DOI：10.19789/j.1004-9398.2024.04.012
文献引用：王雨彤，吴宸羽，王文钰，等.2017—2023年北京高考生物学试题对科学探究核心素养的考查分析[J].首都师范大学学报（自然科学版），2024，45（4）：90-96. WANG Y T，WU C Y，WANG W Y，et al. Analysis of the core competence of scientific inquiry in biology tests of Beijing College Entrance Examinations from 2017 to 2023 [J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2024，45（4）：90-96.

2017—2023年北京高考生物学试题对科学探究核心素养的考查分析*

王雨彤[1]，吴宸羽[1]，王文钰[1]，刘雨婷[1]，刘雅萱[1]，陈志玲[1]，于　璇[2**]，杨志伟[1**]
（1. 首都师范大学生命科学学院，北京　100048；2. 北京大学附属中学，北京　100190）

摘要：为深入了解高考生物学试题如何对科学探究核心素养进行考查，本文参照《普通高中生物学课程标准（2017年版2020年修订）》，对2017—2023年北京高考生物学试题中科学探究试题进行了系统分析。研究表明，科学探究类试题数量占比≥40%，包括选择题和非选择题2个题型，考查范围覆盖了高中生物学教材的5个模块20个章节，其中基因工程、基因和染色体的关系、免疫调节与细胞的能量供应和利用考查频率较高。在学业质量水平方面，选择题多处于水平1~2；非选择题的考查在4个水平均有涉及，其中在水平1、2、3和4的考查百分数分别为9%、40%、40%和11%；在学科能力方面，选择题主要考查理解和应用，非选择题侧重考查应用、思辨和创新。以高频考点基因工程为例，可以得出科学探究试题趋向于更为复杂的实验情境，学业质量水平和学科能力要求提高，并出现多个知识点交叉融合的综合性题目。本研究可为中学生物学科学探究核心素养的培养提供一些启示和参考。

关键词：生物学；高考试题；科学探究；核心素养；学业质量；学科能力
中图分类号：G642.0　　**文献标志码**：A

Analysis of the core competence of scientific inquiry in biology tests of Beijing College Entrance Examinations from 2017 to 2023*

WANG Yutong[1]，WU Chenyu[1]，WANG Wenyu[1]，LIU Yuting[1]，LIU Yaxuan[1]，CHEN Zhiling[1]，YU Xuan[2**]，YANG Zhiwei[1**]
（1. College of Life Sciences，Capital Normal University，Beijing　100048；
2. High School Affiliated to Peking University，Beijing　100190）

Abstract：In order to deeply understand how the biological college entrance examination tests the core competence of scientific inquiry，this paper systematically analyzes the scientific inquiry questions of Beijing College Entrance Examination from 2017 to 2023 with reference to the *Biology Curriculum Standards for ordinary High Schools*（*2017 edition*，*2020 revision*）. The result shows that the proportion of scientific inquiry questions is ≥40%，including two types of multiple choice questions and non-multiple choice questions，and the scope of tests covers 20 chapters in 5 modules of biology

收稿日期：2024-03-19
* 北京市教育科学规划课题项目（CDDB21328）
** 通信作者：yuxuan@pkuschool.edu.cn；yangzw@cnu.edu.cn

textbooks in high school. Among them, gene engineering, relationship between genes and chromosomes, immune regulation, and cell energy supply and utilization are more frequently examined. In terms of academic quality, multiple-choice questions are mostly at level 1 to 2, non-multiple-choice questions are involved at all four levels, the proportion of tests with 1 to 4 is 9%, 40%, 40% and 11%, respectively. In terms of discipline ability, multiple choice questions mainly test the ability such as understanding and application, while non-multiple choice questions focus on the ability such as application, speculation and innovation. Taking genetic engineering as an example, it is evident that scientific inquiries often involve complex experimental scenarios, high standards for academic quality and discipline ability, and integration with multiple knowledge points. This study can provide some enlightenment and reference for the cultivation of the core competence of science inquiry in biology at middle school.

