



细胞遗传学探究性实验的研究与实践

王晓雯, 张建奎, 桑贤春*

(西南大学农学基础实验教学中心, 重庆 400715)

摘要: 细胞遗传学实验是植物生产类专业必修内容, 传统的教学方式以验证为主, 很难激发学生实践能动性和对专业的认可度。针对验证性实验的局限性, 将验证性实验设计为探索性实验, 课堂内外与网络教学相结合, 让学生当“科学家”, 全程参与实验过程。重视学生个性发展和体验感, 切实让学生成为实验的主导者, 激发了学生的学习动力和专业兴趣, 明显提升了学生的创新能力, 取得了良好的教学效果。

关键词: 混合式教学; 细胞遗传学; 探究性实验; 教学效果; 创新能力

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230204

Research and Practice of the Exploratory Experiment in Cytogenetics

WANG Xiaowen, ZHANG Jiankui, SANG Xianchun*

(Agricultural Basic Experimental Teaching Center, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Cytogenetic experiment is a required course for plant production majors. The traditional teaching method of it is generally based on the verification experiment, which is difficult to stimulate students' practical motivation and recognition of the major. Considering the disadvantages of confirmatory experiment, the confirmatory experiments are designed as exploratory experiments, and both in and out of the classroom with online teaching are combined. In this class, students are considered as "scientists", and are encouraged to participate in the whole experimental process. This type of teaching pays attention to students' personality development and experience and feeling, and let students become the leader of the experiment, which stimulate students' learning motivation and professional interest, effectively enhance their innovative ability.

Key words: mixed teaching; cytogenetics; exploratory experiment; teaching efficiency; innovation ability

实践教学旨在培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力, 从而挖掘其创新潜能, 是植物生产类专业人才培养的重要组成部分^[1-2]。遗传学是研究生物遗传变异现象及其规律的科学, 包括普通遗传学、细胞遗传学和分子遗传学, 其中细胞遗传学主要涉及染色体结构、变化及功能等, 以验证性实验为主^[3-4]。验证性实验要求掌握开展遗传学研究所必需的基本技术和方法, 是综合设计性实验的基础和根基。部分高校对验证性实验进行了系列改进, 并取得了一定的成效^[5-6], 但学生的创新能力仍不能满足当代新农科的需求。随着数字化时代的到来, 线上教学渐渐融入实验教学之中^[7-8]。如何将验证性实验与综合性、设计性实验和网络教育相结合, 以满足现代农业

对创新性高素质人才的需求, 是教育工作者面临的一个新课题。

为了提高细胞遗传学实践教学质量, 同时积极响应《重庆市高等教育事业发展“十四五”规划(2021—2025年)》文件要求, 使实验教学与时俱进, 我们对实验教学进行了不断地探索性尝试和改进, 将验证性实验设计为探索性实验, 课堂内外与网络教学相结合, 学生全程参与, 从而有效提高了实践教学效果, 培养了学生的科学素养。

1 探究性实验教学的改革思路

在保证“以人为本”, 推进“四个回归”的前提下, 如何增强学生的“体验感”, 以激发他们的实践热情, 是任课老师面临的新挑战。

收稿日期: 2023-04-17

基金项目: 西南大学教改项目(2022JY094); 国家自然科学基金面上项目(32171964)。

作者简介: 王晓雯, 博士, 高级实验师, 主要从事遗传学实验教学与细胞遗传学研究工作。E-mail: xwwang78@126.com

* 通信作者: 桑贤春, 博士, 教授, 主要从事植物分子遗传育种研究工作。E-mail: sangxianchun@163.com

随着教学信息化“网络教学”的发展,多样化、现代化的教学组织形式为我们的教学提供了参考^[9-11]。

1.1 教学内容的改革

自2018年以来,依托重庆市农学基础实验教学中心、重庆市各类重点实验室和南方山地农业教育部工程技术研究中心等教学科研平台,针对植物生产类专业特点,我们对细胞遗传学实验教学内容进行了重新设计,去掉了陈旧和与其他学科重复的内容,增选了具有相对前沿性且成熟的本学院科研成果,使教学内容更加专业化和系统化。改革前后实验项目对比如表1和表2所示,

