理,更深入地了解细胞的生命活动和规律,同时提高自己的科研能力和综合素质。

教学活动设计(表2),在课堂上,首先,引入纳米复合物的概念和绿色合成方法,了解其基本原理和制备方法。其次,介绍纳米复合物在肿瘤治疗中的应用,了解其在医学领域的重要性。最后,分析纳米复合物对肿瘤细胞的作用机制,深入了解其抗肿瘤的原理。在课后,学生首先设计纳米复合物的合成实验,亲自动手合成纳米复合物,加深对其制备过程的理解;其次,进行纳米复合物对肿瘤细胞的体外实验,观察和分析其对肿瘤细胞的作用效果;最后,学生需要根据实验结果撰写实验报告,以总结和归纳实验结果,并对纳米复合物的应用进行讨论。

2.1 项目选定与学习效果评价

在项目选定与学习效果评价方面,要考虑以下几个关键因素。首先,项目选定应该基于明确的目

表1 “细胞生物学实验”课程实验项目安排

Table 1 The arrangement for the course “Cell Biology Experiment”

子项目 Subproject	学时 Class hours
实验项目讲解及准备	4
细胞培养	5
细胞计数及活性检测	2
细胞膜透性检测	4
细胞器的超活染色和观察	4
细胞增殖检测	5
细胞凋亡检测	5
细胞骨架观察	3
总计	32

表2 “细胞生物学实验”课程“项目式”教学活动设计
Table 2 Design of “PBL” teaching activities for the course “Cell Biology Experiment”

项目式引导 Project-based guidance	学习目标 Learning objectives	教学手段 Teaching means	学生活动 Students' activities	评价依据 Evaluation criterion
项目选定	(1) 了解选题的一般性原则 (2) 掌握选题的问题导向	问题导向: 纳米复合物在医学上有广泛应用, 但传统的合成方法会消耗大量能源, 造成环境污染, 绿色环保合成方法势在必行	阅读前沿性论文, 寻找课题思路	选题方法与原则分析是否合理
项目方案设定	(1) 理解细胞生物学实验的基本原理和技术 (2) 学会设计细胞生物学实验, 并能够分析实验影响因素 (3) 培养团队合作和科学沟通能力	问题导向: 纳米复合物的作用有哪些? 怎么证明? 根据问题导向: (1) 设计绿色合成的纳米复合物的实验方案 (2) 设计对肿瘤细胞增殖、凋亡的影响的实验方案 (3) 设计细胞骨架及细胞骨架功能实验方案	课下分组讨论纳米复合物的作用, 以及对肿瘤细胞的影响	项目必要性的理解是否透彻、是否对应细胞生物学学习目标、实验思路是否清晰以及实验计划的安排是否合理
项目实施	(1) 学会绘制实验技术路线, 安排实验流程和实验计划 (2) 学会实验操作, 并对实验过程中出现的问题进行分析、解决	案例教学: 引导绘制实验项目“纳米复合物的绿色合成及对肿瘤细胞的影响”的技术路线 指导学生实验操作以及实验注意事项	实验准备、实验操作, 发现问题、查阅资料, 解决问题 指导学生实验操作以及实验注意事项	实验技术路线是否合理、可行 实验操作是否规范, 是否能够解决实验中出现的问题
项目成果形成	(1) 实验项目结果形成学术论文 (2) 形成研究报告	专题教学: 指导学生学术论文、研究报告写作	实验结果总结, 形成论文或研究报告	论文写作是否规范, 表达是否清楚, 讨论部分是否有自己的思想
项目成果交流及评价	会议交流 同行讨论与评议 生生互评 师生互评	会议小组交流	各类学术会议	分组汇报与交流情况

标和需求。在选择一个项目时, 我们需要明确项目的目标是什么, 以及它是否能够满足我们教学的需求。这样可以确保项目的选择是有意义的, 并且能够为学习过程带来实际的价值。例如, 我们选定的项目是“纳米复合物的绿色合成及对肿瘤细胞的影响”。利用“问题导向”选题法, 询问学生“为什么要合成纳米复合物? 合成方法有哪些? 为什么选择绿色合成方法?”其次, 学习效果评价是项目成功的重要指标之一, 通过对学习效果进行评估, 我们可以了解到项目对于学习者的影响和效果。例如, 以小组汇报的形式, 进行生生互评和师生互评。另外, 项目的选定和学习效果评价也需要考虑到学习者的特点和需求。不同的学习者有不同的学习风格和学习偏好, 因此在选择项目和评价学习效果时, 需要考虑

