UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř

Slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)* jako modelový organismus ve výuce biologie

Bakalářská práce

Klára Stržínková

Studijní program: 1501 R Biologie

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání – Geografie se zaměřením na vzdělávání

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Ivona Uvírová, Ph.D.

Olomouc 2021

© Klára Stržínková, 2021

Stržínková, K: Slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)* jako modelový organismus ve výuce biologie. Bakalářská práce, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř PřF UP v Olomouci, 75 stran, 1 příloha, česky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá studiem slávičky mnohotvárné v rámci laboratorního chovu. Cílem práce je sepsat rešerši věnovanou životnímu cyklu a biotopovým nárokům slávičky mnohotvárné se zaměřením na veligerová stádia a popsat podmínky pro vytvoření experimentálního laboratorního chovu slávičky mnohotvárné a výhody, které chov může přinést žákům ve výuce biologie. V práci nalezneme informace o slávičce mnohotvárné jako invazivním druhu. Práci doplňují pracovní listy, které jsou určeny pro výuku biologie na školách.

Klíčová slova: slávička mnohotvárná, *Dreissena polymorpha*, životní cyklus, laboratorní chov, výuka biologie

Stržínková, K: Slávička mnohotvárná *(Zebra mussel (Dreissena polymorpha)* as a model organism in Biology teaching. Bachelor Thesis, Department of Zoology and Laboratory of Ornithology, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 75 pp., 1 appendix, in Czech.

Abstract

The bachelor thesis studies the zebra musel in a laboratory rearing. The thesis describes the conditions for the creation of experimental laboratory rearing of the zebra musel and the benefits the rearing may bring to students in Biology lessons. The aim of the paper is to present a basic literature review dedicated to the lifecycle and the habitat preference of the zebra musel, focusing on the veliger stages. The thesis provides information about the zebra mussel as an invasive species. Additionally, the thesis contains worksheets suitable for Biology lessons at schools.

Key words: zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, life cycle, laboratory breeding, teaching of Biology

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Ivony Uvírové, Ph.D. a jen s použitím citované literatury a informačních zdrojů.

V Olomouci, dne……..... Podpis ……

Poděkování

Zde bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce RNDr. Ivoně Uvírové, Ph.D. nejprve za umožnění vypracovávat bakalářkou práci na toto téma a dále za její cenné odborné rady, konzultace, komunikaci, skvělou spolupráci, trpělivost a podporu při psaní této práce. Také bych ráda poděkovala RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr. za mlynářské hedvábí, díky kterému jsem mohla pozorovat veligery a zapůjčení chovných akvárií. Dále bych ráda poděkovala RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za jeho pomoc při odběrech vody a lovu drúz z hloubky na olomouckém přírodním koupališti Poděbrady. A na závěr bych chtěla poděkovat mojí rodině za hmotnou i psychickou podporu během mého studia.

Obsah

1. Úvod 9
1.1 Cíle práce 9
2. Problematika 10
2.1 Taxonomické zařazení 10
2.2 Rozšíření 10
2.3 Morfologie 11
2.4 Anatomie 12
2.5 Biotopové nároky 13
3. Rešerše 14
3.1 Invazivní druh 14
3.2 Rozmnožování a životní cyklus 15
4. Experimentální část 20
4.1 Metodika 20
4.1.1 Lokalita sběru 20
4.1.2 Příprava akvárií 21
4.1.3 Výběr krmiva 22
4.1.4 Umístění jedinců do akvária 25
4.1.5 Měření jedinců experimentálního chovu 27
4.1.6 Detekce veligerů 28
4.2 Výsledky 31
4.2.1 První experimentální chov v laboratorních podmínkách od 14. 10. 2019 31
4.2.2 Druhý experimentální chov v laboratorních podmínkách od 10. 07. 2020 35
4.2.3 Třetí experimentální chov v laboratorních podmínkách od 17. 08. 2020 36
4.2.4 Experimentální bezúdržbový chov 37
4.2.5 Experimentální chov v lednici 38
4.2.6 První pokus rychlosti růstu jedinců ve třech experimentálních akváriích 38
4.2.7 Druhý pokus rychlosti růstu jedinců ve třech experimentálních akváriích 41
4.2.8 Detekce veligerů 45
4.3 Pracovní listy pro výuku biologie 49
4.4 Pracovní list - Pitva slávičky mnohotvárné 54
5. Diskuse 57
6. Závěr 60
7. Seznam internetových zdrojů a literatury 61
8. Seznam tabulek 64

9. Seznam obrázků 65
10. Přílohy 67
10.1 Řešení pracovních listů 67

1. Úvod

Bakalářská práce přibližuje možnosti aktivní výuky mlžů jako významné skupiny vodních bezobratlých živočichů. V dnešní době je při výuce biologie velmi ceněn kontakt s živými organismy, který napomáhá rozvoji zájmu o studium. Osobní kontakt studentů se studovanými objekty je nejvhodnější formou výuky živých organismů. Laboratorní chovy modelových organismů jsou často časově a finančně náročné. U některých laboratorních druhů se můžeme setkat s obtížnou dostupností vybraných zvířat. Tato práce je inspirací a návodem pro pedagogy základních a středních škol pro chov *Dreissena polymorpha.* Slávička mnohotvárná je jedinečným mlžem, který má zajímavý životní cyklus a řadíme ji mezi významné invazivní druhy vodních biotopů v České republice. Tento mlž je v České republice snadno dostupný a není zákonem chráněným druhem, proto je vhodným druhem pro školní chovatelské účely. Většina žáků a studentů se naživo s mlži v České republice běžně nesetká, což pokládám za nedostatek.

1.1 Cíle práce

- Provést rešerši věnovanou životnímu cyklu a biotopovým nárokům *Dreissena polymorpha*.
- Zhodnotit možnosti experimentálního chovu *Dreissena polymorpha* v laboratorních podmínkách.
- Zhodnotit potenciál *Dreissena polymorpha* jako modelového druhu ve výuce biologie a navrhnout pracovní listy.
- Navrhnout postup pitvy *Dreissena polymorpha*.a vypracovat výukové materiály (pracovní listy)

2. Problematika

2.1 Taxonomické zařazení

Tabulka 1: Taxonomické zařazení *Dreissena polymorpha* (HORSÁK a kol, 2013)

kategorie	latinský název	český název
říše	*Animalia*	živočichové
kmen	*Mollusca*	měkkýši
třída	*Bivalvia*	mlži
čeleď	*Dreissenidae*	slávičkovití
rod	*Dreissena*	slávička
druh	*Dreissena polymorpha*	slávička mnohotvárná

2.2 Rozšíření

První záznam o slávičce mnohotvárné (*Dreissena polymorpha)* pochází z roku 1771, kdy ji popsal ruský přírodovědec Pyotr Simon Pallas na základě objevené populace v povodí Kaspického moře (NATURA BOHEMICA, 2008). Z této oblasti se postupně rozšířila po celé Evropě a Severní Americe. Vyskytuje se jak ve sladkovodních tocích a nádržích, tak i ve vodě brakické při pobřeží delt řek. Původním biotopem výskytu byly pouze oblasti delt s brakickou vodou, odkud byla postupně zavlečena do nových lokalit proti proudu řek se sladkou vodou (ZICHÁČEK, 2011). Jelikož je slávička mnohotvárná schopna žít ve slané i sladké vodě, tak ji řadíme mezi tzv. euryhalinní živočichy (McMAHON, 1996). Vysoká přizpůsobivost a nenáročnost k prostředí umožnila osídlení nových lokalit.

Obecně určujeme dva hlavní typy šíření jedinců. Zaprvé uchycením jedinců a vytvoření kolonií drúz na trupech lodí, kdy dospělci žijí přisedle na pevném podkladu trupu a při rozmnožování se tvoří ve vodě volně plovoucí larvy tzv. veligery, které následně usednou a osídlí novou lokalitu. Pomocí lodní dopravy jsou jedinci unášeni na velké vzdálenosti a uměle dopraveni na nové lokality. Zadruhé „migrací" jedinců pomocí jiných vodních živočichů a vodního ptactva (McMAHON, 1996). Dále dochází k umělému rozšiřování pomocí lidské činnosti. Zde řadíme přenos na rybářské náčiní, hydroplánech a pomocí balastní vody, která slouží k vyvažování lodí (CARLTON, 1993). K přirozenému šíření na nové lokality velmi

snadno dochází během vysokého průtoku řek v období povodňové aktivity (UVÍROVÁ, 2007).

V České republice na ni můžeme narazit v řece Labe a v polabských pískovnách, kde je silně přemnožená. Byla zde zavlečena z Německa (HORSÁK a kol, 2013) lodní dopravou a vodním ptactvem (PMO, 2015). Dále ji najdeme v povodí řeky Moravy a Dyje (BERAN, 1998). Často se vyskytuje v zatopených pískovnách (BERAN, 2002) a lomech (TOŠENOVSKÝ a kol, 2008). Na Slovensku ji můžeme pozorovat v Podunají (HORSÁK a kol, 2013). Slávička mnohotvárná byla zavlečena také do Severní Ameriky, a to v roce 1987 (McMAHON, 1996), najdeme ji například na řece Detroit nebo řece Saginaw (RAM a kol, 2011). Rychlost osídlování souvisí se schopností masivního rozmnožování. (RAM a kol, 2011).

2.3 Morfologie

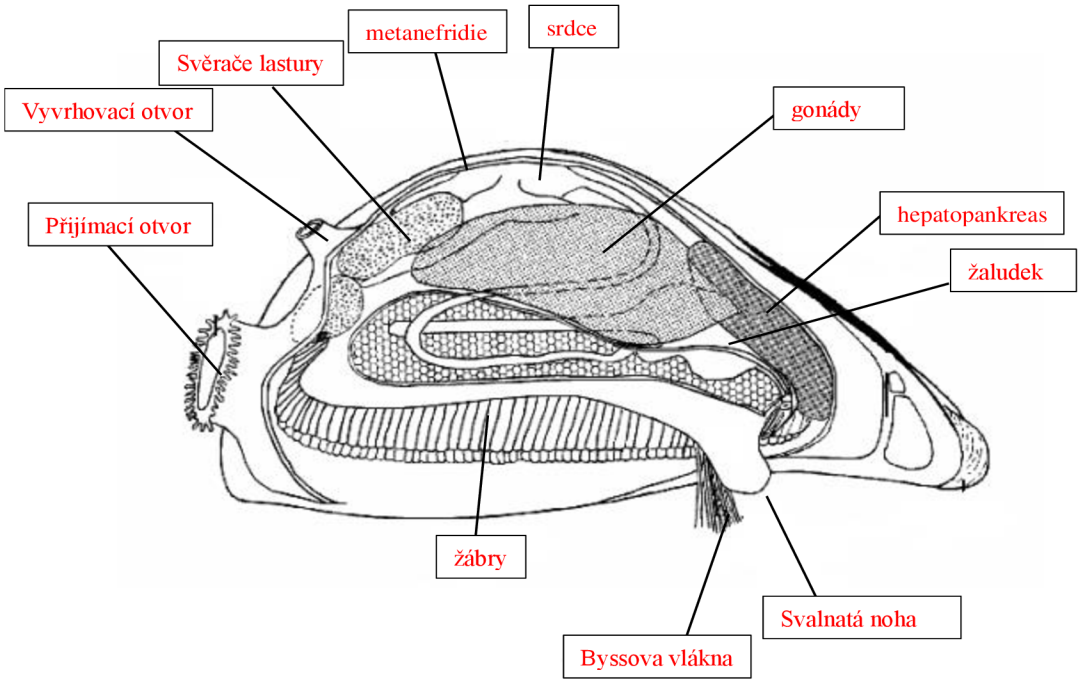
Slávičku mnohotvárnou řadíme do třídy mlži. Její tělo je měkké, nečlánkované, bez končetin a hlavy. Celé tělo je kryto schránkou označovanou jako lastura *(valva)* a tvořenou ze dvou dílů. Lastura je tvořena ze silných stěn složených z krystalků aragonitu (uhličitanu vápenatého). Schránka slávičky je trojúhelníkovitého tvaru, bilaterálně souměrná a ukrývá laterálně zploštělé tělo se svalnatou nohu. Oba díly lastury jsou u sebe pevně drženy bezzubým zámkem, vazy a silnými svaly (HOLC a HOLCOVÁ, 2014). Ligament je vaz spojující hřbetní části lastury a slouží k otevírání spodní části lastury. Antagonistou ligamentu jsou přední a zadní adduktor, kteří slouží k zavírání spodní části lastury (COLDREY, 1993). Schránka je nejčastěji žlutošedá s tmavohnědými klikatými proužky. Maximální délka jedince je 40 mm, šířka 15 mm a tloušťka 17 mm (MACKIE a SCHLOESSER, 1996); (BERAN, 1998). U populací z rozdílných biotopů se fenotyp (barva a struktura) může odlišovat v důsledku biotopových charakteristik daného vodního prostředí (SERGEEVA, 2008).

Dreissena polymorpha přisedá na pevné podklady, obvykle se hromadí ve větším počtu na jednom místě/podkladu a tyto koloniální shluky označujeme pojmem „drúzy“ (KOLIBÁČ a kol., 2019). S vnějším prostředím může jedinec skrz schránku komunikovat prostřednictvím tří otvorů, a to přijímacím (neboli inhalačním), vyvrhovacím (neboli exhalačním) a otvorem pro vysouvání svalnaté nohy, která slouží k pohybu. Inhalačním otvorem slávička nasává vodu spolu s částečky potravy. Otvor exhalační slouží k vylučování vody a nestrávených zbytků potravy. Dále na lastuře najdeme ve vrcholové oblasti tzv. umbo, u kterého začíná růst lastury a tato část je tak považována za nejstarší část lastury (CLAUDI a MACKIE, 1994).

Dalším charakteristickým znakem jsou tzv. byssova vlákna, které vylučují byssovy žlázy, pomocí kterých se slávička mnohotvárná přichytává ke kamenům a jiném pevnému podkladu (HOLC a HOLCOVÁ, 2014). Byssovy žlázy se nacházejí v blízkosti svalnaté nohy (ZICHÁČEK, 2012).

2.4 Anatomie

Jednovrstevný epitel u mlžů tvoří pokožku a plášť. Plášť slávičky vylučuje vápenitou schránku trojhranného tvaru. Pohybová svalovina se nachází ve svalnaté noze. Dalšími svaly mlžů jsou zatahovače a svěrače. Nervová soustava mlžů je soustředěná v zauzlinách v hlavě, noze a plášti. Trávicí soustava má podobu trávicí trubice, do které ústí hepatopankreas. Trávicí trubice je členěna na ústa, slinné žlázy, vole, žaludek, hepatopankreas, střevo, konečník a řiť. Potrava se do úst dostává filtrací vody s živinami pomocí inhalačního otvoru. K filtraci potravy dochází pomocí řasinek, které najdeme v ústech, žaludku a ve střevě (CLAUDI a MACKIE, 1994). Přebytečná voda a odpad odchází z těla pryč pomocí exhalačního otvoru. Dýchací soustava je složena z žaber. Mlži mají otevřenou oběhovou soustavu s komorovým srdcem v osrdečníku. Slávičky mnohotvárné jsou gonochoristé, jedná se tedy o jedince odděleného pohlaví (PAPÁČEK a kol, 2000).



Obr. 1: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převzato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

2.5 Biotopové nároky

Původním biotopem *Dreissena polymorpha* byla brakická voda, ale postupně se přirozenou a umělou cestou rozšířila do sladkovodních biotopů (ZICHÁČEK, 2012). Nadmořská výška obývaných stanovišť je od 0 do 400 m n. m., ve vyšší nadmořské výšce se vyskytuje ojediněle (BERAN, 1998). Mezi obvyklé biotopy výskytu řadíme pomalu tekoucí toky a stojaté vody, jako jsou jezera, rybníky a jiné nádrže (BERAN, 1998).

Slávičky se v dospělosti usazují na tvrdé povrchy anorganického i organického původu. Vyskytují se na kamenech, dřevě, povrchu lastur jiných druhů mlžů nebo krunýřů jiných živočichů (BOBAT, 2019). Vysoká plodnost, časná dospělost a rychlý růst je určitým typem adaptace na život v nestabilním stanovišti (McMAHON, 1996).

Slávička se živí fytoplanktonem a zooplanktonem jako jsou vířníci, perloočky a buchanky (JACK a THORP, 2000).

3. Rešerše

3.1 Invazivní druh

Pod pojmem invazivní druh označujeme nepůvodní druhy, které žijí v nepůvodních ekosystémech a představují veliký problém, související s masivním přemnožením na dané lokalitě a vytlačování původních druhů (LOCKWOOD a kol, 2008).

Slávičky jsou považovány za ekologické a ekonomické škůdce biotopů. Vykazují typickou populační dynamiku invazivních druhů u nově osídlených lokalit (WALKER, 1991). Mezi ekonomické škody způsobené slávičkou mnohotvárnou řadíme škody v provozu vodních elektráren, ucpávání potrubí, škody v provozu čistíren odpadních vod a chovných rybnících (GÉBA a kol, 2021). V Severní Americe každoroční odstraňování *Dreissena polymorpha* stojí ekonomiku miliony korun (BOBAT, 2019). Ekologickými škůdci jsou z důvodu vysoké míry reprodukce, schopnosti přilnout k objektům, vysoké kapacitě filtrování planktonu a invazivnímu potencionálu (McMAHON, 1996).

Průměrný jedinec slávičky mnohotvárné (1–2 cm) za den přefiltruje 2 litry vody. Nadměrnou filtrací významně ovlivňuje množství fytoplanktonu v jezerech a řekách vzniklý nadbytečný nestrávený odpad slávičky slouží jako hnojivo pro rostliny. Slávička filtruje mnohem více materiálu, než je schopna sama zpracovat, takže vzniká přefiltrovaný nestrávený odpad, čímž zvyšuje množství biomasy a přispívá v krajním případě až k tvorbě vodního květu (BOBAT, 2019). Při přemnožení sláviček dochází k eutrofizaci vody a anoxii prostředí, což vede ke zničení původních stanovišť (GHERARDI, 2007). Anoxie prostředí znamená nedostatek kyslíku, který ve vodní prostředí vede k celkovému vymření všeho živého.

