

NÁMĚTY NA POKUSY A POZOROVÁNÍ VODNÍCH ŽIVOČICHŮ VE ŠKOLNÍM AKVÁRIU XXIV (CHOV ŽÁBRONOŽKY SOLNÉ *ARTEMIA SALINA*)

OPEN ACCESS



SUBJECT MATTER OF EXPERIMENTS AND
OBSERVATIONS OF WATER ANIMALS IN SCHOOL
AQUARIUM XXIV (BRINE SHRIMP *ARTEMIA SALINA*)

LUBOMÍR HANEL, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie
a environmentálních studií, lubomir.hanel@pedf.cuni.cz

Abstract

*Anostraca is one of the four orders of crustaceans in the class Branchiopoda; its members are referred to as fairy shrimp. They live in vernal pools and hypersaline lakes all over the world, and they have even been found in deserts, ice-covered mountain lakes, and Antarctic ice. They are usually 6–25 mm long. Most species have 20 body segments, bearing 11 pairs of leaf-like phyllopodia (swimming legs), and the body lacks a carapace. They feed by filtering organic particles from the water or by scraping algae from surfaces. They are an important food for many birds and fish, and some are cultured and harvested for use as fish food. The body can be divided into three distinct parts – head, thorax, and abdomen. The exoskeleton is thin and flexible, and lacks any sign of a carapace. When swimming, the ventral side is normally uppermost. An important aspect of the life cycle of the fairy shrimp is their universal ability to enter diapause, a state of biological dormancy where growth and metabolism are arrested in the form of an egg (known as a cyst). There are five species of brine shrimp living in the Czech Republic, which inhabit periodic waters. All of these species are protected by law, so the brine shrimp (*Artemia salina*) is suitable for school breeding; the eggs can be purchased in aquarium shops. This paper describes the breeding process and provides ideas for observation in school aquaria.*

Klíčová slova

školní akvárium, žábřonožka, Artemia salina, chov, pozorování

Keywords

school aquarium, brine shrimp, Artemia salina, observation

CHARAKTERISTIKA A VÝZNAM ŽÁBRONOŽEK

Žábřonožky patří mezi starobylou skupinu korýšů, neboť zástupci čeledi žábřonožkovitých (Artemiidae) jsou dokladováni ve fosiliích starých 100 milionů let (Munteanu et Dumitrascu 2011). Žábřonožky mají protáhlé, z boku stlačené a stejnoměrné článkované tělo bez karapaxu (**obr. 1**). Hlava, která nesrůstá se žádným hrudním somitem, má ještě naznačenou segmentaci. Na hlavě je rudimentální naupliové očko, složené oči na stopkách, druhotně nečlánkovaná nitkovitá tykadélka (antény) a tykadla (antény), která jsou silná, u samic jednočlánková a u samců dvoučlánková, klíšťkovitá. Tykadla samců slouží pro přichycení samice při kopulaci. Žábřonožky můžeme nalézt v dočasných sladkovodních tůňkách a loužích, které vznikají na jaře táním sněhu nebo v létě zá-

plavami. Některé druhy obývají lokality se zvýšeným obsahem solí. V tom případě se nejčastěji jedná o vnitrozemská solná jezera a přímořské laguny. Žábřonožka solná (*Artemia salina*) se vyskytuje v biotopech, kde salinita dosahuje až 70 g.l⁻¹ a může přežít i v prostředí, kde salinita dosahuje hodnot okolo 250 g.l⁻¹ (Van Stappen 1996). Je také odolná na nízký obsah ve vodě rozpuštěného kyslíku, dospělým stačí 0,5 mg.l⁻¹, larválnímu naupliovému stádiu dokonce jen 0,3 mg.l⁻¹ (Munteanu et Dumitrascu 2011). Žábřonožky solné jsou tudíž známé jako extremofilové, neboť jsou schopné žít i v extrémních podmínkách, včetně vysychání a vysoké slanosti, a používají se tudíž jako důležitý modelový organismus ve vědeckém výzkumu napříč různými obory

(Tiong et al. 2024). Zaujímají významné místo mezi biomarkery v hodnocení stavu životního prostředí (Lewan et al. 1992, Dvořák 1995, Souza et al. 2024). Sladkovodní severoamerická žábřonožka *Thamnocephalus platyurus* se používá k ekotoxikologickým testům (viz technická norma ČSN ISO 14380 (757754), která specifikuje metodu pro stanovení akutní toxicity látek na tomto druhu). Tyto testy prezentovali např. Sládeček (1997), Szara et al. (2020), Konečná (2023), její použití ke sledování vlivu léčivých přípravků, které se dostávají s odpady do vod, pak Šilhavá (2015). Žábřonožka solná byla také použita jako modelový organismus při testování škodlivosti nanočástic (Rajabi et al. 2015) a mikroplastů (Wang et al. 2019, Serrao et al. 2023), které patří k novějším rizikům pro životní prostředí a lidské zdraví. Extrakty získané z žábřonožky solné našly uplatnění v kosmetice na ochranu před slunečním zářením a v produktech proti stárnutí. Mořská voda, extrakt z žábřonožek a bahno z jezera Urmia byly Íránci od dávných dob používány v lidovém léčitelství k léčbě některých zánětlivých a kožních onemocnění (Deeuagi et al. 2016). Žábřonožky rodu *Artemia* se využívají také k monitorování biochemických změn a účinků genetického poškození (Souza et al. 2024) i ke zjišťování cytotoxicity přírodních látek využitelných v medicíně (Nerdy et al. 2021) v rámci tzv. biotestů II. generace (Dvořák et al. 1999, 2006). Tyto alternativní biotesty, známé též jako mikrobiotesty, slouží k testování toxicity s využitím mikroorganismů či bezobratlých, čímž nahrazují testování na zvířatech. U druhu *Artemia urmiana* byly izolovány proteiny využitelné v léčbě leukémie (Deeuagi et al. 2016). Některé studie se zabývaly i významem stresových proteinů v žábřonožkách a odhalují jejich potenciál jako klíčových složek při zmírňování stresu, zejména za extrémní slanosti, anoxie a teplot (např. Clegg et al. 2001, 2007). Kratochvíl et Mornstein (2006) zjišťovali účinek ultrazvuku na larvy žábřonožky solné při dvou různých frekvencích (1 MHz a 3 MHz). Z výsledků vyplynulo, že se vzrůstající