到学习者的个体差异。这样可以确保项目的选择和评价方法的有效性, 以及提高学习者的参与度和满意度。另外, 教师应该重视项目的选定和学习效果评价, 并根据实际情况进行相应的调整和改进。

2.2 项目方案设定与学习效果评价

本环节教师通过“项目拆解”的教学方法, 引导学生明确项目研究的目的意义以及对应的学习目标, 指导学生如何进行实验项目设计。着重引导学生从项目实验的目的、研究方法、项目研究结果及结果的运用几个方面进行实验设计。例如, 在本项目中, 我们绿色合成了纳米复合物, 接着就要思考“合成的纳米复合物有什么作用?”, 这就引出了纳米复合物在肿瘤中的应用, 然后根据这一思路设计“纳米复合物在肿瘤中有哪些作用, 怎么用实验证明这

些作用?”从而引出下面的实验设计。学习效果评价主要根据学生对这一项目必要性的理解、本项目对应的细胞生物学学习目标的理解、实验思路是否清晰以及实验计划的安排是否合理进行评价,评估学生科研思维素养情况。

2.3 项目实施技术路线构建及学习效果评价

在构建实验技术路线之前,要查阅与本项目相关的研究成果,查阅相关研究成果是构建实验技术路线的重要步骤。通过阅读已有的研究成果,我们可以了解到该领域的最新进展、已有的方法和技术,以及可能存在的问题和挑战。这些信息将有助于我们更好地设计和规划本项目的实验技术路线,确保我们能够在前人研究的基础上进行创新和改进;项目实施技术路线构建:在上述理论分析的基础上,根据目标导向原则设计项目研究路线。例如,在本项目中,学生通过查阅资料,明白了纳米复合物绿色合成的意义(与传统物理和化学的合成方法相比,纳米复合物的绿色合成法具有绿色环保、低成本、低能耗、反应条件温和等优点,是一种环境友好的可持续发展方法);明确了纳米复合物的绿色合成方法以及影响因素,制定实验技术路线(图1);然后根据合成后的纳米复合物的作用以及作用机理,构建细胞培养、细胞增殖、细胞凋亡等实验的技术路线,根据细胞生物学实验培养目标,把所要求的实验项目尽可能包括进去,锻炼了学生综合实验设计能力。学习效果评价主要根据学生设计的项目技术路线是否科学可行,是否合理进行评价,评估学生科研思维培养情况。

2.4 项目成果形成及应用与学习成果评价

在项目成果形成的过程中,学术论文和研究报告是两种主要的形式。学术论文是对项目研究内容和结果进行系统总结和归纳的一种形式。指导学生撰写学术论文,通过写论文,可以将研究过程和结果进行深入的分析和解读,从而提高项目的学术价值和应用价值。学术论文的撰写需要遵循科学的研究方法和规范,包括问题陈述、研究目的、方法论、数据分析和结果解释等内容。学术论文的发表,可以向学术界和同行学者传播项目的成果,促进学术交流和合作。

研究报告是对项目研究过程和结果进行详细描述和汇报的一种形式。研究报告通常包括项目的背景和目标、研究方法和过程、数据收集和分析、

结果和结论等内容。指导学生将研究成果形成研究报告参加大学生各种竞赛。通过竞赛展示研究结果,以赛促学强本领、以学促用展风采。学习效果评价主要根据学生形成的论文质量、参加竞赛的研究报告质量以及答辩过程的表达能力进行评价。

2.5 实验结果交流

在教学过程中,我们将以实验小组汇报的形式,进行组组互评,生生互评,实现全员参与,经过评议后,每组再反思、改进和提高。

3 项目式教学方法实施效果分析

3.1 教学大纲不断更新

根据本科实验教学要求,实验教学要根据科学技术发展,及时更新实验课程或实验内容,改进实验方法和实验手段,不断增加综合性、设计性、开放性实验的比例。项目式教学方法根据每年的项目不同,不断更新实验内容,更新实验课程大纲,一方面适应了生物技术的发展,另一方面也满足了学校对实验的要求。

