

· 教学研究 ·

“科教融合”理念下细胞生物学教学模式改革与实践

唐冬芳* 曹林艳 芦玲慧 肖冰心 覃佐东 赵雄杰 奉鹏 李常健*

(湖南科技学院化学与生物工程学院, 永州 425199)

摘要 “细胞生物学”是高校生物工程专业实现培养“高水平应用型、创新型人才”目标的核心支撑课程, 具有内容多、前沿知识更新速度快且知识网络结构复杂等特点。针对学生在课程学习中存在理论知识掌握不牢、课堂教学互动不足、实践训练薄弱等问题, 该课程立足于“科教融合”教育理念, 以提升学生知识理解能力与实践应用能力为导向, 系统开展教学模式改革与实践探索。改革总体思路为: 以课程内容科研案例设计为基础, 以教学方式优化为驱动, 以第二课堂科研实践为助力, 以多元化课程考核评价体系为保障, 构建“理论学习-案例引导-实践拓展-能力评价”一体化课程教学模式。基于多维度的教学成效分析结果发现, 该课程教学改革一定程度上加深了学生对理论知识的理解, 提升了学生课堂参与度以及增强了其科研实践能力, 为构建高效、系统的“细胞生物学”课程教学模式提供了有益的实践参考。

关键词 细胞生物学; 科教融合; 教学模式改革; 人才培养

Reform and Practice of Cell Biology Teaching Mode based on the Concept of “Integration of Science and Education”

TANG Dongfang*, CAO Linyan, LU Linghui, XIAO Bingxin, QIN Zuodong,
ZHAO Xiongjie, FENG Peng, LI Changjian*

(School of Chemical and Biological Engineering, Hunan Institute of Science and Engineering, Yongzhou 425199, China)

Abstract “Cell Biology” is a core foundational course for achieving the goal of “cultivating high-level application-oriented and innovative talents” in the bioengineering major at universities. It is characterized by a large amount of content, rapid updates of frontier knowledge, and complex knowledge network structures. In response to issues in students’ learning, such as insufficient mastery of theoretical knowledge, insufficient classroom interaction, and inadequate practical training, the course is grounded in the educational concept of “integration of science and education” and systematically carries out teaching reform and practice aimed at improving students’ understanding of knowledge and practical application ability. The overall reform strategy is as follows: it takes the design of research-based case studies from course content as the foundation, optimization of teaching methods as the driving force, extracurricular scientific research practice as the support, and a diversified assessment system as the guarantee, thereby constructing an integrated teaching model of “theoretical learning-case guidance-practical extension-

收稿日期: 2026-04-22

接受日期: 2026-08-24

湖南省普通本科高校教学改革研究项目(批准号: 202401001379、202401001389)资助的课题

*通信作者。Tel: 15773133457, E-mail: tangdf@huse.edu.cn; Tel: 13973473607, E-mail: LCJ1919@163.com

Received: April 22, 2026

Accepted: August 24, 2026

This work was supported by the Teaching Reform Research Project for General Undergraduate Universities in Hunan Province (Grant No.202401001379, 202401001389)

*Corresponding authors. Tel: +86-15773133457, E-mail: tangdf@huse.edu.cn; Tel: +86-13973473607, E-mail: LCJ1919@163.com

competency evaluation". Based on a multidimensional analysis of teaching outcomes, the results show that this teaching reform has enhanced students' understanding of theoretical knowledge, improved classroom participation, and strengthened their research practice ability to a certain extent, providing a useful practical reference for constructing an efficient and systematic teaching model for the "Cell Biology" course.

Keywords Cell Biology; integration of science and education; teaching mode reform; talent cultivation

“科教融合”是世界一流大学持续高质量发展的核心教育理念,其以培养高水平、高素质人才为目标,强调大学是一个探究的场所,应以学生发展为中心,建立“科研-教学-学习”的联结体,以充分发挥科研的育人功能^[1]。自2012年党的十八大以来,国家创新驱动发展战略的全面实施,“科教融合”育人理念步入创新升级阶段,已成为我国高等教育发展的基本理念与核心内容。在教育部高等教育司2023年工作要点中,再次强调了利用科教融合育人全面提升基础学科拔尖创新人才自主培养能力。因此,在我国高等教育发展的新阶段,将科教融合理念融入专业课程教学,是提升人才培养质量的重要途径。

“细胞生物学”是高校生物工程专业的核心课之一,亦是支撑“培养生物工程专业高水平应用型、创新型工科人才”目标实现的重要课程。然而,该课程内容多、更新速度快,且知识网络结构复杂^[2-3]。对于处在专业知识体系构建阶段的本科二年级学生而言,由于尚未形成系统的知识整合能力和科研思维,自主学习专业性较强的理论内容仍存在一定困难,难以准确把握课程重点和突破学习难点。此外,传统的教学模式仍存在理论教学与科学研究融合不足、理论学习与实践应用联系不够紧密的问题,学生科研思维和知识应用能力培养仍有待加强^[4-5]。因此,如何在科学性、理论性较强的“细胞生物学”课程教学中深度融入科学研究,加强学生的知识应用能力、科研思维和实践能力的培养,是目前课程教学改革急需解决的问题。本文旨在基于“科教融合”理念,探索将科学研究深度融入“细胞生物学”理论课程教学的实施路径。通过重构教学内容,围绕课程重、难点合理设计科研案例,加强理论与实践联结;采用“研讨式”和“探究式”教学方法,引导学生主动分析科学问题,培养其科研逻辑思维;构建第二课堂科研实践体系,使学生在实践过程中进一步理解理论知识的科学内涵,提高自身知识应用能力和问题分析能力;将科研实践表现纳入课程成绩评价体系,帮助学生明确学习目标。通过上述改革措

