

• 高校生物学教学 •

# 以“学”为中心的基因工程实验混合式教学设计与实施

娄慧玲<sup>1,2</sup>, 杨熙<sup>2</sup>, 尚凌月<sup>2</sup>, 周逸人<sup>2</sup>, 吴燕华<sup>1,2</sup>

1 复旦大学 生物科学国家级实验教学示范中心, 上海 200433

2 复旦大学 生命科学学院, 上海 200433

娄慧玲, 杨熙, 尚凌月, 等. 以“学”为中心的基因工程实验混合式教学设计与实施. 生物工程学报, 2021, 37(8): 2956-2966.

Lou HL, Yang X, Shang LY, et al. Curriculum design and implementation of teaching in experimental genetic engineering blended course under the principle of learning-centered teaching. Chin J Biotech, 2021, 37(8): 2956-2966.

**摘要:** 生物学实验教学是生命科学类人才培养的重要环节。面向生物学学科的快速发展和研究型人才培养需求的增加, 生物学实验教学应设立更加多元化的学习目标, 即在实验技能训练的基础上, 努力培养学生的实验设计与操作能力, 提升学生的科学思维和创新意识。文中结合基因工程实验课程的混合式教学改革的过程, 介绍基因工程实验在线资源建设方法、混合式教学理念设计和课堂实施细节, 并对教学效果进行了初步分析。实践证明, 基因工程实验的混合式教学模式能够有效促进学生的主动学习, 形成以“学”为中心的教学模式, 帮助学生提高实验技术的学习效果, 并在此基础上培养严谨的科学态度、专业的研究素质及创新的学术能力。

**关键词:** 基因工程实验, 混合式教学改革, 实验教学, 创新能力

## Curriculum design and implementation of teaching in experimental genetic engineering blended course under the principle of learning-centered teaching

Huiling Lou<sup>1,2</sup>, Xi Yang<sup>2</sup>, Lingyue Shang<sup>2</sup>, Yiren Zhou<sup>2</sup>, and Yanhua Wu<sup>1,2</sup>

1 National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Fudan University, Shanghai 200433, China

2 School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China

**Abstract:** Teaching in experiments of biology is important for the cultivation of life science talents. In view of the rapid development of life science and the increasing demand for research-oriented talent training, teaching in experiments of biology should set up a variety of learning outcomes: to train experimental skill, to cultivate students' experimental design and operation abilities, and to improve students' scientific thinking and innovative consciousness. We have carried out an educational reform on experimental genetic engineering blended course. In this paper, we introduced our methods of organizing online materials, the curriculum design of the blended course, the implementation details, and a preliminary

**Received:** September 22, 2020; **Accepted:** November 19, 2020

**Supported by:** Key Research Base for Textbook Development of Fudan University, Undergraduate Training Project of National Science Foundation of China (No. J1210012), Fudan Good Practice Program of Teaching and Learning.

**Corresponding author:** Yanhua Wu. Tel/Fax: +86-21-65643228; E-mail: yanhuawu@fudan.edu.cn

复旦大学教材建设重点研究基地, 国家基础学科人才培养 (No. J1210012), 复旦大学本科教学研究与改革实践项目资助。

网络出版时间: 2021-01-06

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20210106.1053.001.html>

analysis of teaching effects. We found that experimental genetic engineering blended course could support students' active learning and a learning-centered teaching model. Moreover, it could facilitate students' achievement of improving experimental skills, cultivating a rigorous scientific attitude, professional research quality and academic innovation ability.

**Keywords:** experimental genetic engineering, blended teaching reform, teaching in experiments, academic innovation ability

基因工程 (Genetic engineering) 又称基因拼接技术或者 DNA 重组技术, 是将外源基因和载体在体外重组之后导入受体细胞, 使之在受体细胞内进行复制、转录、翻译、表达的技术, 是生物工程的一个重要分支和组成部分<sup>[1-2]</sup>, 也是一门发展迅速、技术和知识更新快、系统性强的前沿学科。绝大多数高校的生物学、生物技术、生物工程等专业培养计划中都包含基因工程实验<sup>[3-4]</sup>, 教学目标包括理解基因工程相关理论知识并掌握相关技术操作, 教学内容也围绕基因克隆、基因表达和/或基因功能等方面进行实践操作训练与研究能力的培养。

以“学”为中心的教学理念最早出现在美国心理学家卡尔·罗杰斯的专著《学习的自由》(1969年)中<sup>[5]</sup>, 他指出教育的目标应该是使学生知道应该如何学习, 教师应为学生创造良好的学习氛围, 鼓励学生在学习中表达自己的看法和观点, 培养学生对学业进展进行自我评估的能力。1995年, 美国教育研究者巴尔和塔格在《从教到学的转变——本科教育的新范式》一文中明确指出了以学为中心的教学改革是大学本科教育的重要变革<sup>[6]</sup>。传统的以“教”为核心的教育理念注重大学课程该教什么, 该怎么教。但教师在实践中往往会遇到相似的困境: 无论教师教得如何仔细, 有时仍会有一部分学生的学习收获非常有限。这是因为, 教师在教学活动中没有关注学生如何学, 学得怎么样, 但毋庸置疑的是, 成功的教育取决于学的效果。