Keywords: biology; college entrance examination; scientific inquiry; core competence; academic quality; discipline ability

CLC: G642.0　　**DC**: A

0　引　言

根据《国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见》[1],高考生物学试题设计注重发挥生物学科特质与育人优势,传达生物学科育人理念,体现出必备知识、关键能力、学科素养和核心价值的考查目标,从基础性、综合性、应用性和创新性等方面进行考查。其中,关键能力是指在学科相关的生活或探究情境中,有效分析问题和解决问题的能力[2-4]。因此,高考生物学试题对实验和科学探究能力的考查已成为当前教育考试改革的重点之一[5-7]。

《普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)》(简称新课程标准)[8]指出:“科学探究是指能够发现现实世界中的生物学问题,针对特定的生物学现象,进行观察、提问、实验设计、方案实施以及对结果的交流与讨论的能力”。科学探究是科学思维的实证过程,高考生物学试题对科学探究能力的考查是体现科学思维的重要落脚点,主要涉及实验的假设、设计、结果解读及结论等维度,能够反映出学生在特定实验情境中分析问题和解决问题能力所达到的水平[3]。

目前针对高考生物学试卷中科学探究核心素养考查的研究多从命题策略[9]、例题分析[10-15]、备考和教学建议[16]等角度进行分析,对不同年度科学探究相关试题的比较分析较为空缺。因此,本文结合人民教育出版社2019年出版的高中生物学的教材[17-21],对2017—2019年北京市高考、2020—2023年北京市普通高中学业水平等级性考试(简称2017—2023年北京高考)生物学试题的科学探究相关试题进行选取和划分,分析试题所体现的学业质量水平和学科能力,以期了解高考中生物学学科对科学探究核心素养考查的特点,为中学教学和高考辅导提供参考。

1　研究材料和方法

为尽可能保证2017—2023年北京高考生物学试题分析的准确性,减小主观误差,本研究邀请了1位有20年以上教学经验的中学生物学教师作为顾问。参与试题分析的5位研究者分别对近7年高考试题进行独立分析,并通过小组交流和讨论确定各项分析结果。

1.1　科学探究试题划分标准

新课程标准指出“科学探究”核心素养是指能够发现现实世界中的生物学问题,针对特定的生物学现象,进行观察、提问、实验设计、方案实施以及对结果的交流与讨论的能力。本文据此对涉及科学探究内容的高考生物学试题进行判定,分为选择题和非选择题,选择题以试题为单位进行统计,非选择题以空为单位进行统计。以2017年北京高考生物学试卷第1题为例(图1)。本题主要考查了动植物有丝分裂的区别及显微镜的使用,属于科学探究关于实验问题的观察,故列为科学探究题。

1.2　科学探究试题体现学业质量水平划分标准

新课程标准对学科核心素养进行了4个水平的划分[8]。本文以此为依据,对4个水平进行如下概括性描述:水平1涉及简单的实验器具,给定的实验

（2017年 第1题）洋葱根尖和小鼠骨髓细胞都能用于观察细胞有丝分裂，比较实验操作和结果，叙述正确的是：（　）

A．都需要用盐酸溶液使细胞相互分离

B．都需要用低倍镜找到分裂细胞再换高倍镜观察

C．在有丝分裂中期都能观察到染色体数目加倍

D．在有丝分裂末期都能观察到细胞板

图1　2017年北京市高考生物学试卷第1题

方案，简单的实验操作和结果记录；水平2涉及在多个方案中选取恰当的方案并实施，记录和分析结果；水平3为针对特定情境提出问题，设计实验方案并实施，记录、分析和报告实验结果；水平4为针对日常生活的真实情境提出问题，设计并实施方案，用统计学方法分析实验结果，团队合作和交流。根据4个水平的区分标准，对试题的考查内容进行分析与判断，为试题划分水平等级。

以2022年北京高考生物学试卷第21题为例（图2），此题为基因工程相关科学探究类试题：第(1)题需要根据所学知识回答，属于学业质量水平1；第(2)题是对2个已有方案进行比较和分析，属于学业质量水平2；第(3)题需要学生设计实验方案，属于学业质量水平3；第(4)题需要学生对所设计的实验方案带来的结果进行分析，属于学业质量水平3；第(5)题需要说明实验设计的原理，属于学业质量水平3。

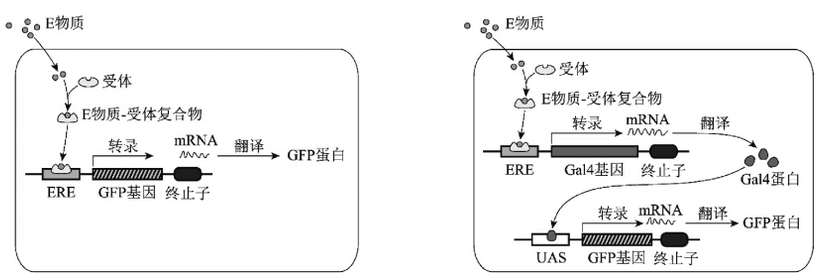
1.3　科学探究试题体现学科能力的划分标准

为探讨科学探究试题对学生学科能力的考查情况，本文参考孙鹏团队对生物学学科新能力要求的解读[5-6]，将科学探究试题分别划分为4个层级9项能力要求。区分要点概括如下：(1)理解层级，

