

استفاده از جانوران در آموزش زیست‌شناسی: انگیزش و چالش‌ها

فیروزه علویان^۱

پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۵

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰

چکیده

موجودات زنده فرصت‌هایی را برای جلب علاقه دانش‌آموزان و ایجاد تجربیات آموزشی متنوع فراهم می‌کنند. در این میان، مراقبت انسانی و رفتار با حیوانات می‌تواند یکی از مهم‌ترین جنبه‌های آموزش زیست‌شناسی باشد که طیف وسیعی از دستورالعمل‌های مشاهده‌ای و آزمایشی را دربر می‌گیرد؛ درعین‌حال دانش‌آموزان را برای ادامه تحصیل در رشته‌های مرتبط با زیست‌شناسی و پزشکی، تشویق و آماده کند. مطالعات خارج از کلاس مانند سپردن مسئولیت نگهداری و مراقبت از حیوانات در خانه و بازدید از پارک‌های جانورشناسی نیز فرصتی را برای آموزش اصول رفتاری، ریخت‌شناسی، اکولوژیکی و تکاملی جانوران فراهم می‌کند که لزوماً در کتاب‌های درسی یافت نمی‌شوند، اما می‌توانند محتوای کتاب‌ها را تقویت کنند و درعین‌حال تشویق به مطالعه بیشتر و تأمل متفکرانه شوند. در این مطالعه مروری که با استفاده از مقالات سایت‌های گوگل اسکولار^۲، پاب‌مد^۳ و ساینس دایرکت^۴ در محدوده زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ و کلیدواژه‌های آموزش زیست‌شناسی، جانوران، آزمایش و اخلاق انجام شد. هدف مقاله حاضر این است که علاوه بر معرفی مزایای استفاده از حیوانات در آموزش زیست‌شناسی، ملاحظات اخلاقی مربوط به آزمایش بر روی حیوانات زنده و پرورش افراد آگاه و سالمی که برای موجودات زنده ارزش و احترام قائل هستند، موردنقد و بررسی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: آموزش زیست‌شناسی، جانوران، آزمایش، اخلاق.

^۱ . دانشیار گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، alavian.firoozeh@gmail.com

2. Google Scholar
3. PubMed
4. Science Direct

مقدمه

وقتی دانش آموزان حیوانات زنده را مشاهده می کنند، ویژگی های چشمگیر خاصی از آن ها؛ مانند ویژگی های ظاهری، آناتومی و فیزیولوژی عملکرد اندام های مختلف را شناسایی می کنند. شناخت این ویژگی ها برای دانش آموزان تعیین کننده است، زیرا علاوه بر ایجاد علاقه و مقایسه اطلاعات به دست آمده با ساختار و عملکرد بدن خود، می تواند در انگیزه و آینده شغلی آن ها نیز نقش تعیین کننده ای داشته باشد. اگر زیست شناسی به گونه ای تدریس می شد که حس شگفتی و احترام به زندگی را ایجاد کند و اگر دانش آموزان از مطالعه زندگی خود احساس غنا درونی کنند، آن ها عزم استوار برای محافظت و احترام به زندگی، هستی و سایر موجودات را به عنوان یک هدف مادام العمر فرموله خواهند کرد و صلح و امنیت را برای جامعه جهانی به ارمغان می آورند. در واقع، چیزی که به شدت به آن نیاز داریم (و بر، ۲۰۱۶). به اعتقاد مک گیفین و براونلی (۱۹۸۰) رفتار با حیوانات، به ویژه مهره داران؛ حتی زمانی که مطالعه برای درک اصول ساختاری و عملکردی یا فیزیولوژیکی طراحی شده باشد، موضوعی اخلاقی است و بدون چنین نگرانی هایی، آموزش زیست شناسی و فعالیت های نمایشگاه های علمی مربوط به جانوران می تواند به ترویج این نگرش ادامه دهند که حیوانات ماشین های ارگانیک هستند و برای ایجاد پاسخ یا نشان دادن یک پدیده شناخته شده می توانند به راحتی دست کاری می شوند. متأسفانه، زمانی که برداشت دانش آموزان از سایر جانوران این باشد که آن ها چیزی غیر از یک «ارگانسیم» یا «الگو» برای اهداف مطالعه نیستند، ممکن است اصول پیچیده بیولوژیکی، انسانیت و احترام به حقوق دیگران به راحتی تحریف شود (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

در گذشته، زیست شناسی دبیرستانی بر استفاده از حیوانات به روش هایی تکیه می کرد که اغلب نشان دهنده بی اعتنایی بی رحمانه نسبت به ارزش ذاتی حیوانات به عنوان موجودات زنده بود. طبیعتاً، این نگرش بی رحمانه باعث بی اعتنایی نسبت به زندگی می شود و چه بسا روزی گریبان نوع بشر را نیز خواهد گرفت. بنابراین، در نظر گرفتن تعهد کامل برای رفاه بهتر حیوانات نیز باید در درس زیست شناسی آموزش داده شود. دانشی که با قدردانی از یک موجود زنده در کلاس، مزرعه یا باغ وحش به دست می آید، می تواند مطالب فنی موجود در متون را تقویت کند و تشویق به تحقیق را غنی تر کند (گورینی، ۲۰۰۳). علاوه بر این، دروسی شامل الگوهای رفتاری و نگرش های اجتماعی می شود که دانش آموزان از آن ها برای تبدیل شدن به فرد بهتر و عضو قابل قبول تری در جامعه استفاده کند. همه جانوران، موجودات زنده منحصر به فرد هستند و دارای مجموعه رفتارها، نیازها و علایق خاص هستند که مشخصه آن گونه و سازگار با محیط طبیعی او است. دانش آموزی که با چنین دانشی به چالش کشیده نمی شود، به طور کامل آموزش نمی بیند. مطالعات بیولوژیکی حیوانات، مرحله ضروری و جدایی ناپذیر درک فرآیندهای زنده است، اما چنین مطالعاتی باید در عین حال، نگاه انسانی به قلمرو حیوانات را تقویت کند. برنامه درسی باید نگاهی هر چند کوتاه به این موضوع داشته باشد که آزمایش های بیولوژیکی برای درک فرآیندهای زنده ضروری است؛ اما تجارب یادگیری که مستلزم رنج یا استرس حیوانات است قابل توجیه نیست، زیرا با رشد شخصیتی دانش آموزان همراه نیست (روسل، ۱۹۸۰). چنین مطالعاتی باید منجر به احترام به همه موجودات زنده شود. دانش آموزان توانمند و مشتاق دنبال کردن حرفه ای در علوم زیستی باید تشویق شوند و راهنمایی های لازم را دریافت کنند. با توجه به محدودیت های استفاده از حیوانات در آموزش زیست شناسی و تأکید بر رعایت اصول اخلاقی، هدف از مقاله حاضر این است که ضمن معرفی مزایای استفاده از حیوانات در آموزش زیست شناسی، ملاحظات اخلاقی مربوط به آزمایش بر روی حیوانات زنده که در کشورهای دیگر مورد توجه قرار می گیرد را مورد نقد و بررسی قرار دهد.

