

# Korekcia miskoncepcií žiakov o fotosyntéze a dýchaní rastlín prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania

## Correcting Students' Misconceptions about Photosynthesis and Respiration in Plants through Inquiry-Based Science Education

Elena Čipková [cipkova@fns.uniba.sk](mailto:cipkova@fns.uniba.sk), Štefan Karolčík, Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky; Natália Vörösová, Ul. Ladislava Sáru 1, 841 04 Bratislava

### Abstract

*One of the aims of science education is to develop students' understanding of natural phenomena. Students' knowledge of science should enable them to make informed decisions about their own lives, environment and society. The article at hand deals with possibilities of using inquiry-based science education as a teaching approach that allows students to achieve a conceptual change leading to the scientifically correct ideas about photosynthesis and respiration in plants. The obtained results support the claim that we can prevent or eliminate students' misconceptions using an inquiry-based instruction in a science classroom.*

### Klíčová slova

*miskoncepce, fotosyntéza a dýchaní rastlín, badateľsky orientované vyučovanie*

### Keywords

*misconception, photosynthesis and respiration in plants, two tier multiple choice items, inquiry-based science education*

## ÚVOD

Učítelia na rôznych stupňoch a typoch škôl z vlastných skúseností vedia, že aj napriek ich enormnému úsiliu a využívaniu rôznych vyučovacích metód a prístupov, žiaci a študenti častokrát nesprávne chápu sprístupňované pojmy a koncepty. Deti sa aktívne snažia porozumieť, vysvetliť a predvídať svet okolo seba, a tým si vytvárajú neformálne teórie o tom, ako svet funguje (Coley & Tanner, 2012). Tieto predchádzajúce vedomosti a nedokonalé predstavy sa nazývajú prekoncepty. K vedeckým poznatkom žiak dospeje postupne tak, že získava nové informácie a poznatky, ktoré sú dokonalejšie ako jeho prekoncepty, od ktorých postupne upúšťa a nahrádza ich vo svojich poznatkových štruktúrach vedeckými konceptmi (Held et al., 2011). Nesprávne pochopenie pojmov a konceptov vedie k žiackym miskoncepciám, ktoré Skelly (1993) definuje ako mentálne reprezentácie konceptov, ktoré nezodpovedajú aktuálnym vedeckým teóriám. Nie je to teda nedostatok informácií (Badenhorst et al., 2014), ale sú to mylné predstavy, ktoré pretrvávajú aj po prebratí učiva.

Podľa Tekkaya (2002) miskoncepcie môžu pochádzať z určitých skúseností, ktoré si žiaci bežne navzájom odovzdávajú. Rovnako môžu byť zakorenené v každodenných skúsenostiach. Miskoncepcie vznikajú aj vtedy, keď žiaci kombinujú novo naučené koncepty (napr. rastliny si tvoria vlastnú potravu), s predchádzajúcimi, primitívnejšími predstavami (rastliny získavajú potravu z pôdy). Takéto situácie vytvárajú konceptuálne konflikty v myšliach žiakov (Tekkaya, 2002). Základom miskoncepcií môže byť aj antropocentrický štýl myslenia, čo je sklon uvažovať o neznámych biologických procesoch a javoch analogicky k procesom v ľudskom tele (Coley & Tanner, 2012). Podľa Sandersa (1993) bolo preukázané, že aj učítelia by mohli zohrávať úlohu pri formovaní žiackych miskoncepcií. Vý-

sledky štúdií ukázali, že miskoncepcie vznikajú pri nesprávnej alebo nepresnej výučbe. Upozorňuje, že aj stratégie hodnotenia žiakov by mohli byť faktorom, ktorý ovplyvňuje vývin miskoncepcií.

Miskoncepcie majú tendenciu byť veľmi rezistentné voči vyučovaniu, pretože učenie sa nesie so sebou nahradenie alebo radikálne reorganizovanie vedomostí žiakov. Aby mohlo prebiehať učenie sa, musí nastať konceptuálna zmena, čo stavia učiteľov do veľmi náročnej situácie, a to priniesť významné konceptuálne zmeny vo vedomostiach žiakov (Yangin, Sidekli, & Gokbulut, 2014). Gooding a Metz (2011) sa domnievajú, že miskoncepcie môžu byť eliminované, a to tak, že kedysi nepochopený koncept musí byť znova preskúmaný a uznaný ako nesúladi s vedeckými teóriami, pričom jedinec musí byť schopný nahradiť svoju miskoncepciu správnym významom. Všeobecne platí, že bežné formy výučby ako prednášky, čítanie textu alebo jednoduché praktické cvičenia nie sú veľmi úspešné pri prekonávaní žiackych miskoncepcií. Preto miskoncepcie môžu byť pre učiteľov „tvrdým orieškom“. Avšak existuje niekoľko vyučovacích stratégií, ktoré pomáhajú dosahovať konceptuálne zmeny, odstraňovať u žiakov ich mylné predstavy a naučiť ich správne vedomosti alebo teórie (Yangin, Sidekli, & Gokbulut, 2014). Konceptuálne zmeny a správne pochopenie prírodných fenoménov môžeme dosiahnuť napríklad aj prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania (Şimşek, & Kabapınar, 2010) a realizáciou experimentov v počítačom podporovanom laboratóriu (Kuech et al., 2003).

