

• 高校生物学教学 •

新农科背景下分子生物学实验课创新性教学的探索与实践

吴顺^{1*}, 关洁²

1 中南林业科技大学生命科学与技术学院, 湖南 长沙 410018

2 湖南科技大学, 湖南 湘潭 411201

吴顺, 关洁. 新农科背景下分子生物学实验课创新性教学的探索与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(11): 4742-4749.

WU Shun, GUAN Jie. Exploration and practice of innovative teaching of molecular biology experiment course under the context of new agricultural science[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(11): 4742-4749.

摘 要: 新农科建设是面向新农业、新乡村、新农民和新生态发展而推出的深化高等农林教育改革的新思路和新举措。根据新农科的要求, 如何将农林产业发展中的新技术和新方法及时引入实验课程教学, 推进专业教育和创新创业教育的融合, 是当前本科实验教学改革的必由之路。鉴于此, 中南林业科技大学生命科学与技术学院根据分子生物学实验课程的教学要求和特点, 结合教师科研成果, 从实验项目、教学环节及考核方式等方面进行了探索和实践, 极大地提升了学生的综合素质和创新能力, 也为其他课程的创新实验教学提供了借鉴作用。

关键词: 新农科; 分子生物学实验课; 创新性教学

Exploration and practice of innovative teaching of molecular biology experiment course under the context of new agricultural science

WU Shun^{1*}, GUAN Jie²

1 College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology,
Changsha 410018, Hunan, China

2 Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan, China

Abstract: The development of new agricultural science is a new idea and a new measure that

资助项目: 湖南省普通高等教育教学改革研究项目(HNJG-2022-0686); 湖南省哲学社会科学基金项目(22YBA130); 湖南省教育厅科学研究重点项目(20A519)

This work was supported by the Hunan Research Project on Teaching Reform of Ordinary Colleges and Universities (HNJG-2022-0686), the Hunan Provincial Philosophy and Social Science Fund Project (22YBA130), and the Key Project of Scientific Research of Hunan Provincial Department of Education (20A519).

*Corresponding author. E-mail: wushuncn@csuft.edu.cn

Received: 2023-04-03; Accepted: 2023-09-18; Published online: 2023-10-19

aims to deepen the reform of higher education in agriculture and forestry for the development of new agriculture, new countryside, new farmers and new ecosystem. It is therefore essential for the current undergraduate experimental teaching reform to timely introduce new technologies and new methods used in the development of agriculture and forestry industry into the experimental course teaching, and promote the integration of professional education with innovation and entrepreneurship education, according to the requirements of the new agricultural science. In view of this, the exploration and practice of molecular biology experiment course was carried out from the perspective of experimental projects, teaching modes and evaluation methods, according to the teaching requirements and characteristics of molecular biology experiment and teachers' scientific research achievements. The results showed that this reform greatly improved the students' comprehensive quality and innovation ability and may facilitate the innovation experiment teaching of other courses.

Keywords: new agricultural science; molecular biology experiment course; innovative teaching

2019 年,教育部全面启动新农科建设,标志着中国高等农林教育改革进入新阶段。2022 年 8 月 31 日教育部发布了《新农科人才培养引导性专业指南》,要求涉农高校加快新农科建设,加强农业农村现代化重点领域急需学科专业建设,培养急需紧缺农林人才^[1]。在设置的 12 个新农科人才培养引导性专业中,生物育种科学、生物育种技术、食品营养与健康等 3 个专业与现代生物技术联系最为紧密,而分子生物学作为生命科学的前沿和最活跃的学科,是现代生物技术发展的基础学科,其理论和技术已渗透到其他基础生物学科各个领域。因此,引导性专业指南中特别指出,3 个专业的核心课程中必须开设分子生物学课程,可见分子生物学在新农科专业建设中的作用和重要性。

分子生物学作为现代生物学的共同语言,其涉及面广、实践性强、学科交叉丰富,因此,既需要学生掌握扎实的基础理论,也要求培养学生分子生物学研究方法的运用能力^[2-3]。实验教学是将理论知识转换为实践的重要环节,有利于调动学生学习的积极性、主动性和创造性,是培养学生实践和创新能力的“最后一公里”^[4-6]。当前,分子生物学仍然是生物学中进展最迅速、