3.2 教学效果明显

笔者在2016年至今连续7年教授细胞生物学实验,经历了2014级到2020级6届学生,其中2014级至2018级采用了传统的教学模式,2019级和2020级采用了项目式教学,对不同教学模式从实验综合成绩,参加各种比赛等方面进行了对比分析(表3),其中一组同学,用这个实验项目参加了大学生创新创业训练计划项目(图2)。结果表明,学生的实验综合能力、参与科研的兴趣和科研水平大大提高。虽然学生参加比赛还有指导老师的辛勤指导,但学生有了探索的好奇心,有了科研思维,有了设计实验的能力,再加上指导老师的指导,就会取得好成绩,学生也有成就感,形成了良性循环。

3.3 学生反馈良好

通过项目式教学,学生学习目标明确,能够按照为什么做(提出问题)、怎么做(设计实验)、做什么(实验操作)的思维方式厘清科研思路,学生反响良好,他们认为这种教学模式扩大了思维空间:(1)通过自己的探究和努力来完成项目任务,激发了自身的学习兴趣和积极性;(2)在实际情境中进行实验,学生可以亲自动手进行试剂配制、实验方案设计、实验操作、实验总结等,需要提出自己的观点、独立思考并找到解决方案,培养了他们的批判性思

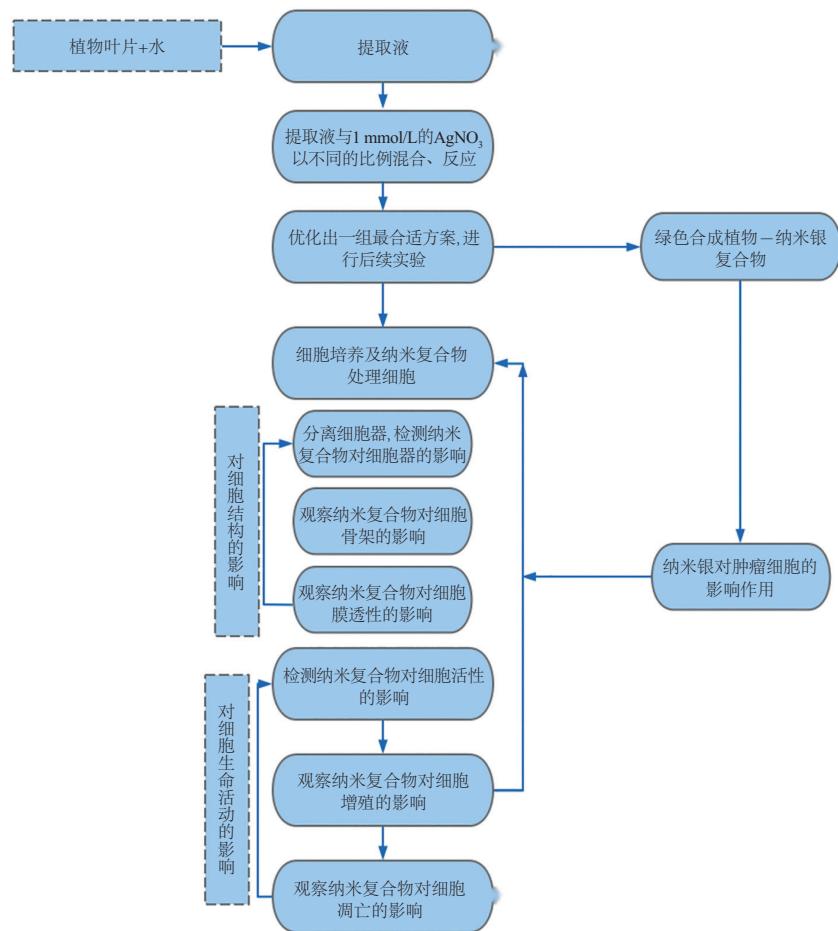


图1 “纳米复合物的绿色合成及对肿瘤细胞的作用”技术路线图

Fig.1 Technical roadmap for “green synthesis of nanocomposites and their effects on tumor cells”

表3 学生综合成绩分析

Table 3 Student comprehensive performance analysis

分组 Group	学生数 Students number	实验综合成绩 Experimental comprehensive scores	参加比赛学生比例 Proportion of students participating in the competition	获奖学生比例 Proportion of winning students
未参加教改实验学生	356	80.1	23.5%	3.5%
参加教改实验学生	212	85.4	40.2%	10.6%



图2 大学生创新创业训练计划项目结题证书

Fig.2 College student innovation and entrepreneurship training program project completion certificate

