

小麦和小黑麦种间竞争的探究实践

李忠琴, 高 雪, 焦成瑾*

天水师范大学生物工程与技术学院, 甘肃 天水

收稿日期: 2026年8月25日; 录用日期: 2026年10月20日; 发布日期: 2026年10月30日

摘 要

新课标将跨学科实践纳入课程内容体系, 对发展学生科学思维与探究能力提出了明确要求。本探究以小麦、小黑麦为材料, 采用无土栽培方式, 设置单种、混种对照实验, 严格控制单一变量, 通过测定株高、根长和植株鲜重这三项指标, 探究两种禾本科植物的种间竞争关系。实验结果显示, 混种条件下两种作物生长均受到抑制, 且小黑麦竞争优势更强。该实验具有材料获取便利、操作流程简洁、实验现象直观等特征, 有利于帮助学生深入理解对照实验的设计原理, 锻炼数据处理与分析能力, 综合提升学生生物学科核心素养。

关键词

小麦, 小黑麦, 无土栽培, 种间竞争

An Exploratory Practical Study on Interspecific Competition between Wheat and Triticale

Zhongqin Li, Xue Gao, Chengjin Jiao*

College of Bioengineering and Technology, Tianshui Normal University, Tianshui Gansu

Received: August 25, 2026; accepted: October 20, 2026; published: October 30, 2026

Abstract

The new curriculum standards integrate interdisciplinary practice into the curriculum framework and set clear requirements for developing students' scientific thinking and inquiry skills. This study uses wheat and triticale as experimental materials, employs soilless cultivation techniques, and conducts single-crop and mixed-crop control experiments with strict control over individual variables.

*通讯作者。

By measuring three key parameters—plant height, root length, and fresh plant weight—the study investigates the interspecific competitive relationship between these two grass-family crops. The experimental results indicate that the growth of both crops is suppressed under mixed-crop conditions, with triticale demonstrating a stronger competitive advantage. This experiment is characterized by the ease of material acquisition, a straightforward experimental procedure, and intuitive observation of experimental phenomena, making it an effective tool for helping students gain a deeper understanding of the design principles underlying control experiments, honing their data processing and analysis skills, and comprehensively enhancing their core competencies in the biological sciences.

Keywords

Wheat, Triticale, Soilless Cultivation, Interspecific Competition

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

《义务教育生物学课程标准（2022 年版 2025 年修订）》设置了“生物学与社会·跨学科实践”学习主题，提出了模型制作、植物栽培和动物饲养、发酵食品制作三类 11 项跨学科实践活动，引导学生综合运用科学、技术、工程学和数学的知识方法，解决真实问题，发展核心素养[1]。新课标中“植物栽培和动物饲养类跨学科实践活动”，明确将“探究植物无土栽培条件的控制”列为必选拓展项目，要求学生通过无土栽培实验，观察植物生长变化，探究环境条件对植物生长的影响[1]。

从生态学理论角度，生态位理论指出：同一群落内，两个物种利用的资源生态位发生重叠时，就会产生种间竞争；竞争排斥原理进一步表明，生态位高度重叠的物种，在资源有限条件下，竞争能力较弱的物种生长会受到更强抑制，难以占有同等资源份额[2]。小麦和小黑麦同属禾本科作物，二者生长周期、光照、水分、矿质营养的资源需求高度重合，生态位重叠度高，是开展种间竞争探究的理想实验材料。当二者共同生长，会为争夺阳光、水分、无机盐和生存空间展开竞争，这种种间关系会直接影响植物的生长发育。

当前初中生物教材对于种间竞争的内容描述较为有限，学生仅通过课本文字很难建立感性认知，对群落水平物种之间资源争夺、相互制约的现象缺少直观体验。同时，建构主义学习理论强调，学生的生物学概念需要依托真实动手探究活动完成建构，而非被动接收课本结论[3]。为落实教材中“栽培一种植物，探究所需的环境条件”跨学科综合实践项目，同时为高中阶段学习群落、种间竞争知识做好学习铺垫，设计了适配初中课堂的植物栽培探究实践活动。

2. 实验设计

2.1. 实验目的

理解种间竞争、生态位重叠等生态学基础概念，掌握对照实验、单一变量等实验设计原则；学会植物株高、根长和鲜重的测定方法，能完成数据记录、统计与分析，养成严谨求实的科学态度；通过完整探究流程，提升实验操作、小组协作能力，体会探究实践建构生物学概念的学习过程。

2.2. 实验材料与用具

实验材料：饱满、大小均匀、无病虫害的小麦种子、小黑麦种子；

实验器具：透明塑料栽培盒(长 × 宽 × 高 = 10 cm × 10 cm × 10 cm)、种子网(长 × 宽 = 7.5 cm × 7.5 cm)、直尺、电子分析天平、标签纸、记号笔、实验记录本等。

