

Jak poznat bělásku jižního

Bělásek jižní je velmi podobný běláskovi řepovému (*P. rapae*), který patří k nejrozšířenějším motýlům ČR vůbec. Tak nějak všichni proto předpokládali, že všudypřítomní bělásci jsou bělásci řepoví a b. řepkovi (*P. napi*). Rozlišení těchto dvou (resp. tří) druhů není zcela banální, samce je potřeba opravdu důkladně prohlédnout, na samičích jsou znaky výraznější. Navíc se tyto druhy liší v jarní a letní generaci. Motýli jarní generace bývají obecně tmavší, s výraznějšími znaky. Skvrna ve špičce předního křídla (apexu) je v případě bělásky jižního prodloužena po jeho vnějším okraji a vrací se zpět v okolí každé žilky, u samic často dochází až ke spojení se skvrnou uprostřed křídla. Výběžek apikální skvrny na okraji křídla je níže než horní okraj skvrny uprostřed křídla. Pokud je tak protažena apikální skvrna u bělásky řepové-

ho, nikdy nedochází k jejímu protažení okolo žilek a často bývá oddělena od okraje křídla na úrovni trásní bílou barvou. Skvrny na křídlech bělásky jižního jsou vždy nápadně hranaté, u samic je skvrna protažená v cípech. U samců je to patrné jen u jarní generace, u letních generací samce rozlišíme podle tvaru skvrn. Jednoznačná determinace je na základě struktury žilek v apexu, kdy žilka jdoucí do špičky křídla je v případě bělásky řepového vždy výrazně rozvětvená, zatímco u b. jižního má větvení nevýrazné, na první pohled nezjistitelné. I u letních generací mají obě pohlaví bělásky jižního tmavě poprášený skoro celý rub zadního křídla (zvláště okolo žilek), b. řepový má poprášený pouze kořen křídla. Zhruba se dá říci, že tvarem křídel a jejich lícem bělásek jižní připomíná spíše b. řepkového, zatímco rubem b. řepového.

Pozorujme bělásky

Bělásek jižní už bude rozšířenější, než ukazují stávající nálezy, a proto prosím, sledujte bělásky. Všechny nálezy doložené fotografií lze zadat do databáze iNaturalist, do níž můžete údaje vkládat i pouze jako rod, kdy se na dalším určení podílejí jiní uživatelé této aplikace. V případě nejisté determinace lze oslovit entomologa, včetně autora tohoto článku. Spolehlivě určené záznamy se dají zadávat i přímo do Nálevkové databáze ochrany přírody (NDOP, viz také Živa 2024, 2: L–LI; 3: XCVIII–XCIX). A pěstujete-li na zahradě iberky, pak se stačí dívat a fotografovat. Je vysoce pravděpodobné, že minimálně v oblastech s menší nadmořskou výškou se u nás bělásek jižní vyskytuje již plošně, jen o tom zatím nevíme.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

Jakub Žák, Milan Vrtílek, Radim Blažek, Matej Polachik

Laboratorní ryby z vysychajících tůní 5. Standardizace a manipulace podmínek

Důležitost anuálních halančíků v oblastech biomedicíny a evoluční ekologie stále roste. Má-li tento modelový organismus být správně a efektivně využíván, je nutné detailně znát jeho biologii, mít dokonale zvládnutý laboratorní chov a správně identifikovat potenciální příznaky související nejen se stárnutím. Jen vhodné podmínky zajistí stabilní přežívání pokusných ryb, dostatečné rozmnožování a kontinuitu chovu pokusného organismu, a především uspokojivou opakovatelnost provedených experimentů. To vše jsou oblasti, k jejichž poznání dlouhodobě přispíváme a jsou tématem závěrečné části našeho seriálu.

Laboratorní prostředí se diametrálně liší od přirozených podmínek života anuálních halančíků, tedy periodicky vysychajících tůní (Živa 2013, 6: 289–293). V zajetí je třeba najít kompromis mezi simulováním podmínek v přírodě a tím, čeho lze

prakticky dosáhnout a dlouhodobě udržovat, ať již z pohledu lidských zdrojů, materiálního vybavení, nebo financování. Často je navíc studium základních biologických vlastností modelového organismu upozaděno a předběhne ho řešení „velké

