

مشکلات مربوط به درک فرآیند فتوسنتز در بین دانش‌آموزان ششم ابتدایی (مطالعه موردی در یکی از مدارس ابتدایی شهر اصفهان)

فیروزه علویان^۱، پروانه شایسته فر^۲

چکیده

در این پژوهش، مشکلات مربوط به درک فتوسنتز دانش‌آموزان کلاس ششم ابتدایی یکی از دبستان‌های شهر اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. ضمن مصاحبه با ۲۸ دانش‌آموز ششم ابتدایی، پرسش‌هایی درباره مسائل شیمیایی و زیست‌محیطی فتوسنتز مطرح شد. داده‌ها به کمک نرم‌افزار Graph Prism مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از جمله مشکلات مشاهده شده از نتایج این تحقیق شامل مشکل در درک این موضوع که موادی مانند آب و کربن دی‌اکسید می‌توانند اجرای بدن موجود را بسازند؛ و مشکل در درک این موضوع که کربن دی‌اکسید منبعی حیاتی برای گیاهان است. همچنین، بسیاری فتوسنتز را نوعی تنفس تلقی می‌کردند. مشکلاتی نیز در درک دانش‌آموزان از مفاهیمی مانند چرخه اکسیژن در طبیعت و تولیدکنندگی به‌عنوان اولین گام زنجیره غذایی یافت شد. با توجه به این مشکلات، توصیه می‌شود که برنامه درسی به شکلی اصلاح شود که ابهامات دانش‌آموزان کمتر شود و معلمان نیز در تدریس خود، از مثالهای کاربردی‌تر استفاده نمایند تا از ایجاد بدفهمی در دانش‌آموزان جلوگیری شود.

کلمات کلیدی: فتوسنتز، گیاهان، آب، کربن دی‌اکسید.

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

^۲. استادیار گروه آموزش زبان انگلیسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

مقدمه و بیان مسئله

فتوستنتز یکی از مهم‌ترین مفاهیم پایه‌ای زیست‌شناسی و علوم است (Ort et al., ۲۰۱۵). در واقع، فتوستنتز، فرایند ذخیره انرژی است که با استفاده از نور در موجودات دارای سبزینه صورت می‌گیرد. ضمن این فرایند، انرژی نورانی خورشید به دام می‌افتد و در مولکول گلوکز ذخیره می‌شود. فتوستنتز در اندامک کلروپلاست صورت می‌گیرد و برای انجام آن نیاز به کربن دی‌اکسید، آب، نور و مواد معدنی است. با وجود ساده بودن کلیات فتوستنتز، معلمان درک جزئیات فتوستنتز را موضوعی دشوار برای دانش‌آموزان مقطع ابتدایی می‌دانند (Wenhua ۲۰۰۰; Summers, Kruger, Childs, & Mant, ۲۰۰۱; Mikkilä-Erdmann, ۲۰۰۳). مطالعات بسیاری در کشورهای مختلف در مورد بهبود درک و یادگیری مفاهیم فتوستنتز انجام شده است (Mikkilä-Erdmann, ۲۰۰۱; Södervik, Mikkilä-Erdmann, & Vilppu, ۲۰۱۲; Ryoo & Linn, ۲۰۱۶; Orbanić, Dimec, & Cencić, ۲۰۱۴). این مطالعات بر روی ارتباط بین درک مفاهیم علمی و توسعه شناختی دانش‌آموزان برنامه‌ریزی شده و دانش قبلی دانش‌آموزان به‌عنوان عامل مهمی در ایجاد مشکلات مربوط به یادگیری مفاهیم در نظر گرفته می‌شود. تفکر در این موارد، این امکان را به فرد می‌دهد که حقیقت را در میان به هم ریختگی اطلاعات جستجو کند و بنابراین، می‌تواند فرد را با فراهم کردن شرایط تحت کنترل، متفکر و خلاق بار آورد (Amirdehi, ۲۰۱۶). اهمیت این موضوع برای درک اولیه روابط غذایی موجودات زنده و جزئیات آن، مهم است (Nobakht, Ebadi, Parmoon, & Nickhah Bahrami, ۲۰۱۹)؛ موضوعی که همه دانش‌آموزان به‌خوبی یاد نمی‌گیرند (Lin & Hu, ۲۰۰۳; Stavy, ۱۹۸۸).