2.3. 实验变量与分组设计

自变量：植物种植方式，分为单种和混种两类。

因变量：植株生长状况，选取株高、根长和植株鲜重三项可量化指标，同时结合植株长势、叶片状态进行定性观察。

无关变量：光照时长、环境温度、自来水用量、种植数量、培养周期、摆放位置等。实验过程中尽量做到所有组别无关变量相对一致，排除外界因素对实验结果的干扰。

实验分组：共设置三组，每组设置 3 个重复，避免偶然误差。为严格遵循单一变量原则，统一所有栽培盒内植株总数量：单种组每盒放置 150 粒已催芽幼苗；混种组按照小麦 75 粒 + 小黑麦 75 粒进行搭配，总数量同样为 150 粒。单种组种植面积为 56.25 cm²，混种组种植面积为 28.125 cm²。

甲组(小麦单种组，对照组)：每盒定植 150 株小麦幼苗；

乙组(小黑麦单种组，对照组)：每盒定植 150 株小黑麦幼苗；

丙组(小麦 + 小黑麦混种组，实验组)：每盒定植小麦幼苗 75 株、小黑麦幼苗 75 株。

3. 实验操作步骤

种子预处理：挑选颗粒饱满的小麦、小黑麦种子，用自来水浸泡 6 小时至种子胚根微露(即露白)，挑选露白种子定植。

器具准备：将所有栽培盒清洗干净并晾干，贴上标签标注组别、种植类型与实验日期。

定植培养：在三组栽培盒中分别按照分组要求定植幼苗，将所有露白种子均匀摆放在种子网上，然后将种子网安放在栽培盒，加水至刚好接触露白种子，保证种子萌发幼苗胚根尽快进入水中不至于干死，最后将全部栽培盒放置在室内同一向阳位置，统一环境条件。

日常养护：每日固定时间观察植株生长状态，及时补水，持续培养 2 周，期间做好生长现象文字记录。

指标测定与数据记录：培养周期结束后，依次开展测量工作。使用直尺测量每一株植株的自然株高和根长，用吸水纸吸干植株表面水分，用分析天平称量整体植株鲜重；将每组 3 个重复栽培盒的数据汇总，计算平均值，整理形成原始数据统计表。

4. 实验结果与分析

4.1. 实验数据统计

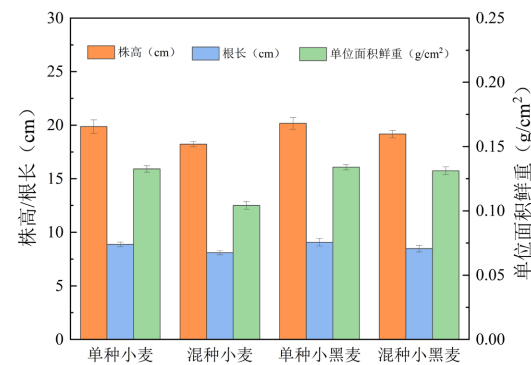


Figure 1. Growth parameters of wheat and triticale under different cultivation systems
图 1. 不同种植模式下小麦与小黑麦的生长指标

本次实验持续培养 2 周，完成株高、根长、鲜重测量后，计算各组平均值和标准偏差，不同处理之间平均值的显著性差异通过 ANOVA 检测(95%置信区间)，并制作柱状图(图 1)。

4.2. 实验结果分析

株高：对比单种组与混种组数据可以看出，混种环境中小麦、小黑麦的平均株高均明显低于对应单种组。小麦单种平均株高 19.87 cm，混种后降至 18.23 cm，生长抑制效果显著；小黑麦单种平均株高 20.17 cm，混种后为 19.17 cm，生长同样受到抑制，但下降幅度小于小麦。

根长：根系生长同样呈现竞争抑制。小麦单种平均根长 8.87 cm，混种后为 8.10 cm，根系明显缩短；小黑麦单种平均根长 9.07 cm，混种后为 8.47 cm，根系同样缩短，后者根系保持相对优势。

鲜重：植株鲜重直接反映生物量的积累情况。小麦单种单位面积鲜重 0.1326 g/cm²，混种后为 0.1042 g/cm²，鲜重减少；小黑麦单种单位面积鲜重 0.1340 g/cm²，混种后为 0.1312 g/cm²，生物量有所下降，但差异不显著，整体优于混种小麦。

为进一步量化竞争强度，引入 Wilson [4]的竞争指数(C_i , competitive index)和竞争平衡指数(C_b , competitive balance index)来描述其竞争干扰强度，表达如下：

$$C_i = \frac{W_{aa} + W_{bb}}{W_{ab} + W_{ba}} - 1$$

$$C_b = \ln \frac{W_{ab}/W_{ba}}{W_{aa}/W_{bb}}$$

式中， W_{aa} 、 W_{bb} 为单种产量， W_{ab} 、 W_{ba} 为混种产量。 C_i 反映了种间竞争的强弱程度， C_i 值越大，种间干扰竞争越强。 C_b 反映了 2 个种竞争力的相对大小，如果 $C_b=0$ ，则说明 2 个种竞争力相同，如果 $C_b \neq 0$ ，则说明一个种的竞争大于另一个种[5]。

