

Lahvenka velká, nečekaný obyvatel Prášílského jezera

Mimořádné terénní průzkumy občas přinesou nečekané výsledky. To je i případ nedávného potápěčského výzkumu Prášílského jezera.

text **PETR ZNACHOR, MARTINA ČTVRTLÍKOVÁ**
A **JAROSLAV VRBA**

PRÁŠILSKÉ JEZERO je jedno z pěti ledovcových jezer, která se na našem území nacházejí pouze na Šumavě. S ohledem na polohu ve srážkově bohaté horské oblasti a citlivé podloží všech pět šumavských jezer silně zasáhly kyselé srážky, které v druhé polovině 20. století do malých povodí depovaly emise oxidů síry a dusíku. Ty se sem přenášely atmosférou z celé Evropy, zažívající v té době rozmach průmyslu a zejména tepelných elektráren. V povodí šumavských jezer došlo k dramatickému okyselení povrchových vod. Kvůli tomu jejich pH dosahovalo hodnot menších než 4,5 a z půd se také vymývaly ionty hliníku, toxické pro vodní rostliny a živočichy [4].

Silné okyselení jezerních vod a extrémní koncentrace toxického hliníku způsobily vymizení většiny vyšších organismů a významné ochuzení biologické rozmanitosti šumavských jezer již v sedmdesátých letech minulého století. V té době tvořila jezera součást vojensky střeženého pohraničí komunistického Československa a pro hydrobiology byla jen obtížně dostupná, přesto se změny podařilo zachytit.

Po zpřístupnění Šumavy a vyhlášení národního parku v roce 1991 zahájilo několik vědeckých týmů pravidelný výzkum šumavských jezer. Jejich chemismus v té době již vykazoval známky přirozeného zotavování, a to především díky postupnému odsíření elektráren v celé Evropě a razantní proměně ekonomik postkomunistických zemí. Světově unikátní výzkum v bezzásahových

zónách národního parku mimo jiné ukázal, jak nesmírně pomalá je přirozená obnova vodních ekosystémů narušených člověkem.

ZOTAVOVÁNÍ JEZER

Teprve s mnohaletým zpožděním se začínaly objevovat některé organismy indikující biologické zotavování šumavských jezer [5]. Týmy z Biologického centra AV ČR, Jihočeské univerzity a dalších vědeckých institucí v planktonních sítích znovu nacházejí například drobné planktonní korýše – nejprve se do jezer vrací břichatka jezerní (*Ceriodaphnia quadrangula*), do některých už i hrotnatka průsvitná (*Daphnia longispina*) a další druhy. Ve všech jezerech už se znovu zabydly i larvy citlivějších druhů vodního hmyzu a v posledních letech se do obou Javorských jezer vrátily také ryby.

