



**Female Students' Viewpoints on the Importance of Designing and
Replacing Simple Biology Experiments with Experimental Science
Laboratory Books on Teaching and Learning Biological Concepts in
District 10 of Tehran**

A. Gholami^{*1}, **T. S. Bagheri Shabestari²**

1. Associate Professor, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran. (Corresponding Author).

2. Master of Biology Education, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type: Research

Article history:

Received: 2025/08/04

Revised: 2025/08/12

Accepted: 2026/01/18

Published: 2025/12/22

Keywords:

biology,
education,
experiment design,
experimental Science
laboratory.

Authors:

1. a.gholami@cfu.ac.ir ✉

2. bagheri.tahereh1400@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Using laboratory activities in biology teaching with an emphasis on observation and group activity is considered one of the methods that fosters innovation and creativity. Considering the importance of the advantages of the laboratory method and limitations such as the lack of laboratory equipment, especially in underdeveloped areas; this study aimed to design simple experiments as an alternative to the biology experiments in the Experimental Science Laboratory Books (1) and (2) and to examine the viewpoints of female students in District 10 of Tehran on the teaching-learning process of biology concepts. **Methods:** The present study is applied research and was conducted using a mixed methods in two qualitative and quantitative phases. From the statistical population of tenth and eleventh grade students in Tehran (district 10), 120 female students were selected in the 1401-1402 academic year using convenience sampling. Data collection was conducted using the library method and interviews with 48 teachers. After interviewing teachers, 6 experiments were selected from the books. Then, simple experiments were designed and implemented as alternatives. A researcher-made 5-point Likert-type questionnaire was used to survey students' viewpoints about alternative tests. In the descriptive statistics section, indicators such as frequency, mean, and standard deviation were used, and in the inferential statistics section, the Kolmogorov-Smirnov test and one-sample t-test were used. **Findings:** The results showed that the mean scores obtained in all variables were significant at the level of ($p < 0.01$). Therefore, using the laboratory method through experimental design with minimal facilities has a positive effect on improving the learning of biology concepts, the ability to conduct experiments, understanding the concepts being tested, psychomotor skills, as well as students' communication skills. **Conclusion:** Assigning the highest average scores to the feasibility of conducting experiments due to their simplicity and low cost, and the students' understanding of biological concepts, indicates the high importance of these two categories, which have a significant impact on the students' scientific, skill, and attitudinal development.

Citation (APA): Gholami, A., & Bagheri Shabestari. T. S. (2025). Female Students' Viewpoints on the Importance of Designing and Replacing Simple Biology Experiments with Experimental Science Laboratory Books on Teaching and Learning Biological Concepts in District 10 of Tehran. *Journal of Teacher's Professional Development*, 10(4), 137-164.

 <https://doi.org/10.48310/tpd.2026.16901.1707>



© Author(s)

Publisher: Farhangian University

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

One of the important factors in experimental science education is laboratory activities because they develop students' knowledge, attitudes, and skills. Previous research in biology education shows that the use of images, videos, simulated models, and especially laboratory activities prevented many misunderstandings. Active student participation also improves learning outcomes. Simplicity and comprehensibility of content, and simple and engaging experiments are a valuable teaching strategy. Considering the importance of conducting experiments in the learning process, it is not appropriate to not conduct experiments due to lack of facilities. Due to the lack of laboratory equipment and materials in most schools in the country and the lack of sufficient research on this subject, the main goal of this research was to design and replace simple biology experiments in order to teach and better understand concepts and increase motivation in students.

Methodology

The present study is applied in terms of purpose and mixed in terms of method. The research consists of two qualitative and quantitative parts. The qualitative part of the research was conducted using the phenomenological method. The managers of the Tehran Science Laboratory subject group selected and introduced capable and experienced teachers. Data collection was conducted through semi-structured interpersonal interviews. Face and content validity were used to verify the validity of the interview questions. After studying the theoretical foundations, empirical background, and the nature of the method, the questions were designed and approved by three experts. Data collection continued until theoretical saturation was reached, and the saturation point was reached with 48 participants. The findings were validated using interviewee review and peer review.

The statistical population in the quantitative section included female students in the tenth and eleventh grades of District 10 of Tehran in the academic year 1401-1402. The research sample was available and included 120 students from an all-girls high school. According to the results of the teachers' interviews, 6 experiments were selected from the experimental science laboratory books. Then, simpler experiments were designed, substituted, and conducted by students in groups so that they could be carried out even at home and pursued the same educational goals. To examine students' views on the designed experiments, a researcher-made questionnaire was prepared on a 5-point Likert scale. The questionnaire was a set of targeted questions consisting of 20 items with four criteria including the ability to perform experiments, development of conceptual understanding, development of psychomotor skills, and communication skills. The content of the questionnaire was confirmed by five experts. The face validity was also confirmed by the responses of a number of sample individuals. The Cronbach's alpha coefficient calculated for all questionnaires (0.824) indicates their high reliability. After implementing each of the 6 designed experiments, the questionnaire was completed and analyzed individually by all students. Quantitative data analysis was performed at two levels of descriptive and inferential statistics. In the descriptive statistics section, indicators such as frequency, mean, and standard deviation were examined. In the inferential section, one-sample t-test was used.

Findings

Based on the results obtained, in all hypotheses, the values of skewness and kurtosis are between (+2 and -2) and the data have a normal distribution at the 0.05 level. Also, the significance level of the calculated statistic in all hypotheses is greater than 0.05, so the assumption of normal distribution of scores is accepted. After collecting information, the reasons for not conducting the tests were identified. The most important factor was the absence or severe shortage of laboratories and related facilities in most schools, especially schools in deprived areas. Based on the results of the interviews, the researcher designed alternative experiments for 6 biology experiments in the experimental science laboratory books. The methodology and results of the new experiments were confirmed by 8 experts. After each experiment was performed by the students, the questionnaire was completed by the entire sample. Based on the results from the perspective of the respondents to the questionnaires, teaching in the laboratory method through designing experiments with minimal facilities has a great impact on learning biology concepts, the ability to perform experiments, understanding the concepts being tested, psychomotor skills, and also communication skills of students.

Discussion and Conclusion

The purpose of this study was to investigate the views of female students in District 10 of Tehran on the importance of designing and replacing simple biology experiments in experimental science laboratory books on teaching and learning biological concepts. After collecting data from interviews with teachers, the reason for not implementing some biology tests in many schools was determined. Among the categories mentioned, the most frequent is related to the laboratory and its equipment. Teacher expertise in conducting textbook experiments is also in second place. Based on the results obtained, it can be seen that the average scores obtained from the Likert questionnaire, from highest to lowest, were as follows: implementation ability with an average score of 4.07, understanding the concept of 3.96, teaching biology concepts of 3.92, developing communication skills of 3.88, and finally developing psychomotor skills of 3.79. In all hypotheses, the average score is higher than the theoretical average score (number 3). This is indicative of the fact that the present study and the laboratory method received a lot of attention, and the greatest attention was paid to the implementability variable, which received the highest average score. This issue is also worth considering and shows that from the students' perspective, the availability of materials and equipment, low cost, and simplicity of experiments are very important. One solution is to design simple experiments that, while being simple and tangible, turn students' theoretical activities into practical experiences, increasing morale, self-confidence, and promoting creativity. It also helps students acquire skills that they can use in their daily lives, ultimately creating effective and meaningful learning. In line with the results obtained from this research, it is recommended to design alternative experiments using artificial intelligence, prepare educational aid packages for creative teaching of experimental science laboratories, use virtual laboratories, revise the experiments in the biology section of experimental science laboratory textbooks, and introduce alternative experiments in the teacher's guidebook.



بررسی دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران در زمینه اهمیت طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی بر یاددهی - یادگیری

مفاهیم زیستی

اعظم غلامی^{۱*}، طاهره سادات باقری شبستری^۲

۱. دانشیار، گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

۲. کارشناس ارشد، رشته آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

واژه‌های کلیدی:

آزمایشگاه علوم تجربی،

آموزش،

زیست‌شناسی،

طراحی آزمایش.

نویسندگان:

1. azam.gholami@cfu.ac.ir

2. bagheri.tahereh1400@gmail.com

پیشینه و اهداف: به‌کارگیری فعالیت‌های آزمایشگاهی در تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر مشاهده و فعالیت گروهی، یکی از روش‌های زمینه‌ساز نوآوری و خلاقیت محسوب می‌شود. به دلیل اهمیت مزایای روش آزمایشگاهی و محدودیت‌هایی مثل کمبود تجهیزات آزمایشگاهی، بخصوص در مناطق محروم؛ این پژوهش با هدف طراحی آزمایش‌های ساده، به‌عنوان جایگزین آزمایش‌های زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی (۱) و (۲) و بررسی دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران بر فرایند یاددهی-یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی، انجام شد. **روش:** پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، ترکیبی است و در دو بخش کیفی و کمی انجام شده است. از جامعه آماری دانش‌آموزان پایه‌های دهم و یازدهم منطقه ۱۰ تهران، ۱۲۰ دانش‌آموز دختر در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. جمع‌آوری داده‌ها با روش کتابخانه‌ای و مصاحبه با ۴۸ دبیر برای انتخاب آزمایش‌هایی که قابلیت اجرای آن‌ها در مدارس با مشکل، مواجه می‌شود، انجام شد. ۶ آزمایش از کتاب‌های مذکور، انتخاب شد و مورد تحلیل قرار گرفت؛ سپس آزمایش‌های ساده به‌عنوان جایگزین، طراحی و اجرا شد. از پرسش‌نامه محقق‌ساخته ۵ درجه‌ای لیکرت برای نظرسنجی از دانش‌آموزان در خصوص آزمایش‌های جایگزین، استفاده شد. در بخش آمار توصیفی، شاخص‌هایی نظیر فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد و در بخش آمار استنباطی از آزمون کالموگروف-اسمیرنوف و آزمون t تک نمونه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. **یافته‌ها:** نتایج یافته‌ها نشان داد میانگین نمرات به‌دست‌آمده در کلیه متغیرها در سطح (p<۰/۰۱) معنادار است؛ بنابراین تدریس به روش آزمایشگاهی از طریق طراحی آزمایش با حداقل امکانات، بر بهبود یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی، قابلیت اجرای آزمایش‌ها، درک مفاهیم موردآزمایش، مهارت‌های روانی-حرکتی همچنین مهارت‌های ارتباطی دانش‌آموزان، تأثیر مثبت داشته است. **نتیجه‌گیری:** اختصاص بالاترین میانگین نمرات به قابلیت اجرای آزمایش به دلیل سادگی و کم‌هزینه بودن و درک مفاهیم زیستی توسط فراگیران، نشان‌دهنده اهمیت بالای این دو مقوله بوده که تأثیر زیادی در رشد علمی، مهارتی و نگرشی فراگیران دارند.

استناد به این مقاله (APA): غلامی، اعظم؛ باقری شبستری، طاهره سادات. (۱۴۰۴). بررسی دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران در زمینه اهمیت طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی بر یاددهی - یادگیری مفاهیم زیستی. *توسعه حرفه‌ای معلم*, ۱۰(۴), ۱۶۴-۱۳۷.