面向国家对生物学研究型人才培养的需求变化, 我们希望通过改造基因工程实验的教学理念和方法, 探索一条以“学”为中心的实验课程的教

学改革途径, 真正帮助学生达成知识、能力、素质三方面的学习目标。

## 1 基因工程实验教学面临的问题

我校从 20 世纪 80 年代开始开设的基因工程实验课程, 为生物科学和生物技术专业大四年级本科生的必修课程, 教学内容主要围绕基因的克隆、重组质粒的构建和验证展开<sup>[7-8]</sup>。2012年, 基因工程教学团队在保留原有的验证和构建重组 DNA 分子等经典实验的基础上, 新增了获取功能基因和基因表达模块<sup>[9]</sup>, 教授的实验技术包括: 基因扩增技术、重组 DNA 构建技术、原核基因表达技术、重组蛋白亲和纯化技术、定量 PCR 技术、聚丙烯酰胺凝胶电泳技术、蛋白质印迹技术等。在多年的教学实践中, 我们发现学生建立了更为系统的基因工程实验知识体系, 但也出现了一些新的问题: 实验技术增加导致教师在课程上花费了更多的实验演示的时间, 学生动手时间变短, 各个技术的训练不足, 更没有充足时间参与数据分析和问题讨论, 因此学习效果并不特别理想。

2017年因专业培养计划调整, 基因工程实验由专业必修课转变为专业选修课, 授课对象发生了明显变化: 多数学生为高年级本科生, 来自生物科学与生物技术专业, 且在前序实验课程(如细胞生物学实验、生物化学实验等)中较好地掌握了分子生物学和细胞生物学操作技能, 选课初衷是想进一步提升自己的科学研究水平。考虑到选课群体发生变化, 我们将原来的 50-55 人的大班授课改为 12-24 人的小班授课(增加平行班), 并进一步思考针对这个新的学生群体, 应该如何改进课程, 以适应学生发展的需要。

## 2 基因工程实验混合式教学模式的设计与实施

### 2.1 基因工程实验混合式教学模式的构建

混合式教学模式是线上和线下教学的一种整合,即将学习资源上传于特定网络平台,方便学生在合适的时间进行学习,结合传统的线下课堂讲授与指导,让学习者获得适当的能力,从而取得最优学习效果的一种教学模式<sup>[10]</sup>。从2000年至今,混合式教学概念经历了技术应用手段、技术整合阶段和“互联网+”三个阶段<sup>[11]</sup>。在网络信息技术发展迅速、电子产品日益普及的今天,借助网络技术平台进行混合式教学成为高校教学改革和创新的潮流之一<sup>[12-14]</sup>。混合式教学模式可以让学生充分利用碎片化的时间,由学习的被动接收者转变为学习的主导者,而教师则从教学主体变为教学引导者和组织者,最大限度地发挥学生学习的积极性与主动性<sup>[15-16]</sup>。在混合式教学模式中,教师还可以结合多种教学手段例如案例法、讨论法、翻转课堂等,是传统教学手段的一种补充和

加强<sup>[17-18]</sup>。这些混合式教学的优势能否帮助我们解决基因工程实验课程中遇到的问题?是否有助于我们构建以“学”为中心的教学设计?带着这样的疑问,2018年,我们在基因工程实验中开展了混合式教学的试点改革实践。

课程仍以基因的获取、编辑、传递和表达为核心,围绕系统的基因工程理论体系进行了线上线下混合式教学的设计与实践(图1)。课程共计包含54个学时的教学内容,分11周完成,每周5学时左右。简要的学习流程为:学生首先完成线上实验安全的学习及考试,合格后方能进入实验学习阶段,包括基础实验和综合实验两个部分。课程第1-7周为基础实验阶段,学生根据基因工程的技术流程依次完成各模块的实验原理、操作演示、大型仪器工作原理和操作方法等线上资源的学习及测试,然后在线下进行操作训练。第8-10周是综合实验阶段,本阶段是对基础实验中所学内容的综合运用以及评价检验,以小组为单位进行项目设计和实验操作,并在第11周以项目汇报和问答的形式进行成果展示。