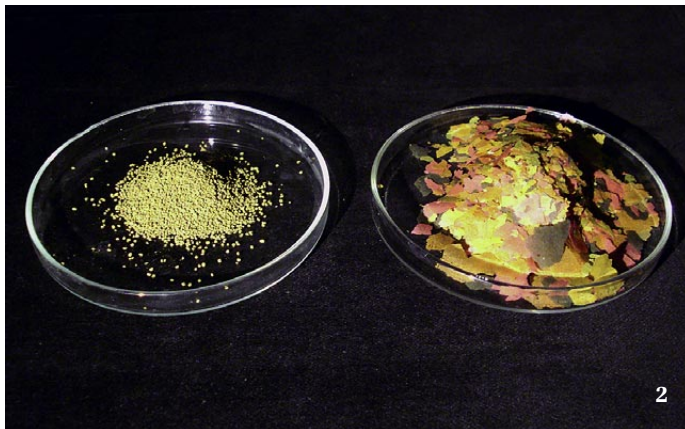
vědecké otázky“. Fungující (i když ne nutně dokonalé) chovné postupy tak mnohdy přetrvávají, aniž by je někdo zpochybňoval. Do jaké míry potom ale takové výsledky odpovídají realitě? Jak moc jsou zkresleny nedokonalostmi v diagnostice, chovu či interpretaci?

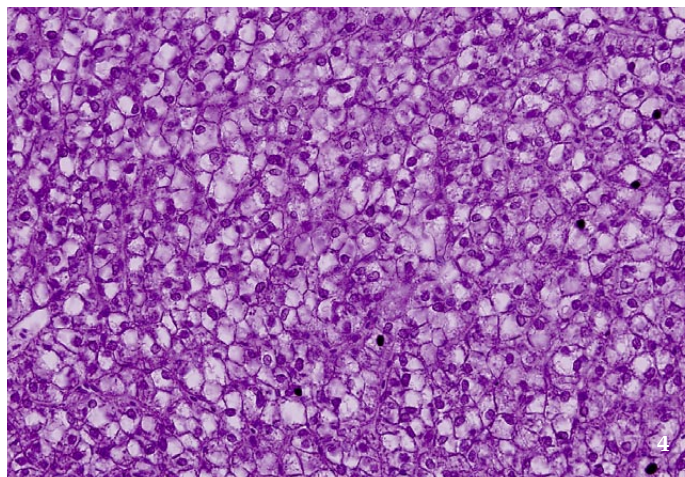
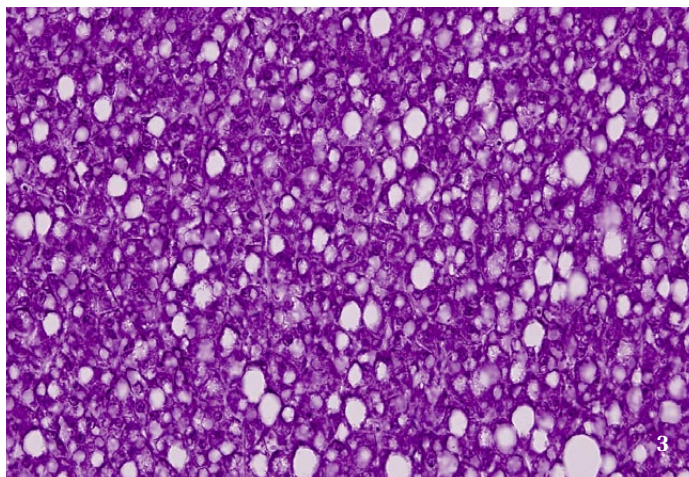
Standardizace krmiva

Je trochu s podivem, že studium nutričních požadavků modelových organismů stále stojí stranou vědeckého zájmu. Většina modelových organismů, kromě hlodavců, dodnes totiž nemá zcela standardizovanou laboratorní potravu. A to i přesto, že potrava určuje trajektorii životních dějů a unifikovaná standardizovaná potrava je zásadní pro opakovatelnost experimentů mezi různými laboratořemi. Zaměříme-li se na ryby, relativně malý zájem o standardizaci potravy v základním biologickém

1 Porce rozmražených larev pakomárů (Chironomidae) pro krmení anuálních halančíků. Na tomto krmivu halančíci dobře prospívají, ale zároveň skýtá řadu rizik, jako např. zavlečení patogenů do chovu. Navíc je náročnější na skladování a přípravu než suché krmivo.

