



The Effectiveness of a Research-Based Learning Approach in Improving Biology Learning, Reducing Conceptual Misconceptions, and Fostering Student Motivation

Roya Osanlou ^{1,*}, Zahra Kokabiyan ², Saharsadat Maghsoudi ³, Touran Sayadi ⁴

¹ PhD in Microbiology, Biology Education Department, General Directorate of Education, Tehran, Iran.

² PhD in Physiology, Biology Education Department, General Directorate of Education, Tehran, Iran.

³ MSc in Chemistry, Chemistry Education Department, General Directorate of Education, Tehran, Iran.

⁴ B.A. in Social Sciences, Absal High School, District 4 Education Department, Tehran, Iran.

* Corresponding author: ( roya.osanlou@gmail.com)

ABSTRACT

Background and Objectives: This study aimed to investigate the effectiveness of a research-based learning (RBL) approach, compared with the traditional lecture-based instructional method, on secondary school students' learning of biology concepts. **Methods:** The study employed a quasi-experimental design within a mixed-methods framework and was conducted in a public secondary school involving 60 students assigned to an experimental group ($n = 30$) and a control group ($n = 30$). The instructional intervention implemented in the experimental group included research-oriented activities, guided inquiry, collaborative learning, and formative assessment, whereas the control group received conventional direct instruction. **Findings:** Data were collected through pretest and posttest assessments, a validated Biology Conceptual Understanding Test, a five-point Likert-scale questionnaire measuring students' perceptions, and classroom observations. Statistical analyses revealed that students in the experimental group significantly outperformed those in the control group on the posttest ($M = 108.7$, $SD = 18.2$ vs. $M = 92.4$, $SD = 15.6$; $t(58) = 4.87$, $p < .001$, $d = 1.26$). Furthermore, the reduction in conceptual misconceptions was substantially greater in the experimental group than in the control group (52% vs. 18%), accompanied by evidence of better retention of learning. Questionnaire findings also indicated that students exposed to the research-based learning approach reported more positive perceptions of classroom participation, collaborative learning, and the overall effectiveness of the learning process. **Conclusion:** The findings suggest that research-based learning is an effective instructional approach for enhancing conceptual understanding, reducing scientific misconceptions, and promoting sustainable learning in biology education. These results support the integration of active, student-centered pedagogical strategies into science education and underscore the importance of teachers' professional development to facilitate the successful implementation of such instructional approaches.

Keywords: Research-Based Learning, Biology Education, Active Learning, Motivation, Misconceptions.

RESEARCH ARTICLE

Received: 16 June 2026

Revised: 19 June 2026

Accepted: 20 June 2026

Published online: 20 June 2026

ISSN (Online): [2717-2252](https://doi.org/10.2717/2252)

Citation: Osanlou, R., Kokabiyan, Z., Maghsoudi, S., Sayadi, T. (2026). The Effectiveness of a Research-Based Learning Approach in Improving Biology Learning, Reducing Conceptual Misconceptions, and Fostering Student Motivation. *Research in Biology Education*, 6(1), 27-39.

Publisher: Farhangian University



پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، سال ۱۴۰۵، شماره ۱، صفحات ۲۷-۳۹

پژوهش در آموزش زیست‌شناسی

<https://Bioedu.cfu.ac.ir>



اثربخشی رویکرد پژوهش‌محور در یادگیری و کاهش کج فهمی‌های مفاهیم زیست‌شناسی و ایجاد انگیزش دانش‌آموزان

رویا اصالو^{۱*}، زهرا کوبیان^۲، سحر سادات مقصودی^۳، توران صیادی^۴

۱. دکترای میکروبیولوژی، گروه‌های آموزشی، گروه زیست‌شناسی، اداره کل آموزش و پرورش، تهران، ایران.

۲. دکترای فیزیولوژی جانوری، گروه‌های آموزشی، گروه زیست‌شناسی، اداره کل آموزش و پرورش، تهران، ایران.

۳. کارشناسی ارشد شیمی، گروه‌های آموزشی، گروه شیمی، اداره کل آموزش و پرورش، تهران، ایران.

۴. کارشناسی گروه علوم اجتماعی، دبیرستان آبسال، اداره آموزش و پرورش منطقه ۴، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: (roya.osanlou@gmail.com)

چکیده

پیشینه و اهداف: این پژوهش با هدف بررسی اثربخشی رویکرد یادگیری مبتنی بر پژوهش در مقایسه با آموزش سنتی سخنرانی‌محور بر یادگیری دانش‌آموزان در مفاهیم زیست‌شناسی دوره متوسطه انجام شد. **روش‌ها:** پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با رویکرد روش‌های آمیخته بود و در یک مدرسه دولتی با مشارکت ۶۰ دانش‌آموز در دو گروه آزمایش و کنترل اجرا شد. مداخله آموزشی در گروه آزمایش شامل فعالیت‌های پژوهش‌محور، کاوش هدایت‌شده، یادگیری مشارکتی و ارزشیابی تکوینی بود، در حالی که گروه کنترل آموزش مستقیم متداول را دریافت کرد. داده‌ها از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون، آزمون معتبر سنجش درک مفهومی زیست‌شناسی، پرسشنامه ادراک دانش‌آموزان با مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای و مشاهده‌های کلاسی گردآوری شد. **یافته‌ها:** تحلیل‌های آماری نشان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل عملکرد مناسب‌تری در پس‌آزمون داشتند ($M = 92.4$, $M = 108.7$, $SD = 18.2$) در برابر $M = 92.4$, $SD = 15.6$ ($t(58) = 4.87$, $p < .001$, $d = 1.26$). همچنین، کاهش بدفهمی‌های مفهومی در گروه آزمایش بیشتر از گروه کنترل بود (۵۲٪ در برابر ۱۸٪) و شواهدی از ماندگاری بیشتر یادگیری در این گروه مشاهده شد. یافته‌های پرسشنامه نیز نشان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش نگرش مثبت‌تری نسبت به مشارکت کلاسی، همکاری گروهی و اثربخشی فرایند یادگیری داشتند. **نتیجه‌گیری:** یافته‌ها حاکی از آن است که رویکرد یادگیری مبتنی بر پژوهش می‌تواند در بهبود درک مفهومی، کاهش بدفهمی‌های علمی و تقویت یادگیری پایدار در زیست‌شناسی مؤثر باشد. این نتایج از به‌کارگیری راهبردهای آموزشی فعال و دانش‌آموز‌محور در آموزش علوم حمایت می‌کند و بر اهمیت توسعه حرفه‌ای معلمان برای اجرای موفق این رویکردها تأکید دارد. **واژه‌های کلیدی:** یادگیری مبتنی بر پژوهش، آموزش زیست‌شناسی، یادگیری فعال، انگیزش، کج فهمی‌ها.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