使学生在在学习过程中能够融会贯通、举一反三。在对实验内容拓展、精简、更新和总结的基础上,撰写实验教材《遗传学研究方法与技术》^[12],供教育同行、学生等参考和使用。

表1 改革前细胞遗传学实验中的基础实验

序号	基础实验内容	项目类型
①	植物根尖染色体标本片制备和观察	基础性实验
②	细胞减数分裂标本片的制备和观察	基础性实验
③	果蝇唾腺染色体的制片与观察	基础性实验
④	永久片的制作	基础性实验
⑤	植物染色体显带技术	探究性实验
⑥	染色体核型和带型分析	探究性实验
⑦	植物多倍体的鉴定	创新性实验

表2 改革后细胞遗传学实验中的基础实验

序号	基础实验内容	项目类型	备注
①	细胞分裂过程中染色体行为的观察	探究性实验	表1实验①、②、④的重新设计
②	染色体标本的制备流程	探究性实验	表1实验①、②、④的重新设计
③	去壁低渗火焰干燥法制备植物染色体标本片	综合性实验	新增实验
④	果蝇唾腺染色体的制片与观察	基础性实验	原实验
⑤	植物染色体显带技术	探究性实验	原实验
⑥	染色体核型和带型分析	探究性实验	原实验
⑦	染色体结构变异的诱导和观察	创新性实验	新增实验
⑧	染色体数目变异的诱导和观察	创新性实验	新增实验
⑨	染色体原位杂交技术	综合性实验	科研成果转化

1.2 教学方法的改革

为激发学生的学习动力和专业兴趣,遗传学教研组对教学方法进行了改进。让学生当“科学家”,全程参与,教师充分利用学生的课外时间,将线下课堂教学与线上预习辅助相结合,将实验项目由实验室教学延伸至室外,重视学生个性发展和体验感,切实让学生成为实验的主导者,明显提高了他们的创新能动性,取得了良好的教学效果。

2 探究性实验教学的实践

验证性实验以“验证”为主,学生通常只需“照葫芦画瓢”就能完成实验,很难培养创新意识和能力。而探究性实验以“科学探究”为主线,引领学生发现问题、提出问题、寻找解决方案并尝试给出合理的解释^[13-14]。下面以“细胞分裂过程中染色体行为的观察”实验为例,介绍如何将枯燥的验证性实验转化为探究性实验。

2.1 混合式教学方案设计

开课之前,任课教师要充分了解学生前期掌握的相关知识,如高中生物掌握的程度、大学专

业、前期开设课程、实践综合能力及水平等,进而对教学对象做一个合理的评估,尽量做到“知己知彼”才能有针对性地开展实验教学。教学设计分为实验前、实验中和实验后3个阶段,将课堂内外与网络教学相结合,灵活利用学生的课余时间,充分发挥其主动性,开展混合式教学,如图1所示。

2.2 开展全程参与性教学

在以学生为中心的教学理念下,强调学生的个性化发展,即根据学生的综合能力和个人兴趣,以分组和独立相结合的形式开展多元化实验,学生全程参与实验过程,包括实验材料的获取、试剂的配制等。学生结合个人实际情况,自主掌控实验节奏,充分挖掘主观能动性,在教师的引导下自主设计、管理、完成、总结和分析实验,从而实现探究式教学贯穿于整个实验流程。

2.2.1 实验前

解放思想、培养自信。针对综合能力较差,对科研创新认识不足,思想包袱重,觉得自己离科技创新还很遥远,缺乏信心的学生,任课教师

要从思想上让学生明白，本科生虽然做出“高大上”的科研成果概率不高，但只要有创新思维，如改进和创造经典实验的设计、方法等，用心做实验，创新便不再是一种奢望^[15-16]。

首先，教师在授课 QQ 群中发布实验基础知识和相关技能的视频资料、相关文档和教学任务等，在微信上推送“Plant Reports”“iPlants”、“植物科学最前沿”等相关公众号。然后，学生利用课外时间追踪推文，查阅相关文献，自主学习实验背景知识和实验技能。最后，学生根据自我兴趣、自学情况及教师启发式的设疑和提问，独立设计实验方案，包括实验材料和试剂的选择、技术路线的制定与完善等，在此过程中如有必要可与教师探讨实验方案的可行性。