2 Příklady suchého krmiva přijímaného halančíky. Anuální halančíci nejsou vybíraví a konzumují širokou paletu suchých krmiv – peletky (granule) jsou o něco vhodnější než vločkové krmivo, ale ani vločkové krmivo neodmítají. Foto J. Žák (obr. 1 a 2)





výzkumu je v přímém kontrastu s pozorností zaměřenou na druhy chované v akvakultuře, tedy k produkci masa v potravinářství. Díky úsilí věnovanému optimalizaci potravy s cílem dosažení ideálních přírůstků lze z postupů v akvakultuře v mnohém čerpat inspiraci i pro laboratorní chovy.

Anuální halančíci figurují jako slibný modelový organismus především při výzkumu stárnutí již po dvě desetiletí. Do nedávna byli v dospělosti krmeni pouze živými nebo rozmraženými larvami pakomárů rodu *Chironomus* (patentkami, obr. 1). S touto potravou se však pojí rizika nákazy i znečištění (organického nebo těžkými kovy). Tyto problémy lze částečně vyřešit sterilizací (gama ozařováním) a také nákupem larev kultivovaných v zajetí. Přesto se ale nevyhneme proměnlivé kvalitě, resp. výživové hodnotě larev. Dlouhodobě se soudilo, že halančíci nebudou přijímat náhradu tohoto živého, případně rozmraženého krmiva, jako jsou v akvaristice a v akvakultuře používané suché vločky a granule. K této představě přispívá i to, že ji jak mladé, tak dospělé ryby prvních několik dní opravdu odmítají a konzumují neochotně a je nutné je dočasně přikrmovat patentkami. Po několikadenním adaptačním období lze ovšem halančíky krmit už pouze suchou potravou (Žák a kol. 2020). Použití suchého krmiva má ale zatím své nedostatky, jako třeba produkci méně kvalitních gamet nebo častější výskyt kosterních deformit. Z dlouhodobého hlediska však suché krmivo umožňuje vyhnout se všem rizikům spojeným s larvami pakomárů, což je výhodné zejména v chovech se striktními zootechnickými opatřeními. Navíc se jednoduše skladuje, je okamžitě připraveno k použití bez nutnosti rozmrazování a můžeme snadno hlídat krmné dávky. Proto je třeba se nadále věnovat optimalizaci vhodného složení suché potravy.

Co se týká receptury suchého krmiva, nejsou halančíci až tak vybíraví (obr. 2). Z naší zkušenosti vyplývá, že krmiva s obsahem proteinů nad 40 % v sušině jsou halančíky konzumována beze zbytku. Vhodná komerčně dostupná suchá krmiva lze najít mezi evropskými producenty pro akvakulturu, kde jsou receptury vyladěny pro dobré prospívání ryb, což nelze říci o všech akvaristických krmivech. Jelikož jsou krmiva využívána v akvakultuře určena pro produkci organismů k lidské konzumaci, není třeba se obávat ani nežádoucích látek v podobě steroidů, toxinů nebo

těžkých kovů. Konečně lze pro experimenty manipulovat složení potravy, což bylo v případě patentek nemyslitelné. Můžeme tedy studovat nutriční nároky halančíků a postupně se dostat k optimalizované a standardní dietě. Navíc se tím otevírají brány ke studiu vlivu cílených dietárních intervencí na proces stárnutí.

Opravdu ztučnělá játra?

Dieta zásadně ovlivňuje velikost některých orgánů. Játra hrají důležitou roli pro metabolické zpracování potravy. Zjistili jsme, že samci halančíků krmení výhradně larvami pakomárů mají výrazně zvětšená játra v porovnání se samci na peletizované dietě s vysokým obsahem proteinů. Velikost jater divokých samců a samců krmených vysokoproteinovými peletami je pak téměř shodná. Podobný efekt jsme nepozorovali u samic, u kterých, zdá se, nemá dieta na velikost jater tak zásadní vliv. To může mít spojitost s většími energetickými nároky na produkci jiker, než je tomu v případě spermií samců. Lze ale shrnout, že krmení patentkami samcům halančíků v zajetí způsobuje zvětšení jater. Otázkou zůstává, jaké to má konkrétní dopady.