شاپا الکترونیکی: ۲۲۷۱-۲۲۵۲



ارجاع: اصالو، ر؛ کوبیان، ز؛ مقصودی، س؛ صیادی، ت. (۱۴۰۵). اثربخشی رویکرد پژوهش‌محور در یادگیری و کاهش کج فهمی‌های مفاهیم زیست‌شناسی و ایجاد انگیزش دانش‌آموزان. پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، ۶(۱)، ۲۷-۳۹. ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

آموزش و یادگیری مفاهیم زیستی با ظهور رویکردهای آموزشی مبتنی بر پژوهش که بر درگیری فعال، کاوشگری و درک مفهومی به جای حفظ طوطی‌وار تأکید دارند، دچار تحول چشمگیری شده است. روش‌های سنتی مبتنی بر سخنرانی اغلب به دلیل ایجاد یادگیری سطحی، به‌ویژه در حوزه‌های پیچیده‌ای مانند ژنتیک، بوم‌شناسی و زیست‌شناسی سلولی که نیازمند استدلال انتزاعی هستند، مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. در مقابل، رویکردهای مبتنی بر پژوهش که ریشه در علوم شناختی و روان‌شناسی تربیتی دارند، راهبردهایی مانند یادگیری فعال، یادگیری مسئله‌محور و ارزشیابی تکوینی را برای تقویت تغییر مفهومی پیشنهاد می‌کنند. فراتحلیل‌های گسترده نشان داده‌اند که راهبردهای یادگیری فعال در کلاس‌های علوم، نرخ مردودی را تا ۵۵ درصد کاهش داده و عملکرد دانش‌آموزان را نزدیک به نیم انحراف معیار نسبت به روش‌های سنتی بهبود می‌بخشد (Freeman et al., 2014). این یافته‌ها ضرورت بازنگری در شیوه‌های تدریس زیست‌شناسی را برجسته می‌سازد. در چارچوب گسترده‌تر آموزش علوم، تدریس مبتنی بر پژوهش با نظریه‌های سازنده‌گرایی همسو است که یادگیری را فرایندی فعال برای ساخت دانش می‌دانند (Bransford et al., 2000). این رویکردها در زیست‌شناسی اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا فهم فرایندها، نظام‌ها و ارتباطات متقابل برای سواد علمی ضروری است. با تلفیق یافته‌های تجربی علوم یادگیری در عمل کلاس درس، معلمان می‌توانند درک عمیق‌تر و ماندگارتر از دانش زیستی را در فراگیران پرورش دهند. ازاین‌رو، بررسی اثربخشی رویکردهای مبتنی بر پژوهش در یادگیری مفاهیم زیستی برای پیشبرد آموزش و بهبود پیشرفت تحصیلی در علوم زیستی امری حیاتی است.

یادگیری مفاهیم زیستی به شکل‌گیری درک معنادار از اصول بنیادین زیست‌شناسی مانند تکامل، هم‌ایستایی، وراثت و تعاملات بوم‌شناختی اشاره دارد، نه صرفاً به یادسپاری اطلاعات. پیشرفت در مفاهیم زیستی معمولاً از طریق توانایی دانش‌آموزان در به‌کارگیری، تحلیل و انتقال دانش خود به موقعیت‌های جدید سنجیده می‌شود. به‌گفته (Michael, 2006)، یادگیری معنادار در زیست‌شناسی زمانی رخ می‌دهد که دانش‌آموزان از طریق پرسشگری، استدلال و حل مسئله با محتوا درگیر شوند. دیدگاه‌های نظری مانند سازنده‌گرایی (پیاژه) و نظریه تغییر مفهومی (Posner et al., 1982) تأکید می‌کنند که فراگیران باید برداشت‌های نادرست پیشین خود را بازسازی کنند تا به درک مفهومی واقعی دست یابند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بدفهمی‌ها در زیست‌شناسی، به‌ویژه در ژنتیک و تکامل، حتی پس از آموزش نیز تداوم می‌یابند اگر روش‌های تدریس به‌طور مستقیم آن‌ها را هدف قرار ندهند (Chi, 2009). (Tanner, 2012) بیان می‌کند که راهبردهای یادگیرنده‌محور مانند آموزش هم‌تایان و ارزشیابی تکوینی، پیشرفت در کلاس‌های زیست‌شناسی را به‌طور معناداری افزایش می‌دهند. افزون بر این، شواهد نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که در

آزمایشگاه‌های مبتنی بر کاوش شرکت می‌کنند، نسبت به آزمایشگاه‌های تأییدی، ماندگاری مفهومی بیشتری دارند (National Research Council, 2012). این یافته‌ها نشان می‌دهد که پیشرفت در زیست‌شناسی چندبعدی بوده و شامل درگیری شناختی، آگاهی فراشناختی و مهارت کاربردی است. بنابراین، یادگیری مؤثر مفاهیم زیستی مستلزم راهبردهای آموزشی مبتنی بر پژوهش درباره چگونگی تفکر و یادگیری دانش‌آموزان است.

