

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra zoologie a rybářství**

**Vliv osvitů na růst akvarijních ryb**  
**Bakalářská práce**

Autor práce: Martin Kotal  
Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.

2012

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv osvitu na růst akvarijských ryb“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne: 13. 4. 2012

## Souhrn

Cílem práce bylo porovnat vliv kontinuálního osvětlení a osvětlení po dobu 12 hodin denně na velikost přírůstku akvariálních ryb *Poecilia reticulata*. V experimentu trvajícím 70 dní byly použity dvě skupiny o dvou akvariálních nádržích, přičemž dvě byly osvětleny po dobu 12 hodin (poté následovalo 12 hodin tmy), a dvě byly osvětleny nepřetržitě. Při obou opakováních experimentu dosahovaly skupiny ryb umístěné do kontinuálně osvětlených nádrží prokazatelně vyšší váhové přírůstky než ryby v nádržích s dvanáctihodinovou fotoperiodou. Bylo také dokázáno, že samice v kontinuálním osvětlení narostly více než samci, zatímco při 12 h cyklu byl růst srovnatelný. Ryby byly chovány při 26 °C a krmeny ad libitum.

Při obou opakováních experimentu dosahovaly skupiny ryb umístěné do kontinuálně osvětlených nádrží prokazatelně vyšší váhové přírůstky než ryby v nádržích s dvanáctihodinovou fotoperiodou. Byl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami na hladině významnosti  $p < 0,05$  a tím pádem přijata formulovaná hypotéza: Nepřetržité osvětlení při shodném krmění urychluje přírůstek ryb.

Dále bylo testováno, zda se liší rychlost růstu podle pohlaví při rozdílných světelných podmínkách. Pozorováním i statistickým testem na hladině významnosti  $p < 0,05$  bylo potvrzeno, že samice v kontinuálním osvětlení narostly podstatně více než samci, zatímco při 12 h cyklu byl poměr růstu obou pohlaví srovnatelný.

Klíčová slova: *Poecilia reticulata*, růst, světlo, fotoperioda

## Summary

Two series of trials were conducted to compare the effect of 12 hour photoperiod with continuous light on the growth of aquarium fish *Poecilia reticulata*. After 70 days, the fish treated in 24 h light were significantly heavier than the fish in 12L/12D photoperiod. The results indicate, that extended light increases growth rates of *Poecilia reticulata*. In 24 h trial, females were significantly bigger than males. Water temperature used in experiment was 26°C. Fish were feeded ad libitum.

Growth of the fish treated in continuous light was significantly higher ( $p < 0,05$ ) than the fish in 12 h light period. The hypotesis was confirmed. With the same feeding, continuous light increases fish growth.

The difference of growth between males and females in different light regimes was also tested. The females were significantly bigger ( $p < 0,05$ ) in continuous light. In 12 h period, there was no significant difference ( $p < 0,05$ ) between males and females.

Keywords: *Poecilia reticulata*, growth, light, photoperiod

# Obsah

<b>OBSAH</b>	<b>1</b>
<b>1 ÚVOD</b>	<b>2</b>
<b>2 CÍL PRÁCE</b>	<b>3</b>
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b>	<b>4</b>
3.1 Živorodka duhová	4
3.2 Vejcoživorodost a živorodost u ryb	9
3.3 Vliv intenzity světla na taktiku namlouvání pavích ok	11
3.4 Vliv UV záření na výběr partnera u pavích ok	12
3.5 Vliv množství světla na hejnové chování pavích ok	13
3.6 Vliv délky osvitu na rychlost růstu ryb	13
3.7 Vliv teploty na rychlost růstu potěru	14
3.8 Vliv teploty na těhotné samice a na množství vyprodukovaného potěru	15
3.9 Vliv teploty na pohlaví	16
3.10 Kritické teplotní maximum a letální teplota pro paví oka	16
3.11 Spotřeba kyslíku u různých velikostí pavích ok v různých podmínkách	17
3.12 Vliv teploty na ochranu před predátory	18
<b>4 MATERIÁL A METODY VLASTNÍHO EXPERIMENTU</b>	<b>20</b>
<b>5 VÝSLEDKY</b>	<b>22</b>
5.1 Rychlost růstu	22
5.2 Vliv osvitu v závislosti na pohlaví	26
<b>6 DISKUZE</b>	<b>29</b>
<b>7 ZÁVĚR</b>	<b>32</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>33</b>
<b>9 SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY</b>	<b>36</b>

# 1 Úvod

Tato práce se zabývá světlem a dalšími abiotickými faktory, které mají vliv na ryby. Světlo je jedním z důležitých faktorů životního prostředí. Díky světlu se ryby mohou orientovat v prostředí, hledat či lovit potravu, ale také třeba určit dobu páření. Světlo ale hraje i další role v životě ryb, především těch chovaných člověkem. Jeho barevné složení, stejně jako jeho intenzita, může ovlivňovat rychlost růstu ryb, ovlivňovat způsob rozmnožování, může rybám způsobovat stres a také třeba zvýhodnit či znevýhodnit jednotlivce v době rozmnožování.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je vytvořit souhrn poznatků o vlivu světla a dalších abiotických faktorů na ryby, především na akvariijní ryby *Poecilia reticulata*, na kterých bude proveden experiment zjišťující vliv délky osvětlení na rychlost jejich růstu. Cílem je zjistit vliv světla na rychlost růstu ryb nejenom akvariijních, ale také některých ryb tržních. Vzhledem k tomu, že světlo je abiotický faktor, který lze v podmínkách odchovu akvariijních ryb, potěru ryb komerčních a v dalších uzavřených komerčních zařízeních jednoduše ovlivnit, ať už výběrem vhodného zdroje světla, umístěním zdroje světla nebo délkou osvětlení během dne, je velmi důležité se jeho vlivem na ryby zabývat, protože lze velmi jednoduše zlepšit podmínky i ekonomické výsledky v chovu právě změnou osvětlení.

Testována byla hypotéza: Nepřetržité osvětlení při shodném krmení urychluje přírůstek ryb.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Živorodka duhová

#### Historie

„*Poecilia reticulata* n. sp. Žlutozelená s černým síťováním, jehož oka leží paralelně s okraji šupin, na břiše stříbřitých. Šupiny v 7 podélných a 27 svislých řadách; i když vypadají jako děrované, není vidět žádná jasná postranní čára. Celková délka 39, výška 9, délka hlavy 7 milimetrů. D. 8 A. 10. Caracas; v řece Guayre nasbíral Göllmer“ (Peters, 1859). Takto Peters v roce 1859 popsal ryby, které se později staly nejznámějšími laboratorními a akvarijními rybami všech dob – živorodky duhové. Jako první si jí všimli evropští akvaristé na začátku 20. století. Obchodně byla vzhledem ke své nenáročnosti a barevné výraznosti velmi úspěšná. Snadný odchov, krátkověkost a barevná variabilita ji předurčuje jako ideální výzkumný objekt embryologů a genetiků. Její životaschopnost, přizpůsobivost a velká žravost se využívala k likvidaci larev komárů v malarických oblastech. Později ale byla nahrazena živorodkou komářů (*Gambusia affinis*). I přes všechny pozitivní vlastnosti došlo k jejímu rozšíření po akváriích a laboratořích až 50 let poté, co byla objevena.

Autor popisu Wilhelm C. H. Peters se nezmiňuje o živorodosti, protože o ní v době popisu nevěděl. Neznal ji ani objevitel ryby, caracaský lékárník Julius Göllmer, který 14. května 1856 chytil v Rio Guayre 61 kusů. Ryby odeslal do Zoologického muzea v Berlíně. Peters poté popsal pouze samice, zatímco preparáty samců z neznámých důvodů opomněl. Vzhledem k barevné variabilitě druhu nebyla tato venezuelská populace zdaleka jediná, která získala vlastní popis. Mezi lety 1859 až 1920 jich bylo celkem 14 (nyní synonyma), z nichž nejslavnější je popis *Girardinus guppyi*, který dal rybě lidové označení gupka, běžně používané na celém světě (Slaboch, 2011b).

Dokoupil (1981) napsal, že první import živých živorodek duhových do Evropy uskutečnil v roce 1861 italský kněz Ermenegildo Arnabold von Tremezzo, který je dovezl z Barbadosu. Slaboch (2011b) ale uvedl, že se tyto živorodky nepodařilo rozmnožit a skončili ve sbírkách muzea v Turíně, kde je Filippo de Filippi ještě týž rok popsal jako *Lebistes poeciloides*.

Pro chovatele byl prvním úspěšným import provedený až Carlem Siggelkowem v roce 1908. Z typové lokality v Rio Guyare dovezl do Hamburku 25 kusů (z toho tři samce). Tato



skupina se ještě téhož roku rozmnožila (první vrh čítal 12 mlád'at) a od té chvíle živorodka duhová neopustila evropské nádrže ani na okamžik. Siggelkow je ovšem tehdy dovezl pod názvem *Girardinus guppyi*, což vysvětluje, proč jsou ryby obecně označovány jako gupky (Slaboch, 2011b).

## **Výskyt**

Živorodka duhová se vyskytuje v řekách s klidnějším prouděním vody, v přítocích řek, ve strouhách, jezírkách, i ve vodách odpadních. Můžeme ji najít ve vodě sladké, brakické, mořské i termální (Dokoupil, 1981).