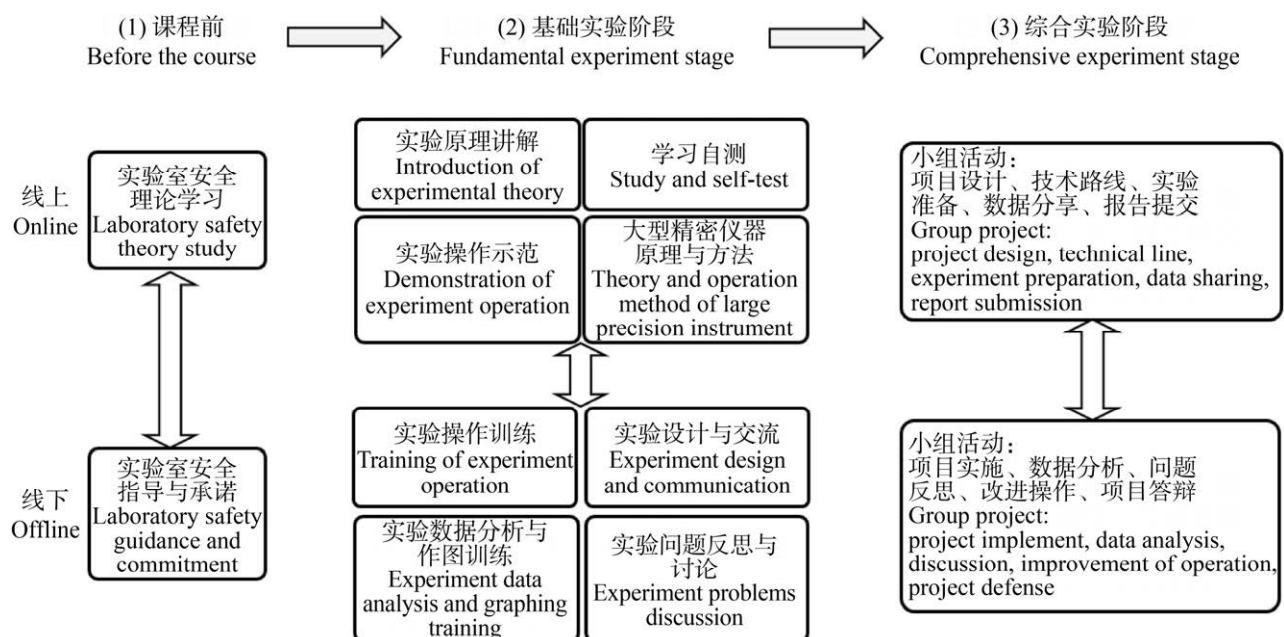


图1 基因工程实验混合式教学流程图

Fig. 1 Flow chart of experimental genetic engineering blended course.

依据自愿原则分组，2 人一组。小组内部共享实验设备、试剂和耗材，并在实验过程中互帮互助、交流讨论。基础实验的实验材料为每人一份，独立完成。综合实验的实验材料为每组一份，协作完成。

课程的基本设计理念是：利用线上课堂提供丰富的实验理论和详细的操作视频，通过在线自测提供快速的学习反馈，利用线下课堂上增加实验设计环节、实验操作与指导、数据处理与分析、问题反思与讨论等环节，有针对性地提高实验能力和培养创新意识。

### 2.1.1 线上资源与线下课程相辅相成，打造有利于主动学习的在线平台

我们首先充分利用在线课程的网络空间，完善实验课程的学习资源，设立了 5 个核心知识模块和 1 个精密仪器模块共计 25 个实验知识点，每个知识点内建设丰富的学习资料，包括电子教案、操作手册、原理视频、操作视频、自测题和习题作业等内容 (图 2)。

实验原理和操作示范是在线资源建设的第

一个重点。例如 RNA 抽提、定量 PCR 原理和操作方法、聚丙烯凝胶电泳、亲和纯化、Western blotting、流式细胞分析等都是原理复杂度高、操作难度大的实验，我们将理论录屏和操作实拍相结合，学生可不受学习场所、环境及时间的限制，根据自己的学习基础进行定制化、主动式的在线学习。在后续的线下课程中，我们进一步利用面对面的授课时间关注学生实验规范和操作方法，帮助学生完善自己的实验方案，并指导学生的实验数据分析。

线上建设的第二个重点是实验安全教育和大型精密仪器的操作。实践发现传统的实验安全课堂讲解的警示作用并不明显，改革后将此部分内容和测试题置于线上，由学生线上学习并完成测试，测试合格后，方可进入实验室进行学习。在线下实验过程中教师对其学习效果进行再评估。大型精密仪器 (例如凝胶成像系统、酶标仪、荧光定量 PCR 仪、流式细胞仪等) 的操作学习也面临类似困难，由于仪器数量及场地的限制，线下课堂的讲解效果欠佳，改革后将这部分内容以录像和录屏的

基因工程实验单元 Experimental genetic engineering units	实验视频 Experimental video	实验讲义 Experimental lecture	操作手册 Operation manual	自测题 Self-examination	作业练习 Assignment
基因信息检索与序列获取 Searching for gene information and sequence	8	4	4	40	9
构建重组DNA Construct recombinant DNA	3	3	6	30	12
DNA导入受体细胞 Introduce DNA into cell	6	3	3	30	8
目的基因表达测试 Test for expression of target gene	12	6	6	105	19
受体细胞性质分析 Analysis of cell activity	6	3	3	45	5
大型精密仪器的原理和操作方法 Theory and operation method of large precision equipment	10	5	5	50	15

图 2 基因工程实验线上资源

Fig. 2 Online materials of experimental genetic engineering.