Dalším problémem je, že slávičky z vodního sloupce filtrují živiny a částice o rychlosti 15-450 g/min, čímž způsobují zvyšující se průhlednost vody a snižování množství potravy pro ryby (MARSDEN, 1991). Se zvyšováním průhlednosti vody se zvyšuje problém s vyšším oteplováním vodního sloupce slunečním zářením (MARSDEN, 1991). Dalším ekologickým problémem je schopnost tvoření kolonií (drúz), které jsou schopné přisedat i na jiné vodní živočichy, čímž jim razantně ovlivňují schopnost pohybu a dýchání (raci, mlži a jiní) (BOBAT, 2019). V krajních případech dochází k udušení „hostitelských“ jedinců, na kterých žijí drúzy slávičky (SOUSA a kol. 2011).

Mimo jiné slávička mnohotvárná aktivně přetváří původní nehostinné prostředí na vhodné životní prostředí pro další nepůvodní druhy. Každý další nově příchozí nepůvodní druh způsobuje obvykle nezvratné změny v daném ekosystému (LOCKWOOD a kol, 2008).

3.2 Rozmnožování a životní cyklus

Slávičky mnohotvárné jsou gonochoristé (SPRUNG, 1987), u kterých probíhá ve vodním prostředí vnější oplození (PFLEGER, 1988). Aby došlo k rozmnožování, musí být samci a samice v bezprostřední blízkosti (LOCKWOOD a kol, 2008). Mezi jedinci probíhá synchronizované rozmnožování, které má periodický charakter (TOŠENOVKÝ a kol, 2008).

V Evropě se dochází k oplození v rozmezí teplot 10 až 17 °C (Sprung, 1992). Jiný autor uvádí, že reprodukce začíná, pokud zůstane po dobu jednoho až dvou týdnů teplota vody nad 10 °C a následné tření je stimulováno při teplotě vody 12 °C (MARSDEN, 1991).

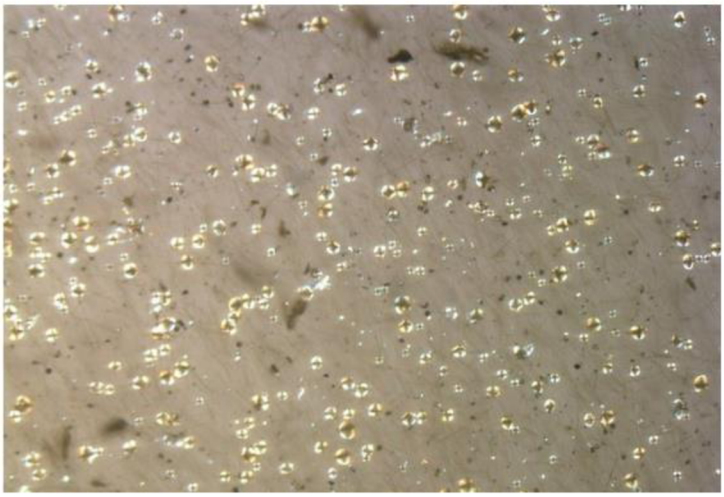
Růst lastur probíhá během období, kdy se teploty pohybují nad 11 °C, tato teplota se uvádí jako prahová hodnota pro aktivitu růstu. Při teplotách pod 11 °C slávičky zastavují růst (MORTON, 1969). Evropské studie uvádějí, že maximální prahová hodnota životaschopnosti je 30 °C. Slávička umírá, pokud je vystavena této teplotě 30 °C po delší dobu (TOURARI a kol., 1988).

O rychlostech růstu některé studie uvádí, že rychlost růstu závisí na aspektech místa výskytu, jako je například kvalita a kvantita potravy nebo teplota vody (UVÍROVÁ a kol, 2007). Maximální rychlost růstu lastury jedince je 1,5 cm za rok, přičemž maximální velikost lastury dosahuje 4 cm. U pomaleji rostoucí jedinců 1 cm za rok, je uváděná maximální dosažitelná velikost lastury 3,5 cm (MACKIE a SCHLOESSER, 1996). Průměrná délka života jedinců se pohybuje od 4 do 9 let (CLAUDI a MACKIE, 1994); (MORTON, 1969).

Životaschopnost larev ve vodním sloupci ovlivňuje rychlost proudění vody. Při zvýšení turbulencí vody dochází až 45 % úmrtnosti larev různých velikostí. Při zvýšení turbulencí vody dochází ke smrtelným nárazům a obrušování larev o předměty. Larvy s takto narušenou skořepinou jsou náchylnější k úmrtnosti (REHMANN a kol, 2003).

Veligery můžeme pozorovat ve všech vrstvách vodního sloupce, kde je dostatek kyslíku. Hloubka 5 m s koncentraci kyslíku 1,0 mg/l je hraniční pro výskyt veligerů (HOLOUBEK a kol, 2014).

Největší hustota veligerů na litr vody byla naměřena v červenci, a to 8,06 veligerů na litr vody. Nejmenší hustota veligerů v litru vody byla v dubnu a říjnu, průměrně 0,02 veligerů na litr vody. V ostatní měsících bylo průměrně 3,44 veligerů na litr vody (HOLOUBEK a kol, 2014). Tyto hodnoty vychází ze studie Kansaských vodních nádrží a poukazují na to, že odběr veligerů by měl být možný během celého roku, ale nejvhodnějším měsícem je červenec.
V letních měsících se nachází v nádržích největší množství potravy, což podporuje růst a rozmnožování (HOLOUBEK a kol, 2014).



Figure

Caption

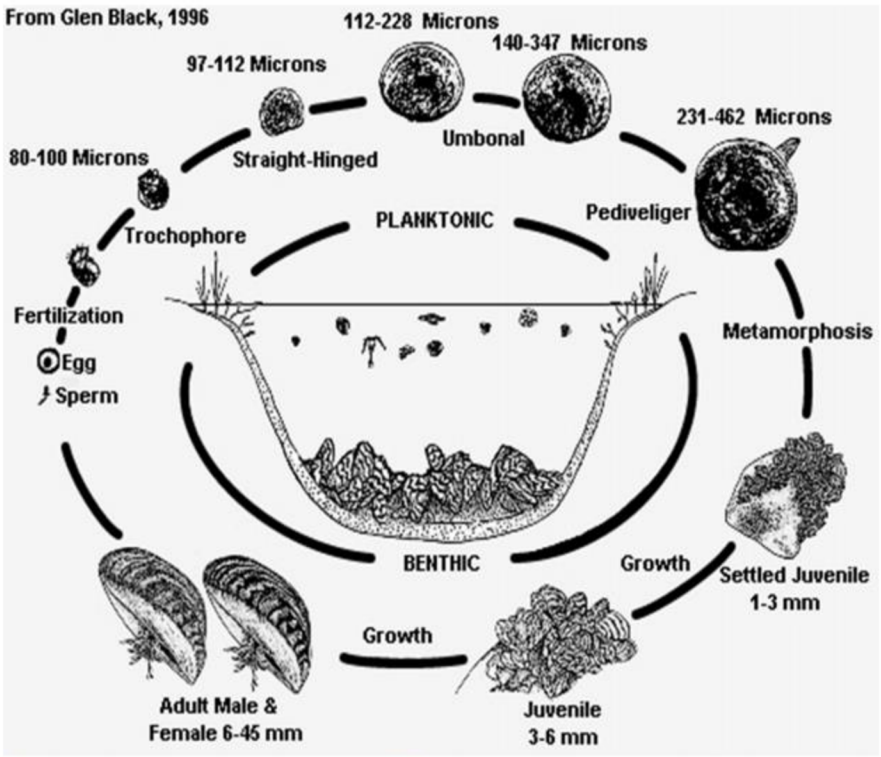
Figure 2. Cross-polarized light microscopy illuminates a particularly dense assemblage of zebra mussel veligers ranging in maturity from the young D-stage to the pediveliger stage that occurs just prior to settling on firm substrate. Photo by Chad Boeckman, used with permission.

This figure was uploaded by Nathan S. Holoubek

Content may be subject to copyright.

Obr. 2: Snímek veligerů slávičky mnohotvárné pomocí mikroskopu, převzato z: HOLOUBEK a kol, 2014.

Životní cyklus slávičky mnohotvárné je rozdělen na několik stádií dle velikosti a stáří jedince. Po tření dospělých jedinců dochází k oplození a vzniku vajíček. Z vajíček vyroste volně plovoucí larva označovaná jako trochophora nebo veliger. Veliger žije ve vodním sloupci 1 – 5 týdnu a poté se uchytí pomocí byssových vláken pevně k substrátu (HOLOUBEK a kol, 2014). Volně plovoucí stádium dosahuje velikosti do 0,5 mm. Postupně se veliger metamorfuje na dospělou formu přisedlou k podkladu. Dospělého přisedlého jedince můžeme objevit od velikosti 1 mm. Jedinci postupně rostou v pohlavně zralé jedince o velikosti 3-4 cm, kteří jsou schopni rozmnožování.



Obr. 3: Životní cyklus *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019.

Někteří vědci rozdělují larvální fáze na čtyři úrovně – 1. bez schránky ve tvaru D, 2. umbonal, 3. pediveliger, 4. plantigrade. Tyto čtyři úrovně jsou definovány na základě vývoje, tvaru, velikosti schránky a přítomností nebo nepřítomností chodidla a vela (JOHNSON a kol, 2019). Dle morfologie pláště (ACKERMAN, 1994) rozdělil stádia na 1. plantigrádní, 2. juvenilní a 3. branchisifonální. Jiní autoři larvální cyklus slávičky rozdělují na 3 růstové úrovně – 1. veliger (planktonní), 2. postveliger (planktonní) a 3. stádium usazení (bentická) (CLAUDI a MACKIE, 1994).

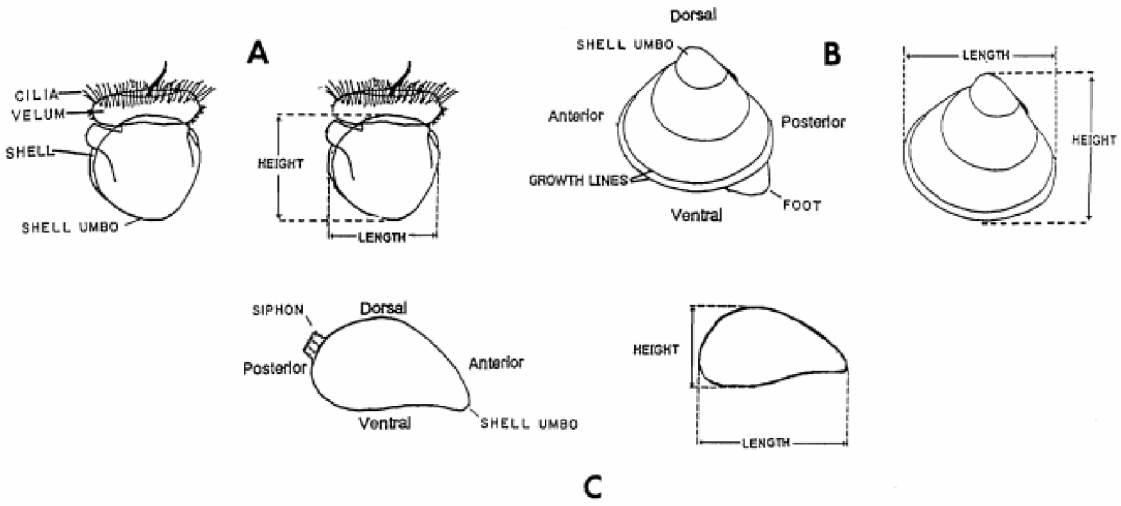
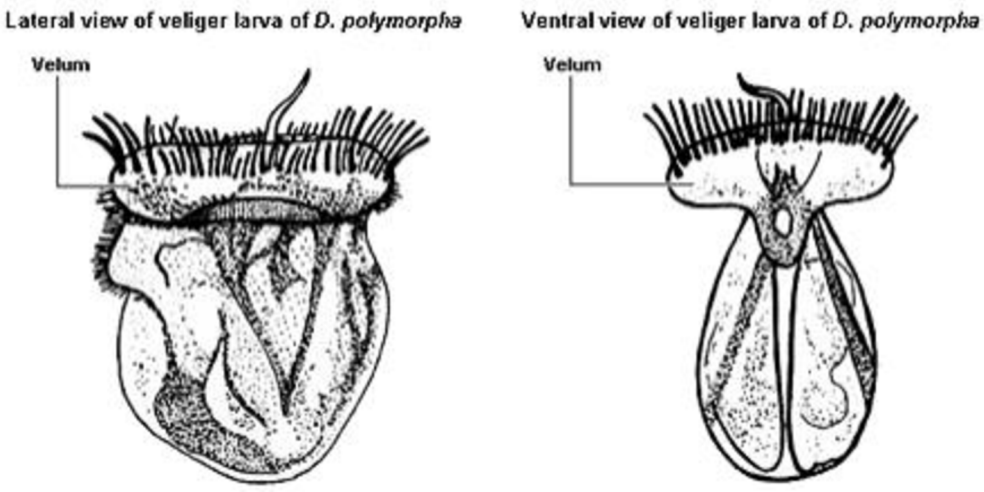


FIG. 1. (A) Veliger. (B) Clam-shaped larvae and juveniles. (C) Mussel-shaped juveniles.

Obr. 4: Schématický popis 3 stádií *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019.

Na tomto schématu můžeme vidět (A) popis veligera, který má označené umbo lastury, lasturu a velum s cíliemi. Cílie slouží k pohybu ve vodním sloupci. U juvenilního jedince (B) můžeme navíc oproti veligeru pozorovat na lastuře přírůstkové linie a nohu. Juvenilní jedinec už nemá velum a cílie (JOHNSON a kol, 2019). Larvální cyklus slávičky mnohotvárné trvá obvykle 4 týdny (CLAUDI a MACKIE, 1994).



Obr. 5: Schéma veliger + mikroskopický snimek *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019

Aspekt prostředí významně ovlivňuje složení jedinců různého stáří a velikostí na dané lokalitě. (UVÍROVÁ a kol, 2007). Například na Olomoucku byly pozorovány tři různé lokality výskytu a v každé se vyskytoval jiný poměr různě starých jedinců (TOŠENOVKÝ a kol, 2008).

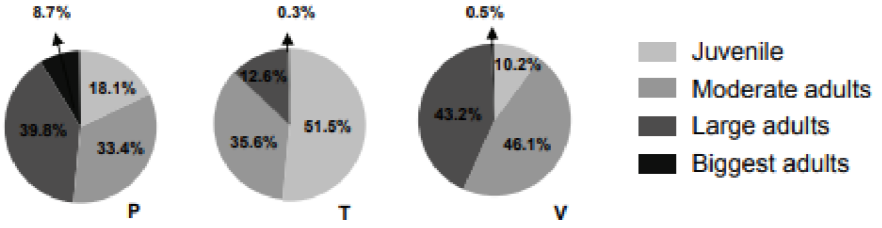


Fig. 3. Average populations size structures in the studied period expressed by percentage of four main size groups (juveniles 1-10 mm, moderate adults 11-20 mm, large adults 21-30 mm, biggest adults 31-42 mm) [P = Poděbrady; T = Troubky; V = Výkleky].

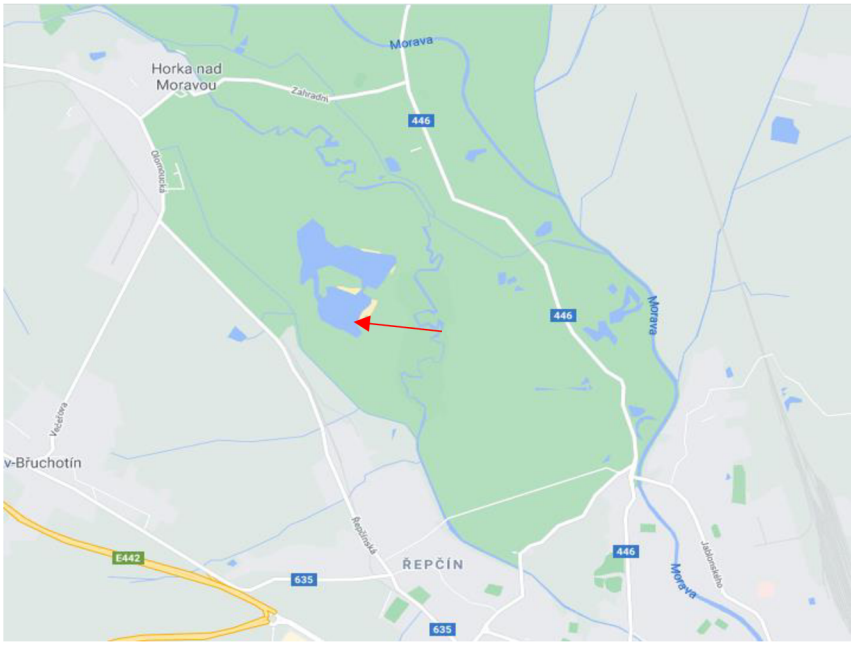
Obr. 6: Grafický poměr výskytu jedinců *Dreissena polymorpha*, převzato z: HOLOUBEK a kol, 2014

4. Experimentální část

4.1 Metodika

4.1.1 Lokalita sběru

Jedinci využití pro tři experimentální chovy byli odebráni v lokalitě Olomouc – Poděbrady. Lov není časově omezen, jelikož slávičky mnohotvárné se ve vodě nepohybují, ale žijí přisedle na pevném podkladu. Jedinci pro první experimentální chov byli loveni 14. 10. 2019, tito jedinci byli sbírání v drúzách na kamenech. Druhý experimentální chov byl založen 10. 07. 2020, odebrané drúzy byly na kamenitém a dřevitém podkladu. 17. 08. 2020 byli odebrány drúzy na kamenech pro třetí experimentální chov. Drúzy pro třetí experimentální chov byly odebrány v blízkosti pláže tamní restaurace. Drúzy pro první a třetí experimentální chovy byly odebrány z hloubky 2–3 metrů za pomoci potápěčského vybavení. Jedinci byli v různých velikostech od 0,5 do 3 cm. Jedinci nebyli velikostně selektováni z důvodu možného poškození zbylých jedinců. Ve všech případech byli jedinci urychleně převezeni v nádobách do chovné laboratoře. Celkem bylo pro jednotlivé experimentální chovy odebráno zhruba 2400 chovných jedinců.



