

(*Dionaea*) jasně projevenou dráždivost. Poté, co do pastí vleze hmyz, svými pohyby spustí sklapnutí pastí a další mechanickou stimulací také sekreci trávicích enzymů. Podobný mechanismus předpokládá již Charles Darwin a inspiroval k podrobnějšímu výzkumu svého kolegu Johna Burdona Sandersona, který tento jev poprvé galvanometricky prokázal v r. 1873. Další hojně studovanou rostlinou v oblasti akčních potenciálů je citlivka stydlivá (*Mimosa pudica*), která při mechanickém podráždění listů je rychle sklopí.

Ke změření akčního potenciálu obřích válcovitých buněk řas parožnatka (Charophyta) došlo v r. 1930, dříve než v případě živočišných tkání. V rostlinách lze nalézt i určitou analogii vedení nervového vzru-

chu, již je lýko (floem), které prochází v cévních svazcích celou rostlinou. I když jsme výše nezmiňovali detaily měření potenciálů v živočišných buňkách, k čemuž se používají tenké skleněné kapiláry jako solné mikromůstky a elektrody mikroskopických rozměrů, v případě rostlin lze elegantně zamířit přímo do lýka, které se nachází v centru rostlinných pletiv. A to díky využití mšic! Mšice se umístí na pokusnou rostlinu, nechá se přes noc napíchnout na zdroj své potravy, lýko, následně se její tělo odstraní laserem a její sací ústrojí (stylet) zůstane zabodnuté do lýkové buňky. Nyní již stačí přiložit elektrodu. Elektrická signalizace v rostlinách se podobně jako v živočišných spouští v reakci na celou paleť podnětů – od změn teploty přes mecha-

nické dráždění po napadení a poškození např. herbivory.

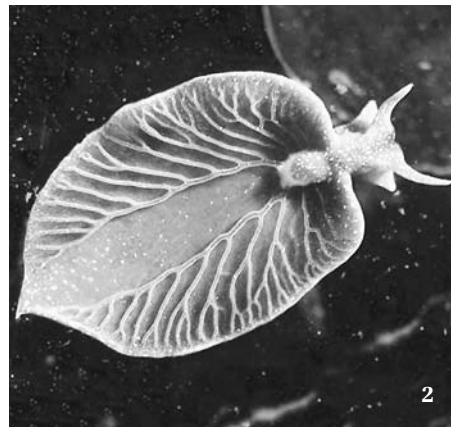
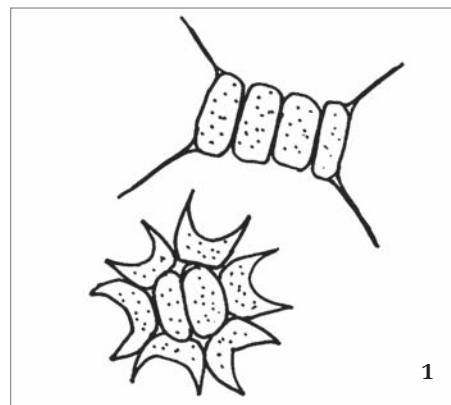
Elektrizující téma potenciálů a jejich změn na membránách buněk je natolik rozsáhlé, že dalece přesahuje omezený rozsah tohoto článku, vydá na učebnice a studují je nesčetné laboratoře po celém světě. Vy k nim můžete proniknout hravě díky simulačnímu programu, o kterém se dozvíte více v pracovním listu přístupném online.

Pracovní listy k výuce a seznam použité literatury najdete na webové stránce Živy. K dalšímu čtení také výukový článek na str. 127–128 této Živy; k tématu viz např. Živa 2014, 2: 57–59 a 2020, 1: 20–22.

Text zadání, řešení a doplňující odkazy uvádíme na webové stránce Živy.

**1** *Scenedesmus* (nahore) a *Pediastrum* jako příklady běžných a známých rodů zelených řas. Společně s dalšími druhy řas a sinic tvoří fytoplankton, který je významným článkem potravních vztahů i v našich vodách. Orig. M. Smyčková

**2** Nahožábrý plž *Elysia chlorotica* je příkladem využití původně rostlinné fotosyntézy – „krade plastidy“ z pohlčené řasy posypanky *Vaucheria litorea*. Pohlčené chloroplasty uvolněné ze strávené řasy mohou přežívat v trávicích buňkách až 9 měsíců (což je často déle, než žije samotná řasa). Je to umožněno horizontálním genovým přenosem některých klíčových genů např. pro syntézu chlorofylu do genomu plže. Převzato z Patrick Krug Cataloging Diversity in the Sacoglossa LifeDesk, v souladu s podmínkami použití