روش پژوهش

در مقاله مروری حاضر، جمع آوری اطلاعات به کمک کلیدواژه های آموزش زیست شناسی، جانوران، آزمایش، اخلاق؛ و به کمک مقالات سایت های گوگل اسکولار، پاب مد و ساینس دایرکت انجام شد. مقالات استفاده شده مربوط به فاصله زمانی

1. Weber
2. McGiffin & Brownley
3. Guerrini
4. Russell

۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ هستند. از 41 مقاله مورد بررسی، ۲۵ مقاله حذف شد و از اطلاعات 16 مقاله باقی مانده در نگارش این مقاله استفاده شد. مقالاتی که با هدف نگارش مقاله ارتباط نداشتند، از ادامه مطالعه حذف شدند.

یافته‌های پژوهش

اهداف استفاده از جانوران در آموزش زیست‌شناسی

مطالعه حیوانات زنده در کلاس درس امکان حیات می‌دهد و فرصتهایی را برای تعامل حیوان و انسان فراهم می‌کنند که می‌توانند به سمت رفتارهای مثبت هدایت شوند؛ اما مشکل این است که ضمن تشریح حیوانات، این گروه در کلاس‌های درس زیست‌شناسی مورد سوءاستفاده قرار گرفته‌اند، زیرا صرفاً به‌عنوان اشیاء تجربی در نظر گرفته می‌شوند که از طریق آن می‌توان اصول آناتومی و فیزیولوژی را مشاهده و بررسی کرد. اگر قرار است استفاده از حیوانات کمک معناداری به شهروندان تحصیل کرده آینده داشته باشد، باید اهداف بسیار گسترده‌تری را جستجو کرد. در واقع، زیست‌شناسی مطالعه زندگی است و به این ترتیب باید با موجودات زنده سروکار داشت. متأسفانه، در بسیاری از کلاس‌های درس زیست‌شناسی، تأکید بر آموزش سنتی است و دانش‌آموزان هرگز یک موجود زنده را نمی‌بینند. امروزه، در آموزش زیست‌شناسی دبیرستان، فعالیت‌های آزمایشگاهی ارائه شده، در حد بسیار محدود به بررسی حیوانات اختصاص داده می‌شود و از این مقدار، بخش کوچک‌تر آن شامل حیوانات زنده است که البته، قورباغه هنوز هم از متداول‌ترین مهره‌داران آزمایشگاهی است. از سوی دیگر، بر اساس مغایرت با برخی اصول اخلاقی، تشریح موجودات زنده از برنامه درسی زیست‌شناسی بسیاری از کشورها از جمله ایران حذف شده است؛ بنابراین، استفاده از حیوانات در کلاس‌های درس زیست‌شناسی، در بهترین حالت، محدود است. با این حال، استفاده از حیوانات، فقط محدود به تشریح نیست. وجود موجودات زنده است که کلاس‌های درس زیست‌شناسی را از بقیه دروس یک مدرسه متمایز می‌کند و افزایش استفاده از حیوانات در کلاس‌های زیست‌شناسی دبیرستان و پروژه‌های علمی نه به سبک تشریح و جراحی، بلکه می‌تواند با مجموعه‌ای کاملاً متفاوت از اهداف بسیار کاربردی و هیجان‌برانگیز همراه باشد. همچنین، با یادآوری این نکته که برای حداقل ۵۰ درصد از جمعیت دانش‌آموزانی که درس زیست‌شناسی را در مدرسه می‌خوانند، زیست‌شناسی ممکن است اولین، آخرین و تنها علمی باشد که در معرض جانوران و هدف مطالعه آن‌ها قرار خواهد داشت، آموزش زیست‌شناسی باید به‌عنوان یک تجربه آموزشی پایان یافته برای این جمعیت در نظر گرفته شود. طبق یک پیش‌بینی، از ۳۰ دانش‌آموز یک کلاس رشته علوم تجربی، فقط می‌توان انتظار داشت که یک نفر تا مقطع لیسانس به تحصیل در یکی از شاخه‌های زیست‌شناسی بپردازد. بنابراین، اهداف آموزشی بلندمدت در آشنایی با جانوران بسیار مهم و معنادار است (دی ویلیرز و مانک، ۲۰۰۵؛ داوونی و الکساندر، ۱۹۸۹؛ روآن، ۱۹۸۱).

تعامل با جانوران در آموزش زیست‌شناسی

تعامل با حیوانات، انگیزه‌های مهمی برای دستیابی به اهداف آموزش زیست‌شناسی فراهم می‌کند. کار و بازی با حیوانات علاوه بر سرگرمی، باعث فعالیت‌هایی مانند ضبط داده‌ها می‌شود. در واقع، جدا کردن دانش‌آموزان از حیوانات امکان‌پذیر نیست. همه ما افرادی را دیده‌ایم که به حیواناتی غذا می‌دهند که نباید به آن‌ها غذا بدهند. سعی می‌کنند حیواناتی که گاز می‌گیرند یا نیش می‌زنند را در دست بگیرند، دنبالش می‌کنند، فریاد می‌زنند و به‌طور کلی خودشان و حیوانات را در معرض خطر قرار می‌دهند. ممکن است دانش‌آموزان در خانه آکواریوم، پرند یا هر نوع جانور دیگری داشته باشند، یا بال‌های مگس‌ها را بکشند و ... توجه به این نکته ضروری است که، نه تنها دانش‌آموزان در محل زندگی در معرض حیوانات قرار می‌گیرند، بلکه پارک‌های جانورشناسی، پارک‌های حیوانات وحشی یا آکواریوم‌ها همگی منابع اطلاعاتی درباره موجودات زنده و نمونه‌هایی از تعامل انسان و حیوان هستند که فراتر از کلاس درس هستند و می‌توانند تجربیات سودآوری برای دانش‌آموزان فراهم کنند. بر این اساس، استفاده از حیوانات علاوه بر القای هدف‌های علمی و عاطفی در کلاس درس، در خارج از کلاس نیز مهم است و فقط در این