Studium histologie přineslo ještě jedno překvapení. Játra mají mimo jiné zásobní funkci, kdy se ve vakuolách buněk (hepatocytů) ukládají zásobní látky. Nadměrná akumulace lipidů v játrech (označovaná jako steatóza) byla dlouho považována za jeden z markerů stárnutí u halančíků. Kromě lipidů se může ukládat ale i glykogen, což lze odlišit při histologickém vyšetření podle tvaru vakuol u hepatocytech. Ukládání lipidů vede obvykle k tvorbě kulatých vakuol, zatímco glykogen tvoří až nepravidelnou trámčinu, často s rovnými neokrouhlými okraji (obr. 3 a 4). Rozlišení těchto dvou typů vakuol je poměrně zásadní, protože obsahují metabolicky zcela odlišné látky. Do r. 2020 považovala většina prací zaměřených na stárnutí hepatocytové vakuoly za lipidové, a to i přes jasné morfologické ukazatele glykogenní vakuolizace. Při srovnání ryb krmených patentkami a suchou potravou vyplývá, že typ vakuolizace souvisí s dietou. Ryby krmené larvami pakomárů měly téměř beze zbytku glykogenní typ jaterních vakuol, zatímco ryby krmené suchým krmivem s vysokým obsahem lipidů a proteinů měly převážně lipidový typ. Pro srovnání, halančíci ve volné přírodě mají nejčastěji glykogenní typ vakuol a míra vakuolizace je i u divokých a mla-

3 až 6 Histologie jater halančíka tyrkysového (*Nothobranchius furzeri*). Okrouhlé vakuoly lipidové vakuolizace hepatocytů (obr. 3), glykogenní vakuolizace hepatocytů s nepravidelnými tvary vakuol (4). Rozdílné formy ukládání zásobních látek v játrech souvisejí se složením potravy. Léze v játrech dříve považované za nádorové bujení (5) a potvrzení, že nejde o nádor, ale o infekci. Semiseriální řez na stejném místě obarvený specifickým barvivem prokazujícím přítomnost bakterií (červeno-fialové) jakožto původce léze (6). Foto I. Dyková a J. Žák (obr. 3–6)

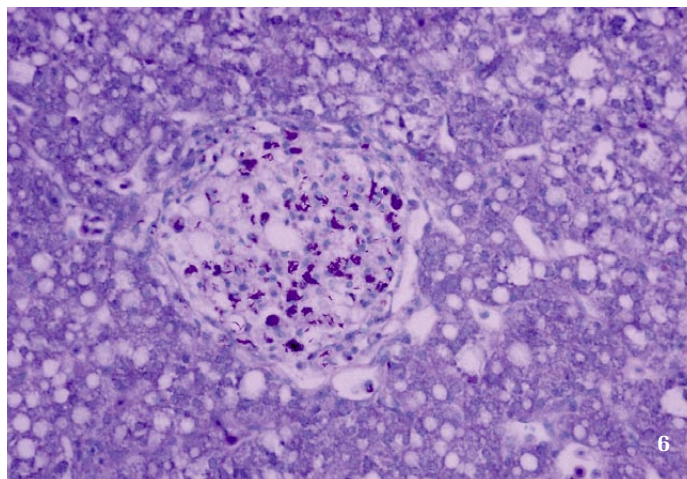
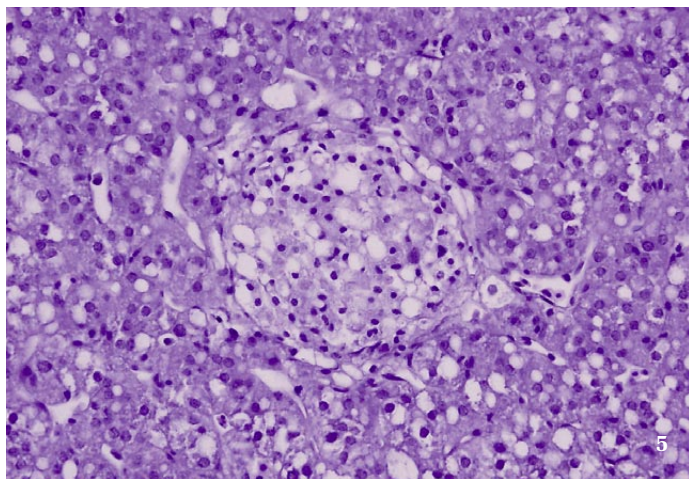
7 Nákaza netuberkulózními mykobakteriemi (*Mycobacterium* sp.) způsobuje u anuálních halančíků mimo jiné selhání plynového měchýře. Postižená ryba (označena) se poté udrží ve vodním sloupci pouze s vynaložením velkého množství energie na aktivní plavání a většinu času polehává na dně. Foto M. Vrtílek

8 Rozplavaný potěr anuálních halančíků (24 hodin po vylíhnutí) již přijímá potravu. V chovu jde o nauplia zábronožky solné (*Artemia salina*), jejichž oranžové zbarvení zde prosvítá přes tělní stěnu ryb. Foto R. Blažek

dých ryb poměrně vysoká, což znamená, že nemusí jít o projev stárnutí, jak se dříve předpokládalo.