Krouský (2001) uvádí, že živorodky duhové jsou velmi tolerantní k prostředí, ve kterém žijí. Jsou velmi přizpůsobivé jak k teplotě vody, tak i k chemickému složení vody a velmi snadno si zvykají na nové parametry vody. To je pravděpodobně způsobeno ostrovním původem, kde ryby žijí v malých nestabilních biotopech, jejichž chemické složení i teplota kolísá, a často se voda mísí s vodou mořskou.

## **Rozšíření**

Drahotušský a Novák (2000) uvádějí, že původní areál rozšíření živorodky duhové nebyl velký. Rozkládal se na území Guyany, severní Brazílie, Venezuely a na ostrovech Malých Antil Trinidad a Barbaros. Lidé je ale dále vysazovali pro jejich schopnost požírat komáří larvy, a tak se živorodky duhové dále rozšířily po celém světě. Některé populace sice zanikly, jiné ale díky své přizpůsobivosti zdomácněly. Současný areál rozšíření je tedy obrovský – zahrnuje oblasti jižní a střední Ameriky, jižní státy USA, Evropu, Afriku a jižní Asii.

Díky své vitálnosti a schopnosti rychlého rozmnožování je schopna živorodka duhová rychle ovládnout jakoukoliv lokalitu v tropech a subtropích. Vzhledem k její velké žravosti byla za účelem snižování počtu komářích larev vysazována v malarických oblastech celého světa. Tak se rozšířila prakticky v celém tropickém a subtropickém pásu. Např. v jihovýchodní Asii lze najít živorodky duhové prakticky v každém vodním zdroji, či

v proslulých květinových nádobách, kde plní dvojí funkci – funkci estetickou i praktickou, protože i zde pomáhají ve snižování počtu komárů (Slaboch, 2011b).

Agbayani (2007) zveřejnil svůj dlouhodobý výzkum, podle kterého je živorodka duhová rozšířená v 68 zemích, z toho v 15 zemích evropských. Můžeme ji nalézt ve všech státech Středomoří, v Bulharsku, Maďarsku, Rumunsku, Slovensku, v termálních pramenech Velké Británie a dokonce i v teplých odpadních vodách u některých elektráren v Německu a České republice.

### **Barevné a tvarové varianty**

Velké množství popisů živorodek duhových je bezesporu způsobeno velkou variabilitou barvy, vzorů na bocích a různou délkou a tvarem ploutví. Ty se neliší jen mezi jednotlivými geografickými rasami, ale také mezi jedinci v populaci. V přírodě je dobře patrný vztah mezi životním prostředím a barevností samců. Čím silnější je zakalení vody, tím jsou samci barevnější. Ve vodě průzračné se nevyvíjí tak silný tlak na sexuální atraktivitu samců. Nejbarevnější populace se tedy nacházejí v nejšpinavějších stokách (Slaboch, 2011b).

Chov v zajetí umožnil nahradit přírodní výběr samiček výběrem chovatelským, při němž se nebarevní a tvarově nezajímaví samci z chovu odstraňovali. Po pouhých deseti letech cíleného chovu, se v roce 1919 ustálily chovné linie s jednoznačně tvarově odlišnými ocasními ploutvemi. Dodnes se chovají tvary rýč, kruh a horní mečík. První, skutečně dlouhoploutví samci, byli představeni v roce 1954 na výstavě v Hamburku americkým chovatelem Paulem Hähnelem. Měli však stále ještě zbarvení divokých ryb. Bariéra pevného genetického ukotvení barev byla prolomena až v 80. letech 20. století, kdy se v Americe podařilo vyšlechtit celobarevné jedince. To vedlo k postupnému vytvoření desítek barevných a tvarových kombinací (Slaboch, 2011b).

Samci z Trinidadu mají ostře ohraničené přechody červené, zelené a žluté barvy, a také typickou tmavě modrou až černou skvrnu v dolní části břicha. Díky tomu také živorodky duhové dostaly lidový název paví oko. U populací z Venezuely převládá zelený lesk na bocích samců a specifický tvar ploutví, které jsou prodloužené a mají žlutě zbarvené krajní paprsky. Z těchto populací byly vyšlechtěny mečíkaté formy. Právě u nich jsou často nápadně svítivě zelené boky tzv. Vídeňský smaragd. Ryby, které volně žijí na Floridě, mají

charakteristické měděné zbarvení. Rasy vysazené v Africe jsou zase větší, a mají neostré „rozpité“ přechody barev, a jsou pravděpodobně předky dlouhoploutvých forem (Krouský, 2001).

Zbarvení samic je většinou nenápadné olivově zelené, nažloutlé či nahnědlé, někdy s modrým či zeleným leskem. Ploutve jsou většinou čiré. Divoké formy byly z akvárií postupně vytlačovány a nahrazeny šlechtěnými rybami, které vznikly výběrem, cílevědomým chovem a často složitým křížením. U některých typů jsou i samičky v odstínu základního zbarvení samečků, s barevným vzorem na ploutvích. Ten je ale mnohem méně intenzivní než zbarvení samců (Dokoupil, 1981).

## Genetika

Samec vysílá svým vzhledem zprávu o svých kvalitách jako potenciální otec. Samice na jeho vzhled reaguje tak jak byla geneticky naprogramována – upřednostňuje jedince s největším podílem červené barvy a nejdelšími ploutvemi. Vzhledem k tomu, že ploutve rostou samcům celý život, jsou ukazatelem samcova stáří, tělesného stavu a schopnosti. Čím delší má ploutve, tím déle byl schopen unikat predátorům. Stejně je to i s červenou barvou, protože pouze silní samci mají dostatečné tukové zásoby, na které se vážou karotenoidy způsobující červené zbarvení. Jejich kondice je tedy přímo úměrná velikosti a sytosti červeného vybarvení (Slaboch, 2011b).

## Chov

Dokoupil (1981) píše, že při chovu nestandardních kříženců se jedná o ryby nenáročné na prostor, složení vody, teplotu, potravu a společnosti jiných druhů. Lze je bez problému chovat i ve společenství s jinými rybami, například s *Hemigrammus erythrozonus*, *H. ocellifer falsus*, *H. callistus rosaceus*, *Megalomphodus megalopterus*, *Moenkhausia pittieri*, *Pristella maxillaris*, *Brachydanio rerio*, *B. albolineatus*, *Capoeta oligolepis*, *Puntius titteya*, *Rasbora heteromorpha*, *Corydoras paleatus*, *C. aeneus*, *C. schultzei*, *Xiphophorus maculatus*, *X. variatus* a dalšími. Pro chov čistokrevných linií je nezbytné vytvořit optimální podmínky. Cílem tohoto chovu je udržet existující linie v maximálně vyrovnaném chovu, kde by se

všichni jedinci měli co nejvíce přiblížit standardu. Později je možné se zaměřit na vyšlechtění odrůdy nové.

Drahotušský a Novák (2000) uvádějí, že k chovu potěru se používají nádrže o objemu 100 – 150 litrů. V těchto nádržích se dno nechává nepokryté štěrkem, a rostliny jsou zasazeny do květináčů. Do nádrží jsou zavěšovány porodní síťové klece o objemu minimálně 5 litrů, do kterých je možné umístit několik těhotných samic najednou, a které zabraňují samicím požírat své potomky. Teplotu je vhodné udržovat okolo 26 °C. Na chemické složení vody nejsou ryby náchylné, neprospívají pouze ve vodě kyselé a staré. Je tedy vhodné nejméně dvakrát týdně odsát kal ze dna a vyprat filtry, a přitom vyměnit přibližně jednu třetinu vody.

Chov generačních ryb se provádí v akváriích s objemem 100 – 200 litrů. Do takového akvária je možné umístit 80 – 120 samečků anebo 50 – 80 samiček. Zařízení je jednoduché. Někteří chovatelé používají pouze akvária s holým dnem a bez rostlin, pouze s odpovídajícím filtrem, který bývá i zdrojem vzduchu. Tím lze omezit výskyt bakteriálního rozpadu ploutví, který je často způsoben rozkládajícím se detritem na dně, na němž ryby v noci spí (Dokoupil, 1981).

Dokoupil (1981) dále uvádí, že tvrdost vody není rozhodující. Výborných výsledků bylo dosaženo ve vodě s tvrdostí 6-20 °N. Optimální pH je mezi 6,5-7,2.

Sandfortová (1997) uvádí jako ideální parametry vody chov a odchov živorodek duhových teplotu 18 – 27 °C, pH 7,0 - 8,5 a tvrdost vody 4 – 30 dH.

Drahotušský a Novák (2000) doporučují jako vhodnou teplotu pro odchov generačních ryb 20 °C. Při této teplotě sice dochází k pomalejšímu růstu, ale ryby poté dorůstají větších velikostí. Pro březí samice je vhodná teplota 25 °C, při které trvá březost přibližně 25 – 30 dní.

K vývoji prodloužených ploutví je kromě genetického základu nutný také vývoj svalstva. Toho dosáhneme jen bohatou výživou s vysokým obsahem proteinů. Dospělé rybky krmíme nejméně 3 x denně. Hlavním druhem potravy jsou nítěnky (*Tubifex tubifex*), larvy komárů všech druhů, dafnie, mražené hovězí srdce a umělé krmivo s vysokým obsahem proteinů. Dlouhodobé jednostranné krmení umělými krmivy není vhodné. Rybky sice rychle rostou, ale vývoj svalstva není úměrný k růstu, a mohou vznikat štíhlé rachitické formy.

Stejně tak se vyhýbáme krmivům s vysokým obsahem vitaminů a krmivům, ve kterých jsou obsaženy hormony (Dokoupil, 1981).