1. De Villiers & Monk
2. Downie & Alexander
3. Rowan

صورت است که دانش آموزان یاد می‌گیرند به همه موجودات زنده احترام بگذارند و از آن لذت ببرند (کایدانویچ-بیلین^۱، لیپینا^۲، و کوبرادویچ^۳، رادر، و وودجت^۴، ۲۰۱۱).

نقش حیوانات در آموزش زیست‌شناسی

برای دریافت نقش حیوانات در آموزش زیست‌شناسی باید چند موضوع را در نظر بگیریم:

چرا باید از جانوران در دوره‌های زیست‌شناسی استفاده شود؟ پاسخ این است که دانش آموزان باید با نمونه‌هایی از انبوه موجودات زنده آشنا شوند. گونه‌های مختلف حیوانات شواهد چشمگیری از تنوع، سازگاری و رفتار را ارائه می‌دهند. دانش آموزان باید زوائد بدن خرچنگ را از نزدیک ببینند (مانند چنگال‌ها)، کمر بند تناسلی کرم خاکی و حلقه‌های بدن آن را به عنوان یک کرم حلقوی بررسی و تجربه کنند و بادکش جلوی دهان زالو را از نزدیک ببینند. همچنین، دیدن قسمت زیرین بدن ستاره دریایی در حالی که در امتداد شیشه آکواریوم می‌خزد، تصویر بسیار واضح‌تری از ساختار و عملکرد سیستم آبی - عروقی و پاهایی لوله‌ای این جانور در حال حرکت به جای می‌گذارد تا هر تعداد عکس یا خط متنی. اینکه احساس کنید یک مار، سرد و لزج نیست، بلکه در دمای اتاق به طرز شگفت‌انگیزی خشک است، اطلاعات مهمی در مورد این خزنده بدون پا در اختیار دانش آموزان قرار می‌دهد. دست زدن به وزغ و مبتلا شدن به زگیل، دروغ و داستانی بیش نیست و دانش آموز باید آن را تجربه کند. آبیان و زمینی‌ها، مهره‌داران و بی‌مهرگان، نر و ماده همه گواه تنوع بی‌نهایت در قلمرو حیوانات هستند و انواع درس خود آگاه و ناخود آگاه را به شیوه‌های بسیار واضح‌تر و طولانی‌تر از گفتن، خواندن یا نگاه کردن به دانش آموزان می‌آموزد. استفاده از تصاویر جانوران نیز شکل مؤثری از آموزش است؛ اما مشاهده و شاید لمس انواع موجودات زنده، درس قدرتمندی در مورد چستی یک حیوان به ما می‌دهد (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰؛ روان^۵، ۱۹۸۱).

موضوع دوم، ارائه درک درستی از رفتار حیوانات است که تنها از طریق مشاهده آن‌ها قابل انتقال است. تماشای یک خرگوش یا خوکچه‌هندی در حال خوردن غذا یا تمیز کردن بچه‌هایش داده‌هایی را فراهم می‌کند که به راحتی با عکس یا متن قابل انتقال نیستند. گوش دادن به آواز پرنده، قور قور قورباغه یا صدای خش خش مار شواهد چشمگیری از انواع دیگری از ارتباط هستند. در مجموع، مشاهده کنش متقابل بین موجودات و تعامل اجتماعی آن‌ها، حاوی درس‌های قدرتمندی هستند (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

در نهایت، ایجاد درک درستی از مراقبت از حیوانات و احساس مسئولیت برای مراقبت از آن‌ها را نباید در برنامه درسی نادیده گرفت. در نظر گرفتن نیازهای تغذیه‌ای حیوانات مانند آب، غذا، لزوم تمیز کردن قفس (مفهومی از بهداشت)، فراهم کردن شرایط مناسب در برابر تغییرات دما (باد، آفتاب، صدا)، رعایت شرایط متعادل در یک آکواریوم، در نظر گرفتن تعامل گیاهان و حیوانات و ... همه را می‌توان با مراقبت و نگهداری از حیوانات آموزش داد. یک آکواریوم یا حیواناتی که به صورت جداگانه یا دسته‌جمعی نگهداری می‌شوند، درس‌های مختلفی را آموزش می‌دهند که نیاز به تفکر و احساس مسئولیت دارد. اگر طوری برنامه‌ریزی شود که دانش آموزان به نوبت مسئولیت نگهداری از حیوانات را عهده‌دار شوند و حیوانات را برای آخر هفته یا تعطیلات به خانه ببرند (البته با در نظر گرفتن نکات ایمنی). درس‌های بزرگی را فرا خواهند گرفت. این موجودات زنده، نیازهای خاصی از دوران کودکی آن‌ها را برآورده خواهند کرد که احتمالاً به طور مؤثر توسط جایگزین‌های دیگر برآورده نمی‌شود (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

مراقبت از حیوانات، مشاهده آن‌ها، درک نیازهای آن‌ها در زندگی، درک تنوع آن‌ها و یادگیری چیزهای جدید در مورد آن‌ها اهداف ارزشمندی هستند؛ اما تلاش نکردن برای دستیابی به آن‌ها، تسلیم شدن در برابر هدف‌های معمولی‌تر است.

1. Kaidanovich-Beilin
2. Lipina
3. Vukobradovic
4. Roder, & Woodgett
5. Rowan

فراتر از همه این‌ها، احترام عینی در برابر موجودات زنده است. احترام، مستقیماً آموزش داده نمی‌شود؛ بلکه، با مثال و کاربرد آموخته می‌شود. البته، شفاف‌سازی و اندازه‌گیری این اهداف که عمدتاً در حوزه عاطفی قرار دارند، دشوار است.