（2022年 第21题）生态文明建设已成为我国的基本国策。水中雌激素类物质（E物质）污染会导致鱼类雌性化等异常，并通过食物链影响人体健康和生态安全。原产南亚的斑马鱼，其肌细胞、生殖细胞等存在E物质受体，且幼体透明。科学家将绿色荧光蛋白（GFP）等基因转入斑马鱼，建立了一种经济且快速的水体E物质监测方法。

（1）将表达载体导入斑马鱼受精卵的最佳方式是_____。

（2）为监测E物质，研究者设计了下图所示的两种方案制备转基因斑马鱼，其中ERE和酵母来源的UAS是两种诱导型启动子，分别被E物质-受体复合物和酵母来源的Gal4蛋白特异性激活，启动下游基因表达。



与方案1相比，方案2的主要优势是_____，因而被用于制备监测鱼（MO）。

（3）现拟制备一种不育的监测鱼SM，用于实际监测。SM需经MO和另一亲本（X）杂交获得。欲获得X，需从以下选项中选择启动子和基因，构建表达载体并转入野生型斑马鱼受精卵，经培育后进行筛选。请将选项的序号填入相应的方框中。

II. 启动子：

① ERE　　② UAS　　③ 使基因仅在生殖细胞表达的启动子（P生）

④ 使基因仅在肌细胞表达的启动子（P肌）

II. 基因：

A．GFP　　B．Gal4　　C．雌激素受体基因（ER）

D．仅导致生殖细胞凋亡的基因（dg）

（4）SM不育的原因是：成体SM自身产生雌激素，与受体结合后_____造成不育。

（5）使拟用于实际监测的SM不育的目的是_____。

图2　北京市2022年普通高中学业水平等级性考试生物学试卷第21题

包括辨认、比较和解读3种能力,其中辨认包括识别、表述知识,比较包括对知识之间的异同进行排序、归类或分类,解读包括对给定信息进行描述或转换。(2)应用层级,包括推理和归因2种能力,其中推理包括运用知识得出结果,归因包括解释导致实验结果的原因。(3)思辨层级,包括论证和评价2种能力。其中:论证指综合运用知识对信息进行分析与综合,得出结论;评价涉及阐释研究方案的合理性,论述结果与结论的一致性。(4)创新层级,包括假设和设计2种能力。其中:假设涉及综合分析研究结果,提出科学问题或假设;设计指提出或完善研究方案,预期研究结果。

以2022年北京高考生物学试卷第21题为例(图2):第(1)题需要利用动物细胞的基因转化知识,属于理解层级的辨认能力;第(2)题实验情境较为复杂,需要对2种实验方案进行综合分析得出结论,属于思辨层级的论证能力;第(3)题需要根据题意设计实验方案,属于创新层级的设计能力;第(4)题对实验结果进行综合分析,属于思辨层级的论证能力;第(5)题对实验设计的合理性进行评价,属于思辨层级的评价能力。

2　结果及分析

2.1　科学探究试题的类型

2017—2023年科学探究试题百分数的变化如表1所示。在7年高考的选择题中,科学探究试题数量在选择题中百分数均≥40%,在2019年达到100%。在非选择题中,科学探究类试题数量百分数在43%~55%,在2021和2022年均达到了55%。

表1　2017—2023年科学探究试题题型的百分数

单位:%

年份	选择题	非选择题
2017	80	46
2018	40	54
2019	100	48
2020	47	43
2021	40	55
2022	40	55
2023	40	50

2.2　科学探究试题的考查范围和考查重点

从章节分析,教材的必修部分包括分子与细胞、遗传与进化2个模块;选择性必修部分有稳态与调节、生物与环境、生物技术与工程3个模块,共5个模块25个章节,科学探究类题目所考查的知识点覆盖了5个模块的20个章节(表2),覆盖范围较大。其中,基因工程、基因和染色体的关系、免疫调节与细胞的能量供应和利用等章节考查频次较高,分别是19、18、16和13次。