Obr. 7: Mapa lokality Olomouc – Poděbrady s označením místa sběru jedinců, zdroj: www.mapy.cz

Obr. 8: Fotografie lokality Olomouc – Poděbrady s označením místa sběru jedinců

4.1.2 Příprava akvárií

Akvária byla umístěna ve sklepní laboratoři Katedry zoologie UP, která nejlépe splňovala podmínky pro chov. V laboratoři byla mírně proměnná nižší teplota, dostatek světla, elektrické a vodní připojení. Pro každý experimentální chov byla připravena 3 stejná akvária opatřena vzduchovacím zařízením. Akvária byla kvůli snížení otřesů umístěna na polystyrenovou podložku. Bílá polystyrenová podložka také zlepšuje viditelnost v akváriu. Do každého akvária bylo nalito 10 litrů vody do výšky hladiny asi 15 cm. Pro experiment byla použita voda z kohoutku, která byla před umístěním jedinců odstátá a přebublaná, pro odstranění chloru. Pro okysličování tří akvárií bylo použito výkonné vzduchovací zařízení kompresor TETRA APS 100 litrů/h.

Obr. 9: Vzduchovací zařízení, zdroj: www.superzoo.cz

Obr. 10: Připravená akvária pro vložení jedinců

4.1.3 Výběr krmiva

Pro tři akvária byly zvoleny tři různé druhy krmiv: SPIRULINA, SPIRULINA WAFERS, TETRAMIN.

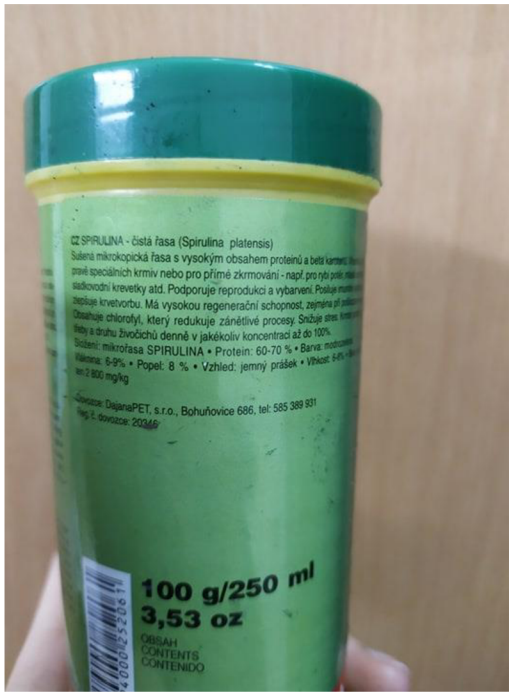
Složení krmiva pro akvárium č. 1 – SPIRULINA - mikrořasa *Spirulina*, 60-70 %, vláknina 6-9 %, popel 8 %, betakaroten 2800mg/kg. Prášková forma. (Obr. 11) a (Obr. 12)

Složení krmiva pro akvárium č. 2 – SPIRULINA WAFERS -sleďová moučka, sóa obiloviny, mykoprotein, rybí hydrolyzát, pšeničné klíčky, spirulina 5 %, špenát, brambory, rostlinné proteiny a minerály, povolená barviva. Forma tabletek – drceny na prášek. (Obr. 13) a (Obr. 14)

Složení krmiva pro akvárium č. 3 – TETRAMIN - ryby a vedlejší výrobky z ryb, obiloviny, sušené krmné kvasnice, vedlejší výrobky rostlinného původu, měkkýši a korýši, oleje a tuky, řasy, cukr, lecitin,vitaminy. Forma vloček – drceny na prášek. (Obr. 15)

Krmivo bylo dávkováno o hmotnosti menší než 1 gram, proto jsem váhu specifikovala pomocí čajové lžičky viz. následné fotografie.

Obr. 11: DajanaPET – spirulina



Obr. 12: DajanaPET – spirulina – složení

Obr. 13: DajanaPET – spirulina wafers

Obr. 14: DajanaPET – spirulina wafers/složení

Obr. 15: Krmení TetraMin – základní – složení

Obr. 16: množství krmné dávky - spirulina

Obr. 17: množství krmné dávky – spirulina wafers

Obr. 18: množství krmné dávky - TetraMin

4.1.4 Umístění jedinců do akvária

Po převozu z lokality sběru byly slávičky mnohotvárné opatrně omyty od přebytečných nečistot, a poté dány do akvárií včetně podkladů, na kterém byly vyloveny (Obr. 19). Během pár minut po umístění můžeme pozorovat vysokou aktivitu jedinců v podobě otevřených sifonů (Obr. 20).

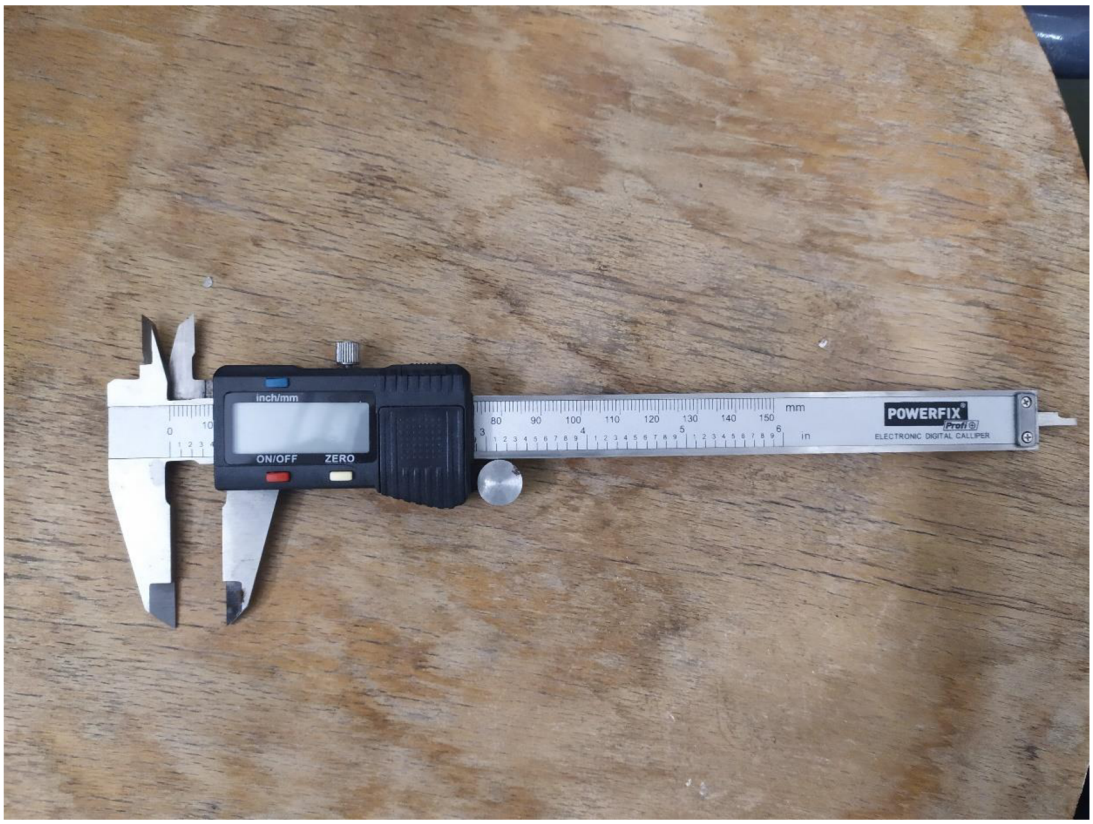
Obr. 19: *Dreissena polymorpha* – v připravených akváriích; foto K. Stržínková 2020

Obr. 20: *Dreissena polymorpha* - aktivní sifony; foto K. Stržínková 2021

4.1.5 Měření jedinců experimentálního chovu

K experimentálnímu měření jedinců potřebujeme nádobu pro chov a měřící přístroj. K měření bylo vybráno nejméně 15 chovných jedinců z každého experimentálního akvária. Do experimentálních akvárií byla umístěna speciální izolační nádoba. Za vhodnou izolační nádobou jsem zvolila porodní nádobu do akvárií. Tato nádoba je vodě propustná s otvory pro cirkulaci okysličené vody a zajišťuje kontakt izolovaných jedinců se zbytkem akvária. Zároveň tato nádoba zabraňuje pohybu jedinců mezi nádobou a akváriem. K měření jedinců bylo použito posuvné měřítko Měření se opakovalo s měsíční periodou.

Růst lastur probíhá v období během teplot nad 11 °C, přičemž v laboratorních podmínkách teplota vody obvykle pod tuto hodnotu neklesá.



Obr. 21: Posuvné měřítko; foto K. Stržínková 2020

Obr. 22: Izolační nádoba s jedinci v experimentálním akváriu; foto K. Stržínková 2020

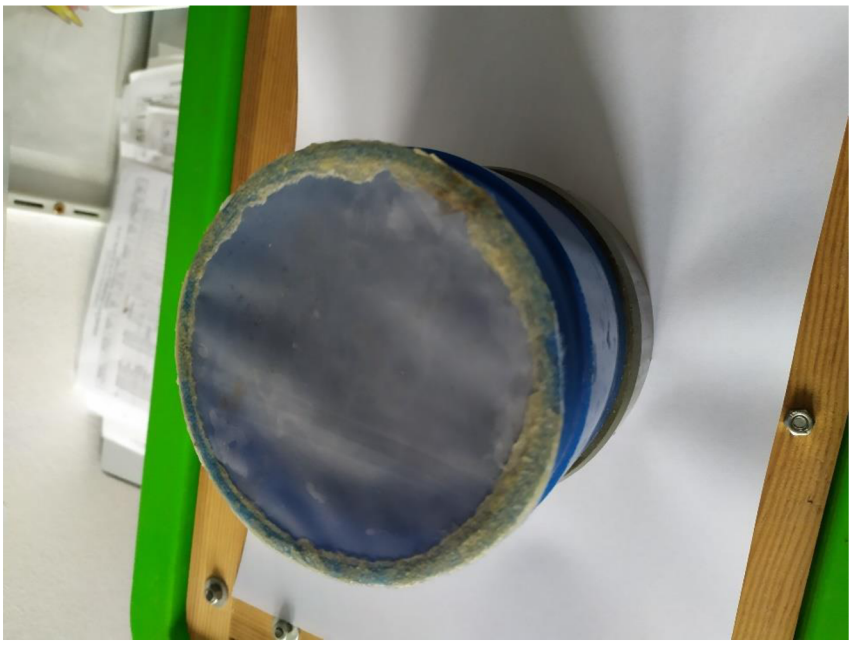
4.1.6 Detekce veligerů

Pozorovat larvální stádium slávičky jde od května do srpna. Veligery jsou volně pohyblivé ve vodním sloupci, proto je potřeba vytvořit si síto na vodu s velmi vysokou hustotou ok, které nám veligery zachytí. Velikost volně plovoucího stádia veligerů se udává do 0,1 mm. V experimentálním chovu jsou počty larválního stádia nižší než ve volné přírodě. Přes vytvořené síto s velikostí ok 0,03 mm postupně na etapy přefiltrujeme alespoň polovinu vody z celkového objemu akvária, což v našem případě znamená 5 litrů. Následný filtrát pomocí střičky spláchneme na misku a pozorujeme pomocí lupy. Po nalezení veligeru přeneseme jedince na podložní sklíčko a pozorujeme pomocí mikroskopu.

Filtrační síto si vytvoříme z kusu plastové trubky, na kterou přichytíme plátýnko mlynářského hedvábí. Mlynářské hedvábí nám dokáže zachytit jedince od 0,03 mm Plátýnko přichytíme na trubku pomocí kovového kroužku, pomocí lepidla nebo napneme pomocí gumy do vlasů. Síto z mlynářského hedvábí má dostatečnou hustotu, aby veligery zachytilo.

Obr. 23: Filtrační síto na veligery, uchyceno gumou; foto K. Stržínková 2020

Obr. 24: Filtrační síto na veligery; majitel RNDr. Vladimír Uvíra, Dr; uchyceno kovovým kroužkem; foto K. Stržínková 2020



Obr. 25: Filtrační síto; majitel RNDr. Vladimír Uvíra Dr; uchyceno lepidlem; foto K. Stržínková 2020

4.2 Výsledky

4.2.1 První experimentální chov v laboratorních podmínkách od 14. 10. 2019

Jedinci pro tento chov byli odebráni z nádrže Poděbrady 14. 10. 2019. Velikost použitých jedinců se pohybovala od 0,2 mm do 3 cm. Díky hustému nahloučení sláviček mnohotvárných na kamenech jsem nemohla přesně určit počet jedinců v jednotlivých akváriích, ale snažila jsem se mít v akváriích přibližně srovnatelný počet jedinců. Odhadem bylo v každém akváriu okolo 200 jedinců.

V následující tabulce č. 2 jsou zaznačená data krmení a čištění akvárií, informace o počtu úhynů a teplotě vody. Všechna akvária byla umístěná ve sklepní laboratoři Zoologické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, tudíž měla shodné teplotní a světelné podmínky. Světlo bylo zajištěno formou zářivek v místnosti, které byly pomocí časovače nastaveny tak, aby přes den svítily a v noci byly zhasnuty. Dále ve všech akváriích bylo umístěno vzduchování, které fungovalo nepřetržitě 24 hodin denně.

Za dobu pozorování se teplota vody v akváriích pohybovala v rozmezí 10–20 °C. Teplota byla ručně zaznamenávána dle mých možností, a to obvykle v dopoledních nebo odpoledních hodinách. Předpokládám, že noční teploty byly nepatrně nižší. Místnost, ve které byla akvária umístěna, měla uzavřené radiátory a otevřená okýnka pro přirozenou cirkulaci a teplotu vzduchu. Snažila jsem se přiblížit laboratorní podmínky chovu k přirozeným podmínkám výskytu jedinců.

Záznam prvního experimentálního chovu trval od 13. 11. 2019 do 15. 12. 2020. Od 02. 03. 2020 zůstala chovná akvária dva měsíce bez krmiva a čištění. Následně 18. 05. 2020 v akváriu č. 1 přežilo 37 jedinců, v akváriu č. 2 48 jedinců a v akváriu č. 3 31 jedinců.

Dále jsem 18. 05. 2020 z každého ze sledovaných akvárií jsem odebrala vzorky vody a zkoumala, zda se v některém z akvárií nevyskytují larvální stádia *Dreissena polymorpha.* Bohužel v žádném z akvárií jsem veligery neobjevila. Po odběru vzorků k detekci veligerů jsem následně z akvárií vybrala uhynulé kusy, vyčistila je od nečistot, doplnila vodu a pokračovala se zbylými jedinci v chovu. V dalších týdnech jsem opakovaně odebírala vzorky vody z akvárií pro detekci veligerů, všechny pokusy skončily bez nálezu.

Ve všech akváriích jedinci *Dreisseny polymorphy* prospívali bez problémů, jen občas došlo k úhynu jedinců v řádu jednotek kusů. Nejmenší celkový počet úhynů byl v akváriu č. 2. Největší počet úhynů byl v akváriu č. 1. Při prvním čištění jsem objevila v akváriu č. 2 větší počet uhynulých jedinců. Při druhém čištění se zvýšená úmrtnost neopakovala.

Do těchto výsledků nejsou zahrnuty počáteční úhyny, které vznikly transportem a manipulací při vytvoření experimentálních skupin, jelikož by zkreslily výsledky.

15. 12. 2020 byl první experimentální chov ukončen z důvodu nízkého počtu živých jedinců.

Tab. 2: První experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Č.	DATUM	TEPLOTA [°C]	POČET ÚHYNŮ			Krmení[K]/ Čištění [Č]
			Akvárium č.1	Akvárium č.2	Akvárium č.3	
1.	13. 11. 2019	16	-	-	-	K
2.	15. 11. 2019	16	-	-	-	K
3.	20. 11. 2019	17	1	1	1	K
4.	25. 11. 2019	16	-	1	-	K
5.	02. 12. 2019	14	-	-	-	K
6.	04. 12. 2019	14	1	5	-	Č
7.	05. 12. 2019	13	-	-	-	K
8.	10. 12. 2019	15	-	-	-	K
9.	16. 12. 2019	15	-	-	-	K
10.	19. 12. 2019	14	-	1	1	K
11.	06. 01. 2020	12	-	-	-	K
12.	14. 01. 2020	12	1	-	-	K
13.	21. 01. 2020	13	1	-	2	K
14.	24. 01. 2020	12	-	-	-	K
15.	29. 01. 2020	13	1	-	-	K
16.	30. 01. 2020	12	2	-	-	Č
17.	04. 02. 2020	15	-	-	-	K
18.	10. 02. 2020	14	-	-	1	K
19.	13. 02. 2020	13	-	-	-	K
20.	18. 02. 2020	12	1	-	1	K
21.	21. 02. 2020	13	3	2	-	K
22.	27. 02. 2020	15	-	-	2	K
23.	02. 03. 2020	16	2	-	3	K
24.	18. 05 .2020	17	141	113	155	K+Č
25.	27. 05 .2020	16	4	10	5	K
26.	02. 06. 2020	17	5	8	4	K
27.	14. 06. 2020	18	-	3	2	K
28.	22. 06. 2020	15	2	-	-	K

29.	31. 06. 2020	16	3	2	1	K+Č
30.	10. 07. 2020	16	5	-	2	K
31.	15. 07. 2020	14	-	1	5	K
32.	24. 07. 2020	17	2	-	2	K
33.	31. 07. 2020	19	5	2	-	K
34.	14. 08. 2020	20	1	7	4	K+Č
35.	25. 08. 2020	19	2	2	1	K
36.	10. 09. 2020	18	-	-	-	K
37.	15. 09. 2020	20	-	-	-	K
38.	23. 09. 2020	17	-	3	-	K
39.	09. 10. 2020	18	3	5	-	K+Č
40.	22. 10. 2020	17	4	4	3	K
41.	03. 11. 2020	17	-	-	-	
42.	13. 11. 2020	14	-	-	-	
43.	15. 12. 2020	12	ÚHYN 1 PŘEŽILO 1	ÚHYN 2 PŘEŽILO 1	ÚHYN 6 PŘEŽILO 2	ZRUŠENÍ CHOVU

Značka K znamená v tabulce, že daný den viz datum proběhlo v akvárium krmení. Značka Č značí v tabulce čištění akvárií k danému datu. Značka K+Č znamená, že v daný den v akváriích proběhlo jak krmení, tak čištění.