最具活力的领域,新成果和新技术不断涌现,这为分子生物学实验教学提供了新的研究内容,注入了新的动力^[7]。同时,也反映出分子生物学的发展还处于初级阶段,更需要在分子生物学实验教学中不断更新教学内容,培养学生从分子水平发现问题、分析问题、解决问题的能力。中南林业科技大学生命科学与技术学院(以下简称我院)基于新农科背景下的生物学科人才培养目标,结合湖南省生物科学领域基础学科拔尖人才培养基地建设要求,对分子生物学实验课教学进行了探索与实践。

1 分子生物学实验教学的现状及存在的痛点问题

自 2000 年我院开设分子生物学实验课程至今已有 20 余年,现有教师队伍专业技能扎实,实验条件日益完善,形成了具有自身特色的实验体系。然而,随着近几年本科招生人数的增加以及分子生物学理论和实验技术的迅速发展,原有分子生物学实验教学体系难以满足当前创新创业教育教学的要求。这些问题主要表现在以下几个方面:(1) 实验内容以验证性和测量性的经典实验为主,这些实验在各类实验教材或互联网上

都有实验原理、器材、试剂、步骤和注意事项的详细介绍,学生只需按照材料要求操作即可,自主选择性不足,不利于培养学生独立思考和创新思维的能力。(2) 随着招生人数的增加,实验班级学生人数比原来增加了约 50%,导致实验室容量严重不足,出现几人甚至十几人共用一台实验仪器的现象,学生操作机会明显减少甚至个别学生从未参与仪器操作,无形中减少了学生试错的机会,从而影响了动手能力的培养。(3) 实验项目按一定学时划分为一个教学任务单元,要求每个实验小组在实验室按照实验步骤一次性完成。教师为按时按量完成教学工作量,一般会由实验员或授课教师完成实验仪器的开机预热、材料准备等课前准备,上课时学生基本按标准操作流程完成实验内容。这样安排虽有助于训练学生的基本实验操作技能,但不利于学生开展一个完整的分子生物学实验项目,实验结果具有可预见性,使得学生参与的积极性大大降低,不利于培养学生分析问题和解决问题的能力,更谈不上对学生的科学探索和创新精神的培养。(4) 实验成绩的评定大多以实验报告作为主要评价依据,考核只注重实验结果和实验报告形式,缺乏对学生实际操作能力以及实验思维能力的考核,容易出现抄袭和应付考核的现象,很难反映学生真实的实验水平。

新农科建设要求将地方经济和产业发展需求引入地方普通高等学校的教育体系,更加注重对学生实践能力的培养,及时将当前农林产业发展中的新技术和新方法引入课程教学内容,让学生提前适应农林业科技革命和产业变革的要求。当前我院分子生物学实验课教学中存在的上述问题会导致学生对课程学习成效低、应用能力差,因此,在分子生物学实验课教学过程中需要结合新农科人才培养的要求以及地方经济需求,对教学内容、教学方法和考核方式等进行改革,

为提升学生学习成效,培养高素质生物科学类专业人才奠定扎实的专业知识基础。

2 分子生物学实验课创新性教学模式探索与实践

分子生物学是由各个生命科学学科交叉融合发展而来,其研究技术已广泛应用于农业、环境保护、医药和生物工程等研究领域,并取得了丰富的研究成果^[8]。因此,高校为生物科学类本科生开设分子生物学理论课与实验课,使学生掌握相关知识与实验技能,是培养高素质生物学人才的必然要求。分子生物学实验课的开设既有利于加深学生对分子生物学理论知识的理解,又有利于锻炼和培养学生分子生物学的研究思维和操作技能,推进大学创新创业理念。