## **Soutěže**

První výstava, která ale ještě nebyla soutěžní, byla zorganizována v roce 1910 Aquaklubem Nymphaea v Lipsku. Zde byly veřejnosti představeny tři doposud známé varianty (populace) dovezené z Venezuely, Trinidadu a Barbarosu. První výstava, kde byly ryby navzájem posuzovány, se konala o 8 let později. Ryby zde už byly rozříděny podle tvaru ocasních ploutví do čtyř kategorií, které se staly základem o rok později Aquaklubem Nymphaea vydaného standardu (Slaboch, 2011b).

Pravděpodobně první oficiální soutěžní výstava živorodek duhových se konala v květnu 1935 v Praze. Zde se hodnotila tato kritéria: velikost těla, zbarvení těla, velikost a zbarvení hřbetní ploutve, tvar a zbarvení ocasní ploutve, stejnoměrnost zbarvení obou stran těla a různé zvláštnosti (Dokoupil, 1981).

### **3.2 Vejcoživorodost a živorodost u ryb**

„Živorodost je evolučně nejdokonalejší formou rozmnožování. Vyskytuje se u všech dlouhodobě úspěšných tříd živočichů kromě ptáků. Představuje totiž optimální poměr energetické náročnosti a úspěšnosti. U ryb se živorodost objevuje v triasu, před 250 miliony let. U paryb je doložena dokonce o 100 milionů let dříve, tedy ve spodním karbonu. Během čtvrt miliardy let evoluce nasbírala živorodost rozsáhlou a zajímavou škálu alternativ, a to i v druhově relativně úzké skupině drobných tropických sladkovodních, akvaristy chovaných ryb“ (Slaboch, 2007).

Živorodost je vždy vázána na vnitřní oplození. U různých skupin živorodých živočichů se proto za tímto účelem vytvořili různé mechanismy. V případě ryb jde o modifikace řitní ploutve samců, které plní funkci jakéhosi pohlavního údu. Toto uzpůsobení usnadňuje samcům proces dopravy spermií do pohlavních cest samice. U různých druhů paprskoploutvých ryb nemá sice jednotný vzhled a ani není tvořeno stejným počtem paprsků, ale vždy plní stejný účel. Slouží ke kontaktu pohlaví a

směřování spermií k urogenitálnímu otvoru samice. Po oplodnění dochází k vývoji zárodku uvnitř samice. V závislosti na druhu se také liší kontakt matky a plodu – od jednoduché ovoviviparie, až po viviparii s bohatou škálou spojení plodu a matky (Slaboch, 2011a).

Růžička (2009) napsal, že ovoviviparie (vejcoživorodost) je způsob rozmnožování, při kterém jsou vajíčka oplodněna uvnitř samice a poté, v různém stupni vývoje, vypuzena samičkou ven. Sem patří i skupina ryb, jejichž samičky z těla plod vypuzují již živý, bez jikerného obalu. Délka vývoje těchto jiker je většinou delší, než vývoj jiker ryb kladoucích do volné vody. Hlavním rozdílem ovoviviparie oproti pravým živorodkám (druhy viviparní) je způsob výživy zárodků v těle matky. U vejcoživorodých jsou zárodky vyživovány vlastním žloutkovým váčkem, a nejsou přímo napojeny na výživový systém matky. Během celého embryonálního vývoje jsou tedy odkázány na energetické zásoby v žloutkovém váčku, který je výrazně větší než žloutkový váček ryb druhého typu (ryby viviparní – pravé živorodky). Jikry pravých živorodek mají malý obsah živin, které nestačí pokrýt potřeby embryonálního vývoje. Vyvinuly se u nich ale trofotenie (nitkovité výběžky), které jsou zanořené do sliznice vaječnicku matky, a pomocí nichž zárodky čerpají živiny přímo od matky. Trofotenie tedy zásobují, buď částečně, nebo úplně, vyvíjející se zárodky, a díky nim se potěr pravých živorodek rodí poměrně dobře vyvinutý.

Zajímavým jevem, který souvisí s živorodostí, je uchování spermií do zásoby. Nejčastěji se s ním lze setkat u rodu *Poecilia*, ale bylo zaznamenáno i u rodů *Gambusia*, *Phallichthys*, *Phalloptychus*, *Phallotorynus*, *Poeciliopsis* a *Jenynsia*. Samice těchto rodů jsou schopné po jediném oplození udržet životaschopné spermie v genitálních cestách (pravděpodobně v některém ze slepých výběžků před urogenitální oblastí). V případě nedostatku samců, jsou odtud „vyzvednuty“ a použity k oplození vajíček. Pokud se samice dostane do nového prostředí, může dojít k jeho zabydlení, protože je schopna několika vrhů za sebou bez přítomnosti samce. Počet těchto vrhů se liší u různých druhů: např. devět vrhů *Poecilia reticulata*, pět vrhů *Phallichthys amates* a čtyři vrhy *Phallichthys*. U těchto následných vrhů bylo ale vždy zaznamenáno postupné snižování počtu potomků (Slaboch, 2007).

### **3.3 Vliv intenzity světla na taktiku namlouvání pavích ok**

U samců pavích ok byly zjištěny dva způsoby namlouvání. Častější způsob spočívá v předvádění samců před samicemi, tedy ve výběru samice podle barevnosti a stavby těla a ploutví samce. Alternativní způsob spočívá v pokusu samce o kopulaci bez jakýchkoliv námluv, tedy v rozmnožení se samicí bez jejího výběru.

Během výzkumu byla použita dvě prostředí, jedno nedostatečně osvětlené, a druhé s relativně dobrým osvětlením (Chapman a kol., 2009). Na pokusných rybách bylo zjištěno, že ve špatných světelných podmínkách docházelo nejčastěji k druhému způsobu rozmnožování, tedy samice si samce nevybíraly. Když ale byly ryby přesunuty do dobrých světelných podmínek, samci se přizpůsobili, a okamžitě začali s prvním způsobem namlouvání. I samice v tomto prostředí změnilly své chování, a už nebyly ochotné se rozmnožit bez možnosti výběru samce.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že paví oka jsou v taktice rozmnožování velmi přizpůsobivá, což jim v přírodě umožňuje rozmnožení za každých světelných podmínek, a pravděpodobně umožní rozmnožení i samcům, kteří nemají zbarvení a tvar ploutví preferovaný samicemi. Tito se pravděpodobně rozmnožují zejména při zhoršených světelných podmínkách.

Dále bylo zjištěno, že na způsob rozmnožování nemají vliv světelné podmínky, ve kterých ryby vyrůstaly. Při dalším pokusu byly některé testované ryby vychovány ve špatných a některé v dobrých světelných podmínkách. Neprokázalo se ale, že by intenzita světla, ve které ryby vyrůstaly, měla jakýkoliv vliv na pozdější způsob rozmnožování. Vždy rozhodovaly aktuální světelné poměry (Chapman a kol., 2009).

Godin (1995) zjistil, že ke stejnému chování jako při špatných světelných podmínkách dochází i při ohrožení predátory. V tu chvíli je předvádění ploutví samci příliš nebezpečné. Jakmile ale hrozba predátora pomine, vrátí se paví oka zpět ke standardnímu způsobu námluv.

Archard a kol. (2009) provedl výzkum na divoké populaci na Trinidadu, při kterém zjistil, že v přírodních podmínkách dochází k nejvíce interakcím mezi samci a samicemi během rozednívání a během stmívání. Aby vyloučil možnost dlouhodobých návyků ryb, rozhodl se požit několik různých filtrů světla, kterými simuloval osvětlení

během různých částí dne. Zjistil, že k nejméně interakcím dochází bez použití filtru při plné síle světla, zatímco při použití jakéhokoliv filtru dochází ke zvýšení aktivity. K nejvíce interakcím došlo při použití stínícího filtru, který simuloval osvětlení během rozednívání a stmívání. U UV filtru a u filtru měnícího poměr jednotlivých vlnových délek došlo také ke zvýšení aktivity ryb, ale méně výraznému. Pokles aktivity při zvýšení osvětlení je pravděpodobně způsoben větším strachem z predátorů (především velkých cichlid s denní aktivitou), protože na sledovaných lokalitách byla čistá voda bez zabarvení, a tudíž přes den větší množství světla výrazně zvyšovalo viditelnost pod vodou a tím i pravděpodobnost napadení predátorem.

Long a Rosenqvist (1998) provedli výzkum, ve kterém sledovali vzdálenost mezi samcem a samicí při namlouvání v závislosti na světelných podmínkách. Při práci v terénu zjistili, že při namlouvání se při zvyšujícím se osvětlení zvyšuje i vzdálenost samce a samice, a to od přibližně 2 cm při špatném osvětlení, až po pětinasobek, který byl pozorován na volné vodě při plném osvětlení. Pozorování z terénu potvrdili v laboratoři, kde docházelo ke stejnému jevu, ale vzdálenosti, které samci dodržovali, byly mnohem přesnější a také větší, pravděpodobně kvůli jednoduchému zařízení pokusných nádrží.