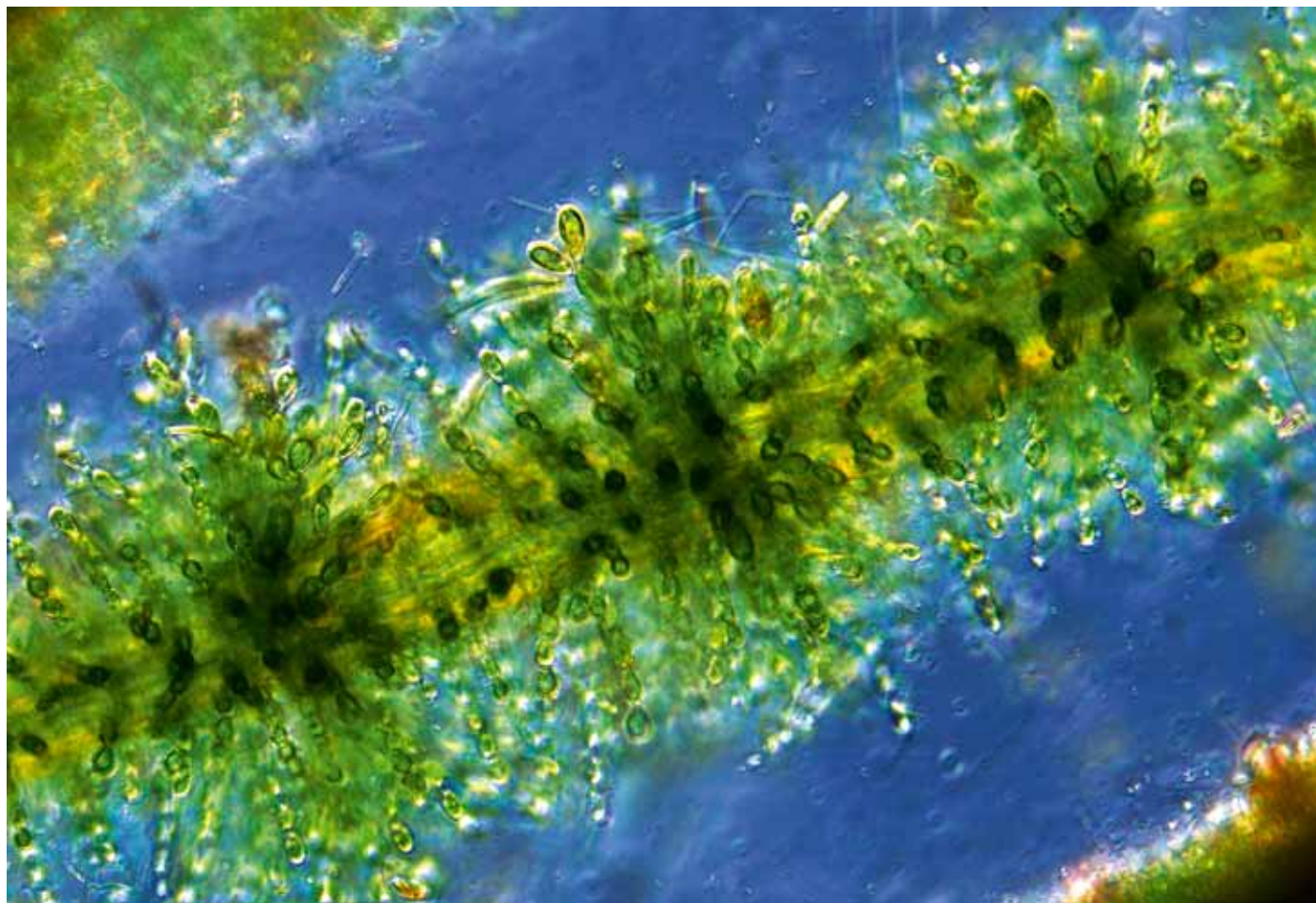
Potápěčské kontroly pravidelně již od roku 2005 potvrzují obnovu rozmnožování jediné naší populace kriticky ohrožené šídlatky ostnovýtrusé (*Isoëtes echinospora*) v Plešném jezeře, zatímco rovněž jediná populace ohrožené šídlatky jezerní (*I. lacustris*) se ani po šedesáti letech acidifikace Černého jezera nedokáže rozmnožovat a přežívá jen v dospělém stavu.

Na dně obou našich šídlatkových jezer se obnovuje ze semenné banky také populace zevaru úzkolistého (*Sparganium angustifolium*), původně považovaného v ČR za vyhynulý druh – na Plešném jezeře se tak děje již od roku 2005 [2], na Černém jezeře až od loňského roku [1]. Naopak třeba dno

Doc. RNDr. PETR ZNACHOR, Ph.D., (*1973) v současnosti pracuje v Hydrobiologickém ústavu Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích a je předsedou České limnologické společnosti. Vystudoval Přírodovědeckou fakultu Jihočeské univerzity. Zabývá se limnologií nádrží a také se věnuje analýze dlouhodobých časových řad s cílem identifikovat změny podmínek prostředí a jejich vliv na fytoplankton.

Mgr. MARTINA ČTVRTLÍKOVÁ, Ph.D., (*1979) působí v Hydrobiologickém ústavu Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích. Vystudovala Přírodovědeckou fakultu Univerzity Palackého v Olomouci. Dlouhodobě se věnuje potápěčskému výzkumu šídlatek v šumavských jezerech. V současnosti se zabývá ekologií vodních makrofyt v jezerech a umělých vodních nádržích.

