

科研创新人才培养导向的分子生物学课程教学探索与实践

何艳慧*, 洪一楠, 王晓军, 刘啸尘, 武占省

(西安工程大学环境与化学工程学院, 西安市纺织化工助剂重点实验室, 西安 710048)

摘要: 培养具有创新精神、实践能力的高素质生物科技人才是社会经济发展的需求。分子生物学课程具有理论性强、实践性强和新技术不断涌现的特点, 改革分子生物学课程的教学内容和方法, 成为培养生物工程专业科研创新型人才的关键策略。本文通过线上短视频预习、复习结合线下授课解惑混合模式, 课堂上引入最新研究案例教学, 融入创新思维, 学生自主汇报讨论诺贝尔奖得主案例的方式对分子生物学课程的教学内容、教学手段及考核形式等进行了有益尝试。教学改革过后, 学生考核结果、考试卷面成绩及总评成绩达到优秀水平的学生数量显著增加, 同时学生科研创新能力及教学质量也得到了全面提高。这次的教学改革尝试对其他实践性学科的教学改革开展也具有一定的参考价值。

关键词: 科技人才; 线上线下; 研究动态; 汇报讨论; 教学

The exploration and practice of Molecular Biology teaching based on cultivation of research innovation talents

HE Yanhui*, HONG Yi'nan, WANG Xiaojun, LIU Xiaochen, WU Zhansheng

(School of Environmental and Chemical Engineering/Key Laboratory of Textile

Chemical Additives in Xi'an, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Cultivation of research innovation talents is the demand of social and economic development. The molecular biology course has the characteristics of strong theory, practice and new knowledge and technology continuous emergence, so the reforming of molecular biology teaching system is the key strategy to train scientific research and innovative talents for bioengineering. In this paper, the combination of online short videos preview and offline lesson mixed mode, follow up the latest research trends in class, integrate scientific research innovation elements, and design an independent student report and discussion of Nobel Prize were used to make an open and beneficial exploration on teaching content, teaching method and assessment. This practice guide student study and think independently, the number of students with outstanding scores in the final examination increased significantly after teaching reforming, meanwhile, the development of scientific research innovation ability and overall teaching quality were promoted. This teaching reform study also has important reference for the other practical disciplines in colleges and universities.

Key Words: scientific and technological talents; online and offline; scientific research innovation; report and discuss; teaching

收稿日期: 2022-08-19

基金项目: “纺织之光”中国纺织工业联合会高等教育改革研究项目(2021hkjglx052); 西安工程大学课程思政示范项目; 西安工程大学学位与研究生教育综合改革研究与实践项目

*通信作者: Email: hyh1083515552@163.com

随着科学技术的不断发展以及高等教育体制改革的不断深入,大学生掌握和使用新技术的能力、分析问题和解决问题的能力、自主创新能力的提升对于应对日新月异的生物科技非常重要。因此,提升创新性思维和科学研究能力已经成为生物工程专业学生培养的一个重要目标^[1]。分子生物学作为生命科学最具活力的分支学科,是以核酸和蛋白质等生物大分子的结构及其在遗传信息和细胞信息传递中的作用为主要内容的重要学科。分子生物学在迅猛发展的生物技术领域中发挥着巨大的作用^[2],其发展也为人类认识生命本质,改造生物特性带来了前所未有的挑战。分子生物学作为生命科学领域基础理论课程,其涵盖的基本概念与基础知识都是通过科研数据得出的,是一门实践性较强的学科。学好分子生物学,掌握遗传信息的传递和表达机制,并了解这些机制揭示过程中的重要实验设计过程,对于培养和训练学生的创新性思维,激励学生提出问题、解决问题,提升学生的综合能力很有帮助。因此,分子生物学课程在创新型人才培养体系中占有十分重要的地位,已成为高等院校生物工程专业的一门重要必修课程^[3,4]。