### **3.4 Vliv UV záření na výběr partnera u pavích ok**

Bylo zjištěno, že povrch kůže pavích ok obsahuje oblasti, které se výrazně vybarvují při osvětlení UV zářením. Tyto oblasti nejsou viditelné okem člověka, ale pro ryby při osvětlení UV zářením viditelné jsou. Pro test byli vybráni samci pavích ok, kteří se výrazně lišili velikostí těchto oblastí. Ke každé samici byli přidáni vždy dva samci, a to jeden s malým povrchem těchto bodů, a druhý s povrchem relativně velkým. Okem člověka ale byli tito samci barevně velmi podobní. Bylo zjištěno, že při osvětlení světlem s podílem UV záření došlo u samic k preferenci samců s větší plochou UV reflexních oblastí, zatímco při osvětlení umělým zdrojem světla bez podílu UV záření samice znatelně nepreferovali ani jednoho ze samců. Na výběr samců v přírodě tedy může mít vliv i měnící se podíl UV záření ve světle například zastíněním mraky, případně i různá hloubka, ve které se ryby nacházejí, protože voda UV záření pohlcuje, a už po několika desítkách cm je jeho množství zanedbatelné (Smith a kol., 2002).



### **3.5 Vliv množství světla na hejnové chování pavích ok**

Connor a Krause (2003) zjistili, že zatímco při osvětlení denním světlem tvoří divoká paví oka hejna, při osvětlení, které odpovídá noci, kdy je zataženo (prakticky úplná tma), ale i malém osvětlení, které odpovídá noci bez mraků, se hejna rozpadají a ryby tráví noc samostatně. V případě šera při stmívání se ale hejna stále ještě drží pohromadě. Toto chování je pravděpodobně způsobeno výskytem predátorů (velkých cichlid), kteří jsou převážně denními lovci (za šera jsou pravděpodobně stále ještě aktivní), a v noci tedy od nich pavím okům nehrozí nebezpečí.

### **3.6 Vliv délky osvitu na rychlost růstu ryb**

Hart a kol. (1996) provedli experiment na potěru platýzovitých ryb *Rhombosolea tapirina*, ve kterém zjistili, že při větším poměru mezi dnem a nocí dochází především u nejmladších ryb ke zrychlenému růstu. Největší přírůstek zaznamenali u skupiny ryb chované při 18 hodinách světla a 6 hodinách tmy, u skupiny chované v 9 hodinách světla a třech hodinách tmy a u skupiny osvětlované nepřetržitě. Skupiny s menším poměrem světla a tmy měli přírůstky menší, a skupina chovaná trvale ve tmě do 20 dne pokusu celá uhynula. Největší vliv délky osvitu byl v experimentu na rybách do stáří 10 dnů. U ryb starších měla délka světla také vliv, ale nebyl tak patrný.

U Tilápie nilské *Oreochromis niloticus* byl zjištěn rozdíl v růstu mezi dobou osvětlení 8 hodin a 16 hodin za den. U ryb chovaných v delším osvětlení byl zaznamenán vyšší váhový i délkový přírůstek, ale vzhledem k délce testu (3 týdny), nebyl natolik znatelný (Vera Cruz a Brown, 2009).

Rozdíl mezi kontinuálním osvětlením a osvětlením v cyklu 15 hodin světla - 9 hodin tmy nemá na rychlost růstu Tresky jednoskvrnné *Melanogrammus aeglefinus* žádný pozorovatelný vliv (Downing a Litvak, 1999).

Jonassen a kol. (2000) zjistili, že na rychlost růstu Platýse obecného *Hypoglossus hypoglossus* má délka osvětlení velký vliv. Během experimentu použili dvě různé teploty vody a porovnávali přírodní osvětlení s osvětlením kontinuálním. Největší zvýšení přírůstku

zaznamenali u ryb chovaných při kontinuálním osvětlení při nižší teplotě vody. Při vyšší teplotě vody, při které došlo k celkově vyšším přírůstkům než u teploty nižší, již nebyl vliv kontinuálního osvětlení natolik znatelný.

Partridge a kol. (2011) provedli výzkum na tuňákovi žlutoploutvém *Thunnus albacares*, ve kterém zjistili, že ryby chované při kontinuálním osvětlení mají mnohem vyšší přírůstky než ryby, jejichž nádrže jsou osvětleny pouze po 12 hodin denně. Zároveň také zjistili, že v případě tohoto druhu dochází při nepřetržitém osvětlení k několikanásobně menším ztrátám na potěru během prvních deseti dnů života.

Obdobné zkušenosti jsou známy i od některých characid (srov. Zukal a Frank, 1983).

### **3.7 Vliv teploty na rychlost růstu potěru**

Karayücel a kol. (2008) zjistil ve svém výzkumu, ve kterém použil 7 různých teplot od 19°C do 35°C, že potěr pavích ok (*Poecilia reticulata*), vyrostl za sledovanou dobu nejvíce při teplotách mezi 22,5 a 26°C. Největší velikost a váha ryb byla u teploty 26°C, ta se však výrazně nelišila od ostatních při teplotách 22,5-26°C. Obecně lze říci, že se váha, stejně jako délka ryb zvyšovala postupně s teplotami od 19°C až do teploty 26°C, kde dosáhla svého maxima a poté prudce klesala. Při teplotách přesahujících 26°C zaznamenal mnohem vyšší úmrtnost než při teplotách, které byly nižší než 22,5°C, a to jak u potěru, tak u těhotných samic. U vyšších teplot došlo v některých případech ke smrti všech těhotných samic. Jako teplotní optimum pro chov pavích ok lze tedy na základě tohoto výzkumu doporučit teploty mezi 22,5°C a 26°C.

Dzikowski a kol. (2001) ale ve svém výzkumu optimální teploty pro chov a reprodukci pavích ok uvádí teploty o něco vyšší. Jako optimum označil teploty 26-27°C. Rozdíl je pravděpodobně způsobený použitím různých kmenů pavích ok, které se díky dlouhodobému šlechtění přizpůsobily podmínkám chovu.

Karayücel a kol. (2008) i Dzikowski a kol. (2001) ale ve svých výzkumech připouštějí, že testování bylo provedeno na těhotných samicích a na nesexovaném potěru do stáří přibližně 50 dní. Je velmi pravděpodobné, že teplotní optimum se bude v průběhu života ryb měnit, a to nejen v závislosti na stáří, ale také na pohlaví. Vliv

budou mít patrně i další abiotické faktory, jako pH vody či obsah amoniaku, dusitanů či dusičnanů, díky kterým se může teplotní optimum posouvat, respektive bude u ryb v jejich určité koncentraci docházet při určitých teplotách ke stresu.

### **3.8 Vliv teploty na těhotné samice a na množství vyprodukovaného potěru**

Při teplotě, která přesáhla 29°C, bylo zjištěno, že velké množství samic není schopné reprodukce, a jejich úmrtnost rapidně stoupá, a to až k bodu, kdy umírají všechny testované samice. Při teplotách 22,5°C a nižších se interval mezi dvěma porody pohyboval v rozmezí od 40 do 41 dní, a výrazně se lišil od teploty 26°C, při které byl o celých 11 dní kratší. Množství potěru se příliš nelišilo u teplot od 21 do 26°C, docházelo ale k postupnému zvyšování počtu s rostoucí teplotou. U ostatních teplot, jak nižších, tak zejména u teplot vyšších, bylo potěru výrazně méně. Z tohoto lze usoudit, že teplotní optimum při ontogenetickém vývoji je u své minimální hranice nižší než optimum pro rychlost růstu a vývoj čerstvě narozených ryb, a za ideální teplotu pro chov březích samic lze považovat interval mezi 21 a 26°C. (Karayücel a kol. 2008)

Při jiném výzkumu zjistil Dzikowski a kol. (2001), že největší množství mladých se narodilo za daný čas samicím při teplotách mezi 26 a 27°C. Při teplotách nižších byl interval mezi porody výrazně delší, zatímco u vyšších teplot se sice interval zkracoval, ale snižovalo se množství životaschopného potěru. To lze vysvětlit menším procentuálním zastoupením kyslíku rozpuštěného ve vodě, díky kterému pravděpodobně dochází k udušení potěru již během ontogenetického vývoje. Množství kyslíku, které je samice schopna svým mladým poskytnout je tedy velmi závislé na procentuálním zastoupení kyslíku ve vodě, které klesá se zvyšující se teplotou. Dalším zajímavým poznatkem je rozdíl mezi dvěma různými kmeny pavích ok, které pro výzkum použil. Pro oba kmeny sice platila stejná pravidla co se týče teploty, ale množství potěru a doba mezi porody se lišila, stejně jako se lišila náchylnost k teplotním extrémům. To ho vedlo k závěru, že i mezi jednotlivými kmeny je rozdíl v genetické predispozici k preferenci různých teplot, který je pravděpodobně dán především dlouhou dobou šlechtění při různých podmínkách, kterým se paví oka přizpůsobila.

### **3.9 Vliv teploty na pohlaví**

Při svých pokusech zjistil Karayücel a kol. (2006), že teplota nemá přímý vliv na změnu pohlaví nově narozeného potěru, ani na embrya v těle matky, která byla vystavena působení různých teplot.

V případě nově narozeného potěru ale zjistil, že při teplotních extrémech dochází k výrazně vyšší úmrtnosti v závislosti na pohlaví. Zatímco u ryb, které byly vystaveny nízké teplotě (pod 19°C), došlo k úmrtí velkého množství samců, při teplotách přesahujících 29°C zemřely především samice. To ho vedlo k úvaze, že za různou odolnost teplotám může gen vázaný na chromozom X, který ve své dominantní sestavě způsobí odolnost nízké teplotě. Podobný gen na chromozomu X ale pravděpodobně způsobuje i odolnost jak nízké, tak vysoké teplotě.