2.1 分子生物学创新性实验项目的方案设计

学生作为课程教学的主体,在知识储备、学习需求、个人能力等方面存在差异。我院经过多年实践探索,将分子生物学实验内容分为基础实验、综合性实验和设计性实验,实现了学习过程中学生的共性、个性和特长培养。基础实验包括 DNA 提取、RNA 提取、PCR 扩增以及凝胶电泳技术等必修实验项目和技术,旨在训练学生基本分子生物学实验技能。综合性实验则是在此基础上要求所有学生以实验小组的形式能根据教师已完成的某一科研实验项目内容,结合所学知识自行选择相应方法完成项目任务,学生具有一定的独立思考空间。基础实验由教师在实验课上统一组织全体学生用 24 学时完成实验教学,综合性实验则是由与教师科研项目相关的研究生带 2-3 个具有共同兴趣的本科生实验小组,利用课余时间共同完成。在这两个阶段中,分别由教师和研究生讲授和监督,以促进学生的共同发展。

为实现新农科建设任务中培养本科生创新意识、创新能力和科研素养的要求,我院在前两

阶段的基础上增设了设计性实验项目,将所有从事分子生物学教学和科学研究主讲教师的科研项目纳入分子生物学实验课教学,着力培养和提升本科生的专业技能和科研素养。我校属于涉农高校,教师的科研项目大多与农林科技发展相关,尤其是林药资源、经济林的遗传育种,直接或间接服务于国家、地方产业经济发展需求。教师们利用网络教学平台将自己的科研项目及简要介绍推送给学生(表 1),引导学生关注农林经济与产业发展的需求,积极学习现代农业科技发展的新技术、新方法。学生按照项目要求和自己

的兴趣自由组建 5-8 人/组的学生实验小组,由于学生所选择的实验项目都是教师正在进行的科研项目,没有现成的完整实验方案,需要学生自己查找与分子生物学技术以及农林科技新发展相关的参考文献、成员间相互商讨以及咨询教师确定基本实验方案,最终提交完整的实验实施计划。学生通过参与教师设计性实验项目,不断讨论、设计和改进实验方案,培养将分子生物学理论与现代农业科技应用结合、分析和解决实际问题的能力,培养对自身创新思维合理性的研判能力。

表 1 近年来纳入实验课教学的部分教师科研项目
Table 1 Selected innovative experimental projects set up in recent years

序号 No.	实验项目 Experimental project	核心分子生物学实验技术 Core molecular biology experimental techniques
1	南方红豆杉的遗传多样性研究 Study of genetic diversity on <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	基因组 DNA 提取、引物设计与合成、PCR 扩增、基因测序、基因分子指纹图谱构建与分析等 Genomic DNA extraction, primer design and synthesis, PCR amplification, gene sequencing, construction and analysis of gene molecular fingerprints, etc.
2	乌柏 DGAT1 和 DGAT2 调控油脂积累的分子机理解析 Study of molecular mechanism on regulation of oil accumulation by DGAT1 and DGAT2 in <i>Excoecaria sebifera</i>	mRNA 提取、引物设计与合成、PCR 扩增、目的基因克隆、基因测序、RNA 干扰、质粒载体构建与表达、荧光定量 PCR 等 mRNA extraction, primer design and synthesis, PCR amplification, target gene clones, gene sequencing, RNA interference, construction and expression of plasmid vector, fluorescent quantitation PCR, etc.
3	川黄柏小檗碱生物合成关键基因的克隆与生理功能研究 Study of key genes clone and their physiological function for berberine biosynthesis in <i>Phellodendron chinense</i> Schneid	mRNA 提取、引物设计与合成、PCR 扩增、目的基因克隆、基因测序、RNA 干扰、质粒载体构建与表达、转基因技术等 mRNA extraction, primer design and synthesis, PCR amplification, target gene clones, gene sequencing, RNA interference, construction and expression of plasmid vector, transgenic technology, etc.
4	不同倍性丹参多倍体的生理特性及遗传变异研究 Study of physiological characteristics and genetic variation on polyploidy with different ploidy in <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	DNA 提取、mRNA 提取、引物设计与合成、PCR 扩增、基因测序、进化树构建等 DNA extraction, mRNA extraction, primer design and synthesis, PCR amplification, gene sequencing, construction of evolutionary tree, etc.
5	蚬壳花椒种子萌发过程中基因与蛋白质的表达差异研究 Study of differential expression on genes and proteins during seed germination in <i>Zanthoxylum dissitum</i> Hemsl	mRNA 提取、引物设计与合成、PCR 扩增、目的基因克隆、基因测序、质粒载体构建与表达、液质联用、荧光定量 PCR 等 mRNA extraction, primer design and synthesis, PCR amplification, target gene clones, gene sequencing, construction and expression of plasmid vector, unified use of liquid chromatogram and mass spectra, fluorescent quantitation PCR, etc.