### Miskoncepcie o fotosyntéze a dýchaní rastlín

Identifikovaniu žiackych miskoncepcií v učive fotosyntézy a dýchania sa venovalo niekoľko autorov u nás aj v zahraničí (napr. Treagust & Haslam, 1986; Amir & Tamir, 1990; Cañal, 1999; Yenilmez

& Tekkaya, 2006; Köse, 2008; Osuská & Pupala, 1996; Čipková & Danišková, 2004; Svandova, 2014).

Fotosyntéza a dýchanie zahŕňajú niekoľko biochemických reakcií, ktoré prebiehajú v rastlinách súčasne. Pochopenie týchto procesov je veľmi náročné. Fotosyntéza a bunkové dýchanie sú často popisované ako opačné procesy na biochemickej úrovni a napriek tomu sú komplementárne na globálnej úrovni (Brown & Schwartz, 2009). Zameralenie sa na biochemickú úroveň, zatiaľ čo sa ignoruje tok hmoty môže viesť k zjednodušujúcemu záveru, že tieto dva procesy sú doslova opozitné (Wilson et al., 2006; Brown & Schwartz, 2009). Amir a Tamir (1990) a Köse (2008) vo svojich štúdiách zistili, že mnoho žiakov vníma oba procesy iba ako výmenu plynov a nie ako komplexné biochemické procesy. Na základe tejto miskoncepce si žiaci myslia, že fotosyntéza je dýchanie rastlín. Caňal (1999) taktiež uvádza, že žiaci získavajú miskoncepciu o fotosyntéze ako o inverznom dýchaní na základnej škole a táto miskoncepčia pretrváva aj na strednej škole.

Ďalšími často identifikovanými miskoncepami v učive fotosyntéza a dýchanie rastlín boli nasledovné:

- najdôležitejší prínos fotosyntézy je produkcia kyslíka (Treagust & Haslam, 1986; Özyay & Öztaş, 2003; Köse, 2008),
- fotosyntéza je dýchanie rastlín/druh dýchania (Köse, 2008; Keleş & Kefeli, 2010; Svandova, 2014),
- rastliny prijímajú svoju potravu z pôdy (Köse, 2008; Keleş & Kefeli, 2010),
- potravou rastlín je voda, pôda, minerálne látky, príp. aj kyslík a oxid uhličitý (Akpınar, 2007; Svandova, 2014),
- bunkové dýchanie je výmena plynov medzi vonkajším a vnútorným prostredím (Treagust & Haslam, 1986; Yenilmez & Tekkaya, 2006),

- rastliny nedýchajú (Çakir et al., 2002; Yenilmez & Tekkaya, 2006; Köse, 2008; Keleş & Kefeli, 2010; Al Olaimat, 2010),
- rastliny dýchajú len v noci, keď nemajú k dispozícii svetlo (Çakir et al., 2002; Özyay & Öztaş, 2003; Yenilmez & Tekkaya, 2006; Keleş & Kefeli, 2010; Al Olaimat, 2010),
- rastliny dýchajú na svetle oxid uhličitý a v tme kyslík (Osuská & Pupala, 1996; Ušáková & Matheová, 1994),
- dýchanie u rastlín prebieha jedine v bunkách listov (Yenilmez & Tekkaya, 2006; Svandova, 2014).

## Ciele výskumu

Je zrejmé, že žiaci u nás aj v zahraničí majú množstvo miskoncepí týkajúcich sa základných biologických dejov ako je fotosyntéza a dýchanie. Preto sa úsilie mnohých pedagógov sústreďuje na elimináciu týchto miskoncepí prostredníctvom rôznych vyučovacích metód a prístupov. Cieľom nášho výskumu bolo zistiť, či je možné v našich školských podmienkach využiť induktívne prístupy, predovšetkým bádateľsky orientované vyučovanie na odstránenie nami identifikovaných miskoncepí žiakov.

## Metódy

Výskumnú vzorku tvorilo 29 žiakov 2. ročníka gymnázia, z toho bolo 13 chlapcov a 16 dievčat. Výučba prebiehala v rámci samostatného predmetu Školského vzdelávacieho programu (ŠkVP) zameraného na rozvíjanie prírodovednej gramotnosti žiakov. Žiaci boli počas vyučovania rozdelení na dve skupiny. Keďže sme vo výskume nemohli pracovať aj s kontrolnou skupinou (jednalo sa o predmet vyučovaný len v jednej triede), výskumnou metódou bol kváziexperiment.