表2　2017—2023年科学探究试题的章节考查频次

修读类型	模块	章节	考查频次/次
必修	分子与细胞	组成细胞的分子	2
		细胞的基本结构	6
		细胞的物质输入与输出	2
		细胞的能量供应和利用	13
		细胞的生命历程	4
	遗传与进化	遗传因子的发现	7
		基因和染色体的关系	18
		基因的表达	3
		基因突变及其他变异	4
		生物的进化	1
选修	稳态与调节	神经调节	10
		体液调节	4
		免疫调节	16
		植物生命活动的调节	5
	生物与环境	种群及其动态	5
		群落及其演替	4
		生态系统及其稳定性	4
		人与环境	1
	生物技术与工程	发酵工程	5
		细胞工程	7
		基因工程	19

2.3　科学探究试题的学业质量考查水平

2017—2023年科学探究不同题型的学业质量考查水平列于表3。选择题中,主要涉及水平1~2的考查。因此,选择题主要涉及相对简单的情境与难度相对较低的问题,考查学生能够选取恰当的实验方案,解读和分析实验结果。在非选择题中,科学探究的考查水平倾向于较高考查水平,试题难度增加。水平1~4考查百分数分别为9%、40%、40%和11%,说明非选择题对学生在复杂情境中分析和解决问题的能力做出了进一步的要求,要求学生能够根据实际问题设计实验方案,并综合分析实验结果、得出结论。

2.4　科学探究试题对学科能力的考查

2017—2023年科学探究不同题型的学科能力考查结果列于表4和5。选择题主要考查理解和应用2个层级,其中推理能力的考查频次最高,平均百分数为58%。因此,选择题对学科能力的考查重点

表3 2017—2023年科学探究不同题型的学业质量水平考查频次 单位:次

年份	选择题		非选择题			
	水平1	水平2	水平1	水平2	水平3	水平4
2017	2	2	1	3	6	1
2018	1	1	2	5	4	2
2019	1	4	1	5	3	2
2020	3	4	0	5	7	2
2021	3	3	2	6	7	2
2022	3	5	2	9	7	1
2023	2	5	1	8	6	1

为:依据所学生物学知识,能识别、比较特征或属性,对给定文字、表格或图示中的信息进行解读,运用生物学知识得出结果或解释原因。非选择题对理解、应用、思辨和创新4个层级均有考查。其中推理、论证和设计3个能力的考查频次较高,平均百分数分别为25%、28%和17%。因此,非选择题主要考查学生在给定情境中,综合运用生物学知识得出结果并阐明思维过程,要求学生根据实际问题提出或完善研究方案,并预期研究结果,对学生的实验设计和创新能力提出更高的要求。

表4 2017—2023年科学探究选择题的学科能力考查频次

单位:次

层级	能力	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
理解	辨认	—	—	1	—	3	1	—
	比较	1	—	—	1	—	1	—
	解读	1	1	—	2	—		3
应用	推理	2	1	4	3	3	5	4
	归因	—	—	—	1	—	—	—

注:—指无数据。

表5 2017—2023年科学探究非选择题的学科能力考查频次

单位:次

层级	能力	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
理解	辨认	—	—	—	—	—	1	1
	比较	—	—	—	—	—		—
	解读	1	2	1	—	2	2	—
应用	推理	2	2	4	3	5	5	5
	归因	1	3	1	2	1	3	3
思辨	论证	3	3	—	5	7	6	5
	评价	1	—	1	—	—	—	—
创新	假设	—	—	—	1	1	1	1
	设计	3	3	4	3	1	2	1

2.5 高频考点分析

在高考生物学试题中,基因工程是高频考点,占到2017—2023年北京高考科学探究题的17%,因此,以基因工程章节分析高考生物学试题对学业质量水平和学科能力的考查。目前基因工程技术已经渗透到生命科学研究的方方面面,是基因功能及表达调控研究的主要技术。基因工程包括工具酶、载体、基因和受体细胞4个要素,主要工作流程包括目的基因的筛选与获取、基因表达载体的构建、将目的基因导入受体细胞、目的基因的检测与鉴定等。基因工程类题目的考查内容涉及4个要素和关键技术流程,在应用方面不仅包括基因克隆,还引申到基因功能和表达调控的研究。

从题型分布来看,2017—2018年基因工程类题目仅出现在选择题中,从2019年开始,出现在非选择题中。从考查内容来看,早年题目主要涉及酶切位点、载体、引物使用和转化方法等相对单一的知识点;2020年及以后的题目出现基因表达、转录调控、基因融合、转基因表型鉴定等知识点,在同一题中综合考查多个知识点,研究情境更为复杂。