DOI: 10.48310/tpd.2026.16901.1707



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

با توجه به تحولات علم زیست‌شناسی، تحول در روش‌های آموزش آن نیز امری ضروری است. از آنجا که مشاهده، مهم‌ترین مهارت در آموزش علوم تجربی و بخصوص، زیست‌شناسی است، بایستی روش‌های جدید با تأکید بر مشاهده، طراحی و اجرا شوند. روش‌های تدریس سنتی که بر مشاهده و فعالیت گروهی تأکید ندارند، در آموزش فراگیران کارآمد نیستند (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ صفاری بروجنی، ۱۳۹۶). نظریه‌پردازان آموزشی معتقدند اگر فراگیر، خود به جستجو بپردازد، یادگیری، عمیق‌تر و سودمندتر خواهد بود (پاک‌طینت و رحیمی، ۱۳۹۵).

یکی از ارکان مهم آموزش علوم تجربی، فعالیت‌های آزمایشگاهی است، چرا که موجبات رشد دانش، مهارت و نگرش دانش‌آموزان را فراهم می‌سازد (بدریان و همکاران، ۱۳۸۷). در آموزش علوم تجربی، اگر صرفاً به بیان حقایق و اصول علمی پرداخته شود، پس از مدت کوتاهی، به فراموشی سپرده خواهند شد (قربانی، ۱۳۹۴). کریمی‌زاده و تقوی (۱۳۹۶) با اشاره به مخروپ یادگیری ادگاردیل^۱ بیان کردند فراگیران پس از دو هفته، ۹۰ درصد آن‌چه را که به‌طور عملی تجربه می‌کنند به خاطر می‌آورند؛ اما تنها ۲۰ درصد آن‌چه را که فقط می‌شنوند، به خاطر خواهند داشت. تمرینات آزمایشگاهی با تأکید بر یادگیری فعال، درک عمیق‌تر و ماندگارتری از فرایندهای علمی ایجاد می‌کنند (بوربور و آذرهوش‌فتیده، ۱۴۰۱). کاتسیس^۲ (۲۰۲۴) در مقاله‌ای تحت عنوان اهمیت آزمایش در آموزش علوم مبتنی بر پژوهش^۳ بیان داشت، آموزش علوم مبتنی بر پژوهش، به دلیل بهبود درک دانش‌آموزان از ایده‌ها و رویه‌های علمی، در سال‌های اخیر، مورد توجه قرار گرفته‌است. آزمایش‌ها در IBST بسیار مهم هستند، زیرا ابزارهای کلیدی برای ترویج و انجام پژوهش در کلاس درس هستند. نتایج او تأثیر آزمایش بر مشارکت فعال، تفکر انتقادی و درک مفهومی بهتر دانش‌آموزان را نشان داد.

با روی کارآمدن نظام آموزشی جدید، جنبه مهارتی، تأثیر زیادی بر محتوای آموزشی دروس علوم تجربی دوره متوسطه داشته است (کریمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). به دلیل اهمیت جنبه مهارتی، پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند برای غلبه بر چالش‌های روش آزمایشگاهی، برنامه آموزشی برای کسب مهارت‌های تدریس آزمایشگاهی جهت معلمان زیست‌شناسی ارائه شود تا کلاس درس به محیطی فعال و تعاملی تبدیل شود (العوادی و عبدالوحید^۴، ۲۰۲۳). پژوهش‌های قبلی در زیست‌شناسی نشان می‌دهند به‌کارگیری تصاویر، ویدیوها، مدل‌های شبیه‌سازی‌شده و خصوصاً فعالیت‌های آزمایشگاهی، بسیاری از بدفهمی‌ها را برطرف می‌کنند. مشارکت فعال دانش‌آموزان باعث بهبود نتایج یادگیری می‌شود. بنابراین معلمان، نقش مهمی در شناخت روش‌های مورد استفاده در انتقال دانش و آموزش مؤثر مفاهیم زیستی به آن‌ها ایفا می‌کنند (تزولا و کدراکا^۵، ۲۰۲۰). در این میان، پایبندی به برنامه

1. Edgar Dale
2. Kotsis
3. Inquiry-based Science Teaching (IBST)
4. Al-Awadi & Abdulwahid
5. Tzovla & Kedraka

درسی، مانع غنی‌سازی محتوای درسی و فعالیت‌های عملی شده و مدرس، ملزم به تدریس و ارزشیابی از آن می‌شود و دانش‌آموزان، بدون کسب تجربه عملی و به‌کارگیری خلاقیت، فقط روی دانش تئوری، تمرکز خواهند داشت (صمدی، ۱۳۹۸؛ اکرمی و دهقانی، ۱۴۰۰؛ العوادی و عبدالوحید، ۲۰۲۳). فعالیت‌های آزمایشگاهی و پژوهشی در حین یادگیری زیست‌شناسی باعث تقویت خلاقیت و درک عمیق‌تر می‌شوند. عبدوسمیو^۱ (۲۰۲۲) نیز بیان کرد آموزش زیست‌شناسی باید همراه با مشاهده و آزمایش عملی باشد و در صورت نبودن تجهیزات مورد نیاز، باید این مشکلات را با راهکارهایی مثل خلاقیت معلم، دانش‌آموزان و مدیران حل کرد.

طبق بررسی‌های انجام‌شده تا به حال پژوهشی در حوزه موضوع پژوهش حاضر، انجام نشده‌است؛ اما مطالعات بهرامی‌مداح و سرکان (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان طراحی آزمایش‌های ساده جهت تسهیل یادگیری مفاهیم شیمی متوسطه دوم و امانی و اکرمی (۱۴۰۳) در پژوهشی با عنوان طراحی فعالیت‌های خلاقانه عملی و آزمایشگاهی در آموزش شیمی «مؤید اثربخشی طراحی آزمایش‌های ساده، خلاقانه و کم‌هزینه در تسهیل یادگیری درس شیمی است. صابری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود بیان کردند فعالیت‌های عملی آزمایشگاهی، نقش مؤثری در یادگیری عمیق و پایدار و ایجاد انگیزش دارند و کمبود امکانات آزمایشگاهی ازجمله مهم‌ترین چالش‌ها است. میری‌رامشه (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان طراحی آزمایش‌های ساده و کم‌هزینه، ضمن معرفی روش‌های طراحی چنین آزمایش‌هایی در درس شیمی و تأکید بر تأثیر انجام آزمایش در کاهش بدفهمی دانش‌آموزان، بیان کردند که نباید به دلایل مختلف از انجام آزمایش، صرف‌نظر شود.

تدریس به روش آزمایش در زیست‌شناسی، بر یادگیری دانش‌آموزان و درک عمیق‌تر مفاهیم، تأثیر مثبتی دارد (غلامی و قربانی، ۱۳۹۷). همیشه سادگی و قابل فهم بودن مطالب به همراه آزمایش‌های ساده و جذاب، راهکاری ارزنده در تدریس محسوب می‌شود (رجبی، ۱۳۹۹). بنابراین به دلیل اهمیت انجام آزمایش در یادگیری نباید به بهانه نبود امکانات، دانش‌آموزان را از این امر ضروری، محروم کرد. برخی از فعالیت‌های یاددهی-یادگیری می‌توانند خارج از آزمایشگاه انجام شوند؛ زیرا در ترکیب با سایر روش‌های تدریس فعال، در افزایش مهارت‌های عملی و یادگیری، مؤثر هستند (لای^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). روبل‌دو^۳ (۲۰۲۱) در پژوهشی به ویژگی‌های مثبت انجام آزمایش‌های زیست‌شناسی دانش‌آموزان در خانه، تأکید کرده است. همچنین روبل‌دو و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند شرکت‌کنندگان، موافق این نوع آزمایش‌ها بودند؛ چراکه مطابق با درس و بدون خطر بوده و باعث افزایش دانش و ادراک شده و به دلایل در دسترس بودن، سرگرم‌کننده و چالش برانگیز بودن، مورد توجه معلمان، دانش‌آموزان و والدین قرار گرفتند. پژوهش انجام آزمایش‌های خانگی درس ژنتیک نیز اثربخشی آن‌ها را در فرایند یادگیری تأیید کرد. اثربخشی توانمندسازی دانش‌آموزان برای یادگیری در آزمایش‌های آزمایشگاهی خانگی، به انعطاف‌پذیری، باز بودن و فرصت برای یافتن راه‌ها و بهبود

1. Abdussemmi

2. Lai

3. Robledo

آزمایش‌های آزمایشگاهی خانگی، بستگی دارد؛ بنابراین محققان به‌طور کلی ترویج و ادامه روش‌ها و شیوه‌های به‌دست‌آمده در طول آزمایش‌های آزمایشگاهی خانگی در کلاس درس را توصیه می‌کنند (ماگلajos^۱ و همکاران، ۲۰۲۴).

مطالعات نشان داده‌اند در مواردی که آزمایش موجود در کتاب درسی و منابع آموزشی، قابل اجرا نیست، طراحی و کاربرد جایگزین آزمایش، راهکار مناسبی است. در پژوهشی که کالمکوش و کالمکوش^۲ (۲۰۲۴) در مورد تأثیرات طراحی آزمایش‌های علمی با زبان برنامه‌نویسی بصری بر نتایج یادگیری انجام دادند، مشخص شد طراحی و جایگزینی آزمایش‌های کتاب درسی می‌تواند باعث افزایش انگیزه و علاقه یادگیری در دانش‌آموزان شده و فرایند یاددهی-یادگیری را بهبود بخشد. بر اساس نتایج پژوهش شائو^۳ و همکاران (۲۰۲۴) درخصوص مقایسه اثربخشی تماشای ویدیو و آزمایش‌های عملی برای یادگیری علوم، نتایج نشان داد که از نظر دانش علمی، تفاوت بین ویدیوهای علمی و آزمایش‌های عملی، معنادار نبود؛ از نظر قابلیت مدل‌سازی، کلاس عملی، نتایج بهتری در مورد درک و کاربرد مواد داشت؛ همچنین آزمایش‌های دقیق‌تر، تأثیرات بهتری بر رفتار بهداشتی داشتند، اما تفاوت معناداری بین آزمایش‌های غیردقیق و ویدیوهای علمی وجود نداشت. بنابراین، در غیاب تجهیزات آزمایشگاهی، ویدیوهای علمی می‌توانند یک راه حل جایگزین باشند. این یافته‌ها در پژوهشی با عنوان جایگزین‌هایی برای تجربیات آزمایشگاهی سنتی علوم فیزیکی نیز تأیید شده‌اند (کنپول و اوگونسولا-باندله^۴، ۲۰۲۴). گزارش سین^۵ (۲۰۲۴) نیز درخصوص جایگزین‌های استفاده از آزمایش‌های حیوانی در آموزش و پژوهش، بر اهمیت و لزوم استفاده از روش‌های جایگزین در شرایط خاص، تأکید دارد؛ زیرا در سال‌های اخیر، انجمن‌های حمایت از حیوانات آزمایشگاهی بر به حداقل رساندن آزار و اذیت حیوانات تأکید دارند. آن‌ها معتقدند بر اساس مؤلفه‌های اخلاق زیستی، برای موارد آموزشی مانند تشریح می‌توان به‌جای آزمایشگاه واقعی از آزمایشگاه‌های مجازی، فیلم آموزشی و هوش مصنوعی استفاده کرد.

کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی (۱) (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰) و آزمایشگاه علوم تجربی (۲) (بازوبندی و همکاران، ۱۴۰۰) مربوط به پایه‌های دهم و یازدهم ازجمله کتاب‌های جدیدالتألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی وزارت آموزش و پرورش هستند که تدریس آن‌ها با چالش‌های جدی مواجه است. حتی کتاب‌های راهنمای معلم آزمایشگاه علوم تجربی ۱ (بازوبندی و همکاران، ۱۳۹۶) و آزمایشگاه علوم تجربی ۲ (حذرخانی و همکاران، ۱۳۹۸) نیز در زمینه مشکلات تدریس، کمک چندانی به دبیران نمی‌کنند. محتوای این کتاب‌ها، مشتمل بر آزمایش‌های علوم تجربی در چهار حیطه زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی هستند. با توجه به اهمیت فعالیت‌های آزمایشگاهی و کمبود وسایل و مواد آزمایشگاهی در بیشتر مدارس کشور، بخصوص مناطق محروم، همچنین عدم

1. Maglajos

2. Kalemkuş & Kalemkuş

3. Shao

4. Kennepohl & Ogunsola-Bandle

5. Singh

انجام پژوهش‌های مکفی در مورد آموزش این دروس، طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده در مورد تعدادی از آزمایش‌های زیست‌شناسی این کتاب‌ها به منظور آموزش و درک بهتر مفاهیم و افزایش علاقه و انگیزه در دانش‌آموزان، هدف اصلی پژوهش حاضر است. از این‌رو سؤالات اصلی پژوهش عبارتند از:

۱. از نظر دبیران، کدام یک از آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی دوره دوم متوسطه در مدارس، قابلیت اجرا ندارند؟
۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران نسبت به طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی و تأثیر آن بر یاددهی-یادگیری مفاهیم زیستی چیست؟

سؤالات فرعی مرتبط با سؤال دوم پژوهش:

- ۱-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین در یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی چیست؟
- ۲-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به قابلیت اجرای آزمایش‌های جایگزین چیست؟
- ۳-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر درک دانش‌آموزان از مفاهیم زیست‌شناسی چیست؟
- ۴-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر مهارت‌های روانی-حرکتی دانش‌آموزان چیست؟
- ۵-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر مهارت‌های ارتباطی دانش‌آموزان چیست؟

روش پژوهش

روش: پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، ترکیبی است. پژوهش شامل دو بخش کیفی و کمی است. بخش کیفی پژوهش با روش پدیدارشناسی و بخش کمی با روش نیمه‌آزمایشی انجام گرفته است.

جامعه و نمونه: در بخش کمی، جامعه آماری شامل دانش‌آموزان دختر پایه‌های دهم و یازدهم منطقه ۱۰ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بود. نمونه پژوهش، در دسترس و برابر با ۱۲۰ دانش‌آموز از دبیرستان‌های دخترانه، شامل دو کلاس پایه دهم و دو کلاس پایه یازدهم بود. در بخش کیفی نیز جامعه آماری شامل دبیران درس آزمایشگاه علوم تجربی دوره دوم متوسطه شهر تهران بود. برای این منظور، هماهنگی‌های لازم با سرگروه‌های درس آزمایشگاه علوم مناطق تهران درخصوص معرفی دبیران توانمند، با سابقه تدریس درس زیست‌شناسی و دارای آگاهی کامل نسبت به آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی، صورت گرفت. نمونه‌گیری نیز به روش هدفمند انجام گرفت و تا رسیدن به نقطه اشباع، ادامه یافت؛ درنهایت، با ۴۸ دبیر علاقه‌مند و دارای تجربه تدریس در درس مذکور، نقطه اشباع حاصل شد.

ابزار در بخش کیفی پژوهش: جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه‌های بین‌فردی نیمه‌ساختاریافته انجام شد. برای روایی سؤالات مصاحبه از روایی صوری و محتوایی استفاده شد. پس از مطالعه مبانی نظری، پیشینه‌های تجربی و ماهیت روش، سؤالات طراحی شد و برای سه نفر از متخصصین این حوزه، جهت بررسی، ارسال و تأیید آن‌ها دریافت شد؛ همچنین، برای غنای سؤالات مصاحبه و کاهش داده‌های تکراری و بی‌ارتباط، تعدادی مصاحبه به‌صورت آزمایشی انجام گرفت. هر مصاحبه حدود ۳۰ دقیقه به طول انجامید. با اجازه مصاحبه‌شوندگان، مصاحبه‌ها ضبط می‌شد و به‌طور هم‌زمان، نکات مهم مطرح‌شده توسط پژوهشگر، ثبت می‌گردید. در شروع مصاحبه به مشارکت‌کنندگان این اطمینان داده شد که اطلاعات داده‌شده، محرمانه خواهد بود و اصول اخلاقی در حفظ و نگهداری آن‌ها رعایت می‌شود و نامی از مشارکت‌کنندگان در پژوهش، برده نخواهد شد. گردآوری داده‌ها تا رسیدن به اشباع نظری، ادامه یافت و با ۴۸ شرکت‌کننده، نقطه اشباع حاصل شد. پژوهشگر در این مرحله با دبیران متخصص رشته زیست‌شناسی دارای تحصیلات کارشناسی و بالاتر، مصاحبه تخصصی انجام داد و از آن‌ها درخواست کرد با توجه به موضوعات آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی (۱) و (۲)، نظر خود را در مورد این که کدامیک از آزمایش‌های مذکور در مدرسه آن‌ها قابلیت اجرا ندارد و یا برای اجرا با مشکل مواجه است، مشخص کنند و علت را نیز توضیح دهند.

ابزار در بخش کمی پژوهش: در بخش کمی پژوهش از پرسش‌نامه محقق‌ساخته برای بررسی دیدگاه دانش‌آموزان نسبت به آزمایش‌های طراحی شده جایگزین آزمایش‌های کتاب درسی، استفاده شد. با توجه به نتایج مصاحبه دبیران، ۶ آزمایش دستورالعملی از کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی (۱) و (۲) انتخاب شد و آزمایش دستورالعملی ساده‌تر با حداقل امکانات به‌طوری که حتی در منزل هم قابل اجرا باشد و همان اهداف آموزشی را دنبال کند، طراحی، جایگزین و توسط دانش‌آموزان به صورت گروهی، اجرا شد. برای بررسی دیدگاه دانش‌آموزان نسبت به آزمایش‌های جایگزین شده با آزمایش‌های اصلی کتاب درسی، پرسش‌نامه محقق‌ساخته تهیه شد. پرسش‌نامه تهیه‌شده در طیف ۵ درجه‌ای لیکرت (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) جهت گردآوری داده‌های کمی، در اختیار دانش‌آموزان قرار داده شد. پرسش‌نامه شامل مجموعه‌ای از پرسش‌های هدف‌دار شامل ۲۰ گویه با چهار ملاک سنجش قابلیت اجرای آزمایش (۵ گویه)، سنجش توسعه درک مفهوم (۵ گویه)، سنجش توسعه مهارت‌های روانی-حرکتی (۵ گویه) و سنجش مهارت ارتباطی (۵ گویه) بود. بعد از اجرای هر یک از ۶ آزمایش طراحی‌شده، پرسش‌نامه توسط تمام دانش‌آموزان، به‌صورت جداگانه، تکمیل و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

روایی و پایایی پرسش‌نامه محقق‌ساخته: از نظر محتوایی، توسط پنج نفر از استادان زیست‌شناسی و روانشناسی بررسی و روایی صوری آن نیز با قراردادن پرسش‌نامه در اختیار تعدادی از افراد نمونه، تأیید شد. همچنین پایایی پرسش‌نامه از طریق ضریب آلفای کرونباخ^۱ به کمک نرم‌افزار SPSS^۲ محاسبه شد. مقدار ضریب آلفای کرونباخ محاسبه‌شده (۰/۸۲۴) نشان‌دهنده پایایی بالای پرسش‌نامه‌ها

1. Cronbach Alpha Coefficient
2. Statistical Package for Social Science

بود. در بخش کیفی، اعتباریابی یافته‌ها با استفاده از بازبینی توسط مصاحبه‌شوندگان و مرور همتا صورت پذیرفت.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: تحلیل داده‌های کمی در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی انجام شد. در بخش آمار توصیفی شاخص‌هایی نظیر فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد بررسی شد. در بخش استنباطی و برای پاسخ به سؤالات پژوهش، آزمون t تک نمونه‌ای، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در بخش کیفی بر اساس نتایج مصاحبه و استخراج کدهای پرتکرار، آزمایش‌های مورد نظر، مشخص و برای انجام پژوهش، انتخاب شدند. اعتباریابی یافته‌ها نیز با استفاده از بازبینی توسط مصاحبه‌شوندگان و مرور همتا صورت گرفت.

آزمایش‌های طراحی شده

۱. نقاشی با بزاق دهان

هدف آموزشی این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۱)) بررسی وجود آنزیم آمیلاز در بزاق انسان است. در حین انجام آزمایش، به دلیل عدم انحلال کامل نشاسته در آب و یا احتمال پاره‌شدن کاغذ صافی، تصویر واضح تشکیل نمی‌شود؛ بنابراین آزمایش ساده‌تر با وضوح بیشتر، بدون استفاده از کاغذ صافی و معرف لوگول، طراحی و اجرا شد.

آزمایش جایگزین:

مواد و وسایل مورد نیاز: ظرف پتری یا شیشه ساعت، گوش پاک‌کن، سیب‌زمینی، بتادین.

دستورالعمل اجرای آزمایش:

- یک برش از سیب‌زمینی پخته را در پتری قرار دهید؛
- با گوش پاک‌کن تمیز آغشته به بزاق دهان، روی آن بنویسید یا تصویری رسم کنید؛
- بعد از ۵ دقیقه روی سیب‌زمینی، بتادین رقیق‌شده بریزید؛ نقاشی یا نوشته، به وضوح ظاهر می‌شود.



شکل (۱) الف) نقاشی با بزاق دهان، روی کاغذ صافی (راست) شکل ۱. ب) نقاشی با بزاق دهان، روی سیب‌زمینی (چپ)

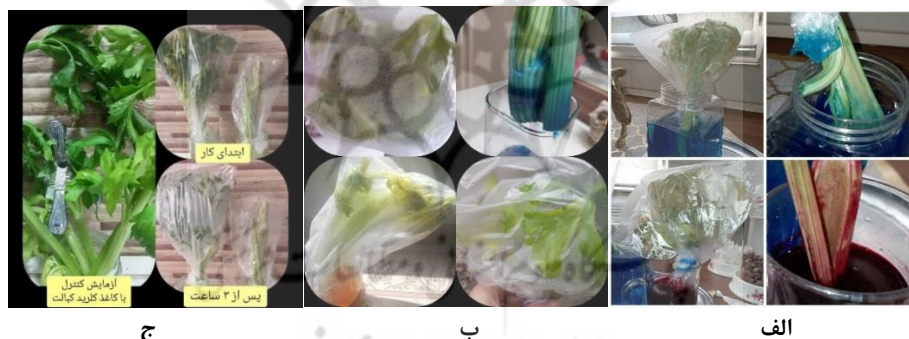
۲. روزنه‌های هوایی در برگ‌ها

یکی از اهداف این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۱)) پی‌بردن به وجود روزنه‌های هوایی سطح برگ، بدون استفاده از میکروسکوپ است که از مزایای آن، استفاده در مدارس فاقد امکانات است. اما هدف دوم آزمایش، بررسی عمل تعرق در گیاه است که با استفاده از معرف کلرید کبالت (II) انجام می‌شود. از معایب کاربرد این معرف می‌توان به سمی بودن و خطای آزمایش در صورت وجود رطوبت، اشاره کرد.