dobou ozvučování přežívá méně pokusných jedinců, přičemž výraznější účinky měl ultrazvuk o frekvenci 1 MHz. Dvořák et al. (2004) popsali morfologické změny u žábřonožky solné působením záření gama. Není divu, že potvrzená odolnost cyst žábřonožek vyvolala zájem o pokusy s působením kosmického záření. Bucker et Horneck (1975) shrnuli prvotní informace o pokusech s žábřonožkou solnou v kosmu. V rámci misí Apollo 18 a Apollo 17 „cestovaly“ cysty žábřonožky solné na Měsíc a zpět. Ukázalo se ale, že cysty jsou citlivé na kosmické záření, 90 % embryí, u kterých došlo k následnému vylíhnutí, uhynulo v různých stádiích dalšího vývoje. Další poznatky uvedli Planel et al. (1980) a Gaubin et al. (1990). Ward-Booth et Reiss (1988) prezentovali žábřonožku solnou jako vhodný objekt k ekologickým studiím. Larvy žábřonožek infikované bakteriemi byly použity i ke zkoumání vztahu hostitel–parazit s ohledem na fyziologii a imunitní reakci (Niu 2014). Redón et al. (2015) popsali několik druhů tasemnic parazitujících v původně severoamerické žábřonožce *Artemia franciscana* a upozornili na význam šíření parazitů invazními druhy. Tato žábřonožka se objevuje jako invazní druh v evropské (Amat et al. 2005, Green et al. 2005, Scalone et Rabet 2013, Muñoz et al. 2014) i africké (Ben Naceur 2010) oblasti mediteránu, v Asii (Asem et al. 2021, Shen et al. 2021) a v Austrálii (Ruebhart et al. 2008). Na druhé straně žábřonožka *Artemia monica*, endemit alkalického slaneého jezera Mono v Kalifornii, byla zařazena mezi ohrožené druhy (IUCN 1996).

Využití žábřonožek můžeme označit za jeden z velkých milníků v historii moderní akvakultury, kdy především vylíhlá nauplia jsou předkládána jako živá potrava při odkrmu nejranějších plůdků různých druhů ryb. Takovýto způsob použití je znám již z třicátých let minulého století (Seale 1933). V tuto dobu byly cysty žábřonožek odlovovány především na přírodních solných jezerech a uplatňovaly se především na místních trzích. Od počátku padesá-

tých let započal průmyslový odlov cyst žábřonožek na Velkém Solném jezeře v Utahu a v San Franciském zálivu (Kalifornie). Později se začaly žábřonožky lovit i na řadě dalších přírodních lokalit (Argentina, Austrálie, Kanada, Kolumbie, Francie a Čína) a v zemích s cíleným chovem žábřonožek (např. Brazílie, Thajsko). Kvalita byla ale různá s ohledem na obsah tuku, bílkovin a sacharidů (Kouba et al. 2009). Akvaristé si mohou běžně zakoupit vakuované, pastované či sušené (lyofilizované) vylíhlé žábřonožky, případně naupliová stádia ve vodném roztoku určená k okamžitému krmení. V kontrolovaných podmínkách v odchovu ve velkém mohou být žábřonožky odkrmovány na kulturách různých řas (Ejvemo a Olsen 1999, Landau a kol. 1986), případně produktech, jako je mouka, šrot i otruby z různých zemědělských plodin (Brisset a kol. 1982, Dhert a kol. 1992) nebo komerčně dostupných suchých směsích (Naegel 1999). V experimentálních podmínkách se často využívá i kombinace řasových kultur a suchých diet založených na bázi kvasnic (El-Bermawi a kol. 2004). Někdy se žábřonožky obohacují navíc o různé výživné látky, které zlepšují růst jimi krmených ryb, např. Han et al. (2000), Boglino et al. (2012).

BIOLOGIE A EKOLOGIE

Co se týká životních projevů, žábřonožky se zdržují spíše při dně a plavou hřbetem dolů. Díky pohybům končetin vyvolávají proud vody, který jim přihání potravu k ústům. Živí se drobnými organickými částicemi (planktonní řasy, rozsivky, detrit, prvoci či bakterie) ve velikosti 40–60 μm a menšími. Vajíčka, resp. cysty žábřonožek dokáží v suchém bahně přežít několik let. Z České republiky je uváděno pět druhů žábřonožek (Merta et al. 2016): žábřonožka panonská *Chirocephalus carnuntanus*, žábřonožka sněžní *Eubbranchipus grubii*, žábřonožka ploskochvostá *Eubbranchipus hankoi*, žábřonožka letní *Branchipus schaefferi*, žábřonožka divorohá *Strep-*

cephalus torvirostris. Dle Červeného seznamu je žábřonožka ploskochvostá uváděna jako z našeho území vymizelá (Sychra et al. 2017). Všechny v ČR žijící žábřonožky obývají periodické vody a jsou zákonem chráněny v kategorii kriticky ohrožený druh (vyhláška č. 395/1992 Sb.).

