

# 基于学习进阶理论的概念教学

## ——以“染色体变异”为例

赵仕莲, 徐小颖\*

扬州大学生物科学与技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2025年9月5日; 录用日期: 2025年10月4日; 发布日期: 2025年10月13日

### 摘要

在生物学概念教学中, 相比于传统教学设计, 依据学习进阶理论进行课例设计能更有效地帮助教师精准把握教学关键节点、设定科学的教学目标、合理拆解驱动性问题并细化学习任务, 让教学过程有章可循。与此同时, 它还能引导学生在零散的事实知识中构建生物学概念, 并推动生物学学科核心素养的整合发展。本文以“染色体变异”为实例, 在充分研读课标教材和了解学生学情的基础上构建学习进阶框架, 并据此指导概念教学实践。

### 关键词

学习进阶, 概念教学, 染色体变异

# Conceptual Teaching Based on the Theory of Learning Progression

## —Taking “Chromosomal Variation” as an Example

Shilian Zhao, Xiaoying Xu\*

College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: September 5, 2025; accepted: October 4, 2025; published: October 13, 2025

### Abstract

Compared to traditional teaching designs in biology concept teaching, lesson design based on the theory of learning progression can more effectively assist teachers in accurately grasping key teaching nodes, scientifically setting teaching objectives, reasonably dismantling driving questions, and refining

\*通讯作者。

learning tasks, providing a structured approach for the teaching process. At the same time, it can also guide students to construct biological concepts from fragmented factual knowledge and promote the integrated development of core competencies in biology. This article takes “chromosomal variation” as an example, building a learning progression system based on thorough analysis of curriculum standards and textbooks, as well as a deep understanding of student learning profiles, and then uses this to guide conceptual teaching practice.

## Keywords

Learning Progression, Concept Teaching, Chromosomal Variation

Copyright © 2025 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

学习进阶是对学生学习某一主题概念时所遵循的连续的、典型的学习路径的描述,一般呈现为围绕核心概念所展开的一系列由简单到复杂、相互关联的概念序列[1]。这一理论不仅能帮助学生更好地理解学习过程中的重要概念,还能帮助教师准确判断与追踪学生所处的概念理解与思维阶段,从而真正做到因材施教、适时而教。基于学习进阶理论对学科教学的持续深化具有重要的支撑作用,这一理念早在2007年就在美国国家研究理事会所颁布的《让科学走进学校:K-8年级科学学习的学与教》中指出,同时这一研究在课例开发、课程标准深化、科学知识关联及教学理解透彻性等方面存在很重要的意义。因此,根据学习进阶指导的生物学概念教学,相较于经典教学设计而言,更助益于教师发现教学关键节点,拆解驱动问题和细化学习任务,使教学变得有迹可循[2]。鉴于此,本文选取“染色体变异”这一重要且不易理解的重点概念作为学习进阶的研究对象,围绕“染色体变异”来构建学生认知思维发展的学习进阶路径,并依此路径指导教学,从而提高学生对概念的理解能力。

## 2. 进阶分析

### 2.1. 进阶起点分析

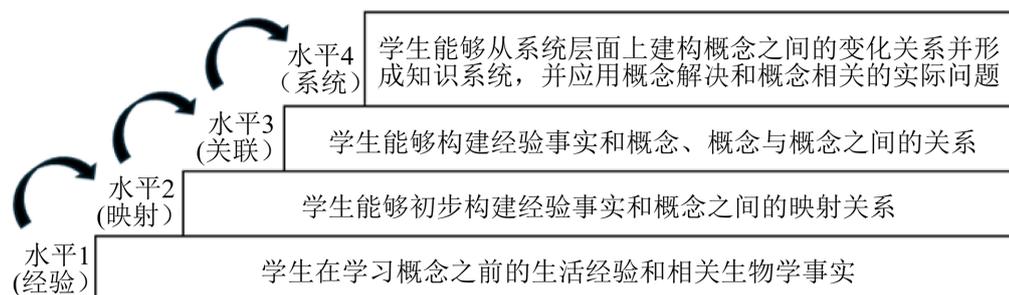
进阶起点是指学生在学习新的知识时已有的知识[3]。笔者深入解读新课标、系统剖析新教材、全面把握学生学习需求,着手明确“染色体变异”这一节内容中学生的进阶起点,同时对进阶目标做出合理预设。