Na začiatku výskumu sme žiakom administrovali test (pretest) zostavený Haslamom a Treagustom (1987), ktorý skúmal miskoncepce žiakov o fotosyntéze a dýchaní. Pretestom sme chceli zistiť mylné predstavy, ktoré si žiaci prinášajú zo základnej školy. V rámci ŠkVP pre predmet biológia bolo učivo o fotosyntéze a dýchaní rastlín zaradené až v 2. polroku 2. ročníka, čím bol eliminovaný vplyv paralelnej výučby uvedenej problematiky v rámci biológie. Po ukončení výskumu sme žiakom zadali rovnaký test (posttest). Žiaci neboli oboznámení o správnych odpovediach na jednotlivé položky

testu a ani o tom, že uvedený test im bude v časovom horizonte 5 mesiacov opätovne administrovaný.

Test tvorilo 13 dvojúrovňových úloh s možnosťou výberu odpovede (two-tier multiple choice items). Žiak pri riešení dvojúrovňovej úlohy vyberá svoju odpoveď dvakrát. V prvej časti úlohy má zakrúžkovať správnu odpoveď a v druhej časti má svoju predchádzajúcu odpoveď zdôvodniť. V prípade, že žiakovi ponúknuté zdôvodnenia nevyhovujú, svoju odpoveď môže formulovať na vyznačenom mieste v poslednej možnosti (Obr 1).

**Dýchanie v rastlinách prebieha:**

- A. len v bunkách koreňov
- B. v každej rastlinnej bunke
- C. len v bunkách listov

Svoju odpoveď zdôvodňujem tým, že:

1. Všetky živé bunky potrebujú energiu pre život.
2. Len listy majú špeciálne póry (prieduchy), ktoré slúžia na výmenu plynov.
3. Len korene majú malé póry, ktoré slúžia na dýchanie.
4. Len korene potrebujú energiu, aby prijímali vodu.
5. \_\_\_\_\_

Obr 1 Príklad dvojúrovňovej úlohy použitej v teste. Zdroj: Haslam & Treagust, 1987.

Reliabilita výskumného nástroja stanovená Haslamom a Treagustom (1987) prostredníctvom Cronbachovo alfa nadobudla hodnotu 0,72. Index obťažnosti jednotlivých položiek sa pohyboval od 0,12 po 0,78 (priemerná hodnota bola 0,38) a index citlivosti od 0,36 po 0,60 (priemer 0,48). V rámci nášho výskumu Cronbachovo alfa v preteste malo hodnotu 0,53 a v postteste 0,70. Kehoe (1995) uvádza, že hodnoty reliability 0,5 sú uspokojivé pre krátke testy (10–15 položiek). Berúc do úvahy veľkosť výskumnej vzorky a počet položiek testu

môžeme nami vypočítané hodnoty reliability považovať za akceptovateľné. Index obťažnosti položiek v preteste sa pohyboval od 0,1 do 0,83 (priemerná hodnota bola 0,46) a v postteste od 0,41 po 1 (priemerná hodnota bola 0,74). Index citlivosti v preteste sa pohyboval od 0 po 0,87 (priemer 0,38) a v postteste od 0 do 1 (priemer 0,40). Priemerný index obťažnosti a citlivosti úloh v preteste je porovnateľný s hodnotami stanovenými autormi v pôvodnom výskumnom nástroji. Až na jednu položku mali všetky položky akceptovateľnú citlivosť. V postteste je vyšší

index obťažnosti, čo pripisujeme nášmu pedagogickému pôsobeniu, žiaci riešili položky testu lepšie. Aj napriek tomu však citlivosť položiek (až na jednu položku) bola akceptovateľná.

Za každú úlohu mohol žiak získať maximálne 2 body. Maximálny počet bodov za test bol 26. Výsledky žiakov v jednotlivých položkách pretestu a posttestu sme porovnali. Keďže Shapiro-Wilkov test potvrdil, že vzorka pochádzala z normálneho rozloženia ( $W=0,96$ ,  $p=0,30$ ), na porovnanie výsledkov sme použili parametrický Studentov párový t-test.