4.2.2 Druhý experimentální chov v laboratorních podmínkách od 10. 07. 2020

Jedinci pro tento chov byli odebráni z nádrže Poděbrady 10. 07. 2020. Velikost jedinců se pohybovala od 0,2 mm do 3 cm. Odebrala jsem jedince na dřevěném podkladu, kamenech a na hokejovém puku. Díky hustému nahloučení sláviček mnohotvárných na podkladu jsem nemohla přesně určit počet jedinců v jednotlivých akváriích, ale snažila jsem se mít v akváriích přibližně srovnatelný počet jedinců. Do každého akvária jsem umístila přibližně 300 jedinců.

Následující tabulka zahrnuje konkrétní záznam úhynů, krmení, teplotě a čištění. Záznam druhého experimentálního chovu trval od 10. 07. 2020 do 14. 08. 2020. Značka K znamená v tabulce, že daný den viz datum proběhlo v akvárium krmení. Nejnižší počet úhynů byl v akváriu č. 3. Největší úhyn byl v akváriu č. 2. Druhý experimentální chov musel být po měsíci ukončen z důvodu náhlého totálního úhynu všech jedinců v akváriu č. 2. Ze zbylých dvou akvárií jsem použila jedince na pokus v lednici. Následně jsem založila ve všech akvárií nový třetí experimentální chov.

Tab. 3: Druhý experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Č.	DATUM	TEPLOTA [°C]	POČET ÚHYNŮ			Krmení[K]/ Čištění [Č]
			akvárium č.1	akvárium č.2	akvárium č.3	
1.	10. 07. 2020	16	-	-	-	K
2.	15. 07. 2020	14	-	-	-	K
3.	24. 07. 2020	17	2	-	2	K
4.	31. 07. 2020	19	2	2	2	K
5.	14. 08. 2020	20	1	NÁHLÝ ÚHYN	-	ZRUŠENÍ CHOVU

4.2.3 Třetí experimentální chov v laboratorních podmínkách od 17. 08. 2020

Jedinci pro tento chov byli odebráni z nádrže Poděbrady 17. 08. 2020. Velikost vybraných jedinců se pohybovala od 0,2 mm do 3 cm. Odebrala jsem slávičky mnohotvárné pouze na kamenném podkladu. Díky jejich hustému nahloučení na kamenech jsem nemohla přesně určit počet jedinců v jednotlivých akváriích, ale snažila jsem se mít v akváriích přibližně srovnatelný počet jedinců. Do každého akvária jsem umístila přibližně 300 jedinců.

Následující tabulka zahrnuje konkrétní záznam úhynů, krmení, teplotě a čištění. Záznam třetího experimentálního chovu trval kompletně ve všech akváriích od 17. 08. 2020 do 08. 04. 2021. Chovná akvária byla od 15. 12. 2020 do 18. 02. 2021 dva měsíc bez krmiva a čištění. Po tomto období uhynulo v akváriu č. 1 123 jedinců, v akváriu č. 2 13 jedinců a v akváriu č. 3 176 jedinců.

08. 04. 2021 byl zrušen chov v akváriu č. 1 a č. 3 z důvodu totálního úhynu jedinců. V akváriu č. 2 trval chov do 28. 05. 2021, kdy byl chov zrušen z důvodu ukončení experimentu.

Celkově byl největší úhyn v akváriu č. 3. Nejmenší celkový úhyn byl v akváriu č. 2. Do těchto celkových úhynů nejsou započítány úhyn z 08. 04. 2021.

Tab. 4: Třetí experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Č.	DATUM	TEPLOTA [°C]	POČET ÚHYNŮ			Krmení[K]/ Čištění [Č]
			akvárium č.1	akvárium č.2	akvárium č.3	
1.	17. 08. 2020	19	-	-	-	-
2.	10. 09. 2020	18	4	2	2	K
3.	15. 09. 2020	20	2	-	1	K
4.	23. 09. 2020	18	-	1	5	K+Č
5.	09. 10. 2020	17	4	10	20	K
6.	22. 10. 2020	16	4	5	8	K
7.	03. 11. 2020	17	-	-	-	K
8.	13. 11. 2020	14	7	1	13	K
9.	15. 12. 2020	12	19	7	80	K+Č
10.	18. 02. 2021	14	123	13	176	K
11.	25. 02. 2021	15	20	10	4	K
12.	08. 04. 2021	15	ZRUŠENÍ	5	ZRUŠENÍ	K+Č
13.	30. 04. 2021	14	-	12	-	K
14.	07. 05. 2021	16	-	20	-	K
15.	17. 05. 2021	16	-	4	-	-
16.	28. 05. 2021	-	-	ZRUŠENÍ	-	KONEC CHOVU

Značka K znamená v tabulce, že daný den viz datum proběhlo v akvárium krmení. Značka Č značí v tabulce čištění akvárií k danému datu. Značka K+Č znamená, že v daný den v akváriích proběhlo jak krmení, tak čištění.

4.2.4 Experimentální bezúdržbový chov

Po výlovu 14. 10. 2019 jsem si 40 jedinců umístila do nádoby bez vzduchování a bez potravy. Nádoba byla postavena v blízkosti třech pokusných akvárií, ve kterých probíhal první experimentální údržbový chov se vzduchováním, krmením a čištěním. Jedinci v bezúdržbovém akváriu během dvou týdnu přestali být aktivní a začali se objevovat první úhyny. Po měsíci byl tento pokus kvůli úhynu všech jedinců ukončen.

4.2.5 Experimentální chov v lednici

Po výlovu 14. 10. 2019 jsem si 60 jedinců umístila ve vodě v nádobě o objemu 2 litry do lednice (4 °C) bez vzduchování a bez potravy a vytvořila první chov v lednici. Tito jedinci byli aktivní více než 1 měsíc. O tuto nádobu jsem se nestarala, nebyla zde dolévána ani vyměňována voda, pouze byli odebíráni uhynulí jedinci. V nádobě se postupně začala kazit voda a umíralo více jedinců. 18. 12. 2019 byl pokus kvůli úhynu jedinců ukončen.

Můžeme tedy shrnout, že velká část jedinců bez problémů přežívala po dobu jednoho měsíce bez péče. Druhý měsíc pokusu se začaly objevovat problémy a postupně jedinci v lednici uhynuli.

Druhý chov v lednici jsem vytvořila 14. 08. 2020. Použila jsem dvě pokusné nádoby, jednu malou s 0,5 litru vody a 27 jedinci a druhou větší s 2 litry vody a 59 jedinci. 09. 10. 2020 jsem musela do menší nádobky z důvodu nedostatku vody přilít novou vodu. Tato nová voda byla dopředu vychlazená v lednici na potřebnou shodnou teplotu, aby se zamezilo teplotnímu šoku jedinců přilitím teplejší vody. Ve větší nádobce jsem musela část vody s nečistotami odebrat a poté jsem také dolila novou předem vychlazenou vodu. Postupně ve větší nádobě docházelo ke zhoršování stavu vody a k zvyšování úhynu jedinců. 03. 11. 2020 bylo z větší nádoby odstraněno 10 mrtvých jedinců a z menší 2 mrtví jedinci. 15. 12. 2020 byli všichni jedinci ve větší nádobě uhynulí a voda byla zkažená. V menší nádobě uhynulo 5 jedinců, kteří byli odstraněni a do nádobky byla dolita opět voda. Jedinci v menší nádobě přežili až do ledna 2021.

Můžeme tedy shrnout, že s částečnou péčí, která zahrnuje dolévání a vyměňování vody, můžeme životaschopnost jedinců tohoto pokusu prodloužit až na 5 měsíců.

4.2.6 První pokus rychlosti růstu jedinců ve třech experimentálních akváriích

Zahájení dne 19. 12. 2019 byla do každého pokusného akvária umístěna nádoba ve které bylo izolováno 15 jedinců Dreissena polymorpha ve velikosti 0,5 – 0,8 cm. Příští měsíc 20. 01. 2020 proběhlo kontrolní měření růstových přírůstků jedinců (Tab. 5). Zjištěné výsledky nebylo bohužel možno vyhodnotit. Jednotlivé naměřené hodnoty z druhého kontrolního měření jsou umístěny v tabulce (Tab. 5).

Následující měsíc došlo v izolované nádobě v akváriu č. 1 došlo 21. 02. 2020 k úhynu 5 z 15 jedinců v tabulce zaznačená hodnota červeně (Tab. 6 – 21. 02. 2020). K dalšímu kontrolnímu měření v měsíci březen nedošlo.

Zhodnotila jsem průměrný celkový přírůstek za období 20. 01. 2020 – 21. 02. 2020 v izolovaných nádobách v třech pokusných akváriích. Průměrný přírůstek za toto období byl v

akváriu č. 1 - 0,02 cm, v akváriu č. 2 – 0,04 cm a v akváriu č. 3 0,03 cm na jedince. Nejmenší průměrný přírůstek byl v pokusné izolované nádobě z akvária č. 1. Největší průměrný přírůstek měli jedinci v pokusné izolované nádobě v akváriu č. 2 (Tab. 6.). Přičemž teplota vody 12-15 °C byla pro růst příznivá.

Tab. 5: Počet kusů izolovaných jedinců rozdělených dle velikostí – kontrolní měření 20. 01. 2020

20. 01. 2020	**Počet jedinců v nádobkách umístěných v akváriích**		
velikost [cm]	**Akvárium č.1**	**Akvárium č.2**	**Akvárium č.3**
0,55	1	-	-
0,6	3	4	-
0,65	1	-	1
0,7	3	3	7
0,75	-	1	1
0,8	4	5	2
0,85	3	1	3
0,9	-	1	-
0,95	-	-	1

Tab. 6: Počet kusů izolovaných jedinců rozdělených dle velikostí – kontrolní měření 21. 02. 2020

21. 02. 2020	Počet jedinců v nádobkách umístěných v akváriích		
velikost [cm]	Akvárium č.1	Akvárium č.2	Akvárium č.3
0,55	1	-	-
0,6	2	-	-
0,62	1	3	-
0,65	1	1	-
0,66	-	-	1
0,7	1	-	-
0,72	1	1	5
0,75	1	2	2
0,78	-	1	1
0,83	3	5	2
0,85	4	1	3
0,91	-	1	-
0,96	-	-	1
Průměrný přírůstek	0,02	0,04	0,03

(vysvětlivky: červeně označeni uhynulí jedinci)

4.2.7 Druhý pokus rychlosti růstu jedinců ve třech experimentálních akváriích

Zahájení dne 24. 07. 2020 byla do každého pokusného akvária umístěna nádoba, do kterých bylo izolováno několik jedinců Dreissena polymorpha v různých velikostech. Tito jedinci nebyli změřeni z důvodu počáteční izolace a následného vyloučení jedinců, kteří přesun do izolovaných nádob nepřežili. 14. 08. 2020 proběhlo počáteční měření velikosti živých jedinců a odstranění uhynulých jedinců. Bohužel 14. 08. 2020 došlo k celkovému uhynu jedinců v akváriu č. 2, včetně všech izolovaných jedinců v nádobce, proto k akváriu č. 2 nemám žádné další údaje. Jedinci v izolovaných nádobách v akváriích č. 1 a č. 3 byli ponecháni. Vedle těchto izolovaných jedinců byl v akváriích č. 1, č. 2 a č. 3 založen nový třetí experimentální chov.

Tab. 7: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14. 08. 2020 do 15. 12. 2020 – akvárium č. 1

Izolovaná nádoba v akvárium č. 1					
datum měření					Celkový přírůstek [mm]
14.08.2020	10.09.2020	03.11.2020	13.11.2020	15.12.2020	
velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	
10,8	10,85	10,9	10,92	-	0,12
11,1	11,16	11,28	11,28	-	0,18
11,3	11,33	11,4	11,42	11,42	0,12
11,5	11,59	11,8	11,82	11,9	0,4
11,8	11,85	11,92	12,02	12,04	0,24
12,1	12,16	12,2	-	-	0,1
13,2	13,26	13,34	13,36	13,36	0,16
13,55	13,6	13,69	13,77	-	0,22
13,9	13,93	14,04	14,14	14,16	0,26
14,15	14,2	14,22	14,3	14,35	0,2
14,3	14,32	14,35	14,44	-	0,14
14,5	14,57	14,6	14,62	-	0,12
14,9	14,97	15,02	15,04	15,05	0,15

15,7	15,78	15,87	-	-	0,17
15,65	15,8	16,05	16,14	16,2	0,55
16,1	16,14	16,25	16,3	-	0,2
16,25	16,31	16,4	16,5	16,52	0,27
16,5	16,54	16,6	16,66	-	0,16
16,65	16,67	16,7	16,77	16,87	0,22
16,9	16,95	17	17	-	0,1
17,18	17,26	17,31	17,45	17,55	0,37
17,9	17,96	18,27	-	-	0,37
18,65	18,75	18,98	19	19	0,35
19,65	19,68	19,68	-	-	0,03
19,96	20,05	20,18	20,24	20,32	0,36
20,75	20,84	20,91	21,02	21,08	0,33
23,25	23,39	23,45	23,5	-	0,25
23,87	23,95	24,06	24,1	24,15	0,28
Celkový průměrný přírůstek					**0,229**

(vysvětlivky: červeně označeni uhynulí jedinci)

Tab. 8: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14. 08. 2020 – akvárium č. 2

Izolovaná nádoba v akvárium č. 2
datum měření
14.08.2020 – celkový úhyn akvária č. 2 včetně jedinců pokusné izolované nádoby

Tab. 9: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14.08. 2020 do 15. 12. 2020 – akvárium č. 3

Izolovaná nádoba v akvárium č. 3					
datum měření					Celkový přírůstek [mm]
14.08.2020	10.09.2020	03.11.2020	13.11.2020	15.12.2020	
velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	velikost [mm]	
7,25	7,30	7,55	7,60	-	0,35
9,72	9,80	9,92	-	-	0,20
9,97	10,00	10,03	10,05	10,08	0,11
10,18	10,22	10,24	10,24	-	0,06
10,62	10,66	10,75	10,78	10,87	0,25
11,10	11,16	11,34	-	-	0,24
11,41	11,55	11,64	11,65	-	0,24
11,72	11,80	11,92	11,94	12,05	0,22
11,80	11,85	11,92	11,92	-	0,12
12,00	12,09	12,16	12,19	12,27	0,27
12,05	12,09	12,25	-	-	0,20
12,42	12,61	12,71	-	-	0,29
12,45	12,61	12,71	12,71	-	0,26
12,60	12,66	12,75	12,80	12,87	0,27
12,60	12,69	12,80	12,81	-	0,21
12,85	12,91	13,12	13,15	13,25	0,40
12,90	12,93	13,18	13,20	-	0,30
13,40	13,44	13,50	13,52		0,12
13,58	13,63	13,74	13,75	-	0,17
13,60	13,66	13,78	13,80	-	0,20
13,72	13,75	13,81	13,85	-	0,13
13,98	14,00	14,04	14,04	-	0,06
14,00	14,05	14,16	14,16	-	0,16
14,05	14,08	14,17	14,21	14,30	0,25
14,22	14,27	14,31	14,31	-	0,09

14,30	14,31	14,31	14,31	-	0,01
14,30	14,35	14,44	14,46	14,55	0,25
14,30	14,40	14,46	14,47	-	0,17
14,70	14,76	14,87	14,90	15,12	0,42
14,85	14,90	15,09	15,10	15,20	0,35
15,28	15,30	15,34	15,38	-	0,10
15,96	16,00	16,11	16,15	-	0,19
16,50	16,58	16,67	16,71	16,86	0,36
16,80	16,83	16,87	16,89	16,92	0,12
17,41	17,43	17,49	17,50	-	0,09
19,11	19,24	19,43	19,50	19,57	0,46
20,02	20,12	20,29	20,33	20,45	0,43
22,70	22,75	22,85	-	-	0,15
27,80	27,91	28,15	28,22	28,30	0,50
Celkový průměrný přírůstek					0,228

(vysvětlivky: červeně označeni uhynulí jedinci)

10. 09. 2020 proběhlo první kontrolní měření jedinců. 03. 11. 2020 proběhlo druhé kontrolní měření jedinců, při kterém byl zjištěn úhyn 4 jedinců v nádobě v akváriu č. 1 a 5 jedinců v nádobě v akváriu č. 3. 13. 11. 2020 proběhlo třetí kontrolní měření jedinců, při kterém byl zjištěn úhyn 9 jedinců v nádobě v akváriu č. 1 a 19 jedinců v nádobě v akváriu č. 3. Příští měsíc 15. 12 2020 proběhlo poslední měření velikostí izolovaných jedinců. Celkový průměrný přírůstek jedinců byl vyšší v nádobě umístěné v akváriu č. 1, a to 0,229 mm. V nádobě umístěné v akváriu č. 3 byl průměrný přírůstek nižší, a to 0,228 mm. Přičemž teplota vody 12-20 °C byla pro růst příznivá.

