

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve
Vodňanech

Bakalářská práce

**Možnosti intenzivního chovu hlavatky podunajské
(*Hucho hucho*) v RAS**

Autor: Michal Mareš

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Tomáš Pěnka

Studijní program a obor: B4103 Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

České Budějovice, 2024

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne: 2.5.2024

Podpis studenta:.....

Michal Mareš

Poděkování:

Rád bych poděkoval hlavně svému vedoucímu práce prof. Ing. Tomášovi Policarovi, Ph.D. za odborné rady, pomoc při experimentu, přátelský přístup při vedení práce, a hlavně za trpělivost při psaní této práce. Obrovské díky patří také mému konzultantovi Mgr. Tomáši Pěnkovi a kamarádovi Ing. Václavu Kučerovi za pomoc se zpracováním dat a celkovou pomoc při experimentu. Dále bych chtěl poděkovat všem členům Laboratoře intenzivní akvakultury, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích za pomoc v průběhu celého experimentu, hlavně tamním technikům: Bc. Petrovi Dobrovolnému a Milanu Kraftovi za pomoc při přelovení nádrží a za každodenní obsluhu odchovných systémů. Dále bych chtěl také poděkovat celé mé rodině a přítelkyni Kristýně za pomoc s formátováním této práce, za morální podporu, a hlavně za trpělivost.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal MAREŠ**
Osobní číslo: **V20B014P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Téma práce: **Možnosti intenzivního chovu hlavatky podunajské (*Hucho hucho*) v RAS**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Zásady pro vypracování

Hlavatka podunajská (*Hucho hucho*) je největší lososovitou rybou žijící celý život ve sladké vodě evropských podhorských řek, které tvoří lipanová a parmová pásma (Holčík, 1990). Na území ČR je původním druhem jen v povodí Dunaje, kde však byla úplně či téměř vyhubena. Následovala řada pokusů o její vysazení, a to i do vod, kde se původně nevyskytovala. V současné době se s hlavatkou podunajskou v ČR můžeme setkat pouze na několika lokalitách jejího umělého vysazení, kde dožívá řádově jen několik jedinců. Během doby, kdy byla v ČR vysazována do následujících řek: Vltava (pod Lipnem), Vltava (nad Prahou), Dyje (v okolí Znojma), Ohře a Otava, byla nejčastěji lovena v menších velikostech a zaměňována se pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*) nebo pstruhem obecným (*Salmo trutta fario*). Na mnoha místech jejího vysazování však byla hlavatka podunajská v ČR vnímána spíše negativně z důvodu její velké dravosti a vytlačování místní rybí obsádky z části toku jejího původního výskytu. Proto je v budoucnosti velmi důležité každé další vysazování tohoto druhu na našem území znovu pečlivě zvážit (Holčík a kol., 1984). V současné době se optimalizací reprodukce a chovu, popřípadě studiu fyziologie hlavatky podunajské věnuje jen několik vědeckých týmů ve střední či východní Evropě s cílem dosahovat vyrovnanou produkci tohoto druhu. Hlavatka podunajská se v rámci těchto aktivit produkuje s cílem získávat násadový materiál, který se následně vysazuje do původních lokalit jeho výskytu na Slovensku, Polsku, Ukrajině, Rakousku a Rumunsku. V ČR je snahou optimalizovat intenzivní chov hlavatky podunajské pouze v uzavřených kontrolovaných podmínkách chovu využívající RAS (recirkulační akvakulturní systémy) technologii jako alternativy k intenzivnímu chovu lososa obecného neboli atlantského (*Salmo salar*). Losos obecný je totiž vysoce ceněným hospodářským a celosvětově využívaným akvakulturním druhem, u kterého byly snahy začít ho chovat produkčně také v ČR ve speciálních RAS. Ovšem velmi problematické se jeví fakt, že losos obecný musí být od kusové hmotnosti 300-1000 gramů chován v mořské vodě o salinitě alespoň 20-30 ppt, což je v ČR velmi těžko proveditelné, nerentabilní a neekologické. Z tohoto důvodu by hlavatka podunajská mohla být v ČR v budoucnosti určitou alternativou k lososu obecnému bez nutnosti chovat ji ve slané vodě.

Cílem bakalářské práce bude popsat možnosti chovu hlavatky podunajské v RAS a realizovat experimentální odchov tohoto druhu v RAS v monokultuře a bikultuře se pstruhem duhovým. Snahou bude porovnat růst, přežití, kondici ryb a celkově úspěšnost chovu obou zmíněných druhů ryb.

Bakalářská práce bude realizována v rámci projektu NAZV č. QK2202144, projektu Velká výzkumná infrastruktura LM2018099 Cenakva a týmového projektu GAJU, které jsou v současné době řešeny v Laboratorii intenzivní akvakultury na VÚRH Vodňany (FROV JU).

Rozsah pracovní zprávy: **25-60 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Cerbu, C. G., Spínu, M., Carmen Dana Şandru, C. D., Vasiu, A., Olah, D., Brudaşcă, F., 2018: Influence of the raising system on phagocytosis in the endangered Danube salmon (*Hucho hucho*). *Global Ecology and Conservation*, 16: e00514.

Holčík, J., 1990: Conservation of the huchen, *Hucho hucho* (L.), (Salmonidae) with special reference to Slovakian rivers. Journal of Fish Biology, 37 (Supplement A): 113-121.

Holčík J., Hensel, K., Nieslanik, J., Skácel S., 1984. Hlavátka, Veda, Bratislava, 307 s.

Ihuť, A., Răducu, C., Cocan, D., Munteanu, C., Luca, I.T., Uiuu, P., Latiu, C., Rus, V., Mireșan, V., 2020: Seasonal variation of blood biomarkers in huchen, *Hucho hucho* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae) reared in captivity. Acta Ichthyologica et Piscatoria 50 (4): 381-390.

Jungwirth, M., 1979: Ovulation inducement in prespawning adult Danube salmon (*Hucho hucho*, L.) by injection of acetone-dried carp pituitary (CP). Aquaculture, 17: 129-135.

Jungwirth, M., Winkler, H., 1984: The temperature dependence of embryonic development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), Artic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta fario*). Aquaculture, 38: 315-327.

Jungwirth, M., Kossmann, H., Schmutz, S., 1989: Rearing of Danube salmon (*Hucho hucho* L.) fry at different temperatures, with particular emphasis on free-dried zooplankton as dry feed additive. Aquaculture, 77: 363-371.

Kucinski, M., Fopp-Bayat, D., Liszewski, T., Svinger, V. W., Lebeda, I., Kolman, R., 2015: Genetic analysis of four European huchen (*Hucho hucho* Linnaeus, 1758) broodstocks from Poland, Germany, Slovakia, and Ukraine: implication for conservation. Journal of Applied Genetics, 56: 469-480.

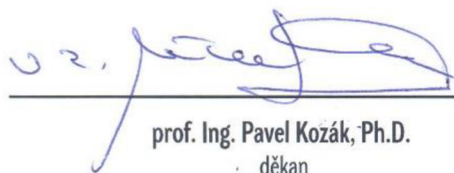
Simonović, P. D., Nikolić, V.P., Tošić, A.D., Marić, S.P., 2011: Length-weight relationship in adult huchen *Hucho hucho* (L., 1758) from Drina River, Serbia. Biologia, 66: 156-159.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Tomáš Policar, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Tomáš Pěnka**


Datum zadání bakalářské práce: **21. ledna 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2023**



prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 728/II
389 25 Vodňany (2)
LS.



prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.
ředitel

Obsah:

1. ÚVOD	8
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
2.1. INTENZIVNÍ CHOV RYB VYUŽÍVAJÍCÍ RAS TECHNOLOGII	9
2.2. LOSOSOVITÉ RYBY	11
2.2.1. Chov lososovitých ryb	11
2.2.2. Význam lososovitých ryb	12
2.3. HLAVATKA PODUNAJSKÁ (<i>HUCHO HUCHO</i>)	13
2.3.1. Základní biologie	13
2.3.2. Význam	14
2.3.3. Chov	14
2.3.4. Produkce	15
2.4. PSTRUH DUHOVÝ (<i>ONCORHYNCHUS MYKISS</i>)	16
2.4.1. Základní biologie	16
2.4.2. Význam	18
2.4.3. Chov v RAS	18
2.4.4. Světová produkce	20
2.5. BUDOUCNOST A VIZE PRO CHOVATELSKÉ INOVACE	20
2.6. CÍL PRÁCE	22
3. MATERIÁL A METODIKA	23
3.1. ČAS A MÍSTO EXPERIMENTU	23
3.2. POPIS VYUŽITÉHO RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU	23
3.2.1. Odchovné nádrže	23
3.2.2. Mechanická filtrace	23
3.2.3. Biologická filtrace	24
3.2.4. Čerpadla a distribuční nádrž	24
3.2.5. Směšovač vody s kyslíkem	24
3.2.6. Dezinfekce vody	25
3.3. MĚŘENÍ KVALITY VODY	26
3.4. ZAČÁTEK A NASAZENÍ EXPERIMENTU	27
3.5. KRMENÍ RYB	28
3.6. PRŮBĚH EXPERIMENTU A PRŮBĚŽNÁ KONTROLA KVALITY VODY	29
3.7. UKONČENÍ EXPERIMENTU	30
3.8. POUŽITÉ VZORCE PRO VÝPOČTY	30
3.9. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	34
4. VÝSLEDKY	35
4.1. PŘEŽITÍ ODCHOVÁVANÝCH RYB (P)	35

4.2. PRŮMĚRNÁ CELKOVÁ DÉLKA (TL) A STANDARDNÍ DÉLKA TĚLA (SL).....	35
4.3. PRŮMĚRNÁ KUSOVÁ HMOTNOST RYB (BW).....	37
4.4. FULTONŮV KONDIČNÍ KOEFICIENT (FC) A KOEFICIENT TĚLESNÉ HMOTNOSTI (CV_{BW}).....	37
4.5. SHRnutí PRODUKČNÍCH UKAZATELŮ	38
4.5.1. Hmotnostní přírůstek biomasy (WG).....	38
4.5.2. Specifická rychlost růstu (SGR).....	39
4.5.3. Koeficient konverze krmiva (FCR).....	39
4.5.4. Přírůstek z krmiva neboli efektivita krmiva (FE).....	39
4.6. ORGANOSOMATICKÉ INDEXY	40
4.6.1. Slezinosomatický index (SSI)	40
4.6.2. Hepatosomatický index (HSI).....	41
4.6.3. Index intraperitoneálního tuku (IPF).....	41
4.6.4. Gonadosomatický index (GSI).....	41
5. DISKUSE	42
6. ZÁVĚR.....	46
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
8. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	52
9. ABSTRAKT	53
10. ABSTRACT.....	54

1. Úvod

Rybářství je obor zaměřující se na chov a lov ryb, nebo jiných vodních organismů. Obě tyto lidské činnosti mají u nás velkou tradici. Chov ryb u nás započal výstavbou prvních rybníků, zhruba před 1 000 lety. Chov ryb se dělí na extenzivní a intenzivní, nebo polointenzivní, což je jakýsi přechod mezi prvně zmíněnými způsoby chovů. Extenzivní chov ryb je chov, při kterém se pouze vysadí ryby do rybníků a dále do toho chovu nezasahuje, ryby nejsou přikrmovány a rybníky nejsou hnojeny statkovými nebo jinými hnojivy. Ryba se vyživuje pouze přirozenou potravou. Nejčastěji chovanou rybou v extenzivním chovu u nás je kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Naopak intenzivní chov ryb je takový chov, při kterém je lidmi ovlivněn celý proces chovu, od nasazení, po krmení a třídění ryb, pozorování kondice ryb a jejich zdraví, včetně kontroly a úpravy základních parametrů kvality vody. Existuje mnoho typů intenzivních chovů např.: v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS), v klecích, průtočných, semi–průtočných popřípadě akvaponických systémech. Celosvětově jsou nejvíce chovány ryby v rybnících a v klecových chovech. Tyto chovy mají ale problém s rybožravými predátory, rybími parazity a kvalitou vody, především kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Nejvýznamnějším producentem ryb a jiných vodních organismů je Čína a celkově země nacházející se v Asii. Hlavní produkovanou skupinou jsou sladkovodní druhy ryb. Další problémem extenzivních chovů je prostor, kdy už na naší planetě není prostor na vybudování nových rybníků nebo klecového chovu. Další nevýhodou těchto systémů je splach odpadních látek do níže položených recipientů a zvyšování trofie volných vod. Proto je potřeba se více zaměřit na intenzivní chovy, které na malém prostoru dokáží vyprodukovat podstatně větší biomasu ryb nebo jiných vodních organismů s dočišťováním vody, separací odpadních látek a jejich dalším využitím v zemědělství. Důvod, proč se začalo s umělým či průmyslovým chovem ryb a vodních živočichů je jednoduchý. Každým dnem se zvětšuje populace lidí na Zemi. Dříve byla produkce ryb a vodních živočichů zajištěna pouze lovem. Díky nižší populaci lidstva na naší planetě to však nebyl problém. Ale tím, jak roste lidská populace, tak se také zvětšuje poptávka po rybím masem. Díky tomu se začalo více lovit větší množství ryb a vodních živočichů. Tím se významně vyčerpaly populace divoce žijících ryb a vodních organismů a zároveň se narušil celý ekosystém vodních biotopů. U takto narušených divokých populací ryb a vodních organismů sledujeme problém s přirozenou reprodukcí a obnovením jejich

přirozeného stavu. Z těchto důvodů je nutné hledat nové způsoby chovu ryb, tyto chovy technologicky inovovat, pokoušet se je druhově diverzifikovat a takovýmto způsobem získávat kvalitní ryby či vodní organismy na konzum.

2. Literární rešerše

2.1. Intenzivní chov ryb využívající RAS technologii

Pro RAS, recirkulační akvakulturní systémy, je typická vysoká produkce ryb či jiných vodních organismů na malou plochu. Tyto systémy mají velmi nízké požadavky na přítokovou vodu a mají velmi nízkou produkci odpadních látek znečišťující vodní toky (Kouřil, 2015), jelikož v těchto chovech dochází k recirkulaci vody v uzavřených systémech (Policar a kol., 2018a). Mezi další výhody RAS řadíme stimulace mimosezónních výtěrů a kontinuální produkce kvalitních larev, juvenilních až tržních ryb. RAS lze využívat k chovu mnoha druhů ryb. V rámci uzavřeného cyklu, od chovu generačních ryb, po jejich řízenou reprodukci, následnou inkubaci jiker, odchovu plůdku až k chovu tržních ryb. Anebo v rámci otevřeného cyklu, kdy je RAS používán na chov ryb jen v některých ročních obdobích. Možností je mít jen výkrmnou část, například na zimní odchov násad kapra) nebo jen odchovnou část na počáteční odchov plůdku. Nejvíce chovanými druhy v RAS jsou sumeček africký (*Clarias gariepinus*), tlamoun nilský (*Oreochromis niloticus*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), úhoř říční (*Anguilla Anguilla*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), candát obecný (*Sander lucioperca*) a jeseteři (rod *Acipenser*) (Kouřil, 2013; Policar a kol., 2018a).