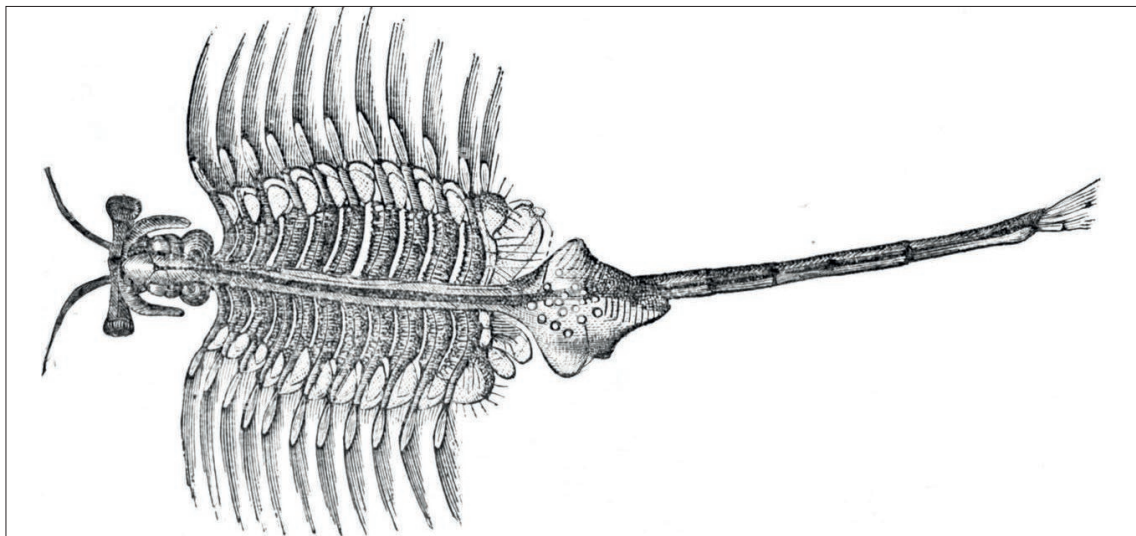
K akvarijnímu chovu je proto vhodná žábřonožka solná (*Artemia salina*), zvaná běžně artemie, které především se budou týkat následující údaje. Žábřonožka solná byla poprvé popsána Schlösserem v roce 1755, který nalezl žábřonožku ve slaném anglickém jezeře Lymington, tato populace je v dnešní době vyhynulá (Baas-Becking 1931). Ačkoli takřka všechny vědecké rukopisy připisují první zprávu o artemii právě Schlösserovi, první vědecký záznam patří neznámému íránskému autorovi z roku 982 z jezera Urmia v Íránu, což je největší jezero na Blízkém východu (Eimanifar et Mohebbi 2007, Asem 2008, Asem et Eimanifar 2016).

Nauplia prvního instaru žábřonožky solné dosahují velikosti mezi 428–517 μm (Léger et al. 1987) a nepřijímají vnější potravu. Letální teplota pro ně je 0 °C a 37–38 °C. Jsou živena ze zásob svého žloutkového vřčku (lecitotrofní výživa), který jim propůjčuje oranžové zbarvení. Pod mikroskopem je mimo jiné dobře patrné červené (naupliové) očko, antenuly (senzorická funkce), antény (pohybová a filtrační funkce) a kusadla (budoucí příjem potravy). Nauplia jsou pozitivně fototaktická. Asi za 6–12 hodin se svlékají do druhého vývojového stádia – metanauplia, které začíná pomocí filtrace neselektivně přijímat potravu o velikosti částic 1–50 μm (Van Stappen 1996). Termín metanauplius je označením stádia žábřonožky od II. do V. instaru nebo od 2. do 5. dne po vylíhnutí (Bengtson et al. 1991). Žábřonožky následně procházejí řadou asi patnácti svlékání, kdy nakonec dosahují své pohlavní dospělosti (Sorgeloos a kol. 1977). Optimální růst je u žábřonožek pozorován zpravidla v teplotě mezi 25–30 °C (Sorgeloos a kol. 1977, Vos 1979).

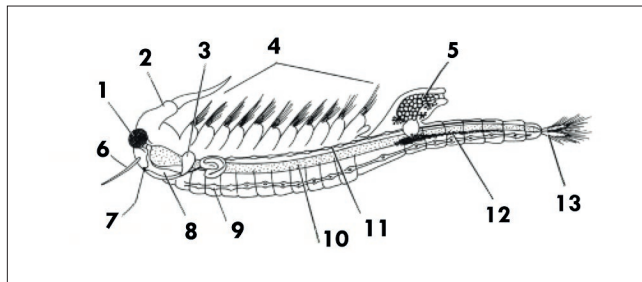
Žábřonožky jsou typické dvěma způsoby rozmnožování. Jedná se buď o obvyklé bisexuální rozmnožování za účasti samic i samců, nebo o partenogenezi (Rodríguez Almaraz a kol. 2006). V rámci rodu *Artemia* se bisexuální populace objevují u druhů *A. salina*, *A. urmiana*, *A. monica*, *A. franciscana*, *A. sinica* a *A. persimilis* (Lantushenko et al. 2022).