Pseudonádory

Předpokládalo se také, že halančíci kvůli své krátkověkosti neinvestují tolik do opravných buněčných mechanismů a imunity. V minulosti byly u nich v různých orgánech pozorovány novotvary, které byly interpretovány jako nádory a s věkem nabývaly na četnosti. Některé práce uvádějí, že více než tři čtvrtiny jedinců halančíka tyrkysového (*Nothobranchius furzeri*) se ve svém životě nevyhnou nádorovému bujení (Di Cicco a kol. 2011). To je překvapivě vysoké číslo, protože u ostatních organismů je tato prevalence několiknásobně nižší, s výjimkou laboratorních mutantních linií (Hochberg a Noble 2017). Při pozdějším zkoumání se však ukázalo, že nemusí jít vždy o spontánní nádorové bujení. Vysvětlení vysoké prevalence „nádorů“ u halančíka tyrkysového spočívá v záměně granulomatózních lézí za nádory. Ty vznikají jako imunitní reakce na bakteriální infekci.



Granulomatózní léze nejsou jasně odděleny od okolní tkáně a mají difuznější charakter, než je tomu u klasických solidních nádorů (obr. 5 a 6). Podrobnější zkoumání lézí podezřelých z nádorového bujení v ledvinách a játrech halančíků ukázalo, že neproliferují buňky tkáně zasažených orgánů, ale lokálně se zde ve zvětšené míře vyskytují jedny z imunitních buněk – makrofágy (Dyková a kol. 2021a). Původ těchto lézí byl přesvědčivě odhalen použitím rutinní histologické diagnostiky pozitivní na tyčinkovité bakterie. Molekulární metody později potvrdily přítomnost netuberkulózních bakterií rodu *Mycobacterium*. Halančíci tedy netrpěli rakovinou, ale bojovali s infekcí. To není nic unikátního, neboť granulomatózní léze byly již velmi dobře popsány u celé řady jiných ryb populárních v laboratorním výzkumu, jako je třeba medaka japonská (*Oryzias latipes*) nebo dánío pruhované (*Danio rerio*). Po tomto odhalení se publikace s „karcinomy“ halančíků přestaly objevovat. Halančíci tedy i přes rychlé stárnutí zjevně netrpí na nádorová bujení více než jiné organismy. Kdyby byly výsledky dřívějších studií konzultovány s histopatology, nemusel se výzkum halančíků dostat do slepé uličky chybných histopatologických diagnóz.

Souvislost mykobakterií a selhání plynového měchýře

Nákaza netuberkulózními mykobakteriemi je mezi rybami chovanými v zajetí velmi rozšířená. Setkáme se s nimi běžně u více než 50 % prodáváných akvarijních ryb. Často způsobují chronická onemocnění,

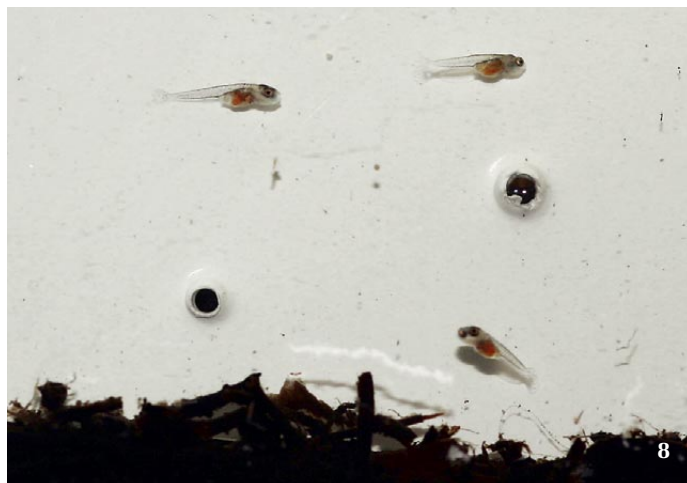
kteřá nemusejí končit přímo masovým úhynem nakažených jedinců. U některých druhů se onemocnění nikdy neprojeví. Halančíci rodu *Nothobranchius* naproti tomu patří mezi druhy citlivé a kromě mortality se u nich onemocnění, nejviditelněji projevuje selháním plynového měchýře (Dyková a kol. 2021b). Nákaza bakterií *Mycobacterium* sp. mimo jiné způsobí postupné vyplnění plynového měchýře směsí odumřelých buněk, bakterií a bílých krvinek. Nakažená ryba ztrácí schopnost vznášet se ve vodním sloupci a pokud přestane aktivně plavat, rychle padá ke dnu (obr. 7). Pohybuje se pomocí poskoků po dně, odtud pochází běžné akvaristické označení „skokan“. Po několika dnech až týdnech umírá.