染色体在体细胞和性母细胞中的行为变化主要体现在有丝分裂和减数分裂阶段。在有丝分裂实验前，教师先设计几个问题，如体细胞染色体标本片材料如何准备等，学生线上回答。教师根据回答情况评估学生自学效果和能能力，简单排序后进行分组，原则为综合能力强与弱的学生帮扶分组，进而使小组水平基本保持一致。课前线上抽检，学生课程 QQ 群解答有丝分裂标本片的制作技术，人工诱发多倍体的原理、方法和鉴定技术，染色体结构和数目变异的特征等问题。然后引入探究式问题，如是否想了解多倍体的形成过程，秋水仙素诱发蚕豆胚根和侧根之后，染色体数目和结构会发生怎样的变化等，启发式引导学生进行实验设计，进而激发他们学习的主观能动性。

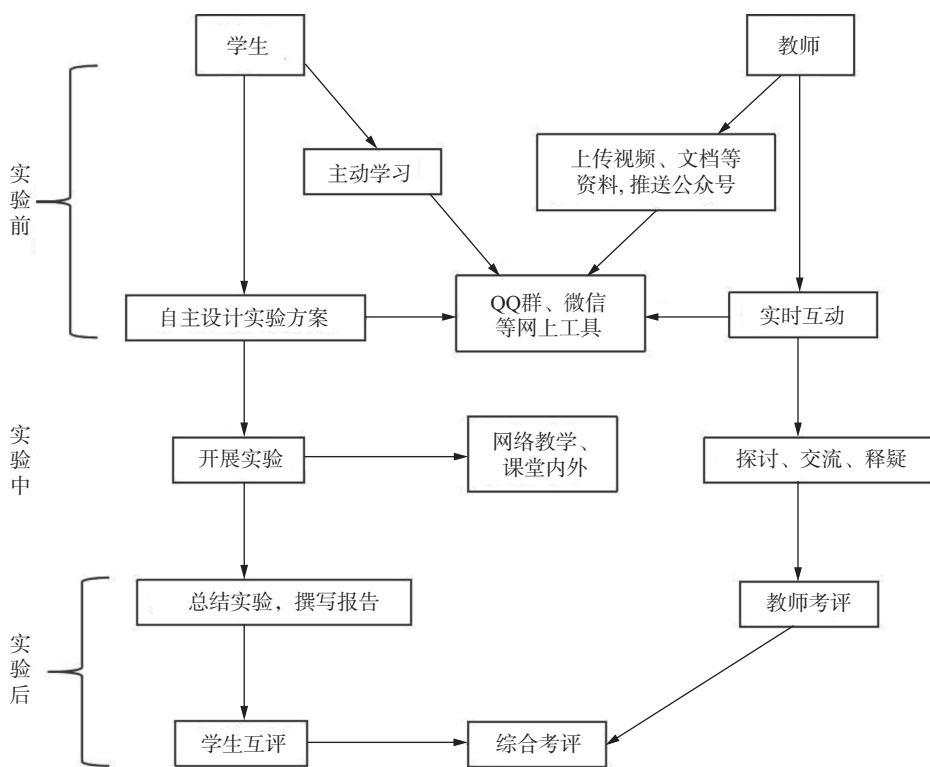


图 1 混合式教学方案设计

同样，在减数分裂实验前，教师在线上按照逻辑关系进行问题式提问，学生通过网络平台与教师随时实时互动，引导学生思考，如为什么教学实验室观察染色体时常选黑麦而不是普通小麦。从遗传角度说明黑麦与小麦的区别，黑麦幼穗的发育特点是什么，黑麦最佳的取材时间和部位等问题。学生的思维紧跟教师节奏，前面的问题学生通过背景知识的学习和文献查阅基本能回答，最后一个问题只有进行实验探索才能找到答

案，从而引导学生自主设计实验，激发其创新潜能。

2.2.2 实验中

每组选出一名综合能力较强的学生设定为“PI”（principle investigator）课题组长，利用比较法对实验前的疑问开展探究性研究。在 PI 的组织下，以协商的方式对实验项目进行模块化处理，并确保每个成员均为模块责任人，负责本模块数据的记录、收集与整理。PI 全面监督实验项目的实施，并在实验结束后做好组内数据的整合与分