Pro možnost recirkulace vody v RAS, je nutné vodu efektivně mechanicky a biologicky filtrovat, abychom se zbavili rozpuštěných (amoniak, oxid uhličitý, dusičnany, dusitany) i nerozpuštěných (zbytky krmiv, exkrementy a sedimenty) látek (Kouřil a kol., 2008a). RAS se skládají z: regulovatelného přítoku vody do odchovných nádrží, odchovných nádrží, mechanické filtrace, odkalovací nádrže, biologické nitrifikační filtrace, odstranění oxidu uhličitého, dezinfekce vody (UV, ozonizace), ohřevu nebo ochlazením vody, aerace nebo oxygenace vody, retenční nádrže a čerpadel. Filtrace vody probíhá tak, že voda z odchovných nádrží teče trubkami samospádem do mechanického

mikrosítového bubnového filtru, ve kterém jsou nainstalovány mikrosíta s otvory 60 – 100 μm . Na těchto mikrosítech se zachytávají nerozpuštěné látky, které jsou následně odváděny do odkalovací nádrže. Následně je mechanicky vyčištěná voda z mechanického filtru přiváděna do biologického filtru, kde probíhá nitrifikace. Při procesu nitrifikace se amoniak, hlavní odpadní produkt dusíkaté látkové výměny u ryb, rozkládá na dusitany a dusičnany. Rozklad amoniaku je realizován v první fázi nitrifikace, která se nazývá nitritace, při které je amoniak za pomoci bakterií *Nitrosomonas* oxidován na dusitany. V druhé fázi nitrifikace, tzv. nitrataci, dochází za pomoci bakterií *Nitrosococcus*, *Nitrobacter* a *Nitrospira* k oxidaci dusitanů na dusičnany. Voda je následně v RAS po biologické filtraci ještě dezinfikována ozonem, UV záření nebo jejich kombinací. Mezi další úpravy vody řadíme ohřev či ochlazení vody, úpravu pH nebo odplynění (zbavení se oxidu uhličitého) v daném RAS (Polícar a kol., 2018b). Pomocí čerpadel je voda čerpána do retenčních nádrží a následně okysličována aerací nebo oxygenací a vedena zpět do odchovných nádrží (Polícar a kol., 2018b; Kouřil a kol., 2008a). Chovy s RAS technologií se poprvé začaly používat k chovu kaprovitých ryb v 50. či 60. let minulého století v Japonsku a na Dálném Východě (Warrer–Hensen, 2015). Existuje několik typů chovů s technologií RAS. Jedním z nich je recirkulační systém RAS dánského typu, který je hlavně používán ve venkovních prostorech. Používá se k produkci lososovitých ryb, jeseterů, popřípadě mníka jednovouseho (*Lota lota*). Hlavní problémem tohoto systému je, že je koncipovaný a vyvinutý na dánské klima, kde zimní období není tak chladné a letní období tak teplé jako je tomu v ČR. Z těchto důvodů je venkovní dánský RAS v Dánsku efektivní po celý rok a pravděpodobně efektivnější než v klimatu ČR. V České republice, kde jsou v zimní období teploty výrazně nižší a v létě jsou teploty naopak vyšší, je velmi problematické tyto způsoby chovu ryb provozovat bez technologických problémů způsobující často úhyn ryb (Buřič a Kouřil, 2011). Dalším typem recirkulačního systému je RAS v uzavřených halách. Ty se dělí na vertikální a horizontální uspořádání. Výhodou vertikální RAS je, že tyto systémy mohou používat více typů biologických filtrů a je u nich možnost dočasného vyřazení některých technických komponentů z provozu, např. při jejich údržbě. Jejich hlavní nevýhodou je, že zpravidla mají vyšší spotřebu energie na čerpání vody do vyšších výšek a pro jejich sestavení je zapotřebí vyšších budov. Výhodou horizontální RAS je nižší spotřeba energie na čerpání vody, a požadavek na nižší budovy, které jsou na výstavbu levnější. Mezi jejich nevýhody

patří, že mohou využívat pouze ponořené biologické filtry a že u nich nelze nebo je velmi obtížné dočasně vyřazovat některé technologické části z provozu (Kouřil, 2015).

2.2. Lososovité ryby

2.2.1. Chov lososovitých ryb

Mezi chované druhy lososovitých ryb patří pstruh obecný forma potoční (*Salmo trutta morpha fario*), pstruh duhový, losos obecný (*Salmo salar*), tichooceánští lososi (rod *Oncorhynchus*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), siven arktický (*Salvelinus alpinus*), siven obrovský (*Salvelinus namaycus*), hlavatka podunajská (*Hucho hucho*), lipan podhorní (*Thymallus thymallus*) a síhové (rod *Coregonus*). Pstruh duhový a losos obecný jsou nejvíce domestikovanými lososovitými druhy ryb. První pokusy o chov lososa obecného začaly již v 19. století, pro získání juvenilních ryb na vysazení do volných vod. V Norsku se začaly v roce 1960 na chov lososa obecného používat klece, tzv. klecový chov. Klece byly a neustále jsou vyrobeny či vyráběny z umělých vláken. Klecový chov se odehrává v mořských zálivech (fjordech). Chov lososa obecného je omezen pouze na země s příhodných klimatickými podmínkami (Norsko, Skotsko, Chile, Kanada atd.). Produkční cyklus trvá 32–36 měsíců. Juvenilní či larvální stádia lososa jsou chovány ve sladké vodě. Dříve se chovaly hlavně v průtočných systémech, ale dnes se přechází na chov v uzavřených RAS. Perspektivy rozvoje produkce a chovu lososa nejsou vůbec pozitivní. Byly totiž dosaženy produkční hranice. Klecový chov se už nadále nemůže rozrůstat z důvodu prostoru, již není kde vybudovat další. Navíc se zvyšuje mortalita chovaných ryb z důvodů nemocí a parazitů (mořská veš (*Lepeophtheirus salmonis*), ISA – infekční anémie lososů (*Salmon isavirus*), Furunkulóza (*Furunculosis*), ERM (*Yersinia ruckeri*)). Problémem klecových chovů je unikání domestikovaných ryb, které nepříznivě ovlivňují divoké populace ryb, a velké množství vyprodukovaných odpadních látek, jako jsou: amoniak, oxid uhličitý, nespotřebované krmivo, exkrementy a další), které se dostávají do volných moří a znečišťují ho, čímž zvyšují jeho trofii (Kouřil a kol., 2008b). Řešením by byl chov lososa na pevnině, to je ale velmi technicky a finančně náročné, proto zatím takové chovy nejsou úspěšně a rentabilně realizovány. U nás se dříve klecový chov zaměřoval na pstruha duhového. První vybudovaný klecový chov u nás byl v roce 1970 na nádrži Lipno (Pokorný, 1990). Dnes u nás již klecový chov pstruha duhového nenajdeme, jelikož tento chov byl zakázán z důvodu jeho negativního

vlivu na vodní prostředí. Nejpoužívanějším produkčním systémem na chov lososovitých ryb u nás jsou průtočné nebo semi-průtočné systémy. Jako zdroj vody je používána řeka nebo potok, kde je voda stokou vedena do všech rybochovných nádrží. Výhody tohoto systému jsou nižší pořizovací a provozní náklady a jednodušší obsluha (Kouřil a kol., 2008b). Stejně jako u klecového chovu je zde problém s organickým a nutričním zatížením volných vod. Voda, která odtéká z rybochovného objektu zpět do řeky či potoka, obsahuje velké množství rozpuštěného fosforu, dusíku a někdy i dezinfekční či léčebné prostředky. Pro správný chod průtočného systému je potřeba velkého množství kvalitní vody, to však v našich klimatických podmínkách v poslední době není možné, kvůli měnícímu se podnebí a počasí. V minulém století se proto začaly jak u nás, tak ve světě budovat recirkulační akvakulturní systémy, které měly zvýšit produkci lososovitých i jiných druhů ryb s nižší spotřebou vody. Výhodou těchto systémů je, že je možné si zde vytvořit optimální podmínky pro chov daného druhu ryby. Tyto systémy jsou ideální pro chov lososovitých ryb jen ve vyšších nadmořských výškách či v chladném klimatu nebo systém musí být doplněn chlazením. Ovšem tento způsob chovu lososovitých ryb je velmi nákladný (Policar a kol., 2018a). Pro zvýšení produkce ryb nebo zajištění produkce tržní ryb po celý rok je vhodné v RAS chovech využívat mimo sezónních výtěrů, domestikovaných či monosexních populací ryb (Policar a kol., 2015).

2.2.2. Význam lososovitých ryb

Lososovité ryby jsou jak pro nás, tak pro přírodu velmi důležité. Všechny lososovité druhy ryby jsou dravé druhy. Většinou obývají vody, kde jsou hlavními predátory. Tudiž pokud se jejich divoké populace začnou zmenšovat nebo úplně vymizí, bude to mít obrovský negativní dopad na fungování ekosystému. Pro lidi jsou důležité z pohledu potravy, lososovité ryby mají velmi dobré a kvalitní maso, a proto jsou často vyhledávány na konzum. Lososovité ryby jsou také vyhledávány sportovními rybáři, pro jejich atraktivitu lovu. Mnoho druhů lososovitých ryb bylo kvůli konzumu dohnáno téměř k vyhubení nebo zničení divokých populací. Proto je nutné je efektivně chovat a produkovat, jak pro konzum, tak pro jejich vysazení zpět do volných vod, aby se obnovily jejich divoké populace (Kouřil a kol., 2008b).

2.3. Hlavatka podunajská (*Hucho hucho*)

2.3.1. Základní biologie

Hlavatka podunajská je největší lososovitou rybou Evropy. Jejím původním areálem výskytu je řeka Dunaj a jeho přítoky. Obývá výše položené řeky (200–600 m n.m.) s chladnější a na kyslík bohatou vodou (5–9 mg.l⁻¹ O₂, Simonović a kol., 2011). Má protáhlé válcovité tělo. Hlava a ústa jsou velká a ústa jsou bohatě ozubená. Má drobné šupiny, které jsou zakotvené hluboko v kůži. Ocasní ploutev je vykrojená. Zbarvení je dost proměnlivé a záleží na věku a na prostředí, které obývá. Hřbet je hnědozelený, boky světlejší, břicho je bílé nebo žlutobílé. Na bocích, hlavě a hřbetu má tmavé skvrny různého tvaru (některé mají tvar X). Ploutve jsou popelavě žluté, na koncích do hněda až červena. Tuková ploutvička je velká a má zlatohnědou barvu (Adámek a kol., 2013). Největší jedinci mohou dosáhnout kusové délky až 1500 mm a hmotnosti 40–50 kg. Hlavatka podunajská je velmi teritoriální. Juvenilové se živí bentickými bezobratlými, ale od 50–90 mm se začínají živit rybami. Hlavní potravou hlavatek jsou ryby, ale mohou lovit i oboživelníky nebo malé ptáky a savce.

Výtěr probíhá v jarních měsících při teplotě vody 5 až 10 °C. Kvůli výtěru migrují protiproudu, migrace je ale krátká, nepřesáhne 10–25 km. Vytírají se na písčité nebo štěrkovité dno. Výtěr je párový. Jikry mají žlutou až oranžovou barvu. Inkubační doba jiker je 230 – 300 d° (denních stupňů). Absolutní plodnost jedné jikernačky je 3–12 tis. jiker. Po vykulení se plůdek ukrývá na dně a tráví žloutkový váček. Na exogenní potravu přechází po 10–15 dnech po vykulení. Samci pohlavně dospívají ve věku 3–4 let při hmotnosti 1–2 kg a samice ve věku 4–5 let při hmotnosti 2–3 kg (Holčík a kol., 1988; Holčík, 1990; Adámek a kol., 2013).



Obr. 1: Největší hlavatka podunajská (*Hucho hucho*) z experimentu (foto: V. Kučera, úprava foto: M. Mareš)

2.3.2. Význam

Hlavatka je vysoce ceněna sportovními rybáři jako trofejní ryba, která nabízí nevšední rybářský zážitek. Má také obrovský biologický meliorační význam, je indikátorem pro celkovou konektivitu toků a zdraví ekosystému, především díky přísným požadavkům na kvalitu vody a substrátu (Holčík a kol., 1988; Kucinski a kol., 2015). V důsledku různých lidských činností, jako je znečištění vod, přehrazování a narovnávání řek a potoků nebo nadměrný rybolov, se přirozená reprodukce tohoto druhu v posledních desetiletích výrazně snížila (Jungwirth, 1979). Celkově divoké populace hlavatky podunajské mizí, proto byla v roce 2008 přidána na červený seznam ohrožených druhů IUCN (Freyhof a Kottelat, 2008).

2.3.3. Chov

Vzhledem k tomu, že roční období tření hlavatky podunajské ve volných řekách je relativně krátké a ovulace není v rámci jedné populace zcela synchronizována, je velmi obtížné pravidelně získávat divoké jikernačky, které ovulovaly jikry, ale ještě je neuvolnily z těla. Hlavatky odebrané z různých toků pro účely výtěru, se často nevytřely vůbec nebo vykazovaly velké individuální rozdíly až v šesti týdnech v nástupu ovulace. Dalším problémem je nízká skutečná hustota volně žijících hlavatek. Proto bylo a je získávání generačních divokých ryb na výtěr problém. Navíc přirozený odchov generačních hlavatek v řekách je velmi dlouhý a velmi finančně náročný, protože jejich

odchov do pohlavní dospělosti vyžaduje velké množství živých ryb jako potravy. Z tohoto důvodu byl na jaře 1978 učiněn pokus o stimulaci ovulace u samic hlavatky podunajské pomocí kapří hypofýzy (Jungwirth, 1979). Je historickým faktem, že poprvé se začalo s chovem hlavatky podunajské na Slovensku. První zmínku, nikoliv o chovu, ale o jejich vysazení do rybníka můžeme najít v katastru obce Budatín z roku 1960 (Martinka, 1930 cit. Dle Holčíka a kol., 1988). Larvy se rozkrmují zooplanktonem nebo krmnými umělými směsmi, v nízkých tzv. odkulovacích žlabech. Po navyknutí si na potravu se larvy krmí 4–6x denně. Po 2–3 týdnech dochází k vysazení plůdku hlavatky do volných vod, popřípadě do žlabů nebo zemních rybníčků na další odchov. Úroveň přežití v této fázi bývá okolo 85 %. Větší a starší násada hlavatky se odchovává nejčastěji v širších odchovných potocích, s členitým dnem a klidnější vodou. Důležitý je dostatek přirozené potravy. Přežití je kolem 10–30 %. U odchovů v zemních nádržích (rybníčcích) se nasazuje 20–100 ks na 1 m² plochy odchovné nádrže. Je nutné mít zajištěn dostatek přirozené potravy, zooplanktonu a následně plůdku ostatních ryb. Ztráty se pohubují okolo 40–60 %, ale pokud bude nedostatek přirozené potravy a vyšší obsádka ryb, bude docházet ke kanibalismu, a tím budou ztráty vyšší. Generační hlavatky se chovají v zemních nádržích, kde se velikost obsádky pohybuje kolem 200–300 kg ryb na 1 ha plochy nádrže. Jako potrava jsou používány krmné ryby. Při intenzivní způsobu chovu generační ryb jsou hlavatky krmeny pouze krmnými směsmi (Adámek a kol., 2013).