新课标针对本节内容,明确了需要建构的重要概念:染色体的结构变异和数量变异,都有可能造成生物性状发生改变,甚至导致生物死亡。在这些内容里,“染色体数目变异”以及“染色体的结构变异”是本节的核心概念,而该概念的下位概念有染色体组、多倍体、单倍体、染色体的缺失、重复等。因此,只有帮助学生建构起染色体组的概念,才能在此基础上进一步理解二倍体、单倍体、染色体缺失、重复等概念,进而深入分析由这些概念衍生出的育种技术,最终构建完成“染色体变异”这一概念。

而从学情来看,他们通过之前的课程学习已经理解了染色体、同源染色体和非同源染色体等概念,也能够准确辨析其中的关系与联系。不过,对于染色体组、二倍体、多倍体、单倍体这类不易理解且抽象的概念,学生在概念建构过程中会遇到很大的困难,需要教师逐层指引。综合以上分析,我们将本节概念进阶的起点确定为:染色体、同源染色体与非同源染色体的概念。

## 2.2. 划分进阶层级

学习进阶理论认为知识学习是一个逐渐积累、逐步发展的过程, 学生对概念的理解也不是一蹴而就的, 需要经过许多个不同的中间水平, 因此高中生物教学应构建一个从基础到复杂的递进式知识框架[4]。这意味着教师需要识别和串联核心生物学概念和原理, 形成一个层次分明的知识体系。通过这种方式, 学生可以在清晰的结构中理解生物学的基本概念, 逐步建立起概念理解和应用能力[5]。学习进阶框架构建的难处便是根据学情与课标教材内容将不同且易混淆的事实概念划分为不同进阶水平, 最终指向“染色体变异”这一概念。本文便参考借鉴郭玉英团队提出的科学概念理解发展的层级模型[6], 构建了“染色体变异”概念理解的发展层级模型。在模型中, 将概念理解过程由浅入深地划分为经验、映射、关联和系统四个层级, 如下图1所示。



**Figure 1.** Hierarchical model of development for understanding the concept of “chromosomal variation”  
**图 1.** “染色体变异”概念理解的发展层级模型

在确定完进阶起点后, 便要确定学生在学习过程中的中间水平。在学习进阶框架的构建中, 教师需要根据学生的前概念、层级描述和课标及教材内容将这些概念性知识用陈述句进行阐释, 同时在构建过程中应有选择性地淡化繁杂知识, 强化核心概念, 使框架更为清晰明了, 也有利于学生能在感性事实的基础上构建并形成生物学概念。然后再根据图1“染色体变异”概念理解的发展层级模型对事实性知识进行经验到系统的进阶层级划分, 构建出“染色体变异”的学习进阶框架(表1)。通过这一过程, 教师便可以在教学过程中准确判断学生在不同进阶层级的概念理解水平, 如: 染色体组、单倍体、多倍体处于映射层级, 而育种应用处于系统层级。

**Table 1.** Learning progression framework for understanding the concept of “chromosomal variation”  
**表 1.** “染色体变异”概念理解的学习进阶框架

发展层级	层级描述	概念描述
经验	学生在学习概念之前的生活经验和相关生物学事实	了解染色体的基本形态和结构, 知道细胞分裂过程中染色体的变化。
映射	学生能够初步构建经验事实和观念之间的映射关系	基于生物学事实认识到染色体变异包括结构和数目变异。同时能够依据染色体特征, 初步构建染色体组、二倍体、多倍体的概念。
关联	学生能够构建经验事实和概念、概念与概念之间的关系	理解二倍体、多倍体、染色体组之间的关系, 进而将染色体变异与减数分裂、有丝分裂过程中染色体的异常行为建立联系, 结合秋水仙系或低温处理的实例, 深入理解多倍体形成的原理。
系统	学生能够从系统层面上建构概念之间的变化关系并形成知识系统, 并应用概念解决和概念相关的实际问题	学生从系统层面整合染色体变异的类型、机制对性状的影响及合成应用, 并理解三种变异所对应的合种方法的联系与区别, 针对实际生活需求设计出合理的育种方案, 解决生活问题。

