

# 《遗传学》深度教学的模式构建与实践

## ——基于“分子机制 - 代谢通路”融合的路径探索

王成先

保山学院资源环境学院, 云南 保山

收稿日期: 2025年12月26日; 录用日期: 2026年1月23日; 发布日期: 2026年1月30日

### 摘要

针对应用型本科院校遗传学课程中学生普遍存在的“机械记忆、理解不足”问题, 本研究探索并实践了一种旨在促进深度学习的教学模式。该模式以“分子机制 - 代谢通路”的知识融合为内容核心, 设计了“图析引导 - 合作推导 - 虚拟验证”的阶梯式探究教学法, 并构建了与之匹配的、注重过程与能力的发展性评价体系。通过为期两年的教学实践, 采用准实验研究法对比分析表明, 实施该模式的实验班学生在遗传机制解析类综合题目上的得分率显著高于对照班(平均提升22.5%)。对学生开展的问卷调查及访谈结果也显示, 超过90%的学生认可新模式对其深入理解遗传学本质具有积极作用。本研究为在有限学时内实现遗传学课程的深度学习目标, 提供了一套经过实证检验、具备可操作性的教学方案, 对同类课程的教学创新具有参考意义。

### 关键词

遗传学教学, 深度学习, 教学模式, 代谢通路, 探究式学习

# Development and Implementation of a Deep Learning Instructional Model for *Genetics*

## —A Pathway Approach Integrating “Molecular Mechanisms with Metabolic Pathways”

Chengxian Wang

School of Resources and Environment, Baoshan University, Baoshan Yunnan

Received: December 26, 2025; accepted: January 23, 2026; published: January 30, 2026

### Abstract

To address the prevalent issue of rote memorization and superficial understanding among students

in genetics courses at application-oriented undergraduate institutions, this study developed and implemented an instructional model aimed at fostering deep learning. The model is structured around the integration of molecular mechanisms and metabolic pathways as its conceptual core. It employs a phased inquiry-based pedagogy consisting of graphical analysis, collaborative deduction, and virtual validation, supported by a process-oriented, competency-focused developmental assessment framework. Over a two-year teaching practice, a quasi-experimental design was adopted to compare learning outcomes. Results indicated that students in the experimental group, who engaged with the new model, achieved significantly higher scores on comprehensive items assessing genetic mechanism analysis compared to the control group, with an average improvement of 22.5%. Data from student surveys and follow-up interviews further revealed that more than 90% of participants perceived the model as effective in enhancing their conceptual understanding of genetic principles. This study offers an evidence-based and practicable instructional framework for achieving deep learning objectives in genetics within constrained curriculum hours, providing a valuable reference for pedagogical innovation in related courses.

## Keywords

Genetics Education, Deep Learning, Instructional Model, Metabolic Pathway, Inquiry-Based Learning

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

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

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



Open Access

## 1. 引言

遗传学作为生命科学与农学领域的核心基础课程，其根本目标在于培养学生的科学思维与解决复杂生物学问题的能力[1]。然而，当前许多地方院校的遗传学教学，因受限于学时与传统讲授模式，往往侧重于对遗传现象的描述与比例的计算，对“基因型-表型”关联背后的分子与生化机制阐释不足[2] [3]。这种“重结论、轻过程”的教学倾向，容易导致学生知识结构碎片化，难以形成贯通性的概念理解，进而限制了他们分析和解决实际遗传学问题的能力[4]。因此，探索如何突破浅层教学的局限，有效引导学生从记忆事实转向理解本质，成为一项关键的教学课题。