2.3.4. Produkce

V letech 1955–2012 byla v Polsku produkce hlavatky podunajské pro zarybnění volných vod a pro další chov přibližně 15,2 milionů kusů plůdků a 4,5 milionů ks starší násady. V současné době existuje pouze jedna rybí farma v Polsku, která se nachází v Lopuszyně (jižní Polsko), kde se ročně líhne 600 tisíc až 1 milion larev, což je jediný dostupný zdroj pro chov juvenilních ryb a násady hlavatky podunajské v Polsku (Witkowski a kol., 2013a). V roce 2011 byl v Srbsku zahájen projekt (Umělá produkce hlavatky k doplnění divoké populace v řece Drině), při kterém bylo do řeky Driny vypuštěno 33 300 ks plůdku a 7 200 ks násady hlavatky podunajské. Tento projekt se dále zaměřuje na vytváření nových populací hlavatky se známým genetickým profilem s cílem postupně navyšovat počty kusů hlavatek vypouštěných do volných vod (Witkowski a kol., 2013b). V roce 2021 bylo do revírů MO SRZ Orlov vysazeno 80 kg hlavatky podunajské

(MO SZR Orlov, 2021). V roce 2023 tato místní organizace vysadila do řeky Poprad 41 kusů hlavatky podunajské ve velikosti od 65 do 79 cm (MO SZR Orlov, 2023).

2.4. Pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*)

2.4.1. Základní biologie

Původním areálem výskytu tohoto druhu je západní oblasti USA, Kanady, Aljaška a Kamčatka. Tvoří 3 formy: tažnou, netažnou a jezerní formu. Pstruh duhový byl postupně introdukovaný na všechny kontinenty naší planety kromě Antarktidy koncem 19. století. Do ČR byl poprvé dovezen v roce 1888 z Německa. Vytváří celou řadu linií, které se od sebe liší původem, dobou výtěru, rychlostí růstu a citlivostí k nízkým teplotám (Flajšhans a kol., 2013).

Linie pstruha duhového chované v ČR (Kouřil a kol., 2008b):

Pd_M – tzv. místní linie pocházející z importů po roce 1945, jarní výtěr

Pd_{D66} – dovoz z r. 1966, původem jezerní pstruh – kamloops, podzimní výtěr

Pd_{D75} – import z Dánska v roce 1975, jarní výtěr

Pd_{A85} – dovezen z USA pro Český rybářský svaz

Pd_{F86} – importován na Slovensko z Francie, chovaný také v ČR

Pd_{B88} – dovezen z Bulharska v roce 1988 (do Bulharska předtím importován z Maroka), jarní výtěr

Pd_š – dovezen ze Švédska v roce 2003

Pouze na čtyřech liniích byla v ČR intenzivně prováděna šlechtitelská práce, a to na Pd_M, Pd_{D66}, Pd_{D75} a na Pd_{B88}, z nichž byly založeny liniové chovy (Flajšhans a kol., 2013).

Pstruh duhový má mohutnější a vyšší tělo, než má evropský příbuzný druh pstruh obecný forma potoční. Tělo pstruha duhového je protáhlé a ze stran zploštělé a pokryté většími šupinami. Hlava je delší s menšími ústy, která jsou rozštěpená až po oko. Ústa jsou silně ozubena. Ploutve jsou stejně uspořádané, jako u pstruha obecného, ale ocasní ploutev je mírně vykrojená. Hřbet je tmavozelený, boky stříbřité, mohou mít i namodralou barvu. Břicho má stříbřitě šedou až bílou barvu. Po celém těle i na hřbetní,

ocasní a tukové ploutvičce má tmavé skvrny. Pro pstruha duhového je typický narůžovělý pruh, který se táhne od skřelí až po řitní ploutev. Pstruh duhový může dosáhnout kusové délky až 80 cm a hmotnosti až 8 kg (Adámek a kol., 2013; Kouřil a kol., 2008b). Vyskytuje se v tekoucích i stojatých vodách s dostatečným množstvím kyslíku, ideální koncentrace kyslíku pro jeho život a fyziologii je 10–11 mg.l⁻¹. Minimální koncentrace kyslíku pro přežití pstruha duhového je 5 mg.l⁻¹, pokud koncentrace klesne pod tuto hodnotu, dojde k úhynu ryb (Pokorný a kol., 1998). V intenzivních podmínkách se pstruh duhový krmí různými krmnými směsí o různé zrnitosti v závislosti na věku a velikosti s vyšší obsahem tuku 30 – 35 % a obsahem bílkovin 40 – 45 % (Buřič a Kouřil, 2012). Ve volné přírodě přijímá stejnou potravu jako pstruh obecný, to znamená: larvy hmyzu (jepice, chrostíky, pošvatky), korýše, červy a měkkýše. Větší jedinci loví i drobné ryby (Adámek a kol., 2013). U mlíčáků nastává pohlavní dospělost ve druhém roce života a jikernačky pohlavně dospívají ve druhém až třetí roce života. Ve výtěrovém období mají mlíčáci výraznější zbarvení a jikernačky mají zvětšenou břišní dutinu a močopohlavní papilu mají načervenalou. U linií s jarním výtěrem (Pd_M, Pd_{D75}, Pd_{B88}) probíhá výtěr od března do května při teplotě vody 8–10°C. U linií s podzimním výtěrem (Pd_{D66}) probíhá výtěr od konce října do prosince. Pstruh duhový se přirozeně vytírá na písčité či štěrkovité dno. Relativní plodnost je 2–2,5 tisíc jiker. Jikry mají žlutooranžovou až oranžovou barvu. Velikost jiker je 4 – 4,5 mm. Inkubační doba je 300 – 410 d° (denních stupňů). Vykulený plůdek se žloutkovým váčkem se skrývá a má malou pohybovou aktivitu. Teprve po strávení žloutkového váčku začíná být plůdek aktivní (Adámek a kol., 2013; Kouřil a kol., 2008b).



Obr. 2: Pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) ulovený na rybníce Bagr (foto: M. Mareš)

2.4.2. Význam

Pstruh duhový je u nás hospodářsky nejvýznamnější lososovitou rybou (Davidson a kol., 2014a). Jako jeden z mála druhů ryb je pstruh duhový domestikovaný. Díky tomu má obrovský význam v intenzivní akvakultuře, protože má rychlejší růst, dosahuje vyššího přežití, rezistence vůči stresu a chorobám, konverzi živin a také vyšší výtěžnosti. Produkční náklady na jeho chov v intenzivních RAS chovech jsou nižší než u nedomestikovaných druhů ryb (Polícar a kol., 2015). Také z pohledu sportovního rybolovu je velmi atraktivní pro svoji bojovnost. Hojně se vysazuje do vhodných chladnějších rybníků nebo pstruhových revírů pro zpestření rybolovu nebo pro lov na dírkách. Sportovní rybáři považují pstruha duhového vedle vlastního zajímavého lovu i za luxusní konzumní rybu (Kouřil a kol., 2008b). Využívá se jako bioindikátor kvality pitné vody, protože citlivě reaguje na změnu podmínek vodního prostředí. Ukazatelem havarijního znečištění povrchových vod bývá úhyn ryb, nebo jejich nepřirozené chování. Je řazen mezi testovací organismy pro testy toxicity podle mezinárodních norem OECD. Biomonitorovací systémy jsou instalovány obvykle před technologií finální úpravy vody (Randák a kol., 2011). V gastronomii je velmi ceněn pro svoje kvalitní a chutné maso. Cena za 1 kg živého pstruha duhového se pohybuje od 168 do 200 Kč (www.prodejryb-tabor.cz; www.sadkylahovice.cz; <https://ndcryba.cz/aktualni-nabidka-ryb>).

2.4.3. Chov v RAS

Při odchodu plůdku pstruha duhového v RAS dánského či klasického vnitřního typu se nasazuje do odchovných nádrží (žlabů), s nízkou hladinou vody, 80–100 tisíc kusů váčkového plůdku na 1 m³ vody. V průběhu odchovu se snižuje velikost obsádky, v druhém týdnu je velikost obsádky 40–50 tisíc kusů a ve třetím týdnu 20–30 tisíc kusů na 1 m³ vody. Důležité je mít dostatečný přítok vody, ve které musí být koncentrace kyslíku optimálně 10 mg.l⁻¹. Pokud koncentrace kyslíku na odtoku nádrže poklesne pod 6 mg.l⁻¹, je potřeba zvýšit koncentraci kyslíku pomocí aerace nebo oxygenace odchovné nádrže či v rámci celého RAS, aby nedošlo k úhynu ryb. K výměně vody v nádrži musí dojít několikrát za hodinu (optimálně dvakrát za hodinu). Rychlost proudění vody by měla být 0,5–1 cm.s⁻¹ (Kouřil a kol., 2008b). Důležitá je péče o odchovávaný plůdek, to se skládá z kontroly chování a zdravotního stavu odchovávaných ryb, kontroly kvality vody, udržování čistoty odchovných nádrží, kontroly přírůstků ryb a případných proti

bakteriálních koupelí plůdku v podobě soli v dávce $1\text{--}5\text{g.l}^{-1}$ po dobu až několika dní, je-li to možné (Polícar a kol., 2018a; Davidson a kol., 2014). Při rozkrámování plůdku je krmeno velmi pravidelně (až 12 krát denně), po návyku plůdku na krmení je snížena frekvence krmení na 6–5 krát denně. Denní krmná dávka je cca 15–10 % celkové hmotnosti obsádky. Krmení je prováděno ručně nebo za pomoci automatických krmítek. Odchov plůdku trvá 6–8 týdnů. Výsledkem je odkrmený plůdek o velikosti 3–5 cm a hmotnosti 0,8–1,2 g. Ten je poté přesazen do větších nádrží pro odchov násadových ryb. Úroveň přežití v této fázi je cca 70–85% (Mareš a kol., 2013).

Při odchovu násadových ryb v RAS dánského či klasického vnitřního typu je nasazován odkrmený plůdek do větších žlabů nebo kruhových nádrží o objemech 3–8 m³. Hustota obsádky pstruha duhového je 2–4 tisíc ks na 1 m³. Na konci odchovu je možné dosáhnou produkce až 50 kg.m⁻³ za optimálních podmínek. S použitím aerace či oxygenace pro zvýšení koncentrace kyslíku ve vodě je možné dosáhnout produkce až 120 kg.m⁻³. Úroveň přežití se pohybuje mezi 80–90% (Mareš a kol., 2013; Kouřil a kol., 2008b).

Na produkci tržních ryb pstruha duhového v RAS dánského či klasického vnitřního typu jsou nasazovány ryby o hmotnosti 20–70g. Velikost obsádky na jednom žlabu se pohybuje mezi 8–18 tisíc kusů. Produkce tržních ryb z násadového materiálu trvá v optimálních podmínkách 5–6 měsíců, kde tržní ryby mají průměrnou hmotnost 250 g. Produkce z jednoho žlabu o objemu 20–60 m³ vody je 1,9–4,3 tun. Úroveň přežití v této fázi je mezi 92–97 % (Mareš a kol., 2013).

Recirkulační líheň se skládá ze dvou základních jednotek. První jednotka je určená pro inkubaci jiker a počáteční rozkrm plůdku a druhá jednotka je určená pro odchov plůdku do hmotnosti 1,5–2 g (Buřič a Kouřil, 2012). První jednotka se skládá z líhňářských aparátů typu Rückel-Vacek, rozplavávacích a rozkrmovacích žlabů a zásobních nádrží. Voda je zde poháněna za pomoci kalových či proudových čerpadel. Druhá jednotka se skládá z odchovných kruhových nádrží o objemu 0,7 m³, nádrží pro sedimentaci a biofiltraci a zásobní nádrže. Voda je zde poháněna za pomoci kalových či tlakových čerpadel. Přítoková voda do systému má stabilní teplotu 8–9 °C. Přítok vody slouží k doplnění vody do systému při ztrátách vody při odkalení nebo čištění nádrží. Do líhňářských aparátů typu Rückel-Vacek jsou nasazovány jikry v očních bodech (dovezené z ověřených chovů ze zahraničí). Důležitá je každodenní kontrola jiker a odstraňování

uhynulých kusů, aby nedošlo k zaplísnění zdravých jiker. V průběhu kulení je nutné odstraňovat 1–3x denně jikerné obaly. Váčkový plůdek se v aparátech udržuje, dokud nespotřebuje jednu polovina až dvě třetiny žloutkového váčku. Ztráty v této fázi se pohybují okolo 7–10 %. Následně je plůdek přesazován do žlabů k rozplavání a rozkrmu. Je nutná každodenní kontrola žlabů a odsávání ryb s různými tělesnými malformacemi. K intenzivnímu rozkrmu je přistoupeno v období naplnění plynového měchýře. Krmení je prováděno ručně v intervalu jedné hodiny. Je nutné každodenně odstraňovat nadbytek krmiva a exkrementy (Davidson a kol., 2014a). Na konci rozkrmu dosahuje plůdek kusové hmotnosti 0,4–0,5g. Ztráty v této fázi se pohybují okolo 8–10 %. Následně je rozkrmený plůdek přesazen do kruhových nádrží. Ryby intenzivně hledají a přijímají potravu. Krmení je prováděno ručně v intervalu 2–3 hodin. Již není nutnost každodenně odkalovat nádrže, jen je potřeba kontrolovat denní mortalitu a týdenní přírůstky ryb. Přežití v této fázi se pohybuje mezi 90–98 %. Celková doba odchovu, od nasazení jiker po dosažení hmotnosti 2 g u ryb, je 70–120 dnů (Buřič a Kouřil, 2012).