在实验实施过程中,由项目组研究生或有关教师带领学生进行实际操作训练,同时查阅相关最新参考文献,了解现代生物技术与现代农业科技发展的前沿知识,并定期撰写实验执行进展。例如,某一学生小组运用简单重复序列(simple sequence repeat, SSR)标记分析了贵州雷公山地区南方红豆杉种群遗传多样性与海拔之间的关系,发现海拔高度与其多样性呈负相关^[9],该成果获第二届全国大学生生命科学创新创业大赛三等奖。这种实验小组分别教学的方式,极大地提高了学生对实验与“三农”问题的热情,锻炼了学生的实验设计能力和操作技能,增强了学生今后从事农林科技工作的自信和创新创业实践能力。

2.2 分子生物学创新性实验的教学方式

当前,我院每学年春季学期开设分子生物学实验课,共 48 学时,学生很难在这么短的时间内学好这一课程。因此,根据前面开设的创新性实验项目的特点,在教学方式上我院教师普遍采用线上线下混合教学模式,推进以学生为主,教师为辅的教学过程。根据分子生物学实验课与新农科建设基本要求,学院组织有关教师和实验技术人员,利用教师科研实验项目和网络视频资源,制作了 20 多个数字化实验视频课件,内容涵盖了实验目的、原理、流程及仪器操作以及在农林实践中的技术运用等,同时授课教师根据发布的实验项目录制自身科研实验视频,例如乌柏 *DGAT1* 基因的克隆及其功能研究、川黄柏关键基因的克隆及其转化技术等。这些内容一般在寒假前发布在学校网络教学平台(超星泛雅网络教学平台)上,要求学生寒假期间反复观看学习,并就自己选择的实验项目与实验小组成员、教师通过 QQ、微信、电话等方式适时沟通,教师及时对学生提出的问题进行回复和指导。经过一个假期的自主线上学习和讨论,学生在下学期开学

两周内正式提交分子生物学实验项目实施方案,为进入实验室进行线下实验做好准备。

由于扩大招生导致的学生人数增多,实验室部分仪器尤其是大型仪器设备不可能一次性容纳一个教学班学生同时进行实验操作。因此,实验室资源根据学生对分子生物学创新性实验需求采用预约开放和全天开放的方式,不同实验项目由不同教师配备研究生进行实时线下辅导,教师则在适当时间参与现场指导和实时在线指导,及时纠正学生的不规范操作和解决实验中遇到的突发问题。当然,教师在实验指导过程中,会根据学生的个性特点、所选项目的研究背景与意义、农林技术与产业经济发展动态等具体情况提出问题,引导学生多思考、多质疑,增加互动,使得学习氛围更加活跃,更能吸引学生深入参与实验学习。这样的安排既保证了仪器设备的充分利用和教学过程的顺利进行,也充分利用学生的课余时间并挖掘学生的学习潜力,实现对不同学生的分层次培养。

2.3 分子生物学创新性实验的教学考评

过去分子生物学实验成绩的评定主要是以到课情况、撰写实验报告以及实验数据记录和处理等为依据,由于学生所做的实验项目相同,学生之间容易出现抄袭和数据互用等现象,而教师在具体对每个学生进行考核评价时很难发现并加以区分,考评成绩往往具有较大的主观性。为解决这一问题,分子生物学创新性实验的考评与线上线下混合教学模式一致,采用线上与线下考评相结合的方式,分为线上评价(30%)、线下评价(70%)两个部分,具体分配比例见图 1。

根据新农科人才培养要求与分子生物学实验课教学要求对学生学习情况进行考核与评价,需要将培养和教学要求融入考评指标。线上考评主要体现为学习过程的评价,即学生在线观看学习视频时间、讨论参与度、课后习题测试,成绩