مسائلی مانند آگاهی از پیش‌سازهای فتوستنتز و مسائل زیست‌محیطی فتوستنتز، مطالب چالش‌برانگیزی هستند (Koocheki, ۲۰۱۹) که اگر دانش‌آموزان در مورد مفاهیم پایه‌ای آن؛ از جمله مولکولهای درگیر در این فرآیند و علوم مرتبط با آن (خصوصاً شیمی، زیست و فیزیک) شناخت کافی نداشته باشند، درک ناقص و طوطی‌واری از فتوستنتز خواهند داشت که منجر به بدفهمی و سوء برداشت از روند فتوستنتز خواهد شد (O'Connell, ۲۰۰۸; Stavy, Eisen, & Yaakobi, ۱۹۸۷).

این پدیده حیاتی در کتاب‌های علوم کشورهای مختلف، از دوران ابتدایی تا سطوح بالاتر، متناسب با میزان فهم فراگیران به آن‌ها آموزش داده می‌شود (Dikmenli, Cardak, & Oztas, ۲۰۰۹; Farrow, ۲۰۱۲). متأسفانه آموزش این پدیده همانند برخی از مفاهیم علمی دیگر، هیچ‌گاه به‌طور اصولی انجام نمی‌شود و لذا، منجر به درک عمیق از جزئیات و روابط درگیر در آن نشده؛ و چه‌بسا پس از مدتی از ذهن دانش‌آموزان پاک می‌شود؛ در صورتی که اگر آموزش مفاهیم علوم تجربی همراه با آموزش برخی مفاهیم مربوط به علوم دیگر باشد، یادگیری عمیق‌تر و پایدارتر می‌شود (Naylor, Keogh, & Goldsworthy, ۲۰۱۳)؛ بنابراین، ضروری است که توسعه‌دهندگان برنامه آموزشی درس علوم، اصول اولیه تدریس فتوستنتز را با در نظر گرفتن موارد زیر پایه‌گذاری کنند (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, ۲۰۱۴; Fensham, Gunstone, & White, ۲۰۱۳; Park, ۲۰۱۳; Suh, & Seo, ۲۰۱۸).

۱. ساختار گیاه (شکل ظاهری)؛ ۲. مواد و مولکولهای درگیر؛ ۳. انرژی (انرژی خورشیدی)؛ و ۴. فتوستنتز به‌عنوان یک فرایند ضروری در محیط زیست.

با توجه به اهمیت درک فتوستنتز و ارتباط این پدیده با برخی چرخه‌های مهم حیات و زنجیره‌های غذایی و تامین نیازهای بشر به واسطه این مهم (Nasution, ۲۰۱۸)، آگاهی از اثربخشی برنامه درسی در ارتقاء درک این پدیده مهم و جزئیات مرتبط با آن، ضروری به نظر می‌رسد. این که آیا برنامه

درسی در مقطع ابتدایی توانسته است مفاهیم پایه‌ای مربوط به فتوستت را به نحو شایسته منتقل کند، موضوعی است که در این تحقیق سعی کردیم به بررسی آن پردازیم. به دلیل گستردگی موضوع، در مطالعه حاضر تنها به بررسی مشکلات مربوط به فهم مولکولهای درگیر و مسائل زیست‌محیطی فتوستت پرداختیم.

روش پژوهش

دانش‌آموزان یک کلاس ششم ابتدایی، از یک مدرسه عادی با سطح نسبتاً بالا؛ که ۲۸ نفر بودند (از یک منطقه متوسط شهر اصفهان در سال تحصیلی ۱۳۹۶-۱۳۹۷) برای این تحقیق انتخاب شدند. یک هفته پس از تدریس مباحث فتوستت و جنگل برای کیست، با هر دانش‌آموز حدود ۱۰ دقیقه مصاحبه شد. همچنین پرسشنامه‌ای با ۱۰ سؤال، در ۴ حوزه تولیدکنندگی، شیمی، زیست‌شناسی و سؤالات خاص مربوط به تنفس و فتوستت آماده شد. از پرسشنامه، به‌عنوان وسیله‌ای برای تقویت گفتگو استفاده شد تا وسیله‌ای برای آزمون. به دانش‌آموزان توضیح داده شد که هدف از این سؤالات بررسی برنامه درسی از نظر علمی است تا پیشرفت دانش‌آموزان. سؤالات به شرح زیر بود:

شیمی: گیاهان برای ساخت بدن خود، چه موادی را از محیط دریافت می‌کنند؟ دو لوله آزمایش با حجم یکسانی از آب آهک شفاف پر شده‌اند. هوای بازدمی به داخل یکی از لوله‌ها هدایت شد. از دانش‌آموزان پرسیده شد که آیا وزن دو لوله برابر است و اگر تفاوت وجود دارد، کدام یک سنگین‌تر است و چرا؟

تولیدکنندگی: آیا حیوانات قادر به زندگی در جهان بدون گیاه هستند؟ قندی که می‌خوریم از چه منبعی به دست می‌آید؟ تفاوت‌های مهم بین گیاهان و جانوران کدام‌اند؟

زیست‌شناسی: چرا گفته می‌شود که زندگی موجودات زنده وابسته به نور خورشید است؟ چرا پارک‌ها به‌عنوان «ریه‌های سبز» شهر نام‌گذاری می‌شوند؟ هر چیز زنده (از جمله خودمان) از اکسیژن استفاده می‌کند. چگونه است که اکسیژن تمام نمی‌شود؟

سؤالات خاص: تفاوت‌های تنفس با فتوستت چیست؟ آیا گیاهان تنفس می‌کنند؟

تجزیه و تحلیل داده‌ها، به کمک نرم‌افزار Graph pad Prism صورت گرفت.

یافته‌ها

در طول مصاحبه، شکاف جدی در درک صحیح دانش‌آموزان از فرآیندهای اساسی فتوستت مربوط به مفاهیم شیمیایی مورد نیاز فتوستت احساس شد که ما به‌طور خلاصه در بخش‌های زیر در مورد آن‌ها بحث می‌کنیم.

مشکل در درک گاز به‌عنوان یک ماده: درک جنبه‌های مادی فتوستت نیاز به درک این موضوع دارد که گیاهان گاز کربن دی‌اکسید را از هوا جذب کنند و به کمک آب، از آن برای ساختن بدن خود استفاده کنند (Luo et al., ۲۰۰۱; Nowak, Ellsworth, & Smith, ۲۰۰۴; Xu et al., ۲۰۰۴)؛ بنابراین، دانش‌آموز باید به این درک و باور برسد که یک گاز ماده‌ای است که جرم دارد و می‌تواند آن را وزن کرد. برای تعیین این که آیا دانش‌آموزان این ایده را درک کرده‌اند یا نه با دو ظرف مواجه شدند: به آن‌ها گفته شد که یکی از دو ظرف، از کربن دی‌اکسید پر شده و دومی خالی است. از دانش‌آموزان پرسیده شد که آیا وزن ظروف یکسان است یا متفاوت؟ تمام دانش‌آموزان به‌درستی جواب دادند؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که آن‌ها می‌دانستند که گازها جرم دارند. با این حال، هنگامی که با مشکل معادل؛ اما در یک وضعیت نسبتاً متفاوت مواجه شد، نتایج کاملاً متفاوت بود. به دانش‌آموزان

دو لوله آزمایشی با حجم یکسانی آب آهک بارنگ شفاف نشان داده شد. دانش آموزان می دانستند که وزن اولیه دو لوله آزمایش یکسان است. هوای بازدمی به یکی از لوله های آزمایش دمیده شد و روند وقایع برای دانش آموزان توضیح داده شد (کربن دی اکسید هوای بازدمی با آب آهک واکنش می دهد تا رسوب تشکیل شود). از دانش آموزان پرسیده شد که آیا وزن دو لوله آزمایش مشابه یا متفاوت است و اگر متفاوت است، کدام یک، سنگین تر است؟ فقط حدود ۵۲٪ از دانش آموزان پاسخ دادند که وقتی کربن دی اکسید با آب آهک مخلوط می شود، وزن مایع افزایش می یابد (جدول ۱).

