

依托三维数字标本的“PBL + 翻转课堂”模式在生药性状鉴定实验教学中的探索与应用

赵 宇, 许振鹏, 沈 涛, 向 兰*

山东大学齐鲁医学院药学院, 山东 济南

收稿日期: 2026年8月12日; 录用日期: 2026年9月16日; 发布日期: 2026年9月28日

摘 要

生药的性状鉴定是《生药学实验》的核心模块之一, 传统教学过程中存在标本资源受限、预习缺乏实物支撑、课堂以教师单向讲授为主、学生自主鉴别与综合分析能力培养不足等问题。本研究依托山东大学药学院前期建成的平面中药数字标本馆, 开发了“珍稀药材三维数字标本系统”, 融合三维虚拟仿真交互技术, 构建“线上三维数字标本自主预习 + 线下PBL问题驱动 + 翻转课堂 + Jigsaw拼图协作”一体化混合式教学模式, 并应用于生药性状鉴定实验教学。教学流程分为课前线上自主研学、课中PBL拼图式深度研讨、课后综合考核与拓展巩固三阶段; 通过多元化过程性考核评价教学成效。实践表明, 该模式可突破实物标本时空、品类、安全限制, 充分激发学生自主探究意识, 强化药材性状辨识、问题分析与团队协作能力, 为生药学实验数字化、交互式教学改革提供可复制的实施模式。

关键词

三维数字标本, PBL教学, 翻转课堂, Jigsaw拼图法, 生药性状鉴定

Exploration and Application of the “PBL + Flipped Classroom” Model Based on 3D Digital Specimens in the Experimental Teaching of Crude Drug Character Identification

Yu Zhao, Zhenpeng Xu, Tao Shen, Lan Xiang*

School of Pharmaceutical Science, Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan Shandong

*通讯作者。

文章引用: 赵宇, 许振鹏, 沈涛, 向兰. 依托三维数字标本的“PBL + 翻转课堂”模式在生药性状鉴定实验教学中的探索与应用[J]. 创新教育研究, 2026, 14(9): 695-705. DOI: 10.12677/ces.2026.149735

Abstract

Character identification of crude drugs is one of the core modules in “Pharmacognosy Experiment”. Traditional teaching methods face limitations such as restricted specimen resources, lack of physical materials for pre-class preparation, teacher-centered instruction, and insufficient development of students’ independent identification and comprehensive analytical skills. Based on the previously established digital herbarium of traditional Chinese medicine at Shandong University School of Pharmaceutical Science, this study developed a “3D Digital Specimen System for Rare Medicinal Materials”, integrating 3D virtual simulation and interactive technology to create an integrated blended teaching model combining “online self-study with 3D digital specimens, offline PBL (Problem-Based Learning) driven by questions, flipped classroom, and jigsaw collaborative learning”, which has been applied to experimental teaching in pharmacognosy. The teaching process consists of three stages: online self-directed learning before class, in-depth PBL-based group discussions during class, and comprehensive assessment and extension activities after class. Teaching effectiveness is evaluated through diversified formative assessments. Practice shows that this model overcomes spatial, temporal, categorical, and safety constraints associated with physical specimens, effectively stimulates students’ initiative in exploration, strengthens their abilities in identifying medicinal characteristics, analyzing problems, and collaborating in teams, and provides a replicable framework for digital and interactive reform in pharmacognosy experiment education.

Keywords

3D Digital Specimen, PBL Teaching, Flipped Classroom, Jigsaw Teaching, Crude Drug Character Identification

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

1.1. 生药性状鉴定实验教学现存的问题

《生药实验》是药学专业必修的实践类课程，性状鉴定作为生药实验的重要模块，承担学生识药、辨药基础技能培养任务，要求学生掌握根、根茎、皮、花、果实种子、动物、矿物等 12 大类药材外观辨识要点，能通过眼看、手摸、鼻闻、口尝、水试、火试完成真伪优劣鉴别。