方式制作成视频资料归入线上课程,方便学生线上反复观看操作方法,在线下相关实验过程中实体操作演练,教师给予针对性的指导,使学生熟练掌握各大型精密仪器的操作。

### 2.1.2 扩展教学内容,设计综合实验训练项目

现代基因工程实验越来越多地涉及生物信息学方面的内容,目的基因的获取也是基因工程的首要任务。在过去的课程中,由于实验周期的限制,教师提前完成基因选取和扩增引物的设计,学生直接从湿实验开始课程学习。在改革后,我们充分利用网络信息技术,在线建设了文献检索、基因信息检索、DNA 序列获取以及引物设计等基因工程上游的生物信息学基本技术和内容,同时设计从低阶到高阶的不同测评帮助学生及教师了解这些内容的学习效果。

综合实验训练项目是改革中扩展的另一部分实验内容。如前所述,基因工程实验在 2017 年转为专业选修课程,选课学生学习动机强,基础好,并希望能从课程学习中收获全面系统的基因工程实验知识和技能。考虑到在线资源的建设有效节约了线下课程的课时,我们在课程后半阶段安排了 15 学时的综合项目——哺乳动物细胞中外源目的基因表达分析。在这一综合实验项目中,我们要求学生自主选择一个教师提供的目的基因,在教师提供的 3 株不同细胞中进行该目的基因的表达分析 (mRNA 水平)。为完成这一综合项目,学生首先在线上独立完成目的基因的获取,查询文献进行实验方案的设计,上传基因组序列、转录本序列、蛋白质序列、基因表达谱等数据和自行设计的引物,经教师检查和师生讨论后,再开始相应的湿实验工作,包括 RNA 提取、反转录 PCR、引物验证、定量 PCR 等,最终完成实验数据分析,判断教师发放的细胞样品中目的基因的相对表达丰度,得到实验结论。学期最后 3 学时我们组织学生实验结果进行分析,线上组成小组互评,线下对综合实验项目以汇报和问答的形式进行交

流。实践发现,这项综合实验项目不仅能够有效检验学生基因工程中常见问题的实验设计、技术操作和数据分析的能力,而且能够借助科研项目制的训练方式帮助学生养成良好的科学态度及科研习惯,大力推进个性化教学。

### 2.1.3 糅合多种教学方法,优化教学效果

改革后,课程的知识和技术体量都大幅增加,给教学实施也带来了挑战。我们在混合式教学模式实施过程中,充分运用“讨论法”、“案例法”、“翻转课堂”等教学方法的相互补充。例如,将往年学生实验中出现的问题以测试题和讨论题的形式置于线上,组织学生对案例进行分析,线下课堂针对案例进行讨论,教师对讨论中出现的问题作针对性地讲解,并帮助学生在课堂实验中规避相同错误。再如,线上资源的建设帮助教师节省了大量的课堂教授时间,教师更注重与每个学生的个体交流,在此过程中教会学生发现问题、分析问题和解决问题的科学思维方法,培养其更高层次的科研素质,为以后进入实验室进行科学研究打下坚实的基础。

## 2.2 混合式教学模式下评价形式的细化及多样化

为进一步促进本课程多元化教学目标的实现,课程改变了传统的较为单一的成绩评定方式,采用分阶段、多样化,并能及时反馈学生的新的测评方法。改革后的学生测评分为在线课程成绩,线下实验课程成绩和独立实验成绩三大类 6 个部分,各部分的权重及评阅人、评价标准详见表 1。

为有效督促学生利用在线资源进行主动学习,我们对在线学习的 3 个主要方面进行评价,即视频学习、自测和实验结果分析作业。课程进一步对在线学习的评价进行规则的详细说明,例如必须在实验课程之前完成相应实验内容的视频学习,否则将酌情扣分。以文献检索章节在线学习情况为例(表 2):全部学生在课前 2-3 d 已完成在线视频的学习以及自测题检测,超过半数的

