

虚拟仿真技术在民族地区高中生物学 薄弱实验中的应用实践

——以“低温诱导植物染色体数目变化”为例

代育瑜, 杜思庆, 何宜星, 杜鑫月, 王朝君*

乐山师范学院生命科学院, 四川 乐山

收稿日期: 2026年6月17日; 录用日期: 2026年7月14日; 发布日期: 2026年7月21日

摘 要

“低温诱导植物染色体数目变化”是高中生物的经典实验, 民族地区高中因教育资源有限、实验设备不足、教学条件受限, 传统实验存在实验周期长、条件难把控、制片流程烦琐、观察难度大、实验成功率低等问题。为破解民族地区生物实验“做不了、做不好、做不透”的教学困境, 本研究依托虚拟仿真技术, 构建虚实融合教学模式, 以虚拟仿真实验为载体, 帮助学生完成对实验原理的理解、操作流程预演以及实验现象观察。借助高一两个平行班的对比教学可以发现: 实验班学生在原理解、操作规范程度以及学习兴趣等方面都明显比对照班更好。实践表明, 虚拟仿真技术能够有效改善民族地区薄弱实验教学现状, 为生物学实验教学改革提供实践借鉴。

关键词

虚拟仿真技术, 染色体数目, 实验改进

Practical Application of Virtual Simulation Technology in Weak Biology Experiments of Senior High Schools in Ethnic Areas

—Taking “Low-Temperature Induction of Plant Chromosome
Number Variation” as an Example

Yuyu Dai, Siqing Du, Yixing He, Xinyue Du, Chaojun Wang*

College of Life Sciences, Leshan Normal University, Leshan Sichuan

*通讯作者。

文章引用: 代育瑜, 杜思庆, 何宜星, 杜鑫月, 王朝君. 虚拟仿真技术在民族地区高中生物学薄弱实验中的应用实践[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 1160-1167. DOI: 10.12677/ae.2026.1671482

Received: June 17, 2026; accepted: July 14, 2026; published: July 21, 2026

Abstract

The experiment of low-temperature induction of plant chromosome number variation is a classic teaching experiment in senior high school biology. Restricted by limited educational resources, insufficient experimental equipment and inadequate teaching conditions, senior high schools in ethnic regions face prominent problems in traditional experiments, including long experimental cycles, uncontrollable experimental conditions, complicated specimen preparation procedures, difficult microscopic observation and low experimental success rates. To solve the teaching dilemma that biology experiments in ethnic areas are difficult to carry out, operate accurately and understand thoroughly, this study constructs a virtual-reality integrated teaching model based on virtual simulation technology. Taking virtual simulation experiments as the core carrier, it assists students in understanding experimental principles, rehearsing operational procedures, and observing experimental phenomena. A comparative teaching experiment conducted on two parallel Grade 10 classes shows that students in the experimental class perform significantly better than those in the control class in terms of principle understanding, operational standardization and learning interest. The practice proves that virtual simulation technology can effectively improve the current situation of weak experimental teaching in ethnic areas and provide practical references for the teaching reform of biology experiments.

Keywords

Virtual Simulation Technology, Chromosome Number, Experimental Improvement

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生物学实验是培养学生科学思维与探究能力的核心载体，也是落实科技教育、提升学生科学创新素养的重要途径。在教育数字化发展背景下，信息技术与学科教学深度融合已成为基础教育改革的重要趋势。《普通高中生物学课程标准(2017 年版 2025 年修订版)》明确提出，教师应依托信息化教育资源与“互联网+”教育技术，运用模拟实验等多元教学方式开展探究学习，优化课堂教学效果。

“低温诱导植物染色体数目变化”是高中生物染色体变异章节的核心探究实验，对学生理解染色体数目变异机制、多倍体形成原理及其育种应用具有重要教学价值。但该传统实验存在明显教学短板，实验诱导周期长达 48~72 小时，与课时安排冲突，且低温条件难以精准把控、制片操作流程复杂、微观观察难度大，整体实验成功率偏低。相较于发达地区，我国民族地区高中普遍存在实验资源配置不足、器材短缺、配套设施不完善、专业实验师资薄弱等问题，受地域与办学条件限制，重难点生物实验难以常态化开展，学生实操机会匮乏，制约了当地生物实验教学质量与学生科学素养的发展。