析, 制作实验项目 PPT, 自己汇报或委托小组其他成员汇报。实验中, 任课教师整体监管实验的实施, 对学生的疑问及时反馈, 并引导学生“回头看”, 使其对前面的实验设计进行调整和改进。学生经过一次次阶段性训练, 激发了创新意识, 培养了创新思维, 提升了分析问题和解决问题的综合能力。

教师对实验的重点、难点及注意事项等进行梳理和讲解。如减数分裂时期的主要特征、染色体行为的动态变化等, 并用微视频的方式演示有丝分裂和减数分裂标本片的制作过程。学生在教师的引导下积极开展科学探索, 如利用不同浓度

的秋水仙素进行蚕豆离体和活体处理, 选择最佳取材部位^[17], 分析染色体的畸变等。在室外进行现场教学, 鼓励引导学生到田间自取黑麦幼穗, 针对黑麦不同的旗叶距、小穗节位、花药长度、幼穗和花药的颜色等设置实验, 制作标本片, 观察减数分裂染色体的行为变化, 分析确定便于染色体观察时的黑麦形态特征, 如图 2 所示。学生根据个人情况将阶段性实验结果、遇到的问题、实验现象等以图片、表格和文档等形式反馈到线上。教师与学生相互探讨、分析, 纠正实验中出现的问題, 提出建设性改进意见, 做出中肯的评价, 增强学生的实验积极性和获得感。



图 2 黑麦幼穗

2.2.3 实验后

实验结束后, 学生对整个实验进行一次系统、全面的总结, 撰写实验报告, 浅析实验心得体会。各组 PI 将本组的设计思路、探究过程、实验结果等以 PPT 的形式展示出来, 学生间相互交流、学习和评阅。每一次的展示, 学生都要做充分的准备, 不仅要做好实验, 还要准确、清晰、规范地用文字和语言表达出来, 从而全面锻炼学生的创作、语言组织和表达能力, 提升学生的科研素养。

教师根据学生课前学习、实验态度、回答问题、发言与提问、实验安全、实际操作、实验报告、学生互评和操作考核等多个环节进行综合考评, 给出合理的考核评级, 具体评价标准如表 3 所示。