Za vhodných podmínek prostředí pro reprodukci (vyšší obsah rozpuštěného kyslíku a vyhovující salinita) se z vajíček přímo líhnou živé plovoucí larvy (nauplia), jedná se tedy o tzv. vejcoživorodé rozmnožování. Jedna samice je takto schopna vyprodukovat 50–250 nauplií v jednom reprodukčním cyklu. Při nepříznivých podmínkách (velmi nízká nebo velmi vysoká salinita, nízká koncentrace rozpuštěného kyslíku spojená s jeho výkyvy, nedostatek potravy atd.) se však vývoj vajíček zastavuje ve stádiu gastruly a u samic dochází k produkci trvalých vajíček (cyst). Cysty jsou pomocí specializovaných žláz v děloze matky obaleny několika ochrannými vrstvami a následně uvolněny do vodního prostředí. Jedná se

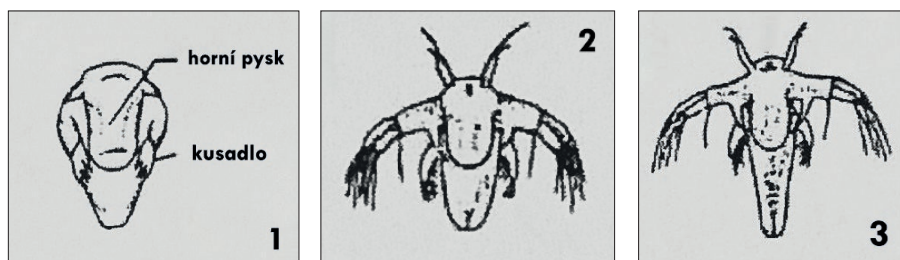
tedy o oviparní, tzn. vejcorodé rozmnožování. Samotné cysty pak splývají na hladině, ze které jsou větrem vyplavovány na břeh, kde hromadně vysychají. V tomto stavu jsou cysty biologicky prakticky neaktivní a zastavují svůj vývoj (období diapauzy). Tento stav je možno také označit jako anhydrobiózu – kryptobiózu způsobenou extrémním nedostatkem vody vedoucí k vyschnutí organismu. Takové cysty jsou pak velmi rezistentní vůči parametrům vnějšího prostředí. Dehydratované cysty přežijí teploty do 80 °C, aniž by to mělo negativní dopad na líhivost, hydratované cysty hynou při teplotách již nad 40 °C (<https://www.fao.org/4/ac062e/ac062e03.htm>). Toho se účelně využívá při dlouhodobém skladování vakuově balených suchých cyst žábřonožek (Tunsutapanich 1979). Odolnost dehydratovaných cyst k teplotám je ale u žábřonožek mnohem větší, bylo prokázáno, že přežily dokonce teplotu –273 °C i 100 °C (Hinton 1954, Skoultchi et Morowitz 1964).



Obr. 1 Celkový pohled z břišní strany na žábřonožku solnou (*Artemia salina*), Joly (1873).



Obr. 2 Schéma stavby těla dospělé samice žábřonožky solné (pohled z boku v plovací pozici), Plechenik et al. (2015), upraveno. 1/ stopkaté, složené oko, 2/ tykadlo druhého páru, 3/ čelist, 4/ hrudní přívěsky, 5/ plodová komůrka s vajíčky, 6/ tykadlo prvního páru, 7/ naupliové očko, 8/ mozek, 9/ srdce, 10/ střevo, 11/ ventrální nervový provazec, 12/ vaječník, 13/ ocasní furka.



Obr. 3 Ukázka některých vývojových stádií (instarů) žábřonožky solné *Artemia salina* (Anonymus, s.a.). 1 – embryo těsně před vylíhnutím, 2 – nauplius, 3 – metanauplius.

Velikost dospělců je obvykle 1–1,2 cm, jsou však známé i lokality s dospělými žábřonožkami s rozměry okolo 2 cm (Vos 1979). Některé studie uvádějí, že samice žábřonožek jsou větší než samci. To bývá vysvětlováno způsobem páření těchto živočichů, kdy samice je nucena v průběhu kopulace nést na sobě přichyceného samce (Asem et Rastegar-Pouyani 2007). Bylo také zjištěno, že nedospělé žábřonožky, které byly chovány při snížené světelné intenzitě, rostly rychleji, protože spotřebovaly méně energie při plavání než ty, které byly chovány při normální světelné intenzitě. Toto zjištění souvisí s pozitivní fototaxí (Sorgeloos 1972). Adultní jedinci

jsou na intenzivní světlo ale negativně fototaktičtí (<https://www.fao.org/4/ac062e/ac062e03.htm>, Bradley et Forward 2011), i když určitá pozitivní fototaxe byla u nich potvrzena na velmi slabé světlo.



Obr. 4 Pár dospělých jedinců žábřonožky solné (*Artemia salina*), samice vlevo, samec vpravo. Wikipedia.

CHOV

Vlastní chov žábřonožky solné nejpodrobněji popsala Klímová-Hřívová (2018), zjednodušený postup pro akvaristy prezentoval Hanel (2004). Vajíčka žábřonožek jsou velká 0,2–0,3 mm a lze je zakoupit v akvaristických prodejnách (např. pod značkou Invital Artemia Eggs). Na přípravu vody pro líhnutí se vsype do litru vody 25–30 g soli (NaCl), lépe je ale zakoupit a použít mořskou sůl určenou k líhnutí žábřonožek (Tropical salt for hatching Artemia), lze také koupit i hotovou jednoduchou aparaturu pro

inkubaci žábřonožek. Výhodné je koupit Sera Artemia – mix, což je směs, která již obsahuje sůl, vajíčka i řasu spirulinu, a tuto směs stačí podle návodu vysypat do nádoby s vodou (vhodná je např. Erlenmeyerova baňka o objemu jeden litr). Důležité je zavést mírné vzduchování. Optimální teplota pro líhnutí je 27–29 °C. Na teplotě závisí doba líhnutí: teploty 20–25–30 °C odpovídají přibližně 48–36–24 hodinám (čím nižší teplota, tím delší doba líhnutí). V zájmu dobré líhivosti musí být vajíčka v neustálém pohybu,

proto je potřebné zavést vzduchování. Nevylíhlá vajíčka obvykle leží na dně, prázdné skořápky vajíček plavou na hladině. Když se vylíhnou první nauplie, vzduchovací kamínek vytáhneme k hladině, aby voda v nádobě jen mírně proudila, ale nauplia nebyla strhávána. V akvaristických prodejnách lze zakoupit tekuté krmivo Hobby Liquizell, určené ke krmení artemií od 3. dne života, či plnohodnotné krmivo pro artemie od 8.–10. dne života, které obsahuje částičky fytoplanktonu, pod značkou Microzell. Potravu přijímající metanauplia a další vývojová stádia lze dále odchovávat, krmit je vhodné dvakrát denně a vodu provzdušňovat také dvakrát denně (ráno a večer).