虚拟仿真技术具备可视化、可重复、可交互、零损耗、不受时空限制等优势，可直观呈现微观过程、拆解复杂操作、安全展示错误操作后果，能够有效弥补传统实验与民族地区办学条件的短板。基于此，本研究以该实验为载体，探索虚拟仿真技术在民族地区高中生物教学中的应用实效，验证其在深化学生原理认知、规范实验操作、提升学习兴趣方面的作用，为民族地区同类薄弱生物实验的教学改革提供实践参考。

2. 传统实验困境与虚拟仿真适配性分析

2.1. 传统实验实施的深层难点

综合张兴莲[1]、林荔[2]、潘明山[3]、邓琳[4]等多位研究者的改进实验报告，传统实验的核心难点可归纳为下图 1：

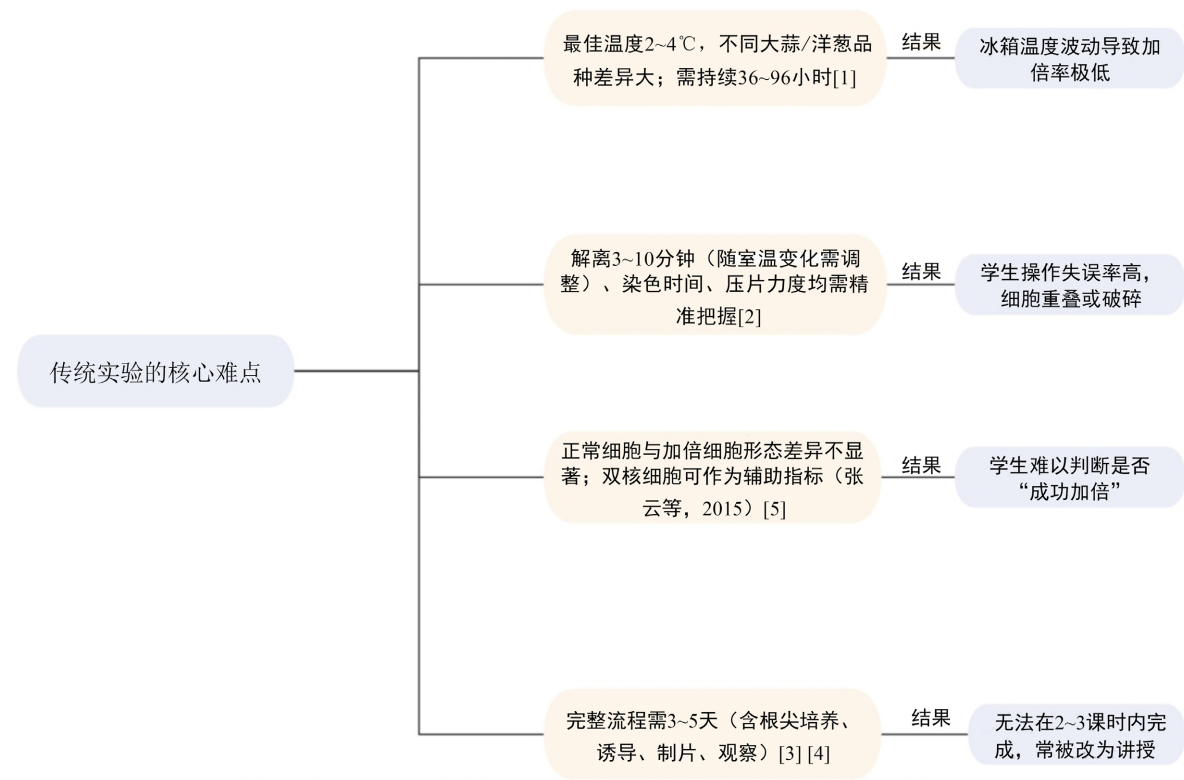


Figure 1. Core bottlenecks of conventional experiments
图 1. 传统实验的核心难点

此外，民族地区实验室虽配有基本设备，但缺乏恒温培养箱和专业实验员，低温诱导条件更难以标准化[5]。学生实际操作时，往往因急于看到结果而跳过关键步骤(如漂洗不彻底、染色时间不足)，最终视野中只见一片模糊的紫色团块。