Pro efektivní chov bylo nutné se zbavit původce onemocnění. Jelikož ryby vykazovaly symptomy nákazy již zhruba týden po vylíhnutí, zaměřili jsme se na důkladnou sanitaci chovných nádrží a na jikry. Jikry halančíků lze povrchově sterilizovat bez negativních dopadů na embryo uvnitř. Provedli jsme pokus, kdy jsme jikry vylíhli přímo z rašeliny, bez sterilizace, a další skupinu jsme vylíhli z jiker, které jsme z rašeliny vybrali a povrchově dezinfikovali v roztoku kyseliny peroctové a poté ve sterilní vodě před finální inkubací. Ukázalo se, že dezinfekce snížila prevalenci „skokanů“ o více než 75 %. Časem bylo možno výrazně snížit výskyt takto postižených ryb a výše zmíněných pseudonádorů, což vedlo i k prodloužení průměrné délky dožití. Šlo tedy o krok, který významně zlepšil podmínky chovu halančíků.

Jak rozplavat halančíka?

Jak již bylo zmíněno, halančíci si musejí po vylíhnutí naplnit plynový měchýř, aby byli schopni plavat ve vodním sloupci (obr. 8). Nejčastější dva mechanismy, jak toho ryby obecně dosahují, jsou polknutí vzduchové bublinky z hladiny (skupina označovaná jako Physostomi) nebo naplnění pomocí žlázy sekretující plyn (Physoclisti). První skupina ryb má zachované spojení plynového měchýře s jícnem, kudy může podle potřeby procházet vzduch. O mechanismu plnění plynového měchýře anuálních halančíků se vědělo jen velmi málo. Čerstvě po vylíhnutí ještě nedokážou plavat ve vodním sloupci a snaží se dostat k hladině, což naznačovalo, že si chtějí polknout bublinu vzduchu.

Provedli jsme tedy pokus, kdy jsme halančíky vylíhli ve dvou skupinách. První měla přístup k hladině a druhé jsme přístup k hladině zamezili. Tyto dvě skupiny jsme ještě rozdělili na poloviny, jednu kontrolní a ke druhé jsme přidali komerčně dostupnou tabletu využívanou v akvaristice ke zvýšení koncentrace rozpustného kyslíku ve vodě ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$). Zjistili jsme, že přístup k hladině nehráje roli v naplnění plynového měchýře halančíků. Zásadní se ukázala nasycenost vody kyslíkem, protože v porovnání se skupinou bez tablety se více než 75 % rybek rozplavalo (Žák a kol. 2023). To nepřímo dokázalo, že anuální halančíci nepolykají vzduch, kterým by plnili plynový měchýř. Navíc při důkladném histologickém vyšetření neexistoval ani náznak propojení plynového měchýře s jícnem. Naopak byla silně patrná žláza sekretující plyn v plynovém



měchýři. Halančáci jsou tedy pro naplnění plynového měchýře závislí na množství kyslíku rozpuštěného ve vodě.