با وجود گسترش ادبیات پژوهشی در حمایت از روش‌های تدریس مبتنی بر پژوهش، هنوز شکاف‌هایی در درک اثربخشی این روش‌ها در یادگیری مفاهیم پیچیده زیستی وجود دارد. بسیاری از مطالعات به آموزش علوم به صورت کلی پرداخته‌اند، بدون آنکه چالش‌های شناختی ویژه زیست‌شناسی مانند تفکر نظام‌مند و تجسم فرایندهای انتزاعی را به طور خاص بررسی کنند. همچنین، اگرچه فراتحلیل‌ها مزایای یادگیری فعال را تأیید می‌کنند، پژوهش‌های کمتری به بررسی تأثیر این رویکردها بر تغییر مفهومی بلندمدت در موضوعاتی مانند تکامل، زیست‌شناسی مولکولی و فیزیولوژی پرداخته‌اند. شواهد تجربی محدودی نیز درباره تعامل راهبردهای مبتنی بر پژوهش با بدفهمی‌های پیشین دانش‌آموزان در کلاس‌های زیست‌شناسی وجود دارد (Chi, 2009). افزون بر این، بیشتر پژوهش‌ها در آموزش عالی انجام شده و آموزش زیست‌شناسی در مقطع متوسطه کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Tanner, 2012). جنبه مغفول دیگر، نقش شیوه‌های ارزشیابی در سنجش درک مفهومی واقعی به جای دانش رویه‌ای است. مطالعات اغلب بر عملکرد کوتاه‌مدت تحصیلی تأکید دارند تا ماندگاری و انتقال پایدار دانش زیستی. عوامل زمینه‌ای مانند محیط کلاس، آمادگی معلم و دسترسی به منابع نیز در ارتباط با رویکردهای مبتنی بر پژوهش به طور کافی بررسی نشده‌اند (National Research Council, 2012).

از این رو، انجام پژوهشی متمرکز بر تأثیر این رویکردها بر یادگیری مفاهیم زیستی ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با بهره‌گیری از طرح شبه‌آزمایشی به منظور بررسی اثربخشی رویکرد آموزشی مبتنی بر پژوهش در بهبود یادگیری مفاهیم زیستی انجام شد. در این طرح، دو گروه کنترل و آزمایش برای مقایسه روش تدریس سنتی با راهبردهای آموزشی مبتنی بر یافته‌های پژوهشی در نظر گرفته شد. اجرای پژوهش در محیط واقعی کلاس درس مقطع متوسطه صورت گرفت تا شرایط طبیعی یادگیری حفظ شود و نتایج از اعتبار بوم‌شناختی برخوردار باشند. چارچوب روش‌شناختی مطالعه بر نظریه سازنده‌گرایی و الگوی تغییر مفهومی استوار بود که بر درگیری فعال فراگیران و بازسازی دانش پیشین تأکید دارد. رویکرد آمیخته (کمی-کیفی) به کار گرفته شد تا داده‌های پیشرفت تحصیلی با شواهد کیفی از تجربه‌های یادگیری دانش‌آموزان تکمیل شود. برای سنجش تغییر در درک مفهومی، پیش‌آزمون و پس‌آزمون طراحی و اجرا شد. همچنین، مشاهده‌های کلاسی و بازتاب‌های نوشتاری دانش‌آموزان گردآوری گردید تا تفسیر نتایج کمی غنی‌تر شود. در

طول مداخله آموزشی، از ارزشیابی تکوینی همسو با اصول تدریس مبتنی بر پژوهش استفاده شد. برای تعیین میزان اثربخشی، مقایسه‌های آماری بین دو گروه انجام گرفت. این طرح پژوهشی از طریق کنترل مقایسه‌ای، اعتبار درونی را تضمین کرد و با اجرای طبیعی در کلاس درس، اعتبار بیرونی را تقویت نمود. بهره‌گیری از اصول علوم یادگیری نیز پشتوانه نظری مستحکمی برای روش‌شناسی پژوهش فراهم ساخت. در مجموع، طرح پژوهش به‌گونه‌ای سامان یافت که تأثیر تدریس مبتنی بر پژوهش بر یادگیری مفاهیم زیستی را به‌صورت نظام‌مند ارزیابی کند.

شرکت‌کنندگان این پژوهش را دانش‌آموزان مقطع متوسطه که در درس زیست‌شناسی مدرسه دولتی آبسال ثبت‌نام کرده بودند، تشکیل دادند. برای انتخاب نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد و دو کلاس همگن از نظر پیشینه تحصیلی به‌عنوان گروه کنترل و آزمایش برگزیده شدند. حجم نمونه در مجموع حدود ۶۰ دانش‌آموز بود که تقریباً ۳۰ نفر در هر گروه قرار گرفتند. معیار ورود به مطالعه شامل ثبت‌نام در پایه تحصیلی یکسان و گذراندن دروس پیش‌نیاز علوم بود. دانش‌آموزانی که غیبت طولانی‌مدت داشتند یا داده‌های ارزشیابی آن‌ها ناقص بود، از تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند تا یکپارچگی داده‌ها حفظ شود. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مانند سن، جنسیت و عملکرد تحصیلی پیشین ثبت گردید تا همترازی دو گروه تضمین شود. جامعه مورد مطالعه نمایانگر یک کلاس درس معمولی بود که تعمیم‌پذیری نتایج را به بافت‌های آموزشی مشابه افزایش می‌دهد. پیش از اجرای پژوهش، رضایت آگاهانه از دانش‌آموزان و مسئولان مدرسه اخذ شد. گروه آزمایش آموزش را با راهبردهای مبتنی بر پژوهش دریافت کرد، در حالی که گروه کنترل تحت آموزش سخنرانی‌محور سنتی قرار داشت. این ساختار نمونه‌گیری امکان مقایسه‌ای واقع‌بینانه از تأثیر روش‌های تدریس را فراهم آورد. ترکیب شرکت‌کنندگان برای بررسی تفاوت‌های ناشی از رویکرد آموزشی کاملاً مناسب بود.