针对上述问题，本研究以成果导向教育(OBE)理念为引领，以促进深度理解与迁移应用为目标，构建教学改革的总体框架[5] [6]。OBE 理念强调以学生最终获得的能力成果反向设计课程与评价，为本研究明确了“机制理解与应用能力”这一核心目标。同时，深度学习理论为如何实现这一目标提供了路径支持，其关注对知识本质的把握、批判性思维及在新情境中的迁移能力[7]。鉴于此，本研究依托保山学院《遗传学》课程，以修读该课程的学生为主要研究对象，旨在构建并验证一种新型教学模式。该模式的核心路径在于，通过将“分子机制”与“代谢通路”进行系统性融合来重构教学内容，并设计与之匹配的探究活动与能力导向评价体系，以期帮助学生建构从基因到性状的连贯认知模型，最终实现从知识记忆向机制理解和应用能力的实质性跨越。

## 2. 教学模式构建的理论基础与整体设计

本研究模式以学生为中心，遵循建构主义理论，即强调知识不是被动接收，而是学习者主动探索与意义建构的结果[7]。深度学习强调学习者对知识本质的理解、批判性思维的培养以及在新情境中的迁移应用能力。为此，摒弃了以教材章节顺序为纲、教师单向讲授为主的传统路径，转向构建一个以“核心问题”驱动、以“知识整合”为基础、以“主动探究”为法的教学体系。

2.1. 核心理念：从“信息传递”到“意义建构”

本模式的经营理念是将教学重心从遗传学知识的单向传递，转向支持学生主动建构关于“遗传信息如何实现为生物性状”的连贯心智模型。这意味着，教学目标的重定义：不仅是知道“是什么”（如 9:3:3:1 的比例），更要理解“为什么”（其背后的生化与分子逻辑）以及“如何用”（运用该逻辑分析新问题）。

2.2. 核心内容支架：“分子机制 - 代谢通路”的融合

为实现意义建构，首要任务是重组教学内容，为学生提供可操作的认知工具与清晰的知识图谱。选取“孟德尔定律的扩展”这一关键模块[1]，创新性地以“代谢通路”作为整合框架，将经典遗传学中彼此孤立的基因互作类型，系统性地映射到具体的分子与生化语境中。

在传统教学中，互补、上位、重叠等作用多作为不同的比例现象被单独记忆。而在本模式中，引导学生理解，这些不同的比例本质上是同一套“基因 - 酶 - 代谢”逻辑在不同生化路径拓扑结构下的具体表现[3] [8]。如表 1 所示，为每一种互作类型匹配了其核心的分子机制与典型教学案例，使抽象规律具象化为可分析的生化流程。

Table 1. Instructional design of gene interactions based on the “molecular mechanism-metabolic pathway” framework  
表 1. 基于“分子机制 - 代谢通路”框架的基因互作教学设计

互作类型	常见 F <sub>2</sub> 分离比	核心分子机制	典型案例与代谢路径解释
互补作用	9:7	两基因分别编码同一线性代谢途径中两个不同的必需酶，任一酶的功能缺失均导致终产物无法合成	香豌豆花色：通路为“前体→(酶 C 催化)→中间体→(酶 P 催化)→紫色花青素”。只有当基因型为 C_P_时，通路才完整。这解释了为何双显性个体占 9 份，而其他组合(C_pp, ccP_, ccp)均因通路在 C 或 P 环节中中断而表现同一表型(白色)，共占 7 份
上位效应	12:3:1 或 9:3:4	一个基因的产物(如酶、调节因子)在功能序列或表达层级上位于另一基因之上。上游基因的功能缺失会掩盖下游基因的效应	玉米胚乳颜色：基因 C 编码合成色素前体的酶，基因 R 编码修饰该前体为有色产物的酶。若 C 基因失活(cc)，则无论 R 基因型如何(RR, Rr, rr)，均无前体可供修饰，故无色。这体现了“上游底物缺失，下游酶无用武之地”的代谢逻辑
重叠作用	15:1	多个基因编码功能冗余或相似的蛋白(如属于同一酶家族的不同成员)。仅当所有相关基因均失活时，才会导致通路功能丧失	某些生化途径中的酶家族：例如，控制某一关键反应的酶由 A 和 B 两个基因编码，只要其中一个功能正常，反应即可进行。表型分离比反映了“功能冗余”这一在分子进化中常见的生物学原理