维和创造性思维; (3) 相比较传统教学, 项目式教学强调跨学科及综合性, 将不同学科的知识和技能整合应用于实际项目中, 需要整合各种知识和技能来解决问题, 从而促进了学生跨学科的学习和思维能力的培养; (4) 培养了合作与沟通能力, 在项目式教学中, 常常需要通过小组合作完成任务, 这促进了学生团队合作能力和交流沟通能力的培养。

总体而言, 项目式教学强调学生的主动性、合作性和实践性, 培养学生的综合素养和创新能力。相比之下, 传统教学更加侧重于知识的传授和测试。然而, 两种教学方法并非互相排斥, 可以根据具体情况选择合适 的教学方法来实现最佳效果。

4 结语

本文以“纳米复合物的绿色合成及其在肿瘤细胞中的作用”为例, 利用“项目式”教学法, 从项目选定、项目设计、项目技术路线构建、项目成果形成及应用、项目成果交流及评价五个环节开展“项目式”教学设计。在本项目中包含了细胞生物学的7个实验项目: (1) 细胞培养; (2) 细胞计数及活性检测; (3) 细胞增殖检测; (4) 细胞凋亡检测; (5) 线粒体分离与观察; (6) 细胞骨架观察; (7) 细胞膜透性检测。由于“项目式”教学法的引进, 这7个实验项目不再孤立, 而是环环相扣。利用问题启发式, 循序渐进地引导学生进行实验设计。例如, 合成纳米复合物后, 为了解其应用价值, 引入其在肿瘤细胞中的作用, 然后设计实验检测其作用。在这个过程中, 首先要培养细胞, 然后检测细胞活性, 在细胞生长状态良好的情况下对细胞进行纳米复合物的处理作为实验组, 同样的细胞不做处理作为对照组, 分别检测两组细胞的增殖情况、细胞凋亡情况, 为了进一步了解细胞凋亡的机理, 最后检测两组细胞线粒体及细胞骨架的形态变化情况。利用这一综合性项目, 学生不仅把孤零零的实验联系起来, 而且“知其然, 更知其所以然”, 对细胞生物学实验的目的、意义等有了深入

的了解。

同时, 我们采用多元化的综合评价体系, 对学生的学习效果进行评估, 以强化学生对知识点的学习, 强化学生实验拓展能力, 使科研素养得到全面提升。初步建立了细胞生物学实验课程教学体系, 适用于生物专业本科生, 为生物专业课程的顺利开展提供了经验和参考, 提供了一个实践案例, 有力地贯彻了“科研育人”方针。

参考文献 (References)

- [1] HELLE L, TYNJÄLÄ P, OLKINUORA E. Project-based learning in post-secondary education: theory, practice and rubber sling shots [J]. Higher Education, 2006, 51: 287-314.
- [2] KOKOTSAKI D, MENZIES V, WIGGINS A. Project-based learning: a review of the literature [J]. Improving Schools, 2016, 19(3): 267-77.
- [3] 张红梅, 曾强成, 魏振林, 等. 细胞生物学实验智慧教学实践初探[J]. 中国细胞生物学学报(ZHANG H M, ZENG Q C, WEI Z L, et al. Preliminary study of smart teaching practice in cell biology experiments [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2020, 42(6): 1048-52.
- [4] 王晓燕, 蒋锐达, 高润池. 盘基网柄菌(*Dictyostelium discoideum*)用于本科“细胞膜功能蛋白”探究性实验教学研究[J]. 中国细胞生物学学报(WANG X Y, JIANG R D, GAO R C. *Dictyostelium discoideum* is used in the exploratory experimental teaching research of “cell membrane functional protein” for undergraduates [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2022, 44(3): 443-50.
- [5] 孙岑岑, 厉旭云, 于晓云, 等. 基于科学素养培养的科学技能综合实验课程的设计——以NLRP3炎性小体结构域的功能研究为例[J]. 中国细胞生物学学报(SUN C C, LI X Y, YU X Y, et al. Design of comprehensive biotechnology experimental course based on the scientific literacy cultivation—take the study of the NLRP3 inflammasome domain as an example [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2023, 45(5): 777-85.
- [6] 高润池, 吴雪, 王晓燕. 基于科研能力培养的分子生物学实验教学改革初探—carA基因是否与盘基网柄菌细胞的趋化运动有关[J]. 中国细胞生物学学报(GAO R C, WU X, WANG X Y. Reform exploration of molecular biology experimental teaching for improving scientific research ability: whether carA gene was related to the chemotaxis of *dictyostelium discoideum* [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2021, 43(4): 797-804.