Obr. 26: Měření jedince slávičky mnohotvárné pomocí posuvného měřítka; foto K. Stržínková 2020

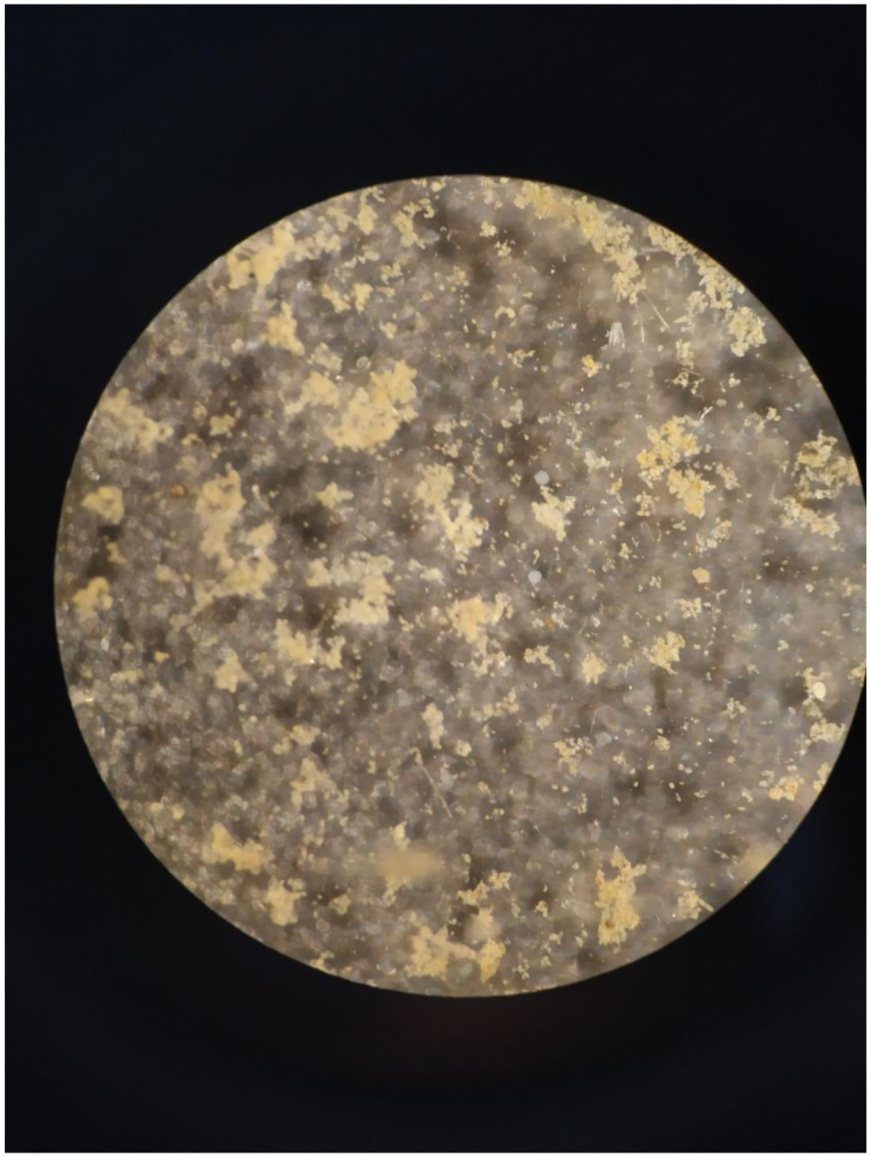
4.2.8 Detekce veligerů

Detekce veligerů probíhala od poloviny května 2020 do poloviny srpna 2020. Zkoumané vzorky byly vytvořeny z přeceděné vody z třech akvárií, ve kterých probíhal první experimentální chov. Voda byla přeceděna pomocí vlastnoručně vyrobená nádoba. Jako síto nádoby sloužilo mlynářské hedvábí, které je díky své jemnosti vhodné pro zachycení veligerů. Z každého akvária byly odebrány dvě třetiny vody, které byly po prosátí vráceny zpět. Vzniklý materiál zachycený sítem byl pomocí střičky spláchnut do zkumavky, ze které jsem postupně veškerý materiál zkoumala pomocí lupy a mikroskopu. V žádném akváriu jsem během 3 měsíců veligery neobjevila.

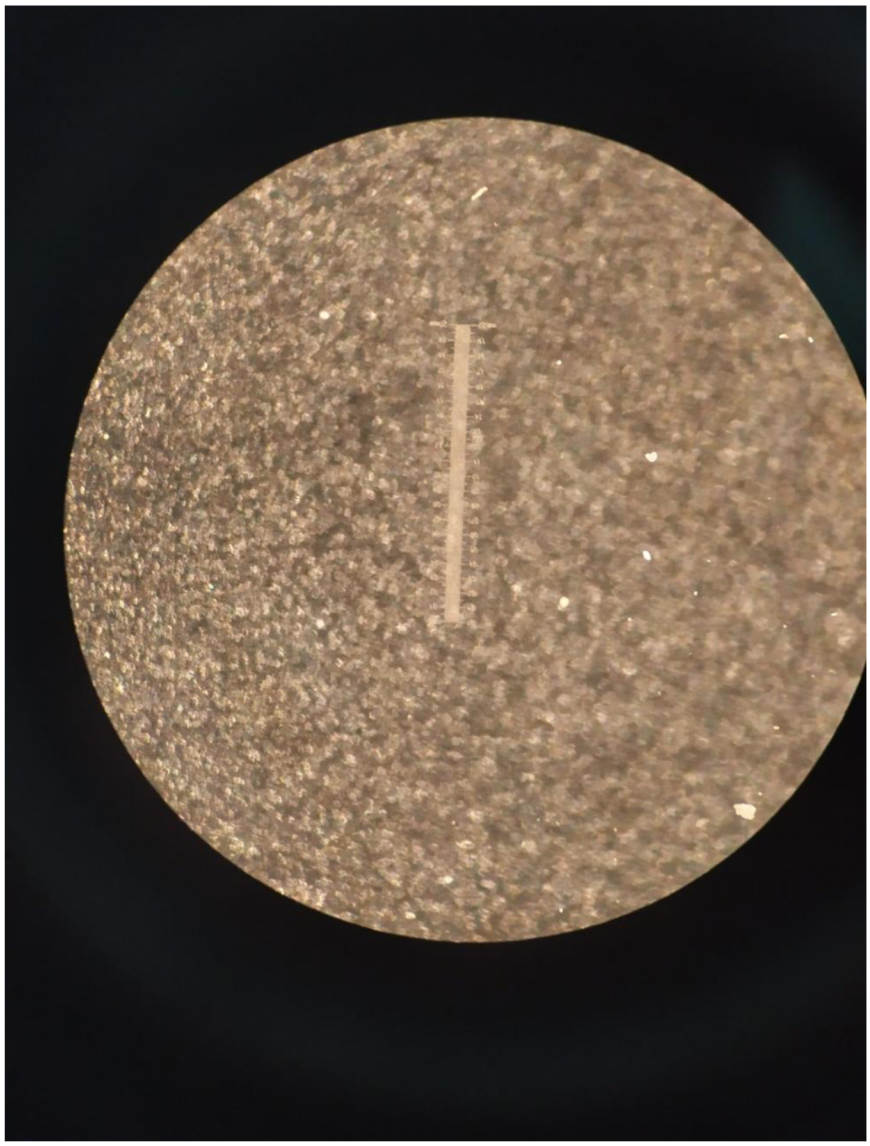
Pro ověření funkčnosti vyrobeného síta a postupu detekce byly 27. 07. 2020 odebrány čtyři dvacetilitrové nádoby vodou z vodního sloupce z nádrže Poděbrady. Tento odběr vody provedl RNDr. Petr Hekera, Ph.D, pomocí potápěčského vybavení z hloubky 1 – 2 metry. Jako nádoby byly použity uzavíratelné kyblíky. Následně jsem vodu prosila přes vytvořené síto z mlynářského hedvábí k vytvoření vzorků. Tento pokus proběhl úspěšně. Podařilo se mi detekovat larvální stádium slávičky mnohotvárné pomocí lupy. Následně jsem s pomocí

RNDr. Ivony Uvírové, Ph.D. daný veliger přenesla pod světelný mikroskop, kde ho bylo možno detailně pozorovat velum a cílie. Velikost objeveného veligeru byla 0,08 mm a byla určena podle 2 mm měřítka.

Obr. 27: Veliger slávičky mnohotvárné pod světelným mikroskopem; zvětšení: 400x; foto K. Stržínková 2020



Obr. 28: Veligeři slávičky mnohotvárné pod lupou; foto K. Stržínková 2020



Obr. 29: měřítko 2 mm pod lupou; foto K. Stržínková 2020

4.3 Pracovní listy pro výuku biologie

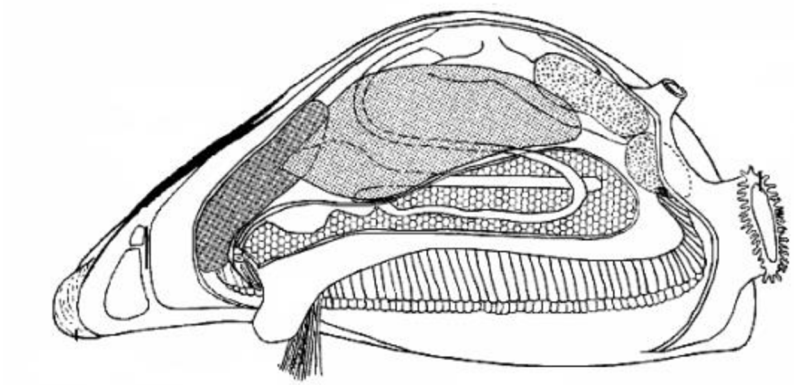
List 1: Pracovní list pro žáky ZŠ

Jméno:	Třída:	Datum:
Téma: Mlži – modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		

1. Zakroužkuj společné znaky **mlžů a plžů:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
2. Zakroužkuj společné znaky **mlžů a hlavonožců:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
3. Zakroužkuj společné znaky **plžů a hlavonožců:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
4. Na obrázku urči u lastury: **přední část, zadní část, horní část, dolní část**

Obr. 1: Lastura *Dreissena polymorpha;* foto K. Stržínková 2021

5. Přiřaď pojmy do obrázku: **vyvrhovací otvor, přijímací otvor, noha, žábry**



Obr. 2: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převrato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

6. Jaké přirozené biotopy mlžů znáš?

7. Jaké umělé biotypy mlžů znáš?

8. Zakroužkuj mlže žijící v České republice:

PERLORODKA ŘÍČNÍ	**ŠKEBLE RYBNIČNÍ**
PERLOTVORKA MOŘSKÁ	**ÚSTŘICE JEDLÁ**
SRDCOVKA JEDLÁ	**SLÁVIČKA MNOHOTVÁRNA**
ŠKEBLE ŘÍČNÍ	**VELEVRUB MALÍŘSKÝ**

9. Přiřaď k sobě správné pojmy:

bez schránky	**ulita**	**lastura**
plž	**mlž**	**hlavonožec**
sépiová kost		**teleskopické oči**

10. Co je to invazivní druh a proč mezi ně řadíme i slávičku mnohotvárnou?

11. Pojmenuj invazivní druhy České republiky vyobrazené na obrázcích:

Obr. 3: převzato z www.ecologyforthemasses.com

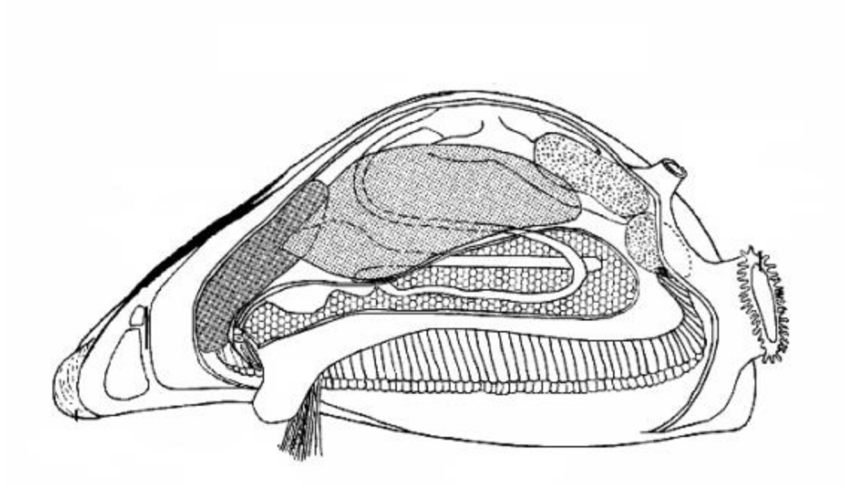
Obr. 4: převzato z www.mundo.cz

List 2: Pracovní list pro žáky SŠ

Jméno:	Třída:	Datum:
Téma: Mlži – modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		

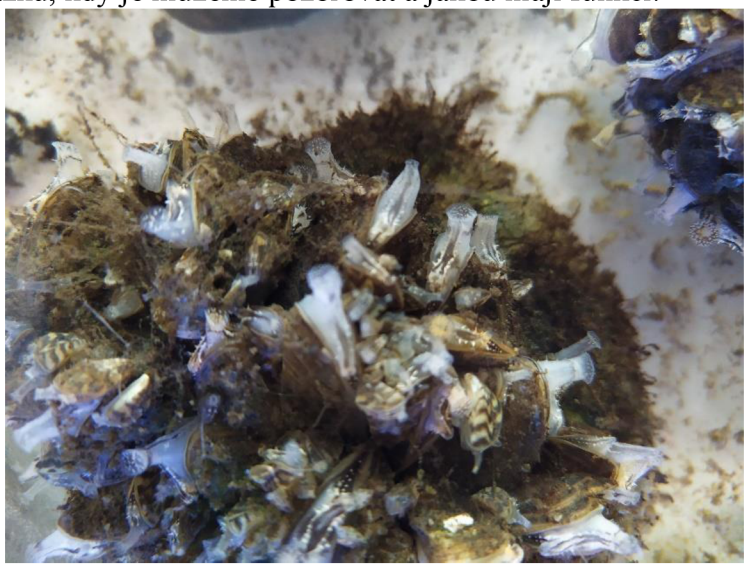
1. Následující pojmy přiřaď k obrázku: **přijímací otvor, vyvrhovací otvor, žábry, svalnatá noha, svěrače lastur, byssova (příchytná) vlákna, srdce, žaludek**

   Bonusové pojmy: metanefridie, gonády, hepatopankreas



Obr. 1: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převrato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

2. Pojmenuj bílé útvary na obrázku, kdy je můžeme pozorovat a jakou mají funkci.



Obr. 2: Aktivní *Dreissena polymorpha;* foto K. Stržínková 2021

3. Podle obrázku popiš vzhled slávičky mnohotvárné *(Dreissena polymorpha)*

Obr. 3: *Dreissena polymorpha;* převzato z www.magickahlubina.cz

4. Vysvětli pojmy:
   Endemit

   zavlečený druh

   invazivní

5. Vyber správný typ soustavy u měkkýšů:
   Nervová soustava:
   rozptýlená - provazcovitá – žebříčkovitá – gangliová – paprsčitá

   Trávicí soustava:
   fagocytóza - gastrovaskulární – trubicovitá

   Dýchací soustava:
   Povrchem těla – plíce – žábry – vzdušnice

   Oběhová soustava:
   Uzavřená - otevřená

   Vylučovací soustava:
   Protonefridie – metanefridie – malphigické trubice

   Pohlavní soustava:
   Hermafrodit – gonochorista

6. Pojmenuj vybrané lastury:

Obr: 4. – 11. fotografie lastur mlžů; převzato z Zicháček 2012; upravila K. Stržínková 2021

NÁPOVĚDA: **ústřice jedlá, kyjovka ušlechtilá, ostranka jadranská, zavinutec tygrovaný, jehlanka obecná, srdcova jedlá, hřebenatka svatojakubská, homolice mramorovaná**

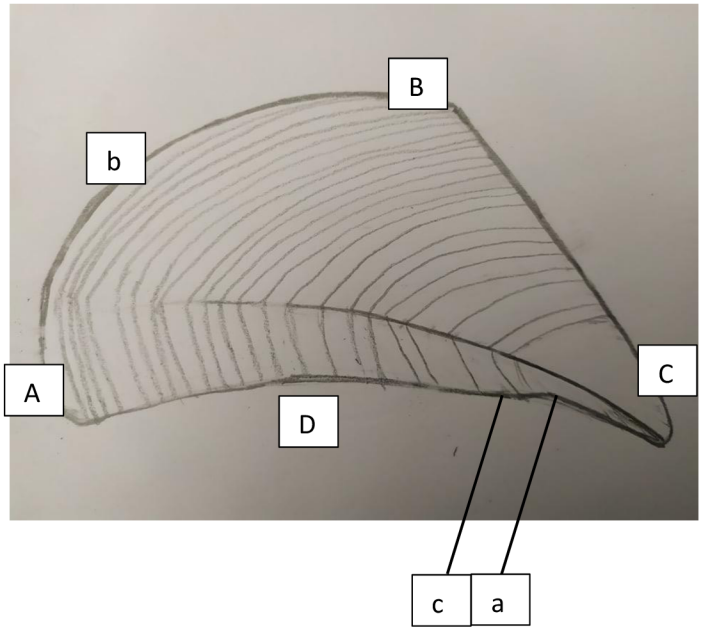
4.4 Pracovní list - Pitva slávičky mnohotvárné

List 3: Pracovní list – pitva – žáci SŠ

Třída:	Datum:	Teplota:
Jméno:		
Téma: Morfologie a anatomie mlži – pitva		
modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		
Pomůcky: lupa, skalpel, žiletka, preparační jehla, Petriho miska, pinzeta, střička, pipeta, 70% ethanol		
Materiál: slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha)*, opatrně pomocí skalpelu oddělena od podkladu přeříznutím byssových vláken, zafixovaná v 70 % ethanolu		

1. VNĚJŠÍ MORFOLOGIE TĚLA

Lastura tvořená ze dvou misek je trojhranného článkovitého tvaru. Obě misky lastury jsou pevné, neprůsvitné s viditelnými růstovými rýhami, které se zvětšují směrem od umba k zadnímu okraji lastury. Zbarvení lastury je žlutošedé s tmavohnědými klikatými proužky. Dále můžeme pozorovat na dolní straně lastury tzv. byssova vlákna, která jsou vylučována z byssových žláz, pomocí kterých se slávička přichytává ke kamenům a jiném pevnému podkladu.