مسیرهای پیشبرد اهداف آموزشی زیست‌شناسی به کمک جانوران

یک هدف آموزشی مهم می‌تواند با یادگیری در مورد اشکال پایین‌تر از جمله گیاهان، حشرات و موجودات تک‌سلولی؛ و پیشرفت در مقیاس تکاملی به بی‌مهرگان، مهره‌داران و در نهایت به پستانداران باشد. مقدمه کلاس درس با پستانداران می‌تواند با مطالعه و مقایسه رفتار پستانداران دریایی با پستانداران خشکی و انسان آغاز شود. از انواع روش‌های آموزشی می‌توان برای معرفی طیف قلمرو حیوانات استفاده کرد که می‌تواند شامل مشاهده مستقیم و تماس با استفاده از نمایش‌های کلاسی و سفرهای میدانی محلی یا منطقه‌ای به باغ‌وحش‌ها، آکواریوم‌ها، مزارع، تأسیسات تولید حیوانات آزمایشگاهی (مانند جوجه‌کشی)، حیات‌وحش حفاظت‌شده و مسیرهای پیاده‌روی حیوانات اصیل و یا کلینیک‌های دامپزشکی باشد. سایر مسیرها رسانه‌های ارتباطی مانند تلویزیون، رادیو، کتاب، مجلات، فیلم‌ها و سخنرانی‌ها هستند (نهم^۱، ۲۰۱۹؛ اوکلی^۲، ۲۰۱۹).

تحقیق روی حیوانات می‌تواند انسانی و همچنین آموزنده باشد. یکی از مهم‌ترین جنبه‌ها این است که به کودکان بیاموزیم که مسئولیت مراقبت از حیوانات را بر عهده بگیرند. فرصت بعدی برای تأثیرگذاری بر روند آموزشی در مقطع راهنمایی و دبیرستان است. به همه کودکان و نوجوانان باید در مورد زیست‌شناسی، فیزیولوژی و رفتار حیوانات و انسان آموزش داده شود، چه قصد داشته باشند در زندگی بعدی با حیوانات درگیر شوند یا نه. تنها با فراهم کردن بستر مناسب و قرار گرفتن در این سطح است که دانشمند فردا آماده طراحی خواهند شد. موضوعات نمونه شامل جنبه‌های مختلف تکامل جنینی، فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی، مکانیسم‌ها و آسیب‌شناسی بیماری‌های عفونی، متابولیسم، وراثت، نئوپلاستیک (رشد و تکثیر غیرطبیعی سلول‌ها و تومور)، پیری، اجتناب‌ناپذیر بودن مرگ و ... است. معرفی فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی را می‌توان با روش‌های مستقیم یا غیرمستقیم مانند مطالعه رشد جنینی در جنین جوجه و فیلم‌های رفتاری، تعاملات والدین و فرزندان در گونه‌های مختلف و ... انجام داد. اصول ژنتیک را می‌توان به راحتی با مطالعه الگوهای پوشش بدن در جوندگان آزمایشگاهی کوچک، رفتارهای خاص در گروه‌های مختلف جانوری و ... آموزش داد یا نشان داد (نهم^۳، ۲۰۱۹؛ اوکلی^۴، ۲۰۱۹). چنین مطالعاتی می‌تواند به عنوان الگوهای یادگیری برای دانش‌آموزان عمل کند، زیرا این فرآیندها، خصوصاً در سایر پستانداران شباهت زیادی به انسان دارند. ناگفته نماند که این تکنیک‌ها باید در آزمایشگاه تحقیقاتی تحت نظارت مناسب صورت پذیرد و طبیعتاً نباید در کلاس درس دبیرستان اعمال شود؛ اما می‌توان با ارائه فیلم‌های مرتبط با این تحقیقات و فراهم کردن بازدید از مراکز تحقیقاتی در حال انجام این پروژه‌ها، در دانش‌آموزان ایجاد انگیزه کرد (کلرادو^۵، مندوزا، و والنسیا^۶، ۲۰۲۱؛ لرممن^۷ و همکاران، ۲۰۱۹).

حیوانات و پروژه‌های علمی

دانش‌آموزان باید از حیوانات برای آشنایی با روش‌های علمی یا درک آزمایش‌ها استفاده کنند؛ اما موجودات زنده به دلیل درجه تنوع بالا و دشواری شدید کنترل متغیرهای آن‌ها به‌منظور داشتن یک موقعیت آزمایشی واقعاً کنترل‌شده تا حد زیادی آزمودنی‌های آزمایشی رضایت بخشی نیستند. معلمان اغلب شکایت می‌کنند که دانش‌آموزان در آزمایش‌های حیوانی موفقیت چندانی ندارند، زیرا پاسخ‌ها «درست به دست نمی‌آیند». حیوانات موجودات تجربی نسبتاً پیچیده‌ای هستند و برای استفاده صحیح از آن‌ها به درجه‌ای از پیچیدگی نیاز است که دانش‌آموزان دبیرستانی و گاهی اوقات دبیران، تخصص لازم را ندارند. از سوی دیگر، دانش‌آموزان به‌طور طبیعی جذب انواع تحقیقاتی می‌شوند که معمولاً عجیب‌وغریب باشند. آن‌ها سعی می‌کنند آزمایش‌های پیچیده‌ای را با دستگاه‌های خام، در یک محیط عمدتاً بدون نظارت انجام دهند؛ درعین حال که درک کمی از آنچه