施,本课程将科学研究与课程教学有机融合,从知识、技能和科研素养等方面整体提高人才培养质量,以满足社会发展对高水平应用型生物工程人才的需求。

1 “细胞生物学”课程教学现状

细胞生物学是从显微、亚显微与分子水平上研究细胞的结构与功能,以及细胞重大生命活动的科学。丁明孝等^[6]主编的《细胞生物学》第五版教材共十六章,基于学科发展简史、细胞同一性和多样性等基础知识以及细胞生物学研究主要方法,系统地描述了细胞生物膜系统、细胞骨架系统和遗传信息传递和表达系统的结构及功能,以及细胞重大生命活动及其调控机制。一直以来,该课程是高校生物相关本科专业的培养方案中典型的重、难点课程之一。近年来,有关“细胞生物学”的教学改革主要通过创新教学方法、引入诺贝尔奖案例、融入教学思政等方式开展^[7-10],对提升课程教学质量提供了诸多有益参考。教学团队基于多年的“细胞生物学”课程教学经验和文献调研发现,课程教学中主要存在以下四方面的问题。

首先,课程内容多且有一定深度,学生系统掌握与理解有一定难度^[2]。同时,理论学习与实践应用相脱节,学生对细胞生物学理论知识相关的科研案例的认识不够深入,缺乏将理论应用于实践的机会,这在一定程度上导致学生对理论知识的掌握不牢固^[5]。

其次,以教师讲授为主的教学方式侧重知识传递,学生自主学习和独立思考的机会不足,不利于创新思维的培养^[11]。特别是在大班授课环境下,学生的课堂参与度和互动性难以得到充分保障,教学效果受到一定影响,进而影响学生综合能力的提升。

再次,科研实践学习环节相对薄弱,学生接触实际科研问题的机会有限^[5]。尽管大多数高校生物专业开设了“细胞生物学实验”课程,但受实验条件和平台资源等的限制,实验内容以基础的操作性和

验证性实验居多^[12],在培养学生的科研思维和理论知识运用能力等方面仍需进一步加强。

最后,课程评价方式过于侧重考核学生对理论知识的掌握,对科研实践能力和创新能力的考查重视不够,无法全面反映学生的学习成效。现有的考核方式多以期末考试、作业和课堂表现为主,评价内容相对单一,忽视了对学生实践能力和创新能力的培养^[4]。

2 “细胞生物学”课程教学模式改革和实践

2.1 重构基于科研案例教学的课程内容,加强理论与实践联系

针对与科研密切相关的专业理论课程教学,帮助学生联结理论知识与科研实践桥梁最直接的方式是让科研案例教学贯穿整个教学过程^[13-14]。在课程授课前,主要对“细胞结构与功能”和“细胞生命活动”两部分的重点、难点知识设计科研案例(表1),并视具体情况融汇不同章节中有逻辑关联的知识点。科研案例主要选取一些具有代表性和教学价值的科研成果,其中部分经典研究用于帮助学生了解科学发展过程和理论知识形成过程,并引导学生进一步查阅相关文献和资料,拓展其对相关知识的认识。由于课时限制,可选择部分章节中的一至两个经典案例。随后,根据课程学习的知识目标、能力目标

和素质目标,遵循代表性、真实性、综合性、创新性和非冗余性等原则进行科研案例设计。课堂上,从科学研究的五个层次展开分析案例,包括研究背景、研究目的、研究方法和步骤、研究结果和讨论、结论。最后,有组织的科研案例教学有助于加深学生对课程知识点的理解,提高其理论与实践联结能力,并培养其科研思维和创新意识,增强他们解决实际问题的能力,为未来研究工作打下坚实的基础。以教材第三章的知识点“细胞膜流动性”为例,可结合本章的“荧光标记人-鼠细胞融合实验”进行案例设计,主要设计思路如图1所示。

2.2 构建以研讨式和探索式教学为主的教学方法,增强学生自主学习和深度学习能力

自主学习和深度学习能力是高素质人才必备的素养^[35]。深度学习是有一定难度的学习,因此教学活动不仅强调知识传授,更注重引导学生开展深层理解与高阶思维训练。“细胞生物学”课程内容具有基础性、科学性和前沿性特点。对于课程中的基础知识及重难点内容,在采用传统讲授法进行系统阐释的基础上,教师结合相关科研案例选择性开展研讨式与探究式教学,通过问题引导与案例分析促进学生对重点知识的深入理解与应用。在课程前期(第一至十章)的科研案例教学中,针对部分重点与难点内容采用研讨式教学法。例如,在“细胞膜流动性”的学习过程中,教师在课前提出问题“有哪些

表1 “细胞生物学”科研案例挖掘
Table 1 Research cases mining in “Cell Biology”