Prof. RNDr. JAROSLAV VRBA, CSc., (*1958) působí na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity a v Hydrobiologickém ústavu Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích. Vystudoval hydrobiologii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze a od té doby se věnuje výzkumu vodních ekosystémů – především šumavských jezer, údolních nádrží a rybníků. Zabývá se zejména účinky kyselých dešťů a zotavováním jezer z acidifikace, koloběhem fosforu a důsledky eutrofizace.



1. MIKROSKOPICKÝ POHLED na ruduchu rodu *Batrachospermum*. Ačkoli se jedná o červenou řasu, barva v tomto případě příliš neodpovídá.

potápěčské techniky. Přestože se výskyt ponořených vyšších rostlin nepotvrdil, bujný život na dně předčil všechna naše očekávání.

MIKROBIÁLNÍ ZOO NA DNĚ

Dno litorálu místy pokrývaly železité sraženiny s hojnými tmavě zelenými porosty větvených řas, které se vyskytovaly v hloubce do dvou metrů a na volném dně severní části jezera pokrývaly téměř sto procent plochy při výšce porostu pět centimetrů. Při mikroskopickém vyšetření vzorků jsme zjistili, že jde o ruduchy (červené řasy) rodu *Batrachospermum* (obr. 1). Její zapojené porosty hojně osídlily larvy dravých chrostíků druhu *Holocentropus dubius*, kterých bylo až 40 na metr čtvereční. Nad porosty řas i hlouběji nad volným dnem plavou hejna dravých klešťanek, které se živí početným zooplanktonem a hmyzími larvami.

Největším překvapením však byl objev slizových kolonií s výrazným zeleným okrajem, které měřily několik centimetrů (obr. 3). Hojně porůstaly ponořené větve padlých stromů do hloubky dvou metrů. Jde o koloniálního nálevníka druhu *Ophrydium versatile* (lahvenka velká, řád Sessilida, třída Oligohymenophorea, podtřída Peritrichia). Nálevníci (Ciliata) jsou jednobuněčné mikroskopické organismy se složitou stavbou buňky, pokrytou mnoha brvami, které jim umožňují aktivní pohyb v prostředí. Jsou řazení mezi protista, což je značně heterogenní skupina zahrnující široké spektrum eukaryotních organismů, které často nelze zařadit ani mezi živočichy, ani mezi rostliny.

Charakteristickým znakem druhu *Ophrydium versatile* je tvorba nápadných, pouhým okem viditelných slizových kolonií, z nichž největší mohou obsahovat až milion buněk. Samotné buňky lahovitěho tvaru o délce 200 až 300 mikrometrů (obr. 4) jsou schopny se rychle smrštít do kulovité podoby a „buněčná ústa“ se dvěma řadami spirálně uspořádaných brv směřují ven z kolonie. Jednotlivé buňky jsou seřazeny v periferních částech kolonie a zbytek kolonie je tvořen želatinozní matrix, často druhotně kolonizovanou bakteriemi, kokálními i vláknitými sinicemi, rozsivkami a dalšími organismy. Někdy se tyto slizové útvary díky velkému množství doprovodných organismů přirovnávají k mikrobiálnímu zoologickému zahradám.

KOLONIÁLNÍ NÁLEVNÍK

S výskytem tohoto nálevníka v Prášílském jezeře se pojí několik zajímavostí. První z nich je samotná koloniální životní forma. Udává



2. LETECKÝ POHLED na Prášílské jezero, červen 2019. V okolí je dobře patrná přirozená obnova lesa po větrné kalamitě v roce 2007.

Čertova jezera stále zůstává holé bez porostů makroskopických rostlin, které by poskytovaly strukturovaná stanoviště pro bentické živočichy.