آزمایش جایگزین:

مواد و وسایل مورد نیاز: شاخه برگ‌دار کرفس، ماده رنگی مجاز خوراکی، کیسه نایلونی شفاف، کش یا نوارچسب، لیوان یا بشر بزرگ
دستورالعمل اجرای آزمایش:

در بشر، مقداری آب بریزید و ماده رنگی را اضافه کرده و شاخه‌های کرفس را داخل آن قرار دهید. سپس کیسه نایلونی را مطابق شکل ۲، اطراف آن قرار داده و به مدت ۲ الی ۳ ساعت در جای گرم و روشن بگذارید. به تدریج، هوای درون کیسه از بخار آب خروجی از روزنه‌ها اشباع شده و قطرات آب در سطح درونی کیسه، مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده تعرق است. آزمایش کنترل با استفاده از دستور کار کتاب درسی و کاغذ کلرید کبالت هم‌زمان با دستور کار آزمایش جایگزین و حذف برگ‌ها انجام شد (شکل ۲).



شکل (۲) الف و ب) روزنه‌های هوایی در برگ‌ها و مسیر انتقال شیره خام ج) روزنه‌های هوایی در برگ‌ها

این آزمایش، به‌خوبی مفاهیم کشش تعرقی، مسیر انتقال شیره خام و دفع آب خالص در تعرق (زیست‌شناسی (۱)) را به نمایش درمی‌آورد. همچنین به دلیل قطر زیاد آوندها در کرفس، میزان بالا رفتن ماده رنگی با چشم، قابل مشاهده است.

۳. مشاهده تقسیم میتوز در یاخته‌های ریشه پیاز

هدف آموزشی این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۱)) مشاهده تقسیم میتوز در یاخته‌های گیاهی است. با توجه به اینکه تقسیم میتوز جزو محتوای کتاب زیست‌شناسی (۲) پایه یازدهم است و

دانش‌آموزان، پیشینه لازم برای هدف آموزشی مورد نظر را ندارند، آزمایشی ساده برای استخراج مولکول DNA ریشه پیاز، طراحی و اجرا شد.

آزمایش جایگزین (استخراج مولکول DNA از یاخته‌های ریشه پیاز):

مواد و وسایل مورد نیاز: اتانول ۷۰ تا ۱۰۰ درصد، مایع ظرفشویی یا دستشویی رنگی، نمک خوراکی، لوله آزمایش یا بشر کوچک، همزن شیشه‌ای یا سیخ چوبی، هاون کوچک، صافی با منافذ کوچک، پیاز خوراکی.

دستورالعمل اجرای آزمایش:

- مطابق شکل (۳)، قسمت پایین پیاز را درون آب قرار دهید تا ریشه‌دار شود؛
- ریشه‌ها را جدا کرده و در هاون، کاملاً له کنید و به آن ۱۰ میلی لیتر آب معمولی اضافه کنید؛ سپس مخلوط را در لوله آزمایش بریزید؛
- به مخلوط، ۶ تا ۸ قطره مایع ظرفشویی و نصف قاشق چای‌خوری نمک خوراکی، اضافه کنید؛
- به آرامی با همزن شیشه‌ای، هم بزنید؛ طوری که حباب تشکیل نشود. سپس مخلوط حاصل را از صافی عبور دهید؛
- به اندازه حجم مخلوط، الکل سرد اضافه کنید. این کار را به آرامی با مایل نگهداشتن لوله آزمایش و اضافه کردن الکل از کنار ظرف، انجام دهید تا با مایع صاف‌شده، مخلوط نشود؛
- در محل تماس محلول صاف‌شده و الکل با گذشت زمان کوتاهی، ماده‌ای شیری رنگ، ظاهر می‌شود که به مرور به حجم آن، اضافه می‌شود. این ماده که DNA ریشه پیاز است را می‌توان با حرکت دورانی همزن شیشه‌ای، جمع و از محلول جدا کرد.



شکل (۳). استخراج DNA از یاخته‌های ریشه پیاز

۴. مشاهده اثرات تغییر فشار اسمزی در یاخته‌های گیاهی

نبودن میکروسکوپ در مدارس و پیاز قرمز در هر فصل، از محدودیت‌های اجرای این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۲)) است. بنابراین آزمایش جایگزین به شرح ذیل، طراحی و اجرا شد: آزمایش جایگزین (مشاهده ماکروسکوپی تغییرات فشار اسمزی بر یاخته‌های گیاهی): مواد و وسایل مورد نیاز: دو عدد بشر ۵۰، دو لوله آزمایش، هویج، شکر، آب. دستورالعمل اجرای آزمایش:

مقداری محلول ساکارز (شکر) ۱ و ۰/۱ مولار تهیه و ۲۰ میلی‌لیتر از هر کدام را در بشر جداگانه بریزید. هویج را خرد کنید و مقدار مساوی از آن را به محلول درون بشرها اضافه کنید. بعد از ۳۰ دقیقه، محلول هر بشر را صاف کرده و تغییرات حجم دو محلول را با مقدار اولیه، مقایسه و نتیجه را گزارش کنید. این آزمایش پدیده اسمز را بدون نیاز به میکروسکوپ و پیاز قرمز و با روش ماکروسکوپی نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل (۴). مراحل و نتیجه آزمایش اثر تغییرات فشار اسمزی محیط بر یاخته‌های هویج

۵. رویش دانه

هدف این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۲))، بررسی اثر شوری بر رویش دانه گندم و عدس است. همچنین آشنایی با ساختار دانه در گیاهان تکلیپه و دولپه و نحوه جوانه زنی دانه ها و مفاهیم رویش زیرزمینی و روزمینی (فصل ۸) و زمین گرایی و نورگرایی (فصل ۹) از اهداف فرعی هستند.

آزمایش جایگزین (آزمایش مقایسه ای رویش دانه در انواع نهان دانگان):

مواد و وسایل مورد نیاز: دانه های تکلیپه و دولپه، لیوان یک بار مصرف شفاف، خاک گلدان، دستمال کاغذی

دستورالعمل اجرای آزمایش:

دانه ها را (۱۲ ساعت) در آب خیس کرده، سپس داخل دستمال مرطوب در جای گرم و تاریک قرار دهید و پس از خروج ریشه چه و جوانه، داخل لیوان یک بار مصرف قرار دهید. کف لیوان چند سوراخ برای خروج آب اضافه ایجاد کنید. برای مشاهده بهتر، دانه ها را در نزدیکی دیواره ظروف قرار دهید (شکل ۵).



شکل (۵) مراحل رویش دانه های مختلف برای مقایسه رویش روزمینی و زیرزمینی

۶. کشت باکتری های دهان و پوست

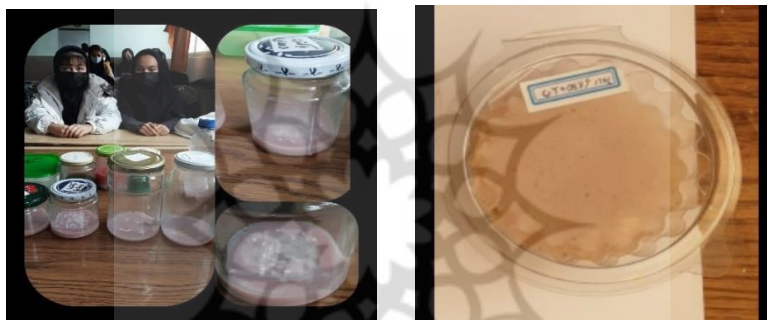
برای انجام این آزمایش (آزمایشگاه علوم تجربی (۲)) محیط کشت نیاز است. برای تهیه محیط کشت باکتری همچنین استریل کردن ظروف، به اتوکلاو و برای رشد باکتری ها بعد از کشت به گرم خانه (انکوباتور) نیاز است. تهیه محیط کشت آماده در ظروف پتری یک بار مصرف به تعداد دانش آموزان

نیازمند صرف هزینه بوده و در تمام نقاط کشور، مقدور نیست؛ بنابراین برای رفع محدودیت‌های ذکرشده، محیط‌های کشت و ظروف کشت باکتری از مواد و وسایل در دسترس، تهیه و آزمایش انجام شد.

روش تهیه محیط کشت جایگزین

الف. تهیه محیط کشت با استفاده از نشاسته

۱. مخلوط پودر نشاسته و آب را روی حرارت بگذارید و هم بزنید تا کاملاً غلیظ شود؛
۲. چند قطره آب لبو یا رنگ‌های مجاز خوراکی به محیط کشت، اضافه کنید؛
۳. از مواد محیط کشت به ضخامت یک سانتی‌متر، کف پلیت‌ها ریخته، درب ظروف را ببندید و در یخچال قرار دهید تا به شکل جامد درآید. برای این آزمایش، هر دانش‌آموز حداقل به سه پلیت نیاز دارد؛
۴. می‌توان به جای پودر نشاسته از پودر ژله یا ژلاتین نیز استفاده کرد.



شکل (۶) ساخت محیط کشت با ژلاتین (سمت راست) و پودر نشاسته (سمت چپ) توسط دانش‌آموزان

ب. تهیه محیط کشت از انواع میوه‌ها و سیب‌زمینی

کف پلیت را با حدود یک سانتی‌متر از میوه به شکل پوره یا رنده‌شده، پر کنید و یا از برش‌های ورقه‌ای به ضخامت یک سانتی‌متر (سیب‌زمینی پخته، سیب، موز و...) استفاده کنید. برای غنی شدن محیط کشت می‌توان از شیر یا آبگوشت به‌عنوان منبع پروتئین استفاده کرد. در هنگام مراحل آماده‌سازی محیط کشت، شرایط استریل را تا حد امکان، رعایت کنید. برای ضدعفونی وسایل فلزی از حرارت مستقیم، الکل و یا فرخانگی و برای ضدعفونی سطوح از محلول سدیم هیپوکلریت (وایتکس) و یا الکل استفاده کنید. با انجام آزمایش، اهداف آموزشی شامل تهیه محیط کشت، نحوه کشت دادن باکتری و بررسی نقش بهداشت بر میزان رشد باکتری‌ها حاصل می‌شود.