2.4.4. Světová produkce

V roce 2020 byla celosvětová produkce pstruha duhového akvakulturou 739,5 miliónů tun, což je 1,5 % celosvětové produkce všech chovaných ryb (FAO, 2022). Nejvýznamnějšími producenty pstruha duhového na světě jsou následující státy: Chile, Turecko a Norsko (Davidson a kol., 2014a; D'Agaro a kol., 2022). Mezi největší producenty pstruha duhového v EU patří Itálie, Dánsko a Francie (FEAP, 2021). V roce 2022 byla v ČR produkce pstruha duhového 438 tun (Mořický a kol., 2023).

2.5. Budoucnost a vize pro chovatelské inovace

Díky nezávislosti na okolním prostředí jsou RAS ideální pro chov ryb v každých klimatických podmínkách. RAS dánského typu je sice vystaven přímým podmínkám okolního u klimatu, ale to se dá vyřešit jeho zastřešením. RAS umožňují chov ryb bez velkého zdroje povrchové vody, s nižší potřebou oproti průtočným či semi-průtočným systémům, kdy u RAS stačí voda z místního vrtu. V ČR je navíc možnost čerpat dotace na výstavbu RAS přes Operační program Rybářství z evropských fondů. Stavby RAS jsou jednou z mála možností rozvoje českého rybářství a zvýšení produkce a efektivity chovu

ryb. Velkým přínosem RAS v ČR je produkce nedostatkových druhů na trhu jako je: candát obecný, pstruh duhový a další (Policar a kol., 2018a). Kdyby se postavil jeden rybochovný objekt s RAS technologií, který by měl produkci 100 tun, zvedla by se výrazně produkce těchto nedostatkových druhů v ČR. Navíc se ČR dostává do konkurenčního tlaku se zeměmi jako je Polsko a Maďarsko, které vyvážejí do střední či západní Evropy tržního kapra obecného – nejvíce produkováný druh v ČR. Již celkově za některými zeměmi EU, které jsou progresivnější, zaostáváme ve vývoji chovatelské technologie a produkce ryb. Už jen kvůli tomu bychom měli budovat farmy s RAS technologií, abychom mohli konkurovat progresivnějším producentům (Buřič a Kouřil, 2011). RAS technologie patří mezi nové a moderní technologie chovu, které však vyžadují velké investiční prostředky, kvalifikovanou pracovní sílu a dobrý management chovu využívající maximálně kapacitu daného chovu (Policar a kol., 2018a). Tato technologie chovu se stále vyvíjí a zlepšuje, proto je dobré sledovat nové postupy chovu a vývoj technologických komponentů a jejich inovované možné využití v praxi (Policar a kol., 2018b). Snahou těchto nových postupů a technologických komponentů v RAS je dosáhnout vyšší efektivity a stability intenzivních chovů. Příkladem nového technologického komponentu je Palmer-Bowlesův žlab. Tento přístroj slouží k měření průtoku vody v beztlakovém potrubí, které se hojně využívá k rozvodu vody v RAS chovech. Zároveň toto zařízení jde doplnit o měření pH, teploty vody, obsahu kyslíku a redox potenciálu. Je nenáročný na prostor i na provoz. Ultrazvukové čidlo, které sleduje hladinu vody, je odolné vůči korozi. Tento přístroj umožňuje optimalizovat chov ryb a jeho ekonomickou rentabilitu (Policar a kol., 2018b).

Budoucností pro RAS systémy je šlechtitelská práce na různých vhodných druzích ryb. Jednou z hlavních je realizace domestikčního procesu u intenzivně chovaných ryb, při kterém dochází k adaptaci organismu na umělé podmínky vytvořené člověkem. V dnešní době je snahou domestikovat především okounovité druhy ryb jako je: okoun říční a candát obecný s cílem chovat je kontrolovaně v intenzivních podmínkách. Domestikované druhy totiž dosahují vyšší užitkovosti, rychlejšího růstu, vyššího přežití lepší konverze živin, vyšší produkce a efektivnější kontrolované reprodukce (Policar a kol., 2019). Kontrolovaná neboli řízená reprodukce ryb je proces, při kterém je snaha za pomoci hormonů synchronizovat výtěr generačních ryb do krátkého období a tím zvýšit efektivitu výtěru. Pro kontinuální produkci larev a potažmo tržních ryb je potřeba využívat v intenzivních chovech ryb proces zvaný mimosezónní výtěry, kdy se generační

ryby vytírají mimo přirozené výtěrové období. Mimosezónní výtěry se provádějí umělým napodobením předvýtěrového a následně výtěrového období u daného druhu ryby, za pomoci řízené fotoperiody a teploty vody (Kouřil a kol., 2020). Na řízené výtěry generačních ryb následně navazuje kontrolovaná inkubace jiker, líhnutí a odchov larev. Velmi často je odchov larev, především primitivně vyvinutých na začátku exogenní výživy, v kontrolovaných podmínkách RAS chovu nejsložitější fází daného chovu ryb (Policar a kol., 2021ab). Avšak to neplatí u lososovitých ryb jako pstruh duhový a hlavatka podunajská nebo štiky obecné (*Esox lucius*), které mají na začátku exogenní výživy velké a velmi dobře vyvinuté larvy, které je možné krmit hned na začátku exogenní výživy startérovými krmivy (Kouřil a kol., 2008b; Policar a kol., 2021c). Na konci larválního odchovu je nutné obecně v chovu ryb začít s tříděním odchovávaných ryb s cílem omezit u některých ryb, především okounovitých, kanibalismus (Policar a kol., 2015). Třídění ryb i v intenzivních chovech lososovitých ryb je velmi důležitý chovatelský nástroj. Pomocí třídění ryb se rozdělují ryby podle jejich rozdílného tempa růstu.

2.6. Cíl práce

Cílem této práce bylo ukázat nové možnosti chovu hlavatky podunajské v intenzivní akvakultuře využívající RAS technologii. Zjistit, jak bude hlavatka podunajská prosperovat v RAS. Dalším cílem práce bylo zároveň zjistit, jak bude hlavatka podunajská růst a prosperovat ve smíšené obsádce se pstruhem duhovým odchovávaným v intenzivní akvakultuře.

3. Materiál a metodika

3.1. Čas a místo experimentu

Experiment probíhal od 18.1. 2022 do 14.4. 2022 a byl realizován v experimentální rybochovné hale Laboratoře intenzivní akvakultury, která se nachází v areálu Experimentálního rybochovného pracoviště a pokusnictví (ERPP), a je pod správou Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (VÚRH) a Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU). Ve zmíněné hale se nacházejí dva identické recirkulační akvakulturní systémy (pravý a levý systém). Na experiment bylo využito 9 odchovných nádrží na pravém recirkulačním systému této haly.

3.2. Popis využitého recirkulačního systému

Recirkulační systém této haly byl detailně popsán Policarem a kol. (2018a). Tento RAS se skládal z následujících technologických komponentů.

3.2.1. Odchovné nádrže

Pravý recirkulační systém dané haly obsahoval deset kruhových odchovných nádrží, které byly postaveny ve dvou řadách po pěti. Každá z nádrží měla objem 1 500 litrů. Nádrže byly laminátové a měly šedou barvu. Přítok vody do odchovných nádrží byl regulován pomocí kulovitých kohoutů u vtoku do nádrže. Přítok vody bylo nutné nastavit tak, aby v nádrži docházelo ke kruhovému pohybu vody. To bylo důležité z toho důvodu, aby docházelo k usazování exkrementů a zbytků krmiva uprostřed dna nádrže, kde se nacházel odtok vody. Před odtokovou trubicí byla umístěna nerezová mřížka, která zabraňovala úniku ryb do odtokového potrubí. Odtoková voda byla následně centrálním potrubím vedena do mechanického filtru. Aby bylo možné nádrže odkalovat, tak byl na odtokovém potrubí před mechanickým filtrem umístěn kulový ventil, který umožňoval vypuštění odtokové vody z nádrží mimo systém. Odchovné nádrže byly po celou dobu experimentu potaženy sítí, aby nedocházelo k vyskakování ryb z nádrží.

3.2.2. Mechanická filtrace

Odtoková voda z nádrží byla vedena již zmíněným centrálním odtokovým potrubím do mechanického bubnového filtru za pomoci samospádu. V daném RAS byl použit

mechanický mikrosítový bubnový filtr typu 1FB od firmy IN-EKO Team, Tišnov. Filtrační plocha mechanického filtru byla 0,728 m² a maximální průtok byl 28 800 litrů za hodinu. Uvnitř mechanického filtru se nacházel válec, který byl potažen jemným sítím, které bylo vyměnitelné. Díky tomu bylo možné používat síta s velikostí ok od 60 do 200 μm. Pokud došlo k snížení propustnosti síta kvůli zanesení nerozpuštěnými látkami, došlo k automatické rotaci bubnu a ke vstřiku čisté vody na síto, díky čemuž došlo k vyčištění síta. Odpadní voda s nerozpuštěnými látkami byla vypuštěna do sedimentačního rybníka. Mechanicky vyčištěná voda v RAS, která byla zbavena nerozpuštěných látek, byla následně pomocí samospádu přiváděna do biologického filtru daného RAS.

3.2.3. Biologická filtrace

V rámci experimentu byl využit biologický filtr s pohyblivým ložem o objemu 14 600 litrů. Tento biologický filtr se skládal z obdélníkové nádrže o rozměrech 5,5 x 1,9 x 1,4 m. Na dně byl umístěn provzdušňovací rošt, na který byly napojeny 2 vzduchová dmychadla s příkonem 300 W. Tyto dmychadla dodávaly do provzdušňovacího roštu každou hodinu 30 000 litrů vzduchu. Cca 40–60 % objemu biologického filtru zabíralo plastové filtrační médium.

3.2.4. Čerpadla a distribuční nádrž

V biologickém filtru byla ponořena tři kalová čerpadla. Každé čerpadlo bylo vloženo do děrované plastové trubky, aby nedocházelo k nasávání plastových filtračních médií čerpadly. Celkově byly použity dvě velká čerpadla s příkonem 700 W a jedno malé čerpadlo s příkonem 400 W. Velká čerpadla měly maximální průtok 380 l.min⁻¹ a malé čerpadlo mělo maximální průtok 240 l.min⁻¹. Tato čerpadla dopravovala vodu do distribuční nádrže, která byla umístěna o cca 4 metry výše nad biologickým filtrem. Distribuční nádrž měla průměr 0,6 m a výšku 2,5 m a byla vyrobena z plastové trubky. Z distribuční nádrže byla voda vedena potrubím přes směšovač kyslíku do odchovných nádrží.

3.2.5. Směšovač vody s kyslíkem

Směšovač vody s kyslíkem použitý při experimentu měl kuželovitý tvar a objem 0,169 m³. Maximální průtok vody směšovačem byl 500 l.min⁻¹. Provozní tlak v směšovači byl 1,5 baru. Při experimentu udržoval nasycení vody kyslíkem 100–150 %. Čistý kyslík byl

do směšovače veden pomocí nerezového potrubí ze zásobní nádrže s kyslíkem. Na konci kyslíkového potrubí byl nainstalován kuličkový průtokoměr, díky kterému jsme mohli regulovat množství kyslíku dodávaného do směšovače.

3.2.6. Dezinfekce vody

Pro dezinfekci vody v použitém recirkulačním systému se používal ozon. Ozon byl vyráběn pomocí generátoru ozonu od firmy Ozontech Zlin, který se nacházel přímo v experimentální rybochovné hale. Maximální výkon generátoru byl 10 g ozonu za 1 hodinu. Ozon byl do vody přiváděn přes regulační ventil, barometr a zpětný ventil do injektoru v podobě Venturiho trubice. Voda se do injektoru dostala pomocí čerpadla z biologického filtru. V injektoru docházelo k dezinfekci vody ozonem. Následně byla dezinfikovaná voda vedena do pískového filtru a následně do směšovače kyslíku, které odbourávaly zbytkový ozon ve vodě.



Obr. 3: Odchovné nádrže použité při experimentu (foto: M. Mareš)

3.3. Měření kvality vody

Každý den v průběhu experimentu bylo v 7:00, 15:00 a v 18:00 měřeno v každé nádrži nasycení vody kyslíkem a teplota vody. Na toto měření byl použit oxymetr YSI ProSolo ODO (Obr. 5). Každé ráno se odebíraly vzorky vody z RAS, aby se změřilo pH vody a hodnota dusitanů a amoniaku ve vodě v rámci celého RAS. Hodnota pH se měřila pomocí pH metru inoLab pH 720 (Obr. 4). Na stanovení dusitanů a amoniaku ve vodě byla použita kolorimetrická metoda podle Policara a kol. (2018a). Pro stanovení amoniaku bylo zapotřebí 50 ml vzorku vody z RAS, do kterého se přidali 2 kapky Seignetovi soli a 1 ml Nesslerova činidla. Následně byl tento vzorek promíchán a ponechán 10 minut reagovat. Po 10 minutách se vzorek zbarvil a byl porovnán s barevnou stupnicí, která nám určila koncentraci amoniakálního dusíku ve vodě, který se následně přepočítal na koncentraci celkového amoniaku koeficientem. Na stanovení dusitanů bylo zapotřebí 10 ml vzorku vody z RAS, do kterého se přidalo 10 kapek kyseliny sulfanilové. Vzorek se promíchal a nechal 5 minut stát. Po 5 minutách bylo ještě do vzorku přidáno 10 kapek činidla NED, vzorek byl znovu promíchán a nechal 10 minut reagovat. Po 10 minutách se vzorek zbarvil a byl porovnán s barevnou stupnicí, která nám určila koncentraci dusitanového dusíku. Koncentrace dusitanového dusíku byla koeficientem přepočítána na koncentraci dusitanů (Policar a kol., 2018a).



Obr. 4: pH metr používaný při experimentu (foto: M. Mareš)



Obr. 5: Oxymetr používaný při experimentu (foto: M. Mareš)

3.4. Začátek a nasazení experimentu

Dne 18.1. 2022 byla provedena pitva deseti hlavatek podunajských a deseti pstruhů duhových. Před pitvou byly ryby humánně usmrceny, poté u nich proběhlo biometrické měření, pomocí měřicí desky, kde se měřila celková délka (TL) a standardní délka těla (SL), a digitální váhy od firmy Steinberg BASIC, model: SBS–TW–500/10, na kterých byly ryby zváženy,. Následně byly, za pomoci nůžek a pinzety, z ryb odebrány játra, gonády, slezina a intraperitoneální tuk. Tyto orgány a tuk byly následně osušeny a zváženy, pro stanovení somatických indexů, pomocí stejné váhy, na které byly váženy ryby.