Prášílské jezero (obr. 2) bylo ve srovnání s ostatními šumavskými jezery méně okyselené (pH nekleslo pod 4,5) a koncentrace iontového hliníku nikdy nedosahovaly extrémních hodnot. Proto zřejmě dva planktonní korýši, hrotnatka průhledná (*Daphnia*

longispina) a buchanka hlubinná (*Cyclops abyssorum*), okyselení přežili a dnes jsou v Prášílském jezeře mnohem hojnější. Protože se zotavování chemismu i planktonních organismů nyní zrychluje, bylo nasnadě zopakovat také potápěčský průzkum, který v devadesátých letech našel jen neosídlené dno tehdy ještě kyselého Prášílského jezera.

V roce 2019 jsme proto revidovali litorál Prášílského jezera s pomocí přístrojové

se, že z celkového počtu více než sedmi tisíc druhů nálevníků je jen malé procento schopno vytvářet kolonie. Makroskopické slizové kolonie dosahující rozměrů až 15 centimetrů jsou již úplnou výjimkou a představují typický znak odlišující lahvenku velkou od ostatních druhů rodu *Ophrydium*.

Druhou zajímavostí je mixotrofní způsob výživy, kdy je organismus schopen kombinovat výživu heterotrofní a autotrofní. V poslední době se ukazuje, že je u nálevníků mnohem častější, než se dříve myslelo. [3] Buňky lahvenky obsahují velké množství zoochlorel – endosymbiotických řas o průměru 3–5 μm. V každé buňce jich může být až 1200 (obr. 5). Symbiotické řasy jsou odpovědné převážně za tvorbu organických látek pro svého hostitele a jejich přebytek vylučují vně buněk, kde tvoří základní stavební složku slizové kolonie. Živiny (dusík a fosfor) nálevník získává filtrováním vody a chytáním rozptýlených částic, zejména bakterií. V oligotrofních vodách s nízkými koncentracemi rozpuštěných živin je tato životní strategie velmi výhodná, protože bakterie obecně přijímají živiny účinněji a ve svých buňkách shromažďují velká množství fosforu, který se během trávení uvnitř buňky nálevníka stává dostupný pro metabolismus hostitele i jeho řasových endosymbiontů. Protože aktivita zoochlorel závisí na světle, lahvenka osidluje mělké vody, kde je dostatek světla pro řasovou fotosyntézu. Během léta pochází většina asimilovaného uhlíku z fotosyntézy, zatímco v zimě se na celkové výživě organismu více podílí organický uhlík. Vichřicemi vyvrácené smrky, popadané do Prášílského jezera, dnes poskytují lahvence unikátní stanoviště, neboť tvoří členitý a plošně rozsáhlý substrát, který je díky dlouhým kmenům umístěn mimo dosah mechanických disturbancí (vln a ledu) v blízkosti břehů nebo těsně pod hladinou. Lahvenka tak může porůstat koruny potopených smrků daleko od břehu v hloubkách 0,5–2 metry, v nichž je dostatek světla pro řasové endosymbionty, dostatečný přísun potravy z pelagiálu jezera a zároveň malá pravděpodobnost mechanických disturbancí.

Systematický přehled lokalit s výskytem tohoto nálevníka nelze v odborné literatuře ani na internetu jednoduše dohledat. Jeden z prvních popisů jeho výskytu zahrnující i barevné fotografie byl publikován již v roce 1965. [6] Autoři pomocí potápěčského průzkumu našli lahvenky velké v několika jezerech a tůních v Minnesotě, kde se pH vody pohybovalo v rozsahu od 5,8 do 8,5. Výsledkem byl detailní popis slizových kolonií i životního cyklu zahrnující kromě přisedlých (sesilních) fází i stádium telotrocha – jedince volně se pohybujícího ve vodě. Současný výzkum naznačuje, že *Ophrydium versatile* je indikátorem vysoké kvality vody a vyskytuje se převážně v čistých mělkých jezerech a tůních Severní a Jižní Ameriky

Snímek Martina Čtvrtlíkové



3. PODVODNÍ ZÁBĚRY na několik centimetrů velké slizové kolonie porůstající ponořené větve smrků.

a v mírném pásmu Evropy. Nedávno byl výskyt tohoto druhu potvrzen také v jižní Africe, kde porůstal kameny v pomalu tekoucí, mělké a čisté řece Lephalala. Ze střední Evropy je doložen nálezy z tůní a jezer v horním Rakousku, Bavorsku a Polsku.