在学业质量水平方面,2017—2018年基因工程类题目均为水平2,主要考查学生对实验结果的观察和对实验设计的理解;从2019年开始,基因工程类题目考查难度逐渐增加,涉及水平3和4的考查,如实验设计、综合分析实验结果、得出结论和预测应用等。

在学科能力的考查方面,早年的题目主要在理解和应用层级,考查学生对实验结果的辨认、推理和解读;2020年及以后的题目均提供了相对复杂的研究情境,对学生在4个层级的能力进行了综合考查,并且对能力的要求逐渐提高。以2022年第21题为例(图2):第(1)题考查学生在理解层级的辨认能力,要识别出这道题是考查动物细胞的转化方法(显微注射法);第(2)题考查理解层级的比较能力和应用层级的推理能力,需要对2种实验方案进行比较,判断出方案2中利用上游激活序列(upstream activating sequence,UAS)启动子的灵敏度更高;第(3)题难度进一步加深,考查学生创新层级的设计能力,即根据题意设计出在受精卵中表达凋亡基因的实验方案;第(4和5)题考查学生在思辨层级的论证和评价能力,对实验结果进行综合分析和评价。此外,在基因工程类题目中还出现与其他知识点的交叉和融合,如2021年第20题对玉米果穗籽粒表型的研究,对遗传规律、基因克隆和基因表型等多个知识点进行综合考查,因此对学生的学科功底和

逻辑思维能力提出更高的要求。

总之,以基因工程高频考点入手,可知科学探究类题目的考题情境趋于复杂化,知识点交叉融合。目前,对学生综合分析能力的考查已成为常态。在未来更需关注创新能力的培养,即培养学生能够对陌生情境下的科学问题提出假设,并设计合理的实验方案,综合应用所学知识解决实际问题的能力。

3　讨论及建议

3.1　提高教师的科学素养

北京市高考生物学试题对科学探究的考查内容覆盖范围较大,覆盖了5个模块共20个章节的内容,其中,生物技术与工程模块中的基因工程考查频次最高,反映了分子生物学相关研究技术是科学探究题的主要考查内容。因此,科学探究试题对教师的科学素养提出了更高的要求,建议授课教师:一方面,在教学过程中应注重科学探究知识体系的全面性,在教学环节中注重培养学生科学探究兴趣[22-24];另一方面,应关注生物科学相关领域先进技术的发展和应用[25-26],如基因功能研究的基本策略和方法。教师团队或个人应主动收集和研讨相关科研论文,厘清相关研究思路和实验设计方案,并根据论文片段编写特定科研情境下的探究性题目[27],以训练学生的科学探究思维,使学生理解和掌握科学探究的正确思路与方法,弥补学生缺乏科学探究直接经验的短板。

3.2　加强学生的科学思维品质和创新能力的培养

高考科学探究试题注重对学生应用、思辨和创新等能力的考查。教师在教学过程中,应改变学生死记书本知识的学习习惯,在教学各个环节引导学生利用所学知识解决相关生物学问题,并将思维和推理过程完整地表达,切实加强对学生的科学思维品质和创新能力的培养。

在实验教学中,教师应通过科学史学习,回顾科学家们科学探究的艰苦历程,引导学生学习科学家的探索精神,树立科学研究的远大志向[28-29]。同时,教师可引导学生自主设计并完成课本中的实验内容,使学生在实验中参与科学探究过程,培养科学思维和实验动手能力,提高学生的科学探究素养[30-31]。

针对高考对学生科学探究和创新能力的更高要求,教师可以设计和开发有特色的校本课程,以高中教材中的科技前沿、与生活的联系、与社会的联系等作为选题,利用课余时间带领学生开展研究性学习及课外探究。还可在学校的支持下,进一步搭建中学实践教学平台,充分利用地方高校和科研院所的科研优势,将专家请进门或将学生带出去,以开阔学生的科技视野,培养科研素养,提升学生进行科学研究的实践能力。

4　结束语

本文通过对2017—2023年北京生物学高考题中科学探究试题进行比较和分析,揭示了科学探究试题的考查内容具有覆盖范围广、学业质量水平高、学科能力要求高等特点。科学探究试题覆盖高中生物学学科教材5个模块20个章节,学业质量要求水平2以上,侧重考察理解、应用、思辨和创新等学科能力。科学探究核心素养作为生物学高考的考查核心,对学生科学探究和创新能力提出了更高要求。因此,中学教师在未来的教学过程中,应在教学的各个环节注重培养学生科学探究兴趣,通过科学史的讲解激励学生的科学探究精神,通过指导学生自主设计实验,培养科学思维和实验动手能力;通过改革考试内容,编写真实科研情境下的探究性试题,以培养学生的科研思维。通过以上方式逐步提升学生的科学探究核心素养,为国家输送具有科技视野、科学思维和创新能力的新时代接班人。

志谢　感谢中国人民大学附属中学管旭老师对学科能力考查分析的指导。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国国务院.国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见[EB/OL].(2014-09-03)[2024-03-20].https://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/201409/t20140904_174543.html.