1. Nehm
2. Oakley
3. Nehm
4. Oakley
5. Colorado
6. Mendoza, & Valencia
7. Lerman

باید انجام شود یا نحوه انجام آن دارند. اگر این شیوه تحقیقات، استفاده آزمایشی از حیوانات باشد، جدای از اینکه فراتر از مهارت دانش آموز و حتی مهارت معلم هستند، اغلب باعث می‌شوند حیوانات در دستان بی‌تجربه آن‌ها رنج ببرند و در نهایت بمیرند و درسی نیز به ما نمی‌دهند. در این مورد مک گیفین و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کرده‌اند که در صحبت با دانش‌آموزان متوجه شده‌اند بسیاری از آن‌ها چه تلاشی برای استفاده از حیوانات انجام داده‌اند، اما درک ضعیفی از آن‌ها داشته‌اند؛ حتی برخی از آن‌ها مسئولیتی در قبال موجودات زنده از خود نشان نمی‌دادند که چنین فعالیت‌های ضعیف آن‌ها نشان‌دهنده فقدان رشد آموزشی و بی‌توجهی بی‌رحمانه به موجودات زنده است. به نظر می‌رسد قوانینی که مردم بر اساس آن‌ها مایل به رعایت علوم فیزیکی هستند، در علوم زیستی نادیده گرفته می‌شوند. مثلاً، برای ساختن یک تلسکوپ انکساری، آینه آن را خورد و آسیاب نمی‌کنند، یا در رشته الکترونیک، دانش‌آموزان کاملاً مایل‌اند که قبل از کار با ریزمدارها بر مدارهای اولیه تسلط پیدا کنند و آن‌ها را نابود نمی‌کنند؛ اما در زیست‌شناسی، معمولاً دانش‌آموزان به اندازه کافی در مورد رفتار طبیعی یک موجود زنده درک ندارند و نادانسته موجود تحت نظارت خود را زجر می‌دهند و از هستی ساقط می‌کنند (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰). با این وجود، درس‌های ارزشمند زیادی از موجودات زنده آموخته می‌شود که می‌توانند پروژه‌های علمی مناسبی را شکل دهند که هیچ آسیبی به موجودات درگیر وارد نمی‌کنند. مطالعه در مورد حرکت، رفتار، تعامل، ترجیحات غذایی و غیره همگی می‌توانند بدون هیچ آسیبی به ارگانسیم‌های مربوطه انجام شوند و مطمئناً چیزی بیش از یک کاربرد نادرست از سیستم‌های کمتر شناخته‌شده حیوانات را آموزش دهند. در نهایت، مطالعات حیوانی ابزاری برای برقراری ارتباط با جامعه فراهم می‌کنند که می‌تواند شامل پروژه‌هایی برای ایجاد یا حمایت از یک باغ وحش محلی باشد یا فعالیتی برای کنترل جمعیت موش‌های شهری باشد. جداول ۱ و ۲ برخی فعالیت‌هایی که برای دستیابی به اهداف آموزشی مرتبط با مطالعه مهره‌داران است را معرفی می‌کنند.

جدول ۱. فعالیت‌های کلاس درس و اهداف آموزشی با استفاده از مهره‌داران زنده (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

مهره‌داران	
قورباغه	ماهی قرمز
مرفولوژی خارجی دگردیسی سرعت تنفس در درجه حرارت‌های مختلف تغذیه زیست‌بوم شناسی	مرفولوژی خارجی سرعت تنفس در درجه حرارت‌های مختلف تغییر درجه حرارت بدن در آب‌های با درجه حرارت مختلف شرطی شدن با نور
پستاندار (همستر)	پرنده (کیوتر)
مرفولوژی خارجی بررسی دمای سطح پوست در شرایط مختلف آب و هوایی سرعت تنفس یافتن مسیر در جعبه ماز	مرفولوژی خارجی بررسی دمای سطح پوست در شرایط مختلف آب و هوایی سرعت تنفس رشد پرها در فصول مختلف

جدول ۲. خلاصه اهداف آموزشی کار با مهره‌داران براساس طبقه‌بندی بلوم (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

عاطفی: دانش‌آموزان این فرصت را دارند که از طریق تأمین نیازهای زندگی، موجودی را انتخاب کنند و پرورش دهند.
اجتماعی: تلاش‌های گروهی برای پرورش و مطالعه مهره‌داران زمینه را برای همکاری گروهی فراهم می‌کند.
فکری: جمع‌آوری حقایق، توضیح فرآیندها، جمع‌آوری داده‌ها، ارائه حل مسئله یک پروژه از جمله مؤلفه‌های فکری مرتبط با پروژه‌های مربوط به مهره‌داران.
انگیزشی: ایجاد علاقه به بررسی فعالیت‌های بیولوژیکی، زمینه برای شغل آینده دانش‌آموز و پرورش حس احترام به جانوران.

مهارت‌ها

مشاهده کردن
ثبت داده‌ها در جداول
بررسی با کنترل
دست‌کاری تجهیزات
تأمین نیازهای حیوان

تفاوت‌های میان آزمایش‌های زیست‌شناسی در آموزش با پژوهش

تفاوت‌های مهم زیادی بین آزمایش‌های زیست‌شناسی دبیرستان و تحقیقات علمی حرفه‌ای وجود دارد (جدول ۳). متأسفانه، این تفاوت‌ها همیشه به‌وضوح تعریف نشده و در نظر گرفته نمی‌شوند. در وهله اول، اهداف کار در دو موقعیت کاملاً متفاوت است. محقق حرفه‌ای تلاش می‌کند تا کمک‌های جدید و بدیع به دانش علمی داشته باشد، درحالی‌که دانش‌آموز دبیرستانی تلاش می‌کند یک واقعیت ثابت‌شده را بیاموزد. بشر ممکن است از نتایج تحقیقات علمی حرفه‌ای بهره‌مند شود، به‌عنوان مثال، ممکن است درمان جدیدی برای درمان بیماری قلبی کشف کند. چنین مزایایی از پروژه‌های دانش‌آموزی دبیرستان حاصل نمی‌شود. با تحقیقات علمی حرفه‌ای، اهمیت نتایج می‌تواند به حدی باشد که جمعیت بسیار زیادی تحت تأثیر نتایج قرار گیرند. به‌عنوان مثال، نتایج می‌تواند برای بسیاری از بیماران در یک بیمارستان، یا کل جامعه مفید باشد. اما، با کار دانش‌آموزان دبیرستانی، مزایای بالقوه فقط برای تعداد محدودی، شاید به‌تنهایی برای دانش‌آموز، حاصل می‌شود (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

جدول ۳. تفاوت‌های پروژه‌های مربوط به آموزش زیست‌شناسی در دبیرستان و پروژه‌های پژوهشی مربوط به این علم (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