### Obsah vyučovania realizovaného v rámci výskumu

Vyučovaniu prierezovej témy „Energia“ sme celkovo vyčlenili 14 vyučovacích hodín (7 dvojhodinových blokov). V programe výučby sme využili bádateľské prístupy s dôrazom na uplatnenie medzipredmetových vzťahov biológie s fyzikou a chémiou (vedomosti žiakov zo základnej školy). Stručne uvádzame zameranie a obsah jednotlivých blokov:

#### 1. blok – téma: Energia

- diskusia o tom, čo žiaci chápu pod pojmom energia, aké druhy a zdroje energie poznajú, či je možná premena energie z jednej formy na inú,
- riešenie problému či a ako možno dokázať energiu slnečných lúčov – návrh a zostrojenie modelu solárnej pece s využitím počítačom podporovaného prírodovedného laboratória,
- realizácia meraní (teplota topenia čokolády, čas, za ktorý sa začne topiť čokoláda pri dopade priamych slnečných lúčov a v tieni), zaznamenanie údajov, analýza výsledkov,
- diskusia o faktoroch, ktoré ovplyvňovali topenie čokolády, návrh možných modifikácií merania, zovšeobecnenie výsledkov).

#### 2. blok – téma: Pigmenty

- riešenie problému prečo sú rastliny zelené,
- práca s pracovným listom – na základe predloženej tabuľky tvorba grafu závislosti absorpcie rastlinných farbív od vlnovej dĺžky, doplnenie názvov osí x a y, pomenovanie grafu,
- frontálne zopakovanie vedomostí žiakov o farebnom spektre, zameranie sa najmä na oblasť viditeľného spektra a prepojenie s grafom, ktorý vytvorili v pracovnom liste, určenie vlnovej dĺžky jednotlivých farieb viditeľného spektra, diskusia o tom, čo je to pigment a ako vedci zistili, že existuje farebné spektrum, odvodenie farebnosti asimilačných farbív, zdôvodnenie rôznej farby chlorofylu a a b,
- určenie farby pigmentu z neznámeho (učiteľom predloženého) grafu závislosti absorpcie od vlnovej dĺžky.

#### 3. blok – téma: Rastlinné farbivá

- nastolenie problému – žiaci obdržali text s otázkami, ktorý simuloval situáciu, v ktorej museli vysvetliť rôzne sfarbenie listov, spoločná diskusia žiakov a neskôr aj učiteľa o tom, čo spôsobuje farebnosť listov, ako možno farbivá vyextrahovať (využitie vedomostí o lipochrómoch a hydrochrómoch), čo sa deje s listami na jeseň, atď.,
- návrh predpokladov a postupu na určenie farbív prítomných vo fialových, zelených a žltých listoch, konzultácia s učiteľom k navrhnutým postupom, realizácia extrakcie a delenia farbív, vyhodnotenie a zovšeobecnenie pozorovaní,
- diskusia o význame farbív pre rastliny – fotosyntéza.

#### 4. a 5. blok – téma: Fotosyntéza

- diskusia o význame a priebehu fotosyntézy, o faktoroch, ktoré ovplyvňujú jej priebeh,
- nastolenie problému, ako svetlo a množstvo oxidu uhličitého ovplyvňujú rýchlosť fotosyntézy, tvorba hypotéz, návrh a realizácia experimentov, zaznamenanie údajov, analýza a zovšeobecnenie výsledkov,
- tvorba grafu a diskusia o závislosti rýchlosti fotosyntézy od teploty,
- riešenie problému, ako možno dokázať, či organizmus na obrázku je rastlina alebo živočích (koral),
- zopakovanie podstaty fotosyntézy formou diskusie, s využitím jednoduchšej schémy vysvetlenie procesov fotosyntézy.

#### 6. a 7. blok – téma: Dýchanie

- diskusia zameraná na potrebu energie u človeka a jej získavanie, význame dýchania s dôrazom na bunkové dýchanie, o spôsobe dýchania (získavania energie) človeka, živočíchov a rastlín,
- na príklade kvasenia cesta diskusia o podmienkach a podstate dýchania, pomocou príkladov porovnanie anabolizmu a katabolizmu,
- riešenie problému ako by dokázali, že bunky dýchajú, návrh a realizácia dôkazu (kvasenie), pozorovanie a zovšeobecnenie výsledkov, pozorovanie kvasiniek pod mikroskopom (jednobunkové organizmy),
- riešenie problému, čo ovplyvňuje dýchanie (kvasenie), návrh hypotéz a experimentu, realizácia experimentu, zaznamenanie, analýza a zovšeobecnenie výsledkov,
- vysvetlenie procesov bunkového dýchania, spoločné porovnanie fotosyntézy a dýchania.