شکل (۷) رشد میکروب‌ها روی محیط کشت: سیب زمینی (سمت راست) و پوره سیب همراه با رنگ خوراکی (سمت چپ)

یافته‌ها

در این بخش ابتدا توزیع فراوانی دبیران مشارکت‌کننده و نحوه انتخاب آزمایش‌های کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی، جهت طراحی و اجرای آزمایش جایگزین، ارائه و سپس سؤال‌های پژوهش، پاسخ داده می‌شود.

جدول (۱). توزیع فراوانی دبیران مشارکت‌کننده در پژوهش بر حسب جنسیت، میزان تحصیلات و سابقه تدریس

متغیر	نوع	فراوانی	درصد
جنسیت	زن	۳۸	۷۹/۱۶
	مرد	۱۰	۲۰/۸۳
	کل	۴۸	۱۰۰
میزان تحصیلات	کارشناسی	۱۲	۲۵
	کارشناسی ارشد	۲۵	۵۲/۰۸
	دکتری	۱۱	۲۲/۹۱
	کل	۴۸	۱۰۰
سابقه تدریس	کمتر از ۱۰ سال	۵	۱۰/۴۱
	۱۰ تا ۲۰ سال	۲۷	۵۶/۲۵
	۲۰ سال و بالاتر	۱۶	۳۳/۳۳
	کل	۴۸	۱۰۰

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱، ۷۵ درصد از دبیران مشارکت‌کننده دارای تحصیلات بالاتر از کارشناسی و ۸۹/۵۹ درصد نیز سابقه تدریس بالاتر از ۱۰ سال دارند. در بخش کیفی پژوهش با دبیران زیست‌شناسی، مصاحبه شد. برخی از پاسخ‌های دبیران به‌عنوان نمونه به شرح ذیل در جدول ۲ ارائه می‌شود:

جدول (۲). عوامل زمینه‌ساز عدم اجرای آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه

علوم تجربی در مدارس دوره دوم متوسطه				
مقوله	زیرمقوله	کد	مصادیق	تعداد
فضا و امکانات فیزیکی	آزمایشگاه	وجود آزمایشگاه اندازه آزمایشگاه	دبیر شماره ۱۷: «مدرسه، آزمایشگاه درست و حسابی نداره؛ به اتاق کوچیک رو آزمایشگاه کردن، بدون نور، بدون تهویه».	۱۲
	مواد مورد نیاز	بودجه خرید کیفیت مواد	دبیر شماره ۹: «مدیر میگه اونقدری بودجه ندارم که صرف خرید وسایل و مواد آزمایشگاه بکنم».	۲۸
امکانات و تجهیزات مورد نیاز	وجود تجهیزات	نگهداری و به‌روزرسانی دستگاه‌ها	دبیر شماره ۱۳: «تمام آزمایش‌های زیست‌شناسی علوم تجربی (۱) که شامل ۱۶ آزمایش و علوم تجربی (۲) که شامل ۱۲ آزمایش است، به شرطی قابل انجامن که مواد و وسایل مورد نیاز آن‌ها در آزمایشگاه مدرسه موجود باشه. تازه اگر مواد، تاریخ گذشته باشند، آزمایش نتیجه نمی‌ده و چاره‌ای جز کنار گذاشتن اون نیست».	۳۸
	ارزشیابی	روش نامشخص عدم ارزشیابی	دبیر شماره ۲۲: «بعضی از این آزمایش‌ها قابل انجام نیستند. من از انجام این آزمایش‌ها به‌طور کلی صرف‌نظر کردم. برای مثال آزمایش کشت باکتری‌های دهان و سطح پوست در صورت نبودن محیط کشت، اتوکلاو و انکوباتور و یا آزمایش مشاهده اثرات تغییرات فشار اسمزی بر باخته‌های گیاهی با نبودن میکروسکوپ و...»	۸
تخصص و تجربه معلم	رشته تحصیلی	تجربه تدریس در آزمایشگاه	دبیر شماره ۵: «آخه چطور به معلم فیزیک میتونه آزمایش زیست انجام بده. یک کتاب طراحی شده با چهار گرایش علوم پایه. به نظرم باید هر کتاب رو چهار دبیر درس بده».	۳۷
	ارزشیابی	روش نامشخص عدم ارزشیابی	دبیر شماره ۲: «ارزشیابی آزمایشگاه، معیار مشخصی نداره. به همه نمره بالا میدن. این درس معمولاً در اجرا حذف شده است».	۸
عوامل انسانی	دانش‌آموزان	تعداد در کلاس علاقه و انگیزه	دبیر شماره ۳۵: «آخه ۴۵ دانش‌آموز رو چطور بیرم توی به آزمایشگاه ۲۰ متری؟! ترحیم میدم وقتم رو به درس‌های اصلی اختصاص بدم».	۲۱
	کارشناس آزمایشگاه	وجود کارشناس تخصص کارشناس	دبیر شماره ۴۱: «مدرسه، کارشناس آزمایشگاه نداره. من وقت ندارم زودتر برم وسیله آماده کنم، محلول درست کنم».	۱۸
فرایندهای آموزشی	اهمیت درس آزمایشگاه	کنکور سراسری ارزیابی سالاته	دبیر شماره ۲۷: «تا وقتی خود درس زیست شناسی هست که تو کنکور ضریب ۴ داره، کسی به آزمایشگاه بها نمیده».	۷
	کمبود زمان تدریس	حجم زیاد محتوا زمان بر بودن بعضی از آزمایش‌ها	دبیر شماره ۱۱: «این تعداد آزمایش کتاب برای سال تحصیلی، خیلی زیاده. خوب معلومه که دبیر نمی‌تونه همه رو انجام بده. خواه‌ناخواه اون آزمایش‌هایی که سخت‌ترین کنار گذاشته میشن».	۳۲
پیش‌دانسته‌های دانش‌آموزان	عدم تناسب با کتاب‌های دیگر	عدم تناسب با سختی آزمایش	دبیر شماره ۴۱: «بعضی از آزمایش‌ها کلاً بی‌ربط به محتوای کتاب زیست‌شناسی هستند. اصلاً دانش‌آموز، هیچ ذهنیتی نسبت به موضوع نداره. به همین دلیل، من هم انجام نمیدم. چون فقط وقت می‌گیره و دانش‌آموز چیزی متوجه نمیشه».	۲۶

بعد از جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه، مهم‌ترین دلایل دبیران درخصوص انجام ندادن آزمایش‌ها، به شرح ذیل جمع‌بندی شدند:

۱. عدم وجود آزمایشگاه و امکانات مربوط به آن در اغلب مدارس و بخصوص مدارس مناطق محروم؛
۲. تراکم بالای کلاس‌ها در مدارس و محدودیت کار عملی با توجه به نبودن متصدی آزمایشگاه؛
۳. بالا بودن هزینه‌های مربوط به وسایل و مواد آزمایشگاهی؛
۴. عدم هماهنگی آزمایش‌های کتاب آزمایشگاه علوم تجربی با کتاب زیست‌شناسی؛
۵. استفاده از یک دبیر علوم پایه برای تدریس انواع آزمایش‌های کتاب (زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و زمین‌شناسی)؛
۶. عدم تناسب محتوای کتاب و زمان اختصاص یافته تدریس.

در نتیجه برای ۶ آزمایش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی ۱ و ۲ که از نظر دبیران، بیشترین مشکلات را در اجرا داشتند، آزمایش‌های جایگزین طراحی و اجرا شد. طراحی آزمایش، توسط پژوهشگر انجام شد. روش کار و نتایج آزمایش‌های طراحی‌شده توسط ۸ نفر از متخصصان زیست‌شناسی شامل اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها و دبیران باتجربه، تأیید شد. بعد از اجرای هر آزمایش توسط دانش‌آموزان، پرسش‌نامه توسط کل افراد نمونه تکمیل شد. در بخش آمار توصیفی، شاخص‌هایی نظیر فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد بررسی شد. با توجه به تعداد نسبتاً زیاد افراد نمونه و برخورداری از تنوع ایده و نگرش و اجرای پرسش‌نامه مربوط به هر آزمایش بعد از انجام آن، می‌توان به نتایج پژوهش اعتماد کرد. در بخش استنباطی و برای پاسخ به سؤالات پژوهش، آزمون t تک‌نمونه‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

پاسخ به سؤالات پژوهش

سؤال ۱. از نظر دبیران، کدام یک از آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی دوره دوم متوسطه در مدارس، قابلیت اجرا ندارند؟

جهت پاسخ به سؤال اول پژوهش با دبیران، مصاحبه‌ای به عمل آمد. بعد از تحلیل نتایج مصاحبه، آزمایش‌های ذیل، انتخاب شدند:

- نقاشی با بزاق دهان
- روزنه‌های هوایی در برگ‌ها
- مشاهده تقسیم میتوز در یاخته‌های ریشه پیاز
- مشاهده اثرات تغییر فشار اسمزی در یاخته‌های گیاهی
- رویش دانه
- کشت باکتری‌های دهان و پوست

سؤال ۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران نسبت به طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی بر یاددهی-یادگیری مفاهیم زیستی چیست؟

سؤالات فرعی پژوهش:

۱-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین در یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی چیست؟

۲-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به قابلیت اجرای آزمایش‌های جایگزین چیست؟

۳-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر درک دانش‌آموزان از مفاهیم زیست‌شناسی چیست؟

۴-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر مهارت‌های روانی-حرکتی دانش‌آموزان چیست؟

۵-۲. دیدگاه دانش‌آموزان دختر نسبت به تأثیر آزمایش‌های جایگزین بر مهارت‌های ارتباطی دانش‌آموزان چیست؟

جدول (۳). توصیف آماری نمرات متغیرها

متغیر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی	۳/۹۲	۰/۵۵۷	-۰/۵۵۲	-۰/۳۶۲
قابلیت اجرای بالاتر در مقایسه با آزمایش کتاب درسی	۴/۰۷	۱/۰۰۸	-۱/۵۰۴	۱/۳۲۵
درک مفهوم	۳/۹۶	۱/۰۵۹	-۱/۲۰۲	۱/۰۳۷
مهارت روانی-حرکتی	۳/۷۹	۱/۰۹۹	-۰/۵۵۸	-۰/۶۳۶
مهارت ارتباطی	۳/۸۸	۱/۲۵۴	-۰/۹۳۰	-۰/۱۴۶

در جدول ۳، نمرات مربوط به سؤال اصلی دوم و سؤالات فرعی پژوهش، شامل چولگی و کشیدگی به همراه شاخص‌های میانگین و انحراف معیار نمرات، ارائه شده است. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده در تمام متغیرها، مقادیر چولگی و کشیدگی بین (+۲ و -۲) و داده‌ها در سطح ۰/۰۵ از توزیع بهنجار، برخوردار هستند.

جدول (۴). نتایج آزمون کالموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی نرمال بودن توزیع نمرات

متغیر	کالموگروف - اسمیرنوف	سطح معنی‌داری
یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی	۰/۱۱۰	۰/۶۷۵
قابلیت اجرای بالاتر در مقایسه با آزمایش کتاب درسی	۰/۱۸۰	۰/۱۳۲
درک مفهوم	۰/۱۶۶	۰/۱۹۷
مهارت روانی-حرکتی	۰/۲۰۱	۰/۰۶۸
مهارت ارتباطی	۰/۱۳۸	۰/۳۱۸

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴، سطح معناداری آماره محاسبه‌شده در تمام متغیرها بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، بنابراین فرض نرمال بودن توزیع نمرات، پذیرفته می‌شود.