在长期的教学实践中，传统教学模式暴露出四大突出的问题：(1) 实物标本供给的局限性。珍稀、剧毒、贵重药材(如冬虫夏草、乌头、羚羊角等)因安全、成本限制无法全员近距离观察；标本长期存放出现褪色、虫蛀、变形，与药典标准性状存在偏差，教学辨识度下降[1]。(2) 课前预习无直观载体。学生课前仅依靠教材文字、二维图片预习，缺乏立体感知，进入课堂后仍需从零熟悉药材，大幅压缩了实操研讨时长[2]。(3) 课堂授课模式固化。以教师示教、学生被动对照标本记忆为主，缺少问题探究、小组互助环节，学生易机械背诵特征，难以建立“性状特征 - 品种真伪 - 品质差异”逻辑关联。(4) 分层教学与综合能力培养缺失：统一标本、统一讲解无法适配不同基础学生；缺少小组协作辨识、未知药材综合鉴定训练，难以达成课程综合能力培养目标。

1.2. 数字化教学与混合式教改研究现状

近年来,国内多所院校开展中药数字标本馆建设,多以二维图文库为主,可实现药材基础信息线上查阅,但缺乏立体交互功能,无法展示药材曲面、断面、局部纹理等关键三维性状细节[3][4];虚拟仿真技术逐步应用于中药教学,但三维标本系统多独立运行,未与PBL、翻转课堂、协作学习方法深度融合,线上线下教学存在割裂[5][6]。

PBL、翻转课堂、Jigsaw 拼图法在地质、化学、护理等实验课程已验证其提升自主学习、协作研讨的效果[7],但在生药性状鉴定实验中的整合应用研究较少,缺少适配药材分类辨识任务的完整实施方案。

基于上述背景,本研究整合前期平面数字标本资源,搭建可 360°交互的珍稀药材三维数字平台,构建“三维数字标本+PBL+翻转课堂+Jigsaw 拼图”混合教学体系,系统开展生药性状鉴定实验教学改革。

2. 课程概况与相关教学研究基础

2.1. 《生药学实验》课程与性状鉴定实验概况

2.1.1. 课程基本设置

山东大学药学院《生药学实验》为秋季学期专业必修课,总计 32 学时、1 学分,分为生药鉴定、质量控制、药效评价、综合考试四大模块;生药性状鉴定占据 8 学时,分为实验一(根/根茎/茎木/皮/叶/花类)、实验二(果实种子/全草/菌类/动物/矿物类/其他)两个综合设计性实验,是显微、理化鉴定学习的前置基础。

课程总评由平时成绩(预习 21 分+操作 28 分+实验报告 21 分)和期末综合鉴定考试(30 分)构成,高度重视课前预习、课堂实操与过程性能力评价。其中性状鉴定实验的核心能力目标为:掌握各类药材形状、表面、质地、断面、气味等观察要点;能区分易混药材、鉴别野山参/园参、冬虫夏草等贵重药材真伪;具备小组协作完成未知药材性状鉴定的综合能力。

2.1.2. Jigsaw 拼图协作教学法内涵与适配性

Jigsaw 拼图法(拼图合作学习)将学习任务分层拆解,通过“专家小组研学-混搭小组互教”实现全员深度参与,在实验课中分为两步实施:(1)专家分组:学生 3~4 人一组,每组认领一类药材(如根类、动物类),依托线上三维标本系统完成预习 PPT,梳理该类药材专属鉴别要点,形成“药材专家”;(2)混搭互教:重新打乱分组,每组包含各类药材专家,每位学生向组员讲授对应品类鉴别特征,相互答疑、共同完成混合药材辨识任务。

该方法完美适配生药性状鉴定多品类、知识点碎片化特点,解决单名教师无法同时兼顾十余类药材讲解的难点,实现生生互学、全员输出,契合课程小组预习、课堂研讨的教学要求。

2.2. PBL 教学模式理论与应用进展

PBL (Problem-Based Learning, 基于问题的学习)是以真实、复杂专业问题为核心驱动的小组探究式教学,由 Barrows 首创[8],核心逻辑为“问题前置-自主检索资料-小组研讨论证-成果汇报-教师点拨总结”。

应用于生药性状鉴定时,教师围绕教学重难点设置阶梯式探究问题,如“如何通过性状区分野山参与园参?”“冬虫夏草伪品有哪些性状差异?”“双子叶与单子叶根茎断面如何辨别?”,学生依托三维数字标本、药典、文献自主寻找证据,以性状特征为论据完成问题论证,摒弃死记硬背,建立“特征-判断依据”专业逻辑,提升药材真伪鉴别、复杂问题分析能力[9]。