Dne 19.1. 2022 bylo provedeno nasazení experimentu. Ryby byly rozděleny do třech experimentálních skupin, kdy každá skupina byla odchována ve třech nádržích (opakováních). První skupina byla monokultura hlavatky podunajské, kde bylo do každé nádrže nasazeno 160 ks hlavatky o průměrné hmotnosti $432,37 \pm 116,01$ g. Průměrná biomasa nasazených ryb na nádrž byla 68,84 kg. Druhá skupina byla monokultura pstruha duhového, kde bylo do každé nádrže nasazeno 160 ks pstruha duhového o průměrné

hmotnosti $253,27 \pm 61,77$ g. Průměrná biomasa nasazených ryb na nádrž byla 39,4 kg. Třetí skupina byla bikultura hlavatky podunajské se pstruhem duhovým, kde do každé nádrže bylo nasazeno 80 ks pstruha, o průměrné hmotnosti $250,74 \pm 61,91$ g a 80 ks hlavatky, o průměrné hmotnosti $435,04 \pm 119,29$ g. Průměrná biomasa nasazených ryb v této skupině na nádrž byla 55,22 kg. Zvolená větší průměrná velikost experimentálních hlavatek byla zvolena záměrně, jelikož se předpokládalo, že hlavatky budou v bikultuře se pstruhem méně aktivní v příjmu krmiva a porostou pomaleji než pstruh. V den nasazení experimentu byla zjištěna celková biomasa nasazovaných ryb tím, že všechny nasazované ryby byly převáženy. Dále bylo provedeno detailní biometrické měření a vážení u 40 ryb z každé nádrže první a druhé skupiny a u 40 ks pstruha a 40 ks hlavatky z každé nádrže třetí skupiny. Biometrické měření bylo provedeno za pomoci měřicí desky, kde se měřila celková délka (TL) a standardní délka těla (SL), a digitální váhy od firmy KERN & Sohn GmbH, model: KB 2400–2N, na které byly ryby váženy. Ryby byly před biometrickým měřením uspány ve vaničce s vodou za pomoci hřebíčkového oleje o koncentraci $0,04 \text{ ml.l}^{-1}$.

3.5. Krmení ryb

Krmivo bylo do nádrží dopravováno pomocí automatických pásových krmítek. Denní krmná dávky (DKD) byla od začátku experimentu do druhého přelovení v rámci experimentu (17.3. 2022) nastavena na 0,8 % hmotnosti biomasy (DKD = 0,8 %), po druhém přelovení se denní krmná dávka zvyšovala, dokud nedosáhla 1 % hmotnosti biomasy (DKD = 1%). Všechny skupiny byly krmeny jednotně a stejně plovoucím krmivem Skretting Europa 15 F o velikosti pelet 5 mm.

Tab. 1: Nutriční složení plovoucího krmiva Skretting Europa 15 F (5 mm)

Bílkoviny (%)	55
Tuky (%)	16
Vláknina (%)	10
Popel (%)	0,7
Fosfor (%)	1,5
Stravitelná energie ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	19,4

3.6. Průběh experimentu a průběžná kontrola kvality vody

Experiment byl rozdělen do třech období po 28 dnech (celkem 84 dní). Na konci prvního a druhého období byly všechny nádrže přeloveny a převáženy. Přelovení ryb v jednotlivých nádržích probíhalo následovně. U nádrží s monokulturou pstruha a hlavatky byly ryby postupně z nádrže přeloveny do vaničky s vodou, která se vždy zvážila, a následně byly zvážené ryby dány na síť. Po vylovení a zvážení všech ryb z nádrže, se celá nádrž vypustila a perfektně vyčistila od nárostů a sedimentů na stěnách a dna. Ryby byly do nádrže vráceny po jejím napuštění. Pro zjištění celkové biomasy v nádrži se sečetli hmotnosti všech zvážených vaniček s rybami. U nádrží s bikulturou hlavatky a pstruha bylo nutné nejdříve druhy roztřídit. Ryby byly odlovovány z nádrží za pomoci rybářského saku a roztříděny na dvě sítě. Po roztřídění se ryby postupně přelovily do vaničky s vodou, v které se následně vážili. Důležité bylo druhy vážit separátně podle druhu, aby nedošlo k chybě. Každá nádrž byla vždy vypuštěna a vyčištěna. Po sečtení hmotnosti všech vaniček s daným druhem ryby byla vypočítána biomasa druhu v nádrži a pro celkovou biomasu v nádrži se sečetla biomasa hlavatky a biomasa pstruha v dané nádrži. Na konci každého období byly sečteny všechny uhynulé ryby z každé nádrže, z toho bylo pro každou nádrž vypočítáno celkové přežití jednotlivého druhu. Následně bylo pro každou nádrž sečteno spotřebované krmivo za dané období. Každý den v 7:00 probíhala kontrola nádrží. Pokud bylo objeveno nespotebované krmivo, bylo zapotřebí jej vylovit z nádrže, zvážit a zaznamenat jeho hmotnost do pracovního deníku. Taktéž pokud byly nalezeny uhynulé ryby, tak bylo zapotřebí je vylovit a jejich počet a hmotnost v dané nádrži zapsat do pracovního deníku. Následně se změřili parametry vody (t , O_2) a odkalily se nádrže. Poté byly nataženy pásové krmítka a na pás krmítka bylo nasypano krmivo (první polovina DKD). V 15:00 došlo k opětovnému měření parametrů vody (t , O_2) a ke kontrole nespotebovaného krmiva či úhynu ryb v nádržích. Následně byl znovu natáhnut pás pásového krmítka, které bylo naplněno krmivem (druhá polovina DKD). Poslední denní kontrola systému a měření parametrů vody (O_2) probíhala v 18:00.

Tab. 2: Průměrné fyzikální a chemické parametry vody v průběhu experimentu

Parametr	Průměr ± směrodatná odchylka
T v 7 h (°C)	17,43 ± 0,51
T v 15 h (°C)	17,16 ± 0,56
Nasycení O ₂ v 7 h (%)	106,83 ± 9,53
Nasycení O ₂ v 15 h (%)	95,46 ± 9,44
Nasycení O ₂ v 18 h (%)	101,17 ± 8,63
pH	6,79 ± 0,21
NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	0,57 ± 0,19
NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	0,33 ± 0,14

3.7. Ukončení experimentu

Po ukončení experimentu byly všechny ryby opět převáženy a opět bylo provedeno biometrické měření, jak již bylo popsáno v kapitole 3.4. (Začátek a nasazení experimentu). Následně byla provedena pitva deseti hlavatek podunajských a pstruhů duhových z monokultury a deseti hlavatek podunajských a deseti pstruhů duhových z bikultury. Pitva a vážení jednotlivých orgánů a tkání ryb probíhala totožně jako byla popsána v kapitole 3.4. (Začátek a nasazení experimentu).

3.8. Použité vzorce pro výpočty

Po zjištěných biometrických datech u odchovávaných ryb, údajích o přeživších rybách, přírůstku jejich biomasy, spotřebě krmiva a zjištěným hmotnostem odebíraných orgánů a tkání byly použity následující vzorečky k výpočtu následujících produkčních parametrů:

Přežití ryb: (Policar a kol., 2013)

$$P = \frac{PPR}{PNR} \times 100 [\%]$$

PPR – počet přeživších ryb [ks]

PNR – počet nasazených ryb [ks]

Průměrná kusová hmotnost (BW):

$$BW = \frac{W_1+W_2+W_3+\dots+W_n}{N} [g]$$

W – hmotnost jednotlivých ryb [g]

N – celkový počet ryb ve skupině [ks]

Průměrná celková délka (TL):

$$TL = \frac{TL_1+TL_2+TL_3+\dots+TL_n}{N} [mm]$$

TL – celková délka jednotlivých ryb [mm]

N – celkový počet ryb ve skupině [ks]

Průměrná standardní délka těla (SL):

$$SL = \frac{SL_1+SL_2+SL_3+\dots+SL_n}{N} [mm]$$

SL – standardní délka těla jednotlivých ryb [mm]

N – celkový počet ryb ve skupině [ks]

Fultonův kondiční koeficient (FC; Polícar a kol., 2013):

$$FC = \frac{W}{TL^3} \times 100 [\%]$$

W – hmotnost jednotlivých ryb [g]

TL – celková délka těla jednotlivých ryb [cm]

Specifická rychlost růstu (SGR; Policar a kol., 2013):

$$SGR = \frac{\ln \times (W_t - W_0)}{t} \times 100 \left[\frac{\%}{den} \right]$$

ln – přirozený logaritmus

W_t – průměrná hmotnost ryb na konci experimentu [g]

W_0 – průměrná hmotnost ryb na začátku experimentu [g]

t – doba trvání experimentu [dny]

Koeficient konverze krmiva (FCR; Policar a kol., 2013):

$$FCR = \frac{F}{(W_k - W_z)} \times 100 \left[\frac{g}{g}; \frac{kg}{kg} \right]$$

F – celková spotřeba krmiva za celý experiment [g; kg]

W_k – celková hmotnost ryb na konci experimentu [g; kg]

W_z – celková hmotnost ryb na začátku experimentu [g; kg]

Přírůstek z krmiva neboli efektivita krmiva (FE; Zhang a kol, 2020):

$$FE = \frac{(W_k - W_z)}{F} \times 100 [\%]$$

F – celková spotřeba krmiva za celý experiment [g; kg]

W_k – celková hmotnost ryb na konci experimentu [g; kg]

W_z – celková hmotnost ryb na začátku experimentu [g; kg]

Hmotností přírůstek (WG; Zhang a kol, 2020):

$$WG = \frac{(W_k - W_z)}{W_z} \times 100 [\%]$$

W_k – celková hmotnost ryb na konci experimentu [g; kg]

W_z – celková hmotnost ryb na začátku experimentu [g; kg]

Koeficient tělesné hmotnosti (CV_{BW}) – podle Gallardo-Collí a kol. (2019):

$$CV_{BW} = \frac{\sigma W}{\bar{W}} \times 100 [\%]$$

σW – směrodatná odchylka celkové hmotnosti ryb

\bar{W} – průměr celkové hmotnosti ryb

Organosomatické indexy – podle Dogan a Can (2011):

Hepatosomatický index (HSI):

$$HSI = \frac{W_h}{W} \times 100 [\%]$$

W_h – hmotnost jater [g]

W – celková hmotnost ryby [g]

Gonadosomatický index (GSI):

$$GSI = \frac{W_g}{W} \times 100 [\%]$$

W_g – hmotnost gonád [g]

W – celková hmotnost ryby [g]

Slezinosomatický index (SSI):

$$SSI = \frac{W_s}{W} \times 100 [\%]$$

W_s – hmotnost sleziny [g]

W – celková hmotnost ryby [g]

Index intraperitoneálního tuku (IPF):

$$\text{IPF} = \frac{W_{\text{pf}}}{W} \times 100 [\%]$$

W_{pf} – hmotnost intraperitoneálního tuku [g]

W – celková hmotnost ryby [g]

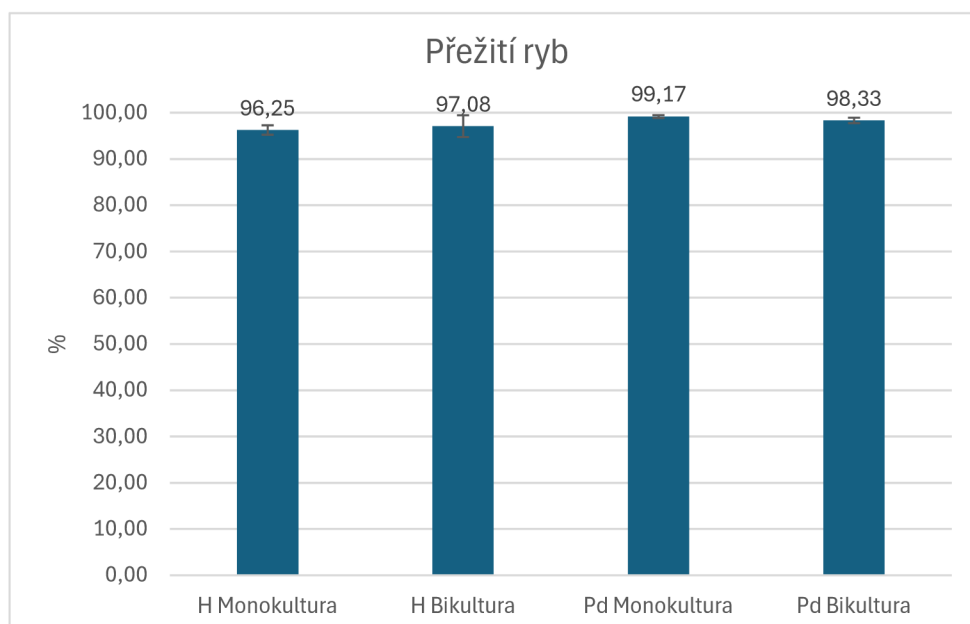
3.9. Statistické zpracování dat

Zmíněná získaná data z experimentu byla přešpaná do elektrické podoby v programu Microsoft Excel, který byl také následně použit pro vytvoření grafů. Pro statistické vyhodnocení dat byl použit analytický software STATISTICA 12 (StatSoft Inc.) Pro normálové rozdělení dat byl použit Shapirův-Wilkův test. Následně byla provedena jednocestná ANOVA a Tuckey post-hoc. Testy byly provedeny s významností $P < 0,05$.

4. Výsledky

4.1. Přežití odchovávaných ryb (P)

Během experimentu nedošlo k žádným výrazným úhynům obou druhů odchovávaných ryb. Množství uhynulých se pohybovalo v jednotkách kusů. Procentuální přežití ryb v jednotlivých skupinách za celý experiment je možné sledovat v grafu č. 1. Z tohoto grafu je patrné, že pstruh duhový dosahoval jak v monokultuře, tak i bikultuře statisticky nevýznamně vyššího přežití (98,3 – 99,2 %) oproti odchovávané hlavatce podunajské (96,3 – 97,1 %). To znamená, že nebyl prokázán žádný vliv monokultury a bikultury v intenzivním chovu využívající RAS technologii na přežití ani jednoho z testovaných druhů.