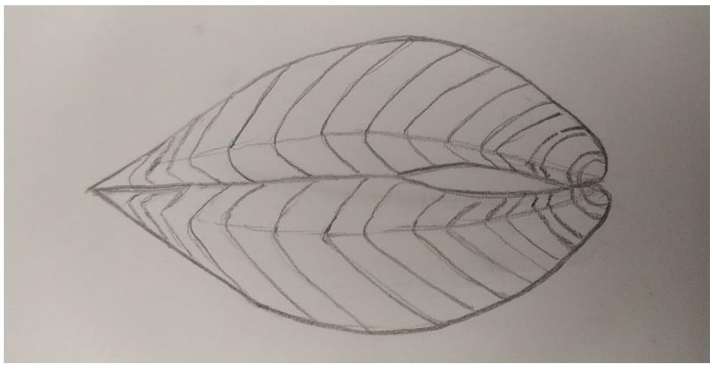


A: zadní část
B: dorsální strana
C: přední část
D: ventrální strana

a: oblast pro výstup svalnaté nohy

b: oblast pro výstup inhalačního a exhalačního sifonu

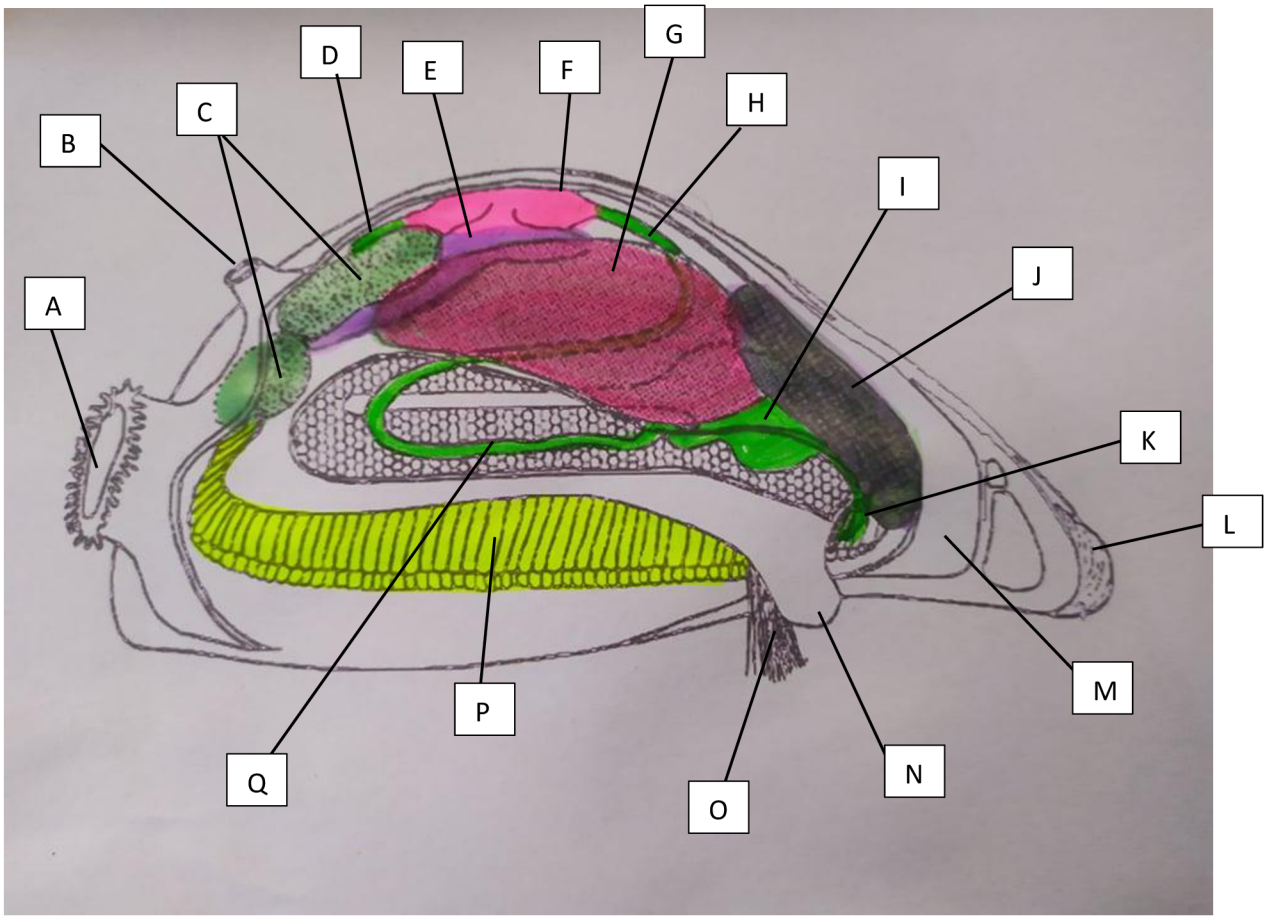
c: oblast Byssových vláken



2. VNITŘNÍ MORFOLOGIE TĚLA

Tělo ukryté v lastuře je ploché dvoustraně souměrné s redukovanou hlavou. V horní části můžeme pozorovat srdce s osrdečníkem, metanefridie, svěrače lastur, řiť, konečník a gonády. V dolní části můžeme pozorovat žábry, svalnatou nohu a Byssova vlákna. Uprostřed těla se klikatí střevo. V přední části se nachází ústa, žaludek a hepatopankreas. Zadní části vidíme svěrače lastur, které slouží k otevírání a zavírání lastury řízené aktivní filtrací jedince. V zadní části se dále nachází výrazný přijímací otvor a menší otvor vyvrhovací.

Otevření schránky:



A: Přijímací otvor, B: Vyvrhovací otvor, C: svěrače lastur, D: řiť, E: metanefridie, F: srdce v osrdečníku, G: gonády, H: konečník, I: žaludek, J: hepatopankreas, K: ústa, L: umbo, M: plášť, N: noha, O: Byssova vlákna, P: žábry

3. POSTUP

Opatrně pomocí preparační jehly rozevíráme lasturu, přičemž se snažíme mít obsah v jedné ze dvou misek. Postupujeme od zadní části lastury k přední. Po rozevření lastur vyjmeme ploché tělo, které si umístíme na Petriho misku a zakápneme pomocí střičky vodou. Následně odřízneme pomocí skalpelu nebo žiletky část žaber a viscerální hmoty, abychom odkryly části trávicího systému. Celý postup provádíme s pomocí lupy.

4. VLASTNÍ POZOROVÁNÍ

(místo pro zapsání vlastních výsledků)

Zde napiš, které části těla a orgány si během pitvy pozoroval:

Zde napiš, které části těla a orgány si během pitvy nepozoroval:

Nákres:

Závěr:

5. Diskuse

V bakalářské práci jsou popsány 3 experimentální laboratorní chovy, pokusy měření rychlosti růstu a pokus detekce veligerů. Na základě výsledků pokusů jsem zhodnotila potenciál experimentálního laboratorního chovu.

Experimentální chov trval ve třech etapách od podzimu 2019 do léta 2021. Slávičky pro experimentální chovy jsem odebrala na dřevěném podkladu, kamenech a na hokejovém puku. Tyto nálezy dokládají přizpůsobivost Slávičky mnohotvárné k možnostem prostředí výskytu. Chovní jedinci pocházeli z nádrže Poděbrady na Olomoucku. Ze svých zkušeností mohu doporučit chovat jedince pouze na kamenném podkladu, protože rozkládající organický materiál může negativně ovlivnit životaschopnost chovu.

Počet chovných jedinců v jednotlivých akváriích nebyl přesně stanoven, jelikož jedinci se vyskytovali v nahloučených drúzách. Přesný počet by bylo možné definovat, ale zásah do drúz by mohl způsobit zvýšenou úmrtnost a snížit potencionální životaschopnost jedinců. Proto jsem zvolila variantu hrubého spočítání jedinců a nikoliv přesného.

Při jednotlivých chovech bylo zjištěno, že pro chov 300 jedinců je potřeba minimálně nádoba o objemu 10 litrů vody opatřená vzduchovacím zařízením. Přičemž doporučuji zvolit menší počet 250 jedinců z důvodu snížení chovatelských rizik.

Dále bylo zjištěno, že pravidelný odběr uhynulých jedinců je zásadní pro udržení chovu. Pokud v akváriích dojde ke zvýšenému rozkládajících se těl dochází ke kyslíkovému deficitu akvária a zkažení vody (BERAN, 2018). Vzduch je jednou z hlavních složek v ekosystému, pokud některá ze složek selže, ekosystém se zhroutí ve velmi krátkém čase. Kyslíkový deficit a následný celkový úhyn akvária byl zjištěn 14. 08. 2020 ve druhém akváriu druhého experimentálního chovu. Domnívám se, že kyslíkový deficit byl způsoben nízkou frekvencí vzduchování v tomto akváriu a úhyny, které po dobu 14 dní nebyly odstraňovány.

Při určitých podmínkách je možnost chovat a pozorovat *Dreissena polymorpha* celý rok, přičemž aktivita je největší první 3 měsíce. Chov v laboratoři umístěné ve sklepní části budovy měl teplotu vody v rozmezí 12–20 °C v závislosti na měsíci v roce. V laboratoři, ve které by bylo více než 20 °C by byla náročnější na chov. Pokud by byla slávička vystavena teplotě 30 °C po delší dobu dochází k úhynu (TOURARI a kol., 1988). V rámci chov bylo zjištěno, že při vyšších teplotách je zvýšená úmrtnost jedinců. Ideální teplota pro chov je 11 - 16 °C.

Dalším zkoumaným pokusem byla rychlost růstu jedinců. Měření jedinců bylo zahájeno 19. 12. 2019, kdy byla do každého pokusného akvária umístěna nádoba, ve které bylo izolováno 15 jedinců *Dreissena polymorpha* ve velikosti 0,5 – 0,8 cm. Příští měsíc 20. 01. 2020 proběhlo kontrolní měření jedinců, které poukázalo na nepřesnost pokusu. Vzhledem k počátečním orientačním údajům o velikosti jsem nemohla zhodnotit růst jedinců a vyhodnotit celkově tento pokus. Při dalším kontrolním měření byla většina izolovaných jedinců uhynulá. Což poukázalo na problém s manipulací při předchozím měření. Domnívám se, že při vyjímání jedinců z izolační nádobky pomocí skalpelu a žiletky mohlo dojít k poškození jedince, nesprávným nebo nedostatečným přeříznutím byssových vláken. Výsledný průměrný přírůstek byl pro jednotlivá akvária č.1 - 0,02 cm, č.2 – 0,04 cm a č.3 0,03 cm na jedince. V druhém experimentální měření č.2, kdy byl průměrný přírůstek jedinců ve sledovaných akváriích 0,23 cm. Tento pokus probíhal 4 měsíce. U obou experimentálních měření byla teplota vody stále nad hranicí 12 °C. Naměřené přírůstky v obou experimentech jsou velice malé a značí minimální růst jedinců v laboratorním chovu. Přitom přirozený denní přírůstek se uvádí 0,21 mm/den (MARSDEN, 1991). Stejně jako v laboratorním chovu i v přirozených podmínkách je důležitým aspektem tempa růstu typ prostředí (UVÍROVÁ a kol, 2007), proto se domnívám, že provedený experimentální chov neměl dostatečně příznivé podmínky pro růst jedinců. Dále bych navrhovala pro příští pokusy měření izolovat jedince spolu s podkladem a vyzkoušet i značkovací metodu jedinců pomocí barevných laků na nehty pro 100% jistotu v přírůstcích jedinců. Tuto možnost jsem nevyzkoušela z důvodu obav ze znečištění vody v akváriích, jelikož laky na nehty obsahují trifenylfosfát (TPHP).

Dále jsem se pokusila detekovat larvální stádium z akvárií experimentálního chovu vlastním vytvořeným sítem. Přičemž voda v akváriích splňovala teplotu i bylo vhodné roční období pro výskyt. K rozmnožování je potřebná teplota vody 12 °C (MARSDEN,1991) a nejvíce veligerů se vyskytuje od května do srpna (HOLOUBEK a kol, 2014). Bohužel se mi nepodařilo v žádném z akvárií detekovat larvální stádia, abych mohla doložit, zda v laboratorním chovu došlo k rozmnožování jedinců. Kvůli ověření funkčnosti metody jsem postup ověřila na vzorcích z vody z nádrže Poděbrady. V tomto případě se mi podařilo detekovat a následně vyfotografovat jedince ve stádiu veliger. U tohoto jedince bylo dobře viditelné velum a cílie. Nastává tedy otázka, proč se v laboratorním chovu veligery nepodařilo najít. Domnívám se, že pokud k rozmnožování mezi jedinci došlo, mohlo veligery negativně ovlivnit vzduchovací zařízení, které způsobuje proudění vody, což pro veligery může být smrtelné (REHMANN a kol., 2003). Ovšem vzhledem k téměř zanedbatelnému růstu chovných jedinců si myslím, že k rozmnožování mezi jedinci nedošlo.

Lednice se ukázala jako vhodný způsob uskladněním živých jedinců. Jedinci umístění ve vodě v lednice žili po dobu 2 měsíců bez jakéhokoliv zásahu. V případě minimální údržbou je životaschopnost jedinců 2-5 měsíců. Lednice je tedy vhodná pro udržení životaschopných jedinců. Tyto jedince pomalou aklimatizací na vnější podmínky můžeme následně použít jako pomůcku při výuce. Také je lednice vhodná pro uskladnění jedinců před plánovanou pitvou s žáky. Domnívám se, že lednice stimuluje aktivitu jedinců, zastavuje růst a zpomaluje metabolismus (MORTON, 1969), proto jsou schopni přežít po relativně dlouhou dobu.

Zvolené typy krmiv se ukázaly všechny jako vhodné pro chov. Z vybraných krmiv osobně doporučuji krmit tabletami SPIRULINA WAFERS jsou snadno dostupné mají komplexní složení živin a akvárium nejméně zapáchá. Nejméně bych doporučovala krmivo TETRAMINEM, jelikož obsahuje příliš živočišné složky, voda v tomto akváriu nejvíce zapáchala. Celkově můžu konstatovat, že udržovat chov životaschopných jedinců se dá se všemi třemi vybranými krmivy (SPIRULINA, SPIRULINA WAFERS, TETRAMIN).

Celkově můžu shrnout, že potenciál chovu slávičky mnohotvárné v laboratorních podmínkách je z hlediska výsledků vhodný pro využití jako modelový chov při výuce biologie. Je snadno udržitelný a nabízí různé možnosti míry starostlivosti. Pro úspěšný odchov a rozmnožování bude potřeba v budoucnu vyzkoušet jiné varianty chovných nádrží s jiným typem vzduchování, popřípadě i jiným druhem krmiva. Domnívám se, že by pro úspěšný odchov veligerů mohlo napomoct vysazení vodních rostlin do akvárií, z důvodů snížení vodních proudů vzniklých vzduchovacím zařízením.

6. Závěr

Cílem mé práce bylo zhodnotit možnosti experimentálního chovu v laboratorních podmínkách, kdy jsem zjistila, že je možno chovat *Dreissena polymorpha* za vhodných laboratorních podmínek po celý rok. Zjistila jsem, že v laboratorních podmínkách došlo jen k minimálnímu až zanedbatelnému růstu jedinců. Dále jsem zjistila, že s největší pravděpodobností v laboratorním chovu nedochází k rozmnožování i za příznivých teplotních podmínek. Frekvence krmení se mi jeví jako nejvhodnější jednou za týden s frekvencí čištění jednou za měsíc. Při vyšší frekvenci krmení by měla být akvária čištěna častěji. Vzhledem ke zkušenostem doporučuji začít s chovem menšího počtu jedinců a vyzkoušet si sílu vzduchovacího zařízení. Nedostatečné vzduchování a vyšší úhyny jedinců vedou ke kyslíkovému deficitu a vedou k úhynu akvária.

V teorii jsem se zaměřila *Dreissena polymorpha* z obecného hlediska a následně provedla rešerši věnovanou rozmnožování a životnímu cyklu. Teorie o životním cyklu je v praktické části doplněna o kapitolu, jak nalézt a detekovat larvální stádium.

V praktické části se nachází veškeré údaje o množství úhynů, růstových přírůstků a schopnosti rozmnožování v experimentálních akváriích. Dále jsem vyzkoušela a doporučuji možnost chovu v bezúdržbovém akváriu nebo v akváriu s minimální starostlivostí. V obou případech se dají jedinci udržet po dobu 2-5 měsíců životaschopní.

Dreissena polymorpha se jeví v aspektu dostupnosti, ohroženosti a náročnosti chovu jako ideální chovné zvíře pro demonstraci chovu pro výuku biologie, jelikož dostupnost jedinců je velmi dobrá, nepatří mezi ohrožené druhy a náročnost chovu je nízká.

Práce obsahuje pracovní listy vhodné pro žáky ZŠ a studenty SŠ, ve kterých byla jako modelový organismus pro výuku mlžů v biologii použita *Dreissena polymorpha*. Dále je práce doplněna o návrh postupu pitvy *Dreissena polymorpha*, která je určená pro laboratorní práci v rámci výuky na SŠ.