Petrescu-Mag (2008) potvrdil hypotézu o genu nacházejícím se na chromozomu X, který je původcem odolnosti vůči nízké i vysoké teplotě. Po několika kříženích se mu povedlo vytvořit homozygotní populaci pavích ok, kde všichni jedinci byli odolní jak nízkým tak vysokým teplotám. Po dalším genetickém testování určil i gen, který tuto odolnost způsobuje.

### **3.10 Kritické teplotní maximum a letální teplota pro paví oka**

Kritické teplotní maximum je hodnota poprvé definovaná Cowlesem a Bogertem (1944), kteří ji definovali jako „teplotu při které přestává pracovat pohybový aparát, a zvíře již není schopno opustit podmínky, které později způsobí jeho smrt.“

Chung (2001) ve svém výzkumu zjistil, že kritické teplotní maximum a letální teplota je přímo závislá na teplotě, na kterou byly ryby před testem aklimatizované. Pro aklimatizaci použil po dobu 4 týdnů teploty od 24°C do 33°C. V závislosti na teplotě aklimatizace se kritické teplotní maximum pohybovalo od přibližně 39°C (pro aklimatizaci při 24°C) do 40,5°C (pro aklimatizaci při 33°C). Letální teploty se pohybovaly od 41,2°C do 42,8, též v závislosti na teplotě, na kterou byly ryby

aklimatizovány. Mezi samci a samicemi byly naměřené hodnoty mírně rozdílné, ale naměřené rozdíly jsou zanedbatelné. Na rozdíl od Karayücel a kol. (2006) a Petrescu-Mag (2008) se u něj nepotvrdila hypotéza o genu nacházejícím se na chromozómu X, který způsobuje zejména u samců odolnost vysokým teplotám. To ale může být způsobeno použitím kmenu pavích ok, u kterých se tento gen nenachází.

Nakajima a kol. (2009) provedl podobný test, ale pro testování využil těhotné samice pěti různých kmenů pavích ok. Zjistil, že mezi jednotlivými kmeny se letální teplota liší i o několik stupňů. Dále zjistil, že potěr samic, které byly v pozdějších testech více vnímavé k vyšším teplotám, je méně odolný než potěr samic, které vyšší teploty přežily. Jeho výsledky se také neshodují s výsledky Chunga (2001), a uvádí, že v jednotlivých kmenech jsou vždy náchylnější samci nebo samice, nikdy ale nejsou obě pohlaví stejně náchylná.

### ***3.11 Spotřeba kyslíku u různých velikostí pavích ok v různých podmínkách***

Vzhledem k tomu, že se rychlost metabolismu zvyšuje s rostoucí teplotou, roste také spotřeba kyslíku. Za tímto účelem provedli Leng-Hong a Ti-Wen (1993) výzkum, který zkoumal spotřebu kyslíku na gram hmotnosti jednotlivých velikostí ryb v závislosti na teplotě. U všech teplot byla rychlost metabolismu a spotřeba kyslíku u malých ryb (cca 0,16g) výrazně vyšší než u středních (cca 0,53g) a velkých (cca 1,15g). Například při teplotě 30°C byla spotřeba kyslíku malých ryb přibližně 0,8 mg na gram hmotnosti, zatímco u ryb středních přibližně 0,6 mg a u ryb velkých byla oproti středním jen o několik setin miligramu vyšší. Mezi středními a velkými rybami tedy nebyl výrazný rozdíl, a to při žádné ze zkoumaných teplot. Obecně lze říci, že množství spotřebovaného kyslíku stoupalo od teploty 15°C až do teploty 35°C, ale mezi teplotami 25, 30 a 35°C nebyl u středních a velkých ryb rozdíl ve spotřebě kyslíku, a s tím související rychlostí metabolismu výrazný.

Zajímavostí je, že stejný vliv, jako změna teploty, měl na spotřebu kyslíku obsah amoniaku, a také hodnota pH. Obsah amoniaku spotřebu kyslíku snižoval, a to od cca 0,45 mg na gram u testovaných ryb ve vodě bez amoniaku, až po 0,3 mg na gram u ryb

ve vodě s amoniakem o koncentraci 20 p.p.m. U pH v rozmezí 6-6,5 byla spotřeba kyslíku vyšší, u testovaných ryb dosahovala hodnot přibližně 0,6 mg na gram, zatímco při pH 7-8 byla spotřeba kyslíku zhruba o třetinu nižší. Přibližně stejný rozdíl byl i mezi rybami testovanými v čisté vodě ve skupině 10 ks, kde se pravděpodobně díky nižšímu stresu snížila spotřeba kyslíku oproti rybám testovaným samostatně. Během testování bylo také zjištěno, že na spotřebu kyslíku u pavích ok nemá vliv ani doba hladovění před testem (zkoušeno bylo hladovění po dobu 2-5dnů), ale ani světlo či tma po dobu testu (Leng-Hong a Ti-Wen, 1993).

### **3.12 Vliv teploty na ochranu před predátory**

Se zvyšující se teplotou se zvyšuje potenciaální riziko výskytu predátorů, v místech výskytu pavích ok především středních a velkých druhů rodu *Cichlidae*. U pavích ok bylo pozorováno, že při umístění skupiny do nového prostředí došlo k vytvoření hejna. Hejno bylo více semknuté při zvyšující se teplotě. Ke stejnému jevu došlo i při umožnění optického kontaktu s potenciaálním predátorem z rodu *Cichlidae*. Je ale pravděpodobné, že k bližšímu semknutí došlo nejenom díky většímu předpokladu výskytu predátorů (či v případě optického kontaktu s predátorem jako důsledek instinktivně řízené obrany před ním), ale také z důvodu vyšší aktivity při vyšší teplotě, zejména díky větší rychlosti plavání (Weetman a kol., 1998).

Ve svém dalším výzkumu poukazuje Weetman a kol. (1999) na vliv teploty na velikost hejna, ke kterému se připojí zkoumaná samice, a to jak za přítomnosti, tak i bez přítomnosti potenciaálního predátora. Zatímco při teplotě 22°C nebyla zjištěna preference ani velkého ani malého hejna, při teplotě 26°C si samice ve většině případů vybrali hejno malé. Změna ale nastala v přítomnosti predátora, kdy si bez vlivu teploty samice vždy vybrala hejno velké.

Krause a Godin (1995) zkoumali chování potenciaálního predátora pavích ok, akary modré (*Aeguidens pulcher*), v přítomnosti dvou různě velkých hejn. Zjistili, že ve všech případech, kdy byl mezi hejny dostatečný rozdíl v počtu, se akara zdržovala v blízkosti většího hejna. Dalo by se tudíž předpokládat, že v přírodě bude pro paví oka méně výhodné tvořit velká hejna. Dále zjistili, že pokud dají různě velká hejna pavích

ok do různé teploty, predátor se vždy zdržuje v blízkosti aktivnějšího hejna (tedy hejna ve vyšší teplotě), a to bez ohledu na množství ryb v hejnu. Je pravděpodobné, že predátor se nerozhoduje na základě množství ryb ve skupině, ale na základě společné aktivity celé skupiny, která je při stejné teplotě vždy vyšší u většího množství ryb pohromadě. S pokusem ale pokračovali dále, a dali možnost akarám přímo útočit na různě velká hejna pavích ok, která byla ve stejné teplotě a tedy i stejně aktivní. Akary vždy zaútočili na větší hejno, ale pokud bylo v hejnu 5 a více ryb, nikdy nebyly úspěšné. To tedy potvrzuje předchozí výsledky Weetmana a kol. (1999), kdy si samice v přítomnosti predátora vždy vybrala větší hejno, a získala tím tedy větší šanci na přežití. Neúspěšnost útoku na větší hejno je pravděpodobně způsobena rozptýlením predátora, který ale na větší hejno útočí z důvodu jeho snadnějšího odhalení a potenciálně větší šance na úspěch.

## 4 Materiál a metody vlastního experimentu

Pro provedení experimentu byly použity čtyři akvarijní nádrže o objemu 27 l. Nádrže byly umístěny vždy ve skupině po dvou vedle sebe do uzavřených prostor, bez přístupu světla a bez možnosti ovlivnění jedné skupiny světlem ze skupiny druhé. Jako vhodná délka experimentu byla zvolena doba 70 dní, během které již doroste potěr ryb do dostatečné velikosti. Celý experiment byl dvakrát zopakován pro vyloučení možných chyb.

Nad každou dvojicí nádrží byla umístěna zářivka umělého osvětlení o výkonu 18 W, s označením denní bílá, jejichž spektrum podle označení výrobce odpovídá dennímu světlu. Ve skupině první bylo osvětlení v provozu vždy 12 hodin, po kterých následovalo 12 hodin tmy. Ve skupině druhé bylo osvětlení po dobu pokusu zapnuto nepřetržitě.

K filtraci vody byl v každé z nádrží nainstalován vzduchem poháněný filtr o rozměru přibližně 5 x 5 x 10 centimetrů. Dále bylo vždy v intervalu 4 dní vyměněno 30% objemu vody v akváriu za vodu novou, 24 hodin předem odstátou a ohřátou na teplotu vody v akváriu. Tím bylo dosaženo stejných parametrů vody ve všech akváriích, nezávisle na velikosti ryb a na množství zkonsumované potravy.