经计算： $C_i \approx 0.1320$ ，表明竞争明显； $C_b \approx -0.2193 < 0$ ，小黑麦竞争力强于小麦。

定性观察：日常观察发现，单种组植株叶片舒展、颜色浓绿、长势旺盛；混种组植株整体长势良好，叶片颜色正常，但与单种组相比，叶片舒展程度稍逊、色泽略浅，其中小麦植株株高稍矮、叶片密度略低，受抑制表现相对更为明显。

4.3. 实验结论

综合定量数据与定性观察结果可得出结论：小麦与小黑麦之间存在明显的种间竞争关系。二者资源生态位高度重叠，在养分、空间、光照等资源有限的环境中，混种模式会同时抑制两种植物的生长发育；对比三项生长指标可知，小黑麦对环境资源的吸收、利用能力更强，种间竞争优势显著高于小麦。

5. 实践特色与优势

5.1. 探究设计

取材方便，城乡适合。小麦为常见作物，小黑麦为常见牧草，可轻松获取，直尺、电子天平均为常规器材，无需特殊高端仪器。

操作简便，安全性高。实验流程简单，无有毒试剂、危险操作，符合初中生实验操作能力水平。

现象直观，指标易测。将传统定性观察升级为定性 + 定量结合的探究模式，植株长势肉眼可辨，株高、根长、鲜重数据也可精准测量，数据结果说服力强。

周期适中，适合课外。2 周左右的培养周期，契合初中课后服务、综合实践课的时间安排，不会占用过多常规课时。

5.2. 育人价值

探究实践能全方位提升学生生物学核心素养。整个探究过程层层递进，从感知生物种间关系建立生命观念，到设计实验、分析数据发展科学思维，再到动手操作、长期观测锻炼探究实践能力，最后在协作、坚持、学以致用中培育态度责任，四大核心素养协同发展，契合新课标育人要求。

凸显跨学科育人价值。实践中融合数据统计、图表绘制，劳动教育栽培养护，小组合作、成果交流，打破学科边界，践行新课标跨学科实践要求，拓宽学生知识应用视野[6]。

转变课堂教学模式。改变“教师讲、学生听”的传统理论教学模式，本方案预设教学流程：教师创设群落物种竞争真实情境抛出问题，学生小组讨论完成实验分组设计；课下小组完成种子处理、栽培养护；课内完成指标测量、数据汇总绘图；小组汇报实验现象，师生共同讨论分析实验误差、实验结论，以学生动手探究为主体，充分调动学生学习主动性，提升课堂参与度与学习效率。

强化科学精神培养。数据测量、分析环节要求学生尊重客观数据，长期养护要求学生持之以恒，小组合作要求学生互帮互助，增强学生合作意识，助力学生形成良好的科学品质与道德品质。

6. 教学反思

本实验作为一套面向初中的跨学科实践活动方案，在落地实施层面仍存在若干现实挑战。

第一，学生人为测量带来系统误差。学生读取直尺刻度、天平称量时操作不规范，会带来数据偏差。教学层面，课前需要设置简短技能训练环节，演示根长、株高规范测量、植株吸水纸处理、天平称量操作要点，同时设置小组内双人复核读数，降低人为误差，落实严谨求实科学态度的培养目标。

第二，课下分散养护条件难以做到完全统一。课后服务环境下，不同小组浇水频次、光照摆放位置容易出现偏差。可设计标准化学生养护记录表，明确小组轮值分工，记录每日浇水、光照情况，尽量控制无关变量，同时引导学生讨论“养护不一致会对实验带来什么干扰”，把实施中的困难转化为探究课堂的生成性教学资源。

第三，班级学生数量多，栽培容器摆放拥挤，造成局部光照不均。可采用分组错峰摆放、定期轮换栽培盒位置的简易方案，均衡光照条件；同时引导学生思考无关变量控制在对照实验中的意义。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育生物学课程标准(2022 年版 2025 年修订) [S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2025.
- [2] 陈聪琳, 赵常明, 刘明伟, 等. 神农架南坡小叶青冈 + 曼青冈常绿阔叶林主要木本植物生态位与种间联结[J]. 生态学报, 2024, 44(11): 4889-4903.
- [3] 赵占良. 生物学概念的特点及其教学启示[J]. 中学生物教学, 2021(22): 4-9.
- [4] Wilson, S.D. (1988) Competition and Succession in Plant Communities. *Journal of Ecology*, **76**, 815-828.
- [5] 刘启宇, 云岚, 陈逸凡, 等. 苜蓿——禾草混播草地牧草产量及种间竞争关系的动态研究[J]. 草业学报, 2022, 31(3): 181-191.
- [6] 杨威, 郭思思, 崔鸿. 实施生物学与社会·跨学科实践活动的困境与策略[J]. 中学生物学, 2024(2): 3-5.