表 1 基因工程实验混合式课程测评标准

Table1 Assessment of experimental genetic engineering blended course

成绩评定 Assessment	测评内容 Elements	权重 Weight (%)	测评人 Evaluator	评价标准 Evaluation criterion
在线课程成 绩评定 Online course assessment	视频学习 Video learning	5 5	超星平台 Chaoxing platform	1. 按时完成视频全长的 95% 以上的内容, 每个视频学习得满分。 Students will get full score by watching over 95% of the video on time. 2. 根据全部视频学习的平均分数计算最终成绩。 Final grade will be calculated by average scores of each video. 3. 必须在实验课程之前完成相应实验内容的视频学习; 逾期完成或未完成的各个视频单元的学习成绩按正常得分的 50% 和 0% 的成绩。 Videos about experimental study must be finished before experimental course; delay or unfinished of each video unit will be calculated by 50% or 0% either. 4. 找他人替代线上学习, 或者替代他人线上学习, 一经发现, 本课程考核最终成绩为 F。 Replacing others or helping replace for online study, once exposed, will lead to F in this course.
	自测题 Self-evaluation questions	5 5	超星平台 Chaoxing platform	1. 根据全部自测题的平均分数计算最终成绩。 Final grade will be the average of all the self-evaluation questions. 2. 必须在实验课程之前完成相应实验内容的视频学习; 逾期完成或未完成的各个视频单元的学习成绩按正常得分的 50% 和 0% 的成绩。 Videos about experimental study must be finished before experimental courses. Delay or unfinished of each video unit will be calculated by 50% or 0% either. 3. 找他人替代线上学习, 或者替代他人线上学习, 一经发现, 本课程考核最终成绩为 F。 Behaviors such as replacing others or helping replace for online study, once exposed, will lead to F in this course.
	实验结果分析 (作业) Analysis of experimental result (assignments)	20 20	助教 Teaching assistants	1. 根据全部实验结果分析作业的平均分数计算最终成绩。 Final grade will be the average of all the experimental results. 2. 习题成绩的评定以是否写出各项得分点进行评价。 Grade of exercises is evaluated by number of critical points mentioned. 3. 学习任务的评价标准一般包括材料内容、撰写规范、独立思想等方面, 具体标准以实际发放信息为准。 The evaluation criterion of assignments includes material, writing standard, independent thoughts, etc. specific criterion will be announced.
线下实验课 程成绩评定 Offline experimental courses grading	课程出勤 Attendance	10 10	助教 Teaching assistants	1. 全部课程按时出席, 未迟到早退者, 遵守课堂纪律, 100 分。 Students who attend on time and obey discipline will get 100 score. 2. 缺席一次扣除 20 分, 迟到或早退 5 min 以上一次扣除 5 分。 Absence will deduct 20 score once while late attendance or early leave more than 5 mins will deduct 5 score once. 3. 课堂上不遵守课堂纪律, 从事与学习活动无关的行为, 一次扣 10 分。 Violation of discipline or taking actions unrelated to study in the class will deduct 10 score once.
	实验操作与 态度 Experimental operation and attitude	20 20	助教 Teaching assistants	1. 按全部课堂表现的平均分数计算最终成绩。 Final grade will be the average of all the performance score. 2. 每次实验认真对待、规范操作、记录详实、数据符合预期者得满分; 否则, 酌情扣分。

(待续)

(续表 1)

成绩评定 Assessment	测评内容 Elements	权重 Weight (%)	测评人 Evaluator	评价标准 Evaluation criterion
综合实验成绩评定 General experimental evaluation	实验课题设计、实验过程与结果、项目展示 experimental project design, process, result and presentation	40 40	教师 Teacher	<p>Students treating experiments seriously with standard operation, detailed record and expected data will get full score. Otherwise, scores will be deducted after consideration.</p> <p>3. 不遵守实验室安全规范, 违规操作者得 0 分。</p> <p>Students showing no respect on experimental safety regulations and operating illegally will not get points.</p> <p>1. 综合实验的评分依据包括实验记录、实验结果和项目汇报 3 个部分, 取平均分计算最终成绩。</p> <p>Evaluation of comprehensive experiments depends on records, results and presentation. Final grade will be the average of these three parts.</p> <p>2. 实验记录应详细、清楚、客观地记录随堂记录实验内容、实验材料、实验过程、初步实验结果。达到要求得满分; 否则, 酌情扣分。</p> <p>Experimental records should contain specific, clear and objective records of experimental details, materials, process and initial results. Otherwise, scores will be deducted after consideration.</p> <p>3. 实验结果与预期相符, 且数据可信度高, 得满分; 否则, 酌情扣分。</p> <p>Credible experimental results consistent with expectance will get full score. Otherwise, scores will be deducted after consideration.</p>

表 2 线上学习情况的分析统计 (以 2020 年秋季学生在文献检索章节中的学习为例)

Table 2 Analysis of online learning situation (take the study of document retrieval by students from 2020 fall semester as an example)

内容 Contents	任务点 Mission	在线资源 Online resource	学生完成情况 Students' level of completion
视频学习 Video learning	文献检索原理 Video about principle of document retrieval	视频时长: 7.3 min Length of video: 7.3 min	<p>1. 班级完成率 (规定时间内): 100%</p> <p>Class completion rate (within required time): 100%</p> <p>2. 反刍率&gt;100%的学生比例: 67%</p> <p>Students revised more than 100% of material: 67%</p> <p>3. 平均反刍率: 120.57%±57.18%</p> <p>Average percentage of material revised: 120.57%±57.18%</p> <p>4. 完成时间: 课前 2-7 d</p> <p>Finishing time: 2-7 days before class</p>
	文献检索操作 Video about operation of document retrieval	视频时长: 8.5 min Length of video: 8.5 min	<p>1. 班级完成率 (规定时间内): 100%</p> <p>Class completion rate (within required time): 100%</p> <p>2. 反刍率&gt;100%的学生比例: 99%</p> <p>Students revised more than 100% of material: 99%</p> <p>3. 平均反刍率: 154.87%±80.45 %</p> <p>Average percentage of material revised: 154.87%±80.45 %</p> <p>4. 完成时间: 课前 2-7 d</p> <p>Finishing time: 2-7 days before class</p>
自测题 Self-evaluation questions	章节测验 Chapter test	题目数: 5 (总分: 100 分) Number of questions: 5 (Total score: 100 points)	<p>1. 班级完成率 (规定时间内): 100%</p> <p>Class completion rate (within required time): 100%</p> <p>2. 平均得分: 93.33±9.43</p> <p>Average score: 93.33±9.43</p> <p>3. 完成时间: 课前 2-7 d</p> <p>Finishing time: 2-7 days before class</p>