در پژوهش	در آموزش	
کسب دانش جدید	آموختن حقایق ثابت‌شده	اهداف
عمیق	محدود	اهمیت نتایج
گسترده	محدود	استفاده از نتایج
نیاز به مهارت زیاد	ابتدایی	توانایی فنی قابل مقایسه نیست
مراکز تحقیقاتی	مدرسه یا خانه	موقعیت
تا حد مطلوب	اغلب حداقل	نیاز به تجهیزات و امکانات
تحت شرایط خاصی مجاز است که بستگی به نوع آزمایش و میزان درد دارد.	غیرمجاز	القاء درد

محدودیت تجهیزات و امکانات به‌تنهایی می‌تواند برخی از رویه‌ها، به‌ویژه آن‌هایی که شامل تکنیک‌های تهاجمی بر روی حیوانات است را غیرعملی یا غیرانسانی کند. کلاس‌های دبیرستان معمولاً برای انجام روش‌های تهاجمی حیوانات مهره‌دار مجهز نیستند. این قانون موسوم به «قاعده بدون درد» در مدارس بدان معناست که مطالعه بر روی مهره‌داران فقط باید شامل آن دسته از روش‌هایی باشد که می‌توان بدون درد انجام شود (کانسیل ۱، ۲۰۱۰).

برخی افراد خلاقیت ندارند و فکر می‌کنند اگر پروژه‌های دردناک را حذف کنند، دیگر کاری برای انجام دادن باقی نمی‌ماند! بدیهی است که این تفکر نادرست است. بسیاری از پروژه‌های آموزشی معتبر که از موجودات زنده استفاده می‌کنند وجود دارد که می‌توانند در پیش‌نمایش «قانون بدون درد» انجام شوند. ایده‌های پروژه‌های غیر دردناک روی حیوانات مهره‌دار نیز بسیار و متنوع است و تمام اصول اولیه بیولوژیکی ماده زنده را پوشش می‌دهد. به‌عنوان مثال، پروژه‌های آموزشی غیر دردناک و غیر خطرناک روی ماهی می‌تواند شامل بررسی رفتار ماهی، بررسی سیستم‌های دفعی، تنفس، رشد و نمو، واکنش به خطر، حرکت، چرخه‌های فعالیت، خواص پوست و مو، نسبت جنسی در یک جمعیت، حواس خاص (لمس، شنوایی، چشایی، بویایی و پاسخ‌های حس عمقی)، گردش خون، فرومون‌ها، رفتار آراستگی، رفلکس‌های عصبی و پاسخ‌های شرطی باشد (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

طبقه‌بندی انجام آزمایش بر روی جانوران بر اساس درجه احساس

درجه پیچیدگی سیستم عصبی عاملی کلیدی در تعیین توانایی موجود زنده برای درک درد است. جدول ۴، نوعی طبقه‌بندی اولویت‌های آزمایش در درس زیست‌شناسی دبیرستان بر اساس درجه احساس را معرفی می‌کند. با بالا رفتن مقیاس فیلوژنتیکی، باید از پایین‌ترین سطح دسته‌بندی مناسب با اهداف تحقیق استفاده شود تا کمترین هزینه‌های اخلاقی اعمال شود. جدول ۴. طبقه‌بندی مطالعات زیست‌شناسی در بخش جانوری بر اساس درجه احساس براساس پیچیدگی سیستم عصبی (مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

۱- پروتوزواها
۲- جانوران بی‌مهره
۳- مهره‌داران خونسرد (ماهی‌ها، دوزیستان و خزندگان)
۴- مهره‌داران خونگرم (پرنده‌گان و پستاندارانی مانند موش، خرگوش و همستر)
۵- مهره‌داران خونگرم پیشرفته (نخستی‌ها و پستانداران دریایی)

احترام به زندگی: اخلاقی برای برنامه‌های درسی زیست‌شناسی دبیرستان (انسان دوستی جانشین کنجکاو می‌شود)

هدف کلی برنامه‌های درسی زیست‌شناسی دبیرستان باید کمک به دانش‌آموزان در ایجاد ارتباط مناسب با فرآیندهای زیستی و جهان طبیعی باشد. نگرانی مهم قابل توجه، رفتار انسانی با موجودات ذی‌شعور و رشد عاطفی و روانی افراد جامعه است. اگر دانش‌آموز احترام و شفقت نسبت به انواع موجودات زنده را بیاموزد، اجتناب‌ناپذیر بودن مرگ را می‌تواند به راحتی بپذیرد. در حال حاضر به‌خوبی شناخته شده است که موش‌ها بدون غذا و ویتامین خاص بیمار می‌شوند و می‌میرند، همان‌طور که اگر اصلاً غذا به آن‌ها داده نشود، می‌میرند. آیا کسی با بیرون آوردن چشم‌های این جانوران می‌تواند ثابت کند که بدون آن‌ها حیوانات نمی‌توانند بینند؟ زیست‌شناسی که با چنین روش‌هایی آموزش داده می‌شود، نه تنها احترام به زندگی را ترویج نمی‌کند، بلکه تمایل به کفرگویی را تشویق می‌کند. به جای افزایش همدلی، آن را از بین می‌برد و قلب را سخت می‌کند.

در تجربیات قبلی، دلیل اینکه بسیاری از جوانان با شرایط نامید و ناراضی به حرفه‌های دیگر روی آورده‌اند این بوده که آن‌ها نمی‌توانند تحمل درد، رنج یا مرگ تجربیات دبیرستان خود را باعلاقه به شفا و حفظ زندگی آشتی دهند. دانش‌آموزی که حاضر است رنج‌های بی‌مورد را به حیوانات بی‌دفاع تحمیل کند، قطعاً می‌تواند همین کار را با انسان‌ها نیز انجام دهد. دانش‌آموز معمولی که در حرفه پزشکی یا بیولوژیکی ادامه نمی‌دهد، اگر تحصیلات دبیرستانی او به حیوانات آسیب برساند، سختگیر و بی‌رحم می‌شود (کانسیل، ۱۹۹۰؛ مک گیفین و براونلی، ۱۹۸۰). مطمئناً ما به‌عنوان مربی، مسئولیت بزرگی داریم که به جوانان کمک کنیم تا احترام به زندگی را بیدار کنند و عشق و تحسین را نسبت به همه موجودات زنده توسعه دهند. دانش‌آموز مشتاقانه نام‌ها، اجزاء و فرآیندهای گیاهان و جانورانی را که نسبت به آن‌ها احساس تحسین و تعجب می‌کند، یاد می‌گیرد؛ بنابراین، ملاحظات اخلاقی باید در رابطه با استفاده آموزشی از حیوانات مورد توجه قرار گیرد و بین اهمیت نتایج آزمایشی مورد انتظار، از یک سو، با هزینه‌های اخلاقی (از نظر درد یا مرگ حیوان) از سوی دیگر، تعادل ایجاد شود.