2.3. 翻转课堂教学模式核心逻辑

翻转课堂重构传统“课上讲授、课后复习”时序，将浅层知识自学前置至课前线上环节，课堂全部时间用于高阶研讨、实际操作、协作训练、答疑纠错。

在本实验中，课前(线上)学生自主浏览三维数字标本、阅读药典性状描述、完成小组预习 PPT，完成浅层特征记忆；课中(线下)取消教师统一满堂讲授，以 PBL 问题、Jigsaw 拼图互学、实物标本观察、未知药材辨识训练为主，聚焦知识应用与综合能力提升；课后(线上线下结合)线上完成药材辨识自测，线下完善实验报告、拓展查阅道地药材性状差异文献，形成学习闭环。

2.4. 中药数字标本与三维虚拟仿真教学载体体系

2.4.1. 前期已建成的平面中药数字标本馆

本课题组前期依托山东大学课程中心建成了平面中药数字标本馆，收录 341 种药材，包含原植物实拍图、药材个子、饮片照片 800 余幅，按功效、科属、笔画三种检索方式分类，配套药典标准性状文字描述，覆盖《生药学实验》全部教学常用药材，可实现全校师生线上随时查阅，已连续十年服务于生药学实验的预习，解决了预习过程中图文资料缺失问题，但传统的二维图片存在无法展示立体曲面、断面纹理、局部放大细节的短板。

2.4.2. 珍稀药材三维数字标本系统的开发与功能

为弥补二维平台缺陷，本项目依托智慧树教学平台，联合郑州金宏达公司完成 50 种目标药材三维建模，搭建珍稀中药材三维展示平台，平台前端 Vue + Element UI、后端 Java 架构，核心资源分类为：山东省道地药材 13 种(金银花、北沙参、阿胶等“鲁十味”)；珍稀贵重、剧毒药材 21 种(天麻、冬虫夏草、草乌、人参、三七等)；动物类药材 14 种(蛤蚧、金钱白花蛇、羚羊角等)；矿物类药材 2 种(雄黄、硫黄)。

平台的核心功能为 3D 模型交互，网页端可实施 360°自由旋转、缩放、局部放大，完整展示药材外形、褶皱、断面、鳞甲、环纹等三维性状细节(图 1)；同步加载《中华人民共和国药典》中的标准性状文字描述、原植物图片、高清饮片实拍、药材来源、功效应用描述等[10]；该平台电脑、手机均可登录，支持课前碎片化预习、课后随时复习，彻底打破实体标本馆时间、空间和安全限制，同时适配自学与课堂教学。



Figure 1. Digital model of Tianma in three dimensions ((a) Front view of the medicinal material; (b) Side view of the medicinal material; (c) Top view of the medicinal material; (d) Partial enlargement of the top part of the medicinal material)

图 1. 示例——天麻药材三维数字模型((a) 药材正面观；(b) 药材侧面观；(c) 药材上面观；(d) 药材上面局部放大)

2.4.3. 虚拟仿真数字标本教学优势对比

传统实体标本馆存在标本易老化、贵重药材管控严格、开放时间受限等固有短板，数字化标本是行业主流解决方案[11]。现有二维数字标本库仅提供固定视角图片，三维虚拟标本系统可实现全方位自主观察，三类载体对比见表 1。

Table 1. Comparison of traditional Chinese medicine specimen teaching materials systems
表 1. 中药标本教学载体体系对比

教学载体	立体展示	贵重/剧毒药材可用性	全员随时访问	局部细节放大	自主交互
传统实物标本	完整	受限(安全/成本)	仅课堂限时	仅肉眼/放大镜，效果有限	无
二维数字标本馆	平面，无曲面	完全线上开放，无安全风险	全天候	静态图片固定视角	仅浏览，无交互
三维数字标本系统	3D 全视角立体呈现	完全线上开放，无安全风险	全天候	任意区域无级放大	旋转、缩放自主操作

3. 混合式教学实施方案

本研究构建线上三维标本自主研学 + 线下 PBL 翻转课堂 + Jigsaw 拼图协作完整实施体系，覆盖课前、课中、课后全流程，适配生药性状鉴定两大实验(十二大类药材)，完整的教学流程形成一套混合式教学设计方案。

3.1. 线上预习阶段(翻转前置，依托三维数字标本系统)