روش پژوهش

پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با رویکرد روش‌های آمیخته بود و در یک مدرسه دولتی با مشارکت ۶۰ دانش‌آموز در دو گروه آزمایش و کنترل اجرا شد. مداخله آموزشی در گروه آزمایش شامل فعالیت‌های پژوهش‌محور، کاوش هدایت‌شده، یادگیری مشارکتی و ارزشیابی تکوینی بود، در حالی که گروه کنترل آموزش مستقیم متداول را دریافت کرد. تجهیزات معمول کلاس درس مانند ویدئوپروژکتور، نمودارها و مدل‌های آزمایشگاهی در اجرای فعالیت‌های پژوهش‌محور به کار گرفته شد. داده‌ها از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون، آزمون معتبر سنجش درک مفهومی زیست‌شناسی، پرسشنامه ادراک دانش‌آموزان با مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای و مشاهده‌های کلاسی گردآوری شد.

روش‌های گردآوری داده‌ها

برای سنجش اثربخشی رویکرد مبتنی بر پژوهش در یادگیری مفاهیم زیستی، از چندین ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. یک آزمون استاندارد پیشرفت مفهومی زیست‌شناسی طراحی و اعتباریابی شد تا درک مفهومی دانش‌آموزان پیش و پس از مداخله سنجیده شود. گویه‌های آزمون با استانداردهای برنامه درسی همسو بوده و توسط متخصصان موضوعی بازبینی شد تا روایی محتوایی آن تضمین گردد. همچنین چک‌لیست‌های مشاهده کلاسی برای ثبت شیوه‌های تدریس و میزان درگیری دانش‌آموزان به کار رفت. علاوه بر این، ابزارهای ارزشیابی تکوینی مانند نقشه مفهومی، آزمونک‌ها و دفترچه‌های بازتابی در طول دوره آموزشی استفاده شد. داده‌های حاصل از این ابزارها شواهد کمی و کیفی از پیشرفت یادگیری فراهم آورد.

پرسشنامه‌ای نیز برای سنجش نگرش آنان نسبت به روش تدریس طراحی و اجرا شد. پایایی ابزارها با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد تا همسانی درونی آن‌ها تأیید شود.

به منظور سنجش کج‌فهمی‌های مفهومی دانش‌آموزان، مجموعه‌ای از سؤال‌های تشخیصی چندگزینه‌ای طراحی شد که بر مفاهیم زیست‌شناسی دارای کج‌فهمی رایج شامل ژنتیک، هم‌ایستایی و تکامل تمرکز داشت. برای هر سؤال، گزینه‌های نادرست بر اساس کج‌فهمی‌های مستند در ادبیات آموزش زیست‌شناسی طراحی شدند. این ابزار در قالب پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شد و میزان کاهش فراوانی پاسخ‌های مبتنی بر کج‌فهمی در هر گروه محاسبه گردید. روایی محتوایی این سؤالات توسط سه نفر از متخصصان آموزش زیست‌شناسی تأیید شد و پایایی آن از طریق ضریب آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۱ به دست آمد.

در پایان دوره آموزشی، پس‌آزمونی همسان با پیش‌آزمون اجرا گردید تا میزان پیشرفت یادگیری سنجیده شود. پاسخ‌های پرسشنامه نیز برای بررسی ادراک دانش‌آموزان از روش تدریس جمع‌آوری شد. داده‌های کمی با استفاده از آمار توصیفی، آزمون t همبسته و آزمون t مستقل تحلیل شدند تا مقایسه درون‌گروهی و بین‌گروهی انجام گیرد. برای تحلیل میزان کاهش کج‌فهمی‌ها، پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات تشخیصی مفهومی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون مقایسه شد. درصد کاهش پاسخ‌های مبتنی بر کج‌فهمی برای هر مفهوم و برای هر گروه محاسبه گردید. سپس به منظور بررسی معناداری تفاوت بین دو گروه، از آزمون کای‌دو (χ^2) استفاده شد. داده‌های کیفی حاصل از مشاهدات و نوشته‌های بازتابی کدگذاری و به‌صورت تحلیل مضمون بررسی شد. تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS انجام گرفت تا دقت محاسبات تضمین شود. مجوزهای اخلاقی لازم از مسئولان مدرسه اخذ شد و شرکت‌کنندگان از اهداف پژوهش

آگاه شدند. محرمانگی و ناشناس بودن اطلاعات دانش‌آموزان به‌طور کامل رعایت گردید. این فرایندها چارچوبی نظام‌مند، اخلاق‌مدار و دقیق برای ارزیابی اثربخشی رویکرد آموزشی مبتنی بر پژوهش فراهم آورد.