7. Seznam internetových zdrojů a literatury

- BERAN, L. (1998) *Vodní měkkýši ČR.* Vlašim: ZO ČSOP Vlašim. ISBN 80-902469-4-X. 113 s.
- BERAN, L. (2002) *Vodní měkkýši České republiky - rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam.* Sborník přírodovědného klubu v Uherském Hradišti suppl. 10: 1 - 258.
- BERAN, L. (2018) *Slávička mnohotvárná - náš nejstarší přistěhovalec mezi mlži.* Časopis ŽIVA - Nakladatelství Academia: ŽIVA 5/2018: 255-256.
- BOBAT, A. (2019): *An experimental Trial on Biological Control of Zebra Mussel.* The Journal of scientific and Engineering Research 6(12):8-17.
- CARLTON, J. T. (1993): *Disperzal Mechanisms of the zebra mussel (Dreissena polymorpha), Zebra mussel Biology, Impacts and control (eds Nalepa T. F., Schloesser D. W.)*, Boca Raton, Florida, 677-697.
- CLAUDI, R. a G. L. MACKIE (1994): *Practical manual for Zebra mussel monitoring and control*, Druhé vydání. Boca Raton: Lewis Publishers. ISBN 0-87371-985-9. 227 s.
- COLDREY, Jennifer (1993): *Měkkýši poznejte fantastický svět měkkýšů, korýšů, želv a ostatních živočichů s pevnými schránkami*. Bratislava: Slovart. Zvídavý pozorovatel. ISBN 80-7145-088-x. 59 s.
- GÉBA, E., RIOULT, D., PALLUEL, O., DEDOURGE-GEFFARD, O., BETOULLE, S., AUBERT, D. a A. BIGOT-CLIVOT (2021): *Resilience of Dreissena polymorpha in wastewater effluent: Use as a bioremediation tool?* [online]. Journal of Environmental Management 278, 111513, ISSN 0301-4797 Volume 278.
- GHERARDI, F. (2007): *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats.* Invading nature: Springer series in invasion ecology 2: 103 - 121.
- JOHNSON, G., DUCKWORTH, J. a S. SCHMIDT (2019): *Laboratory Standard Operating Procedures.* [online]. Montana, Spring. [cit. 9. 3. 2020] Dostupné z: https://fwp.mt.gov/binaries/content/assets/fwp/conservation/ais/reports/2019-ais-laboratory-standard-operating-procedures.pdf
- HOLEC, M. a D. HOLCOVÁ (2014): *Zoologie I.* Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7414-851-4. 83 s.
- HOLOUBEK, N. S., J. M. GOECKLER, B. R. SMITH, AND D. R. EDDS (2014): *Comparison of zebra mussel veliger laboratory enumeration and sampling techniques* [online]. *Transactions of the Kansas* Academy of Science 117:69–75.

- HORSÁK, M., L. JUŘIČKOVÁ a J. PICKA (2013): *Měkkýši České a Slovenské republiky: Molluscs of the Czech and Slovak Republics*. Zlín: Kabourek. ISBN 978-80-86447-15-5. 270 s.
- JACK, J. D. a J. H. THORP (2000): *Effects of the benthic suspension feeder Dreissena polymorpha on zooplankton in large river*, Freshwater biology 44, 569- 579
- KOLIBÁČ, J., K. HUDEC, Z. LAŠTŮVKA a M. PEŇÁZ (2019): *Příroda České republiky: průvodce faunou*. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2993-5. 468 s.
- LOCKWOOD, J. L., M. F. HOOPES a M. P. MARCHETTI (2008): *Invasion Ecology*. Wiley: Blackwell Publishing. ISBN 978-1405114189. 312 s.
- MACKIE G. L. a D. W. SCHLOSSER (1996): *Comparative biology of zebra mussels in Europe and North America: an overview*, American Zoologist 36, 244-258.
- McMAHON, R. F. (1996): *The physological ecology of the zebra mussel, Dreissena polymorpha, in North America and Europe*, American Zoologist 36, 339- 363.
- MARSDEN, J. E. (1991): *Standard Protocols for Monitoring and Sampling Zebra Mussels*. Illinois: Franklin Classics. ISBN 978-0343250294.
- MORTON, B. S. (1969): *Studies on the biology of Dreissena polymorpha* Pall. III. Population dynamics. Proc. Malacol. Soc. Lond. 38:471-482
- NATURA BOHEMICA. (2008): *Dreissena Polymorpha- slávička mnohotvárná.* [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: http://www.naturabohemica.cz/dreissena-polymorpha/?
- PAPÁČEK, M., V. MATĚNOVÁ, J. MATĚNA a T. SOLDÁN (2000): *ZOOLOGIE*. Třetí, upravené vydání. Praha: CENTA, spol. s r.o.. ISBN 80-7183-203-0.
- PFLEGER, V. (1988): *Měkkýši: Barevný průvodce*. Praha: Artia. ISBN 37-003-88.
- PMO. (2015): *Slávička mnohotvárná poškozuje technologická zařízení MVE Nové Mlýny*. [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/slavicka-mnohotvarna-poskozuje-technologicka-zarizeni-mve-nove-mlyny/
- RAM, J. L., A. S. KARIM, P. ACHARYA, P. JAGTAP, S. PUHORIT a D. R. KASHIAN (2011): *Reproduction and genetic detection of veligers in changing Dreissena populations in the Great Lakes*. Ecosphere 2, 1-16
- REHMANN, C. R., J. A. STOECKEL, AND D. W. SCHNEIDER. (2003). *Effect of turbulence on the mortality of zebra mussel veligers*. Canadian Journal of Zoology 81:1063–1069.

- SERGEEVA, I. S. (2008): *The phenotypic diversity of Dreissena polymorpha (Pallas) in the Northeastern part of its rande*, Ingland Water Biology 1, 248-254
- SPRUNG, M. (1987): Ecological requirements of developing Dreissena polymorpha eggs. Archiv fuer Hydrobiologie Supplement, 79(1): 69-86.
- SPRUNG, M. (1992). *The other life: An account of present knowledge of the larval phase of Dreissena polymorpha. In T. E Nalepa and D. W. Schloesser (eds.), Zebra mussels: Biology, impacts, and control,* pp. 39-53. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- SOUSA, R., PILOTTO, F. a ALDRIGE, D.C. (2011): *Fouling of European freshwater bivalves (Unionidae) by the invasive zebra mussel (Dreissena polymorpha).* Freshwater biology 56: 867- 876.
- TOŠENOVSKÝ, E., UVÍROVÁ, I., UVÍRA, V., VLÁČILOVÁ, A. a HÝBLOVÁ, A. (2008): *Long-term monitoring of Zebra mussel (Dreissena polymorpha) invasion in the central Moravia water basins*. Scripta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Ostraviensis, 186: 376 - 380.
- TOURARI, A. L., C. CROCHARD a J. C. PIHAN (1988): *Action de la temperature sur le cycle de reproduction de Dreissena polymorpha (Pallas) etude "in situ" et au laboratorie*. Haliotis 18:85—98.
- UVÍROVÁ, I., UVÍRA V., TOŠENOVSKÝ, E. a A. Vláčilová (2007): *Influence of environmental factors on growth rate of zebra mussel (Dreissena polymorpha) in small manmade water bodies in the Central Moravia (Czech Republic)*. V. International Conference SEFS, 8.-13. July 2007, Palermo.
- WALKER, T. (1991): Dreissena Disaster. Science News; 139, 18; Wilson General Science Abstracts: 282.
- ZICHÁČEK, V. (2012): *Zoologie*. 2., přeprac. vyd. Ilustroval Pavel DVORSKÝ. Olomouc: Nakladatelství Olomouc. ISBN 978-80-7182-291-2. 510 s.

8. Seznam tabulek

Tab. 1: Taxonomické zařazení *Dreissena polymorpha* (HORSÁK a kol, 2013)

Tab. 2: První experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Tab. 3: Druhý experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Tab. 4: Třetí experimentální chov – údaje o teplotě, úhynech, krmení, čištění

Tab. 5: Počet kusů izolovaných jedinců rozdělených dle velikostí –

kontrolní měření 20. 01. 2020

Tab. 6: Počet kusů izolovaných jedinců rozdělených dle velikostí –
kontrolní měření 21. 02. 2020

Tab. 7: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14. 08. 2020 do 15. 12. 2020
– akvárium č. 1

Tab. 8: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14. 08. 2020
– akvárium č. 2

Tab. 9: Zápis velikostí izolovaných jedinců od 14.08. 2020 do 15. 12. 2020 –
akvárium č. 3

9. Seznam obrázků

Obr. 1: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převzato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

Obr. 2: Snímek veligerů slávičky mnohotvárné pomocí mikroskopu, převzato z: HOLOUBEK a kol, 2014

Obr. 3: Životní cyklus *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019

Obr. 4: Schématický popis 3 stádií *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019

Obr. 5: Schéma veliger + mikroskopický snimek *Dreissena polymorpha*, převzato z: JOHNSON a kol, 2019

Obr. 6: Grafický poměr výskytu jedinců *Dreissena polymorpha*, převzato z: HOLOUBEK a kol, 2014

Obr. 7: Mapa lokality Olomouc – Poděbrady s označením místa sběru jedinců, zdroj: www.mapy.cz

Obr. 8: Fotografie lokality Olomouc – Poděbrady s označením místa sběru jedinců

Obr. 9: Vzduchovací zařízení, zdroj: www.superzoo.cz

Obr. 10: Připravená akvária pro vložení jedinců

Obr. 11: DajanaPET – spirulina

Obr. 12: DajanaPET – spirulina – složení

Obr. 13: DajanaPET – spirulina wafers

Obr. 14: DajanaPET – spirulina wafers/složení

Obr. 15: Krmení TetraMin – základní – složení

Obr. 16: množství krmné dávky - spirulina

Obr. 17: množství krmné dávky – spirulina wafers

Obr. 18: množství krmné dávky - TetraMin

Obr. 19: *Dreissena polymorpha* – v připravených akváriích; foto K. Stržínková 2020

Obr. 20: *Dreissena polymorpha* - aktivní sifony; foto K. Stržínková 2021

Obr. 21: Posuvné měřítko; foto K. Stržínková 2020

Obr. 22: Izolační nádoba s jedinci v experimentálním akváriu; foto K. Stržínková 2020

Obr. 23: Filtrační síto na veligery, uchyceno gumou; foto K. Stržínková 2020

Obr. 24: Filtrační síto na veligery; majitel RNDr. Vladimír Uvíra, Dr; uchyceno kovovým závitem; foto K. Stržínková 2020

Obr. 25: Filtrační síto; majitel RNDr. Vladimír Uvíra Dr; uchyceno lepidlem; foto K. Stržínková 2020

Obr. 26: Měření jedince slávičky mnohotvárné pomocí posuvného měřítka; foto K. Stržínková 2020

Obr. 27: Veliger slávičky mnohotvárné pod světelným mikroskopem; zvětšení: 400x; foto K. Stržínková 2020

Obr. 28: Veligeři slávičky mnohotvárné pod lupou; foto K. Stržínková 2020

Obr. 29: měřítko 2 mm pod lupou; foto K. Stržínková 2020

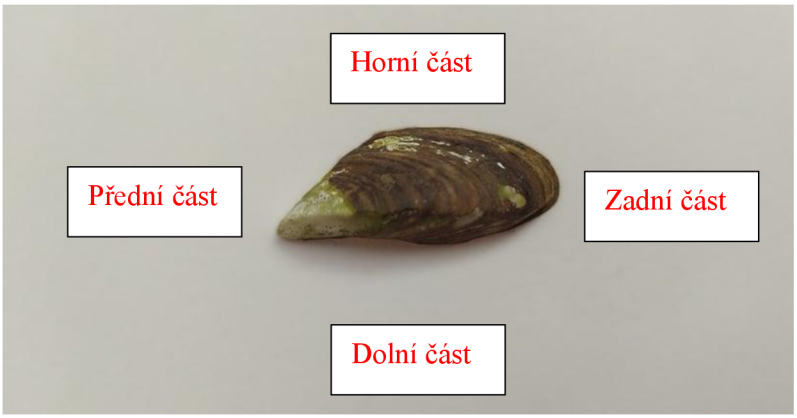
10. Přílohy

10.1 Řešení pracovních listů

List 1: Pracovní list pro žáky ZŠ

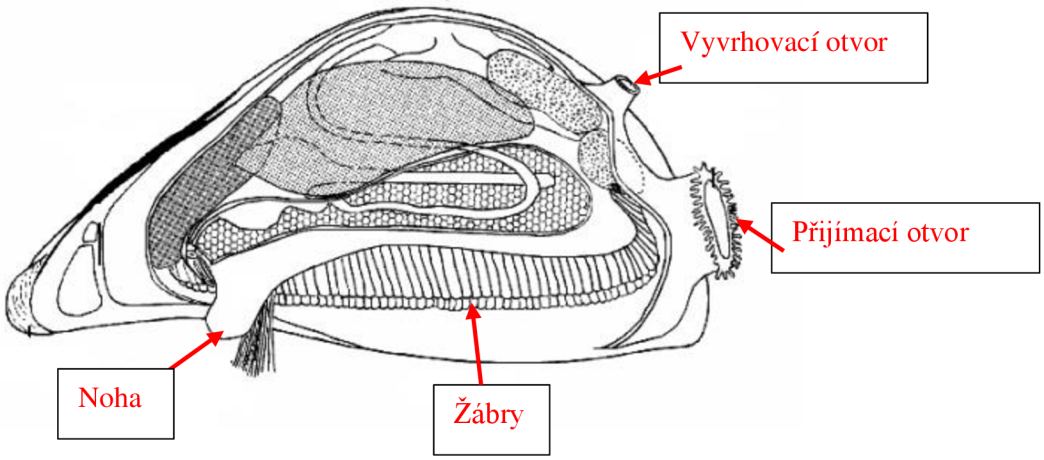
Jméno: Petr Novák	Třída: 6.	Datum: 26. 10. 2020
Téma: Mlži – modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		

12. Zakroužkuj společné znaky **mlžů a plžů:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
13. Zakroužkuj společné znaky **mlžů a hlavonožců:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
14. Zakroužkuj společné znaky **plžů a hlavonožců:** hlava, noha, schránka, oči, žábry, plíce, uhličitan vápenatý
15. Na obrázku urči u lastury: **přední část, zadní část, horní část, dolní část**



Obr. 1: Lastura *Dreissena polymorpha;* foto K. Stržínková 2021

16. Přiřaď pojmy do obrázku: **vyvrhovací otvor, přijímací otvor, noha, žábry**



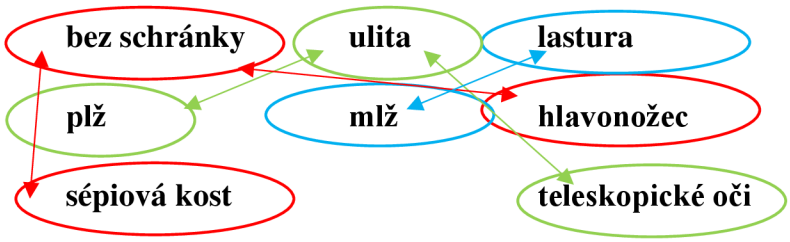
Obr. 2: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převrato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

17. Jaké přirozené biotopy mlžů znáš?
    - sladká voda: potoky, řeky, jezera
    - slaná voda: moře, oceány
18. Jaké umělé biotypy mlžů znáš?
    - Rybníky, přehrady, zatopené lomy a jiná vodní díla vzniklá lidskou činností

19. Zakroužkuj mlže žijící v České republice:

PERLORODKA ŘÍČNÍ
PERLOTVORKA MOŘSKÁ
SRDCOVKA JEDLÁ
ŠKEBLE ŘÍČNÍ
ŠKEBLE RYBNIČNÍ
ÚSTŘICE JEDLÁ
SLÁVIČKA MNOHOTVÁRNA
VELEVRUB MALÍŘSKÝ

20. Přiřaď k sobě správné pojmy:



21. Co je to invazivní druh a proč mezi ně řadíme i slávičku mnohotvárnou?
    Invazivní = nepůvodní přemnožený druh na daném území, který obvykle vytlačí původní druhy a rozvrací ekosystém lokality.
    Slávičku mnohotvárnou řadíme mezi invazivní druhy, jelikož je u nás nepůvodním přemnoženým druhem, který negativně ovlivňuje vodní ekosystém.