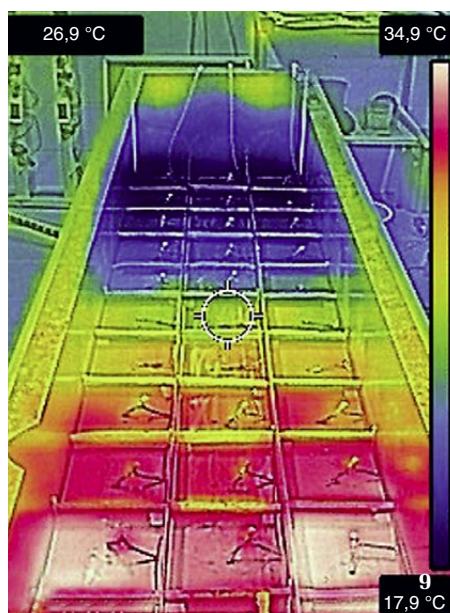
Konstantní, nebo oscilující teplota

Halančiči jsou ektotermní živočichové, což znamená, že teplota jejich těla se odvíjí od okolního prostředí. Teplota těla má zásadní roli v metabolických procesech, které se následně promítají do celkového fungování organismu, tedy do imunity, růstu, reprodukce i stárnutí. Ektotermní organismy však nejsou zcela pasivní vůči teplotě okolí a jsou schopny ovlivnit teplotu svého těla pomocí behaviorální termoregulace. Ve vodním prostředí stačí sloupec 15 cm k tomu, aby došlo k teplotní stratifikaci, kdy chladná voda je na dně a teplejší voda u hladiny. Rozdíl teploty mezi hladinou a dnem halančičových tůní v Africe tak obvykle činí 5–10 °C. V řadě oblastí výskytu rodu *Nothobranchius* se spolu vyskytuje skupina víceméně podobných druhů a teplotní stratifikace by teoreticky mohla poskytnout prostor pro druhově specifickou termoregulaci, která by snížila mezidruhovou kompetici. Teplotní preferenci tří koexistujících druhů (*N. furzeri*, *N. orthonotus* a *N. pienaar*) jsme otestovali v laboratorním horizontálním gradientu (obr. 9). Jejich termální niky byly však nakonec velmi podobné a všechny tři druhy preferovaly široké rozmezí teplot 20–30 °C (Žák a kol. 2018). Ukazuje se tak, že teplota představuje spíše stresový faktor než zdroj, o který by halančiči soupeřili (Gvoždík 2018). Z výsledků práce je navíc patrné, že výše uvedené mosambické halančičky lze bez obtíží chovat v rozmezí teplot 20–30 °C.

Experimentální studie v zajetí využívají z praktických důvodů konstantní teplotu, což nemusí být pro tyto ryby nejvhodnější. Divocí anuální halančici v žádném případě nežíjí ve stabilních teplotních podmínkách. Teplota je rozdílná jak mezi hladinou a dnem tůň, tak i během dne a noci (osciluje cirkadiánně). Znalost preferovaných teplot halančíků a teplotních podmínek jejich prostředí nám umožnila realisticky simulovat vliv přirozené teplotní fluktuace. Experiment založený na 24hodinové oscilaci teploty mezi 20 a 34 °C ukázal, že ryby držené v oscilující teplotě se dožívaly vyššího věku, dosahovaly vyšší plodnosti (relativně k velikosti těla), ale dorostly menší konečné velikosti. Zdá se tedy, že klasická laboratorní praxe, kdy jsou halančici chováni za konstantních teplot, nemusí být zcela ideální. To má několik vysvětlení. Jednak konstantní teplota může působit jako chronický stresor. Organismy totiž mohou mít pro každou z životních funkcí jinou optimální teplotu, a pokud této teploty dlouhodobě nedosáhnou, nemusejí prospívat. Případně oscilující teplota, která v maximech přesahovala horní limit preferovaných teplot o 4 °C, může přispívat k tzv. hormezí, kdy mírný stresor aktivuje v těle reparační mechanismy a tím život organismu prodlouží.

Závěr

Je možná překvapivé, že se praktické aspekty laboratorního chovu anuálních halančíků dostávají na řadu až v závěrečném dílu našeho seriálu. Optimalizaci chovných po-



9 Fotografie horizontálního termálního gradientu využitého při studiu teplotních preferencí tří sympatrických druhů halančíků rodu *Nothobranchius*. Termální gradient měl rozmězí 18–35 °C (viz stupnice napravo). Ve spodní části obrázku jsou vyšší teploty (červená až bílá barva) a na opačném konci chladnější teploty (modrá barva). Každá komora gradientu (čtvercové segmenty) má jinou teplotu a ryba mezi nimi může volně proplouvat prostřednictvím malých otvorů oddělujících jednotlivé komory. Každá ryba strávila v gradientu vždy den a půl pro určení její teplotní preference. Foto J. Žák

stupů se věnujeme průběžně, protože řada praktických problémů vyvstává až při řešení konkrétních vědeckých otázek. Zároveň jsou změny v laboratorních metodách často přijímány a zaváděny postupně, zejména pokud nová zjištění odporují zavedeným praktikám (např. identifikace nádorů nebo ztluštění jater zmíněné výše). Konzervativní přístup je do značné míry nezbytný kvůli požadavku na opakovatelnost experimentů – nejen mezi jednotlivými laboratorními, ale i v průběhu času. Z tohoto důvodu nelze chovné protokoly měnit neustále. My se do velké míry držíme námi publikovaného protokolu z r. 2016 (Polačik a kol.). Přesto jsou některé změny nevyhnutelné a je pouze otázkou času, kdy je přijme širší vědecká komunita využívající anuální halančíky jako modelové organismy.