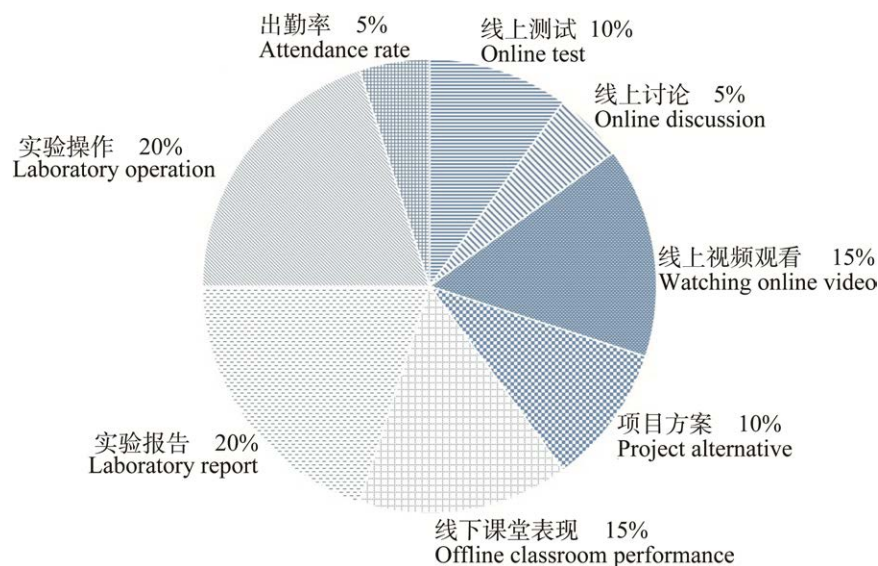


图1 线上线下混合教学的课程考核成绩组成

Figure 1 On-line and off-line mixed teaching course assessment score composition.

按一定比例进行赋值分数,系统计算出线上最终成绩。由于线上评价数据来源于网络教学平台的自动记录与计算,一定程度上保证了线上评价成绩的客观准确。线下考评则包括实验项目方案设计、平时实验过程表现、实验操作水平和实验报告等。项目实验方案主要考查学生参与设计的创新性实验项目方案的合理性、可行性、创新性以及实验过程可能遇到的突出问题及应对措施;实验过程表现主要考查学生对课程与农林科技应用的重视程度、对实验室规章制度遵守情况以及学生小组团队协作精神;实验操作水平主要考查学生对分子生物学基本操作技术的理解与掌握,农林新技术、新方法的应用程度;实验报告则主要考察报告规范性、实验结果的记录及效果、实验结果的分析和实验心得等。线下考评占主导,为确保线下考评结果的客观公正性,我院制定了较为详细的评分细则,由学生和教师按照评分细则分别进行学生自评、学生互评和教师评价,并形成最终的线下考评成绩。这种基于新农科背景下分子生物学实验课的混合式考评方式,更加注

重学生学习过程实践性、应用性、时效性的评价,极大地激发了学生专业学习的兴趣和积极性,进一步调动了学生在实验实践过程中的主动性,真正实现学生从“要我学”向“我要学”的转变。

3 分子生物学实验创新性实验教学的实施效果

我院在新农科背景下进行分子生物实验课创新性教学探索实践多年,教学效果提升明显。

(1) 从实验报告来看,学生成绩较以往有明显提高,绝大部分学生都能对实验过程中可能出现的各种结果进行分析和讨论,并对出现的问题提出解决方案。尤其是越来越多的学生开始关注新农科建设,主动将实验课所学内容与现代农业经济发展的新技术、新方法联系,提出个性化的创新创业愿望和想法。(2) 从素质教育来看,体系化的实验课教学模式对学生的培养是全方位的,不仅锻炼了学生的专业技术实践能力,而且培养了学生自主学习、求真务实、科研创新、人际交流