### 3. 基于学习进阶的“染色体变异”概念教学

基于学习进阶的“染色体变异”概念教学的实质是以学习进阶框架为基础,以“草莓育种”来作为主线情境,并将沿着经验、映射、关联、系统这一主线开展概念教学。在学习过程中,为了帮助学生理解概念,设置多个沿着主线情境开展的并启发学生思考的驱动问题串,在问题的引领下帮助学生完成跨越进阶层级的学习任务,最终学生能够自主构建完成“染色体变异”这一概念。

#### 3.1. 经验层级: 培育草莓品种, 引入探究主题

情境: 关于草莓品种的培育,科研人员利用秋水仙素培育出了东港草莓,导致它的细胞中染色体发生了变化,这种草莓丰产肉厚、口味鲜美、抗性强,深受人们喜爱。

驱动性问题 1: 东港草莓比普通草莓更大更甜,请同学们思考这可能与细胞中的染色体有什么关系?

学生行为: 基于生活经验(果实大小差异)和已学知识,学生推测:东港草莓的染色体数目可能发生了变化,导致果实变大。

设计意图: 学生通过观察直观的性状差异,初步意识到染色体可能发生“变化”,但尚未形成“染色体变异”的科学概念,处于对现象的感性认知阶段。

#### 3.2. 映射: 探究染色体变异的类型

##### 1) 染色体数目变异

教师展示普通草莓、东港草莓以及配子染色体组成图。

驱动性问题 2: ① 请同学们思考体细胞中两条形态大小相同的染色体是什么关系? ② 每个配子中的染色体是什么关系? 有何区别? ③ 仔细观察普通草莓和东港草莓体细胞中各有几个染色体组呢?

学生行为: 学生通过一系列逻辑紧密的问题串,小组合作自主构建染色体组、二倍体和多倍体的概念,并辨析其中的关系。

过渡: 我们可以发现这种染色体数目变异是成倍数的增加或减少,请同学们思考染色体数目还有其他方式的改变吗?

##### 2) 染色体结构变异

教师提供资料: 在自然或人为因素的影响下,染色体会发生断裂。研究人员发现草莓体细胞中的个别染色体也会发生结构的变化。教师请学生阅读书本 90 页内容,各小组利用手中的染色体模型模拟染色体断裂后重新拼接的方式,总结染色体结构变异的四种类型。

驱动性问题 3: 观察不同的拼接方式,染色体的结构明显发生了一些变化,请同学们试着阐释一下每种变化的特点呢?

学生行为: 观察结构变异案例,识别四种结构变异类型,理解“染色体结构变异通过改变基因数量、排列顺序影响性状”,并归纳:染色体变异可分为染色体数目变异与结构变异,其中数目变异可分为整倍数变异与非整倍数变异。

设计意图: 学生通过具体案例和模型比对,将“染色体数目、结构变化”与“染色体变异”概念直接映射,明确变异类型完成从“现象观察”到“概念建构”的关键过渡。

#### 3.3. 关联层级: 探究细胞分裂与染色体变异的关系

进阶过渡: 回顾细胞分裂的知识,思考染色体为什么会发生这样的变化呢?会有哪些人工手段诱导这一过程呢?教师展示普通草莓发育流程图。

驱动性问题 4: 请同学们回顾细胞分裂的知识,经减数分裂和受精作用发育成的个体,体细胞内染色

体数目与亲代关系是什么?

学生行为: 学生根据图从细胞分裂角度思考普通草莓(二倍体)经人工培育成东港草莓(四倍体)的原因并用染色体模型(两对同源染色体)模拟, 同时各小组同学分享展示细胞分裂异常而导致四倍体的染色体模型。学生归纳三种情况: 形成雌雄配子时减数分裂I后期同源染色体未分离; 形成雌雄配子时减数分裂II后期染色单体分离后移向同一极; 有丝分裂后期染色单体分离后都移向同一极。

教师利用 PPT 课件展示农民操作视频: 农作物种植中用秋水仙素或低温处理萌发种子或幼苗, 可以发育成四倍体。农民培育多倍体草莓时发现部分二倍体草莓配子经花药离体培养直接发育成个体, 这种方法便叫作单倍体育种。

驱动性问题 5: ① 秋水仙素或低温处理为什么能诱变为四倍体? 它们的作用原理是什么? ② 经花药离体培养的体细胞含几个染色体组? 称为几倍体? ③ 单倍体发育起点是什么? 单倍体体细胞内只含一个染色体组吗?