章节名称 Chapters	知识点 Contents	科研案例 Research cases
第三章 细胞质膜	脂质体; 细胞膜的流动性	外源基因转染; 荧光标记人-鼠细胞融合实验 ^[15]
第四章 物质的跨膜运输	ATP驱动泵和协同转运蛋白	小肠上皮细胞吸收葡萄糖 ^[16-17]
第五章 细胞质基质与内膜系统	调节型分泌和组成型分泌	胰岛素分泌 ^[18-19]
第六章 蛋白质分选与膜泡运输	信号假说	无细胞体系中蛋白质的调节型和组成型分泌 ^[20]
第七章 线粒体和叶绿体	线粒体病	线粒体细胞色素c氧化酶缺乏性肌病 ^[21]
第八章 细胞骨架	微管组装和解聚	紫杉醇抗肿瘤的机理 ^[22]
第九章 细胞核与染色质	核纤层蛋白	早衰症的病因 ^[23]
第十章 核糖体	核糖体结构和功能	mRNA翻译过程 ^[24]
第十一章 细胞信号转导	G蛋白偶联受体介导的信号通路	人眼对光的感知 ^[25] ; NO在血管舒张中的作用 ^[26]
第十二章 细胞周期与细胞分裂	细胞周期同步化	DNA合成阻断法同步细胞周期 ^[27]
第十三章 细胞增殖与癌细胞	细胞增殖调控	TP53基因突变与细胞癌变 ^[28-29]
第十四章 细胞分化与干细胞	干细胞的应用	干细胞体外定向分化为胰岛β细胞 ^[30-31]
第十五章 细胞衰老与细胞程序性死亡	细胞凋亡的过程	凋亡细胞的检测 ^[32]
第十六章 细胞的社会联系	紧密连接	小肠上皮细胞极性 ^[33-34]

“细胞膜流动性”科研案例设计

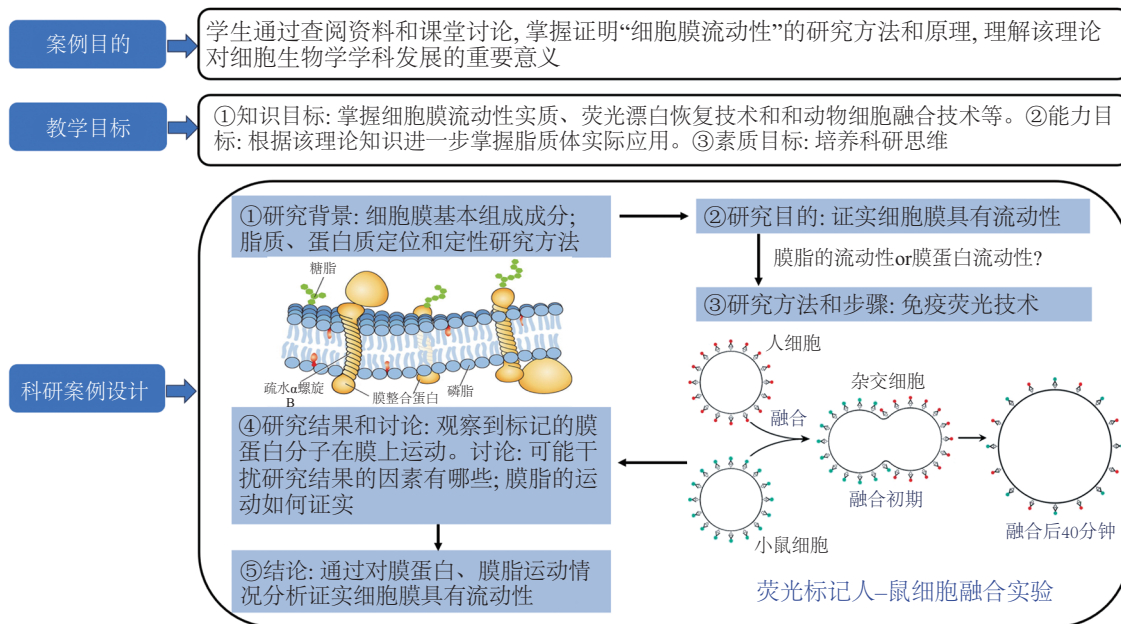


图1 “细胞膜流动性”案例设计思路图

Fig.1 Design framework for the “cell membrane fluidity” teaching case

方法可证明细胞膜具有流动性”,并提供相关参考文献,引导学生自主阅读并查阅其他资料。在课堂教学中,教师组织学生围绕实验过程进行分析,讨论证明膜脂和膜蛋白流动性的实验依据,并引导学生基于实验结果形成对细胞膜流动性的深入认识。在此基础上,教师引入“脂质体”的结构特点及其在基因转染和药物递送中的应用,强化学生的逻辑推理与知识理解能力,促进学生从知识的“被动接受者”转变为“主动思考者”。在课程后期(第十一至十六章)的教学中,对部分重点和难点知识选择性地引入探究式教学法,主要通过课堂分组案例分析与课后科研方案设计作业相结合的形式开展,引导学生基于科研文献与相关资料进行信息整合、结构化分析与逻辑推导。以第十一章“G蛋白偶联受体介导的信号通路”为例,教师引入“人眼视觉形成的分子机制”科研案例,组织学生在课前查找文献及其他相关资料,分组完成科研思路设计与课堂汇报(图2,左);又如,布置课后的实验方案设计作业,要求学生单独完成(图2,右),从而促进其对复杂生物学过程的系统性理解,培养学生基于文献分析科学问题、明确研究思路和设计研究方案的科研思维。综上,通过构建由研讨式向探究式递进的教学方法,促进学生学习方式由被动接受向主动探究转变。