22. Pojmenuj invazivní druhy České republiky vyobrazené na obrázcích:

plzák španělský

mýval severní

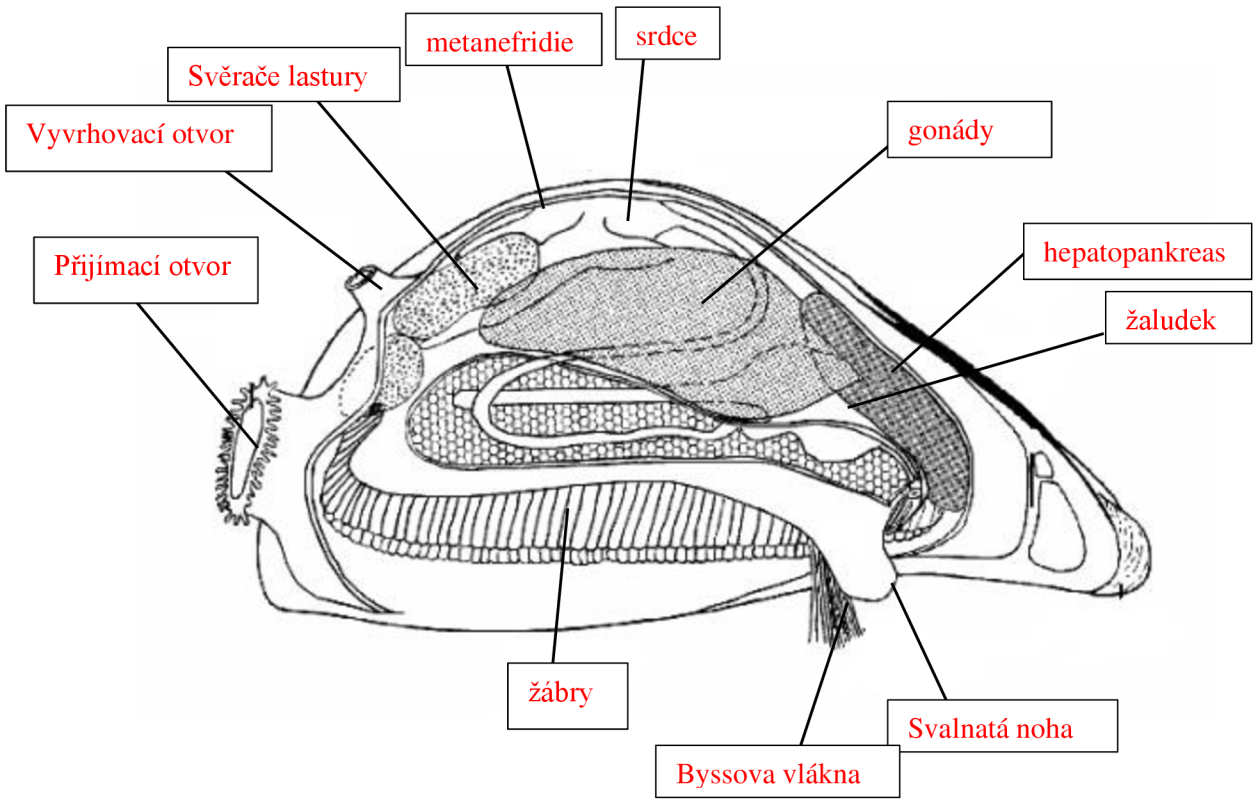
Obr. 3: převzato z www.ecologyforthemasses.com
Obr. 4: převzato z www.mundo.cz

List 2: Pracovní list pro žáky SŠ

Jméno: Petr Novák	Třída: 2.	Datum: 26. 10. 2020
Téma: Mlži – modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		

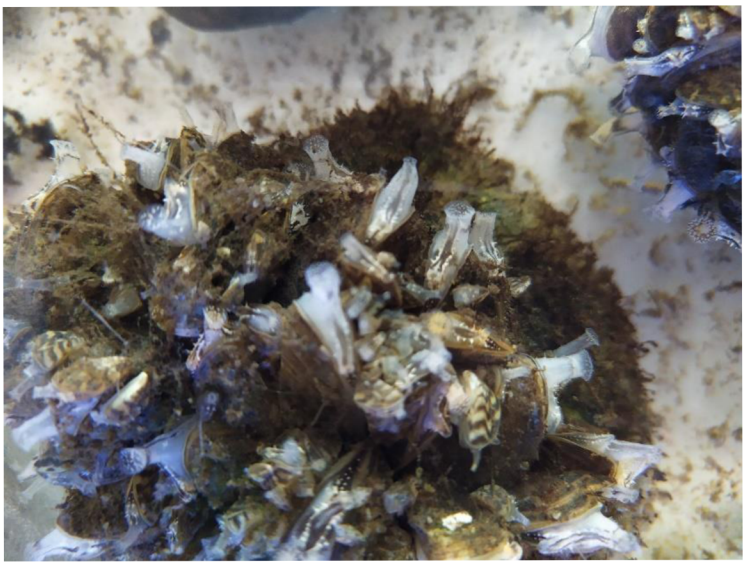
7. Následující pojmy přiřaď k obrázku: **přijímací otvor, vyvrhovací otvor, žábry, svalnatá noha, svěrače lastur, byssova (příchytná) vlákna, srdce, žaludek**

   Bonusové pojmy: metanefridie, gonády, hepatopankreas



Obr. 1: Vnitřní anatomie dospělce *Dreissena polymorpha;* převrato z Claudi & Mackie 1994; upravila K. Stržínková 2021

8. Pojmenuj bílé útvary na obrázku, kdy je můžeme pozorovat a jakou mají funkci:
   - jedná se o přijímací a vyvrhovací otvory
   - Slouží k přijímání vody s potravou a vylučování přefiltrované vody se zbytky



Obr. 2: Aktivní *Dreissena polymorpha;* foto K. Stržínková 2021

9. Podle obrázku popiš vzhled slávičky mnohotvárné *(Dreissena polymorpha):*
   - Na obrázku je dospělý jedinec.
   - Jedinec žije na kamenitém podkladu.
   - Schránka je trojhranně členkovitá, žlutošedé barvy s tmavohnědými klikatými proužky.

Obr. 3: *Dreissena polymorpha;* převzato z www.magickahlubina.cz

10. Vysvětli pojmy:
    Endemit = organismus vyskytující se na určitém omezeném území a jinde se nevyskytující

    zavlečený druh = druhy nepůvodní na daném území, které se na něj nepřirozeně přemístili lidskou činnosti

    invazivní druh = nepůvodní druh na daném území, který vytlačuje agresivně původní druhy

11. Vyber správný typ soustavy u měkkýšů:

Nervová soustava:
rozptýlená - provazcovitá – žebříčkovitá – gangliová – paprsčitá

Trávicí soustava:
fagocytóza - gastrovaskulární – trubicovitá

Dýchací soustava:
Povrchem těla – plíce – žábry – vzdušnice

Oběhová soustava:
Uzavřená - otevřená

Vylučovací soustava:
Protonefridie – metanefridie – malphigické trubice

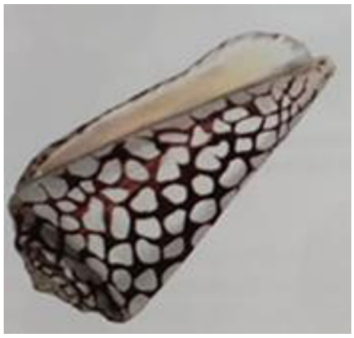
Pohlavní soustava:
Hermafrodit – gonochorista

12. Pojmenuj vybrané lastury:

Ústřice jedlá

Hřebenatka svatojakubská

Srdcovka jedlá



Homolice mramorovaná

Ostranka jadranská

Kyjovka ušlechtilá

Jehlanka obecná

Zavinutec tygrovaný

Obr: 4. – 11. fotografie lastur mlžů; převzato z Zicháček 2012; upravila K. Stržínková 2021

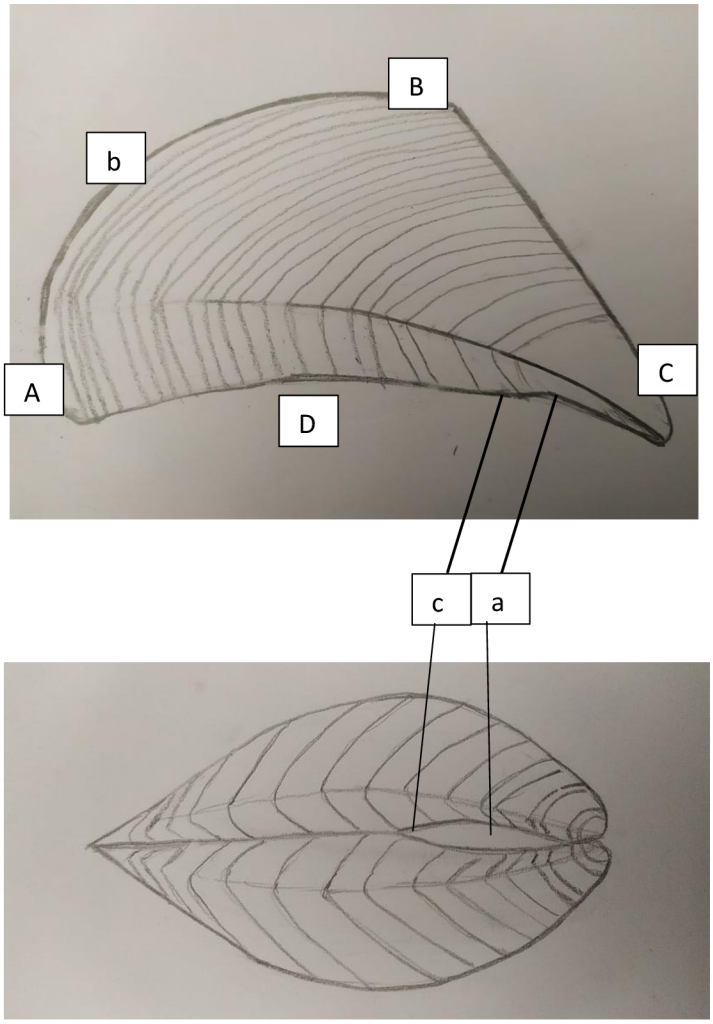
NÁPOVĚDA: **ústřice jedlá, kyjovka ušlechtilá, ostranka jadranská, zavinutec tygrovaný, jehlanka obecná, srdcova jedlá, hřebenatka svatojakubská, homolice mramorovaná**

List 3: Pracovní list – pitva – žáci SŠ

Třída: 2. ročník	Datum: 26.10.2020	Teplota: 20 °C
Jméno: Petr Novák		
Téma: Morfologie a anatomie mlži – pitva		
modelový organismus – slávička mnohotvárná *(Dreissena polymorpha)*		
Pomůcky: lupa, skalpel, žiletka, preparační jehla, Petriho miska, pinzeta, střička, pipeta, 70% ethanol		
Materiál: slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha)*, opatrně pomocí skalpelu oddělena od podkladu přeříznutím byssových vláken, zafixovaná v 70 % ethanolu		

1. VNĚJŠÍ MORFOLOGIE TĚLA

Lastura tvořená ze dvou misek je trojhranného článkovitého tvaru. Obě misky lastury jsou pevné, neprůsvitné s viditelnými růstovými rýhami, které se zvětšují směrem od umba k zadnímu okraji lastury. Zbarvení lastury je žlutošedé s tmavohnědými klikatými proužky. Dále můžeme pozorovat na dolní straně lastury tzv. byssova vlákna, která jsou vylučována z byssových žláz, pomocí kterých se slávička přichytává ke kamenům a jiném pevnému podkladu.



A: zadní část
B: dorsální strana
C: přední část
D: ventrální strana

a: oblast pro výstup svalnaté nohy

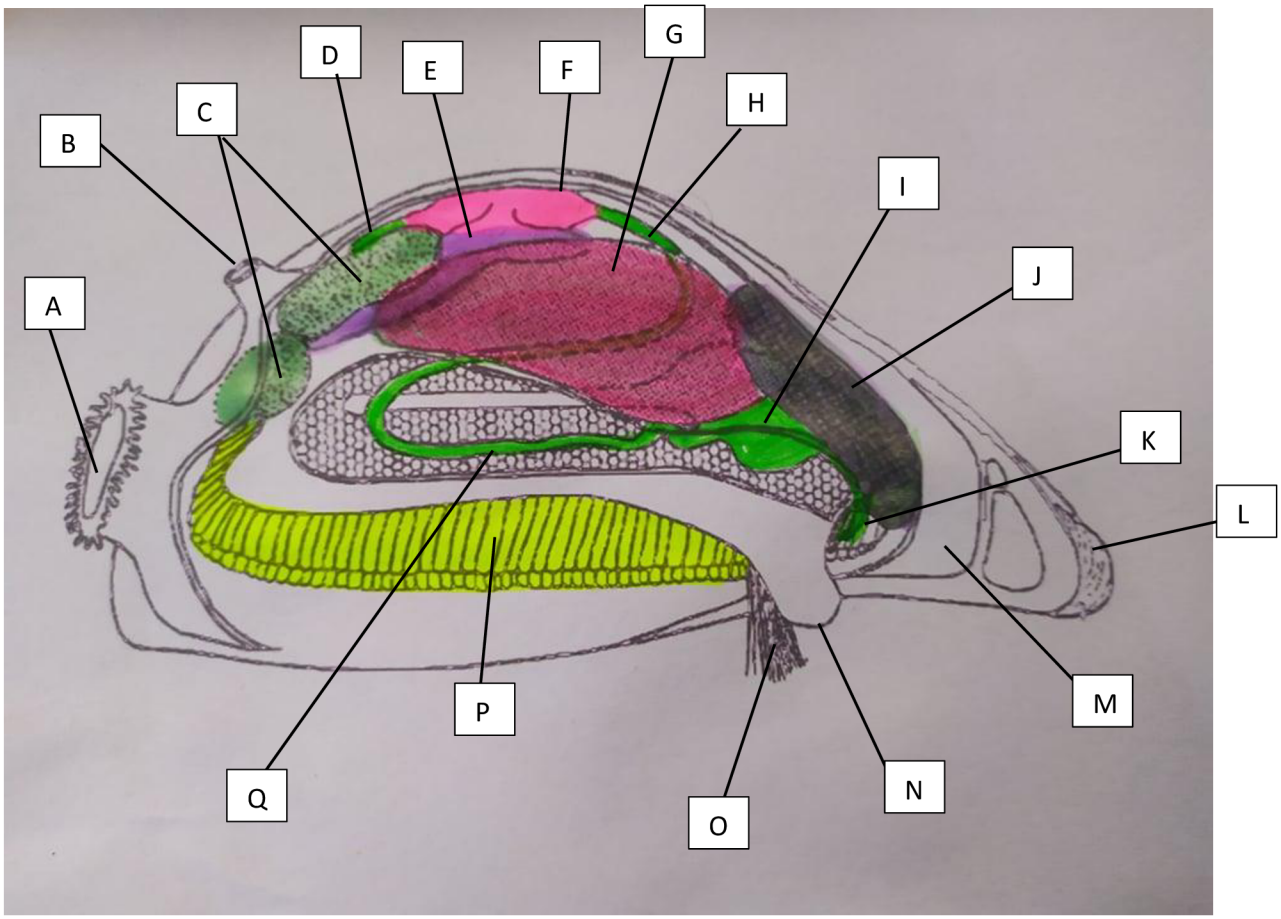
b: oblast pro výstup inhalačního a exhalačního sifonu

c: oblast Byssových vláken

2. VNITŘNÍ MORFOLOGIE TĚLA

Tělo ukryté v lastuře je ploché dvoustraně souměrné s redukovanou hlavou. V horní části můžeme pozorovat srdce s osrdečníkem, metanefridie, svěrače lastur, řiť, konečník a gonády. V dolní části můžeme pozorovat žábry, svalnatou nohu a Byssova vlákna. Uprostřed těla se klikatí střevo. V přední části se nachází ústa, žaludek a hepatopankreas. Zadní části vidíme svěrače lastur, které slouží k otevírání a zavírání lastury řízené aktivní filtrací jedince. V zadní části se dále nachází výrazný přijímací otvor a menší otvor vyvrhovací.

Otevření schránky:



A: Přijímací otvor, B: Vyvrhovací otvor, C: svěrače lastur, D: řiť, E: metanefridie, F: srdce v osrdečníku, G: gonády, H: konečník, I: žaludek, J: hepatopankreas, K: ústa, L: umbo, M: plášť, N: noha, O: Byssova vlákna, P: žábry

3. POSTUP

Opatrně pomocí preparační jehly rozevíráme lasturu, přičemž se snažíme mít obsah v jedné ze dvou misek. Postupujeme od zadní části lastury k přední. Po rozevření lastur vyjmeme ploché tělo, které si umístíme na Petriho misku a zakápneme pomocí střičky vodou. Následně odřízneme pomocí skalpelu nebo žiletky část žaber a viscerální hmoty, abychom odkryly části trávicího systému. Celý postup provádíme s pomocí lupy.

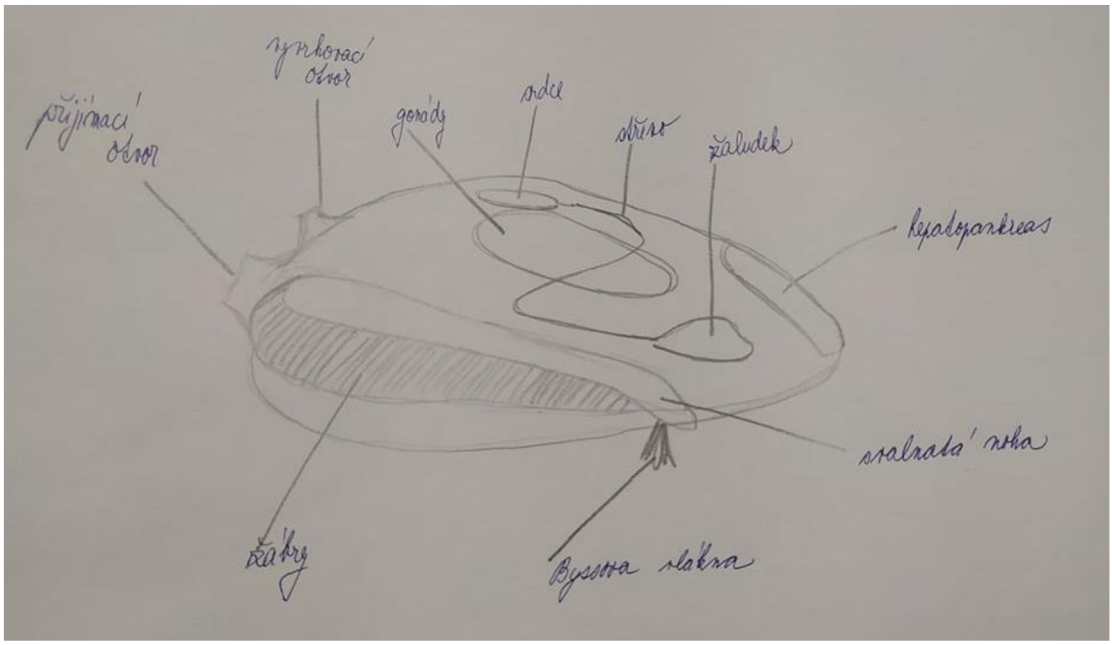
4. VLASTNÍ POZOROVÁNÍ

(místo pro zapsání vlastních výsledků)

Zde napiš, které části těla a orgány si během pitvy pozoroval:
Při otevírání svěrače lastur, umbo, plášť.
Následně: přijímací a vyvrhovací otvor, srdce, gonády, žaludek a střevo, hepatopankreas, svalnatou nohu, žábry, Byssova vlákna

Zde napiš, které části těla a orgány si během pitvy nepozoroval:
Ústa, konečník, řiť, metanefridie,

Nákres: Pozorované orgány slávičky mnohotvárné během pitvy



zvětšení: 10 - 20x

Závěr: Pozorovali jsme vnější a vnitřní stavbu slávičky mnohotvárné. Během pitvy jsme pomocí lupy určovali vnitřní orgány. Nepovedlo se mi najít a určit ústa, řiť, konečník a metanefridii.