表 3 细胞遗传学实验教学考核体系

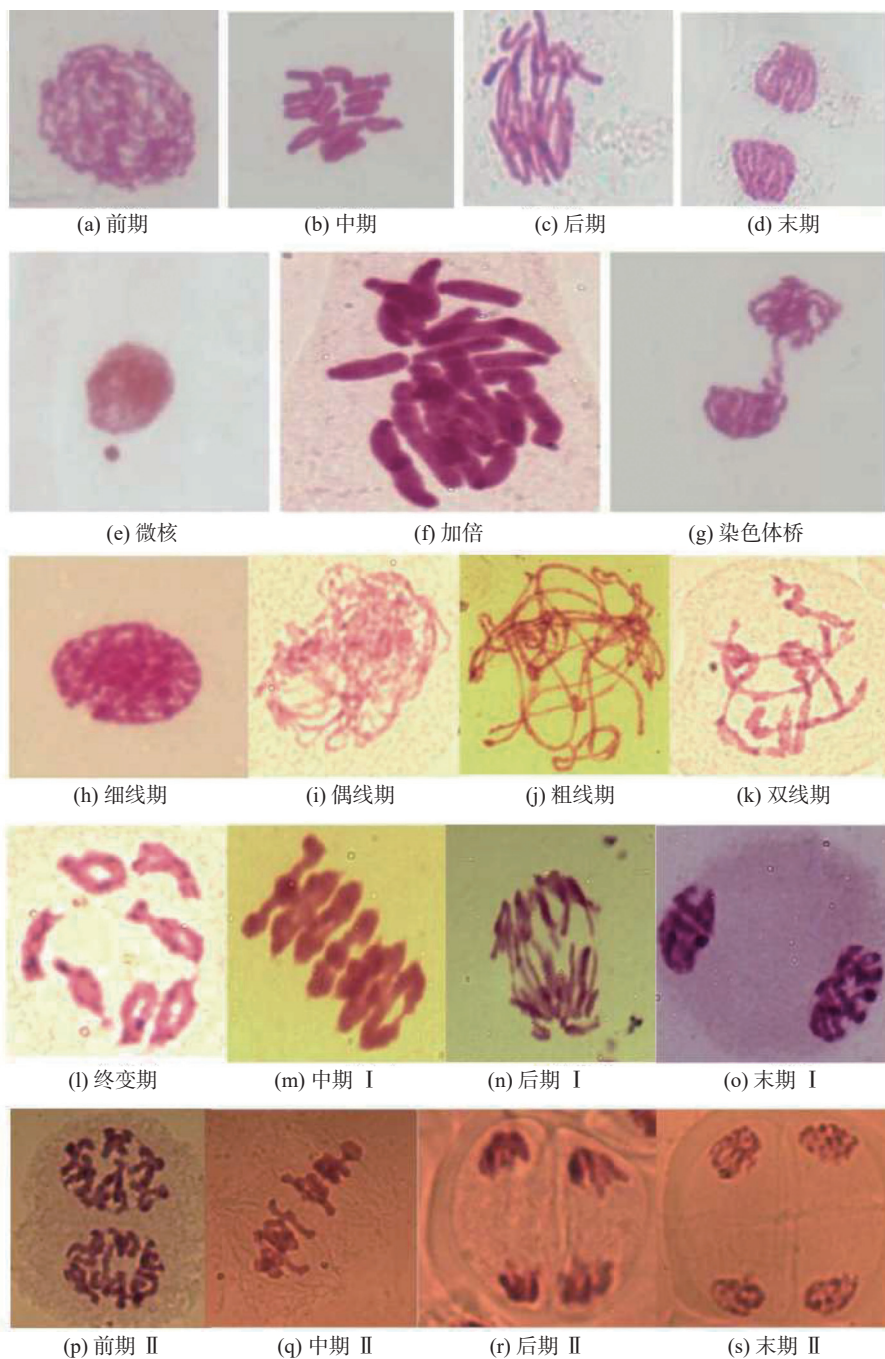
考核环节	考核标准	占比/%
实验预习	学习实验基础知识、相关技能、实验注意事项,	10
	独立设计实验方案	5
课堂表现	操作规范	1
	积极主动参与项目	1
	正确回答问题	1
	主动发言与提问	1
	实验安全意识强	1
实验报告	报告规范, 过程记录详实, 内容表述清楚无误, 总结分析全面, 对实验学习过程和内容有较深入思考或反思	40
学生互评	熟悉数码互动技术, 详细记录实验过程和结果, 排版整洁、清晰、美观, 具有很强的团队协作能力、语言组织和表达能力	10
操作考核	掌握实验操作方法和技术, 能运用具体方法解决相关问题	30

3 教学效果

3.1 教学资源

在教师的引导下，学生从不同角度进行“细胞分裂过程中染色体行为的观察”探索性实验，真实地观察到了染色体在体细胞和性母细

胞中的形态特征和染色体的畸变，部分结果如图 3 所示，不仅使遗传教学中的理论知识更加具体、形象化，而且加深了学生印象，易于理解。同时，由于是学生辛勤付出的成果，也增强了他们的自我认知感和成就感，培养了学生的自信心。



(a)~(d): 蚕豆体细胞中染色体形态; (e)~(g): 蚕豆有丝分裂染色体畸变; (h)~(s): 黑麦减数分裂染色体形态

图 3 细胞分裂过程中染色体行为的观察

同时，在教师的指导下，学生录制了大量的视频资料，包括实验现象、操作过程和数据分

析，丰富了实验教学资源。另外，还录制了一些学生在田间、实验室忙碌的背影，开心一笑、激

烈争辩等画面的花絮,从始至终让学生感受到自己的主体地位,让实践记忆深刻。

3.2 满意度调查

在课程结束之后,教师对2个专业的学生就课堂内外和网络教学方式进行了8个方面的满意度调查,包括学习的自主性、动手操作能力、团队协作能力、学习的热情和积极性、语言的组织和表达能力、混合式教学方案、全程参与性操作方式和实验考核。有86.75%的学生表示喜欢探究性实验安排,有13.25%的学生表示一般,没有学生不喜欢。说明混合式教学方式下,验证性实验转化为探究性实验得到了学生的高度认可,体现了以学生为中心的教学理念,取得了良好的教学效果。