Lze si také připravit vlastní mořskou vodu o salinitě 4,7 ‰ smícháním následujících sloučenin: množství látky ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) NaCl 23,900; $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10,830; $\text{CaCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2,250; KCl 0,680; $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 9,060; NaHCO_3 0,200; $\text{SrCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,040; KBr 0,099; H_3BO_3 0,027 (Sklenář et al. 2006). Úspěšně do dospělosti odchoval žábřonožky solné Frank (Akvárium terárium 3/1996) ve zjednodušené mořské vodě obsahující čtyři základní soli (na 100l vody): 2756 g NaCl, 770 g $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 600 g $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a 25 g NaHCO_3 . Hustota roztoku při 25 °C je 1,026–1,028 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Žábřonožky jsou relativně rychle rostoucí živočichové, kteří dosahují své pohlavní dospělosti již za dva až tři týdny (Browne et Wanigasekera 2000, Medina a kol. 2007), v přírodě mohou v optimálních podmínkách žít až několik měsíců (<https://www.fao.org/4/ac062e/ac062e03.htm>).

Literatura

- Anonymus (s.a.). Brine Shrimp (*Artemia salina*). Inquiry Lab; SCSH 1-9; SB4a. The Academy of Science, Research and Medicine, Paulding County High School in Dallas, 4 pp.
- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, A. J., Sanchez, Figuerola, J., & Hortas, F. (2005). The American brine shrimp *Artemia franciscana* as an exotic invasive species in the Western Mediterranean. *Biological Invasions*, 7, 37-47. <https://doi.org/10.1007/s10530-004-9634-9>

POKUSY A POZOROVÁNÍ

Žábřonožky mohou být použity pro pedagogické účely jako instruktážní modelový organismus k demonstraci vývoje malých vodních korýšů a jejich životních projevů (Docker et Tomkins 2000, Tomkins 2000, Piper 2018). Podrobný návod na chov žábřonožky solné pro děti lze najít na <https://babyknihy.sk/image/INSTRUCTION-MANUAL/maly-chovatel-%20ziabronozka-CZ.pdf>.

Náměty na pozorování

1. Pozorujte pod stereolupou stavbu těla žábřonožky (jednotlivých vývojových stádií a dospělce).
2. Sledujte polohu a způsob plavání ve volné vodě.
3. Do nádrže s larválními stádii žábřonožek posvítte silným bodovým světlem a sledujte reakci žábřonožek (nedospělé žábřonožky jsou přitahovány světlem a lze je pomocí bodového světla dobře shromáždit na jednom místě, příklad pozitivní fototaxe). Je-li možnost, totéž proveďte s dospělými jedinci a zjistěte rozdíl.
4. Po umístění žábřonožek do vyšší nádoby sledujte při rozptýleném světle jejich rozmístění ve vodním sloupci. Preferují jeho některou část (horní, střední, spodní), nebo je jejich rozptýlení rovnoměrné?

- Asem, A. (2008). Historical record on brine shrimp *Artemia* more than one thousand years ago from Urmia Lake, Iran. *Journal of Biological Research*, 9, 113-114.
- Asem, A., Eimanifar, A. (2016). Updating historical record on brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Anostraca) from Urmia Lake (Iran) in the first half of the 10th century AD. *International Journal of Aquatic Science*, 7(1), 3-5.
- Asem, A., Rastegar-Pouyani, N. (2007). Sexual Dimorphism in *Artemia urmiana* Günther, 1899 (Anostraca: Artemiidae) from the Urmia Lake, West Azerbaijan, Iran. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6, 1409-1415.
- Asem, A., Schuster, R., Eimanifar, A., Lu, H., Liu, Ch., Wu, X., Yao, L., Meng, X., Li, W., & Wang, P. Z. (2021). Impact of colonization of an Invasive species on genetic differentiation in new environments: A study on American *Artemia franciscana* (Crustacea: Anostraca) in the United Arab Emirates. *Journal of Ocean University of China*, 20(4), 911-920. <https://doi.org/10.1007/s11802-021-4675-6>
- Baas-Becking, L. G. M. (1931). Historical notes on salt and salt-manufacture. *The Scientific Monthly*, 32(5), 434-446.
- Bengtson, D. A., Léger, P., & Sorgeloos, P. (1991). Use of *Artemia* as a food source for aquaculture (s. 225-285). In: *Artemia Biology*. R. A. Browne, P. Sorgeloos & C. N. A. Trotman (Eds.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Ben Naceur, H., Jenhani, A. B. R., & Romdhane, M. S. (2010). Biological characterization of the new invasive brine shrimp *Artemia franciscana* in Tunisia: Sabkhet Halk El-Menzel. *International Journal of Biology and Life Sciences*, 6, 3.
- Boglino, A., Darias, M. J., Ortiz-Delgado, J. B., Özcan, F., Estévez, A., Karl, A., Hontoria, F., & Gisbert, E. (2012). Commercial products for *Artemia* enrichment affect growth performance, digestive system maturation, ossification and incidence of skeletal deformities in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 324-325, 290-302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.018>
- Bradley, D. J., Forward, R. B. (2011). Phototaxis of adult brine shrimp, *Artemia salina*. *Canadian Journal of Zoology*, 62(12), 2357-2359. <https://doi.org/10.1139/z84-347>
- Brisset, P. J., Versichele, D., Bossuyt, E., De Ruyck, L., & Sorgeloos, P. (1982). High density flow-through culturing of brine shrimp *Artemia* on inert feeds. Preliminary results with a modified culture system. *Aquaculture Engineering*, 1, 115-119. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(82\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0144-8609(82)90003-6)
- Browne, R. A., Wanigasekera, G. (2000). Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244, 29-44. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00125-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00125-2)
- Bücker, H., Horneck, G. (1975). The biological effectiveness of HZE-particles of cosmic radiation studied in the Apollo 16 and 17 Biostack experiments. *Acta Astronautica*, 2(3-4), 247-264. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(75\)90095-8](https://doi.org/10.1016/0094-5765(75)90095-8)
- Clegg, J. S., Hoa, N. V., & Sorgeloos, P. (2001). Thermal tolerance and heat shock proteins in encysted embryos of *Artemia* from widely different thermal habitats. *Hydrobiologia*, 466, 221-229. <https://doi.org/10.1023/A:1014580612237>
- Clegg, J. S. (2007). Protein stability in *Artemia* embryos during prolonged anoxia. *Biological Bulletin*, 212, 74-81. <https://doi.org/10.2307/25066582>
- ČSN ISO 14380 (757754). Kvalita vod – Stanovení akutní toxicity pro *Thamnocephalus platyurus* (Crustacea, Anostraca).
- Deezagi, A., Chashnidel, A., Hagh, N. V., & Shahraki M. K. (2016). The effects of purified *Artemia* extract proteins on proliferation, differentiation and apoptosis of human leukemic HL-60 cells. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 17(12), 5139-5145.