جدول ۱. درصد پاسخ دانش آموزان به سؤال گاز به عنوان یک ماده. وقتی کربن دی اکسید با آب آهک مخلوط می شود، وزن مایع چه تغییری می کند؟

سنگین تر می شود	سبک تر می شود	تغییری نمی کند
۵۲,۴۱	۷,۰۲	۴۵,۳۹

تفاوت در پاسخ دانش آموزان ناشی از این واقعیت است برخی از آن ها، این موضوع که، گاز می تواند جرم داشته باشد را نمی دانستند. بدین ترتیب درک دانش آموزان از جرم گاز، فقط به شرایط خاصی محدود شده است و کلی نیست. این واقعیت به وضوح مشکلات جدی در درک یکی از فرآیندهای اساسی فتوسنتز ایجاد کرده است.

فتوسنتز و تنفس: پاسخ دانش آموزان به سؤال، تنفس چیست؟ فقط مربوط به جنبه های خارجی تنفس است: تبادل گاز به وسیله دم و بازدم. همه دانش آموزان می دانستند که ما از اکسیژن هوا برای تنفس استفاده می کنیم. اکثر آن ها فکر کردند که هوا در ریه ها تصفیه شده و اکسیژن وارد خون می شود (یا سلول های خونی)؛ اما پس از ورود به خون، هیچ ایده ای در مورد اینکه چه اتفاقی برای اکسیژن اتفاق می افتد نداشتند. بسیاری از دانش آموزان، منبع کربن دی اکسید خارج شده از طریق بازدم را نمی دانستند و فکر می کردند که از هوای تنفس شده دمی گرفته شده است و بعد از خارج شدن اکسیژن از آن، از ریه ها رها می شود. اکثر دانش آموزان نمی دانستند که عملکرد تنفس چیست و صرفاً پاسخ دادند: «ما برای زنده ماندن یا زنده بودن تنفس می کنیم»، «اکسیژن سلول ها را زنده می کند» یا «از آن برای ساخت بدن استفاده می شود». بسیاری از دانش آموزان تصور می کردند که اکسیژن جریان خون را در بدن راه اندازی می کند یا اینکه قلب یا مغز را فعال می کند. این ایده ها احتمالاً از دانش روزمره در مورد مشکلاتی که افراد مبتلا به بیماری قلبی در ارتفاع زیاد دارند و اکسیژن در این مناطق کم است و یا از دانش آن ها در مورد عوارض بیهوشی عمومی ناشی از ناکافی بودن اکسیژن مغز ناشی می شود. تنها دو دانش آموز از این موضوع اطلاع داشتند و تنفس را مرتبط با تولید انرژی می دانستند، اما در مورد سطح درک آن ها از این موضوع، تردید وجود دارد.

در ارتباط با تصور دانش آموزان از تنفس، جای تعجب نیست که بسیاری از آن ها فتوسنتز را به عنوان یک نوع تنفس یا به عنوان نوعی فرایند مبادله گاز در نظر بگیرند. وقتی از آن ها پرسیده شد که آیا گیاهان تنفس می کنند، بسیاری از آن ها فتوسنتز را نوعی تنفس تلقی می کردند. پاسخ های معمول این بود: «گیاهان در طول شب نفس می کشند و در طول روز فتوسنتز می کنند؛ که همچنین یک روند تنفس است» و «در طول روز گیاهان کربن دی اکسید جذب می کنند و اکسیژن پس می دهند؛ این تنفس آن ها است. در شب این فرآیندها معکوس می شود؛ بنابراین برخی از دانش آموزان فکر می کردند که فتوسنتز تنفس معکوس است. بقیه دانش آموزان، اصلاً نمی دانستند که گیاهان نیز تنفس می کنند. این نتایج نشان می دهد که دانش آموزان سعی می کنند دیدگاه منسجم و منطقی (به شیوه خود) از جهان، با توجه به دانش محدودی که دارند، داشته باشند. این دیدگاه از جهان، لزوماً با دیدگاهی آموزگارانشان که قصد انتقال آن را دارند، یکسان نیست (Driver et al., ۲۰۱۴).