Teplota vody byla určena jako optimální hodnota zjištěná ve výzkumech Karayücel a kol. (2008) a Dzikowski a kol. (2001), a to 26 °C. K udržení této hodnoty byla použita akvarijní termostatická topení o výkonu 25 W. Vzhledem k velkému vlivu teploty na rychlost růstu (Karayücel a kol. (2008) a Dzikowski a kol. (2001)), byla správnost nastavené teploty denně kontrolována pomocí přesného laboratorního teploměru.

V každém ze dvou opakování experimentu byl použit potěr akvarijních ryb *Poecilia reticulata* získaný od čtyř vybraných samic z vlastního chovu. Potěr byl rozdělen do čtyř skupin po 20 rybách, a každá skupina byla umístěna do jedné z pokusných nádrží. Pro omezení vlivu rozdílné rychlosti růstu v závislosti na genotypu, byly skupiny sestaveny vždy z potěru od všech samic, přičemž byl potěr od jednotlivých samic rovnoměrně rozdělen mezi jednotlivé skupiny.

Ryby byly krmeny dvakrát denně ad-libitum. Nezkonzumované krmení bylo vždy po několika minutách z nádrží odsáto. Ke krmení byla použita komerčně vyráběná granulovaná směs pro potěr ryb, vyráběná firmou DIBAQ a.s.



Rychlost růstu ryb byla zjišťována vážením. Ryby byly váženy vždy na začátku a na konci experimentu. K tomuto účelu byly použity kalibrované laboratorní váhy s přesností 0,01 gramu. Hmotnost byla zjištěna vložení ryby do malé nádoby s vodou, která byla předem umístěna na váhu a váha poté vynulována – došlo tedy k zobrazení pouze hmotnosti ryby.

Výsledná rychlost růstu byla zjištěna jako rozdíl mezi hmotností ryb v jednotlivých skupinách na začátku a na konci experimentu. Získaná data byla poté analyzována pomocí dvouvýběrového Studentova t-testu, čímž byla zjištěna statistická významnost naměřených dat. K výpočtu hodnot t-testu byl použit počítačový program Microsoft Excel. Provedení testu probíhalo přesně podle návodu, který se nachází v nápovědě k této funkci v uvedeném programu.

Dále bylo zkoumáno, zda dochází k většímu vlivu světla na samce či na samice. Za tímto účelem byla vybrána data všech samic a samců, z jednotlivých opakování zvlášť, a byla porovnána stejným způsobem jako data jednotlivých skupin.

## 5 Výsledky

### 5.1 Rychlost růstu

Tab. 1: Váhový přírůstek skupiny 1, osvit kontinuálně

Váha (g)	Pohlaví
0,31	Samice
0,34	Samice
0,24	Samec
0,4	Samice
0,25	Samec
0,19	Samec
0,53	Samice
0,28	Samec
0,23	Samec
0,22	Samec
0,34	Samec
0,48	Samice
0,29	Samec
0,47	Samice
0,24	Samec
0,38	Samice
0,29	Samice
0,24	Samec
0,25	Samice
0,39	Samice

Tab. 2: Váhový přírůstek skupiny 3, osvit 12 hodin

Váha (g)	Pohlaví
0,09	samec
0,2	samec
0,17	samec
0,16	samice
0,1	samec
0,13	samec
0,14	samice
0,11	samec
0,18	samec
0,13	samec
0,9	samice
0,13	samice
0,12	samec
0,17	samice
0,18	samice
0,06	samice
0,14	samec
0,19	samice
0,08	samec
0,12	samec

Celkový přírůstek ryb ve skupině 1 (Tab. 1), která byla osvětlována kontinuálně je 6,36 gramu, a výrazně se liší od přírůstku skupiny 3 (Tab.2), která byla osvětlována 12 hodin denně, a jejíž celkový přírůstek dosáhl 3,5 gramu. Výsledek t-testu:  $p=0,003227$  znamená, že mezi oběma skupinami je statisticky velice významný rozdíl a délka osvitu má významný vliv na rychlost růstu.

Tab. 3: Váhový přírůstek skupiny 2, osvit kontinuálně

Váha (g)	Pohlaví
0,42	samice
0,37	samice
0,28	samec
0,4	samice
0,27	samec
0,45	samice
0,27	samice
0,19	samec
0,26	samec
0,31	samec
0,18	samice
0,16	samec
0,31	samice
0,24	samice
0,2	samec
0,29	samec
0,35	samec
0,24	samec
0,19	samec
0,26	samice

Tab. 4: Váhový přírůstek skupiny 4, osvit 12 hodin

Váha (g)	Pohlaví
0,28	samice
0,27	samice
0,24	samice
0,22	samice
0,2	samec
0,18	samec
0,18	samec
0,18	samice
0,16	samec
0,15	samec
0,14	samec
0,14	samec
0,14	samice
0,13	samec
0,13	samice
0,11	samec
0,1	samec
0,09	samec
0,09	samec
0,07	samec

Celkový přírůstek ryb ve skupině 2 (Tab. 3), která byla osvětlována kontinuálně je 5,64 gramu, a výrazně se liší od přírůstku skupiny 4 (Tab. 4), která byla osvětlována 12 hodin denně, a jejíž celkový přírůstek dosáhl 3,2 gramu. Výsledek t-testu:  $p=0,00000401$  znamená, že mezi oběma skupinami je statisticky velice významný rozdíl a délka osvitu má významný vliv na rychlost růstu.

Tab. 5: Váhový přírůstek skupiny 5, osvit kontinuálně

Váha (g)	Pohlaví
0,28	samice
0,38	samice
0,27	samec
0,47	samice
0,21	samec
0,23	samec
0,51	samice
0,36	samec
0,33	samec
0,21	samec
0,32	samec
0,52	samice
0,29	samice
0,54	samice
0,33	samice
0,29	samice
0,27	samice
0,27	samec
0,26	samice
0,4	samice

Tab. 6: Váhový přírůstek skupiny 7, osvit 12 hodin

Váha (g)	Pohlaví
0,12	samec
0,17	samec
0,11	samec
0,12	samice
0,13	samice
0,2	samec
0,12	samice
0,12	samec
0,16	samec
0,15	samec
0,08	samice
0,14	samice
0,12	samec
0,16	samice
0,19	samice
0,09	samice
0,13	samec
0,13	samice
0,1	samice
0,14	samice

Celkový přírůstek ryb ve skupině 5 (Tab. 5), která byla osvětlována kontinuálně je 6,74 gramu, a výrazně se liší od přírůstku skupiny 7 (Tab. 6), která byla osvětlována 12 hodin denně, a jejíž celkový přírůstek dosáhl 2,68 gramu. Výsledek t-testu:  $p=0,0000000192$  znamená, že mezi oběma skupinami je statisticky velice významný rozdíl a délka osvitu má významný vliv na rychlost růstu.

Tab. 7: Váhový přírůstek skupiny 6, osvit kontinuálně

Váha (g)	Pohlaví
0,35	samice
0,39	samice
0,32	samec
0,35	samice
0,25	samec
0,48	samice
0,29	samice
0,28	samec
0,24	samec
0,3	samice
0,24	samice
0,21	samice
0,27	samice
0,28	samice
0,16	samec
0,32	samec
0,32	samec
0,22	samec
0,26	samec
0,29	samice

Tab. 8: Váhový přírůstek skupiny 8, osvit 12 hodin

Váha (g)	Pohlaví
0,22	samec
0,23	samec
0,13	samec
0,12	samec
0,3	samice
0,07	samec
0,11	samec
0,16	samice
0,16	samice
0,24	samice
0,17	samec
0,26	samice
0,07	samec
0,12	samice
0,11	samice
0,14	samice
0,21	samec
0,13	samec
0,11	samice
0,13	samec

Celkový přírůstek ryb ve skupině 6 (Tab. 7), která byla osvětlována kontinuálně je 5,82 gramu, a výrazně se liší od přírůstku skupiny 8 (Tab. 8), která byla osvětlována 12 hodin denně, a jejíž celkový přírůstek dosáhl 3,19 gramu. Výsledek t-testu:  $p=0,000000278$  znamená, že mezi oběma skupinami je statisticky velice významný rozdíl a délka osvitu má významný vliv na rychlost růstu.

Ryby chované při osvětlení 12 hodin denně dosáhly ve všech případech výrazně nižšího přírůstku než ryby kontinuálně osvětlené. Tabulky ukazují přírůstky jednotlivých ryb při různém osvětlení. Dvojice srovnávaných nádrží (jedno osvětlené nepřetržitě, jedno po dobu 12 h) byly sestaveny podle největší shodnosti počtu samců a samic (vzhledem k pravděpodobnosti rozdílného přírůstku). Z každého opakování tedy vznikly dvě dvojice, které byly následně analyzovány dvouvýběrovým t-testem. Ve všech skupinách došlo ke statisticky prokazatelnému zvýšení rychlosti růstu při kontinuálním osvětlení. A to tedy má podstatný vliv na rychlost růstu ryb *Poecilia reticulata*.

## 5.2 Vliv osvitů v závislosti na pohlaví

Tab. 9: Přírůstek samic při prvním opakování, kontinuální osvit

Váha (g)	Pohlaví
0,31	samice
0,34	samice
0,4	samice
0,53	samice
0,48	samice
0,47	samice
0,38	samice
0,29	samice
0,25	samice
0,39	samice
0,42	samice
0,37	samice
0,4	samice
0,45	samice
0,27	samice
0,18	samice
0,31	samice
0,24	samice
0,26	samice

Tab. 10: Přírůstek samců při prvním opakování, kontinuální osvit

Váha (g)	Pohlaví
0,24	samec
0,25	samec
0,19	samec
0,28	samec
0,23	samec
0,22	samec
0,34	samec
0,29	samec
0,24	samec
0,24	samec
0,28	samec
0,27	samec
0,19	samec
0,26	samec
0,31	samec
0,16	samec
0,2	samec
0,29	samec
0,35	samec
0,24	samec
0,19	samec

Průměrný přírůstek samic (Tab. 9) při kontinuálním osvětlení byl 0,355 gramu, a výrazně se lišil od průměrného přírůstku samců (Tab. 10), který byl 0,25 gramu. Výsledek t-testu  $p=0,00192$  znamená, že mezi oběma skupinami je velice významný rozdíl a kontinuální osvětlení má větší vliv na růst samic.