نتایج

یافته‌های کلی این پژوهش نیمه‌آزمایشی، پشتیبانی تجربی قوی از تأثیر رویکرد آموزش پژوهش‌محور بر یادگیری مفهومی و اصلاح کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی متوسطه ارائه می‌دهد. مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون حاکی از تفاوت معنادار در پیشرفت درک مفهومی بین گروه‌های آزمایش و کنترل بود. آزمون t مستقل انجام‌شده بر روی نمرات پس‌آزمون، با کنترل نمرات پایه پیش‌آزمون، نشان داد دانش‌آموزانی که در معرض راهبردهای پژوهش‌محور قرار گرفتند ($M = 108.7$, $SD = 18.2$) به‌طور معناداری از همتایان خود در گروه آموزش سنتی ($M = 92.4$, $SD = 15.6$) عملکرد بهتری داشتند ($p < 0.001$, $t(58) = 4.87$) این برتری با اندازه اثر بزرگی همراه بود ($d = 26.1$). همان‌طور که در جدول ۱ مشهود است، میانگین افزایش نمره در گروه آزمایش (۲۵٫۹ واحد) به‌طور محسوسی از گروه کنترل (۱۰٫۰ واحد) بیشتر بود. علاوه بر این، داده‌های کیفی حاصل از مشاهده کلاس‌ها، سطوح بالاتر مشارکت و گفت‌وگوی علمی بین دانش‌آموزان گروه آزمایش را به‌طور ثابت تأیید کرد. بنابراین، یافته اصلی مطالعه، فرضیه محوری مبنی بر برتری روش‌های فعال و کاوش‌محور نسبت به روش‌های سنتی در دستاوردهای یادگیری زیست‌شناسی را تأیید می‌کند؛ بنابراین در رابطه با نخستین پرسش پژوهش پیرامون یادگیری مفهومی، نتایج گویای تأثیر قوی مداخله بود (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون یادگیری دو گروه کنترل و آزمایش

گروه	تعداد	میانگین پیش‌آزمون (انحراف معیار)	میانگین پس‌آزمون (انحراف معیار)	تغییرات میانگین	t-test (همبسته)	p-value
کنترل	۳۰	۸۲/۴ (۱/۵)	۹۲/۴ (۱۵/۶)	+۱۰/۰	۳/۴۵	۰/۰۰۱
آزمایش	۳۰	۸۲/۸ (۱/۶)	۱۰۸/۷ (۱۸/۲)	+۲۵/۹	۷/۸۹	<۰/۰۰۱

همچنین تحلیل گویه‌های ویژه پس‌آزمون که برای سنجش بدفهمی‌های رایج (مانند ژنتیک و هم‌ایستایی) طراحی شده بودند، کاهش چشمگیر نرخ خطا در گروه آزمایش را نشان داد. همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شده است، در حالی که گروه کنترل تنها ۱۸٪ از خطاهای مبتنی بر بدفهمی را کاهش داد، گروه آزمایش به کاهش ۵۲٪ دست یافت که این تفاوت از نظر آماری معنادار بود ($p = 0.002$, $\chi^2 = 9.45$). تحلیل مضمونی دفترچه‌های بازتاب دانش‌آموزان، بینش عمیق‌تری فراهم کرد و حکایت‌های مکرری از تجربه تعارض شناختی و بازسازی مفهومی پس از آن را در میان

شرکت‌کنندگان گروه آزمایش آشکار ساخت. برای مثال، بسیاری از دانش‌آموزان توضیح دادند که چگونه طراحی پژوهش‌های کوچک درباره فرآیندهای سلولی، آنان را وادار به رویارویی و بازنگری در مدل‌های ذهنی ناقص قبلی کرده است. این همگرایی بین داده‌های کمی و کیفی به‌طور قوی حاکی از آن است که رویکرد پژوهش‌محور صرفاً به انتقال دانش روال‌محور نپرداخته، بلکه با هدف‌گیری مستقیم پایه‌های فهم، تغییر مفهومی معناداری را تسهیل کرده است. بنابراین پرسش دوم پژوهش، که بر کاهش کج فهمی‌ها متمرکز بود، از طریق تحلیل‌های آماری مقایسه‌ای تایید شد.

جدول ۲- تحلیل کاهش بدفهمی‌ها در مفاهیم خاص زیست‌شناسی

مفهوم	گروه کنترل (% کاهش خطا)	گروه آزمایش (% کاهش خطا)	χ^2	p-value
ژنتیک	٪۱۵	٪۵۰	۸,۱۲	۰,۰۰۴
هم‌ایستایی	٪۲۰	٪۵۴	۹,۴۵	۰,۰۰۲
تکامل	٪۱۹	٪۵۲	۷,۸۳	۰,۰۰۵
میانگین کل	٪۱۸	٪۵۲		