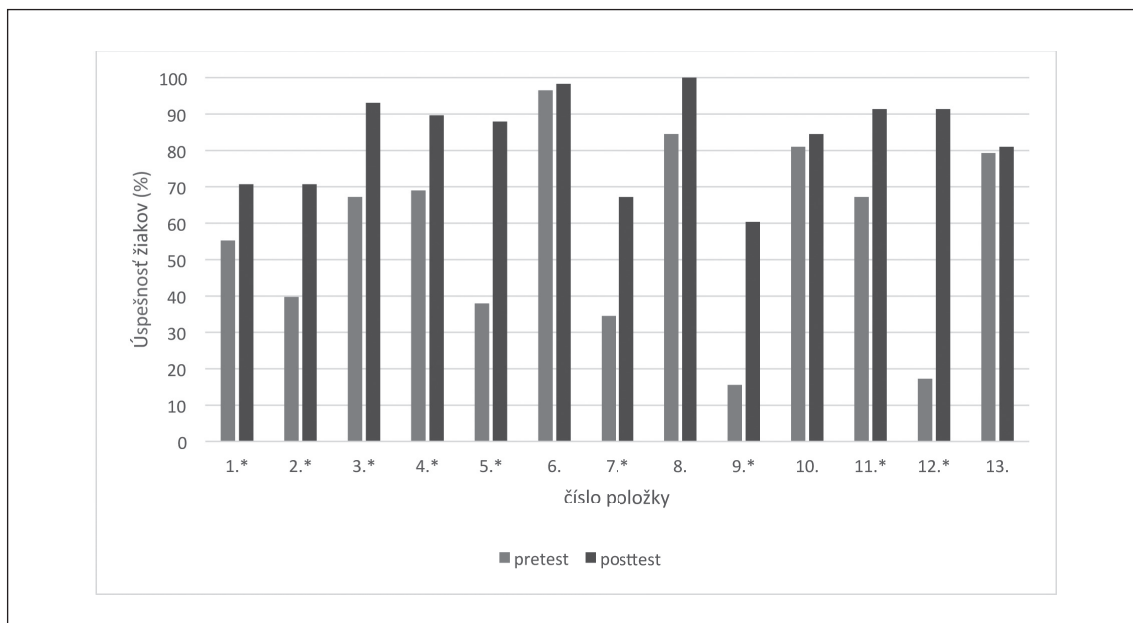
## Výsledky výskumu

V preteste dosiahli žiaci priemerný počet bodov 14,9 a v postteste 21,8. Medián v preteste dosiahol hodnotu 15 a v postteste 23. Pre porovnanie dosiahnutých výsledkov žiakov v preteste a postteste sme využili Studentov párový t-test. Na základe štatistickej analýzy ( $t=-8,926$ ,  $p<0,001$ ) môžeme skonštatovať, že žiaci v postteste dosiahli štatisticky významne lepšie výsledky.

Index úspešnosti jednotlivých položiek pretestu a posttestu je uvedený na grafe 1.

Test obsahoval aj položky, ktoré boli zamerané na rovnaký problém, ale zadanie testovej položky bolo formulované v inej súvislosti. Položky tak zisťovali, či žiaci chápu fotosyntézu a dýchanie rastlín a či nemajú osvojené poznatky len na úrovni reprodukcie, teda tak, ako im boli prezentované. Pri porovnaní odpovedí žiakov sme zistili, že žiaci v postteste riešili štatisticky významne lepšie všetky položky testu, okrem 4 položiek (č. 6, 8, 10, 13). Položky 6 a 8 boli zamerané na význam dýchania. Žiaci v preteste chápali všeobecne dýchanie ako proces, ktorý prebieha nepretržite, nakoľko potrebujeme energiu pre svoj život. Predpokladáme, že tieto vedomosti žiakov vychádzali najmä z ich vlastných skúseností. V položke 10 mali žiaci vybrať schému, ktorá najlepšie reprezentuje proces fotosyntézy. Vybranú schému mali v druhej časti otázky správne slovné popísať. A položka 13 bola zameraná na porovnanie procesov fotosyntézy a dýchania rastlín.

V postteste žiaci významne lepšie riešili položky zamerané na pochopenie dýchania rastlín ako biochemického procesu na úrovni buniek, pri ktorom sa rozkladajú energeticky bohaté látky (glukóza) za prítomnosti kyslíka (oxidácia), pričom sa uvoľňuje energia a vznikajú anorganické (energeticky chudobné) látky. Čo sa týka fotosyntézy, žiaci



Graf 1 Úspešnosť žiakov v jednotlivých položkách pretestu a posttestu.  
\*sú označené štatisticky významné rozdiely

si uvedomili, že fotosyntéza prebieha za prítomnosti slnecnej energie a je to proces premeny svetelnej energie na chemickú, ktorá je uložená v potrave, pričom ako vedľajší produkt vzniká kyslík. Rovnako si žiaci uvedomili faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh fotosyntézy. Domnievame sa, že práve experimentálna činnosť žiakov mohla viesť k eliminácii miskoncepcií žiakov týkajúcich sa najmä podstaty a vzťahu fotosyntézy a dýchania.