Tab. 11: Přírůstek samic při druhém opakování, kontinuální osvit

Váha (g)	Pohlaví
0,28	samice
0,38	samice
0,47	samice
0,51	samice
0,52	samice
0,29	samice
0,54	samice
0,33	samice
0,29	samice
0,27	samice
0,26	samice
0,4	samice
0,35	samice
0,39	samice
0,35	samice
0,48	samice
0,29	samice
0,3	samice
0,24	samice
0,21	samice
0,27	samice
0,28	samice
0,29	samice

Tab. 12: Přírůstek samců při druhém opakování, kontinuální osvit

Váha (g)	Pohlaví
0,27	samec
0,21	samec
0,23	samec
0,36	samec
0,33	samec
0,21	samec
0,32	samec
0,27	samec
0,32	samec
0,25	samec
0,28	samec
0,24	samec
0,16	samec
0,32	samec
0,32	samec
0,22	samec
0,26	samec

Průměrný přírůstek samic (Tab. 11) při kontinuálním osvětlení byl 0,347 gramu, a výrazně se lišil od průměrného přírůstku samců (Tab. 12), který byl 0,269 gramu. Výsledek t-testu  $p=0,00242$  znamená, že mezi oběma skupinami je významný rozdíl a kontinuální osvětlení má větší vliv na růst samic.

Tab. 13: Přírůstek samic při prvním opakování, osvit 12 h

Váha (g)	Pohlaví
0,16	samice
0,14	samice
0,9	samice
0,13	samice
0,17	samice
0,18	samice
0,06	samice
0,19	samice
0,28	samice
0,27	samice
0,24	samice
0,22	samice
0,18	samice
0,14	samice
0,13	samice

Tab. 14: Přírůstek samců při prvním opakování, osvit 12 h

Váha (g)	Pohlaví
0,09	samec
0,2	samec
0,17	samec
0,1	samec
0,13	samec
0,11	samec
0,18	samec
0,13	samec
0,12	samec
0,14	samec
0,08	samec
0,12	samec
0,2	samec
0,18	samec
0,18	samec
0,16	samec
0,15	samec
0,14	samec
0,14	samec
0,13	samec
0,11	samec
0,1	samec
0,09	samec
0,09	samec
0,07	samec

Průměrný přírůstek samic (Tab. 13) při 12 h osvětlení byl 0,226 gramu, a lišil se od průměrného přírůstku samců (Tab. 14), který byl 0,132 gramu. Výsledek t-testu  $p=0,08657$  znamená, že mezi oběma skupinami ale není statisticky významný rozdíl. Při osvitu po dobu 12 hodin denně tedy není výrazný rozdíl v růstu samců a samic.



Tab. 15: Přírůstek samic při druhém opakování, osvit 12 h

Váha (g)	Pohlaví
0,12	samice
0,13	samice
0,12	samice
0,08	samice
0,14	samice
0,16	samice
0,19	samice
0,09	samice
0,13	samice
0,1	samice
0,14	samice
0,3	samice
0,16	samice
0,16	samice
0,24	samice
0,26	samice
0,12	samice
0,11	samice
0,14	samice
0,11	samice

Tab. 16: Přírůstek samců při druhém opakování, osvit 12 h

Váha (g)	Pohlaví
0,12	samec
0,17	samec
0,11	samec
0,2	samec
0,12	samec
0,16	samec
0,15	samec
0,12	samec
0,13	samec
0,22	samec
0,23	samec
0,13	samec
0,12	samec
0,07	samec
0,11	samec
0,17	samec
0,07	samec
0,21	samec
0,13	samec
0,13	samec

Průměrný přírůstek samic (Tab. 15) při 12 h osvětlení byl 0,15 gramu, a byl srovnatelný s průměrným přírůstkem samců (Tab. 16), který byl 0,144 gramu. Výsledek t-testu  $p=0,6927$  znamená, že mezi oběma skupinami není statisticky významný rozdíl. Při osvitu po dobu 12 hodin denně tedy není výrazný rozdíl v růstu samců a samic.

Samice tedy při kontinuálním osvitu rostou rychleji než samci. Naopak při osvitu po dobu 12 hodin nebyl zaznamenán významný rozdíl v naměřených hodnotách. Při této délce osvitu tedy rostou samci srovnatelnou rychlostí jako samice.

## 6 Diskuze

Z tohoto experimentu lze usoudit, že na rychlost růstu ryb *Poecilia reticulata* má délka osvětlení výrazný vliv. Rychlejší růst byl pravděpodobně způsoben tím, že u ryb, které byly osvětleny kontinuálně, byla zaznamenána mnohem větší aktivita během krmení, a tudíž i větší množství zkonsumovaného krmiva. Dalším faktorem, který pravděpodobně ovlivnil rychlost

růstu je fakt, že ryby v kontinuálním osvětlení produkují více růstových hormonů. Jobling (1994) ve své knize uvádí, že ryby chované v režimech s prodlouženým světlem produkují více somatotropinu (růstový hormon), mají vyšší aktivitu štítné žlázy a pravděpodobně i vyšší produkci anabolických steroidů. Domnívá se, že kombinace všech těchto faktorů vede ke zvýšení rychlosti růstu.

Výsledek tohoto experimentu se shoduje s několika dalšími výzkumy. Delší osvit urychluje růst také u potěru platýzovitých ryb *Rhombosolea tapirina* (Hart a kol., 1996), u tilápie nilské *Oreochromis niloticus* (Vera Cruz a Brown, 2009), u platýse obecného *Hypoglossus hypoglossus* (Jonassen a kol., 2000), u tuňáka žlutoploutvého *Thunnus albacares* (Partridge a kol., 2011), u pstruha duhového *Oncorhynchus mykiss* (Türker a Yildirim, 2011), u okounů žlutých *Perca flavescens* (Shewmon, 2007) a u lososa obecného *Salmo salar* (Forsberg, 1995).

V jiných experimentech ale bylo zjištěno, že u některých druhů ryb nemá délka osvětlení na rychlost růstu vliv. To bylo potvrzeno například u tresky jednoskvrnné *Melanogrammus aeglefinus* (Downing a Litvak, 1999) a u platýse velkého *Pleuronectes platessa* (Karakiri a von Westernhagen, 1989).

Prodloužení doby osvitu tedy nelze považovat za faktor, který urychlí růst u všech ryb. Jeho vliv je ale natolik patrný, že by vždy měl být brán jako důležitý faktor při chovu ryb, a v závislosti na druhu chovaných ryb by měl být upravován. U živorodky *Poecilia reticulata* může být prodloužení doby osvitu komerčně využito ke zkrácení vývoje ryb a dosažení jejich prodejnosti za kratší období.

Dále byl také zkoumán rozdílný vliv délky osvětlení na rychlost růstu samic a samců. Zatímco při dvanáctihodinovém osvětlení nebyl zaznamenán výraznější rozdíl, při kontinuálním osvětlení narostly samice výrazně více než samci. Kontinuální osvětlení tedy má větší vliv na samice než na samce. To může být způsobeno vyšší aktivitou samic při krmení, případně schopností zkonsumovat větší množství krmiva než samci. Další příčinou může být hormonální disbalance, případně stres způsobený absencí klidové (noční) fáze, vůči kterému mohou být samci citlivější než samice.

V tomto experimentu nebyl vliv na metabolismus a fyziologický stav živorodek duhových podrobněji zkoumán. Je pravděpodobné, že dlouhodobé kontinuální osvětlení bude mít na ryby negativní dopad. Pravděpodobně bude docházet k hormonální disbalanci, stresu,

či celkové únavě organismu. Za tímto účelem by bylo vhodné v budoucnu provést další studie, které by optimalizovaly dobu, po kterou bude prodloužení osvětlení ještě ekonomické z hlediska zdraví a kondice takto odchovaných ryb.

## 7 Závěr

V provedeném experimentu se potvrdila původní hypotéza. Délka osvitu měla na hladině významnosti  $p < 0,05$  na rychlost růstu statisticky prokazatelný vliv, a ryby *Poecilia reticulata* tedy rostou výrazně rychleji při delší době osvit. Skupiny ryb chované při 12 h osvětlení dosáhly celkového přírůstku od 2,68 g do 3,5 g, a jejich přírůstky byly podstatně nižší než u ryb chovaných v kontinuálním osvit. Ty dosáhly přírůstků od 5,64 g do 6,74 g. Jejich váhový přírůstek byl přibližně dvojnásobný.

Tohoto faktu lze využít zejména v akvaristické praxi, kdy může být díky rychlejšímu růstu, a tedy i zkrácení doby růstu do prodejní velikosti, dosaženo mnohem lepších ekonomických výsledků chovu. Délkou osvětlení ale může být rychlost růstu i regulována, čehož lze využít především pro chov živorodek duhových na výstavy a soutěže, kdy je nutné mít připravené ryby určité velikosti v době konání těchto akcí.