مشکل در درک اکوسیستم: چرخه اکسیژن: درک دانش آموزان از نقش فتوسنتز در چرخه اکسیژن با چند سؤال بررسی شد:

الف) هر موجود زنده (از جمله خود ما) از اکسیژن استفاده می‌کند. چگونه است که اکسیژن هرگز تمام نمی‌شود؟

ب) چرا پارک‌ها به‌عنوان «ریه‌های سبز» شهر نامیده می‌شوند؟

ج) آیا حیوانات قادر به زندگی در دنیای بدون گیاه هستند؟ (این مشکل از دو جنبه قابل بررسی است: یکی مربوط به اکسیژن و دیگری به غذا است. از دانش آموزشی که فقط به یک جنبه توجه داشتند، به‌طور خاص درباره مورد دیگر سؤال می‌شد).

د) چرا گفته می‌شود که زندگی موجودات زنده وابسته به نور خورشید است؟

جدول ۲ نشان‌دهنده درصد دانش آموزشی است که پاسخ دادند گیاهان طی فرآیند فتوسنتز، اکسیژن آزاد می‌کنند. بسیاری از آن‌ها می‌دانستند که ما و دیگر جانوران، اکسیژن مصرف می‌کنیم و گیاهان آن را از طریق فرآیند فتوسنتز آزاد می‌کنند و بنابراین ادامه زندگی را برای ما ممکن می‌سازند. تنها حدود ۵۱ درصد از دانش‌آموزان می‌دانستند که پارک‌ها، اکسیژن شهرها را تأمین می‌کنند. علاوه بر این، تعداد کمی از دانش‌آموزان به این موضوع اشاره کرده بودند که درخت‌های موجود در پارک‌ها، کربن دی‌اکسید هوا را جذب می‌کنند. بسیاری از دانش‌آموزان فکر می‌کردند که نقش پارک‌ها در شهرها تنها برای ایجاد زیبایی است، یا اینکه هوا در پارک‌ها تازه و تمیز است چراکه آن‌ها دور از صنعت آلودگی هستند. دانش‌آموزانی نیز بودند که تصور می‌کردند گیاهان هوا را آلاینده‌هایی مانند دود و بخار تمیز می‌کند.

جدول ۲. درصد دانش آموزشی که آزاد شدن اکسیژن طی فتوسنتز را درک کرده‌اند

درصد پاسخ صحیح به سؤالات (به متن مراجعه نمایید)				
الف	ب	ج	د	
۸۱,۶	۵۱,۳۹	۳۶,۴۱	۱۲,۱	

در مورد این سؤال که احتمال دارد حیات حیوانی در یک جهان بدون گیاه وجود داشته باشد، تنها حدود ۳۶ درصد از دانش‌آموزان این موضوع را به دلیل عدم وجود اکسیژن دانسته‌اند. در مورد خورشید به‌عنوان منشأ زندگی، تنها ۱۲,۱ درصد از دانش‌آموزان، اهمیت خورشید در زنجیره‌های غذایی را می‌دانستند. این نتایج نشان می‌دهند که دانش‌آموزان اطلاعاتی در مورد چرخه اکسیژن دارند، اما در استفاده از این دانش در حل مسائلی که به‌طور مستقیم با وضعیت یادگیری مرتبط نیست، مشکل دارند.

تولیدکنندگی و زنجیره غذایی: این موضوع توسط سؤالات زیر مورد آزمایش قرار گرفت: گیاهان چه موادی را از محیط خود جذب می‌کنند تا بدن خود را بسازند؟ آیا جانوران قادر به زندگی در دنیای بدون گیاه هستند؟ تفاوت اصلی بین گیاهان و جانوران در چیست؟ چرا گفته می‌شود که خورشید منشأ حیات است؟

از جدول ۳ به نظر می‌رسد که بیشتر دانش‌آموزان می‌دانستند که گیاهان آب را از خاک جذب می‌کنند. بیشتر دانش‌آموزان این موضوع را می‌دانستند که گیاهان کربن دی‌اکسید را از هوا جذب می‌کنند.