线上学习依托两大数字资源联动，先通过前期二维中药数字标本馆进行药材基础知识的图文查阅，进一步借助新建的珍稀药材三维数字平台，对贵重、易混药材进行立体交互学习，完成翻转课堂前置自学任务，时间安排建议在课前 3~5 天。

(1) 分层分组预习任务(Jigsaw 专家小组前置)

全班 20 人分为 6 个预习小组，每组认领一类药材，分配探究 PBL 核心问题，任务设置参考《生药实验》预习指南，其中根类组要求区分根与根茎性状，野山参、园参性状鉴别依据；皮类组要求皮类药用部位界定，厚朴、杜仲断面特征差异；花/叶类组要求番泻叶叶型、菊花花序类型辨识；果实种子组要求五味子、马钱子药用部位区分；菌类组要求冬虫夏草真伪性状鉴别，菌核/子实体定义；动物/矿物组要求矿物条痕色、鹿茸商品规格性状特征。

(2) 线上预习操作流程

① 登录三维平台，对应药材 3D 模型多角度观察，放大重点鉴别特征(如天麻鹦哥嘴、虫草子座、黄连过桥)；② 对照《中华人民共和国药典》性状描述，记录形状、表面、断面、气味关键区分点；③ 小组协作制作 5 分钟预习 PPT，包含药材三维截图、性状对比表格、PBL 问题论证思路；④ 平台完成线上预习小测(15 种药材识图，计入预习成绩 3 分)。

(3) 教师线上管控

教师通过智慧树后台查看学生平台访问时长、3D 模型浏览记录、预习测验正确率，收集共性疑难问题，作为线下课堂研讨核心议题，依托平台学情数据精准调整课堂教学重点。

3.2. 线下课堂实施阶段(PBL 驱动 + 翻转课堂 + Jigsaw 拼图)

课堂 4 学时，取消教师统一讲授，分为四大环节，以学生自主协作、问题研讨为主，教师仅做答疑、

点评、引导，课堂组织形式参考 Jigsaw 协作教学实施规范。

环节 1：小组预习成果汇报(30 min)

每组随机推选 1 名代表进行 5 分钟 PPT 讲授，展示三维标本观察结果与 PBL 问题初步结论，教师同步对组内其余成员随机提问，按《生药学实验》既定预习评分标准(0~3 分)记录预习得分，同步梳理全班共疑点。

环节 2：第一轮 Jigsaw 专家小组深度研讨(60 min)

同品类专家小组聚集，结合实验室实物标本、三维平台移动端同步对照，深化解决本组 PBL 问题：对比 3D 模型与实物标本性状差异，分析采收、加工对外观的影响；整理易混药材横向对比表(如川牛膝 vs 牛膝、半夏 vs 水半夏)；完善未知药材鉴定思路，统一小组专业表述术语，对接实验质量控制模块知识点。

环节 3：第二轮 Jigsaw 混搭互教小组(90 min，核心实操环节)

随机重新分组，每组 6 人，每人为一类药材“专家”，开展互教与综合辨识：(1) 每位学生依次向组员讲授本组三维标本提炼的鉴别要点，展示 3D 模型关键特征截图；(2) 教师发放混合未知药材样本，小组全员协作，综合各类性状知识完成集体鉴定；(3) 围绕教师预设拓展 PBL 问题开展辩论，如“市场低价冬虫夏草存在哪些造假手段？如何通过三维模型细节区分？”以问题驱动深度思考。

环节 4：教师总结与实操纠错(30 min)

针对小组汇报、研讨中暴露的共性错误，结合三维模型放大视图直观演示区分要点；梳理各类药材性状鉴定通用逻辑(先定类别，再抓专属特征，最后断面气味佐证)；明确实验报告撰写要求，布置课后拓展任务，同步衔接后续显微、理化鉴定实验内容。

3.3. 课后巩固与综合考核阶段

3.3.1. 课后分层拓展任务

根据学生的不同学业水平，分层次布置课后任务，包括基础任务、提升任务和拓展任务。基础任务：完善实验报告，附三维标本截图、药材性状对比表格，规范描述术语，实验报告评分严格遵循课程评分细则。提升任务：依托数字标本平台，自主选取 2 种易混药材，撰写完整性状鉴别对比分析报告。拓展任务：查阅山东省道地药材文献，分析产地、加工对药材外观性状的影响，对接后续“产地、加工炮制对生药质量影响”模块内容。