学生认真观看了完整原理视频，完整操作视频的平均反刍率则达到 154.87%；有 67.7% 的学生章节测验成绩为 100 分。这些统计数据可以从在线课程平台直接获取，便于教师随时跟踪学生的学习进展，并掌握他们的初步学习效果。

线下成绩评定包括出勤、操作和结果等多个方面。基础实验阶段重点考察各个学生的出勤、操作与态度，综合实验阶段重点考察小组成员在实验设计、实验记录、数据分析及项目汇报中的表现，评分更具针对性、科学性，更能体现各成员的个体化差异。

为了更好地指导并考核学生在独立撰写研究报告方面的知识和能力，我们在综合实验的实验论文摘要撰写<sup>[19-20]</sup>和图表绘制评分过程中引入评价量规 (Rubrics) 的方法。通过细化论文摘要撰写和图表绘制的各个评分项和完成度要求，学生既可以从量规本身了解学习目标，也可以根据教师反馈的成绩对照量规寻找差异，进一步调整并提高。以 PCR 产物凝胶电泳结果作图为例，在引入评价量规之前，在实验报告中很多学生会出现

不对图片进行编辑裁剪、图注信息不全 (例如各个泳道具体信息, Marker 分子量)、格式不正确等问题，在学习了图标绘制的各评分项和完成度要求后，学生作图能够做到标题表意清晰，图注格式标准，图片裁剪合适，图上信息标注完整。在对毕业论文审阅过程中，团队也发现，经过制表制图训练的学生其图表制作水平要远优于没有经过此项训练的学生。这种表格化的细化的评分策略，既能更加科学地评估学生整个课程的学习状况，又能督促和引导学生有针对性、高效地进行主动学习。

### 3 基因工程实验混合式教学效果

#### 3.1 基因工程实验混合式教学问卷调查

学生是混合式教学的主要体验者，学生的满意度直接反映了混合式教学的效果，我们从线上部分、实验课程部分和课程整体三部分出发设计了调查问卷，评估学生对混合式教学模式的满意度，调查结果如图 3 所示。从调查结果整体来看，绝大部分学生对基因工程实验混合式教学的资源

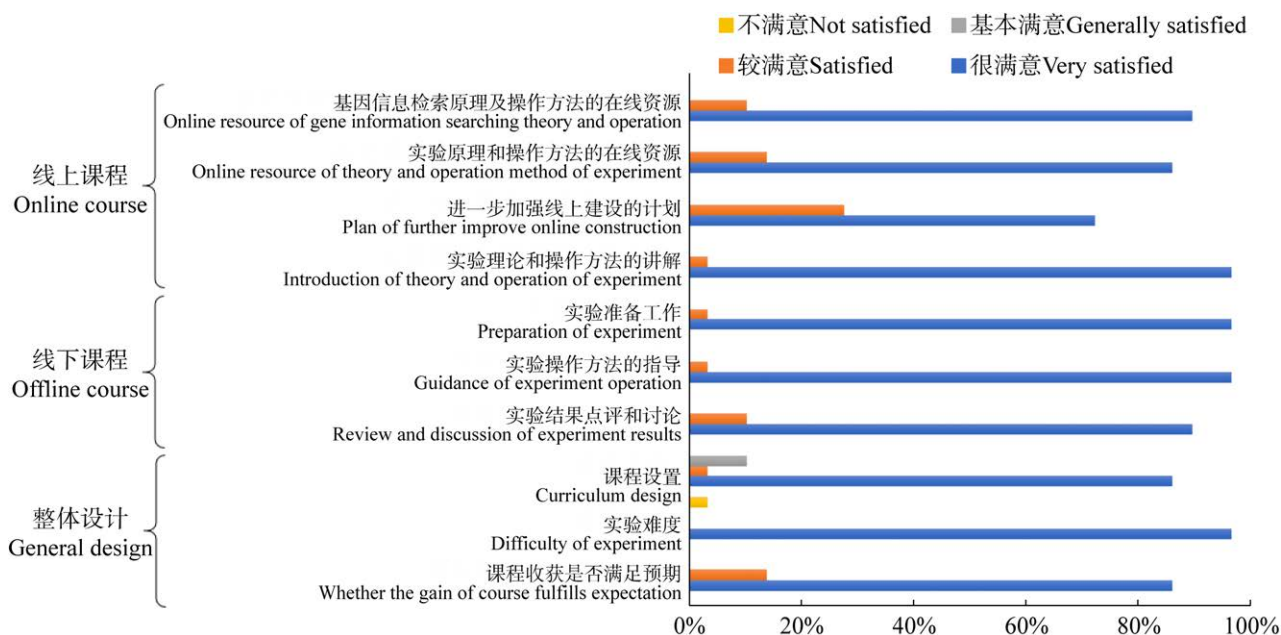


图 3 基因工程实验混合式教学模式学生满意度调查结果

Fig. 3 Satisfaction survey of experimental genetic engineering blended course.