然而,分子生物学课程理论性强、概念抽象、机制复杂,学生学习过程中容易出现主动性差和能动性不高的问题,因此在教学过程中,如何激发学生的学习兴趣,从而培养其科研创新能力是分子生物学课程教学改革中亟待解决的问题。鉴于此,本文以培养科研型、创新型高层次人才为目标,结合分子生物学的学科特点和生物工程专业发展需求,通过在教学过程中采用线上短视频教学结合线下课堂解惑的模式、融入最新研究进展作为案例教学内容及鼓励学生到实验室参与实验等培养创新思维、构建“以学生为中心”的诺贝尔奖案例自主汇报讨论课堂等方式进行了教学内容和教学方式改革的探索和实践,在提高学生学习兴趣和实践参与的同时,强化了科研创新思想,培养学生服务专业发展,为新工科背景下生物工程领域的科研创新人才培养提供参考。

基于教学内容和教学方式的改革,对2019级和2020级本科生的考核形式也进行了调整。在

2018级学生平时成绩与期末卷面成绩比例3:7的基础上,2019级、2020级学生的平时成绩占比上调至40%,具体如表1所示。在2019级、2020级学生中分别增加了线上任务点的考核比重和小组汇报的考核要求。

表1 学生考核方式及成绩评定办法比较

年级	评定项目							总分
	期末试卷成绩	平时成绩						
		考勤	线上任务	线上作业	线下作业	章节测试	小组汇报	
2018级	70	10	\	20	\	\	\	100
2019级	60	5	10	\	15	10	\	100
2020级	60	5	5	10	10	7.5	2.5	100

1 形成线上线下混合教学模式

互联网技术大范围普及给信息的传递和更新提供了平台,尤其是在互联网技术的支持下,线上线下结合教学模式的应用给高校教师教学方法与手段、学生的学习方式带来了很大的变化^[5,6]。分子生物学研究的DNA、RNA和蛋白质等生物大分子的微观形貌比较抽象,很难用肉眼观察,也比较难用生活中常见的物品来形容。学生在学习过程中总是充满着无力感,不知道自己在做什么,对学习内容提不起兴趣。教师如何能够引导学生自行构建何为DNA的双螺旋模型、蛋白质如何进行折叠、修饰等,成为目前分子生物学课程理论教学存在的普遍难题。本文在2019级学生的教学过程中,基于分子生物学的这些特点,提前在网络教学平台提供有趣的在线短视频学习资料进行线上预习教学,使学生课前看到只有显微镜或是动画技术才能表现出来的生物体内的生物大分子的生理、生化过程。比如DNA复制过程的动画解说,如何从DNA转录成RNA的精彩演示以及mRNA、tRNA、氨基酸如何在核糖体中协作合成蛋白质的微视频。高清短视频教材的引入,以及线上预习模式可以帮助学生在课前对DNA复制、转录和蛋白质翻译的过程有比较形象的了解,有效加深对线下课堂教学内容的理解,提高学习效率,增加对分子生物学的兴趣。另外,教师还在线上平台上传教学课件、作业及包括较多选择和

判断题的章节测试等作为考核任务点, 同时建立了学习讨论区。学生根据自己的实际情况随时随地进行线上学习, 完成师生间、学生间的交流互动, 打破了时间和地域的限制。学生也可以自主选择在线答题或者是在纸上拍照上传作业。该教学方式的应用, 缓解了学生的写作压力, 提高了学生完成作业的积极性, 也减少了纸张的使用量, 助力无纸化办公。同时线上平台的统计功能等方便教师监测并了解学生的学习情况, 辅以学生在线下课堂中有目的、有重点地讲解探讨、答疑解惑难点内容, 按需施教, 提高教学效率。根据学情反馈, 还可以调整下一届学生的线上自学内容。线上教学材料多为短视频, 翻看手机就可以完成课程的预习和复习, 充分调动了学生的学习主观能动性, 方便学生管理碎片化时间, 这对于提升科研创新人才的时间管理能力是有助力的。

在2019级增加了线上任务点的学习, 学生积极性表现很好, 积极完成了任务点视频教学内容的学习, 大部分学生的任务点成绩都在80分以上(图1)。

2 捕捉最新研究发展动态

分子生物学还具有综合性强的特点, 其应用技术已渗透到医学、环保、农林等相关的领域中, 并在各领域的最新思维和技术方法仍在不断丰富和发展中。所以印在教材上的内容已不再能满足学生创新能力培养的需要。因此, 教学内容也应做相应的改革, 要注重精和新的结合。教师重点讲授经典知识要点的同时, 探索加强新知识的吸收。如将遗传物质的实操技术、基因的表达