2.3 搭建第二课堂科研实践体系,强化学生实践能力和问题分析能力

“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”,学生只有通过亲身实践才能更好地理解和内化理论知识。在充分发挥课堂理论教学作用的基础上,本课程进一步拓展教学空间,依托教师科研项目、大学生创新创业训练计划项目、学科竞赛和学术交流活动等资源,构建第二课堂科研实践体系,促进学生在实践过程中进一步巩固和加深对理论知识的理解,从而提升学生知识应用能力与创新意识。在科研实践任务确立方面,鼓励和支持学生在指导老师的指导下提出课程相关的科学问题,经论证可行性后开展研究。同时,引导学生参与教师科研项目、学科竞赛、大学生创新创业训练计划项目及学术讲座等实践,并根据不同形式提交对应实践成果。在具体实施过程中,例如在学习核糖体翻译蛋白质的相关内容后,学生通过参与多肽表达与制备的实验任务,加深对重组蛋白表达过程与蛋白质翻译机制之间联系的认识;在学习细胞膜的组成及脂质体结构相关知识后,学生能在离子通道药物筛选实验中,进一步理解脂质体介导质粒转染的机制;在学习细胞生命活性相关知识后,学生能在生物医学材料的评价过程中,认识到细胞毒性检测在材料评价中的重

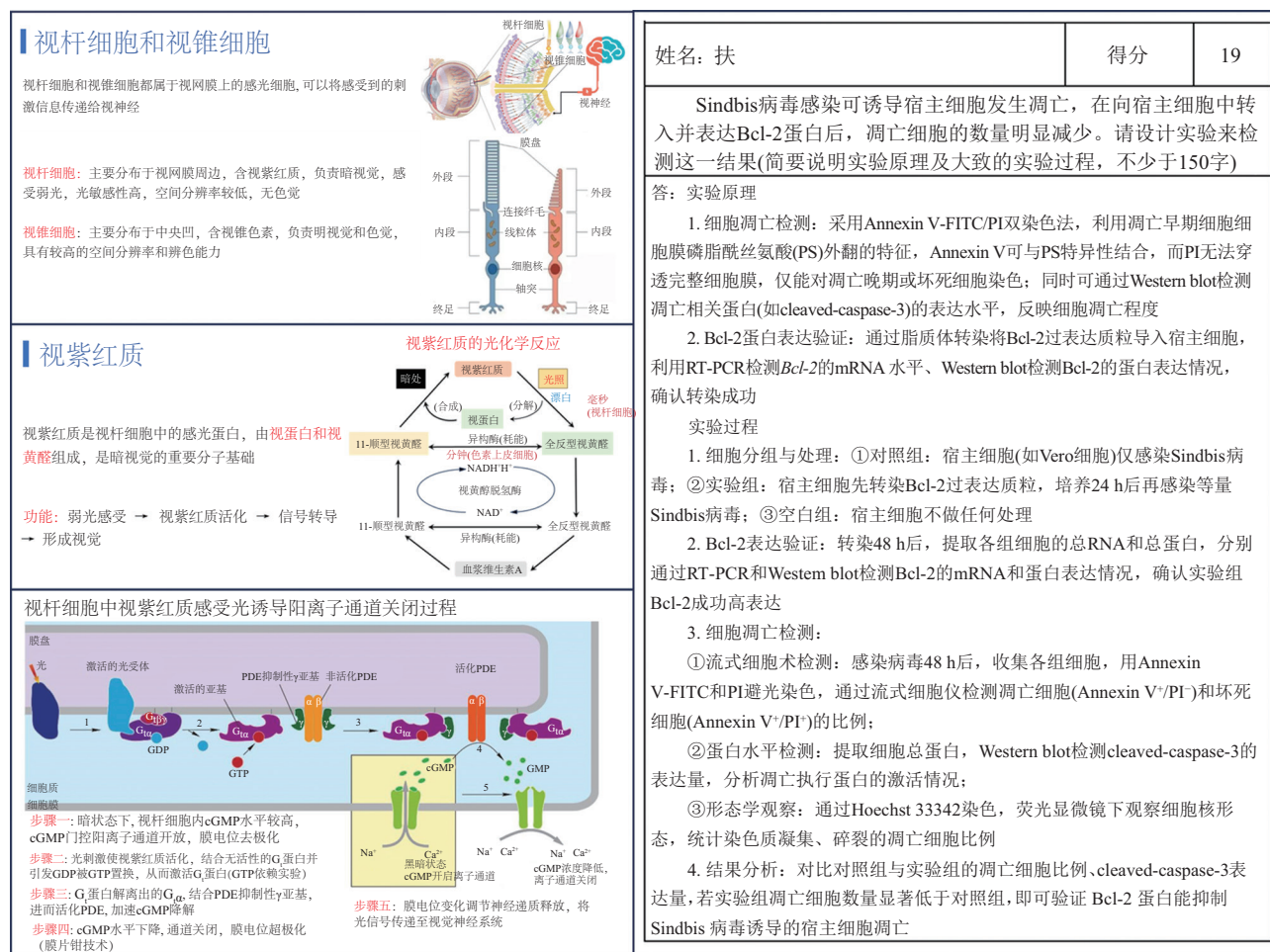


图2 学生的课堂案例分享部分幻灯片(左)和实验方案设计代表性作业(右)展示

Fig.2 Representative slides from students' in-class case study presentations (left) and example of post-class experimental design assignments (right)