Analýzou a porovnaním výsledkov pretestu a posttestu sme znížili frekvenciu nasledovných miskoncepcií u žiakov:

- Dýchanie je reakcia oxidu uhličitého s vodou za vzniku glukózy, kyslíka a energie (pretest – 20 žiakov, posttest – 3 žiaci) – položka 9 (Graf 1).
- Najdôležitejším prínosom zelených rastlín, keď fotosyntetizujú, je odstránenie oxidu uhličitého

zo vzduchu (pretest – 13 žiakov, posttest – 1 žiak) – položka 12 (Graf 1).

- Dýchanie prebieha len v bunkách listov, pretože len listy majú prieduchy pre výmenu plynov (pretest – 15 žiakov, posttest – 3 žiaci) – položka 5 (Graf 1).
- Dýchanie rastlín je chemický proces, ktorým rastliny tvoria potravu z vody a oxidu uhličitého, pretože rastliny prijímajú oxid uhličitý a uvoľňujú kyslík pri dýchaní (pretest – 9 žiakov, posttest – 0 žiakov) – položka 7 (Graf 1).
- Najdôležitejším prínosom zelených rastlín, keď fotosyntetizujú, je produkcia energie, nakoľko fotosyntéza poskytuje energiu pre rast rastlín (pretest – 8 žiakov, posttest – 0 žiakov) – položka 12 (Graf 1).
- Dýchanie rastlín je proces, kedy zelené rastliny využívajú oxid uhličitý a vodu na tvorbu energie, pričom sa tvorí glukóza a kyslík ako

odpadový produkt (pretest - 9 žiakov, posttest - 2 žiaci) – položka 9 (Graf 1).

- Rastliny za prítomnosti slnečnej energie prijímajú kyslík; ten sa využíva pri fotosyntéze, ktorá nepretržite prebieha v zelených rastlinách (pretest - 7 žiaci, posttest - 0 žiakov) – položka 2 (Graf 1).
- Rastliny prijímajú za prítomnosti svetelnej energie v najväčšom množstve kyslík (pretest - 7 žiaci, posttest - 1 žiak) – položka 4 (Graf 1).
- Rastliny vystavené slnečnému svetlu v najväčšom množstve uvoľňujú oxid uhličitý (pretest - 5 žiaci, posttest - 0 žiakov) – položka 1 (Graf 1).
- Rastliny uvoľňujú za neprítomnosti svetelnej energie v najväčšom množstve kyslík (pretest - 8 žiakov, posttest - 3 žiaci) – položka 3 (Graf 1).
- Rastliny za prítomnosti slnečnej energie prijímajú v najväčšom množstve kyslík, ktorý živočíchy potrebujú na dýchanie za prítomnosti slnečnej energie (pretest - 4 žiaci, posttest - 0 žiakov) – položka 2 (Graf 1).
- Fotosyntéza je proces, kedy sa zelený pigment nazývaný chlorofyl zlúči za prítomnosti svetla s oxidom uhličitým, pričom vzniká glukóza a voda (pretest - 4 žiaci, posttest - 0 žiakov) – položka 10 (Graf 1).

V položke 13, ktorá bola zameraná na porovnanie fotosyntézy a dýchania sme zaznamenali v postteste pokles frekvencie úplne správnych odpovedí žiakov (z 21 na 19). Domnievame sa, že tento výsledok mohol byť do určitej miery ovplyvnený nepozornosťou žiakov pri čítaní ponúknutých možností, nakoľko uvedená testová položka bola pomerne rozsiahla a vyžadovala si sústredenie žiakov pri čítaní zadania.

## DISKUSIA A ZÁVER

Každý žiak vníma svet okolo seba inak a má vlastné predstavy o jeho fungovaní. Tieto žiacke chápania sa často dostávajú do interakcie s novými informáciami, ktoré získava v škole, čo môže viesť k nesprávnemu pochopeniu vedeckých konceptov a vzniku miskoncepcií. Pochopenie kedy a akým spôsobom si žiaci vytvárajú miskoncepce umožňuje pedagógom zvoliť vhodné vyučovacie metódy a stratégie s cieľom predchádzať ich vzniku. Z výsledkov mnohých výskumov realizovaných u nás a v zahraničí (napr. Treagust & Haslam, 1986; Osuská & Pupala, 1996; Amir & Tamir, 1990; Özay & Öztaş, 2003; Yenilmez & Tekkaya, 2006; Köse, 2008; Svandova, 2014) je zrejme, že žiaci majú množstvo, často rovnakých, miskoncepcií o fotosyntéze a dýchaní. Podobne ako v týchto štúdiách, aj v rámci nášho výskumu sme zistili, že mnoho žiakov vníma tieto dva procesy len na úrovni výmeny plynov a nie ako komplexné procesy prebiehajúce na bunkovej úrovni. Najviac miskoncepcií mali žiaci pri téme dýchanie, o ktorom tvrdili, že prebieha len cez prieduchy listov. Dýchanie rastlín pravdepodobne chápu analogicky ľudskému dýchaniu, a to konkrétne len ako proces výmeny dýchacích plynov medzi organizmom a prostredím. S rovnakou miskoncepciou sa stretli vo svojich výskumoch aj autori Amir a Tamir (1990) u stredoškolákov a Köse (2008) u študentov učiteľstva. To poukazuje na fakt, že žiaci a študenti na rôznych stupňoch škôl nevnímajú dýchanie ako komplexný biochemický dej, pri ktorom dochádza k premene energie. Táto miskoncepčia je často posilňovaná aj samotnými učiteľmi v priebehu učenia, kedy svoju pozornosť príliš sústreďujú na výmenu plynov (vstupné látky a produkty) medzi rastlinou a prostredím. Žiaci si tiež neuvedomovali, že rastliny dýchajú nepretržite a ich miskoncepce spočívali najmä v tom, že dýchanie a fotosyntéza sú deje, ktoré nemôžu prebiehať naraz. Podobne ako žiaci v zahraničných