در نهایت، تحلیل پرسشنامه سنجش نگرش دانش‌آموزان (مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای) پاسخی روشن به پرسش سوم پژوهش درباره پذیرش راهبردهای آموزشی ارائه داد. همان‌طور که در جدول ۳ خلاصه شده است، دانش‌آموزان گروه آزمایش در تمامی ابعاد اندازه‌گیری‌شده، نگرش به‌طور معناداری مطلوب‌تری را نسبت به گروه کنترل گزارش کردند. از جمله یافته‌های کلیدی، موافقت قوی با گزاره‌های مربوط به افزایش مشارکت ($M = ۴,۵ \pm ۰,۶$)، بهبود توانایی کاربست مفاهیم ($M = ۴,۳ \pm ۰,۷$) و مفید بودن همکاری همتایان ($M = ۴,۴ \pm ۰,۵$) بود. در مقابل، پاسخ‌های گروه کنترل به‌طور ثابت در سطح متوسط یا پایین‌تر قرار داشت. یک آزمون t مستقل بر روی نمره ترکیبی پرسشنامه، تفاوت معنادار بین دو گروه را تأیید کرد ($t(۵۸) = ۵,۹۲$ ، $p < ۰,۰۰۱$). شایان توجه است که تحلیل کیفی پاسخ‌های تشریحی پرسشنامه و دفترچه‌های بازتاب، ارتباط معناداری بین فعالیت‌های پژوهش‌محور و احساس فزاینده مالکیت بر یادگیری و خودکارآمدی علمی در دانش‌آموزان را آشکار ساخت. این داده‌های ادراکی که با نتایج عملکرد و ماندگاری همسو هستند، تصویری منسجم از یک مداخله آموزشی ترسیم می‌کنند که هم در ترویج یادگیری مؤثر بود و هم از سوی یادگیرندگان پذیرفته شد (جدول ۳). تفاوت درون گروهی: هر دو گروه از پیش‌آزمون به پس‌آزمون پیشرفت معناداری داشتند ($p < ۰,۰۰۱$ برای هر دو). این نشان می‌دهد که هر دو روش آموزشی مؤثر بودند. اما در تفاوت بین گروهی: آزمون t مستقل است که نمرات پس‌آزمون دو گروه را با هم مقایسه می‌کند. نتیجه ($t = ۴,۸۷$ ، $p < ۰,۰۰۱$) نشان‌دهنده یک تفاوت آماری بسیار معنادار به نفع گروه آزمایش است. اندازه اثر بزرگ ($d = ۱,۲۶$) این تفاوت را از

نظر آموزشی نیز مهم و چشمگیر می‌کند. در نتیجه، مداخله پژوهش‌محور منجر به پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به آموزش سنتی شده است.

جدول ۳- نتایج پرسشنامه نگرش‌سنج (مقیاس لیکرت ۵ نقطه‌ای)

سوال	گروه آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	گروه کنترل (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	p-value (مستقل)
۱	۴/۵ $\pm$ ۰/۶	۳/۱ $\pm$ ۰/۹	<۰/۰۱
۲	۴/۶ $\pm$ ۰/۵	۲/۸ $\pm$ ۱/۰	<۰/۰۰۱
۳	۴/۲ $\pm$ ۰/۷	۲/۹ $\pm$ ۰/۸	<۰/۰۱
۴	۴/۳ $\pm$ ۰/۷	۳/۰ $\pm$ ۰/۹	<۰/۰۱
۵	۴/۴ $\pm$ ۰/۵	۳/۲ $\pm$ ۰/۷	<۰/۰۱
میانگین کل	۴/۴ $\pm$ ۰/۵	۳/۰ $\pm$ ۰/۸	<۰/۰۰۱

همانگونه که مشخص است، برای هر یک از سؤالات به طور جداگانه، اختلاف میانگین‌ها از نظر آماری معنادار است ($p < ۰,۰۰۱$). بنابراین دانش‌آموزان گروه آزمایش، نگرش به‌طور معناداری مثبت‌تری نسبت به تجربه یادگیری خود داشتند. آن‌ها روش پژوهش‌محور را جذاب‌تر، مفیدتر و مشارکت‌برانگیزتر ارزیابی کردند.

بحث

یافته‌های این مطالعه به‌طور قوی نشان می‌دهد که یک رویکرد آموزشی پژوهش‌محور، در مقایسه با روش‌های سنتی مبتنی بر سخنرانی، به‌طور معناداری یادگیری و ماندگاری مفاهیم زیست‌شناسی را افزایش می‌دهد. پیشرفت چشمگیر و برتر از نظر آماری در نمرات پس‌آزمون، همراه با نرخ بالاتر اصلاح بدفهمی‌ها در گروه آزمایش، به‌طور مستقیم فرضیه اصلی را تأیید می‌کند که یادگیری فعال و پژوهش‌محور، درک مفهومی عمیق‌تری را پرورش می‌دهد (Freeman et al., 2014). این یافته از این نظر حائز اهمیت است که فراتر از ثبت صرف افزایش نمرات آزمون می‌رود؛ کاهش مشخص خطاها در سؤالاتی که سوءتفاهم‌های ریشه‌دار زیستی را هدف قرار می‌دادند، نشان می‌دهد که مداخله با موفقیت تغییر مفهومی را تسهیل کرده است که هدف اصلی آموزش معنادار علوم است (Chi, 2009). علاوه بر این، همبستگی مثبت قوی بین بازخورد تکوینی و نمرات ماندگاری بلندمدت، یک مکانیسم کلیدی برای این موفقیت را پیشنهاد می‌دهد: چرخه تکراری و تأملی ذاتی فرایند پژوهش، احتمالاً تحکیم و ادغام دانش جدید را در چارچوب‌های شناختی موجود تقویت می‌کند (Theobald et al., 2020). ادراک مثبت قاطع دانش‌آموزان در مورد مشارکت،

کاربردپذیری و همکاری، ارزش عملی این رویکرد را بیشتر تثبیت می‌کند و نشان می‌دهد که این روش نه تنها مؤثر، بلکه برای یادگیرندگان انگیزه‌بخش است. در مجموع، این نتایج تأیید می‌کنند که ادغام راهبردهای پژوهش‌محور — مانند پژوهش‌های هدایت‌شده توسط دانش‌آموز، گفت‌وگوی همتایان و ارزشیابی تکوینی جاسازی‌شده — یک محیط یادگیری منحصربه‌فرد ایجاد می‌کند که برای غلبه بر چالش‌های انتزاعی و نظام‌محور ذاتی در آموزش زیست‌شناسی مساعد است (Tanner, 2017).