Jedním z klíčových směrů bylo zpřesnění identifikace nádorů, což se ukázalo být zásadním pro pochopení jejich možného vzniku, ale i celkové životní strategie těchto ryb. Dalším významným tématem je minimalizace přenosu infekcí a jejich výskytu. Práce se zdravými rybami jednoznačně zvyšuje opakovatelnost vědeckých výsledků. Jiné poznatky s praktickými dopady, např. vliv kolísání teploty na prospívání halančíků, pravděpodobně zůstanou kvůli náročnosti na zařízení pouze zajímavým zjištěním bez přímé aplikace.

Výhled

Obrovskou výhodou chovu anuálních halančíků pro výzkum je jejich přizpůsobivost. Jsou to velice aktivní a smělé ryby

a i jedince dovezené z volné přírody lze po několika dnech prakticky krmit z ruky. V mnoha ohledech může ale jejich biologie – nejsou vytrvalými plavci, mají specifické nároky na krmení a jejich embrya procházejí diapauzou – komplikovat zavedení do laboratoří dlouhodobě pracujících s typickým modelovým druhem dáníem pruhovaným. Optimalizace chovných podmínek probíhá spolu s výzkumem základních biologických otázek a bude probíhat i v budoucnosti. Klíčovým cílem chovatelů i vědců je zajištění co nejlepšího welfare a zdraví ryb. To však nemusí znamenat pouze maximalizaci růstu, plodnosti nebo prodloužení zdravého života, ale také např. vytvoření ideálních podmínek pro studium zárodečného vývoje.

V našem týmu se dlouhodobě věnujeme výzkumu stárnutí u těchto krátkověkých obratlovců. Jedním z aspektů stárnutí, který by si zasloužil větší pozornost, je změna funkce imunitního systému související s věkem (imunosenescence). Imunita je jedním z nejsložitějších tělesných systémů, fungujícím na mnoha úrovních prostřednictvím složitých interakcí mezi molekulami, buňkami a orgány. Řada imunitních procesů anuálních halančíků je společných s lidmi, včetně systému získané či adaptivní imunitní odpovědi. To může napomoci lepšímu pochopení vztahu mezi dvěma klíčovými biologickými fenomény – stárnutím a imunitou. V tomto ohledu jsou zásadní především snižování efektivity imunitní odpovědi s rostoucím věkem a zhoršení její přesnosti, což souvisí s autoimunitními poruchami.

Zárodečný vývoj anuálních halančíků a jeho variabilita jsou stále do značné míry neprobádané. Obtížně předpověditelné přirozené prostředí anuálních halančíků vyžaduje komplexní strategii pro přežití obdobím sucha, kterému jsou vystavena jejich embrya. K přežití využívají kombinaci reakce na okolní podmínky (plasticity) s náhodným rozrůzněním vývoje (bet-hedging neboli tzv. rozložení sázek, blíže v 1. a 3. dílu seriálu). Jedním z faktorů, který se v poslední době ukazuje jako klíčový jak pro plasticitu embryonálního vývoje, tak bet-hedging, je vitamín D. Může ovlivnit vývoj embrya přinejmenším dvěma potenciálními cestami – přímým vstřebáváním z prostředí nebo prostřednictvím mateřské investice do jikry. Přesný mechanismus přirozeného působení vitamínu D na vývoj halančíků však stále není dobře znám a není ani jasné, zda jsou embrya schopna jeho syntézy. Pokud by se potvrdilo, že mateřský přenos vitamínu D hraje klíčovou roli, pak by strava samic mohla být jedním ze zásadních faktorů ovlivňujících nejen jejich vlastní růst a plodnost, ale i přežití a vývoj jejich potomstva. Standardizace potravy tak nabízí další možnosti nejen pro optimální podmínky chovu anuálních halančíků, ale i pro cílené zásahy do metabolismu těchto ryb. Experimentální práce s anuálními halančíky tak stále přináší nové výzvy a ukazuje cesty k pochopení řady složitých biologických fenoménů.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živý.