要性。为保障第二课堂科研实践体系的有效实施,本课程建立了过程评价与成果评价相结合的评价机制。过程评价主要关注学生参与科研实践的主动性、实践过程记录以及阶段汇报情况;成果评价主要依据科研实践报告、实验成果展示、科研案例分享以及项目成果等进行综合评价。通过实施第二课堂科研实践,有助于促进学生实践能力和问题分析能力的提升,推动理论教学与科研实践形成良性互动,为创新型、应用型工科人才培养提供支撑^[36-37]。

2.4 优化课程成绩评价体系,树立更加科学的学习目标

现有课程成绩评价体系主要由平时成绩(包括课堂表现成绩和作业成绩)和期末成绩组成,分别占比40%和60%。这种评价方式的弊端主要体现在重理论轻实践、重结果轻过程,难以全面反映学生在科研素养与知识应用综合能力方面的水平。为进

一步加强学生对科研重要性的认识,在现有的课程评价体系中增加科研实践能力考查十分必要^[38]。本课程在原有评价体系基础上,将平时成绩分成作业成绩(20%)、课堂表现成绩(10%)、科研案例设计和分享(5%)和科研实践参与表现(5%)四个方面进行评价。通过丰富平时成绩考查方式,引导学生积极参与科研实践,促进学生将课程理论学习与科研实践相结合。其中,科研实践参与情况主要依据学生参与科研项目、创新实践活动、实验记录、阶段汇报及成果展示等情况进行综合评价。对于未参与具体科研实践项目的学生,根据其实际学习表现和科研实践认知情况进行酌情评价。出勤率不计入平时成绩加分,若缺勤,则根据次数在平时成绩总分中酌情减分。在作业部分专门增加实验设计题目,科研案例设计与分享主要考查学生对科研问题的理解、分析与表达能力;科研实践参与情况主要用以引导学

生在实践中应用理论知识并了解理论知识的科学出处。为检验课程教学效果,对改革前后生物工程专业学生的成绩和表现进行统计和分析。

3 教学改革成效

3.1 学生课堂互动和学习反馈分析

通过对2024级生物工程学生课堂学习过程和互动表现的观察发现,在引入科研案例教学与问题导向教学模式后,学生参与课堂讨论、案例分析及问题回答的积极性有所提高。例如,学生在学习过利用脂质体转染Kir4.1通道表达质粒后,能理解所用的转染试剂为阳离子脂质体,因而能够在课堂上回答“带何种电荷的脂质常用于外源基因的转染”的问题;学生会在学习“通道蛋白”时,提问“Kir4.1通道是电压门控、配体门控、机械门控通道中的哪一种?”。又如,学生在阅读胰岛素分泌调控的相关论文后,在课堂中能结合论文内容进一步理解“调节型分泌和组成型分泌”。然而,学生深度讨论的频率仍相对有限,课堂互动整体仍以教师引导下的阶段性参与为主。此外,通过问卷调查发现,92.31%的学生对基于课程科研案例设计的教学方式表示认可;93.85%的学生认为该课程有效提升了其专业知识和技能。这些结果在一定程度上表明“科教融合”教学模式能够增强学生课堂参与积极性,并促进学生主动将理论知识与科研案例相联系。

3.2 学生科研参与及成果分析

学生参与科研项目的情况是判断其学习积极性和实践能力的重要指标之一。问卷调查统计发现,截至学期末,2024级生物工程学生课外参与科研实践的人数占总人数的61.54%,与2023级的62.12%基本持平。学生参与的科研课题类型多样,如离子通道调制剂筛选、药物提取物的组成分析、微藻培养和应用、重组蛋白表达和纯化、细菌药物耐药性研究、生物医学材料研制、抗癌活性分子的筛选等,体现出细胞生物学与分子生物学、药理学及生物材料等多学科的交叉融合。在大学生创新创业训练计划项目方面,2024级学生共立项校级项目2项,并有3项推荐参与省级评选,与2023级的情况基本一致。在学科竞赛方面,2024级学生获湖南省材料创新设计暨金相技能大赛省级三等奖1项,校级大学生创新大赛一等奖1项,二等奖2项,而2023级学生未在学科竞赛中获奖。然而,学生的立项或参赛科研项目基

础主要来源于指导老师课题,几乎少有源自学生自主探究产生的项目。上述结果表明,在“科教融合”教学理念的推动下,学生参与学科竞赛更加积极,表现更优,反映出其对专业知识的综合应用能力与实践探索意识有所增强。