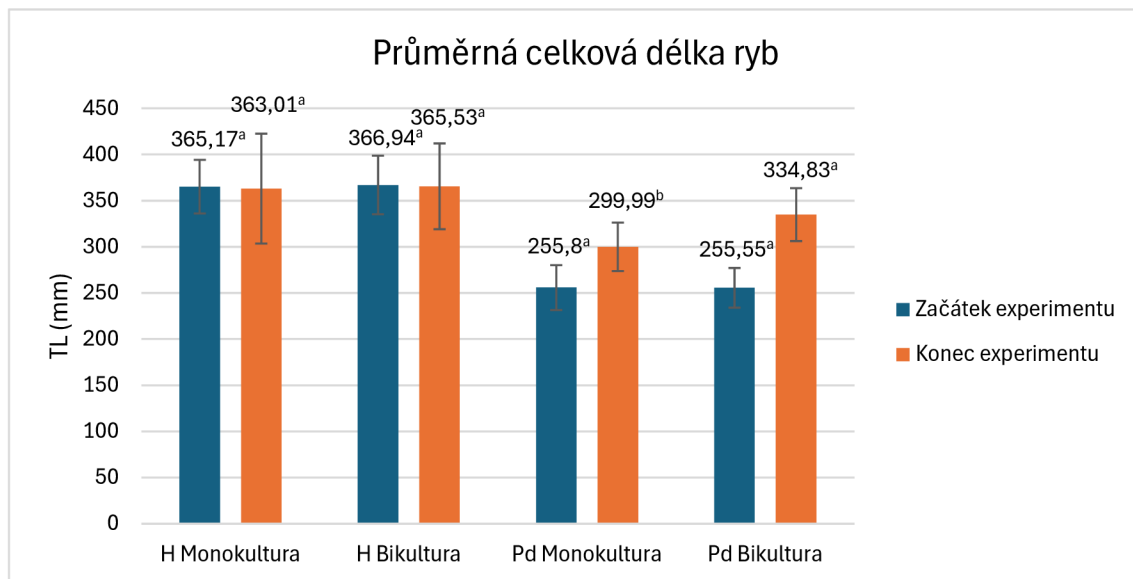


Graf 1: Procentuální přežití ryb v jednotlivých skupinách za celý experiment

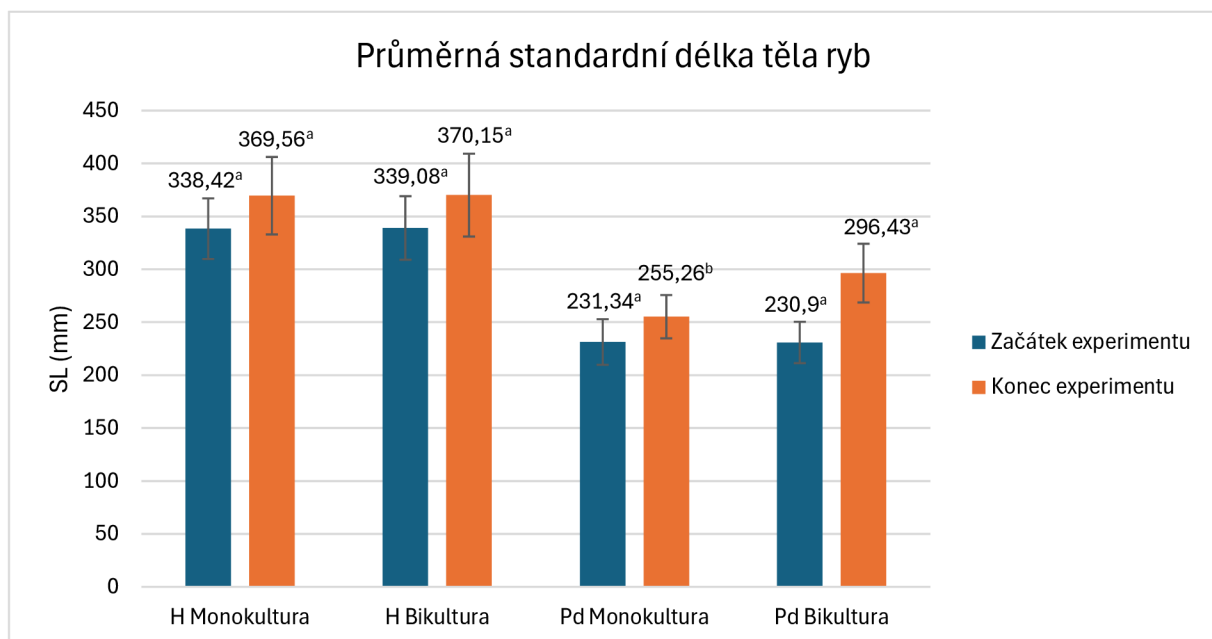
4.2. Průměrná celková délka (TL) a standardní délka těla (SL)

Z grafu č. 2 a 3 můžeme vypočítat, že v bikultuře prosperoval především pstruh duhový, který v průběhu experimentu zvýšil svoji průměrnou celkovou délku, TL o 31,0 % a průměrnou standardní délku těla, SL o 28,38 %. Pstruh duhový v monokultuře zvýšil svoji průměrnou celkovou délku (TL) pouze o 16 % a standardní délku těla (SL) o 10 %. Naopak podle biometrického měření odchovávaná hlavatka podunajská mírně snížila svoji celkovou délku a standardní délku těla, jak v monokultuře, tak i bikultuře. Vzhledem k zvýšené kusové hmotnosti lze u délkového měření v tomto případě mluvit o určité

statistické nepřesnosti než skutečnému zkrácení odchovávaných ryb hlavatky podunajské. Avšak z hlediska měřených a sledovaných délek je možné mluvit o tom, že hlavatka příliš v testovaném chovu z hlediska růstu neprosperovala.



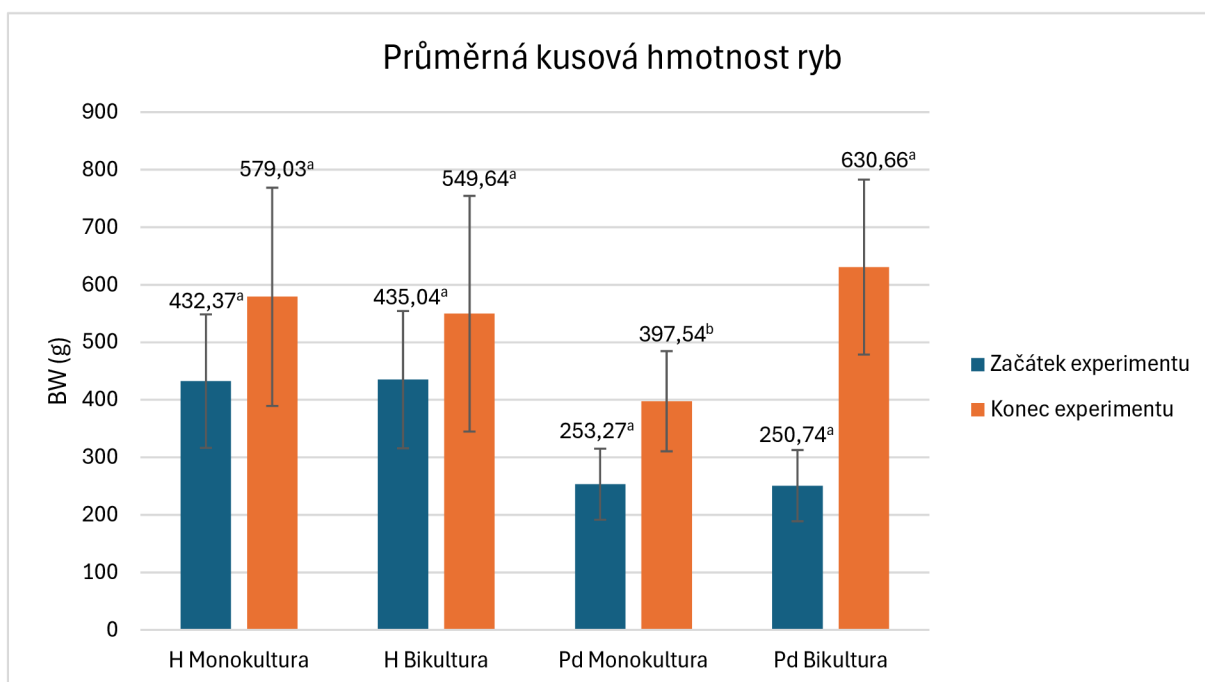
Graf 2: Srovnání průměrné celkové délky ryb (TL) na začátku a na konci experimentu



Graf 3: Srovnání průměrné standardní délky (SL) těla ryb na začátku a na konci experimentu

4.3. Průměrná kusová hmotnost ryb (BW)

Stejně jako u průměrné celkové délky a standardní délky těla ryb i u průměrné kusové hmotnosti ryb byl největší rozdíl mezi počáteční a konečnou hmotností u pstruha duhového v bikultuře. Obecně v rámci celého experimentu v hmotnostním růstu ryb opět dominoval pstruh duhový, který v průběhu experimentu zvětšil svoji průměrnou kusovou hmotnost o 56,9 %, respektive o 152 % v monokultuře a bikultuře. Naopak hlavatka podunajská v průběhu experimentu rostla z hlediska hmotnosti ryb podstatně pomaleji než pstruh duhový a zvětšila svoji průměrnou kusovou hmotnost pouze o 26 % v bikultuře a o 34 % v monokultuře.



Graf 4: Srovnání průměrné kusové hmotnosti ryb (BW) na začátku a na konci experimentu

4.4. Fultonův kondiční koeficient (FC) a koeficient tělesné hmotnosti (CV_{BW})

Informace o kondici odchovávaných ryb je možné zjistit v tabulce č. 3, kdy je zřejmé, že hlavatka v obou způsobech chovu svůj kondiční stav mírně snížila z FC = 0,87 na FC 0,82 – 0,85. Naopak u pstruha duhového došlo k navýšení kondičního stavu na konci odchovu u bikulturního chovu z FC 1,49 na FC 1,66. U monokulturního chovu pstruha duhového došlo k mírnému poklesu kondice odchovávaných ryb z FC 1,51 na FC 1,47.

Naopak u koeficientu tělesné hmotnosti odchovávaných ryb jak pstruha duhového, tak hlavatky podunajské se hodnoty na konci odchovu zvyšovaly oproti začátku chovu. To znamená, že odchovávané populace ryb se v jednotlivých nádržích pozvolna rozrůstaly z důvodu rozdílného růstu mezi odchovávanými jedinci.

Tab. 3: Srovnání Fultonova kondičního koeficientu a koeficientu tělesné hmotnosti na začátku a na konci experimentu u jednotlivých skupin

			FC	CV _{BW} (%)
Začátek experimentu	Hlavatka podunajská	Monokultura	0,87 ± 0,10 ^a	26,31
		Bikultura	0,87 ± 0,11 ^a	27,31
	Pstruh duhový	Monokultura	1,51 ± 0,32 ^a	25,95
		Bikultura	1,49 ± 0,21 ^a	25,71
Konec experimentu	Hlavatka podunajská	Monokultura	0,85 ± 0,08 ^a	31,36
		Bikultura	0,82 ± 0,08 ^b	38,44
	Pstruh duhový	Monokultura	1,47 ± 0,30 ^b	40,02
		Bikultura	1,66 ± 0,16 ^a	42,70

4.5. Shrnutí produkčních ukazatelů

Z tabulky č. 4 jsou patrné další významné produkční ukazatele jako je hmotnostní přírůstek biomasy, specifická rychlost růstu, koeficient konverze krmiva a efektivita krmiva u odchovávaného pstruha duhového a hlavatky podunajské v monokultuře a bikultuře.

4.5.1. Hmotnostní přírůstek biomasy (WG)

V hmotnostním přírůstku opět dominoval pstruh duhový, který dosáhl hodnoty WG 60,07 ± 0,65 % v bikultuře a 40,33 ± 1,90 % v monokultuře. Hmotnostní přírůstek byl u hlavatky podunajské 38,11 ± 0,50 % v monokultuře a 28,65 ± 1,51 % v bikultuře. Statistický rozdíl byl jak u hlavatky podunajské, tak u pstruha duhového v monokultuře a bikultuře.

4.5.2. Specifická rychlost růstu (SGR)

Specifická rychlost růstu jasně ukázala, že hlavatka podunajská v experimentu rostla pomaleji oproti pstruhovi duhovému. Zde byl opět významný statistický rozdíl mezi monokulturou a bikulturou, jak hlavatky podunajské, tak i pstruha duhového. Hlavatka podunajská v monokultuře dosáhla $SGR\ 0,40 \pm 0,03\ \%.den^{-1}$, zatímco hlavatka podunajská v bikultuře dosáhla hodnoty SGR pouze $0,13 \pm 0,01\ \%.den^{-1}$. Naopak pstruh duhový dosáhl SGR na úrovni $1,09 \pm 0,02\ \%.den^{-1}$ v bikultuře a $0,57 \pm 0,01\ \%.den^{-1}$ v monokultuře. Z výsledků vyplývá, že pstruh duhový v bikultuře v růstu profitoval na úkor odchovávané hlavatky podunajské.

4.5.3. Koeficient konverze krmiva (FCR)

Nejnižšího koeficientu konverze krmiva bylo dosaženo u pstruha duhového v bikultuře, kde hodnota FCR byla $1,17 \pm 0,24\ kg.kg^{-1}$. Pstruh duhový v monokultuře dosáhl hodnoty $FCR\ 1,27 \pm 0,02\ kg.kg^{-1}$. Statisticky významné rozdíly byli znovu u monokultury i bikultury obou druhů ryb. Hlavatka podunajská dosáhla hodnoty $FCR\ 1,37 \pm 0,09\ kg.kg^{-1}$ v monokultuře a $1,75 \pm 0,03\ kg.kg^{-1}$ v bikultuře. Samozřejmě z výsledků lze předpokládat, že pstruzi využívali v bikultuře krmivo určené pro odchovávané hlavatky, proto lze předpokládat, že druhově specifické FCR pro pstruha bylo finálně vyšší a pro hlavatku nižší. Ovšem problém byl, že u bikultury nešlo jednoznačně určit jaký podíl krmiva předkládaného do nádrže bylo využíváno pstruhy a jaké hlavatkami.

4.5.4. Přírůstek z krmiva neboli efektivita krmiva (FE)

U efektivity krmiva byl signifikantní rozdíl mezi odchovem hlavatky podunajské v monokultuře a bikultuře. Hlavatka podunajská dosáhla hodnoty $FE\ 73,56 \pm 4,90\ \%$ v monokultuře, zatímco v bikultuře pouze $46,87 \pm 9,64\ \%$. Statistické rozdíly byli opět u monokultury i bikultury obou druhů ryb. Pstruh duhový měl hodnotu $FE\ 85,52 \pm 1,10\ \%$ v monokultuře a $78,57 \pm 1,65\ \%$ v bikultuře. Nižší hodnoty FE u hlavatky a vyšší hodnoty FE u pstruha z bikulturní obsádky byly způsobené hlavně tím, že pstruzi využívali část krmiva předkládaného do bikultury místo hlavatek.