2.2. 本研究核心理论基础

2.2.1. 建构主义学习理论

建构主义主张学习是学生依托原有经验自主建构认知，教师仅为引导者，拒绝单向知识灌输[6]。低温诱导染色体加倍属于微观抽象过程，本研究借助虚拟仿真设置交互式操作、实时纠错环节，让学生自主完成实验全流程，分层设计探究任务适配民族学生薄弱实验基础，依靠自主操作形成完整知识图式。

2.2.2. 情境学习理论

情境学习强调认知依附真实场景，教学环境是能动交互主体，构建“师-生-机-环”协同体系[7]。本研究以多倍体果蔬育种创设生活情境，仿真平台搭建可控梯度实验场景，融合虚拟环境与线下简易实

操，打通实验原理与农业应用的关联，实现知识可迁移。

2.2.3. 认知负荷理论

该理论将认知负荷分为内在、外在、相关三类，教学优化关键是降低无效外在负荷、提升有效相关负荷[6]。传统实验步骤繁杂、微观过程抽象，极易造成学生认知超载；虚拟仿真用动态动画拆分复杂过程，简化文字说明，搭配变量对比探究，减少认知消耗、深化规律归纳。

2.2.4. 民族地区教育均衡发展理论

民族地区普遍存在实验设备、耗材、师资短缺问题，数字化资源是均衡教育的低成本路径[8]。虚拟仿真无需恒温设备与大量试剂，作为补充信息资源补齐办学短板，让少数民族学生平等获得完整探究机会，兼顾教育公平与乡土育人。

2.3. 虚拟仿真技术的解决路径

虚拟仿真实验针对上述难点提供了系统的解决方案(如图 2)：

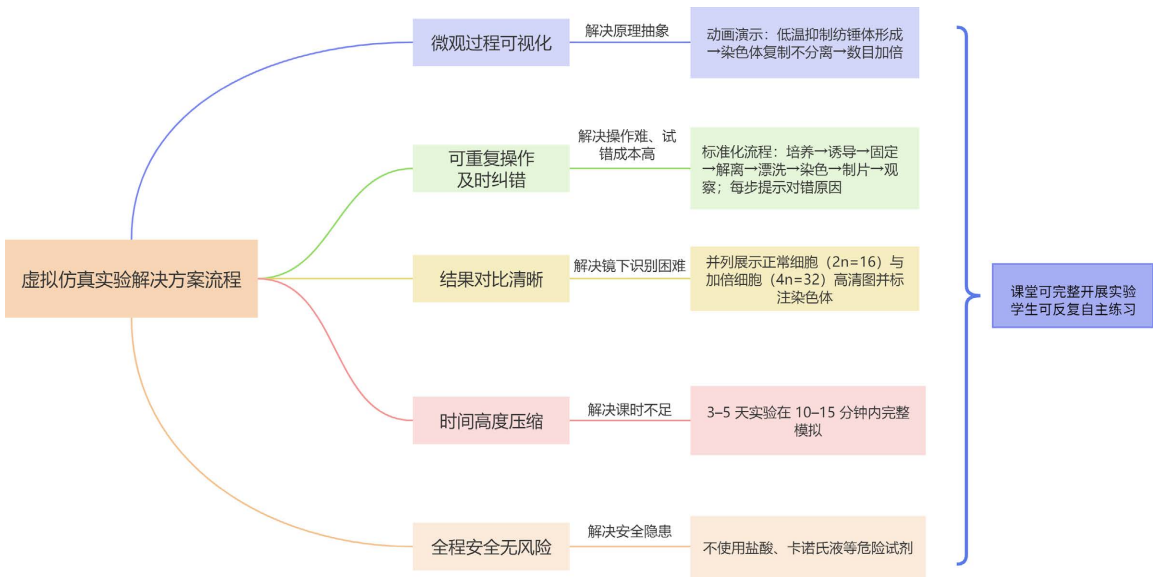


Figure 2. Flowchart of virtual simulation experimental solutions
图 2. 虚拟仿真实验解决方案流程