建设、课程设计、师生互动、疑难解答、交流展示都给出了较高的评价。

在线上课程中, 80%以上的学生认为本课程利用录屏资料介绍多个生物学数据库和软件的特点及使用方法很好, 且非常赞同利用录屏和录像资料介绍实验原理并进行操作演示的方式, 他们表示很欢迎在线学习与课堂学习相结合的混合式教学方法。针对课程后续发展, 70%以上的学生觉得线上学习对学习效果的提高有很大帮助, 目前的资源质量较高, 建议继续增加更多的资源。仍有 27.6%的学生认为对学习效果的提高有一定帮助, 但目前的资源仍存在问题, 需要进一步改进, 比如增加字幕和实验操作文档, 进一步提高在线资料的可读性。

在线下课程部分, 绝大部分学生对于任课教师课前的实验理论讲解和操作演示以及实验准备工作(例如实验耗材和试剂的分发等)表示满意, 并且认为实验操作环节, 教师和助教的指导充分而全面, 受益匪浅。实验操作之后, 教师花费较多时间对实验结果进行全班讨论和讲解, 近90%的学生觉得这一环节对于实验学习很重要, 应该保持并加强, 10.3%的学生则认为这一环节有一定作用, 但应节省课时, 无需加强。

我们还对课程整体的难度和设置进行了调查。对于本课程实验难度, 90%以上学生认为基因工程实验设计中基础实验和综合实验两部分难度都适当; 多数学生认为课程整体超出预期, 收获颇丰; 六大版块的内容设计充实, 学习负担适当。有趣的是, 另有 10.3%的学生学有余力, 建议增加更多的学习内容, 可见混合式教学对提高学生的学习效率很有帮助。学生们还在调研中提出了许多建设性的意见, 例如: 希望综合实验项目中增加蛋白表达相关内容, 多给学生一些自主设计空间; 适当改善部分线上视频质量, 部分视频可以 PPT 方式呈现; 适当缩短线下实验理论讲

解时间, 增加实验数据分析环节的比重等。

### 3.2 基因工程实验混合式教学的教师反思

基因工程实验混合式教学模式实施两年来, 从教师的使用和观察角度, 我们发现: 在教学过程中借助网络教学平台提供的学习数据(比如登录次数、在线时长、任务点完成情况等)以及在线资源, 可以协助教师督促和帮助学生养成良好的课前预习的习惯; 在线提交实验结果与分析报告, 有助于培养学生查阅文献、辩证分析的能力; 在线发起的小组讨论, 互评实验结果等活动, 有助于培养学生团队协作, 沟通交流的能力; 线下小班化实验教学模式, 有助于教师帮助学生养成良好的实验习惯及科学素养; 线下实验课程针对实验结果与数据进行班级讨论与总结有助于培养学生归纳总结、撰写论文的能力, 同时锻炼其汇报表达的能力。我们认为, 与传统的单纯的课堂实验教学相比, 基因工程实验的混合式教学模式相比“填鸭式”、“灌输式”的传统教学模式, 能够更好地培养学生多层次的学习目标, 获得科学研究的素养和能力。

## 4 结语与展望

基因工程实验混合式教学模式改革将网络信息化教学平台与传统的实验课堂授课相结合, 充分发挥了学生的主导作用与教师的学习引导作用。我们在教学实践中观察到师生教学过程中互动的加强、学生个体学习与小组互评方式的结合、过程性评价(线上学习数据与平时成绩)与终结性评价(论文)的结合。教学效果初步显示学生在学习课程内容的同时, 提升了高阶学习能力和综合能力。我们将进一步以基因工程实验课程为案例, 探索和推广实验课程的混合式教学改革方法, 加强教师对混合式教学理论的学习和实践的深入, 提升教学组织与引导能力, 搭建更适应当代生物学人才培养需求的实验教学模式。