和团队合作等方面的综合素质能力。(3) 从创新大赛获奖情况来看,近两年我院学生参加的各类项目申报和学科竞赛成绩斐然,其中获批与分子生物学实验有关的大学生创新创业训练项目国家级 3 项、省级 5 项、校级 10 项,参加全国大学生生命科学创新创业大赛荣获一等奖 1 项、二等奖 1 项、三等奖 5 项,参加全国植物生产类大学生实践创新论坛活动荣获一等奖 3 项、二等奖 2 项、三等奖 5 项。(4) 从毕业生回访反馈情况来看,95%以上学生认为在校期间的分子生物学实验课创新性教学模式相较于其他实验课教学方式,更有助于掌握专业理论知识,锻炼和提升实验操作技能,明确创业就业方向。部分学生在毕业后选择了农林类的专业继续读研,也有不少学生进入湖南省林业科学院、隆平高科等单位工作,为国家和地方农林经济与产业发展贡献力量。

4 结语

与传统分子生物学实验课教学相比较,我院所采取的新农科背景下分子生物学实验课创新性教学反映出几个特点:一是研究性。我院将科研项目与课程内容相结合,引导学生深度参与实验活动的全过程,克服了传统实验室授课模式的单一性和单向性弊端。创新性实验课教学不只关注实验室操作训练,还特别强调对学生科研素质的培养。学生通过选择实验项目、研读文献、设计实验方案、实践操作、数据处理与分析等一系列活动,基本熟悉科研实验的一般过程,锻炼科研思维,形成一定的科学素养。二是分层性。在传统灌输式、模仿式实验课教学模式中,教师占主导,学生处于被动,学生缺乏实验自主分析、思考、设计等环节的训练。创新性教学则始终坚持以“学生为中心”,教师从课堂讲授者转变为学生自主学习的指导者。为了满足不同学生教学通

适化和个性化需求,学院根据实验室现状和学生自身特点,建立起基础实验、综合性实验和设计性实验相结合的实验课教学体系,初步实现了分层次教学,不仅提高了实验室资源的利用效率,而且促进学生实现由基本认知、领会知识点向分析、综合应用和评价的高阶认知发展。三是应用性。分子生物学实验的主要教学目的是培养本科生分子生物学实验技能和思维,提高学生勇于创新、开拓的能力^[10]。在新农科背景下进行实验课创新性教学改革,主要体现为从实验项目的方案设计、教学方式到教学成绩与实效评价,始终将分子生物学实验教学与现代农林科技、经济和产业发展实际相结合,强调教学内容的实践性、应用性和前沿性。这是国家实现“乡村振兴战略”的现实要求,也是新时代高等农林院校变革人才培养模式,进行课程教学改革的必然趋势。

我院在探索分子生物学实验课教学与新农科建设结合的实践中取得一定成效,这为其他实验课程的教学改革起到一定的借鉴作用。同时,深化课程教学改革面临新的挑战:(1) 对教师专业知识、科研能力提出更高要求,教师需要真正重视并投入新农科建设,申报相关科研项目以保证每年为实验课教学提供新的实验项目,帮助学生及时调整实验,对学生的问题给予有效反馈。然而,并非所有教师都愿意根据教学改革需要,积极调整自己的研究方向和内容,这就需要进一步加强教师教育、加快教师转变观念、提高教师教学能力,以适应高校农林教育教学改革的新思路和新方法。(2) 对学生实验训练的学习主动性、综合能力、投入时间精力要求更高,这需要教师在实际教学中,通过有关项目申报、竞赛参与并结合学校硕士研究生推免政策激励学生积极参与设计性实验。(3) 在不断建设和完善实验室、网络教学平台等教学硬件条件的同时,也需要加强相应的教学管理。例如,实验项目训练时

间灵活, 要确保实验室安全管理并提升教学实效, 必然需要投入更多人力物力。但在现实中, 师资、实验室环境和配套资源都相当有限, 因此需要各级管理部门重视, 在政策、制度、经费等方面给予充分保障。

总之, 在新农科背景下, 高校对分子生物学实验课进行创新性教学改革势在必行, 我院近年来在这方面获得一些经验, 可为同行交流提供借鉴。面对新时代专业教育与农林教育改革的新要求、新问题, 我院将继续深化实验课的教学改革, 为培养生物、农林领域创新人才贡献力量。