2.4. 本实验与虚拟仿真的适配性结论

综合以上分析，“低温诱导植物染色体数目变化”实验极其适合采用“先虚后实”的虚实融合模式。虚拟实验作为认知支架，帮助学生建立原理图式和操作图式；真实实验则提供触觉、气味、仪器操作等虚拟无法替代的直接经验。两者结合，可以最大化教学效益。

3. 基于虚拟仿真的实验教学设计

3.1. 教材分析

本实验选自人教版高中生物必修 2 第 5 章第 2 节“染色体变异”。教材通过“低温诱导植物染色体数目的变化”这一探究实验，引导学生理解低温可诱导染色体数目变异，为后续学习多倍体育种奠定基础，对培养科学探究与科学思维至关重要。

3.2. 学情分析

已有知识：学生已学习有丝分裂、染色体组、二倍体与多倍体等概念，具备理解染色体数目变化的基本知识储备。

能力特征：高二学生具备基本的显微镜操作和制片能力，但操作规范性有待提高；具备基本的计算机操作能力，对新技术的接受度高。

认知困难：对微观、抽象的过程理解困难，易产生畏难情绪，传统实验成功率极低。

3.3. 教学目标

1. 理解低温诱导染色体数目变异的机制，形成“环境影响遗传”的观念；比较正常与低温处理后的有丝分裂差异，分析染色体数目加倍的必然条件。(生命观念、科学思维)

2. 运用虚拟实验探究不同处理时间对染色体加倍率的影响，了解多倍体育种在农业生产中的应用，体会生物学知识的社会价值。(科学探究、社会责任)

3.4. 教学重难点

3.4.1. 教学重点

- (1) 低温诱导植物染色体数目变化的实验原理。
- (2) 解离、漂洗、染色、制片的规范操作流程。

3.4.2. 教学难点

将虚拟仿真操作经验迁移到真实实验的规范性落实。

3.5. 教学过程

3.5.1. 环节一：创设情境，激趣导入

通过无子西瓜、多倍体草莓等生活实例图片导入，抛出核心问题：多倍体果实硕大、种子稀少的成因。围绕多倍体特点、低温诱导可行性展开提问，引发学生探究兴趣，明确本课探究主题。

3.5.2. 环节二：虚拟探究，建构原理

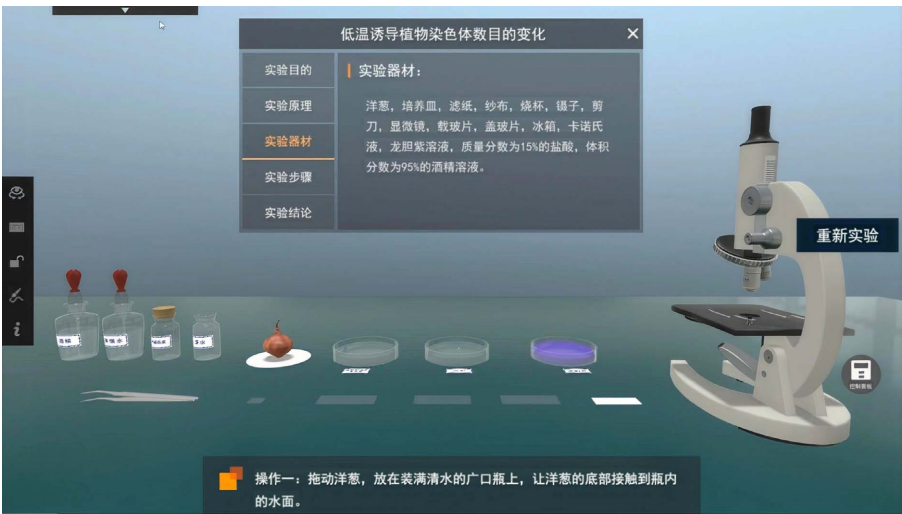


Figure 3. Operation diagram of virtual simulation experiment
图 3. 虚拟仿真实验操作图

组织学生分组登录虚拟仿真平台，完整模拟低温诱导实验全流程，平台实时纠错并解析错误原因，帮助学生熟悉规范操作，直观认知低温抑制纺锤体形成，最终导致染色体数目加倍的完整机制(如图 3)。