Dále bylo zjištěno, že zatímco osvit po dobu 12 h nemá rozdílný vliv na samce a samice, při kontinuálním osvit dochází k výrazně vyšším přírůstkům u samic. Při 12 h osvitu měli samci průměrný přírůstek 0,132 g při prvním, a 0,144 g při druhém opakování. Samice v těchto podmínkách průměrně narostly o 0,226 g při prvním, a o 0,15 g při druhém opakování. Přestože se naměřené hodnoty mírně liší, na hladině významnosti  $p < 0,05$  nebyl zaznamenán statisticky prokazatelný rozdíl mezi samci a samicemi. Při kontinuálním osvitu měli samci průměrný přírůstek 0,25 g při prvním, a 0,269 g při druhém opakování. Samice v těchto podmínkách průměrně narostly o 0,355 g při prvním, a o 0,347 g při druhém opakování. Naměřené hodnoty se výrazně lišily, a kontinuální osvit tedy měl na hladině významnosti  $p < 0,05$  statisticky prokazatelný vliv na samice, které přirůstaly více než samci.

Z experimentu vyplývá, že chovatelé ryb by měli vždy, nehledě na chovaný druh, brát v úvahu možné dopady délky osvit, a pokud možno je využít ve svůj prospěch.

## 8 Seznam použité literatury

- Agbayani, E. 2007. In: Slaboch, R., 2011b. Živorodost u ryb 6. Göllmerova ryba – živorodka duhová. Živa, 6, 287-289.
- Archard, G. A., Cuthill, I.C., Partridge, J.C. 2009. Light environment and mating behavior in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). Behav. Ecol. Sociobiol., 64, 169-182.
- Connor, E., Krause, J., 2003. Effect of light intensity on the shoaling behaviour of the guppy (*Poecilia reticulata*). Journal of Fish Biology, 63, 254.
- Cowles, R. B., C. M. Bogert, 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. Bull. Am.Mus. nat. Hist., 83, 265–296.
- Dokoupil, N., 1981. Živorodky. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 264s.
- Downing, G., Litvak, M. K., 1999. The effect of photoperiod, tank colour and light intensity on growth of larval haddock. Aquaculture International, 7, 369-382.
- Drahotušský, Z., Novák, J., 2000. Akvaristika. Nakladatelství Jota. Brno. 304s. IBSN: 80-7217-124-0
- Dzikowski R., Hulata G., Karplus I., Harpaz S., 2001. Effect of temperature and dietary L-carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy (*Poecilia reticulata*). Aquaculture, 199, 323-332.
- Forsberg, O. I., 1995. Empirical investigations on growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in land-based farms. Evidence of a photoperiodic influence. Aquaculture, 133, 235-248.
- Godin, J-G., 1995. Predation risk and alternative mating tactics in male Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). Oecologia, 103, 224–229.
- Hart, P. R., Hutchinson, W. G., Purser, G. J., 1996. Effects of photoperiod, temperature and salinity on hatchery-reared larvae of the greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Günther, 1862). Aquaculture, 144, 303-311.
- Chapman, B. B., Morrell, L.J., Krause, J., 2009. Plasticity in male courtship behaviour as a function of light intensity in guppies. Behav. Ecol. Sociobiol., 63, 1757-1763.
- Chung, K.S., 2001. Critical thermal maxima and acclimation rate of the tropical guppy *Poecilia reticulata*. Hydrobiologia, 462, 253-257.
- Jobling, M., 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall, Londýn, 313s., IBSN: 041258090
- Jonassen, T. M., Imsland, A. K., Kadowaki, S., Stefansson, S. O., 2000. Interaction of temperature and photoperiod on growth of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. Aquaculture Research, 31, 219-227.
- Karakiri, M., von Westernhagen, H., 1989. Daily growth patterns in otoliths of larval and juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L.): influence of temperature, salinity, and light

conditions. Rappports et Proces-Verbaux des Reunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 191, 376-382.

Karayücel, I., Orhan Ak, Karayücel S., 2006. Effect of temperature on sex ratio in guppy *Poecilia reticulata* (Peters 1860). *Aquaculture Research*, 37, 139-150.

Karayücel, I., Orhan Ak, Karayücel S., 2008. Effect of Temperature on Some Reproductive Parameters of Gravid Females and Growth of Newly Hatched Fry in Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters, 1860). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(10), 1261-1266.

Krause, J., Godin, J-G. J., 1995. Predator preferences for attacking particular prey group sizes: consequences for predator hunting success and prey predation risk. *Animal Behavior*, 50, 465-473.

Krouský, I. Vše o gupkách [online]. Praha. Akvárium zal. 1899. 12.8.2001 [cit. 29.3.2012]. Dostupné z < <http://www.akvarium.cz/1899/pages/text/recent/krousky/gupky.htm>>

Leng-Hong T., Ti-Wen Ch., 1993. A study of metabolic rates of *Poecilia reticulata* Peters under different conditions. *Aquaculture and Fisheries Management*, 24, 109-117.

Long, K.D., Rosenqvist, G., 1998. Changes in male guppy courting distance in response to a fluctuating light environment. *Behav Ecol Sociobiol*, 44, 77-83.

Nakajima, M., Fujisawa, K., Taniguchi, N., 2009. Estimation of the mode of inheritance of thermal tolerance in the guppy *Poecilia reticulata*. *Fish Sci*, 75, 683-687.

Partridge, G. J., Benetti, D. D., Stieglitz, J. D., Hutapea, J., McIntyre, A., Chen, B., Hutchinson, W., Scholey V. P., 2011. The effect of a 24-hour photoperiod on the survival, growth and swim bladder inflation of pre-flexion yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) larvae. *Aquaculture*, 318, 471-474.

Peters, C. H. W., 1859 In: Slaboch, R., 2011b. Živorodost u ryb 6. Göllmerova ryba – živorodka duhová. *Živa*, 6, 287-289.

Petrescu-Mag V. I., Boaru A. M., Harsan R., Petrescu-Mag M.R., 2008. Genetic basis of resistance in fishes. Molecular and classical investigations in a few model organisms. *AAFL BIOFLUX*, 1, 99-110.

Růžička, J. Jsou živorodky opravdu živorodé? [online]. Bohuňovice. Dajana Pet. 14. března 2009 [cit. 1.4.2012]. Dostupné z < <http://www.dajanapet.cz/cz/clanky/jsou-zivorodky-opravdu-zivorode/?/204/>>

Sandfordová, G., 1997. Velká obrazová encyklopedie akvariálních ryb. Nakladatelství a vydavatelství CESTY. Praha. 256s. 80-7181-092-4

Shewmon, L. N., Godwin, J. R., Murashige, R. S., Daniels, H. V., Losordo, T. M., 2007. Environmental Manipulation of Growth and Sexual Maturation in Yellow Perch, *Perca flavescens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38 (3), 383-394.

Slaboch, R., 2007. Živorodost – na co jste se báli pomyslet. *Akvárium*, 5, 52-55.

- Slaboch, R., 2011a. Živorodost u ryb 1. Vejcoživorodost – různé typy a jejich původ. Živa, 1, 38-39.
- Slaboch, R., 2011b. Živorodost u ryb 6. Göllmerova ryba – živorodka duhová. Živa, 6, 287-289.
- Smith, E. J., Partridge, J. C., Parsons, K. N., White, E. M., Bennett, A. T. D., Church, S. C. 2002. Ultraviolet vision and mate choice in the guppy, *Poecilia reticulata*. Behavioral Ecology, 13, 11–19.
- Türker, A., Yildirim, Ö., 2011. Interrelationship of Photoperiod with Growth Performance and Feeding of Seawater Farmed Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11, 393-397.
- Vera Cruz, E. M., Brown, C. L., 2009. Influence of the photoperiod on growth rate and insulin-like growth factor-I gene expression in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Journal of Fish Biology, 75, 130-141.
- Weetman D., Atkinson D., Chubb C. J., 1998. Effects of temperature on anti-predator behaviour in the guppy, *Poecilia reticulata*. Animal Behaviour, 55, 1361-1372.
- Weetman D., Atkinson D., Chubb C. J., 1999. Water temperature influences the decision of guppies *Poecilia reticulata*, under predation threat. Animal Behaviour, 58, 735-741.
- Zukal R., Frank S. 1983. Jak se stát akvaristou. Svépomoc, Praha, 162s.

## 9 Samostatné přílohy

### Seznam příloh:

- Příloha 1: Experimentální zařízení, nádrže osvětlované 12 h
- Příloha 2: Experimentální zařízení, nádrže osvětlované 24 h
- Příloha 3: Potěr ryb před experimentem
- Příloha 4: Ryby na konci experimentu, skupina v 12 h osvitu
- Příloha 5: Ryby na konci experimentu, skupina v 24 h osvitu
- Příloha 6: Vážení ryb

### Přílohy:

- Příloha 1: Experimentální zařízení, nádrže osvětlované 12 h



(Foto: M. Kotal)



Příloha 2: Experimentální zařízení, nádrže osvětlované 24 h



(Foto: M. Kotal)

Příloha 3: Potěr ryb před experimentem



(Foto: M. Kotal)

Příloha 4: Ryby na konci experimentu, skupina v 12 h osvit



(Foto: M. Kotal)

Příloha 5: Ryby na konci experimentu, skupina v 24 h osvit



(Foto: M. Kotal)

Příloha 6: Vážení ryb



(Foto: M. Kotal)