Marie Smyčková

## Světlo ve vodě

Úloha s názvem nadpisu článku byla připravena ve školním roce 2016/2017 pro krajské kolo Biologické olympiády kategorie B. Navazovala na studijní text Budiž světlo! (dostupný na [www.biologickaolympiada.cz](http://www.biologickaolympiada.cz)) a byla zaměřena na fotosyntézu ve vodě a světlo jako jeden z hlavních faktorů, které ji ovlivňují. Skládá se ze tří částí, jež lze řešit i samostatně. Nejprve studenti pozorovali vliv světla na fotosyntetizující vodní rostliny v předem připraveném experimentu. Výsledky pozorování dále rozšířili o ekologické souvislosti na příkladu potravních řetězců a dalších ekologických fenoménů. Ve třetí části úlohy se věnovali fotosyntetizujícím živočichům.

V první, praktické části porovnávali žáci průběh fotosyntézy na světle a ve tmě. Do tří šroubovacích zavařovacích sklenic byl 18–48 hod. předem namáčan roztok z jemně perlivé a neperlivé vody (Rajec, na 600 ml neperlivé vody 70 ml jemně perlivé). Jedna sklenice sloužila jako kontrola, do zbylých dvou byly umístěny 3–4 očištěné a oklepané výhony vodního moru (*Elodea* sp.). Použit můžeme i morovinku (*Egeria* sp.) nebo jinou příbuznou vodní rostlinu. Všechny nádoby byly pevně uzavřeny. Jedna z nádob s rostlinou byla obalena alobalem, aby dovnitř nepronikalo světlo. Druhá nádoba s rostlinou byla alespoň 18 hod. před soutěží i v jejím průběhu nepřetržitě osvětlována lampou. Tento experiment dostali žáci z časových důvodů připravený, ale při práci se studenty bude samozřejmě zajímavější jednotlivé kroky provádět společně. V rámci úlohy pak všichni studenti měří pH ve všech třech sklenicích pomocí indikátoru. V této fázi by bylo ideální použít titraci, případně měření pH metrem, ale postačí i přibližný odhad prostřednictvím experimentu s kapátkem a roztokem acidobazického indikátoru. Ze zvýšení pH v původně kyselé vodě studenti pak odvodí jednotlivé faktory nutné k fotosyn-

téze. Úloha pokračuje myšlenkovým experimentem, zavádějícím do systému živočichy náročné na kyslík, např. blešivce (*Gammarus* sp.).

Vztahům mezi jednotlivými organismy a ekologii obecně se více věnuje druhá část úlohy. Na praktickém příkladu chovných rybníků si studenti dobře uvědomí fungování tzv. potravních kaskád. Snad nejznámější z nich, reintrodukci vlka do národního parku Yellowstone, je pak věnována poslední otázka této části. V řešení a také na webové stránce Živy jsou odkazy na populárně-naučné zdroje s touto tematikou pro rozšíření výuky (video s českými titulky, případně anglické s pracovními listy). Pro zájemce se nabízejí i aktuálnější příklady z našeho území, jako např. přemnožení hrabošů v posledních letech, i k těmto příkladům můžeme nalézt množství volně dostupných zdrojů.

Třetí část věnovaná fotosyntetizujícím živočichům je pokusem skloubit faktografické zaměření podobných soutěží, podpořené nutností odkazovat se na studijní text, s naší snahou ocenit kreativitu studentů při řešení úloh. K úspěšnému dokončení je nezbytné znát alespoň některé fotosyntetizující živočichy (velká část z nich je zmiňována v přípravném textu), zároveň ale je potřeba notná dávka představitosti a odvahy, protože ve výsledném obrázku lze skutečně vidět více různých živočichů. Věřím, že fotosyntetizující plž *Elysia chlorotica* (obr. 2), sršeň *Vespa orientalis*, axolotl skvrnitý (*Ambystoma maculatum*) a další jsou fascinující i pro nepřilíš nadšené přírodovědce a stojí za zmínku v běžných hodinách biologie. Zajímavé video o plži *E. chlorotica* najdete např. na internetovém odkazu umístěném také na webu Živy.

Úloha jistě bude inspirací k propojení různých částí kurikula biologie, doplněného o zajímavosti, nebo bude sloužit jako odrazový můstek pro další rozšiřující praktické úkoly.