## REFERENCES

- [1] 张英, 林大专, 李莉, 等. 基因工程实验技术教学改革与实践. 黑龙江畜牧兽医, 2016(1): 227-229.  
Zhang Y, Lin DZ, Li L, et al. Teaching reform and practice of genetic engineering experimental technology. Heilongjiang Anim Sci Vet Med, 2016(1): 227-229 (in Chinese).
- [2] 曹锦艳, 李莉, 任林柱, 等. 基因工程实验创新性教学实践与探索. 科技创新导报, 2011(19): 186.  
Cao JY, Li L, Ren LZ, et al. Innovative teaching practice and exploration of genetic engineering experiment. Sci Technol Innovation Herald, 2011(19): 186 (in Chinese).
- [3] 朱常香, 王芳, 李滨, 等. 一体化生物技术专业实验课程体系的构建与实践. 实验室科学, 2016, 19(3): 76-78.  
Zhu CX, Wang F, Li B, et al. Construction and practice of the incorporate biotechnology specialty experimental course system. Lab Sci, 2016, 19(3): 76-78 (in Chinese).
- [4] 赵燕, 黄丽华, 张学文, 等. 借助科研平台开展基因工程实验课教学改革探索与实践. 现代农业科技, 2017, 24: 276-278.  
Zhao Y, Huang LH, Zhang XW, et al. Exploration and practice of genetic engineering experiment teaching reform with help of scientific research platform. Mod Agric Sci Technol, 2017, 24: 276-278 (in Chinese).
- [5] Rogers CR. Freedom to learn, Merrill Pub Co. 1969.
- [6] Barr RB, Tagg J. From teaching to learning: a new paradigm for undergraduate education. Change, 1995, 27(6):12-25.
- [7] 彭秀玲, 袁汉英. 基因工程实验技术. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1998.  
Peng XL, Yuan HY. Experimental Technique of Genetic Engineering. Changsha: Hunan Science & Technology Press, 1998 (in Chinese).
- [8] 盛小禹. 基因工程实验技术教程. 上海: 复旦大学出版社, 1999.  
Sheng XY. Course of Genetic Engineering Experimental Technology. Shanghai: Fudan University Press, 1999 (in Chinese).
- [9] 吴燕华, 郭滨, 姜慧玲, 等. 从基因克隆到表达分析——改革基因工程实验课程的实践与体会. 遗传, 2012, 34(2): 248-252.  
Wu YH, Guo B, Lou HL, et al. From gene cloning to expressional analysis——practice and experience from educational reform of experimental gene engineering. Hereditas (Beijing), 2012, 34(2): 248-252 (in Chinese).
- [10] 李逢庆. 混合式教学的理论基础与教学设计. 现代教育技术, 2016, 26(9): 18-24.  
Li FQ. The theoretical basis and instructional design of blending teaching. Mod Educ Technol, 2016, 26(9): 18-24 (in Chinese).
- [11] 冯晓英, 王瑞雪, 吴怡君. 国内外混合式教学研究现状述评——基于混合式教学的分析框架. 远程教育杂志, 2018, (3): 13-24.  
Feng XY, Wang RX, Wu YJ. A review of the research status of blended teaching at home and abroad——based on the analytical framework of blended teaching. J Distance Educ, 2018, (3): 13-24 (in Chinese).
- [12] 高地. MOOC 热的冷思考——国际上对 MOOCs 课程教学六大问题的审思. 远程教育杂志, 2014, 221: 39-47.  
Gao D. A coolheaded response hot MOOCs: reflections on six problems of MOOCs. J Distance Educ, 2014, 221: 39-47 (in Chinese).
- [13] 康叶钦. 在线教育的“后 MOOC 时代”——SPOC 解析. 清华大学教育研究, 2014, 35(1): 85-93.  
Kang YQ. An analysis on SPOC: post-MOOC era of online education. Educ Tsinghua Univ, 2014, 35(1): 85-93 (in Chinese).
- [14] 尹苗, 李逢庆. 《细胞生物学》课程混合式教学的设计与实践. 中国细胞生物学学报, 2018, 40(2): 260-268.  
Yin M, Li FQ. The design and practice of blended teaching in the course of Cell Biology. Chin J Cell Biol, 2018, 40(2): 260-268 (in Chinese).
- [15] 周开权. 基于“教是为了不教”教育思想的五年制高职混合教学模式实践研究. 轻工科技, 2018, 34(11): 184-185.  
Zhou KQ. A Practical research on the blended teaching mode of five-year higher vocational education based on “teaching is not for teaching”. Light Ind Sci Technol, 2018, 34(11): 184-185 (in Chinese).

- Chinese).
- [16] 刘娟娟, 刘文辉, 荆雪宁, 等. 病学生物与免疫学混合式教学的实践. 中国中医药现代远程教育, 2019, 17(16): 156-158.
- Liu JJ, Liu WH, Jing XN, et al. The practice of blended teaching model in the teaching of Pathogen Biology and Immunology. Chin Med Mod Distance Educ, 2019, 17(16): 156-158 (in Chinese).
- [17] 马汉达, 张建明. 高校混合式实验教学的应用研究. 实验技术与管理, 2015, 32(9): 170-172, 175.
- Ma HD, Zhang JM. Research on application of blended experimental teaching in colleges and universities. Exp Technol Manage, 2015, 32(9): 170-172, 175 (in Chinese).
- [18] 张霞, 张雁, 陈峰, 等. “微生物学实验”混合式教学实践与评价. 微生物学通报, 2020, 47(5): 1615-1620.
- Zhang X, Zhang Y, Chen F, et al. Practice and evaluation of blended teaching in Microbiology Experiments. Microbiol China, 2020, 47(5): 1615-1620 (in Chinese).
- [19] 杨鲜梅, 陆红, 何正平, 等. 基于评价量规的实验报告新评估模式. 高校生物学研究 (电子版), 2019, 9(3): 31-42.
- Yang XM, Lu H, He ZP, et al. Application of rubric in lab report evaluation. Biol Teach Univ (Electron Ed), 2019, 9(3): 31-42 (in Chinese).
- [20] Dawson P. Assessment rubrics: towards clearer and more replicable design, research and practice. Assess & Eval Higher Educ, 2015, 42(3): 347-360.

(本文责编 陈宏宇)