4 结束语

遗传学验证性实验旨在掌握细胞遗传学所涉及的实验方法和技术,传统的教学方式以验证为主,缺乏创新性。探索性实验结合了综合性实验和设计性实验的特点,以问题为导向,开展科学实践,发掘真理,有利于培养学生的创新思维^[18-19]。通过混合式教学方式,将细胞遗传学中的验证性实验转化为探究性实验,课堂内外与网络教学相结合,激发了学生的能动性和创新性,提高了实践教学水平。将网络教学融入实验教学中,即使在不具备线下教学的特殊情况下,也可顺利开展。通过探究性实验,学生在每个实验阶段不断地摸索、锤炼,最终达到认知上的飞跃,是一次难得的创新思维训练。随着新农科的发展,新技术不断涌现,我们将进一步改进混合式教学模式,增加虚拟仿真实验、显微数码互动实验等,深入启发学生的创新思维,以满足现代农业对创新型人才的需求。

参考文献

[1] 孔令娜,吴震,张慧,等.高等农业院校植物生产类遗传学实验教学方式的改革和创新[J].高校实验室工作研究,2013,116(2):11-13.

[2] 王玉萍,张骏莲,杨红羽.农学类专业遗传学实验教学改革探索与实践[J].教学研究,2015,38(1):102-105.

[3] 张瑞姣,周伟,白雨婷.基于现代信息技术的课程建设与实践:以“遗传学实验”课程为例[J].教育教学论坛,2022(28):123-126.

[4] 何世斌,王翔伍,吉逢逢,等.遗传学实验教学的改进与实践[J].实验室研究与探索,2019,38(2):156-159.

[5] 邹永新,杨冠群,徐红岩,等.基于网络平台的师生共建课堂在“医学遗传学”实验教学中的应用[J].中国医学教育技术,2021,35(1):90-94.

[6] 范付华. IRAP 分子标记技术在林学专业遗传学实验教学中的应用与探讨[J]. 高校生物学教学研究, 2021, 11(2): 62-65.

[7] 姚舒宁, 乔守怡, 皮研. 混合式教学在遗传学实验教学中的探索与实践[J]. 高校生物学教学研究, 2019, 9(4): 8-12.

[8] 赵洪洋. 多元化实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(2): 123-127.

[9] 毛春晓, 牛延. 微课应用于遗传学实验教学的探[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(7): 225-228.

[10] 王楠楠, 劳军. 基于网络教学平台的遗传学实验课程教学改革[J]. 教育教学研究, 2022(14): 44-46.

[11] 丁文乔, 王楠楠. 基于网络教学平台的“遗传学”混合式教学模式探索[J]. 吉林化工学院学报, 2021, 38(4): 27-29.

[12] 王晓雯, 张建奎. 遗传学研究方法与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2018.

[13] 王玉, 徐倩倩. 研究性教学模式在遗传学实验教学中的改革探析[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(12): 268-269, 272.

[14] 朱品宽, 吕杰, 曲耀, 等. 基于灰霉菌有性繁殖的遗传学演示与探究性实验[J]. 生物学教学, 2021, 46(12): 70-72.

[15] 黄雪盈, 范凯, 叶炎芳, 等. 基于 SSLP 分子标记验证遗传学三大定律的教学实践探索与体会[J]. 遗传, 2017, 39(9): 856-862.

[16] 李楠, 郭海滨, 李亚娟, 等. 细胞遗传学综合性实验的设计与实践[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(9): 200-203, 227.

[17] 王晓雯, 桑贤春. 一种高效的蚕豆染色体加倍方法探讨[J]. 河南农业科学, 2013, 42(6): 42-45.

[18] 肖建富, 吴建国, 石春海. 遗传学探究性实验教学的思考及实践[J]. 遗传, 2009, 31(7): 763-768.

[19] 邢沈阳, 张桂荣, 丁雪梅, 等. 遗传学探究性实验教学模式的研究与实践[J]. 中国实验诊断学, 2011, 15(10): 1786-1789.

编辑 钟晓