- Dhert, P., Bombeo, R. B., Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1992). A simple semi flow-through culture technique for the controlled super-intensive production of *Artemia* juveniles and adults. *Aquacultural Engineering*, 11, 107-119. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(92\)90013-N](https://doi.org/10.1016/0144-8609(92)90013-N)
- Dockery, M., Tomkins, S. (2000). Brine shrimp ecology. A classroom-based introduction to ECOLOGY, Secondary Science Key Stages 3 and 4, Scottish Stages S1 to S4. British Ecological Society, 114 pp.
- Dvořák, P. (1995). Modifikovaný test s *A. salina* pro sledování vlivu interakcí cizorodých látek. In: Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí (sborník referátů). Milenovice: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický a Aquachemie, 25-29.
- Dvořák, P., Šucman, E., Červenáková, D., et al. (1999). Využití biotestu s *Artemia salina* pro farmakotoxikologii. In: Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí (sborník referátů). Ostrava: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický a Aquachemie, 167-172.
- Dvořák, P., Beňová, K., Kunová, V., Kratochvíl, B., & Šalplachta, J. (2004). Morfologické změny u *Artemia salina* působením záření gama. Zborník 2. rádiobiologickej konferencie s medzinárodnou účasťou, Uvl Košice, 28-33.
- Eimanifar, A., Mohebbi, F. (2007). Urmia Lake (Northwest Iran): a brief review. *Saline Systems*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1746-1448-3-5>
- Eimanifar, A., Van Stappen, G., Marden, B., Wink, M. (2014). *Artemia* biodiversity in Asia with the focus on the phylogeography of the introduced American species *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79, 392-403. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.027>
- El-Bermawi, N., Baxevanis, A. D., Abatzopoulos, T. J., Van Stappen, G., & Sorgeloos, P. (2004). Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on *Artemia*. LXVII). *Hydrobiologia*, 523, 175-188. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000033124.49676.5c>
- Evjemo, J. O., Olsen, Y. (1999). Effect of food concentration on the growth and production rate of *Artemia franciscana* feeding on algae (*T. iso*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 242, 273-296. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00104-5)
- Gaubin, Y., Delpoux, M., Pianezzi, B., Gasset, G., Heilmann, C., & Planel, H. (1990). Investigations of the effects of cosmic rays on *Artemia* cysts and tobacco seeds, results of Exobloc II experiment, flown aboard Bioscosmos 1887. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation*, 17(2), 133-43.
- Green, A. J., Luisa, M., Sanchez, M. I., et al. (2005). Dispersal of invasive and native brine shrimps *Artemia* (Anostraca) via waterbirds. *Limnology and Oceanography*, 50(2), 737-742. <https://doi.org/10.4319/lo.2005.50.2.0737>
- Han, K., Geurden, I., & Sorgeloos, P. (2000). Enrichment strategies for *Artemia* using emulsions providing different levels of n-3 highly unsaturated fatty acids. *Aquaculture*, 183, 335-347. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00295-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00295-1)
- Hanel, L. (2004). Akvaristika. Biologie a chov vodních živočichů. II. Speciální část. Skriptum, Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 260 s.
- Hinton, H. E. (1954). Resistance of the dry eggs of the *Artemia salina* (L.) to high temperatures. *The Annals and Magazines of Natural History*, 7, 158-160. <https://doi.org/10.1080/00222935408651712>
- Horta, J., Dias, M. (2022). Žábronožka: Malý chovatel. 1. vyd. Lisabon: Science4you Ltd.
- Horváth, Z., Lejeusne, C., Amat, F., et al. (2018). Eastern spread of the invasive *Artemia franciscana* in the Mediterranean Basin, with the first record from the Balkan Peninsula. *Hydrobiologia*, 822, 229-235. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3683-z>