3.3.2. 多元化过程性考核体系

延续课程原有考核框架，将线上三维平台学习、拼图协作表现纳入评分细则，总成绩构成完全匹配《生药学实验》教学大纲考核标准：

平时成绩 70 分(预习 21 + 操作 28 + 实验报告 21)：预习 21 分，包括三维平台学习记录、线上识图测验、小组 PPT 汇报综合评分；操作 28 分，包括 Jigsaw 小组互教参与度、实物标本辨识规范、小组未知药材鉴定结果；实验报告 21 分包括三维素材运用、性状分析深度、PBL 问题论证完整性。

期末综合鉴定考试 30 分：线下闭卷，提供混合药材实物，要求结合线上三维标本学习积累，完整书写性状鉴定流程与真伪判断依据。

全过程考核兼顾形成性评价与终结性评价，规避传统期末一考定成绩的局限，契合混合式教学多元评价理念[12]。

4. 教学实施效果分析

4.1. 学生学习行为转变

本次教改选取前后两届药学专业全体学生开展对照实验：对照组采用“传统讲授 + 二维图文预习模

式”，实验组采用“三维标本 + PBL + 翻转 + Jigsaw 混合模式”。考虑到不同年级进行比较，在实验设计的平行性方面可能会产生一定差异，我们对实验组和对照组的均质性进行了分析。在样本数量方面，对照组 2022 级为 113 人，实验组 2023 级为 118 人，各组样本大小均符合统计学要求，对照组和实验组样本规模接近。在样本的学业水平方面，项目组将各组学生的药用植物学成绩(药用植物学为生药学的先修课程，且前后两届学生未进行教学方案调整)作为参比的前测成绩进行评估。2022 级平均分为 80.74 ± 8.04 分，2023 级平均分为 81.13 ± 10.65 分，经统计学分析，实验组与对照组学生的平均成绩之间无显著性差异($p > 0.05$)，可推测对照组和实验组在学业水平方面无明显差别，具备可比性。

(1) 预习主动性：实验组三维平台人均访问时长单实验超 90 min，96% 学生完整浏览对应药材 3D 模型全部视角；对照组仅 42% 完整查阅二维图文，预习流于形式，印证三维数字标本对自主预习的支撑作用；

(2) 课堂参与度：实验组 Jigsaw 互教环节全员主动发言，未知药材小组鉴定完成率 100%；对照组课堂被动听讲为主，近 30% 学生无法独立完成单味药材完整性状描述，协作学习模式有效提升课堂活跃度。

4.2. 学业成绩对比

在前后两届教学过程中，两组授课教师完全一致；两届学生实验测验、期末综合鉴定考核标准完全统一，试题按基础题 60%、综合鉴别拔高题 40% 配比，阅卷细则标准化统一；试卷、实验报告均采用双盲评分模式。

对期末综合鉴定成绩开展统计学分析：对照组 74.35 ± 7.26 分，实验组 80.45 ± 6.81 分， $p < 0.001$ ，组间差异具有统计学意义(图 2)。实验组期末综合鉴定平均分较对照组提升 6.1 分，高分段(85 分以上)占比提升 15.2%；实验组报告均配套三维模型截图、对比表格，分析讨论完整率 92%，对照组仅 57% 的报告具备系统性状对比分析；药材识图小测平均得分实验组 2.68/3 分，对照组 1.83/3 分，学生对细微性状特征辨识准确率显著提升，可见三维可视化资源可以有效强化性状记忆。

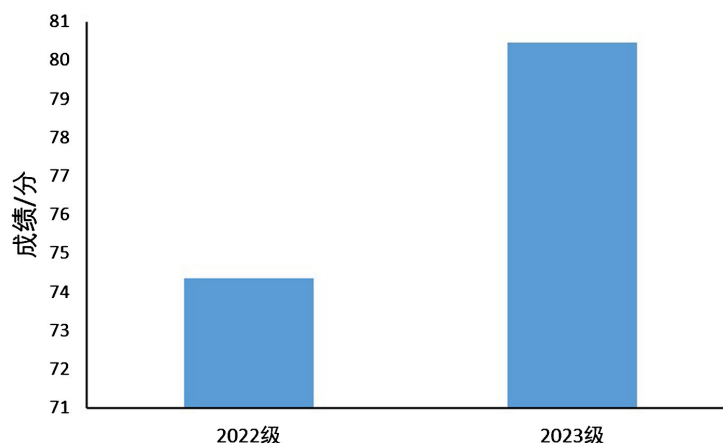


Figure 2. Comparison of student grades before and after experimental teaching reform