چالش در مورد جایگزین‌های فاقد القاء درد و رنج در حیوانات

علازقم محدودیت‌های مطرح شده برای انجام برخی آزمایش‌ها بر روی حیوانات، نباید نیاز به ارائه تجربیات آزمایشگاهی معنی‌دار برای دانش‌آموزان دبیرستانی را نادیده گرفت. مطالعه آزمایشگاهی به دانش‌آموزانی که به فکر مشاغل علوم زیستی هستند، اجازه می‌دهد تا علایق خود را عمیق‌تر کنند و آگاهانه‌تر تصمیم بگیرند. برخی از این اهداف را می‌توان با جایگزین‌هایی که شامل کشتار یا رنج حیوانات نمی‌شود، محقق کرد؛ از جمله (کانسیل، ۲۰۱۰):

۱. استفاده از پاتوژن‌های گیاهی برای نشان دادن اصول و تکنیک‌های مورد نیاز برای اثبات اینکه میکروب‌ها به‌عنوان عوامل بیماری‌زا عمل می‌کنند. روش‌هایی از این نوع، دانش دست‌اولی در مورد تکنیک‌های میکروبیولوژیکی پایه و نقش آن‌ها در مطالعه بیماری‌های عفونی فراهم می‌کنند.

۲. مطالعات فیزیولوژیکی با استفاده از دانش‌آموزان به‌عنوان آزمودنی‌های تجربی مانند تست‌های عملکرد ریوی، الکتروانسفالوگرام‌ها و تفسیر نمودارهای مربوطه، اندازه‌گیری فشارخون، بررسی حواس خاص، بررسی ریتم‌های شبانه‌روزی،

آزمایش روی ادرار و بسیاری موارد دیگر که از خود دانش‌آموزان به‌عنوان آزمودنی استفاده می‌کنند و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۳. استفاده از سلول‌های انسانی (پوست، خون و ...) رشد یافته در محیط کشت بافت می‌تواند توسط دانش‌آموزان دبیرستانی انجام شود. علاوه بر این، می‌توان به بررسی اثرات عوامل دارویی، افزودنی‌های غذایی، تشعشعات و غیره بر رشد سلولی و ساختار کروموزوم‌ها پرداخت.

۴. مطالعات بیولوژیکی بر روی حیوانات زنده در کلاس درس با استفاده از روش‌های غیر مداخله‌ای. تدریس زیست‌شناسی باید آموزش انسان‌دوستی، مهربانی و احترام به زندگی را با روحیه تحقیق عینی در هم بیامیزد. این وظیفه دبیران زیست‌شناسی است که کنجکاوی و محبت طبیعی دانش‌آموزان را پرورش دهند و آن را به مطالعه جدی درک فرآیندهای بیولوژیکی بسط دهند. نگهداری از موجودات زنده، از تک‌یاخته‌ها گرفته تا پستانداران کوچک، راهی ایدئال برای رسیدن به این هدف است. علاوه بر این، یک معلم خلاق می‌تواند از موجودات شفاف (گونه‌های مختلف ماهی و جانوران بی‌مهره) برای نشان دادن اندام‌های داخلی آن‌ها استفاده کند. مشاهده پرندگان، خرگوش‌ها، دارکوب‌ها، عنکبوت‌ها، کرم‌های خاکی و بسیاری از اشکال دیگر، راهی اساسی برای ایجاد علاقه مادام‌العمر به موجودات زنده و علم‌آموزی است.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی کلی انواع فعالیت‌های مربوط به استفاده مستقیم از حیوانات در مدارس متوسطه با در نظر گرفتن ارزش‌ها (مثبت یا منفی) و دانش، نگرش‌ها (از جمله اخلاق) و علاقه انجام می‌شود. روش‌های جایگزین نیز با ارزیابی ارزش آن‌ها در رابطه با مطالعات جانوران زنده مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نظر گرفتن ابعاد اخلاقی در آموزش زیست‌شناسی می‌تواند به جوانان حس احترام و شفقت نسبت به انواع موجودات زنده؛ از جمله احترام به هموعان را بیاموزد. اگر زیست‌شناسی به گونه‌ای تدریس شود که حس شگفتی و احساس احترام به زندگی را ایجاد کند و اگر دانش‌آموزان با مطالعه زیست‌شناسی احساس غنای درونی کنند، این افراد علاوه بر عزم استوار برای محافظت از آفریده‌های خداوند متعال و حفظ زندگی، خود را وقف خلق دنیایی بهتر خواهند کرد (مک‌گیفین و براونلی، ۱۹۸۰).

ریحانه ارسلان و همکاران (۲۰۲۰)، ضمن مخالفت با تشریح جانوران، استفاده از مدل‌های ۳ بعدی به کمک نرم‌افزارهایی همچون "Unity3D" را پیشنهاد کردند (ارسلان^۱، کوفوغللو، و دارگوت^۲، ۲۰۲۰). به نظر این محققان و برخی محققان دیگر، مدل‌هایی که به خوبی طراحی شده باشند، به‌عنوان جایگزین‌های نمونه‌های واقعی، می‌توانند عملکردی برابر در ایجاد مهارت‌ها داشته باشند. این ابزارها تجارب تعاملی برای فراگیران فراهم می‌کنند که توسط آن‌ها فراگیران می‌توانند شرایط را کنترل کنند؛ بدون اینکه باعث نقص اصول اخلاقی شده باشند. در واقع، این روش‌ها ابزار جایگزینی برای آزمایش‌های دارویی و شیمیایی را فراهم می‌کنند (ارسلان و همکاران، ۲۰۲۰؛ دی ویلیرز و مونک^۳، ۲۰۰۵؛ دوک و داوال^۴، ۲۰۱۵).