این نتایج به‌طور قوی با ادبیات موجود در مورد یادگیری فعال و آموزش سازنده‌گرا در آموزش علوم همسو است و آن را گسترش می‌دهد. تفاوت عملکرد مشاهده‌شده، کارهای فراتحلیلی مهم، مانند زهره‌وند، ر. (۱۳۸۹) را تأیید می‌کند که اثربخشی گسترده یادگیری فعال در رشته‌های STEM را نشان داده‌اند. به‌طور خاص‌تر، کاهش آشکار در بدفهمی‌های پایدار، از ادعاهای نظری (Chi, 2009) و (Posner et al., 1982) در مورد ضرورت تعارض شناختی و بازسازی دانش برای تغییر مفهومی معنادار حمایت می‌کند و این نظریه‌ها را در عمل در یک زمینه زیست‌شناسی دبیرستانی نشان می‌دهد. یافته‌های ما در مورد بهبود ماندگاری بلندمدت نیز با توصیه‌های (National Research Council, 2012) همسو است که بر ارزش آزمایشگاه‌های مبتنی بر کاوش نسبت به آزمایشگاه‌های تأییدی برای یادگیری بادوام تأکید می‌کند. با این حال، این مطالعه تحقیقات قبلی را با پیوند صریح چارچوب پژوهش‌محور نه تنها به پیشرفت‌های کوتاه‌مدت، بلکه به کاهش قابل اندازه‌گیری فرسایش دانش، که یک معیار حیاتی و غالباً کم‌نمایش در ادبیات است، گسترش می‌دهد. علاوه بر این، در حالی که بسیاری از مطالعات بر مشارکت تأکید دارند، داده‌های کمی و کیفی ما این مشارکت را مستقیماً به عناصر آموزشی خاصی مانند همکاری همتایان و بازخورد تکراری مرتبط می‌کنند و درک دقیق‌تری از چگونگی عملکرد این رویکردها ارائه می‌دهند (Ziegler & Montpelier, 2020). بنابراین، این مطالعه با به‌کارگیری و اعتباربخشی اصول یادگیری متمرکز بر آموزش عالی در سطح دبیرستان، شکاف مشاهده‌شده را پل می‌زند و تعمیم‌پذیری و اهمیت آن‌ها را در دروس علوم پایه تأیید می‌کند (Dolan, 2022).

علیرغم شواهد قانع‌کننده، باید چندین محدودیت این مطالعه را برای قراردادن یافته‌ها در متن و هدایت تحقیقات آینده تصدیق کرد. طرح نیمه‌آزمایشی، اگرچه برای اعتبار بوم‌شناختی در یک محیط کلاس درس واقعی ضروری بود، به این معنی است که انتساب تصادفی به‌طور کامل محقق نشد و این احتمال را باقی می‌گذارد که تفاوت‌های اندازه‌گیری‌نشده بین کلاس‌های دست‌نخورده بر نتایج تأثیر گذاشته باشد (Kach et al., 2019). نمونه، اگرچه کافی بود، از یک مدرسه واحد گرفته شد که ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج به زمینه‌های آموزشی دیگر با منابع مختلف، ویژگی‌های جمعیتی دانش‌آموزان یا آمادگی معلمان را محدود کند. علاوه بر این، اتکا به یک آزمون مفهومی

طراحی‌شده توسط پژوهشگر، علیرغم اعتبارسنجی دقیق، نیاز به تکرار پژوهش با استفاده از ارزیابی‌های استاندارد و هنجار شده ملی زیست‌شناسی را برای تقویت اعتبار بیرونی پیشنهاد می‌کند. پژوهش‌های آینده باید با استفاده از نمونه‌های بزرگ‌تر، تصادفی‌شده و متنوع‌تر در چندین مؤسسه، این محدودیت‌ها را برطرف کنند. همچنین لازم است اثربخشی راهبردهای مختلف پژوهش‌محور، مانند یادگیری مبتنی بر پروژه در مقایسه با کاوش هدایت‌شده، و تعامل آن‌ها با ویژگی‌های فردی یادگیرندگان نظیر دانش پیشین و خودکارآمدی مورد بررسی عمیق‌تر قرار گیرد (Trujillo & Tanner)

مطالعات طولی که دانش‌آموزان را در طول ترم‌ها یا سال‌ها پیگیری می‌کنند، برای ارزیابی تأثیر پایدار این رویکرد بر مسیرهای تحصیلی و سواد علمی بسیار ارزشمند خواهند بود. در نهایت، بررسی نوع توسعه حرفه‌ای و حمایت موردنیاز معلمان برای اجرای مؤثر این روش‌های آموزشی، جهت‌گیری مهمی برای تضمین گسترش آموزش مبتنی بر شواهد در کلاس‌های زیست‌شناسی به شمار می‌رود (Handelsman et al., 2021).

نتیجه‌گیری

این مطالعه شواهد تجربی محکمی ارائه می‌دهد که نشان می‌دهد رویکرد پژوهش‌محور در تدریس، یک راهبرد آموزشی به‌طور معناداری مؤثرتر از روش‌های سنتی مبتنی بر سخنرانی برای آموزش مفاهیم زیست‌شناسی است. یافته‌ها به‌طور مستقیم و مثبت به پرسش‌های پژوهشی اصلی مطرح‌شده پاسخ می‌دهند. نخست، تحلیل‌ها تأیید کرد که این رویکرد تأثیر مثبت قابل توجهی بر یادگیری مفهومی دارد، همان‌طور که برتری عملکرد گروه آزمایش در پس‌آزمون و کاهش به‌مراتب بیشتر بدفهمی‌های پایدار زیستی در این گروه نشان داد. دوم، نتایج ثابت کرد که این مزایا هم به پیشرفت تحصیلی کوتاه‌مدت و هم به ماندگاری بلندمدت دانش گسترش می‌یابد، به‌طوری که گروه پژوهش‌محور حتی هشت هفته پس از مداخله نیز برتری آشکاری را حفظ کردند. سوم، ادراک مثبت دانش‌آموزان در مورد مشارکت، همکاری و قابلیت کاربرد یادگیری‌شان نشان می‌دهد که این رویکرد نه تنها مؤثر است، بلکه از سوی یادگیرندگان نیز بسیار مورد استقبال قرار گرفته و به عنصر انسانی نوآوری آموزشی می‌پردازد. همگرایی داده‌های کمی عملکرد، بینش‌های کیفی حاصل از بازتاب‌های دانش‌آموزان و نتایج مثبت پرسشنامه نگرش‌سنجی، استدلالی منسجم و قانع‌کننده ایجاد می‌کند: ادغام رویه‌های پژوهشی اصیل، مانند بررسی‌های کاوش‌محور، همکاری همتایان و بازخورد تکوینی تکراری در کلاس درس زیست‌شناسی، دانش‌آموزان را به‌طور فعال در فرآیند ساخت دانش درگیر می‌کند و به درک مفهومی عمیق‌تر، بادوام‌تر و معنادارتر منجر می‌شود.