图 2. 实验教学改革前后学生成绩对比

4.3. 学生问卷反馈

课程结束后发放匿名调查问卷，有效回收 112/118 份，问卷结果可基本反映数字化混合教学的认可度。94.6% 学生认为三维数字标本解决了贵重、剧毒药材无法近距离观察的难题，3D 交互视角比平面图片更容易记忆性状特征(图 3)；91.9% 认可 Jigsaw 拼图互教模式，通过讲授他人巩固自身知识，协作过程

厘清易混药材区分难点(图 4); 87.5%认为 PBL 问题驱动让自己不再机械背诵特征, 学会以性状证据推导药材品种, 实现深度学习(图 5); 学生提出的改进建议集中于扩充三维模型药材数量、增加模型特征标注功能, 该需求已纳入项目下一步优化计划。

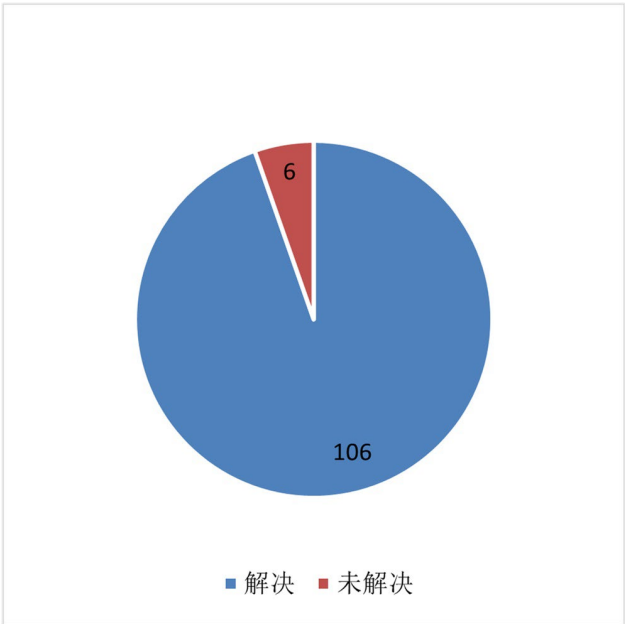


Figure 3. Three-dimensional digital specimens solve the problem of being unable to observe precious and highly toxic medicinal materials at close range
图 3. 三维数字标本是否解决贵重、剧毒药材无法近距离观察的问题

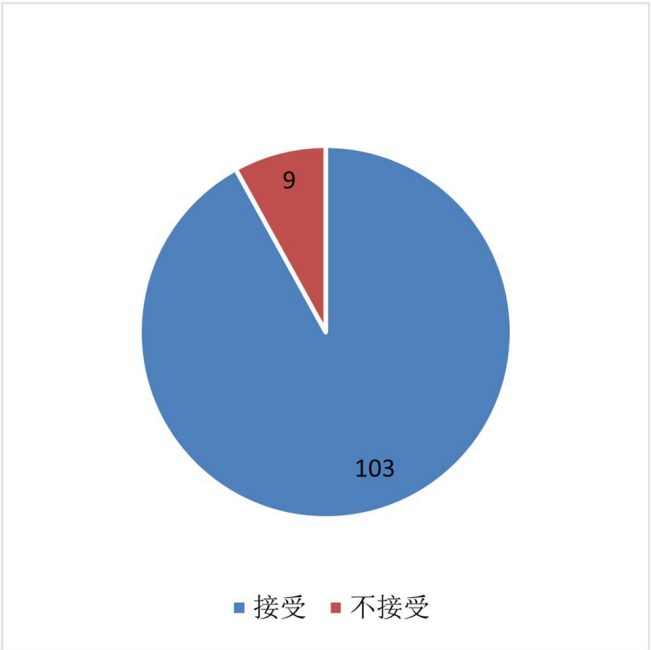


Figure 4. The acceptability of the Jigsaw puzzle collaborative learning model
图 4. Jigsaw 拼图互教模式的可接受度