Tab. 4: Souhrn produkčních ukazatelů

	Hlavatka podunajská		Pstruh duhový	
	Monokultura	Bikultura	Monokultura	Bikultura
WG (%)	38,11 ± 0,50 ^a	28,65 ± 1,51 ^b	40,33 ± 1,90 ^b	60,07 ± 0,65 ^a
SGR (%.den⁻¹)	0,40 ± 0,03 ^a	0,13 ± 0,01 ^b	0,57 ± 0,01 ^b	1,09 ± 0,02 ^a
FCR (kg.kg⁻¹)	1,37 ± 0,09 ^b	1,75 ± 0,03 ^a	1,27 ± 0,02 ^a	1,17 ± 0,24 ^b
FE (%)	73,56 ± 4,90 ^a	46,87 ± 9,64 ^b	78,57 ± 1,65 ^b	85,52 ± 1,10 ^a

Seznam zkratk v tabulce č.4: WG – hmotnostní přírůstek; SGR – specifická rychlost růstu; FCR – koeficient konverze krmiva; FE – přírůstek z krmiva neboli efektivita krmiva

4.6. Organosomatické indexy

Tab. 5: Srovnání organosomatických indexů na začátku a na konci experimentu u

	Hlavatka podunajská			Pstruh duhový		
	Počáteční	Monokultura	Bikultura	Počáteční	Monokultura	Bikultura
SSI (%)	0,10 ± 0,11	0,09 ± 0,02 ^{a,b}	0,11 ± 0,03 ^{a,b}	0,12 ± 0,06	0,08 ± 0,04 ^a	0,07 ± 0,03 ^a
HSI (%)	1,08 ± 0,29	0,90 ± 0,12 ^a	0,92 ± 0,33 ^a	0,91 ± 0,18	1,07 ± 0,22 ^a	1,32 ± 0,25 ^a
IPF (%)	3,14 ± 0,92	1,99 ± 0,51 ^a	1,33 ± 0,88 ^b	1,83 ± 0,53	3,21 ± 1,10 ^a	5,06 ± 2,23 ^a
GSI (%)	0,00 ± 0,01	0,10 ± 0,07 ^b	0,14 ± 0,08 ^b	0,00 ± 0,00	0,12 ± 0,11 ^a	0,06 ± 0,05 ^a

jednotlivých skupin

Seznam zkratk k tabulce č.5: SSI – slezinosomatický index; HSI – hepatosomatický index; IPF – index intraperitoneálního tuku; GSI – gonadosomatický index.

4.6.1. Slezinosomatický index (SSI)

U slezinosomatického indexu nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl mezi jednotlivými skupinami odchovávaných ryb. Na konci odchovu u pstruha duhového u obou způsobů

chovu došlo ke snížení podílu sleziny k hmotnosti ryb z $SSI = 0,12 \%$ na $SSI = 0,07 - 0,08 \%$. Na konci odchovu hlavatky podunajské v monokultuře také došlo na snížení podílu sleziny k hmotnosti ryb z $SSI = 0,10 \%$ na $SSI = 0,09 \%$. Naopak u hlavatky podunajské v bikultuře došlo k mírnému zvýšení podílu sleziny k hmotnosti ryb oproti počáteční hodnotě ($SSI = 0,10 \%$) na $SSI = 0,11 \%$.

4.6.2. Hepatosomatický index (HSI)

Zde nebyl zjištěn statistický rozdíl mezi jednotlivými skupinami. Na konci odchovu hlavatky podunajské u obou způsobů chovu došlo ke snížení podílu jater k hmotnosti ryb z $HSI = 1,08 \%$ na $HSI = 0,90 - 0,92 \%$. Naopak na konci odchodu pstruha duhového u obou způsobů chovu došlo ke zvýšení podílu jater k hmotnosti ryb z $HSI = 0,91 \%$ na $HSI = 1,07 - 1,32 \%$.

4.6.3. Index intraperitoneálního tuku (IPF)

U indexu intraperitoneálního tuku byl zjištěn významný statistický rozdíl mezi hlavatkou chovanou v monokultuře a v bikultuře, kde došlo k výraznému snížení podílu intraperitoneálního tuku k hmotnosti ryb z $IPF = 3,14 \%$ na $IPF = 1,33 \%$ u bikulturního chovu. Naopak u pstruha duhového na konci odchovu došlo k zvýšení podílu intraperitoneálního tuku k hmotnosti ryb oproti počáteční hodnotě ($IPF = 1,83 \%$) na $IPF = 3,21 \%$ v monokultuře a $IPF = 5,06 \%$ v bikultuře. U pstruha v bikultuře došlo k vyššímu zvýšení IPF a to především z důvodu, že pstruzi požírali pravděpodobně významný podíl krmiva původně určený pro hlavatky, které měly nejnižší hodnotu IPF.

4.6.4. Gonadosomatický index (GSI)

U gonadosomatického indexu byl zjištěn statistický rozdíl mezi hlavatkou podunajskou a pstruhem duhovým u obou způsobů chovu. Hlavatka podunajská u obou způsobů chovu zvýšila svůj podíl gonád k hmotnosti ryb z $GSI = 0,00 \%$ na $GSI = 0,10 - 0,14 \%$. Zatímco pstruh duhový u obou způsobů chovu zvýšil podíl gonád k hmotnosti ryb z $GSI = 0,00 \%$ pouze na $GSI = 0,06 - 0,12 \%$. Nejvyšší podíl gonád k hmotnosti ryb měla hlavatka podunajská v bikultuře, kde byla hodnota GSI na úrovni $0,14 \pm 0,08 \%$.

5. Diskuse

Během experimentu nedošlo k výraznějším úhynům. Přežití ryb bylo o pár procent vyšší u odchovávaného pstruha duhového než u hlavatky podunajské. To si můžeme odůvodnit tím, že pstruh duhový na rozdíl od hlavatky podunajské patří mezi domestikované druhy ryb, které jsou zvyklé na kontrolované podmínky intenzivního chovu oproti nedomestikované formě hlavatky podunajské (Bilio, 2007). Domestikace je proces postupné adaptace organismu k životním podmínkám, které jsou vytvářeny lidským zásahem (Flajšhans a kol., 2013). Důvodem vysokého přežití u hlavatky podunajské byla dobrá kvalita vody udržované v RAS. Autoři Jungwirth a kol. (1989) uvádějí, že nejlepší teplota pro chov hlavatek podunajských s ohledem na mortalitu a specifickou rychlost růstu je v rozmezí 16,2 – 18,2 °C. Při teplotě v tomto rozmezí dosáhli autoři ve svém experimentu přežití ryb v rozmezí 94 – 96 %. V mém experimentu bylo dosaženo průměrné denní teploty 17,3 °C a přežití na úrovni 96,3 – 97,1 %.

U průměrné celkové délky ryb (TL), průměrné standardní délky těla ryb (SL) a u průměrné kusové hmotnosti ryb se projevil pomalejší růst hlavatky podunajské oproti pstruhovi duhovému. Autoři Ihuť a kol. (2020) při svém experimentu nasadili hlavatky podunajské o průměrné kusové hmotnosti $135,74 \pm 9,32$ g a průměrné celkové délce (TL) $237,93 \pm 9,18$ mm. Jejich experiment probíhal od července 2014 do dubna 2015 (10 měsíců). Průměrná teplota vody v jejich experimentu byla 11,58 °C. Krmivo bylo používané v tomto experimentu od firmy Aqua Garant s různou granulací v závislosti na kusové hmotnosti odchovávaných ryb. Na konci jejich experimentu dosahovaly hlavatky podunajské průměrné kusové hmotnosti $251,39 \pm 11,83$ g a průměrné celkové délky (TL) $302,72 \pm 1,45$ mm. Hlavatka podunajská v uvedeném experimentu zvýšila svoji průměrnou kusovou hmotnost o 85,2 % a svoji průměrnou TL o 123,01 %. Délka mého experimentu byla 84 dní, což je zhruba o 7 měsíců méně, než trval experiment uvedený výše. Průměrná teplota vody v mém experimentu byla vyšší a také ryby nasazené do mého experimentu byly větší v porovnání s uvedeným experimentem. Autor Savić (2022) do svého experimentu o délce 91 dnů nasadil hlavatky podunajské o průměrné TL $89,5 \pm 9,8$ mm, průměrné SL $77,4 \pm 8,5$ mm a průměrné kusové hmotnosti $6,00 \pm 1,74$ g. Ryby byly krmeny komerčním krmivem pro pstruhy s velikostí granulí 1,9 mm. Průměrná teplota vody v tomto experimentu byla 12,37 °C. Na konci jeho experimentu dosahovaly hlavatky podunajské průměrné celkové délky (TL) $126,7 \pm 16,9$ mm, průměrné

standardní délky těla (SL) $110,01 \pm 15,4$ mm a průměrné kusové hmotnosti $16,35 \pm 6,98$ g. Hlavatka podunajská v uvedeném experimentu zvýšila svoji průměrnou TL o 41,56 %, svoji průměrnou SL o 42,13% a svoji průměrnou kusovou hmotnost o 172,5 %. V mém experimentu nedošlo k tak velkému zvýšení průměrné kusové hmotnosti ani průměrné TL a SL u hlavatky podunajské na konci experimentu v porovnání s uvedeným experimentem, avšak do mého experimentu byly nasazeny větší ryby a trval o 7 dní potažmo 7 měsíců méně. V mém experimentu hlavatka podunajská zvýšila svoji SL pouze o 9,2 % u obou způsobů chovu, svoji průměrnou kusovou hmotnost zvýšila pouze o 34 % v monokultuře a 26 % v bikultuře a svoji TL nevyšla vůbec.

U všech experimentálních skupin kromě pstruha duhového v bikultuře došlo během experimentu ke snížení Fultonova koeficientu (FC). Fultonův koeficient nám udává výživný stav ryb. Hodnota FC je ovlivněna věkem a pohlavím ryb, plností střev, druhu konzumované potravy a množstvím tukových zásob (Barnham a Baxter, 2003). Autoři Simonović a kol. (2011) uvádějí ve svém experimentu, že existuje vztah mezi Fultonovým koeficientem a standardní délkou těla ryb (SL) u hlavatek podunajských. Ve svém experimentu popisují, že FC je nižší u hlavatek podunajských, které mají standardní délku těla do 110 cm, a naopak hlavatky podunajské s SL větší než 110 cm mají FC vyšší. Dle autorů toto indikuje, že menší jedinci hlavatky podunajské rychleji rostou do délky, a naopak starší jedinci rychleji přibývají na hmotnosti. Na tento experiment autoři použili 36 hlavatek podunajských, které byly autory změřeny a zváženy. Všechny tyto hlavatky podunajské byly chyceny rybáři v Srbsku a v Bosně a Hercegovině. Standardní délka ryb se pohybovala od 48 do 132 cm. Autoři Andreji a Strānai (2013) uvádějí ve svém experimentu, že u 12–ti hlavatek podunajských odebraných z farmy v Příbovcích v letech 1988 až 2008 dosáhly hodnoty $FC = 1,35$. SL u uvedených ryb se pohybovala od 608 do 1009 mm a hmotnost od 2134 do 14430 g. V porovnání s tímto experimentem byly průměrné hodnoty Fultonova koeficientu ($FC = 0,82 - 0,87$) v mém experimentu počítány s větším počtem ryb a s menšími rybami.

U hmotnostní přírůstku (WG) i u specifické rychlosti růstu (SGR) byla znát dominance pstruha duhového v bikultuře. Ukázalo se, že pstruh duhový je výrazně aktivnější a agresivnější při krmení, tudíž se stávalo, že pstruh duhový spotřeboval většinu předkládaného krmiva a hlavatka podunajská nepřijímala pravděpodobně dostatek krmiva a strádala. Autoři Bajić a kol. (2015) uvádějí ve svém experimentu, že při 90ti

denním odchovu hlavatky podunajské dosáhli SGR $1,16 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. Při svém experimentu použili 572 hlavatek podunajských. Ryby byly krmeny naupliemi z *Artemie salina* a krmivem od firmy Coppens (TroCo Crumble HE) s velikostí granulí 0,3–0,5 a 0,5–0,8 mm. Na konci jejich experimentu dosahovaly hlavatky podunajské průměrné celkové délky (TL) 54,57 mm a jednalo se tedy o larvální a juvenilní odchovu. Naopak v mém experimentu byly nasazeny mnohem větší hlavatky podunajské, kdy je jednalo o dochov starších kategorií juvenilních ryb, které nebyly krmeny přirozenou potravou v porovnání s uvedeným experimentem.

Koeficient konverze krmiva je poměr hmotnosti spotřebovaného předkládaného krmiva k přírůstku hmotnosti zvířete za určité časové období. Nižší hodnoty FCR naznačují, že krmivo je účinně a efektivně přeměněno na přírůstek hmotnosti ryb, zatímco překrmování nebo nedostatečné využívání krmiva poměr zvyšuje (Bai a kol., 2022). Z výsledků je tedy patrné, že jak chov hlavatky podunajské, tak pstruha duhového v monokultuře byl efektivní. Naopak bikultura pstruha duhového s hlavatkou podunajskou byla jasně nevýhodná pro hlavatku. V této skupině pstruh duhový dosahoval nízkého FCR na úrovni 1,17 – 1,27, ale naopak hlavatka podunajská měla vyšší hodnotu FCR (1,37 – 1,75). Což znovu potvrzuje závěr, že pstruh duhový intenzivně rostl a pravděpodobně i využíval předkládané krmivo na úkor hlavatky podunajské v bikultuře.

U organosomatických indexů byl statisticky významný rozdíl pouze u indexu intraperitoneálního tuku (IPF), kde u hlavatky podunajské došlo k výraznému snížení hodnoty IPF. Naopak u odchovu pstruha duhového v obou způsobech chovu došlo ke zvýšení hodnoty IPF. Nejvyšší hodnotu IPF dosáhl pstruh duhový v bikultuře. Tato skutečnost opět koreluje se zmíněnými výsledky z bikultury pstruha duhového a hlavatky podunajské, zároveň to i potvrzuje tvrzení, že hlavatka podunajská v bikultuře strádala oproti pstruhovi duhovému, které požíral krmivo původně určené pro hlavatku.

Díky těmto výsledkům již víme, že bikultura hlavatky podunajské se pstruhem duhovým není výhodná pro odchovávané hlavatky, které jsou pstruhem duhovým utlačovány. Dle mého názoru žádná bikultura hlavatky podunajské s jiným druhem ryby nebude výhodná. Dalo by se polemizovat o bikultuře hlavatky podunajské s mníkem jednovousým, ale stále si myslím, že bude výhodnější chovat hlavatku podunajskou v monokultuře. Chov hlavatky podunajské a jeho inovace je velice v budoucnosti potřebná, z důvodu jejího ohrožení ve volné přírodě a potřebě jejího umělého vysazování

do vod s dostatkem potravy (Holčík a kol., 1984). Kdy, je nutné produkovat juvenilní ryby hlavatky podunajské a vysazovat je do jejich původního areálu, abychom zvýšili početnost a výskyt divokých populací hlavatek podunajské na evropském kontinentu (Holčík, 1990). Další aplikací odchovu juvenilních ryb hlavatky podunajské může být další rozvoj jejího chovu s cílem produkovat tržní ryby pro lidský konsum, jako alternativa k chovu pstruha duhového nebo lososa obecného (Jungwirth a kol., 1989).