همچنین، در مورد ارزش آموزشی استفاده از جانوران در کلاس‌های درس زیست‌شناسی تردیدی وجود ندارد؛ ولی نیاز ضروری به توجه کامل‌تر به استفاده آموزشی از موجودات زنده وجود دارد. مواردی که در استفاده از جانوران در کلاس درس باید در نظر گرفت شامل موارد زیر است (دانی و الکساندر، ۱۹۸۹؛ نهم، ۲۰۱۹؛ وبر، ۲۰۱۶):

۱. مطالعات مشاهده‌ای حیوانات زنده باید در کلاس درس؛ و همچنین در محیط‌های وحشی و نیمه وحشی انجام شود تا نه تنها مطالعه زیست‌شناسی، بلکه حفاظت از حیات‌وحش نیز فراگرفته شود.

۲. آموزش‌های قبل و ضمن خدمت در استفاده و نگهداری از حیوانات باید برای دبیران زیست‌شناسی پیش‌بینی شود؛ زیرا چنین آموزشی به‌اندازه کافی ارائه نمی‌شود.

1. Arslan
2. Kofoglu, & Dargut
3. De Villiers & Monk
4. Doke & Dhawale

۳. هیچ روش آزمایشی روی حیوان مهره‌دار نباید انجام شود که آن را در معرض درد یا ناراحتی مشخص قرار دهد یا سلامت آن‌ها را به خطر اندازد.
 ۴. عمل جراحی بر روی مهره‌داران نباید انجام شود.
 ۵. روش‌های آزمایشی نباید شامل استفاده از میکروارگانیزم‌هایی باشد که باعث بیماری در انسان و حیوانات می‌شوند. همچنین، نباید از پرتوهای یونیزه کننده، عوامل سرطان‌زا، مواد شیمیایی سمی، داروهایی که عوارض جانبی غیرطبیعی ایجاد می‌کنند یا قادر به ایجاد اثرات جهش‌زا هستند استفاده کرد.
 ۶. درمان تجربی نباید شامل شوک الکتریکی، ورزش تا حد خستگی، یا سایر محرک‌های ناراحت کننده باشد.
 ۷. تغذیه حیوانات باید متعادل باشد و استاندارد تغذیه مناسبی داشته باشد. آب آشامیدنی باید تمیز باشد و همیشه در دسترس باشد. ظروف غذا و آب باید تمیز شوند و از طراحی خاصی برای این منظور استفاده شده باشند.
 ۸. دسته‌های پایین‌تری مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ای‌ها و حشرات می‌توانند اطلاعات اولیه بیولوژیکی زیادی را آشکار کنند. اگر قرار است آزمایش‌هایی بر روی موجودات زنده انجام شود، فقط می‌توان از سطوح پایین‌تری از حیات استفاده کرد.
 ۹. سلول‌هایی مانند گلبول‌های قرمز، سایر سلول‌های بافتی، پلاسما و سرم خریداری شده یا تهیه شده از مراکز تحقیقاتی را می‌توان برای برخی مطالعات مانند بررسی کروموزوم‌ها و ... استفاده کرد.
 ۱۰. کلیه آزمایش‌ها باید زیر نظر دبیر زیست‌شناسی یا دبیر علوم ذیصلاح انجام شود و در صورت امکان با کارشناسان واجد شرایط خاص، مشورت شود.
- با رعایت موارد معرفی شده فوق و ارائه پیشنهادها کارا و سازنده، می‌توان به اهداف آموزشی مرتبط به مباحث جانوری کتب زیست‌شناسی دبیرستان نزدیک شد؛ که البته در حال حاضر به‌ندرت مورد توجه قرار می‌گیرند. امید است در برنامه درسی زیست‌شناسی، استفاده بهینه از جانوران مدنظر قرار گیرد و در بخش تربیت نیرو انسانی متخصص، افرادی خبره و توانمند که دوره‌های لازم کار با حیوانات را گذرانده‌اند، مسئولیت کلاس‌های درس زیست‌شناسی را متقبل شوند.

منابع

- Arslan, R., Kofoglu, M., & Dargut, C. (2020). Development of augmented reality application for biology education. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 62-72.
- Colorado, H. A., Mendoza, D. E., & Valencia, F. L. (2021). A Combined Strategy of Additive Manufacturing to Support Multidisciplinary Education in Arts, Biology, and Engineering. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 58-73.
- Council, N. R. (1990). *Fulfilling the promise: Biology education in the nation's schools*: National Academies Press.
- Council, N. R. (2010). Recognition and alleviation of pain in laboratory animals.
- De Villiers, R., & Monk, M. (2005). The first cut is the deepest: reflections on the state of animal dissection in biology education. *Journal of Curriculum Studies*, 37(5), 583-600.
- Doke, S. K., & Dhawale, S. C. (2015). Alternatives to animal testing: A review. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23(3), 223-229.
- Downie, R., & Alexander, L. (1989). The use of animals in biology teaching in higher education. *Journal of Biological Education*, 23(2), 103-111.
- Guerrini, A. (2003). *Experimenting with humans and animals: from Galen to animal rights*: JHU Press.
- Kaidanovich-Beilin, O., Lipina, T., Vukobradovic, I., Roder, J., & Woodgett, J. R. (2011). Assessment of social interaction behaviors. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*(48), e2473.
- Lerman, L. O., Kurtz, T. W., Touyz, R. M., Ellison, D. H., Chade, A. R., Crowley, S. D., . . . Eirin, A. (2019). Animal models of hypertension: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, 73(6), e87-e120.
- McGiffin, H., & Brownley, N. (1980). *Animals in Education: Use of Animals in High School Biology Classes and Science Fairs*.
- Nehm, R. H. (2019). Biology education research: Building integrative frameworks for teaching and learning about living systems. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-18.
- Oakley, J. (2019). *What Can an Animal Liberation Perspective Contribute to Environmental Education? In Animals in Environmental Education* (pp. 19-34): Springer.
- Rowan, A. N. (1981). Animals in education. *The American Biology Teacher*, 43(5), 280-282.
- Russell, G. K. (1980). Reverence for life: An ethic for high school biology curricula.
- Weber, A. (2016). *The biology of wonder: Aliveness, feeling and the metamorphosis of science*: New Society Publishers.