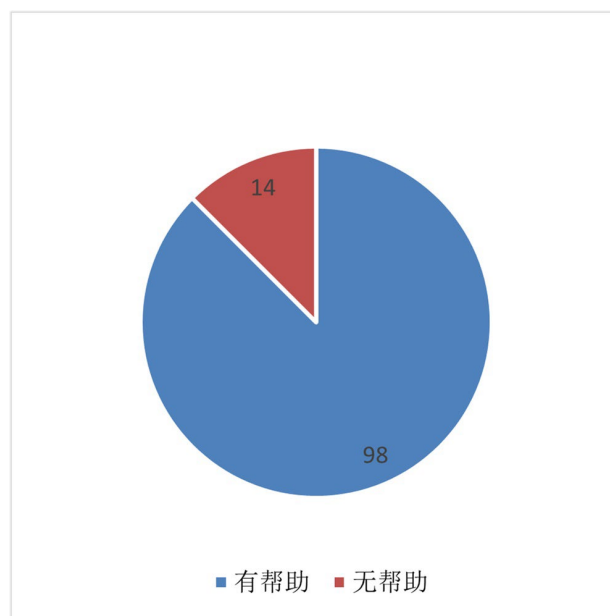


Figure 5. The problem-driven approach of PBL helps achieve deep learning
图 5. PBL 问题驱动是否有助于实现深度学习

5. 教学模式创新、存在不足与优化路径

5.1. 教学模式的创新点

载体创新：二维数字标本馆与三维虚拟标本平台联动，补齐传统教学立体交互短板，解决珍稀、剧毒标本教学难题，线上线下资源形成互补，完善中药数字化教学资源体系。

方法融合创新：首次将三维数字载体、PBL 问题探究、翻转课堂、Jigsaw 协作学习四种教学手段系统性整合，形成适配多品类药材辨识任务的标准化流程，为生药实验教改提供新模式。

能力导向创新：摒弃“认药背诵”单一目标，以问题研讨、小组互教、未知药材综合鉴定为抓手，同步培养自主检索、逻辑论证、团队协作三大核心专业能力，贴合《生药学实验》人才培养目标。

考核创新：将线上数字化学习行为、课堂协作表现纳入过程评分，实现全学习周期量化评价，构建适配混合教学的多元化考核体系。

5.2. 现存的局限性

5.2.1. 三维标本库的数量和功能

三维标本库仅收录 50 种药材，覆盖范围有限，常规普通药材仍依赖二维的平面数字标本馆；现有 3D 模型无自动标注功能，初学者自主学时难以快速定位关键鉴别特征，自学门槛较高；教师线上后台仅能统计访问数据，无法实时查看学生对模型细节的标注、笔记，线上学情分析维度单一，精细化教学调控存在短板。

5.2.2. 实施中的多层面现实挑战

结合教学实践与建构主义、合作学习相关教育学理论，本模式实施过程面临技术、学生、教师三方面现实挑战。技术层面：三维标本平台依赖网络环境，部分学生移动端网络不佳会造成模型加载卡顿，该问题源于虚拟仿真资源对网络带宽的客观要求。学生层面：少数学生长期习惯被动接受式学习，课前预习任务完成质量参差不齐，合作学习中存在搭便车现象，根源是学生学习习惯尚未适配翻转课堂、

Jigsaw 协作学习的高阶学习要求。教师层面：新模式下教师不再以讲授为主，需要完成学情研判、问题设计、小组引导、过程评价等大量工作，对教师课程设计、课堂组织、信息化工具使用能力提出更高要求。

5.2.3. 对教师专业发展的要求

本混合教学模式对教师综合能力提出新要求：第一，教师需要完成 PBL 阶梯式问题设计、Jigsaw 任务拆解，需要深度吃透课程重难点，完成线上线下一体化课程教学设计；第二，教师需要熟练掌握虚拟仿真教学平台，依托平台学情数据开展精准教学；第三，课堂由讲授转为引导，教师需要具备小组研讨引导、课堂动态调控、过程性评价实施能力。教师需要开展混合式教学、合作学习相关教研培训，完成教学理念与教学能力迭代。