جدول (۵). نتایج آزمون t تک نمونه‌ای جهت بررسی میزان تأثیر طراحی آزمایش‌های ساده جایگزین بر

متغیرها

متغیر	میانگین نظری	میانگین مشاهده شده	آزمون t	سطح معنی داری	میزان تأثیر
یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی	۳	۳/۹۲	۱۸/۱۷۴	۰/۰۰۱	بالا
قابلیت اجرای بالاتر در مقایسه با کتاب درسی	۳	۴/۰۷	۱۱/۶۳۱	۰/۰۰۱	بالا
درک مفهوم	۳	۳/۹۶	۹/۹۷۵	۰/۰۰۱	بالا
مهارت روانی-حرکتی	۳	۳/۷۹	۷/۸۴۷	۰/۰۰۱	بالا
مهارت ارتباطی	۳	۳/۸۸	۷/۶۴۴	۰/۰۰۱	بالا

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۵، میانگین نمرات به دست آمده در سطح ($p < 0/01$) معنادار است؛ بنابراین از دیدگاه پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه‌ها، تدریس به روش آزمایشگاهی از طریق طراحی آزمایش با حداقل امکانات، بر بهبود یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی، قابلیت اجرای آزمایش‌ها، درک مفاهیم مورد آزمایش، مهارت‌های روانی-حرکتی همچنین مهارت‌های ارتباطی دانش‌آموزان، تأثیر مثبت دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، بررسی دیدگاه دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران در زمینه اهمیت طراحی و جایگزینی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی بر یاددهی-یادگیری مفاهیم زیستی بود. بر اساس اهداف پژوهش، دو سؤال اصلی و پنج سؤال فرعی مطرح شد. در ادامه به بحث و بررسی یافته‌های پژوهش پرداخته می‌شود:

پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به مصاحبه با دبیران زیست‌شناسی مشخص شد در بسیاری از مدارس، اجرای بعضی از آزمایش‌های زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی، امکان‌پذیر نیست و یا با مشکلات جدی مواجه است. از بین مقوله‌های مطرح شده، بیشترین فراوانی مربوط به آزمایشگاه و تجهیزات آن بود (۵۰ مورد) و موضوع تخصص معلم در اجرای آزمایش‌های کتاب درسی (۳۷) در رتبه دوم قرار داشت. نتایج این بخش از پژوهش با یافته‌های سایر پژوهشگران هم‌سو است. براهوئی مقدم (۱۴۰۱) در پژوهش خود با عنوان آزمایشگاه علوم تجربی در مدارس دوره‌های اول و دوم متوسطه (شناسایی چالش‌های موجود و ارائه راهکارها)، ۱۱ عامل را معرفی کرد که با نتایج این پژوهش، هم‌پوشانی دارند. نتایج پژوهش‌های هیدر^۱ و همکاران (۲۰۲۴) و سوکماواتیا^۲ و همکاران (۲۰۲۴) نیز با نتایج این پژوهش، هم‌سو است. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد چالش اصلی، کمبود فضا، امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی است که در مناطق محروم، جدی‌تر است. پس طراحی آزمایش‌های جایگزین با حداقل امکانات، مشروط بر تأمین اهداف آموزشی، می‌تواند بخش عمده‌ای از

1. Haedar
2. Sukmawatia

مشکلات موجود را مرتفع سازد. همچنین از نگاه دبیران، عدم تخصص یک معلم در همه زمینه‌های علوم پایه، یکی از موانع اصلی اجرا است. شاید معرفی آزمایش‌های ساده و جایگزین و آموزش‌های ضمن خدمت بتواند تا حدودی این چالش را برطرف سازد که نیاز به بررسی پژوهشی دارد.

در بررسی سؤال فرعی اول پژوهش، یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی به شکل طراحی آزمایش با حداقل امکانات، با میانگین نمرات ۳/۹۲ از توزیع بهنجار برخوردار بوده و طبق نتایج آزمون کالموگروف-اسمیرنوف، فرض نرمال بودن توزیع نمرات پذیرفته شد؛ زیرا سطح معناداری آماره محاسبه‌شده، بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بود. همچنین نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان‌داد از دید دانش‌آموزان، این روش تدریس در حد زیاد بر یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی مؤثر است. این پژوهش بخصوص در رشته زیست‌شناسی و به شکل طراحی و ارائه آزمایش جایگزین، با آزمایش کتاب‌درسی برای اولین بار انجام شده است. البته پیشنهاد و معرفی آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی توسط قرنچیک (۱۳۹۵) و (۱۳۹۹) صورت گرفته و رجبی (۱۳۹۹) در مبحث نور درس علوم تجربی پنجم ابتدایی و حیدری و همکاران (۱۴۰۱) در پایه دهم و یازدهم به طراحی و معرفی آزمایش‌های ساده شیمی پرداختند. در بخش میزان تأثیرگذاری آزمایش‌های طراحی‌شده و یا روش تدریس آزمایشگاهی بر آموزش زیست‌شناسی، پژوهش حاضر با نتایج پژوهش لهراسبی (۱۳۹۹)، براهوئی‌مقدم (۱۴۰۱)، مقدسی (۱۳۹۷) و روبل‌دو و همکاران (۲۰۲۳) که این آزمایش‌ها را راهبرد مناسب برای آموزش کارآمد معرفی کرده‌اند، هم‌سوئی دارد. رایزر^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان طراحی به‌عنوان یک فرصت یادگیری در درس زیست‌شناسی: رویکرد STEM^۲ متقابل دامنه و تأثیر آن بر دانش موضوعی زیستی، نشان دادند دانش‌آموزانی که از رویکرد طراحی پیروی می‌کنند، درک بهتری از مفاهیم خواهند داشت. استفاده از فرایند طراحی، فرصت یادگیری بلندمدت در دانش زیستی و درک مفاهیم برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند که منجر به تقویت کسب دانش و شایستگی می‌شود؛ بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش و با استناد به پژوهش‌های انجام‌شده قبلی، توجه به رویکرد طراحی در دروس آزمایشگاهی می‌تواند در بهبود میزان یادگیری دانش‌آموزان، مؤثر باشد.

سؤال فرعی دوم، قابلیت اجرای آزمایش‌های جایگزین را مورد بررسی قرار داد. ۵ سؤال پرسش‌نامه در هر آزمایش، میزان در دسترس بودن مواد و وسایل، هزینه پرداختی و زمان صرف‌شده برای انجام آزمایش‌ها را مورد سنجش قرار دادند. دانش‌آموزان گاهی اوقات بخشی از مراحل آزمایش را در منزل انجام داده و یا مواد و وسایل را به صورت گروهی تهیه کرده و جهت انجام آزمایش، در کلاس و یا آزمایشگاه حاضر می‌شدند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، در طراحی این آزمایش‌ها سهولت انجام آن‌ها به دلیل سادگی، در عین حال کم هزینه و ایمن بودن آزمایش‌ها مدنظر بوده و مورد توجه دانش‌آموزان قرار گرفته است. نتایج نشان‌داد آزمایش‌ها از قابلیت اجرایی بالایی برخوردارند که با نتایج میری‌رامشه (۱۳۹۲)، پاک‌طینت و رحیمی (۱۳۹۵) هم‌سو است. این بخش از پژوهش که می‌تواند بعضی از فعالیت‌های آزمایشگاهی یاددهی و یادگیری خارج از آزمایشگاه و در کلاس یا منزل انجام شود با نتایج

1. Reiser

2. Science, Technology, Engineering, and Mathematics

پژوهشی حیدری و همکاران (۱۴۰۱)، روبل دو (۲۰۲۱) و روبل دو و همکاران (۲۰۲۳) هم‌خوانی دارد. شیا^۱ و همکاران (۲۰۲۵) نیز در پژوهش خود تحت عنوان STEM خارج از مدرسه: فراتحلیلی از تأثیرات آموزش علوم غیررسمی بر علایق و نگرش‌های دانش‌آموزان برای STEM، گزارش دادند که انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی که در خارج از مدرسه قابلیت اجرا دارند از طریق افزایش علاقه و انگیزه به بهبود یادگیری کمک می‌کنند.

برای سؤال فرعی سوم یعنی متغیر درک مفاهیم زیست‌شناسی، ۵ گویه در پرسش‌نامه مطرح شد. نتایج، حاکی از تأثیر زیاد این روش تدریس در بهبود درک مفاهیم زیست‌شناسی بود. پژوهش حاضر نشان داد طراحی آزمایش‌های ساده در تفهیم بهتر مطالب درسی، روشی فعال برای افزایش یادگیری است که با نتایج پژوهش‌های مشک‌بید (۱۴۰۱)، براهوئی‌مقدم (۱۴۰۱) و رجبی (۱۳۹۹) هم‌سویی دارد. این آزمایش‌ها از طریق بالا بردن درک عینی یادگیرندگان، موجب تسریع رسیدن به اهداف آموزشی مورد نظر شد که پژوهش‌های کرمی‌گزافی و همکاران (۱۳۸۸)، و غلامی و قربانی (۱۳۹۷) این موضوع را تأیید می‌کنند. گندی و دگیلی‌پلو^۲ (۲۰۲۵) در پژوهش خود تسهیل فرایند یادگیری و درک مفهومی دانش‌آموزان از مباحث زیستی ناشی از آموزش در آزمایشگاه را گزارش دادند که با نتایج این پژوهش هم‌سو است.

در بررسی سؤال فرعی چهارم، پاسخ دانش‌آموزان به ۵ سؤال پرسش‌نامه درخصوص متغیر توسعه مهارت‌های روانی-حرکتی، نشان‌دهنده بهبود مهارت‌ها بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، این آزمایش‌ها در افزایش اشتیاق و انگیزه، نقش بسزایی داشته و به‌منظور یادگیری اصولی علم زیست‌شناسی، نگرش مثبتی در فراگیران به‌وجود می‌آورد که با نتایج پژوهش‌های بوربور و آذرهوش‌فتیده (۱۴۰۱) و براهوئی‌مقدم (۱۴۰۱) مطابقت دارد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، انجام آزمایش به این سبک، باعث افزایش مهارت‌های عملی-حرکتی می‌شود که نتایج با پژوهش‌های حسن‌وند (۱۳۹۸)، و لای و همکاران (۲۰۲۱) هم‌سویی دارد. همچنین اشنل^۳ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی تحت عنوان یک آزمایشگاه خانگی در زیست‌شناسی گیاهی که برای مشارکت دادن دانش‌آموزان در فرایند علم، طراحی شده‌است، نشان‌دادند آزمایشگاه خانگی فرصتی برای دانش‌آموزان فراهم کرد تا تحقیقات عملی را با انعطاف‌پذیری، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های خود در محیطی از راه دور در طول همه‌گیری کوید ۱۹ انجام دهند. همچنین نتایج حاصل از بررسی این متغیر نشان داد فعالیت‌های آزمایشگاهی که توسط فراگیران انجام می‌شود در افزایش اعتماد به نفس و کسب مهارت در زندگی روزمره تأثیر زیادی داشته و می‌تواند زمینه‌ساز نوآوری و ارتقای خلاقیت آن‌ها شود. این نتایج با پژوهش‌های احمدی و خدایی (۱۳۹۹)، خدابخشی‌هشفجانی (۱۴۰۰)، حیدری (۱۳۹۹) و روبل دو (۲۰۲۱) هم‌سو است. ریورا و مانالاستاس^۴ (۲۰۲۵) نیز در پژوهش خود دریافتند شایستگی معلمان علوم، توانایی مدیریت آزمایشگاه و روش اجرای آزمایش بر مهارت‌های دانش‌آموزان، تأثیرگذار است.