3.5.3. 环节三：图像识别，对比归纳

通过虚拟实验设置 24 h、48 h、72 h 不同低温处理时长，对比观察、记录染色体加倍效果，探究最佳诱导时长，分析不同处理时长的实验差异(如图 4)。



Figure 4. Comparative microscopic observation of conventional experiments and virtual simulation experiments (Top: Conventional experiment; Bottom: Virtual simulation experiment)

图 4. 传统实验与虚拟仿真实验显微镜下观测对比图；(上：传统实验；下：虚拟仿真实验)

3.5.4. 环节四：迁移应用，升华结课

结合无子西瓜、八倍体小黑麦等多倍体育种实例，引导学生探讨育种原理、应用优势及农业生产价值，拓展低温外的多倍体诱导方式，实现知识迁移应用。将实验原理与生产实践相联系，培养社会责任感；课后拓展任务引导进一步探究。

3.6. 教学实践与效果分析

3.6.1. 知识掌握对比

以 xx 中学高二年级两个平行班为研究对象，两班前测平均成绩分别为 82.3 和 81.9，无显著差异($p > 0.05$)。

实验班：采用虚拟仿真技术教学；对照班：采用传统教学。

教学时长均为 1 课时，课后统一进行知识测试和兴趣问卷，实验班另加虚拟实验操作满意度调查。

班级	平均分	及格率	优秀率(≥ 90 分)
实验班(n = 50)	42.3	95.8%	58.3%
对照班(n = 50)	34.7	79.2%	20.8%

实验班平均分高出对照班 7.6 分(约 22%)，独立样本 t 检验显示 $p < 0.01$ ，差异显著。尤其在“描述染色体加倍的过程”和“识别图像中哪一细胞发生了加倍”两道题目上，实验班正确率分别为 91.7%和 85.4%，对照班仅为 64.6%和 52.1%。说明虚拟实验对原理解理解和图像识别能力的提升效果明显。

3.6.2. 学习兴趣与态度

兴趣问卷结果显示：实验班“对染色体变异内容感兴趣”平均得分 4.2，对照班 3.5；“希望以后继续用虚拟实验学习”得分 4.5。实验班学生普遍反馈：“虚拟实验能看到染色体怎么变多的，比干讲好理解”“可以自己操作，错了重来，不怕浪费材料”。对照班学生则表示“光听老师讲，还是不太明白为什么细胞不分裂染色体就加倍了”。

4. 民族地区虚拟仿真实验教学的综合育人价值

4.1. 化解微观知识难点，实现抽象实验内容具象化教学

高中生物实验涉及大量微观、抽象的生命活动规律，单纯依靠传统课堂讲授与实体实验，学生往往只能机械记忆知识点，难以建立深层认知。对于教育资源薄弱的民族地区而言，进一步加剧了知识理解的壁垒。本研究依托虚拟仿真技术开展实验教学，以数字化教学资源为核心载体，区别于传统单一化生物课堂，把抽象的生物原理、复杂的实验步骤转化为直观、可操作、可探究的学习过程，有效化解民族地区学生对重难点生物知识的认知，实现课堂教学从理论灌输到具象探究的落地转变。

4.2. 整合多元学习维度，助力知识识记向综合能力转化

传统单一学科教学模式割裂了知识间的内在联系，学生缺乏运用综合思维解决真实实验问题的能力，这也是民族地区生物实验教学的普遍短板。虚拟仿真实验教学打破了单一学科的教学边界，构建了综合性探究学习场景。在实验探究过程中，学生不仅需要运用生物学科核心原理解读染色体变异规律，还需要结合信息技术知识熟练操作仿真平台，依托科学思维进行变量控制、现象观察与数据分析。多维度的知识融合应用，能够帮助学生打通学科壁垒，构建完整的知识体系，切实提升科学探究与综合应用能力。