5.3. 后续优化方案

根据教师在实际教学过程中发现的部分问题以及学生问卷反馈提出的部分改进建议，后续可采取以下方案，对该教学模式开展进一步优化。

后续资源扩充和平台功能升级：持续采集道地、常用药材标本，新增 100 种三维模型；为现有模型添加“鹦哥嘴、朱砂点、罗盘纹”等专业特征文字标注；补充原植物三维素材，丰富平台资源覆盖度。新增学生线上笔记、特征标注留存功能，完善学情多维度统计模块，支撑教师精准学情分析。

针对多层面挑战的对策：课前发布三维标本离线缓存包，缓解网络卡顿问题；课前设置导学任务单，帮助习惯被动学习的学生适应自主研学；细化 Jigsaw 小组个人任务分工，增加组员互评权重并计入平时成绩，规避协作偷懒问题；定期组织教师混合教学教研，开展 PBL、Jigsaw 教学方法培训，提升教师课程设计与课堂组织能力。

教学拓展：将三维标本平台同步用于《中药学》《药用植物学》配套实验实践，打通多专业课程数字化教学资源，扩大数字化标本应用场景。

补充质性研究：通过半结构化访谈、课堂焦点小组讨论等方式收集质性数据，以深入了解学生对该教学模式的真实体验、学习策略的变化以及高阶思维能力的发展情况。将量化结果与质性访谈、课堂观察资料互相印证，进一步提升研究证据链的完整性。

6. 结语

生药性状鉴定作为药学专业核心实践环节，亟需依托数字化技术革新传统灌输式教学。本研究依托前期平面中药数字标本馆资源，搭建可 360°交互的珍稀药材三维数字标本系统，构建“线上三维标本翻转预习 - 线下 PBL 问题驱动 + Jigsaw 拼图协作研讨 - 课后综合拓展考核”混合式教学模式，打通线上数字化资源与线下实验课堂的教学闭环。

教学实践证明，该模式可有效突破实物标本资源、时空、安全限制，充分调动学生自主学习积极性，引导学生从机械记忆药材特征转向基于性状证据的逻辑鉴别，同步提升学生自主探究、小组协作与未知样品综合鉴定能力，为全国高校生药学、中药鉴定学实验数字化混合教学改革提供可落地、可复制的实施模式。后续将持续扩充三维标本资源、优化平台交互功能，完善教学流程设计，进一步提升数字化教学载体在中医药实践人才培养中的应用价值。

基金项目

山东大学实验室建设与管理研究项目(sy20242402)。

参考文献

- [1] 程齐来, 陈治希, 詹莹. 数字化生药标本馆探索研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(8): 2046-2047.
- [2] 赵宇, 丁泽堃, 陈沪宁. 中药数字标本馆的建设及其在实验教学中的应用[J]. 教育进展, 2021, 11(3): 634-640.
- [3] 刘红燕, 邵林, 刘谦, 等. 基于能力培养为核心的中药材数字化标本馆构建应用研究[J]. 中南药学, 2018, 16(6): 873-875.
- [4] 杨错, 谢奇, 张红梅. 中药标本数据库建设[J]. 中华医学图书情报杂志, 2014, 23(6): 29-32.
- [5] 黄秦, 费曜, 夏科学. 虚拟现实技术在生药学实践教学中的应用[J]. 药学教育, 2023, 39(1): 71-74.
- [6] 袁晓红, 尹跃兵, 陈波, 等. 中药饮片 3D 动画标本资源库在《中药学》教学中应用的研究[J]. 继续医学教育, 2015, 29(7): 24-25.
- [7] 孙洋, 刘彬. “PBL + 翻转课堂”混合教学模式在岩浆岩岩石学课程中的探索与应用[J]. 创新教育研究, 2026, 14(7): 429-436.
- [8] Barrows, H.S. (1996) Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996, 3-12. <https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>
- [9] 王君明, 贾玉梅, 崔瑛, 等. 基于 PBL 的中药学饮片实训课教学方法[J]. 中国西部科技, 2012, 11(2): 80.
- [10] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典(一部) [S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2025.
- [11] 吕庆莉, 赵繁荣. 陕西中药资源信息平台与数字化标本馆建设探索与思考[J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(6): 25-28.
- [12] 吴军凯, 于丹, 杨书彬, 等. 注重过程学习与考核, 强化学生药材性状鉴别能力的培养[J]. 中医药导报, 2016, 22(9): 113-114.