NÁLEZY SPÍŠE VZÁCNÉ

Ačkoli je velmi těžké přehlédnout velké slizové kolonie, jsou nálezy tohoto zajímavého organismu spíše sporadické. Autoři publikovaných studií často uvádějí možnou záměnu za jiné organismy schopné vytvářet slizové kolonie ve vodním prostředí, například sinice rodu *Nostoc* či *Aphanothece* nebo koloniální řasy rodu *Tetraspora*. Nezkoušený nálezce může lahvenku považovat i za úplně jiné organismy, například vajíčka ryb či obojživelníků, případně některé mechovky, zejména invazní bochnatku americkou (*Pectinatella magnifica*), která se v poslední době vyskytuje hojně například na Lipně nebo v některých treboňských rybnících. Hlavní příčina nedostatku doložených nálezů na území České republiky je ale zřejmě jiná. Lahvenka porůstá vodní vegetaci či osidluje ponořené povrchy v mělkých a čistých vodách. Tyto lokality se u nás vyskytují jen v omezeném počtu a většinou nejsou pravidelně hydrobiologicky sledovány. Navíc klasický hydrobiologický monitoring stojatých vod je zaměřen spíše na planktonní společenstva, a proto řada organismů porůstající ponořené povrchy uniká naší pozornosti.

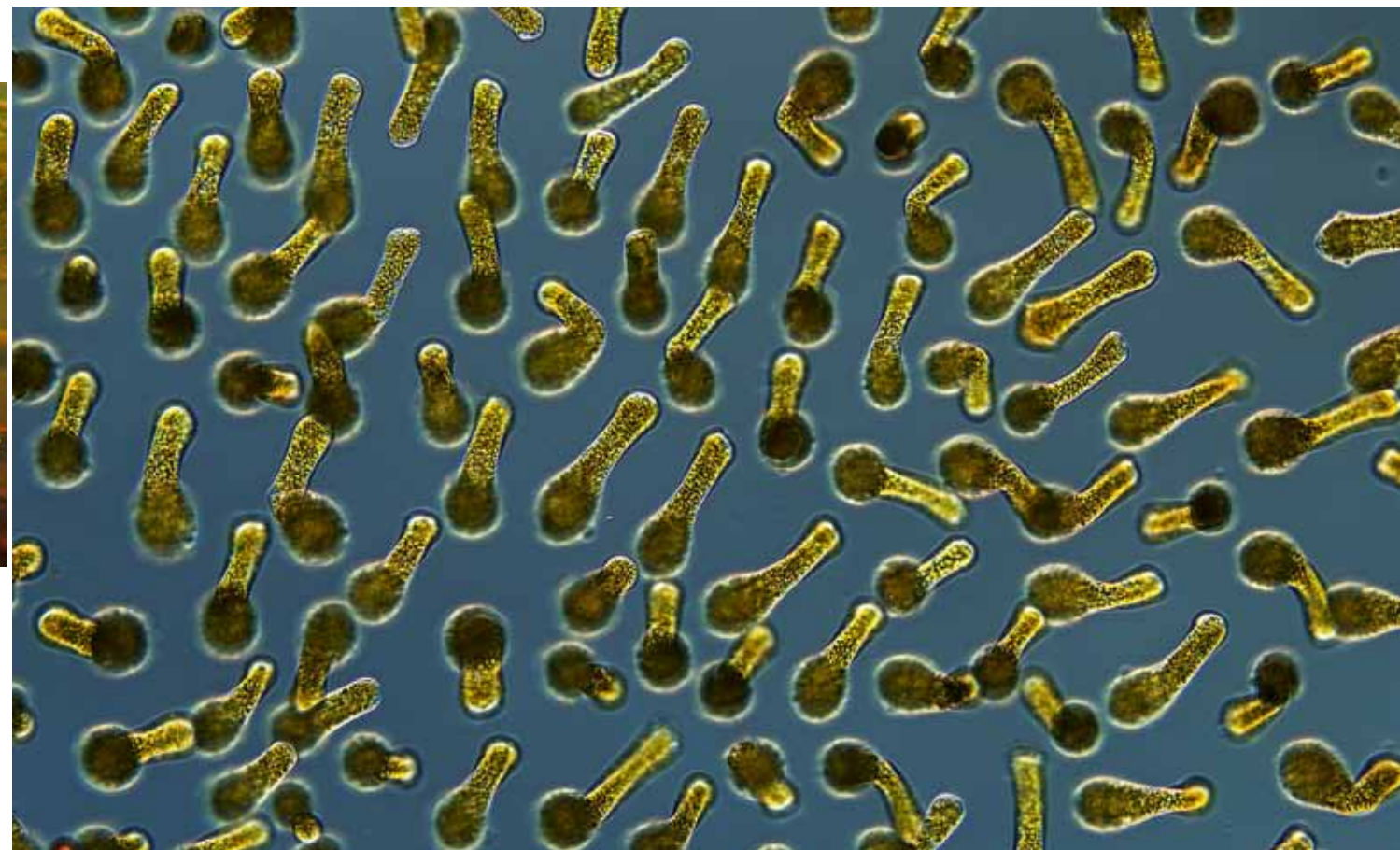
I přesto se nám podařilo shromáždit několik případů výskytu lahvenky velké, které můžeme považovat za prokázané. V červnu 2011 šlo podle přesvědčivé fotodokumentace o kolonii tohoto nálevníka ve dvou čistých rybnících nedaleko Krásna ve Slavkovském lese. Do let 2009 a 2015 se datují nálezy ze slepého ramene Orlice u Hradce Králové a z tůně nedaleko Jablonného v Podještědí.