4.3. 立足本土教育学情，培育科学素养与乡土教育情怀

民族地区教育发展相对滞后，实验资源匮乏、教学模式固化，长期以来学生难以接触优质的实验教学资源，科学创新意识较为薄弱。本研究立足民族地区本土教学痛点，以虚拟仿真技术赋能生物实验教学，精准补齐本地实验教学短板。通过数字化教学新模式的落地应用，让学生直观感受现代教育技术对

破解本土教学难题、均衡教育资源的重要价值,深刻认识到科技创新对民族地区教育提质增效的推动作用。同时,依托本土学情设计的特色教学实践,能够让学生正视家乡教育发展的现状与不足,激发学生助力本土教育发展的使命感,在提升科学素养的同时,培育热爱乡土、勇于创新、深耕本土的家国情怀与科学意识。

4.4. 适配本土办学条件, 构建可推广的实验教学新模式

民族地区受地理位置、办学经费、硬件设施、师资水平等条件制约,重难点生物实验耗材损耗大、操作难度高、成功率低,难以常态化开展,跨学科、综合性实验教学更是难以落地,教学实施成本高、推广难度大。虚拟仿真实验无需实体耗材与精密实验设备,能够完美适配民族地区薄弱的办学条件。教师可依托仿真平台轻松开展重难点实验教学,低成本搭建综合性探究课堂,大幅降低了优质实验教学的实施门槛与教学负担。这种适配民族地区学情、低成本、高效率的虚实融合教学模式,有效解决了本地生物实验教学落地难、推广难的困境,可为县域及民族地区同类生物薄弱实验的教学改革、综合课堂落地提供可复制、可推广的实践范式。

5. 研究结论

虚拟仿真实验能显著提升学生对“低温诱导染色体数目变化”机制的理解。动态可视化将抽象过程转化为直观体验,有效破解了民族地区实验教学的时空限制与落地难题,显著提升了薄弱实验的教学效果。本研究为民族地区高中生物薄弱实验的教学优化与创新改革提供有效参考,成功经验可迁移至“观察细胞有丝分裂”“探究环境因素对酶活性的影响”等实验。

基金项目

(1) 乐山师范学院 2026 年大学生创新创业训练计划项目(S202610649097), 凉彝协同筑梦——基于 UGS 模式的凉山彝族中小学生科学素养多维度测评及影响因素研究; (2) 乐山师范学院 2026 年大学生创新创业训练计划项目(S202610649163X), 寻迹乡土韵, 笃行研学心——地方特色资源赋能 PBL 项目式研学活动的设计与实践。

参考文献

- [1] 张兴莲, 潘宁. “低温诱导植物染色体数目变化”的实验探究[J]. 中学生物教学, 2011(7): 45-46.
- [2] 林荔, 肖义军, 詹晓梅. “低温诱导植物染色体数目变化”实验的改进[J]. 中学生物学, 2012, 28(1): 51-52.
- [3] 潘明山, 谢启燕. “低温诱导植物染色体数目变化”实验的改进和分析[J]. 福建基础教育研究, 2014(2): 126-128.
- [4] 邓琳, 李加重. “低温诱导植物染色体数目变化”实验的探究与思考[J]. 生物学通报, 2017, 52(7): 47-49.
- [5] 张云, 张锋, 林颖韬, 等. 对“低温诱导植物染色体数目的变化”实验的再探讨[J]. 生物学通报, 2015, 50(8): 46-48.
- [6] 钟芝恩. 以建构主义为核心的高中生物教学策略与实践[J]. 广西教育, 2019(14): 144-145.
- [7] 王薇. 情景学习理论视角下“师-生-机-环”四元交互教学改革与实践[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2026, 42(1): 95-101.
- [8] 黄丹丹, 冯芳芳. 义务教育背景下民族地区教育资源的开发利用——以广西壮族自治区南宁市为例[J]. 教育教学研究, 2022(24): 174-177.