- IUCN (1996). Inland Water Crustacean Specialist Group. *Artemia monica*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T2117A9254479.
- Joly, N. (1873). „Water turned of blood“. The Popular Science Monthly, New York, December, 202-208.
- Kirchner, S. R., Fedoruk, M., Lohmüller, T., & Feldmann, J. (2014). Analyzing the movement of the nauplius ‚Artemia salina‘ by optical tracking of plasmonic nanoparticles. Journal of Visualized Experiments, 15(89), 51502. <https://doi.org/10.3791/51502-v>
- Klímová Hřívová, D. (2018). Metodika chovu modelových organismů (Crustacea) pro účely výuky a výzkumu. Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno, 24 s.
- Konečná, K. (2023). Využití testů ekotoxicity pro posouzení účinnosti čistírenských technologií (diplomová práce), ne publikováno. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí.
- Kouba, A., Hamáčková, J., & Kozák, P. (2009). Dekapsulace, líhnutí a odkrm žábřonožek rodu *Artemia*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. Edice metodik, 94, 36 s.
- Kratochvíl, B., Mornstein, V. (2006). Monitoring the effects of cavitation ultrasound on *Artemia salina* larvae. Scripta Medica (Brno), 79(1), 3-8.
- Landau, M., Bolis, C., & Miyamoto, G. (1986). A method for the production of the brine shrimp, *Artemia salina* Leach, in a Manure-based system. Agricultural Wastes, 15, 79-83. [https://doi.org/10.1016/0141-4607\(86\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0141-4607(86)90039-9)
- Lantushenko, A., Meger, Y., Gadzhi, A., Anufrieva, E., Shadrin, N. (2022). *Artemia* spp. (Crustacea, Anostraca) in Crimea: New Molecular Genetic Results and New Questions without Answers. Water, 14, 2617. <https://doi.org/10.3390/w14172617> <https://doi.org/10.3390/w14172617>
- Léger, P., Bengtson, D. A., Sorgeloos, P., Simpson, K. L., & Beck, A. D. (1987). The nutritional value of *Artemia*: a review, 357-372. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D. A., Declair, W. & Jaspers, E. (Eds.), *Artemia* research and its applications, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture, vol. 3. Universa Press, Wetteren.
- Lewan, L., Anderrson, M., & Moralesgomez, P. (1992). The use of *Artemia salina* in toxicity testing. Alternatives to Laboratory Animals, 20, 297-301. <https://doi.org/10.1177/026119299202000222>
- Medina, G. R., Goenaga, J., Hontoria, F., Cohen, G., & Amat, F. (2007). Effects of temperature and salinity on prereproductive life span and reproductive traits of two species of *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca) from Argentina: *Artemia franciscana* and *A. persimilis*. Hydrobiologia, 579, 41-53. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0361-3>
- Merta, L., Zavadil, V., Sychra, J. (2016). Atlas rozšíření velkých lupenonožců České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 111 s.
- Munteanu, C., Dumitrascu, M. (2011). *Artemia salina*. Balneo-Research Journal, 2(4), 119-122. <https://doi.org/10.12680/balneo.2011.1022>
- Naegel, L. C. A. (1999). Controlled production of *Artemia* biomass using an inert commercial diet compared with the microalgae *Chaetoceros*. Aquacultural Engineering, 21, 49-59. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(99)00023-0)
- Nerdy, N., Lestari, P., Sinaga, J. P., Ginting, S., Zebua, N. F., Mierza, V., & Bakri, T. K. (2021). Brine Shrimp (*Artemia salina* Leach.) Lethality test of ethanolic extract from green betel (*Piper betle* Linn.) and red betel (*Piper crocatum* Ruiz and Pav.) through the soxhletation method for cytotoxicity test. Journal of Medical Sciences, 23(9A), 407-412. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6171>
- Niu, Y. (2014). Host-microbe interactions in brine shrimp *Artemia* cultured under gnotobiotic and conventional rearing conditions. Ghent Univeristy, Faculty of Bioscience Engineering, 194 s.
- Pechenik, J. A. (2015). Biology of the invertebrates. McGraw-Hill Education-Europe, 624 s.