štúdiách (Yenilmez & Tekkaya, 2006; Keleş & Kefeli, 2010) sa domnievali, že rastliny dýchajú v noci, keď nemajú k dispozícii svetlo, a naopak, cez deň prebieha fotosyntéza. Tvrdenia žiakov o význame fotosyntézy boli obmedzené len na produkciu kyslíka nevyhnutného pre život človeka. Túto miskoncepciu môžeme identifikovať u študentov rôznych vekových skupín (Treagust & Haslam, 1986; Özay & Öztaş, 2003; Köse, 2008). V rámci nášho výskumu sme v preteste zistili, že pomerne veľký počet žiakov považovalo za najdôležitejší prínos fotosyntézy odstránenie oxidu uhličitého zo vzduchu. Je zrejmé, že žiaci si neuvedomovali dôležitosť premeny svetelnej energie na energiu chemických väzieb.

Na základe výsledkov výskumu sa domnievame, že aplikáciou bádateľsky orientovaného vyučovania môžeme do určitej miery predchádzať vzniku miskonceptí, prípadne eliminovať už osvojené miskonceptie u žiakov. Za kľúčové časti nami realizovaného vyučovania považujeme najmä indukčný prístup založený na riešení konkrétnych problémov experimentálnou prácou žiakov. Model solárnej pece upriamil pozornosť žiakov na slnečné žiarenie ako zdroj energie, ktorá sa môže meniť na iné formy. Následné prepojenie tohto zistenia s tvorbou grafu závislosti absorpcie rastlinných farbív od vlnovej dĺžky a riešením problému ako svetlo ovplyvňuje priebeh fotosyntézy mohlo viesť k lepšiemu porozumeniu žiakov, že fotosyntéza je proces, v ktorom sa premieňa energia a vytvárajú sa energeticky bohaté látky, pričom kyslík vzniká len

ako vedľajší produkt. Fotosyntézu preto chápali nielen ako zdroj kyslíka, ale ako proces premeny svetelnej energie na chemickú. Čo sa týka dýchania, žiaci viac chápali tento proces ako proces prebiehajúci na úrovni buniek, ktorý prebieha neustále nakoľko každá bunka potrebuje energiu pre svoj život. Tento fakt pripisujeme realizácii pokusov s kvasinkami (dôkaz oxidu uhličitého pri kvasení) a pozorovaniu kvasiniek pod mikroskopom. Žiaci v reálnom čase videli, že kvasinky sú jednobunkové organizmy, ktoré tiež dýchajú. Riešením problémov, aké faktory ovplyvňujú priebeh fotosyntézy a dýchania si žiaci viac uvedomili látky, ktoré vstupujú do týchto dvoch procesov, čo mohlo podporiť lepšie rozlišovanie medzi fotosyntézou a dýchaním rastlín. Realizáciou experimentu zameraného na vplyv svetla na priebeh fotosyntézy, žiaci mali možnosť zistiť, že ak rastlina nemá dostatok svetelnej energie prestáva fotosyntetizovať, ale naďalej dýcha. Výsledky výskumu naznačujú, že v rámci vyučovania by sme žiakom mali poskytnúť priestor pre riešenie problémov, realizáciu experimentálnej práce, zber a analýzu dát, interpretáciu zistení a aplikáciu poznatkov tak, aby žiaci mali dostatok času a príležitostí pre konfrontáciu svojich predchádzajúcich vedomostí a predstáv s novými informáciami. Len čo sa nová informácia náležite začlení do predchádzajúcich, dosiahneme podľa Christiansona a Fishera (1999) u žiaka skutočné pochopenie problematiky a novú úroveň biologických vedomostí.

*Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0070.*

#### Literatúra

- AL OLAIMAT, A. M. (2010). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to eleventh-grade students understanding of cellular respiration concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(2), 115-125. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9185-z>
- AKPINAR, E. (2007). The effect of dual situated learning model on students' understanding of photosynthesis and reaapiration concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 6(3), 16-26.

- AMIR, R., & TAMIR, P. (1990). Detailed Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis.
- BADENHORST, E., MAMEDE, S., HARTMAN, N., & SCHMIDT, H. (2014). Exploring lecturers' views of first-year health science students' misconceptions in biomedical domains. *Advances in Health Sciences Education*, 20(2), 403-420. <https://doi.org/10.1007/s10459-014-9535-3>
- BROWN, M. H., & SCHWARTZ, R. S. (2009). Connecting photosynthesis and cellular respiration: Preservice teachers' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(7), 791. <https://doi.org/10.1002/tea.20287>
- ÇAKIR, Ö. S., GEBAN, Ö., & YÜRÜK, N. (2002). Effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of cellular respiration concepts. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 30(4), 239-243. <https://doi.org/10.1002/bmb.2002.494030040095>
- CAÑAL, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception?. *International Journal of Science Education*, 21(4), 363-371. <https://doi.org/10.1080/095006999290598>
- COLEY, J. D., & TANNER, K. D. (2012). Common origins of diverse misconceptions: cognitive principles and the development of biology thinking. *CBE-Life Sciences Education*, 11(3), 209-215. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-06-0074>
- ČIPKOVÁ, E., & DANIŠKOVÁ, M. (2009). Tvorba dvojúrovňových otázok a možnosti ich využitia pri identifikácii alternatívnych koncepcií študentov na príklade tematického celku fyziológia rastlín. *Technology of Education*, 12(1), 14-17.
- GOODING, J., & METZ, B. (2011). From misconceptions to conceptual change. *The Science Teacher*, 78(4), 34.
- HASLAM, F., & TREAGUST, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211. <https://doi.org/10.1080/00219266.1987.9654897>
- HELD, L., ŽOLDOŠOVÁ, K., OROLÍNOVÁ, M., JURICOVÁ, I. & KOTULÁKOVÁ, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania. IBSE v slovenskom kontexte*. Bratislava: Vydavateľstvo TYPI Universitatis Tyrnaviensis.
- CHRISTIANSON, R. G., & FISHER, K. M. (1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21(6), 687-698. <https://doi.org/10.1080/095006999290516>
- KEHOE, J. (1995). Basic item analysis for multiple-choice tests. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(10), 19-36.
- KELEŞ, E., & KEFELI, P. (2010). Determination of student misconceptions in "photosynthesis and respiration" unit and correcting them with the help of cai material. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3111-3118. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.474>
- KÖSE, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283-293.
- KUECH, R., ZOGG, G., ZEEMAN, S., & JOHNSON, M. (2003). Technology Rich Biology Labs: Effects of Misconceptions.
- OSUSKÁ, L., & PUPALA, B. (1996). „To je ako zázrak prírody“: fotosyntéza v žiakovom poňatí. *Pedagogika*, 56(3), 214-223.
- ÖZAY, E., & ÖZTAŞ, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655853>

- SANDERS, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of research in science teaching*, 30(8), 919-934. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300809>
- SKELLY, K. M. (1993). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in science and Mathematics.
- SVANDOVA, K. (2014). Secondary school students' misconceptions about photosynthesis and plant respiration: Preliminary results. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(1), 59-67.
- ŞİMŞEK, P., & KABAPINAR, F. (2010). The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1190-1194. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.170>
- TEKKAYA, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 23, 259-266.
- TREAGUST, D. F., & HASLAM, F. (1986). Evaluating Secondary Students' Misconceptions of Photosynthesis and Respiration in Plants Using a Two-Tier Diagnostic Instrument.
- UŠÁKOVÁ, K., & MATHEOVÁ, K. (1994). Problémové vyučovanie v biológii ako prostriedok didaktickej interpretácie učiva a diagnostikovanie úrovne osvojenia biologických pojmov. *Technológia vzdelávania*, 2(7), 4-7.
- WILSON, C. D., ANDERSON, C. W., HEIDEMANN, M., MERRILL, J. E., MERRITT, B. W., RICHMOND, G., DUNCAN, F. S., & PARKER, J. M. (2006). Assessing students' ability to trace matter in dynamic systems in cell biology. *CBE-Life Sciences Education*, 5(4), 323-331. <https://doi.org/10.1187/cbe.06-02-0142>
- YANGIN, S., SIDEKLI, S., & GOKBULUT, Y. (2014). Prospective teachers' misconceptions about classification of plants and changes in the their miscinceptions during pre-service education. *Journal of Baltic Science Education*, 13(1).
- YENILMEZ, A., & TEKKAYA, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of science Education and Technology*, 15(1), 81-87. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0358-8>