تقریباً ۴۳ درصد از دانش‌آموزان، منبع انرژی گیاهان را نور خورشید می‌دانستند. وقتی از آن‌ها پرسیده شد که آیا نور خورشید یک ماده است، اکثر آن‌ها گفتند که این‌طور نیست، اما تصور ما از آنچه گفته شد این بود که آن‌ها فکر می‌کردند که نور خورشید توسط گیاه جذب شده و سپس به ماده تبدیل می‌شود. ۱۲,۱ درصد از دانش‌آموزان علاوه بر کربن دی‌اکسید، اکسیژن را نیز به‌عنوان یکی از مواد جذب‌شده توسط گیاهان به‌منظور ساخت بدن خود

جدول ۳. درصد پاسخ دانش آموزان در مورد مواد جذب شده توسط گیاهان از محیط

آب	کربن دی اکسید	انرژی نورانی خورشید	اکسیژن	املاح معدنی	مواد آلی آماده داخل خاک
۶۹,۵۴	۶۲,۹	۴۲,۹	۱۲,۱	۳۳,۶۶	۳۹,۳

ذکر کردند. این نشان می دهد که آن ها، یکبار دیگر آن ها مفاهیم تنفس و فتوسنتز را با هم اشتباه گرفته اند. یک سوم دانش آموزان، املاح یا مواد معدنی را به عنوان موادی که توسط گیاهان جذب می شوند، ذکر کردند، اگرچه اکثر آن ها قادر به معرفی نمونه ای از این ملاح نبودند. شگفت آور این بود که ۳۹,۳ درصد از دانش آموزان ادعا می کردند که گیاهان مواد آلی یا مواد غذایی (مانند گلوکز یا نشاسته) را از خاک جذب می کنند. ممکن است برخی از دانش آموزانی که به جذب مواد آلی اشاره کرده اند، منظورشان کودهای آلی بوده باشد.

در مورد سؤال دوم («آیا جانوران قادر به زندگی در یک جهان بدون گیاه هستند؟») اکثر دانش آموزان به طور مستقیم می دانستند که جانوران نمی توانند در چنین دنیایی وجود داشته باشند و می دانستند که گیاهان می توانند در دنیای فاقد جانور زندگی کنند؛ اما ظاهراً این دانش، درک روشنی از رابطه بین گیاهان به عنوان تولیدکنندگان و حیوانات به عنوان مصرف کننده را نشان نمی دهد. با درک اینکه بسیاری از حیوانات به طور مستقیم یا غیرمستقیم از گیاهان تغذیه می کنند، می توان نتیجه گرفت که حیوانات در دنیای فاقد گیاه قادر به زندگی نیستند. جالب توجه است، تعداد کمی از دانش آموزان تصور می کردند که گوشت خواران می توانند در چنین جهانی حضور داشته باشند، در صورتی که شکار آن ها به سرعت تکثیر شوند. باین حال، تعداد کمی از دانش آموزانی که می گفتند گیاهان تولیدکننده اند، نمی توانستند توضیح دهند چه چیزی را تولید می کنند و چگونه؟

سؤال سوم برای آزمایش دانش آموزان در مورد تفاوت های گیاهان و جانوران بود. تنها تعداد کمی از دانش آموزان روش تغذیه را به عنوان یکی از مهم ترین تفاوت های بین گیاهان و جانوران، ذکر کردند. آن ها گفتند که گیاهان مواد غذایی خود را تولید می کنند. سؤال چهارم این بود: چرا گفته می شود که خورشید منشأ حیات است؟ برخی دانش آموزان، مثال هایی از مواد غذایی (شکر، نشاسته، تولیدکنندگان مواد غذایی و ...) که وابسته به نور تولید می شوند را مطرح کردند.

نتیجه گیری

منشأ مشکلات دانش آموزان در درک فتوسنتز، می تواند با عوامل روان شناختی و یا برنامه درسی مرتبط باشد. مشکل مرتبط با روانشناسی به این دلیل است که ظاهراً، دانش آموزان در این سن، تمایل دارند انسان را به عنوان «مرکز خلقت» در نظر بگیرند و فرض کنند که انسان کنترل کامل بر محیط خود دارد. پذیرفتن این واقعیت که زندگی انسان ها وابسته به گیاهان است، برای آن ها دشوار است.

و مشکل مرتبط با برنامه درسی نیز احتمالاً با این موضوع مربوط باشد که دانش آموزان اطلاعات زیادی در مورد فتوسنتز داشتند اما جزئیات این پدیده را نمی دانستند.