پیامدهای گسترده‌تر این نتایج برای عمل آموزشی، طراحی برنامه درسی و توسعه حرفه‌ای معلمان قابل توجه است. برای دست‌اندرکاران و متخصصان برنامه‌ریزی درسی، این یافته‌ها به شدت از تغییر جهت دادن از مدل‌های انتقال منفعلانه به سوی روش‌های آموزشی فعال و دانش‌آموزمحور که بر اصول چگونگی یادگیری افراد استوارند، حمایت می‌کند. این امر می‌تواند شامل بازطراحی فعالیت‌های آزمایشگاهی برای بازتر بودن، گنجاندن تجربیات پژوهشی دوره‌محور (CURES) در سطح متوسطه و به‌کارگیری نظام‌مند ارزشیابی تکوینی برای هدایت یادگیری باشد. برای برنامه‌های آموزش معلم، نتایج بر ضرورت مجهز کردن مربیان به مهارت‌ها و همچنین دانش محتوایی-پداگوژیک لازم برای تسهیل و نه صرفاً هدایت یادگیری مبتنی بر کاوش تأکید می‌کند. پژوهش‌های آینده باید با بررسی مقیاس‌پذیری و قابلیت انتقال این روش‌ها در بافت‌های آموزشی متنوع، از جمله محیط‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی و سطوح متفاوت آمادگی معلمان، بر این کار بنا شوند. افزون بر این، مطالعات باید از طرح‌های طولی استفاده کنند تا تأثیر پایدار یادگیری پژوهش‌محور را بر مسیرهای تحصیلی و سواد علمی دانش‌آموزان در طول سال‌ها، و نه صرفاً هفته‌ها، ردیابی کنند. در نهایت، تحقیقاتی مورد نیاز است تا مؤثرترین مؤلفه‌های خاص درون چارچوب کلی پژوهش‌محور را شناسایی و اصلاح کنند و تعادل بهینه بین ساختار و خودمختاری را برای حداکثر کردن نتایج یادگیری برای همه دانش‌آموزان تعیین نمایند. در نهایت، این مطالعه این پارادایم را تقویت می‌کند که یادگیری زیست‌شناسی به معنی حفظ کردن فهرستی از واقعیات نیست، بلکه به معنای درگیر شدن در همان رویه‌های پرسشگری، بررسی و استدلال مبتنی بر شواهدی است که خود، کنش علمی را تعریف می‌کنند.

مشارکت نویسندگان

همه ی نویسندگان در نگارش مقاله مشارکت داشته اند، رویا اصائلو هدایت گروه را در امر پژوهش و جمع آوری داده‌ها و نگارش مقاله به عهده داشته است.

تشکر و قدردانی

از همه عزیزانی که در مدارس و اداره شهر تهران همکاری علمی داشتند تشکر و قدردانی می شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academies Press.
- Chi, M. T. H. (2009). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Routledge.
- Couch, B. A., Brown, C. E., Scheifele, L. Z., Cole, J. R., Duff, R. J., Feser, M., Gentry, L. C., Hobbie, L. K., Larget, A. J., Pack, M. R., & Sandoz, J. F. (2019). The mastery rubric for science education: A tool to support continuous improvement of undergraduate programs. *CBE—Life Sciences Education*, 18(2), es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0245>
- Dolan, E. L. (2022). Course-based undergraduate research experiences: Current knowledge and future directions. *CBE—Life Sciences Education*, 21(1), ar8. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-09-0310>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Handelsman, J., Miller, S., & Pfund, C. (2021). *Scientific teaching* (2nd ed.). W. H. Freeman.
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30(4), 159–167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Tanner, K. D. (2012). Promoting student metacognition. *CBE—Life Sciences Education*, 11(2), 113–120. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-03-0033>
- Tanner, K. D. (2017). Structure matters: Twenty-one teaching strategies to promote student engagement and cultivate classroom equity. *CBE—Life Sciences Education*, 16(3), es3. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-01-0020>
- Theobald, E. J., Hill, M. J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E. N., Behling, S., Chambwe, N., Cintrón, D. L., Cooper, J. D., Dunster, G., Grummer, J. A., Hennessey, K., Hsiao, J., Iranon, N., Jones, L. S., Jordt, H., Keller, M., Lacy, M. E., Littlefield, C. E., ... & Freeman, S. (2020). Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476–6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>
- Trujillo, G., & Tanner, K. D. (2019). Considering the role of affect in learning: Monitoring students' self-efficacy, sense of belonging, and science identity. *CBE—Life Sciences Education*, 18(3), fe4. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-04-0081>
- Ziegler, B., & Montplaisir, L. (2020). Student perceptions of the use of inquiry-based learning in an undergraduate biology course. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 21(1), 21.1.15. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i1.2093>