调控等内容适当的展开和细化, 并在课堂中穿插课题组采用最新的转录组学测序技术, 探究盐胁迫和根际促生菌互作处理调控辣椒植株有关生长、抗逆指标的相关基因上下调控表达的案例, 以科研促教学, 让学生充分掌握分子生物学课程的内容精髓。再如, 2020年诺贝尔化学奖授予法国和美国科学家Emmanuelle Charpentier、Jennifer A Doudna, 表彰她们“开发出一种基因组编辑方法”。届时, 在对2019级学生讲授DNA、RNA及蛋白质操作技术时, 将CRISPR/Cas9基因编辑技术作为重点内容, 深入剖析基因编辑技术的发展历程, 将CRISPR/Cas9基因编辑技术原理与现如今研究者如何应用该技术实现原核生物、真核动物、植物的基因编辑, 获得理想表型的突变体生物有效联系起来, 并指出基因编辑技术的发展带给生命科学界便利的同时, 基因编辑婴儿等事件的出现也给人类带来了巨大的挑战。学生在掌握最新生物科技的技术原理和应用领域的同时, 也应充分认识到科技发展与人类伦理的辩证关系, 考量如何正确利用科学技术, 寻求促进科技进步和人类伦理和谐发展的途径。在教学过程中也可以发现, 一开始学生在这方面较少有自己的见解, 讨论活动中意见阐述也是人云亦云。而通过前沿研究的案例学习, 可以引发学生的深入思考, 课堂活跃度明显提高, 进一步强化培养了学生的科研创新思维。另外, 分子生物学技术发展迅速, 新知识、新理论、新技术层出不穷, 而且这些最新研究成果绝大多数发表在顶级期刊上。教学过程中教师会推荐学生阅读顶级期刊, 如*Nature*、*Science*、*Cell*中发表的前沿文章, 分享推送重要研究进展的公众号供学生翻看, 鼓励使学生利用课

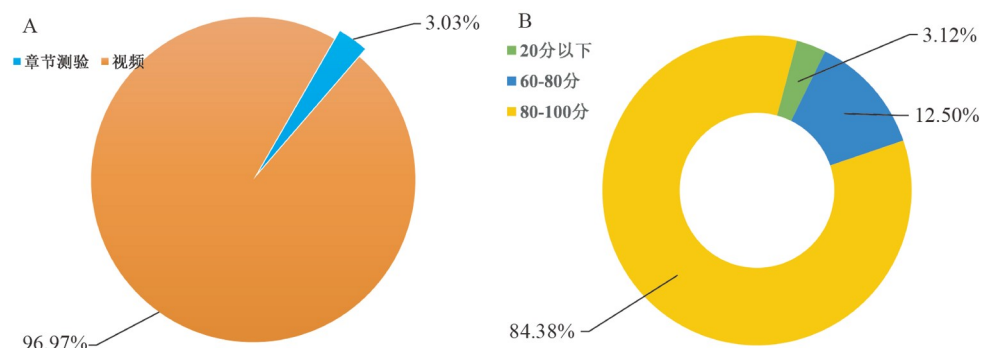


图1 学生线上任务点情况(A)及成绩综合分布(B)

余时间了解一些分子生物学领域的研究进展,锻炼学生捕获现代科技信息和最新成果的能力,从而培养学生的创新精神。

3 融入创新思维助力科研发展

目前,我国高校对本科生的教育仍然重视对学生记忆能力的考核,轻视动脑和动手能力的培养。分子生物学课程的实验教学对学生实验操作技能和实验室条件要求极高,这就给实验教学造成了很大难度,因此很多高校只设置研究生分子生物学实验课程,本科生分子生物学技术学习只能依赖于理论教学。这种教学方式只是让学生读科学,导致学生缺乏创新性思维和科研兴趣,学生创新能力的培养也很难达到预期目标。针对这个问题,教师在授课过程中将实际科研案例融入到课程内容中,使科研思维贯穿于教学的全过程^[4]。比如,教师在讲授 σ 因子在RNA转录过程中的关键作用时,首先反问学生如何可以验证 σ 因子的作用,并根据学生回答引出教材上没有详述的证明 σ 因子在RNA转录起始过程中起作用的实验。从提出问题假设(σ 因子促进转录的起始,而不是延伸)、设计实验方案(用利福平阻断转录的起始但不能阻断转录延伸)及进行详细实验(同位素标记核苷酸中的第三位 γ 位置的P,调整 σ 因子浓度观测含 γ 位标记P的核苷酸的产物产量)一步步推导展示出实验证明过程。学生听得津津有味,都很喜欢这个有趣的实验,并都掌握了 σ 因子在RNA转录起始过程中起作用的知识点。该教学过程从提出知识点相关科学研究问题,引导学生发现问题、提出解决问题的方案,到设计实验加以证明,深化了课堂内容,使学生对科学研究工作的全过程有一个感性认识,逐步建立科研创新思维。