با توجه به مطالعات ما، دو احتمال در ارتباط با آموزش فتوسنتز در دوره ابتدایی وجود دارد: رها کردن آموزش این موضوع در این سن و یا تغییر روش آموزش آن. به دلیل اهمیت درک فتوسنتز در فهم اولیه از عملکرد جهان، نمی توان تدریس آن را در این رده سنی رها کرد؛ در عوض، پیدا کردن راه های بهتر آموزش آن مناسب تر خواهد بود.

با توجه به نگرش برنامه درسی، این مطالعه چندین مشکل و بدفهمی مرتبط با فتوسنتز؛ و بدفهمی برخی از آنها در ادراک فتوسنتز به عنوان یک نوع تنفس بود. از آنجا که این دو فرآیند زیستی مرتبط با یکدیگر هستند، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی جدید درسی، تنفس و فتوسنتز را به عنوان دو فرآیند زیستی که در کنار هم؛ اما با واکنش‌های معکوس قرار می‌گیرند را با استفاده از نقشه‌های مفهومی ترسیم نمود؛ به طوری که، به دانش‌آموزان آموزش داده شود که فتوسنتز فراهم‌کننده بستر تنفس است.

همچنین، پیشنهاد می‌شود، توسعه‌دهندگان برنامه آموزشی دروس علوم، اصول اولیه تدریس فتوسنتز را با در نظر گرفتن موارد زیر طراحی و پایه‌گذاری کنند:

تاکید بیشتر بر اهمیت بررسی ساختار و عملکرد گیاهان؛ فراهم کردن زمینه در درک مباحث مربوط به شیمی فتوسنتز (مولکول‌ها و عناصر درگیر در فتوسنتز و درجه اهمیت هر یک)؛ معرفی منابع انرژی دیگری که می‌توانند جایگزین انرژی خورشیدی برای تامین انرژی مورد نیاز فرآیند فتوسنتز باشند؛ و فراهم کردن بستری که دانش‌آموزان ابتدایی بتوانند با جانداران دیگری که توانایی فتوسنتز دارند (علاوه بر گیاهان)، آشنا شوند.

اگرچه در این تحقیق، درک دانش‌آموزان از مفهوم انرژی را بررسی نکردیم، اما می‌دانیم که مفاهیم انرژی مربوط به فتوسنتز تنها در سطح بصری شناخته شده‌اند. شاید بتوان با استفاده از نمونه‌هایی از تغییر شکل‌های انرژی در زندگی روزمره، این درک بصری را بهبود بخشید. به هر حال مهم است که در برنامه‌های آموزشی، فرایندهای زیست‌محیطی روابط غذایی موجودات زنده، مورد تأکید قرار گیرند.