REFERENCES

- [1] 陈鹏. 新农科: 从“提档升级”到“交叉融合”[N]. 光明日报, 2022-10-11(13).
CHEN P. New agricultural science: from “upgrade” to “cross-integration”[N]. Guangming Daily, 2022-10-11(13) (in Chinese).
- [2] 桂馨, 石嘉豪, 汪贵英, 邢丽波, 陆东东. 开放实验教学优化分子生物学精品实验项目[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(1): 201-203, 207.
GUI X, SHI JH, WANG GY, XING LB, LU DD. Opening experimental teaching and optimizing a superior experiment items of molecular biology[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021, 40(1): 201-203, 207 (in Chinese).
- [3] BLACK PN. A revolution in biochemistry and molecular biology education informed by basic research to meet the demands of 21st century career paths[J]. Journal of Biological Chemistry, 2020, 295(31): 10653-10661.
- [4] 孙铭娟, 王梁华, 高云, 张建鹏, 马振霞, 黄才国. 医学分子生物学实验教学改革探索[J]. 基础医学教育, 2021, 23(7): 473-475.
SUN MJ, WANG LH, GAO Y, ZHANG JP, MA ZX, HUANG CG. Exploration on experimental teaching reform of medical molecular biology[J]. Basic Medical Education, 2021, 23(7): 473-475 (in Chinese).
- [5] 杨为家, 辛月, 申冬玲, 何鑫, 曹小兵. 基于创新能力培养的光电功能材料创新性实验设计[J]. 高教学刊, 2023, 9(18): 51-54.
YANG WJ, XIN Y, SHEN DL, HE X, CAO XB. Innovative experimental design of photoelectric functional materials based on the cultivation of innovative ability[J]. Journal of Higher Education, 2023, 9(18): 51-54 (in Chinese).
- [6] 钟丹, 申晓冬, 高敏, 贺文辉, 何凤田, 陈姍, 戴双双, 黄刚. 云班课在生物化学与分子生物学实验教学改革中的应用探索[J]. 生命的化学, 2021, 41(7): 1536-1541.
ZHONG D, SHEN XD, GAO M, HE WH, HE FT, CHEN S, DAI SS, HUANG G. Exploration of mosoteach in experimental teaching reform for biochemistry and molecular biology[J]. Chemistry of Life, 2021, 41(7): 1536-1541 (in Chinese).
- [7] 张晓, 晏贤春, 张瑞, 贾林涛, 赵晶. “赋能增效”的分子生物学实验教学改革探索[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2021, 37(6): 569-574.
ZHANG X, YAN XC, ZHANG R, JIA LT, ZHAO J. A probe to the Empowerment and Efficiency Oriented teaching reform of molecular biology experiment[J]. Chinese Journal of Cellular and Molecular Immunology, 2021, 37(6): 569-574 (in Chinese).
- [8] 王斐, 李鸿彬, 马仁娣, 崔百明, 闫洁, 石峰. 多学科交叉融合在“分子生物学”教学中的探索[J]. 石河子大学学报(哲学社会科学版), 2015, 29(B12): 135-136.
WANG F, LI HB, MA RD, CUI BM, YAN J, SHI F. Exploration of interdisciplinary integration in the teaching of molecular biology[J]. Journal of SHIHEZI University (Philosophy and Social Science), 2015, 29(B12): 135-136 (in Chinese).
- [9] 吴顺, 刘坤, 罗冬艳, 田维雅, 周凯, 王明贞, 孙思敏. 海拔对贵州雷公山地区南方红豆杉种群遗传多样性的影响[J]. 中药材, 2018, 41(2): 303-307.
WU S, LIU K, LUO DY, TIAN WY, ZHOU K, WANG MZ, SUN SM. Effects of altitude on genetic diversity for *Taxus chinensis* var. *mairei* at Leigongshan area in Guizhou[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2018, 41(2): 303-307 (in Chinese).
- [10] 梁健, 段瑞君, 魏晓星. 基于能力培养的分子生物学实验教学改革与探索[J]. 生物学杂志, 2014, 31(2): 109-111.
LIANG J, DUAN RJ, WEI XX. Exploration of teaching reform in molecular biology experiment based on ability training[J]. Journal of Biology, 2014, 31(2): 109-111 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)