通过表 1 的示例，教学内容的核心从记忆比例转变为解读原理。例如，在讲解“上位效应”时，重点不再是区分 12:3:1 与 9:3:4 的差异，而是引导学生分析：在玉米案例中，为何“cc”的基因型能“掩盖”R 基因的作用？这自然引出对“代谢路径顺序”和“底物依赖性”的讨论。这种设计将抽象的“基因”概念锚定在具体的“蛋白质功能”及“化学反应网络”中，使遗传比例获得了坚实的、可推理的机制性解释，有效支撑了学生的深度学习。

2.3. 教学方法设计：“图析 - 推导 - 虚拟”阶梯式探究法

为配合内容支架，设计了环环相扣的探究式教学流程[9]：

(1) 图析引导(课前)：通过智慧教学平台推送包含目标代谢通路图的预习材料，并设置引导性问题，要求学生尝试解读图中各要素的关系，完成初步的意义建构。

(2) 合作推导(课中)：课堂以小组协作学习为主。教师呈现新的遗传情境(如不同的基因型组合)，各

小组基于通路图进行逻辑推演,预测代谢物积累状态与最终表型,并阐述推理过程。教师角色转变为促进者和点评者,重点聚焦于学生推理链条的严密性与科学性。

(3) 虚拟验证(课后):提供拓展性任务,如利用公共生物信息学数据库查询相关酶的特性,或使用简单的在线模拟工具观察参数变化对通路输出的影响,使课内结论在更广阔的数字学习空间中得到延伸与巩固。

## 2.4. 评价体系重构:指向能力达成的过程性评估

教学评价与学习目标对齐。改革了考核方式,强调过程性评价与能力导向。平时成绩(占比 40%)紧密关联探究过程的参与质量,包括预习反馈、小组讨论贡献度、阶段性分析报告等。期末考试(占比 60%)大幅增加综合性、分析性题目的比重,重点考查学生在新情境下运用“分子机制-代谢通路”框架分析与解决遗传问题的能力,如根据未知性状的遗传数据逆向推测其可能涉及的代谢环节。

## 3. 研究设计与实践过程

### 3.1. 研究对象与分组

研究以保山学院 2023 级与 2024 级生物科学、农学专业修读《遗传学》课程的本科生为对象。根据自然教学班,将学生分为实验组与对照组。为控制无关变量,通过对比两组学生前期相关课程(如《生物化学》)的平均成绩,并进行独立样本  $t$  检验,确认其在先备知识基础上无统计学显著差异,从而保证组间的同质性。

### 3.2. 教学干预与实践流程

教学实践持续两个学年,覆盖《遗传学》课程的完整教学周期。实验组严格实施前述“分子机制-代谢通路”融合教学模式,对照组则维持以教师讲授、教材为中心的传统教学模式。

在教学干预实施过程中,本研究同步推进了两项支撑性工作:

(1) 本土化教学资源开发:研发了与教学模式配套的核心可视化工具,包括一套(共 10 幅)覆盖关键知识模块的代谢通路示意图,并制作了相应的讲解微视频(总时长约 90 分钟),为学生提供了清晰的认知支架。

(2) 信息技术融合与过程管理:依托“学习通”智慧教学平台,系统化地实现了教学全流程的数字化支持与管理,具体包括:课前预习材料的定向推送、课中的分组任务与实时反馈、课后拓展练习与讨论,以及贯穿始终的学习行为与成绩数据采集。这为后续的效果分析提供了详实的实证数据链。

### 3.3. 数据收集与分析

研究通过多元渠道收集数据:1) 学业成绩数据:来源于课程的过程性考核与期末终结性考试;2) 学生反馈数据:通过课程结束后发放的匿名问卷和抽样访谈获取;3) 过程性行为数据:从“学习通”平台导出相关日志。采用定量(描述性统计、独立样本  $t$  检验)与定性(内容分析)相结合的方法对数据进行综合分析。