另外,当讲到真核生物染色体的结构时,引申到元英进院士带领的天津大学团队完成了5号、10号(synV、synX)染色体的化学合成^[7],清华大学的戴俊彪团队设计合成了12号染色体^[8]。介绍他们在合成12号染色体的过程中,研究员通过使用6个菌株分别完成对染色体不同区域内源DNA的逐步替换,然后利用酵母减数分裂过程中同源重组的特性,将多个菌株中合成的序列进行合并,获得完整的合成型染色体的长染色体分级组装的策略。

这些穿插在理论知识中联系实际的实例给学生展现了一个从基础理论知识到实际应用的过程,贯彻了学以致用精神,拓展知识面的同时,也提升了学生的民族自豪感,有效地激发了学生的研究兴趣及对课程内容的学习热情。

案例讲述结束之际,介绍教师本身在研的项目内容,鼓励感兴趣的学生课余时间通过大学生创新创业实践活动、互联网+、暑期实践的方式参与到教师的项目研究中,形成理论学习和实操训练互促的模式。教学改革后,据统计现阶段在本实验室参与协助研究生从事研究工作的大二、大三级的本科生可以达到班级总人数的1/3人次每周,多名2021级、2022级学生也慕名而来,已成立预备军团开始计划申报2023大学生创新创业训练计划项目,并备战2023年的互联网+、“希望杯”大学生课外学术科技作品竞赛。该教学方法加强了理论知识与实验实践的融会贯通,提高了学生理论与实际相结合的能力,为学生日后考研或是毕业后从事科研相关的工作都打下了坚实的基础。这一教学方式的改革举措也是可以落实到提升学生掌握新技术实操能力、自主创新能力,为日新月异的生物科技领域培养科研创新人才的专业培养目标上的。

4 构建自主汇报讨论互动课堂

学生创新能力不足的一个重要原因是不会凝练科学问题。讨论式教学法古时在“两小儿辩日”中已得到实践运用,在实施新课程标准的今天,汇报讨论法也适用于自主学习合作探究创新人才的培养^[9]。学生作为教学的主体,能够在课堂上发表观点,并从多视角、多维度再次思考科学问题,进行思想的碰撞、融合与创新,是提升其创新能力的关键。分子生物学的每一步前进历程都有一块诺贝尔奖的丰碑相互映衬。教师在开课第一讲的引言中,就以诺贝尔奖得主为主线串讲分子生物学领域的重大发现及发展史,在对2020级学生进行教学的过程中,要求学生以2~3人的小组为单位,自主选择历年与分子生物学相关的诺贝尔生理或医学奖、化学奖得主作为案例,分工协作查阅、分析相关文献后,制作PPT向全班同学进行5 min左右的自主汇报。将以教师授课为主的



图2 学生汇报PPT封面及汇报情况

传道模式转变为学生汇报为主的解惑模式, 引导学生自主思考, 发散思维。图2为学生汇报内容及制作的PPT封面。每组的汇报都很惊艳。课堂中学生总结科学家的研究思路、研究方案、研究过程和研究成果, 介绍获奖理由、人物生平, 这对于培养学生资料分析与处理能力、问题剖析与解决能力、理解研究思路能力、科学问题凝练能力和创新意识都有着非常重要的作用。汇报最后涉及到的感想讨论以及本次汇报内容对学生自身职业生涯的潜在影响也引发了其他学生的共鸣和思考。PPT形式汇报也为学生在后期他们可能作为科研人员展示自己的研究成果储备了技能。3个年级学生的总评成绩如图3所示。增加了诺贝尔得主的主要事迹小组汇报专项之后, 在2020级的学生中, 达到优秀(90分以上)的学生显著增加, 从4/25增加至8/32, 达到良好以上(80分以上)水平的学生由14/25增加至18/25。这说明教学的改革对优秀学生的培育或杰出科研型人才的培养有积极作用。