1. Xia
2. Ghandi & Deghilipulu
3. Schnell
4. Rivera & Manalastas

در پاسخ به سؤال فرعی پنجم برای سنجش توسعه مهارت‌های ارتباطی، نتایج نشان داد این شیوه در بهبود مهارت‌های ارتباطی در حد زیاد، تأثیر داشته است. طبق پژوهش حاضر، فعالیت‌های گروهی باعث افزایش تعامل، تقویت روحیه و حس همکاری بین اعضای گروه می‌شود. همچنین به اعضای گروه، فرصت مشارکت می‌دهد که با پژوهش مرادقلی (۱۴۰۱) مطابقت دارد. درواقع، یادگیری به صورت مشارکتی از یادگیری رقابتی و انفرادی، اثربخش‌تر بوده و با ایجاد نگرش مثبت، فرصت اجتماعی شدن و تعامل بیشتر در کلاس، یادگیری تسهیل می‌شود. این نتایج را پژوهش‌های نقدی و به‌پژوه (۱۳۹۸) و العوادی و عبدالوحد (۲۰۲۳) تأیید می‌کنند.

با نگاه کلی به جداول و نتایج به‌دست‌آمده ملاحظه می‌شود میانگین نمرات کسب‌شده از پرسش‌نامه لیکرت از زیاد به کم به ترتیب: قابلیت اجرا با میانگین نمرات ۴/۰۷، درک مفهوم ۳/۹۶، یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی ۳/۹۲، توسعه مهارت‌های ارتباطی ۳/۸۸ و در آخر، توسعه مهارت‌های روانی-حرکتی ۳/۷۹ را به خود اختصاص داده‌اند. در کلیه متغیرها، نمره میانگین از نمره میانگین نظری (عدد ۳) بیشتر است. این مطلب گویای این واقعیت است که پژوهش حاضر و روش آزمایشگاهی بسیار مورد توجه قرار گرفته و بیشترین توجه، روی متغیر قابلیت اجرا بوده که بالاترین میانگین نمره را به خود اختصاص داده است. این مسئله نیز جای تأمل دارد و نشان می‌دهد از دید دانش‌آموزان، دردسترس بودن مواد و وسایل، کم هزینه بودن و سادگی آزمایش‌ها بسیار مهم است و درک مفهوم که حاصل اجرای آزمایش ساده و با هدف یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی است، در رتبه بعدی از لحاظ میانگین نمره قرار دارد.

روش‌های فعال تدریس، بخصوص فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی، یکی از ارکان اصلی آموزش زیست‌شناسی محسوب شده و موجبات رشد علمی، مهارتی و نگرشی دانش‌آموزان را فراهم می‌کنند. با توجه به این مزایا و با وجود محدودیت‌های این روش که شامل کمبود تجهیزات و فضای آزمایشگاهی و عدم تناسب این امکانات با نیازهای کتاب آزمایشگاه علوم تجربی می‌شود و از سوی دبیران مربوطه، عنوان شده است، ایجاب می‌کند که راهکاری برای این مهم یافت شود تا دانش‌آموزان از مزایای فراوان آن بی‌بهره نمانند؛ از طرفی، وظیفه معلم نیز این است که برای یادگیری عمیق و بهتر دانش‌آموزان تلاش کند؛ یکی از این راهکارها، طراحی آزمایش‌های ساده است که در عین سادگی و ملموس بودن، فعالیت‌های نظری دانش‌آموزان را به تجربه عملی تبدیل کند و باعث افزایش روحیه، اعتماد به نفس و ارتقای خلاقیت شود، همچنین سبب کسب مهارت‌هایی شود که دانش‌آموزان، این مهارت‌ها را در زندگی روزمره به کار ببرند و درنهایت، یادگیری اثربخش و معنادار ایجاد نماید.

محدودیت‌های پژوهش

محدود شدن جامعه آماری به دانش‌آموزان دختر منطقه ۱۰ تهران، محدود بودن تعداد دبیران آزمایشگاه علوم تجربی دارای مدرک زیست‌شناسی و همچنین عدم امکان طراحی آزمایش جایگزین برای همه آزمایش‌های کتاب، از مهم‌ترین محدودیت‌های این پژوهش به شمار می‌روند.

پیشنهادهای پژوهشی

- اجرای آزمایش‌های این پژوهش در گستره وسیع‌تر در کشور و بررسی میزان اثربخشی آن‌ها؛

- مقایسه میزان اثربخشی اجرای آزمایش‌های طراحی شده در مدارس دخترانه و پسرانه؛
 - مقایسه اثربخشی انجام آزمایش‌های ساده زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی در دانش‌آموزان رشته ریاضی و علوم تجربی؛
 - طراحی آزمایش‌های جایگزین و بررسی اثربخشی آن‌ها بر خلاقیت دانش‌آموزان.
- پیشنهادهای کاربردی**

- تهیه بسته‌های کمک‌آموزشی برای تدریس خلاقانه آزمایشگاه علوم تجربی توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی؛
- استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی؛
- بازنگری آزمایش‌های بخش زیست‌شناسی کتاب‌های آزمایشگاه علوم تجربی (۱) و (۲) در راستای هماهنگی بیشتر با مطالب کتاب‌های درسی زیست‌شناسی (۱) و (۲)؛
- معرفی آزمایش‌های جایگزین در کتاب راهنمای معلم؛
- افزایش ساعت اجرای درس آزمایشگاه علوم تجربی در برنامه درسی با توجه به تنوع و تعداد آزمایش‌های معرفی شده در کتاب.

مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم است. پیشنهاد طرح پژوهش و نظارت بر اجرای آن، توسط استاد راهنما انجام شده است. مراحل اجرایی پژوهش و نگارش اولیه بر عهده دانشجو؛ اصلاح نسخه اولیه مقاله، ارسال مقاله و اصلاحات بعد از داوری بر عهده نویسنده مسئول، بوده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تمامی مشارکت‌کنندگان در این پژوهش اعم از معلمان و استادان محترمی که همکاری لازم را داشتند، کمال قدردانی و سپاسگزاری را دارند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان، بیان نشده است».

منابع

- احمدی، احمد؛ امانی‌طهرانی، محمود؛ بازوبندی، محمدحسن؛ حذرخانی، حسن؛ و فخریان، بهمن. (۱۴۰۰). *آزمایشگاه علوم تجربی (۱)*. پایه دهم دوره دوم متوسطه-۱۱۰۲۱۷. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. چاپ ششم. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، سهامی خاص.
- احمدی، یاور؛ و خدایی، علیرضا. (۱۳۹۹). *مروری بر اهمیت آزمایشگاه و آموزش شیمی مبتنی بر آزمایش*. پژوهش در آموزش شیمی. ۲(۲)، ۵۳-۶۵. https://chemedu.cfu.ac.ir/article_1527.html

اکرمی، زکیه؛ و دهقانی، فاطمه. (۱۴۰۰). تحلیل محتوای شیمی کتاب آزمایشگاه علوم تجربی پایه دهم بر اساس الگوی خلاقیت پلسک. سومین همایش ملی آموزش شیمی. <https://civilica.com/doc/1421781>

امانی، وحید؛ و اکرمی، زکیه. (۱۴۰۳). طراحی فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی خلاقانه در آموزش شیمی. انتشارات دانشگاه فرهنگیان.

ایمانی، فائزه؛ اوستا، میهن؛ و رجایی، سیدمهدی. (۱۳۹۸). مروری بر روش‌های نوین آموزش زیست‌شناسی. پژوهش در آموزش زیست‌شناسی. ۱(۴)، ۵۶-۴۳.

بازوبندی، محمدحسن؛ حریری، ابوالفضل؛ حذرخانی، حسن؛ خیاطان، محمدرضا؛ غلامی، اعظم؛ و کامیابی، شریف. (۱۴۰۰). *آزمایشگاه علوم تجربی (۲)*. پایه یازدهم دوره دوم متوسطه، ۱۱۱۲۱۷. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. چاپ پنجم. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، سهامی خاص.

بازوبندی، محمدحسن؛ عابدینی، مریم؛ ارزانی، زهرا؛ خیاطان، محمدرضا؛ رضانی‌ویشکی، فریبا؛ رئیس‌دانا، منصوره؛ سلطانی اصل، فریده؛ کرباسیان، ناهید؛ و مردوخ، سیروان. (۱۳۹۶). *راهنمای معلم آزمایشگاه علوم تجربی (۱)*. پایه دهم دوره دوم متوسطه-۱۱۰۳۷۷. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. چاپ اول. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، سهامی خاص.

بدریان، عابد؛ شکرباغانی، اشرف‌السادات؛ اصفاء، آرزو؛ و عبدی‌نژاد، طالب. (۱۳۸۷). اعتبار بخشی الگویی اثربخش برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه. *نوآوری‌های آموزشی*. ۷(۲۸)، ۱۵۶-۱۲۹. https://noavaryedu.oerp.ir/article_78893.html

براهوئی‌مقدم، نورمحمد. (۱۴۰۱). *آزمایشگاه علوم تجربی در مدارس دوره‌های اول و دوم متوسطه (شناسایی چالش‌های موجود و ارائه راهکارها)*. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱(۴)، ۱۴-۱.

بوربور، محمدرضا؛ و آذرهوش‌فتیده، محمدجواد. (۱۴۰۱). بررسی عوامل کم توجهی به درس آزمایشگاه علوم تجربی و لزوم تغییر نگرش دبیران و دانش‌آموزان. *هفتمین همایش ملی رویکردهای نوین در آموزش و پژوهش*. <https://civilica.com/doc/1619604>

بهرامی‌مداح، امیرمحمد؛ و سرکان، زهره. (۱۴۰۲). طراحی آزمایش‌های ساده جهت تسهیل یادگیری مفاهیم شیمی متوسطه دوم. *پژوهش در آموزش شیمی*. ۵(۲)، ۴۳-۲۶. <https://doi.org/10.48310/chemedu.2023.3238>

پاک‌طینت، صبا؛ و رحیمی، علیرضا. (۱۳۹۵). نقش آزمایشگاه در یادگیری درس شیمی. *همایش ملی دانش و فناوری روانشناسی، علوم تربیتی و جامعه‌شناسی ایران*. <https://civilica.com/doc/591351>

حذرخانی، حسن؛ کامیابی، شریف؛ بازوبندی، محمدحسن؛ غلامی، اعظم؛ خیاطان، محمدرضا؛ مردوخ، سیروان؛ و رضانی‌ویشکی، فریبا. (۱۳۹۸). *راهنمای معلم آزمایشگاه علوم تجربی (۲)*. پایه یازدهم دوره دوم متوسطه-۱۱۱۳۷۷. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. چاپ اول. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، سهامی خاص.