3.3 学生学业成绩分析

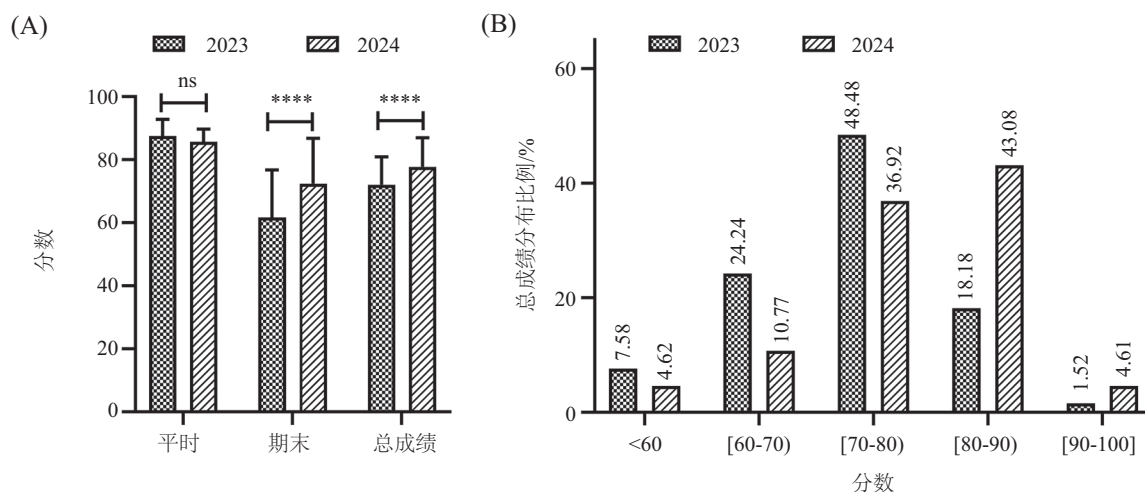
本教学改革措施在2024级生物工程专业2401和2402班(共65人)中实施,为期一学期。将2024级学生与未实施教学改革的2023级生物工程专业2301和2302班(共66人)的课程平时成绩、期末成绩、总成绩以及总成绩分布比例进行分析,结果如图3A和图3B所示。结果显示,两个班级学生的平时成绩无显著差异。同时,2024级学生的期末平均分是72.48分,较2023级学生的期末平均分61.74分提高了10.74分;2024级学生的总成绩平均分是77.82分,较2023级学生的总成绩平均分72.11分提高了5.71分,且两个班期末成绩和总成绩差异具有统计学意义。从总成绩分布来看,2024级高分(≥ 80 分)学生比例和不及格(< 60 分)学生比例分别为47.69%和4.62%,2023级高分学生比例和不及格学生比例分别为19.70%和7.58%,这说明2024级学生的整体学业水平较2023级有明显提升。这一结果表明,本次教学改革在不显著影响学生平时学习成绩的情况下,能够显著提高学生的期末考试和综合成绩,提示该教学模式有助于提高学生对课程核心知识的掌握程度。此外,通过对2023级不及格学生的访谈发现,他们普遍存在学习兴趣不足、课堂注意力不集中等问题,部分学生反馈存在课程抵触情绪,导致期末考试成绩主要集中在15~30分。相比之下,2024级不及格学生的期末考试成绩在40分及以上。上述结果提示,在教学过程中引入科研实例融入理论教学,促进了学生对课程知识的理解与掌握。

4 存在的问题以及改进措施

基于前述教学改革成效评价结果,本文进一步分析了“科教融合”教学模式实施过程中存在的问题,并针对评价反馈提出相应改进措施,以推动教学模式的持续优化,形成“教-学-评-新教”的教学改革闭环。

4.1 “科研案例”教学对学生科研功底挑战

“细胞生物学”课程面向刚步入大学二年级学生开设,该阶段学生的科研实践经历有限,对细胞生物



ns: 无显著差异; **** $P < 0.0001$ 。

ns: no significance; **** $P < 0.0001$ 。

图3 2023级和2024级生物工程专业学生课程成绩对比分析和总成绩分布比例

Fig.3 Comparative analysis of course scores and distribution of total scores between 2023 and 2024 cohorts of biotechnology engineering students

学研究方法的了解主要依赖课程学习。因此,在实施科研案例教学时,大部分学生对案例涉及的研究设计、实验方法及科学问题分析理解不够深入,分析逻辑主要停留于知识层面,尚未形成较为系统的科研思维。针对这一问题,在后续教学改革中可进一步优化科研案例教学设计。适当选择经典科研案例精讲,并结合动画或视频等可视化资源辅助教学,帮助学生理解科研问题提出、实验设计及结果分析的全过程,从而在理论层面逐步夯实其科研基础,提升科研思维能力。

4.2 基础研究科研案例对学生的吸引力不够

在课后与学生的交谈中发现,学生对一些理论性较强科研案例的学习兴趣相对有限,而对应用型科研案例表现出更高的学习积极性,如“干细胞体外定向分化为胰岛 β 细胞”。因此,在后续的备课中,可以进一步优化科研案例选择和设计。一方面,可引入具有前沿性和应用价值的科研案例,如基因编辑技术、细胞治疗、合成生物学等,以增强课程内容的吸引力和时代性。另一方面,根据“案例不在多而在精”的原则,适当减少案例数量,增加重点案例的深度解析,使学生的科研思维在轻松的课堂氛围中得到充分训练。