## 4. 教学效果评估与数据分析

为全面评估模式效果,研究从量化数据与质性反馈两个维度收集证据。

### 4.1. 学业表现量化分析

为评估新模式对学生能力培养的实效,研究对实验班与对照班的期末考试成绩进行了专项比较,重



点剖析了两道旨在考查遗传机制深度理解与应用能力的综合分析题。统计分析采用独立样本  $t$  检验,结果表明,实验班学生在两道题目上的平均得分率均显著优于对照班,统计显著性达到  $p < 0.01$  的水平。具体来看,在考察“依据新遗传数据推断代谢通路关键节点”能力的题目上,实验班的平均得分率为 74.2% (标准差 12.1%), 显著高于对照班的 52.8% (标准差 18.6%)。在另一道要求“解释环境因子干扰特定表型的潜在分子途径”的题目上,实验班同样表现突出,平均得分率为 69.5% (标准差 14.3%), 对照班则为 47.1% (标准差 16.9%)。这些量化数据有力地证明,本研究构建的教学模式有效促进了学生高阶思维能力的提升,特别是在复杂遗传现象的机制解析方面。

## 4.2. 学生学习体验质性反馈

课程结束后,通过匿名问卷与随机访谈相结合的方式,收集了实验班学生对教学新模式的反馈。为确保访谈样本能反映不同学习体验,依据前期测验成绩,分层随机抽取了包括高分、中等及低分组在内的学生进行深度访谈。问卷调查数据显示,高达 91.5% 的学生认为“以代谢通路图作为教学内容组织线索”对其理解遗传学核心概念具有帮助或非常有帮助;同时,89.3% 的学生肯定“图析、推导、虚拟相结合”的学习流程对提高自身分析与解决问题能力有积极作用。在访谈中,学生们表达了更深入的感受。有学生坦言:“过去记忆遗传比例是孤立的,现在看到一个比例,脑中能浮现出背后完整的代谢‘生产线’。”另一些学生则提到:“小组讨论时,为了清晰阐述自己的观点并说服同伴,必须不断梳理和厘清内在逻辑,这个过程反过来极大地深化了自己的理解。”这些来自学生的真实反馈,从主观体验层面印证了该教学模式在激发学生主动参与、促进知识意义建构方面的积极成效。

## 4.3. 高阶能力发展的个案证据

教学模式的效果,亦在学生完成的开放性、探究性任务中得到体现。在课程后期布置的拓展作业中,实验班学生展现了更为显著的知识迁移与系统建模思维倾向。一个典型的例子是,有学生自发借鉴课程中所学的分析框架,尝试独立绘制“植物叶片在秋季变色过程中色素代谢的调控路径图”。在该图中,学生不仅勾勒了几种主要色素代谢的可能关系,还试图将光照、温度等环境因素作为调控变量纳入图中进行关联分析。尽管所绘制的图示在专业细节上尚显初步,但这一尝试清晰地表明,学生已开始具备将遗传学原理、生物化学代谢与植物生理学知识进行交叉整合,并构建初步概念模型的意识与能力。这种跨越章节、综合应用的尝试,正是深度学习所追求的高阶认知能力的生动体现。

## 5. 讨论

本研究通过构建并实践“分子机制-代谢通路”融合的教学模式,为破解应用型本科院校遗传学教学中存在的“浅层化”难题提供了新的视角与路径。其价值与意义主要体现在以下三个方面。

首先,本研究在实践层面构建了一个具体、可操作且具有内在逻辑的教学框架。该框架通过将“代谢通路”这一生物化学的核心概念,创造性地转化为组织遗传学教学内容、引领学生思维的核心认知工具,实现了学科知识的有效融合。这为如何在有限学时内,不增加学生负担,却能引导其走向深度学习,提供了一个经过验证的解决方案。它不仅是教学内容的简单增补,更是一种教学逻辑的重构,即将遗传规律从“数学现象的集合”重新定位为“生化反应网络的可观察输出”,从而在根本上服务于学生意义建构的目标[10]。