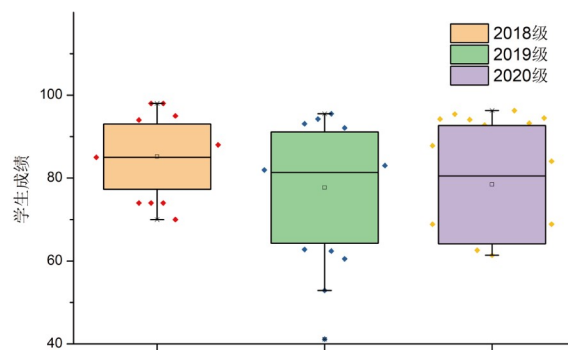


图3 学生总评成绩分布

5 结语

在生物科技迅猛发展的时代背景下, 提升本科生科研创新能力以应对时代发展的需要是当前高校教育教学的重要任务。分子生物学课程作为实践性较强的学科, 其教学内容和方式的改革也是生物工程专业科技人才培养的重要支撑。在生物工程专业本科生中, 通过线上预先提供教学相关动画短视频形象介绍抽象的概念结合线下授课

以调动学生自主学习积极性,同时,在课堂上融入最新研究成果案例,并引导学生探索发现问题、分析问题和解决问题,培养学生创新思维,以及教学内容注重精和新的结合,追随发展动态讲授知识点,使学生汲取最新理论技术知识,培养学生创新精神,最后以学生为主,在课堂上引导学生进行诺贝尔奖得主的研究案例汇报讨论进行科学问题凝练锻炼和创新能力启发,可以使学生的科研创新素质全面提升。总之,通过探索实践,丰富了教学内容,激发了学生的学习兴趣,增强了学生的科研思维 and 创新能力,逐步形成了科研创新人才培养导向的课程教学体系。当然,本次的教学改革也存在一定的不足,比如线上教学系统监测到不少学生倍速播放线上学习资料,不能保证每位同学都认真完成预习,这也造成了处于及格分数段的学生较多。解决此问题可通过在回顾知识点的时候重复播放并同声讲解再次强调重点和难点内容,确保学生都掌握该部分的知识点,以提高下一届该类型学生的学习兴趣,进而培养其创新能力。在今后的分子生物学教学中仍需继续探索、不断总结,进一步提高生物工程专业学生的综合实力以适应社会经济发展需求。该项教学改革探索与实践对国内其他高等院校实

践性学科的教学也具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 刘志强,刘旦梅,金竹萍,等.本科生物科研素养培养——生物化学授课实例.生命的化学,2021,41(6): 1311-1315
- [2] 武占省,党艳艳,曹鹏.化工类专业开设《生物工程概论》的课程建设及教学实践.广州化工,2012,40(13): 191-192
- [3] 崔胜楠,商梁,万翠红,等.分子生物学“三步走”部分翻转课堂教学模式的探索与实践.高校生物学教学研究(电子版),2021,11(3): 3-7
- [4] 李慧,赵玉荣,陈翠霞.基于科研素质培养的“分子生物学”课程教学改革.微生物学通报,2021,48(4): 1380-1387
- [5] 曹燕飞,武翠玲,栗学清,等.混合式教学模式在生物化学与分子生物学教学中的应用.中华医学教育杂志,2021,41(8): 708-711
- [6] 顾建兰,范雁,周艳,等.留学生医学研究生分子生物学省级精品课程建设的实践与探索.生命的化学,2021,41(12): 2733-2737
- [7] Wu Y, Li BZ, Zhao M, et al. Bug mapping and fitness testing of chemically synthesized chromosome X. *Science*, 2017, 355(6329): eaaf4706
- [8] Zhang W, Zhao G, Luo Z, et al. Engineering the ribosomal DNA in a megabase synthetic chromosome. *Science*, 2017, 355(6329): eaaf3981
- [9] 高芙蓉,史秀娟,姜文霞,等.基于云班课的研究生医学分子生物学文献阅读与讨论教学模式的整合与评价.中国生物化学与分子生物学报,2022,38(2): 204-210