حسن‌وند، حسین. (۱۳۹۸). نقش آزمایشگاه در رویکردهای نوین آموزش علوم تجربی. *سومین همایش ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی*. <https://civilica.com/doc/1877271>

حیدری، سعادت. (۱۳۹۹). *طراحی آزمایش‌های ساده و قابل انجام مفاهیم درسی کتاب شیمی سال‌های دهم و یازدهم*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، پردیس شهید چمران، دانشگاه فرهنگیان تهران.

- حیدری، سعادت؛ نوری، رضا؛ شرفی، داریوش؛ و امانی، وحید. (۱۴۰۱). طراحی آزمایش‌های ساده و قابل انجام با کمترین امکانات برای تدریس مفاهیم شیمی دبیرستان مدارس کشور. پویش در آموزش علوم پایه، ۸ (۲۸)، ۱-۱۴. https://basicscience.cfu.ac.ir/article_2433.html
- خدابخشی‌هفشجانی، نسرين. (۱۴۰۰). عوامل موثر بر ایجاد انگیزه و خلاقیت در معلمان جهت استفاده از روش‌های آموزشی نوین در مدارس. رهبری آموزشی کاربردی، ۲(۱)، ۲۵-۳۴. https://ael.uma.ac.ir/article_1333.html
- رجبی، شعیب. (۱۳۹۹). استفاده از آزمایشات ساده و جدید در تفهیم بهتر مبحث نور در علوم پنجم ابتدایی. اولین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در فرایندهای تعلیم و تربیت. <https://civilica.com/doc/1116368>
- صابری، ستار؛ عشقی، حسین؛ و اسماعیل‌زاده، محمد. (۱۳۹۲). طراحی فعالیت‌های عملی آزمایشگاهی کم‌هزینه در درس شیمی و زندگی. هشتمین سمینار آموزشی شیمی ایران.
- صفاری‌بروجنی، محمد. (۱۳۹۶). تأثیر آموزش الکترونیکی بر انگیزش و پیشرفت تحصیلی درس زیست‌شناسی دوره دوم متوسطه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پردیس شهید چمران، دانشگاه فرهنگیان تهران.
- صمدی، افسانه. (۱۳۹۸). چالش‌های موجود در آموزش زیست‌شناسی و نقش خلاقیت در افزایش یادگیری آن. فصلنامه علمی تخصصی. پژوهش در آموزش زیست‌شناسی. ۱(۱)، ۳۰ - ۱۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.1.3.3>
- غلامی، اعظم؛ و قربانی، محمدرضا. (۱۳۹۷). تأثیر تدریس به روش آزمایشگاهی بر یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی و مقایسه بین دانش‌آموزان دختر و پسر. آموزش پژوهی. ۴(۱۶)، ۵۳-۶۸. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25884182.1397.4.16.3.8>
- قرنجیک، ابراهیم. (۱۳۹۵). طراحی آزمایش‌های ساده برای یادگیری. رشد آموزش زیست‌شناسی. ۱۰۲، ۶۵-۶۶. <https://www.roshdmag.ir/fa/article>
- قرنجیک، ابراهیم. (۱۳۹۹). آزمایش‌هایی ساده برای کلاس درس شما. رشد آموزش زیست‌شناسی. ۱۱۵، ۱۲-۱۳. <https://www.roshdmag.ir/fa/basicsciences/zist>
- کرمی‌گزافی، علیرضا؛ یونسی، جلیل و عزیزیان، علی. (۱۳۸۸). مقایسه میزان تأثیر آموزش آزمایشگاه شیمی به کمک نرم‌افزار آموزشی و روش سنتی در پیشرفت تحصیلی و نگرش دانش‌آموزان. فناوری آموزش. ۴(۱)، ۹-۱. <https://doi.org/10.22061/tej.2009.1338>
- کریمی‌زاده، امین؛ و تقوی، سیدعبدالمناف. (۱۳۹۶). بررسی و مقایسه الگوهای سنتی و فعال تدریس شیمی. اولین همایش کشوری دانش موضوعی- تربیتی دانش آموزی آموزش محتوای شیمی. <https://civilica.com/doc/772055>
- کریمی‌زاده، امین؛ چشمه‌آذر، امیرحسین؛ آل بویه، علیرضا؛ و تقوی، سیدعبدالمناف. (۱۳۹۹). کتاب درسی آزمایشگاه علوم تجربی (۱) بودن؟ یا نبودن؟ مسئله این است.... یازدهمین همایش آموزش شیمی/انجمن شیمی ایران. <https://civilica.com/doc/1137080>
- لهراسی، محمد. (۱۳۹۹). آموزش شیمی به کمک آزمایشگاه مجازی در دوران کرونا. پژوهش در آموزش شیمی، ۲(۲)، ۲۱-۳۵. https://chemedu.cfu.ac.ir/article_1524.html?lang=fa

مرادقلی، آمنه. (۱۴۰۱). شیمی مبتنی بر آزمایشگاه. چهارمین همایش ملی آموزشی شیمی. <https://civilica.com/doc/1665284>

مشک‌بید، فاطمه. (۱۴۰۱). مرور نظام مند آموزش علوم تجربی مبتنی بر آزمایشگاه. سومین همایش ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی. <https://civilica.com/doc/1549717>

مقدسی، رضا. (۱۳۹۷). نقدی بر فعالیت‌های تجربی در آزمایشگاه زیست‌شناسی مدارس. رشد آموزش زیست شناسی، ۱۰۹، ۵۶-۵۳. <https://www.roshdmag.ir/fa/article>

میری‌رامشه، زهرا. (۱۳۹۲). طراحی آزمایش‌های ساده و کم هزینه. هشتمین همایش آموزش شیمی/ایران. نقدی، نیره، به‌پژوه، احمد. (۱۳۹۸). نیاز سنجی دانش‌آموزان با استعداد و تیزهوش: موردپژوهی یک آزمایشگاه آموزش مجازی. رویش روانشناسی، ۸(۱)، ۱۳۶-۱۱۷. <https://frooyesh.ir/article-1-737-fa.pdf>

Abdussemiu, A. (2022). Problems of Teaching Practical Biology in Senior Secondary Schools, *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*, 2(3), 199-206.

Al-Awadi, A. H. E. & Abdulwahid, A. A. (2023). Challenges of Implementing Experiential Learning According to Kolb's Model from The Perspective of Biology Teachers. *International Journal of Studies in Advanced Education*, 2(6), 86-102.

Ghandi, I. G., & Deghilipulu, U. (2025). The Effect of Equipped Biology Laboratories on Students' Academic Achievement in Secondary Schools in Yenagoa, Bayelsa State, Nigeria. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research*, 13(2):18-35. doi:10.5281/zenodo.15308561

Haedar, K. A., Ainurridho, M., & Cahyani, S. I. (2024). Does laboratory Matters in Today's High School Learning Environment? *International Journal of Educational Administration, Management, and Leadership*, 5(1), 1-12. <https://doi.org/10.51629/ijeamal.v5i1.179>

Kalemkuş, J. & Kalemkuş, F. (2024). The Effects of Designing Scientific Experiments with Visual Programming Language on Learning Outcomes. *Science & Education*. 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00546-8>

Kennepohl, D. & Ogunsola-Bande, M. (2024). Alternatives to Traditional Physical Science Laboratory Experiences: A Review, *West African Journal of Open & Flexible Learning Special Edition*, 12(2), 1-36. <https://orcid.org/0000-0001-9093-0567>

Kotsis, K.T. (2024). The Significance of Experiments in Inquiry-based Science Teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*. 5(2), 86-92. Doi:10.24018/ejedu.2024.5.2.815

Lai, N. L., Dao, M. N. & Nguyen, T. T. Q. (2021). Designing and Teaching Experiments in Chapter 1: Matter and Energy Metabolism - Biology 11, *VNU Journal of Science: Education Research*. 37(2), 111-121. DOI: <https://doi.org/10.25073/2588-1159/vnuer.4494>

Maglajos, H.Z.L., Japos, N.B.Y., Francisco, J., & Rallos, G.A.C. (2024). Effectiveness of Home-Based Laboratory Experiments. *Psychology Education*, 26(4), 342-350. doi:10.5281/zenodo.13904533

Reiser, M., Binder, M., & Weitzel, H. (2024) Design as a learning opportunity in biology lessons—a cross-domain STEM approach and its impact on biological subject knowledge. *Frontiers in Education*. 9:1462822. doi: 10.3389/feduc.2024.1462822

- Rivera, M. M. & Manalastas, A. S. (2025). Exploring Science Teachers' Competence and Laboratory Management Capability on Students' Basic Science Process Skills. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6(1), 2225-2235. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1462822>
- Robledo, D.A.R. (2021). Biology at Home: The Six Attributes of Home-based Biology Experiments (HBEs) for Remote Authentic Learning. *Psychology and Education*. 58(3), 4319- 4323.
- Robledo, D.A.R., Miguel, F.F., Pillar, G.A., Errabo, D.D., Cajimat, R., Aguja, S.E. & Prudente, M.S. (2023). Students' Knowledge gains, Self-efficacy, Perceived Level of Engagement, and Perceptions with regard to Home-based Biology Experiments (HBEs), *Journal of Turkish Science Education*, 20(1), 84-118. DOI:10.36681/tused.2023.006
- Schnell, L.J., Simpson, G.L., Suchan, D.M., Quere, W., Weger, H.G., & Davis, M.C. (2021). An at-home laboratory in plant biology designed to engage students in the process of science. *Ecology and Evolution*, 11,17572–17580. DOI: 10.1002/ece3.8441
- Shao, F.F., Tang, L., & Zhang, H. (2024). Video watching and hands-on experiments to learn science: what can each uniquely contribute? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 6(17), .1-15. <https://doi.org/10.1186/s43031-024-00103-x>
- Singh, A. (2024). Alternatives to use of animal experiments in teaching and research, A review. *Journal of Laboratory Animal Science*, 4(2), 27-32. DOI:10.48165/jlas.2021.4.2.6
- Sukmawatia, F., Santosaa, E. S., Juwitaa, R., Cahyonoa, B. T., Trisnarningsiha, S. & Ridhania, J. (2024). The exploration of science teacher's acceptance towards virtual laboratory (VL). *Multidisciplinary Science Journal*, 6: e2024274. 1-14. DOI: <https://dx.doi.org/10.47772/IJRIS.2024.8100238>
- Tzovla, E. & Kedraka, K., (2020). Teaching Biology in Primary Education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 8(2), 91-97. <https://doi.org/10.20448/2003.82.91.97>
- Xia, X., Bentley, L.R., Fan, X. & Tai, R.H. (2025). STEM Outside of School: a Meta-Analysis of the Effects of Informal Science Education on Students' Interests and Attitudes for STEM. *International Journal of Science and Mathematics Education* 23,1153–1181. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10504-z>.