其次,本研究展现了明确的实证研究导向。研究过程遵循了“设计-实施-评估-反思”的闭环,综合运用了量化成绩对比与质性问卷访谈等多源数据,对模式的有效性进行了交叉验证[11]。数据不仅显示了学生高阶思维题得分率的显著提升,更通过学生的正面反馈与开放作业中展现的迁移能力,印证了

模式在促进学生深度学习方面的积极作用。这使得本研究的结论超越了单纯的经验总结,具备了更强的说服力与参考价值。

再者,本研究也揭示了模式成功实施的关键条件与潜在挑战。成功的关键在于教学设计的系统性,即“内容重构-方法创新-评价改革”三者的协同联动。同时,它也对该模式下的师生提出了新的要求:教师需具备跨学科的知识整合能力与熟练的信息化教学驾驭能力;学生则需要具备一定的先修知识基础,或能从教师提供的“支架”资源中有效获取支持[12]。这些发现为其他教育工作者借鉴或应用此模式提供了重要的情境化考量依据。

最后,本研究的局限性也为未来探索指明了方向。教学效果的长期追踪、不同院校或专业背景下的适应性调整、以及与之配套的精细化数字资源库建设,都是值得深入探索的课题。

## 6. 结论

本研究针对遗传学教学中的浅层化问题,构建并实践了以“分子机制-代谢通路”融合为核心内容、以“图析-推导-虚拟”为探究路径的教学模式。实践表明,该模式能有效促进学生建构从基因型到表型的连贯认知,显著提升其遗传机制解析与复杂问题解决能力。相关考核数据显示学生高阶思维题目得分率明显提高,学情反馈亦证实了其积极效果。本研究为在有限学时内实现遗传学深度学习提供了具备实证支撑的可行路径,对同类课程教学创新具有参考价值。

## 基金项目

2025 年度云南省教育厅科学研究基金项目(2025J0975)。

## 参考文献

- [1] 刘庆昌. 遗传学[M]. 第五版. 北京: 科学出版社, 2024.
- [2] 郭燕, 张大瑾, 朱东丽, 等. 遗传学教学改革研究热点及趋势[J]. 遗传, 2025, 47(4): 399-408.
- [3] 文可佳. 基于最新文献资源的“基因对性状的控制”教学设计[J]. 生物学教学, 2018, 43(2): 37-39.
- [4] 刘凤霞, 刘庆昌, 孙红荧. 新农科背景下遗传学课程的创新与改革[J]. 大学教育, 2025(10): 38-42.
- [5] 李洁, 朱怡卿, 徐婷婷, 等. OBE 教育理念在医学遗传学中的创新实践研究[J]. 基础医学教育, 2025, 27(4): 304-308.
- [6] 杨屿航, 马金晶. 基于 OBE 理念的课程教学设计研究[J]. 教育进展, 2023, 13(1): 273-279.
- [7] 何克抗. 深度学习: 网络时代学习方式的变革[J]. 教育研究, 2018, 39(5): 111-115.
- [8] 戴灼华, 王亚馥. 遗传学[M]. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [9] 陆光远, 李莉梅, 王春, 等. “遗传学”课程混合教学模式探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2025(16): 125-128.
- [10] 张浩, 吴秀娟. 深度学习的内涵及认知理论基础探析[J]. 中国电化教育, 2012(10): 7-11+21.
- [11] 周海涛, 张俊列. 从知识观转型到文化变革: 课堂教学改革的范式转换[J]. 当代教育科学, 2015(21): 13-18.
- [12] 田隼, 丁君, 仇雪梅, 等. 卓越农林人才培养模式下混合式教学方法在遗传学课程中的应用[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(5): 268-270.