- Piper, J. (2018). *Artemia*: A model specimen for educational microscopy projects in biological and ecological fields. *Microscopy Today*, 26(4), 12-19. <https://doi.org/10.1017/S1551929518000652>
- Planel, H., Gaubin, Y., Kaiser, R., & Pianezzi, B. (1980). The effects of cosmic rays on *Artemia* egg cysts: Report for national aeronautics and space administration. Laboratoire Medicale, Faculté de Médecine, Toulouse, France.
- Rajabi, S., Ramazani, A., Hamidi, M., & Naji T. (2015). *Artemia salina* as a model organism in toxicity assessment of nanoparticles. *Daru. Journal of Pharmaceutical Science*, 23(20), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s40199-015-0105-x>
- Redón, S., Berthelemy, N. J., Mutafchiev, Y., Amat, F., Georgiev, B. B., & Vasileva, G. P. (2015). Helminth parasites of *Artemia franciscana* (Crustacea: Branchiopoda) in the Great Salt Lake, Utah: first data from the native range of this invader of European wetlands. *Folia Parasitologica*, 62, 030, 16 s. <https://doi.org/10.14411/fp.2015.030>
- Rodríguez-Almaraz, G., Zavala, C., Mendoza, R., & Maeda-Martínez, A. M. (2006). Ecological and biological notes on the brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) from Carmen Island, Baja California Sur, México. *Hydrobiologia*, 560, 417-423. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1562-x>
- Ruebhart, D. R., Shaw G. R. (2008). Invasive character of the brine shrimp *Artemia franciscana* Kellogg 1906 (Branchiopoda: Anostraca) and its potential impact on Australian inland hypersaline waters. *Marine and Freshwater Research*, 59(7), 587-595. <https://doi.org/10.1071/MF07221>
- Scalone, R., Rabet, N. (2013). Presence of *Artemia franciscana* (Branchiopoda, Anostraca) in France: morphological, genetic, and biometric evidence. *Aquatic Invasions*, 8, 67-76. <https://doi.org/10.3391/ai.2013.8.1.08>
- Scoultchi, A. I., Morowitz, H. J. (1964). Information storage and survival of biological systems at temperatures near absolute zero. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 37, 158-163.
- Serrao, C., Marques-Santos, L. F. (2023). The genus *Artemia*, the nanoplastics, the microplastics, and their toxic effects: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(35), 80325-80350. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27868-4>
- Shen, Ch.-Y., Liu, Ch., Wu, X., Yao, L., Meng, X., Xia, L., Wang, P. Zh., Li, W., Eimanifar, A., & Asem, A. (2021). First record of the invasive American *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 (Branchiopoda, Anostraca) at the South China Sea coast of China. *Crustaceana*, 94, 647-650. <https://doi.org/10.1163/15685403-bja10113>
- Simon, S. A. (1983). Locomotory activity of the brine shrimp *Artemia*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 75A(2), 193-199. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(83\)90069-5](https://doi.org/10.1016/0300-9629(83)90069-5)
- Sklenář, Z., Dvořák, P., & Beňová K. (2006). Možnosti využití biotestu s *Artemia salina* při studování toxikologických účinků inhibitorů cyklindependentních kináz. *Klinická farmakologie a farmacie*, 20, 62-65.
- Seale, A. (1933). The brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 63, 129-130. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1933\)63\[129:TBSAAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1933)63[129:TBSAAA]2.0.CO;2)
- Sládeček, V., Sládečková, A., & Ambrožová, J. (1997). *Thamnocephalus platyurus* jako testovací mechanismus, 97-99. In: *Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí (Sborník referátů)*. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický Vodňany a Aquachemie Ostrava.
- Sorgeloos, P. (1972). The influence of light on the growth of larvae of the brine shrimp, *Artemia salina* L. *Biologisch Jaarboek*, 40, 317-322.
- Sorgeloos, P., Baeza-Mesa, M., Claus, C., Vandeputte, G., Benijts, F., Bossuyt, E., Bruggeman, E., Persoone, G., & Versteche, D. (1977). *Artemia salina* as live food in aquaculture, In: *Fundamental and applied research on the brine shrimp Artemia salina (L.) in Belgium*. Jaspers, E. (Ed.). Special Publication European Mariculture Society 2, 37-46.
- Souza, C. R., Souza-Silva, G., Silva, F. V. M., Cardoso, P. V. R., Lima, W. D. S., Pereira, C. A. J., Mol, M. P. G., & Silveira, M. R. (2024). Ecotoxicological studies of direct and indirect genotoxicity with *Artemia*: a integrative re-

- view. *Journal of Environmental Sciences and Health, Part A, Toxic/hazardous substances and environmental engineering*, 59(6), 305-320. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2384216>
- Sychra, J., Merta, L., & Zavadil, V. (2017). Branchiopoda (lupenonožci). Červený seznam vířníků, kroužkovců, měkkýšů a členovců (kromě hmyzu), 86-89. In: Hejda, R., Farkač, J., Chobot, K. (Eds.), Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Příroda, 36, 1-612. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Szara, M., Baran, A., Klimkowicz-Pawlas, A., & Tarnawski, M. (2020). Ecotoxicological characteristics and ecological risk assessment of trace elements in the bottom sediments of the Rożnów reservoir (Poland). *Ecotoxicology*, 29(1), 45-57. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02137-8>
- Šilhavá, T. (2015). Ekotoxikologické hodnocení léčiva Diazepam (rigorózní práce), nepublikováno. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra farmaceutické botaniky a ekologie, 54 s.
- Tiong, I., Lau, Ch. Ch., Taib, M. I. M., et al. (2024). Artemia as a model organism in stress response studies: current progress and future prospects. *Marine Biology*, 172, 16. <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04569-1>
- Tomkins, S. (2000). A review of the brine shrimp, *Artemia* spp., for teaching practical biology in schools and colleges. *Journal of Biological Education*, 34(3), 117-122. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655700>
- Tunsutapanich, A. (1979). Cyst production of *Artemia salina* in salt ponds in Thailand. FAO Working Paper, THA/75/008/79/WP/9.
- Van Stappen, G. (1996). Introduction, biology and ecology of *Artemia*, 79-106. In: 361 Manual on the production and use of live food for aquaculture. Lavens, P., Sorgeloos, P. (Eds.), FAO Fisheries Technical Paper 361. FAO, Rome.
- Vos, J. (1979). Brine shrimp (*Artemia salina*) inoculation in tropical salt ponds: a preliminary guide for use in Thailand. FAO Working Paper, THA/75:008/79/WP/4.
- Vyhláška č. 395/1992 Sb. ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.
- Ward-Booth, K., Reiss, M. (1988). *Artemia salina*: an easily cultured invertebrate ideally suited for ecological studies. *Journal of Biological Education*, 22(4), 247-251. <https://doi.org/10.1080/00219266.1988.9654995>
- Wolfe, A. F. (1973). Observations on the clasping behaviour of *Artemia salina*. *American Zoologist*, 13, 472.
- Wang, Y., Zhang, D., Zhang, M., Mu, J., Ding, G., Mao, Z., Cao, Y., Jin, F., Cong, Y., Wang, L., Zhang, W., & Wang, J. (2019). Effects of ingested polystyrene microplastics on brine shrimp, *Artemia parthenogenetica*. *Environmental Pollution*, 244, 715-722. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.024>

Webové stránky

<https://www.paulding.k12.ga.us/cms/lib010/GA01903603/Centricity/Domain/540/artemiashrimpinquiry2014.pdf>
<https://www.fao.org/4/ac062e/ac062e03.htm>