5 结语

在新工科教育背景下,细胞生物学教学改革以

“科教融合”理念为核心,积极探索创新教学模式,取得了一定成效。课程通过重构课程内容,围绕一些重点、难点知识引入经典科研案例,不仅保留了经典理论的深度,还融入了现代生命科学的最新进展,使学生能够紧跟学科前沿,拓宽学术视野。在教学方法上,研讨式与探索式教学的引入,强化了师生互动与生生协作,有助于激发学生的自主学习能力和科研思维。同时,多元化的课程评价体系更加注重过程性评价与能力考核,以鼓励学生勇敢迈出科研“第一步”。综上所述,通过探究融入“科教融合”理念的细胞生物学教学改革和实践,有助于推动该课程教学模式的持续优化与创新,也为提升生物及相关专业学生的知识应用能力、科研思维和实践能力的实践路径提供参考。

参考文献 (References)

- [1] 周光礼, 马海泉. 科教融合: 高等教育理念的变革与创新[J]. 中国高教研究, 2012(8): 15-23.
Zhou G L, Ma H Q. Integration of science and teaching: the change and innovation of higher education ideas [J]. China Higher Education Research, 2012(8): 15-23.
- [2] 翁美芝, 刘升长, 谢燕飞, 等. 基于学生自主学习能力培养的教学模式在《细胞生物学》课程中的应用[J]. 中国细胞生物学学报, 2020, 42(8): 1381-1386.
Weng M Z, Liu S Z, Xie Y F, et al. The application of teaching mode based on the cultivation of students' independent learning ability in the course of cell biology [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2020, 42(8): 1381-1386.

- [3] 乔惠丽. 基于OBE理念的“细胞生物学”课程教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2023(11): 61-64.
Qiao H L. Teaching reform and practice of cell biology course based on OBE concept [J]. Education and Teaching Forum, 2023(11): 61-64.
- [4] 王子铭, 陈勇. “融合模式, 明暗交替”: 细胞生物学课程混合式教学的设计与实践[J]. 中国细胞生物学学报, 2025, 47(4): 880-892.
Wang Z M, Chen Y. “Integration mode, alternating light and dark”: the design and practice of blended teaching in cell biology course [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2025, 47(4): 880-892.
- [5] 高润池, 周滔, 陈晓波. “101计划”背景下的细胞生物学教学探索[J]. 中国细胞生物学学报, 2025, 47(12): 3236-3242.
Gao R C, Zhou T, Chen X B. Exploration of cell biology teaching under the “101 plan” background [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2025, 47(12): 3236-3242.
- [6] 丁明孝, 王喜忠, 张传茂, 等. 细胞生物学[M]. 5版. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [7] 赵伟民, 卫福磊, 何涛. 基于任务驱动的混合式教学设计与应用研究: 以“细胞生物学”课程为例[J]. 中国细胞生物学学报, 2023, 45(6): 911-917.
Zhao W M, Wei F L, He T. Blended teaching design and application research based on task-driving: taking the course of “cell biology” as an example [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2023, 45(6): 911-917.
- [8] 刘军锋, 刘珞, 王永生, 等. 在“细胞生物学”概念教学中强化生命观念教育的探析[J]. 中国细胞生物学学报, 2023, 45(9): 1376-1381.
Liu J F, Liu L, Wang Y S, et al. Study on strengthening the education of life idea in concept teaching of “cell biology” [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2023, 45(9): 1376-1381.
- [9] 赵沙沙. 科教融合理念下“细胞生物学”双语教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2023(37): 100-103.
Zhao S S. Teaching reform and practice on bilingual course of “cell biology” from the perspective of integration of science and education [J]. Education and Teaching Forum, 2023(37): 100-103.
- [10] 刘海卿, 杨建霞, 卜婷, 等. 产出导向和深度融合课程思政的细胞生物学教学探索与实践[J]. 中国细胞生物学学报, 2025, 47(1): 101-110.
Liu H Q, Yang J X, Bu T, et al. Exploration and practice on cell biology teaching with outcome-based and deep integration of ideology and politics [J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2025, 47(1): 101-110.
- [11] 杨英, 刘亚丰, 鲁明波, 等. 强化能力培养的细胞生物学信息化教学研究与实践[J]. 高教生物学教学研究(电子版), 2022, 12(6): 14-18.
Yang Y, Liu Y F, Lu M B, et al. Research and practice on information teaching of cell biology based on strengthening ability cultivation [J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2022, 12(6): 14-18.
- [12] 何晓燕, 乔磊. 教研融合的细胞生物学实验教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(3): 196-201, 268.
He X Y, Qiao L. Reform and practice of cell biology experiment teaching with the integration of teaching and research [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2023, 42(3): 196-201, 268.
- [13] 史金铭, 薛哲勇, 王晶英, 等. 围绕“科研实例”的知识重构在本
科教学中的应用: 以生物化学课程为例[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2021, 37(8): 1124-1130.
Shi J M, Xue Z Y, Wang J Y, et al. Application of knowledge reconstruction based on “research case” in undergraduate teaching: taking biochemistry course as an example [J]. Chinese Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 2021, 37(8): 1124-1130.
- [14] 戴国, 夏小倩. 基于项目式学习的线上线下混合式教学模式在高校生物科学类课程中的应用: 以生物学教学设计与案例分析课程为例[J]. 生命科学研究, 2025, 29(3): 265-271.
Dai G, Xia X Q. Application of online and offline blended teaching mode based on project-based learning in college biological science courses: taking the course “biology teaching design and case analysis” as an example [J]. Life Science Research, 2025, 29(3): 265-271.
- [15] Frye L D, Edidin M. The rapid intermixing of cell surface antigens after formation of mouse human heterokaryon [J]. Journal of Cell Science, 1970, 7(2): 319-335.
- [16] Gorboulev V, Schürmann A, Vallon V, et al. Na⁺-D-glucose co-transporter SGLT1 is pivotal for intestinal glucose absorption and glucose-dependent incretin secretion [J]. Diabetes, 2012, 61(1): 187-196.
- [17] Han L, Qu Q H, Aydin D, et al. Structure and mechanism of the SGLT family of glucose transporters [J]. Nature, 2022, 601(7892): 274-279.
- [18] Dyachok O, Idevall-Hagren O, Sâgetorp J, et al. Glucose-induced cyclic AMP oscillations regulate pulsatile insulin secretion [J]. Cell Metabolism, 2008, 8(1): 26-37.
- [19] Rubio-Navarro A, Gómez-Banoy N, Stoll L, et al. A beta cell subset with enhanced insulin secretion and glucose metabolism is reduced in type 2 diabetes [J]. Nature Cell Biology, 2023, 25(4): 565-578.
- [20] Tooze S A, Huttner W B. Cell-free protein sorting to the regulated and constitutive secretory pathways [J]. Cell, 1990, 60(5): 837-847.
- [21] Horvath R, Kemp J P, Tuppen H A L, et al. Molecular basis of infantile reversible cytochrome c oxidase deficiency myopathy [J]. Brain, 2009, 132(11): 3165-3174.
- [22] De Brabander M, Geuens G, Nuydens R, et al. Taxol induces the assembly of free microtubules in living cells and blocks the organizing capacity of the centrosomes and kinetochores [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1981, 78(9): 5608-5612.
- [23] Eriksson M, Brown W T, Gordon L B, et al. Recurrent *de novo* point mutations in lamin A cause Hutchinson-Gilford progeria syndrome [J]. Nature, 2003, 423(6937): 293-298.
- [24] Yan X W, Hoek T A, Vale R D, et al. Dynamics of translation of single mRNA molecules *in vivo* [J]. Cell, 2016, 165(4): 976-989.
- [25] Lamb T D, Pugh E N Jr. Dark adaptation and the retinoid cycle of vision [J]. Progress in Retinal and Eye Research, 2004, 23(3): 307-380.
- [26] Oemar B S, Tschudi M R, Godoy N, et al. Reduced endothelial nitric oxide synthase expression and production in human atherosclerosis [J]. Circulation, 1998, 97(25): 2494-2498.
- [27] Koç A, Wheeler L J, Mathews C K, et al. Hydroxyurea arrests DNA replication by a mechanism that preserves basal dNTP pools [J]. Journal of Biological Chemistry, 2004, 279(1): 223-230.