学生行为: 学生自主阅读, 说出秋水仙素或低温能抑制纺锤体形成, 使染色体不能移向两极, 引起染色体数目加倍。学生深入理解多倍体形成的机制及单倍体、染色体组的关系。

设计意图: 从“变异类型”过渡到“变异发生机制”, 展示普通草莓(二倍体)的发育流程图, 引导学生理解染色体数目与亲代的关系。学生将“细胞分裂异常”(减数分裂、有丝分裂错误)与“染色体数目变异”建立因果关系, 同时关联“发育起点”与“倍性判断”, 解决“单倍体  $\neq$  一个染色体组”的认知难点, 实现概念间逻辑关系的深度建构。

### 3.4. 系统层级: 探究染色体变异对性状的影响及育种应用

教师播放视频, 说明多倍体特点并展示科研资料: 科研人员在“艳丽”草莓的染色体上发现了倒位、易位现象。倒位或易位可能导致叶片皱缩、植株矮化或分枝异常, 影响光合速率。而重复或缺失可能会使部分基因过度或缺少表达, 打破原有基因表达的平衡。

驱动性问题 6: 请同学们尝试解释染色体变异为什么有可能引起生物性状变异?

学生活动: 基于概念图形式进行梳理。教师展示育种方法图解进行知识整合, 并引出驱动性问题 7:

① 上图中运用了哪些育种方法? 其原理是什么? ② 这些变异为什么可以遗传? 其本质是什么?

教师展示资料: 草莓有抗虫害(A)与抗盐碱(b)两种性状, 其中控制两对性状的基因位于两对同源染色体上。现有基因型为 AaBb 的草莓植株。请运用知识设计能缩短育种周期的方案。

学生行为: 系统整合基因突变、基因重组、染色体变异的育种区别与联系, 形成“可遗传变异”知识网络。学生选择并设计育种方案: ① 首先通过花药离体培养获得单倍体(AB、Ab、aB、ab); ② 其次再用秋水仙素处理获得染色体加倍的植株, 最后筛选纯合体。

设计意图: 学生从系统层面整合染色体变异的类型、机制、对性状的影响及育种应用, 与其他育种手段建立联系并能运用原理解决实际问题, 实现从“概念理解”到“实践应用”的系统进阶。

## 4. 教学反思

基于学习进阶理论进行概念教学, 能让教师准确追踪学生现阶段的概念理解水平、中间水平、预期水平等, 教学会更加符合学生的认知与思维规律, 能够帮助学生深度理解概念, 也能充分调动学生的积极性与自主性。因此, 教师在利用学习进阶完成教学时, 需要充分了解学生的前概念, 在全面掌握通识课标与教材的基础上, 理清概念与概念之间的进阶关系, 从而设计出合理的进阶路径。总而言之, 基于学习进阶理论的概念重视概念体系建立, 让学生在温故知新的过程中完成知识的大跨越, 能真正提升学生的学科核心素养。

## 参考文献

- [1] 刘晟, 刘恩山. 学习进阶: 关注学生认知发展和生活经验[J]. 教育学报, 2012, 8(2): 81-87.
- [2] 于梦书, 李彦. 基于学习进阶的“特异性免疫”概念教学[J]. 生物学教学, 2023, 48(10): 26-29.
- [3] 许宇伟, 何沂琳. 基于学习进阶理论的概念教学——以浙教版初中科学“大气的压强”一课为例[J]. 物理教师, 2024, 45(2): 38-41.
- [4] 李光宇. 学习进阶视域下的初中物理教学设计研究——以“功”概念教学为例[J]. 江苏教育, 2025(19): 75-78.
- [5] 廖治通. 学习进阶理念下高中生物教学新探[J]. 新课程研究, 2025(5): 38-40.
- [6] 郭玉英, 姚建欣. 基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J]. 课程·教材·教法, 2016, 36(11): 64-70.