[2] 教育部考试中心.彰显学科特质 发挥育人功能:2019年高考生物试题评析[J].中国考试,2019(7):25-28.

[3] 郭学恒.高考生物学对实验与探究能力的考查[J].生物学教学,2018,43(8):71-73.

[4] 于涵.新时代的高考定位与内容改革实施路径[J].中国考试,2019(1):1-9.

[5] 孙鹏,管旭,徐捷.高考北京卷生物学学科新能力要求解读[J].生物学教学,2018,43(9):52-55.

[6] 孙鹏.高中生物学核心素养测评框架与评价指标体系的构建[J].课程·教材·教法,2023,43(9):130-137.

[7] 潘苏东,岳晓婷,刘增泽.高考新政下高中生科学素养调查及培养策略[J].课程·教材·教法,2020,40(7):

118-123.
[8] 教育部.普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
[9] 俞如旺,林帆,郑丽对.例析科技论文为素材的高考生物学科命题策略[J].课程·教材·教法,2013,33(10):94-99.
[10] 王魏然.例析高考生物学试题中的科学探究核心素养[J].生物学教学,2020,45(2):51-54.
[11] 周有祥.探究与思维 梳理与推敲:2018年北京高考生物学第29题解读[J].生物学教学,2019,44(2):60-62.
[12] 邓过房.核心素养导向的光合作用类高考试题分析:以2019年全国I卷第29题为例[J].生物学教学,2019,44(10):62-63.
[13] 张国权.从学科素养视角透视2019年北京高考第29题[J].中学生物教学,2019(12):64-66.
[14] 盛小海.欲擒故纵,科学考查核心实验素养:2017年全国I卷理综第29题窥探[J].中学生物教学,2018(6):70-71.
[15] 黄桂芳,胡刚,张忠华.2018年高考III卷第29题的分析及教学建议[J].中学生物教学,2018(10):58-60.
[16] 刘晓静,王庆红."高考生物实验探究题"复习课教学设计:科学探究思路、信息的获取与转换[J].中学生物教学,2018(20):50-52.
[17] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物学 必修1 分子与细胞[M].北京:人民教育出版社,2019.
[18] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物学 必修2 遗传与进化[M].北京:人民教育出版社,2019.
[19] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物学 选修1 稳态与调节[M].北京:人民教育出版社,2019.
[20] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物学 选修2 生物与环境[M].北京:人民教育出版社,2019.
[21] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物学 选修3 生物技术与工程[M].北京:人民教育出版社,2019.
[22] 尹慧,古牧,孙怡然.在生物实验中培养学生学习兴趣与学科核心素养[J].中国教育学刊,2023(增刊2):153-155.
[23] 周伟明.基于实验探究的"生物催化剂 酶"的教学设计[J].生物学教学,2019,44(7):31-32.
[24] 赵雪梅.优化生物实验教学培养科学探究核心素养[J].中小学实验与装备,2020,30(3):30-32.
[25] 蒋金金,苏汉东,洪登峰,等.植物生物技术研究进展[J].植物生理学报,2023,59(8):1436-1462.
[26] 魏珣,张娟,江易林,等.生物农业前沿技术研究进展[J].中国生物工程杂志,2024,44(1):41-51.
[27] 戚兰,王华震.指向科学核心素养的生物学探究试题命制[J].理科考试研究,2024,31(6):61-63.
[28] 林亚.科学史阅读与科学精神的培养[J].基础教育课程,2020(8):69-73.
[29] 周红.基于生物科学史的高中生物学命题策略研究[J].生物学教学,2020,45(4):45-48.
[30] 汪婷婷,戴赟,黄建书.基于学科核心素养的"探究影响光合作用的因素"实验教学设计[J].生物学教学,2020,45(10):37-40.
[31] 王琼辉.培育高中生科学探究素养的有效策略[J].教师,2020(27):88-90.

(责任编辑:王 媛)