منابع

- Amirdehi, Hadi Mosleh. (۲۰۱۶). Fourth grade science book content analysis from the perspective of active or inactive based on the model of William Roman. *Quarterly journal of education in basic sciences*, ۲(۳), ۱۹-۲۸ (persian).
- Dikmenli, Musa, Cardak, Osman, & Oztas, Fulya. (۲۰۰۹). Conceptual Problems in Biology-Related Topics in Primary Science and Technology Textbooks in Turkey. *International Journal of Environmental and Science Education*, ۴(۴), ۴۲۹-۴۴۰
- Driver, Rosalind, Squires, Ann, Rushworth, Peter, & Wood-Robinson, Valerie. (۲۰۱۴). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*: Routledge.
- Farrow, Steve. (۲۰۱۲). *The really useful science book: a framework of knowledge for primary teachers*: Routledge.
- Fensham, Peter J, Gunstone, Richard F & ,White, Richard T. (۲۰۱۳). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*: Routledge.
- Koocheki, A; Nassiri Mahallati, M (۲۰۱۹). Yield Monitoring for Wheat and Sugar beet in Khorasan Province: ۲- Estimation of Yield Gap. *Iranian Journal of Field Crops Research*, ۱۷, ۱۰-۳۸ (persian).
- Lin, Chen-Yung, & Hu, Reping. (۲۰۰۳). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis, and respiration. *Int. J. Sci. Educ.*, ۲۵(۱۲), ۱۵۲۹-۱۵۴۴
- Luo, Yiqi, Medlyn, Belinda, Hui, Dafeng, Ellsworth, David, Reynolds, James, & Katul, Gabriel. (۲۰۰۱). Gross primary productivity in duke forest: modeling synthesis of CO₂ experiment and eddy-flux data. *Ecological Applications*, ۱۱(۱), ۲۳۹-۲۵۲
- Mikkilä-Erdmann, Mirjamaija. (۲۰۰۱). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and instruction*, ۱۱(۳), ۲۴۱-۲۵۷
- Nasution, Mustafa Kamal. (۲۰۱۸). STUDENT ASSESSMENT AND MISCONCEPTIONS OF PHOTOSYNTHESIS: A NOTION OF SHIFTING PERSPECTIVE. *Jurnal As-Salam*, ۲(۲), ۱۰۶-۱۱۲
- Naylor, Stuart, Keogh, Brenda, & Goldsworthy, Anne. (۲۰۱۳). *Active Assessment for Science: Thinking, Learning and Assessment in Science*: David Fulton Publishers.
- Nobakht, Parinaz, Ebadi, Ali, Parmoon, Ghasem & ,Nickhah Bahrami, Rasol. (۲۰۱۹). Study role H₂O₂ in Photosynthetic pigments Peppermint (*Mentha piperita* L) on Water stress conditions. *journal of plant process and function*, ۲۷(۲), ۱۹-۳۰ (persian).
- Nowak, Robert S, Ellsworth, David S, & Smith, Stanley D. (۲۰۰۴). Functional responses of plants to elevated atmospheric CO₂—do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? *New phytologist*, ۱۶۲(۲), ۲۵۳-۲۸۰
- O'Connell, Dan. (۲۰۰۸). An inquiry-based approach to teaching photosynthesis & cellular respiration. *The American Biology Teacher*, ۷۰(۶), ۳۵۰-۳۵۷
- Orbanić, Nataša Dolenc, Dimec, Darja Skribe, & Cencič, Majda. (۲۰۱۶). THE EFFECTIVENESS OF A CONSTRUCTIVIST TEACHING MODEL ON STUDENTS' UNDERSTANDING OF PHOTOSYNTHESIS. *Journal of Baltic science education*, ۱۵(۱)
- Ort, Donald R, Merchant, Sabeeha S, Alric, Jean, Barkan, Alice, Blankenship, Robert E, Bock, Ralph, . . . Long, Stephen P. (۲۰۱۵). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the national academy of sciences*, ۱۱۲(۲۸), ۸۵۲۹-۸۵۳۶

Park, Soonhye, Suh, Jeekyung, & Seo, Kyungwoon. (۲۰۱۸). Development and validation of measures of secondary science teachers' PCK for teaching photosynthesis. *Research in Science Education*, ۴۸(۰۵۷۳-۰۵۴۹), ۳

Ryoo, Kihyun, & Linn, Marcia C. (۲۰۱۲). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? *Journal of Research in Science Teaching*, ۴۹(۲), ۲۴۳-۲۱۸

Södervik, Iona, Mikkilä-Erdmann, Mirjamaija, & Vilppu, Henna. (۲۰۱۴). Promoting the understanding of photosynthesis among elementary school student teachers through text design. *Journal of Science Teacher Education*, ۲۵(۵), ۶۰۰-۵۸۱

Stavy, Ruth. (۱۹۸۸). Students' understanding of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, ۵۰(۴), ۲۱۲-۲۰۸

Stavy, Ruth, Eisen, Yehudit, & Yaakobi, Duba. (۱۹۸۷). How students aged ۱۳- ۱۵ understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, ۹(۱), ۱۱۵-۱۰۵

Summers, Mike, Kruger, Colin, Childs, Ann & Mant, Jenny. (۲۰۰۰). Primary school teachers' understanding of environmental issues: An interview study.

Wenhua, Su, & Guangfei, Zhang. (۲۰۰۳). Primary Study on Photosynthetic Characteristics of *Dendrobium nobile* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, ۲

Xu, Quanlong, Zhang, Liuyang, Yu, Jiaguo, Wageh, Swelm, Al-Ghamdi, Ahmed A, & Jaroniec, Mietek. (۲۰۱۸). Direct Z-scheme photocatalysts: principles, synthesis, and applications. *Materials Today*.