Další prokázaný výskyt pochází z tůní u písčiny Cep v jižních Čechách. Tyto nálezy potvrzují, že lahvenka velká není v České republice úplnou vzácností, nicméně jde o neobvyklý organismus s omezeným počtem potenciálních lokalit. Příklad tohoto nálevníka ukazuje, že naše znalosti o biogeografii protist jsou zatím stále jen velmi útržkovité a pro jejich rozšíření je zapotřebí důkladný a systematický mnohooborový výzkum.

V případě šumavských jezer jde o první dobře zdokumentovaný nález svého druhu, který potvrzuje postupné zotavování jezer z acidifikace. Přestože jsou kolonie tohoto zajímavého organismu schopny porůstat nejrůznější povrchy, v případě Prášílského jezera se vyskytovaly výhradně na ponořených větvích padlých smrků, které tak tvořily významný strukturální prvek litorálního společenstva. Naše nálezy ukazují překvapivě souvislosti a podtrhují jednak význam bezzásahového managementu uschlých smrkových porostů pro spontánní přírodní procesy vedoucí ke kolonizaci příbřežních jezerních zón novými organismy, ale i oprávněnost zákazu koupání v šumavských jezerech. ●

K dalšímu čtení...

- [1] Čtvrtlíková, nepublikováno.
- [2] Čtvrtlíková M., Znachor P., Vrba J.: The effect of temperature on the phenology of germination of *Isoëtes lacustris*. *Preslia* 86, 279–292, 2014.
- [3] Esteban G. F., Fenchel T., Finlay B. J.: Mixotrophy in ciliates. *Protist* 161, 621–641, 2010.
- [4] Kopáček J.: Vody i lesy Šumavy se zotavují. *Vesmír* 97, 52, 2018/1.
- [5] Vrba J. et al.: Constraints on the biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acid stress. *Freshwater Biology* 61, 376–395, 2016.
- [6] Winkler R. H., Corliss J. O.: Notes of the rarely described, green colonial protozoan *Ophrydium versatile* (O.F.M.) (Ciliophora, Peritrichida). *Transaction of the American Microscopical Society* 84, 127–137, 1965.



Snímek Petr Znachor



Snímek Petr Znachor

4. MIKROSKOPICKÝ POHLED na buňky nálevníka *Ophrydium versatile*.
5. DETAILNÍ POHLED na buňky nálevníka *Ophrydium versatile* s četnými endosymbiotickými řasami.