- [28] Hainaut P, Pfeifer G P. Patterns of p53 G → T transversions in lung cancers reflect the primary mutagenic signature of DNA-damage by tobacco smoke [J]. *Carcinogenesis*, 2001, 22(3): 367-374.
- [29] Baslan T, Morris J P IV, Zhao Z, et al. Ordered and deterministic cancer genome evolution after p53 loss [J]. *Nature*, 2022, 608(7924): 795-802.
- [30] Pagliuca F W, Millman J R, Gürtler M, et al. Generation of functional human pancreatic β cells *in vitro* [J]. *Cell*, 2014, 159(2): 428-439.
- [31] Keymeulen B, De Groot K, Jacobs-Tulleneers-Thevissen D, et al. Encapsulated stem cell-derived β cells exert glucose control in patients with type 1 diabetes [J]. *Nature Biotechnology*, 2024, 42(10): 1507-1514.
- [32] Vermes I, Haanen C, Steffens-Nakken H, et al. A novel assay for apoptosis. Flow cytometric detection of phosphatidylserine expression on early apoptotic cells using fluorescein labelled Annexin V [J]. *Journal of Immunological Methods*, 1995, 184(1): 39-51.
- [33] Melendez J, Liu M, Sampson L, et al. Cdc42 coordinates proliferation, polarity, migration, and differentiation of small intestinal epithelial cells in mice [J]. *Gastroenterology*, 2013, 145(4): 808-819.
- [34] Buckley C E, St Johnston D. Apical-basal polarity and the control of epithelial form and function [J]. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2022, 23(8): 559-577.
- [35] 沈霞娟. 促进大学生深度学习的混合学习设计研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2021.
- [36] 胡林林, 陈甜甜. 深化科教融汇理念, 构建协同育人机制[N]. *中国文化报*, 2023-12-29(3).
- [37] 黄庆旭, 刘志锋, 何春阳, 等. 科教融合下的城市景观可持续教学实践和创新研究[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2025, 61(1): 92-97.
- [38] Huang Q X, Liu Z F, He C Y, et al. Innovative teaching practices in urban landscape sustainability under the research-education integration [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2025, 61(1): 92-97.
- [38] 李秀兰, 姜曰水. 基于“两性一度”的细胞生物学SPOC课程建设与实践[J]. *中国细胞生物学学报*, 2024, 46(8): 1521-1529.
- Li X L, Jiang Y S. Construction and practice of the SPOC of cell biology based on the “two properties and one degree” [J]. *Chinese Journal of Cell Biology*, 2024, 46(8): 1521-1529.