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo ukázat nové možnosti chovu hlavatky podunajské v intenzivní akvakultuře a zjistit, jak bude hlavatka podunajská prosperovat v RAS a ve smíšené obsádce se pstruhem duhovým. Z výsledků práce je patrné že pstruh duhový v rámci intenzivní akvakultury přežívá, roste a využívá předkládaná krmiva lépe než hlavatka podunajská. Hlavním důvodem je realizovaný domestikací proces u pstruha duhového, kdy tento druh je nejvíce domestikovaným druhem ryb na světě. Naopak hlavatka podunajská nepatří mezi domestikované druhy ryb. Při porovnávání průměrné TL, SL a kusové hmotnosti ryb na konci experimentu byl signifikantní rozdíl v biculture pstruha duhového s hlavatkou podunajskou. Bylo zřejmé, že pstruh duhový v biculture dominoval. Pstruh duhový efektivněji využíval předkládané krmivo na úkor hlavatky podunajské v biculture, protože byl agresivnější a aktivnější při krmení. Toto tvrzení potvrdily produkční ukazatele zjištěné v této práci, jako jsou: SGR, FCR, FE, WG, FC, CV_{BW}.

Dle výsledků organosomatických indexů opět nejlépe prosperoval pstruh duhový v obou způsobech chovu. U indexu intraperitoneálního tuku (IPF) byl markantní rozdíl mezi hlavatkou a pstruhem duhovým v biculture. Hlavatka podunajská v biculture dosáhla lepšího výsledku než pstruh duhový pouze u gonadosomatického indexu, který byl ovšem na počátku svého vývoje a gonády byly velmi málo vyvinuté. U obou druhů byl rozdíl u slezinosomatického indexu. Hodnota SSI byla nejvyšší u hlavatky podunajské v monokulture, což poukazuje na závěr, že hlavatka podunajská v biculture byla více omezena na zdroj potravy.

Ze zmíněných výsledků je jasně patrné, že hlavatka podunajská dokáže prosperovat a dobře růst v RAS, ale pouze v monokulture při optimálních životních podmínkách. Zároveň se hlavatka podunajská ukázala jako potencionální adept na domestikaci. Z důvodu ohrožení hlavatky podunajské je nutné pokračovat s experimenty v jejím chovu, zároveň zdokonalit její chov v RAS a začít s její domestikací a intenzivními chovy určenými třeba k produkci tržních ryb ke konzumu.

7. Seznam použité literatury

- Adámek, Z., Dubský, K., Jarolímková, B., Just, T., Kolářová, J., Lusk, S., Navrátil, S., Nusl, P., Svobodová, Z., Šíma, A., Štípek, J., 2013. Příručka pro rybářské hospodáře. 1. vyd. Praha. Český rybářský svaz, 60, 249–252.
- Andreji, J., Stráňai, I., 2013. Growth parameters of huchen *Hucho hucho* (L.) in the wild and under culture conditions. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3), 179–188.
- Bai, S.C., Hardy, R.W., Hamidoghli, A., 2022. Diet analysis and evaluation. In *Fish nutrition*. Academic Press, 709-743.
- Bajić, A., Sipos, S., Pejčić, L., Demény, F., Sokoray-Varga, S., Müller, T., Miljanović, B., 2015. Rearing Danube salmon, *Hucho hucho* (L. 1758), in controlled environment during early juvenile stage. *Pisces Hungarici*, 9.
- Barnham, C.A., Baxter, A.F., 2003. Condition factor, K, for salmonid fish. Department of Primary Industries.
- Bilio, M., 2007. Controlled reproduction and domestication in aquaculture. *Aquaculture Europe*, 32(1), 5–14.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2011. Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 115: 6–8, 32 s.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2012. Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 136: 9–20.
- D'Agaro, E., Gibertoni P., Esposito S., 2022. Recent Trends and Economic Aspects in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Sector. *Applied Sciences*; 12(17):8773. <https://doi.org/10.3390/app12178773>. Zpřístupněno 28. února 2024.
- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., Summerfelt, S. T., 2014b. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 59, 30–40.
- Davidson, J.W., Kenney, P.B., Manor, M., Good, C.M., Weber, G.M., Aussanasuwannakul, A., Turk, P.J., Welsh, C., Summerfelt, S.T., 2014a. Growth performance, fillet quality, and reproductive maturity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured to 5 kilograms within freshwater recirculating systems. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 5: 238.

- Dogan, D., Can, C., 2011. Endocrine disruption and altered biochemical indices in male *Oncorhynchus mykiss* in response to dimethoate. *Pesticide biochemistry and physiology*, 99(2), 157–161.
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. Zpřístupněno dne 27. února 2024.
- FEAP, 2021. European Aquaculture Production Report 2014-2020. Federation of European Aquaculture Producers, Belgium. <https://feap.info/wp-content/uploads/2022/03/production-report-v1.1.pdf>. Zpřístupněno dne 29. února 2024.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen-Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V. and Linhart, O., 2013. Genetika a šlechtění ryb. Druhé rozšířené a upravené vydání. FROV JU, Vodňany, 240–241.
- Freyhof, J., Kottelat, M., 2008. *Hucho hucho*. Červený seznam ohrožených druhů IUCN 2008: e.T10264A3186143. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T10264A3186143.en>. Zpřístupněno dne 22. února 2024 .
- Gallardo-Collí, A., Pérez-Rostro, C.I., Hernández-Vergara, M.P., 2019. Reuse of water from biofloc technology for intensive culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): effects on productive performance, organosomatic indices and body composition. *Int Aquat Res* 11, 43–55.
- Holčík J., Hensel, K., Nieslanik, J., Skácel S., 1984. Hlavátka, Veda, Bratislava, 307 s.
- Holčík, J., 1990. Conservation of the huchen, *Hucho hucho* (L.), (*Salmonidae*) with special reference to Slovakian rivers. *Journal of Fish Biology*, 37, 113–121.
- Holčík, J., Hensel, K., Nieslanik, J., Skácel, L., 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. *Perspectives in Vertebrate Science*, Vol. 5. Dordrecht: Dr W. Junk, 61, 168–169.
- Ihuț, A., Răducu, C., Cocan, D., Munteanu, C., Luca, I.T., Uiuu, P., Mireșan, V., Lațiu, C., Rus, V., 2020. Seasonal variation of blood biomarkers in huchen, *Hucho hucho* (*Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae*) reared in captivity. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 50(4), 381–390.

- Jungwirth, M., 1979. Ovulation inducement in prespawning adult Danube salmon (*Hucho hucho*, L.) by injection of acetone-dried carp pituitary (cP). *Aquaculture*, 17(2), 129–135.
- Jungwirth, M., Kossmann, H., Schmutz, S., 1989: Rearing of Danube salmon (*Hucho hucho* L.) fry at different temperatures, with particular emphasis on free-dried zooplankton as dry feed additive. *Aquaculture*, 77: 363–371.
- Kouřil, J., 2013. Recirkulační akvakulturní systémy. Sborník příspěvků z odborného semináře Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu; Brno 12. prosince 2013, 14–19.
- Kouřil, J., 2015. Úvod do intenzivního chovu ryb včetně přehledu RAS v České republice. Sborník příspěvků z odborného semináře Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství; Vodňany 1. – 2. září 2015, 10–20.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 85, 11–22.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008b. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 12–27, 53–62, 129 s.
- Kouřil, J., Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., 2020. Hormonální stimulace vybraných druhů ryb k umělému a poloumělému výtěru. Edice metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 176: 105 s.
- Kuciński, M., Fopp-Bayat, D., 2021. Phylogenetic characteristics of selected European huchen (*L.*) broodstocks—implication for broodstock management. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(1), 38–46.
- Kucinski, M., Fopp-Bayat, D., Liszewski, T., Svinger, V. W., Lebeda, I., Kolman, R., 2015. Genetic analysis of four European huchen (*Hucho hucho* Linnaeus, 1758) broodstocks from Poland, Germany, Slovakia, and Ukraine: implication for conservation. *Journal of Applied Genetics*, 56, 469–480.
- Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., Lang, Š., 2013. Produkce lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu. Sborník příspěvků z odborného semináře Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu; Brno 12. prosince 2013, 20–28.

- MO SRZ Orlov. Online. HLAVÁTKA PODUNAJSKÁ (*Hucho hucho*), 2023. Dostupné z: <https://www.mosrzorlov.sk>. [cit. 2024-05-02].
- MO SRZ Orlov. Online. Zarybnenie revírov v MO SRZ v Orlove v roku 2021, 2021. Dostupné z: <https://www.mosrzorlov.sk>. [cit. 2024-05-02].
- Mořický, J., Tomášek, O., Chalupa, P., Ptáček, R., 2023. Situační a výhledová zpráva, Ryby. Ministerstvo zemědělství, 43 s.
- Pokorný, J. 1990. Chov pstruha duhového v klecích. VÚRH Vodňany, Edice metodik, č. 36.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V., 1998. Pstruhařství. Druhé, přepracované vydání. Praha: Informatorium, 242 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Svačina, P., 2015. Metody a postupy využívané v intenzivní akvakultuře. In: Velišek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z., (eds.): Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1. – 2. září 2015, 62 – 77.
- Polícar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018b. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 170, 9, 33–34.
- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2013. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik 73 (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 141, 18 s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Bondarenko, V., Pěnka, T., 2021c. Optimalizace reprodukce a chovu plůdku štiky obecné (*Esox lucius* L.) pro vysazování do volných vod. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 194: 66 s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018a. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 169, 8 s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Pěnka, T., Kolářová, J., 2021a. Optimalizovaná reprodukce a efektivní chov candáta obecného (*Sander lucioperca*) zajišťující produkci kvalitního násadového materiálu. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 187: 66 s.

- Polícar, T., Lepič, P., Pěnka, T., Hájíček, J., Šetlíková I., 2021b. Chov a reprodukce parmy obecné (*Barbus barbus*) pro produkci násadových ryb. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 193: 62 s.
- Polícar, T., Schaefer, F., Panana, E., Meyer S., Teerlinck S., Toner, D., Žarski, D., 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology – Tackling bottlenecks. *Aquaculture International*, 27: 1151–1174.
- Randák, T., Žlábek, V., Turek, J., Velíšek, J., Kolářová, J., 2011. Využití pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) pro účely ekotoxikologického monitoringu kvality vody. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 111, 6–7.
- Simonović, P., Nikolić, V., Tošić, A., Marić, S., 2011. Length-weight relationship in adult huchen *Hucho hucho* (L., 1758) from Drina River, Serbia. *Biologia*, 66(1), 156–159.
- Teletchea, F., Fontaine, P., 2014. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish and fisheries*, 15(2), 181–195.
- Warrer-Hansen, I., 2015. A brief history of RAS. *Fish Farmer*, 38, 22–25.
- Witkowski, A., Bajić, A., Treer, T., Hegediš, A., Marić, S., Šprem, N., Piria, M., Kapusta, A., 2013b. Past and present of and perspectives for the Danube huchen, *Hucho hucho* (L.), in the Danube basin. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3), 129–142.
- Witkowski, A., Goryczko, K., Kowalewski, M., 2013a. The history of huchen, *Hucho hucho* (L.), in Poland—distribution, restoration and conservation. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3), 161–168.
- Zhang, H., Ding, Q., Wang, A., Liu, Y., Teame, T., Ran, C., Yang, Y., He, S., Zhou, W., Olsen, R.E., Zhang, Z., 2020. Effects of dietary sodium acetate on food intake, weight gain, intestinal digestive enzyme activities, energy metabolism and gut microbiota in cultured fish: Zebrafish as a model. *Aquaculture*, 523, 735188 s.

8. Seznam obrázků, tabulek a grafů

OBR. 1: NEJVĚTŠÍ HLAVATKA PODUNAJSKÁ (<i>HUCHO HUCHO</i>) Z EXPERIMENTU (FOTO: V. KUČERA, ÚPRAVA FOTO: M. MAREŠ)	14
OBR. 2: PSTRUH DUHOVÝ (<i>ONCORHYNCHUS MYKISS</i>) ULOVENÝ NA RYBNÍCE BAGR (FOTO: M. MAREŠ).....	17
OBR. 3: ODCHOVNÉ NÁDRŽE POUŽITÉ PŘI EXPERIMENTU (FOTO: M. MAREŠ)	25
OBR. 4: pH METR POUŽÍVANÝ PŘI EXPERIMENTU (FOTO: M. MAREŠ).....	26
OBR. 5: OXYMETR POUŽÍVANÝ PŘI EXPERIMENTU (FOTO: M. MAREŠ).....	27
TAB. 1: NUTRIČNÍ SLOŽENÍ PLOVOUCÍHO KRMIVA SKRETTING EUROPA 15 F (5 MM).....	28
TAB. 2: PRŮMĚRNÉ FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ PARAMETRY VODY V PRŮBĚHU EXPERIMENTU	30
TAB. 3: SROVNÁNÍ FULTONOVA KONDIČNÍHO KOEFICIENTU A KOEFICIENTU TĚLESNÉ HMOTNOSTI NA ZAČÁTKU A NA KONCI EXPERIMENTU U JEDNOTLIVÝCH SKUPIN	38
TAB. 4: SOUHRN PRODUKČNÍCH UKAZATELŮ	40
TAB. 5: SROVNÁNÍ ORGANOSOMATICKÝCH INDEXŮ NA ZAČÁTKU A NA KONCI EXPERIMENTU U JEDNOTLIVÝCH SKUPIN.....	40
GRAF 1: PROCENTUÁLNÍ PŘEŽITÍ RYB V JEDNOTLIVÝCH SKUPINÁCH ZA CELÝ EXPERIMENT	35
GRAF 2: SROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ CELKOVÉ DÉLKY RYB NA ZAČÁTKU A NA KONCI EXPERIMENTU.....	36
GRAF 3: SROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ STANDARDNÍ DÉLKY TĚLA RYB NA ZAČÁTKU A NA KONCI EXPERIMENTU.....	36
GRAF 4: SROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ KUSOVÉ HMOTNOSTI RYB NA ZAČÁTKU A NA KONCI EXPERIMENTU.....	37

9. Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi intenzivního chovu hlavatky podunajské v RAS, a také se zabývá kombinací chovu hlavatky podunajské se pstruhem duhový. Ryby byly rozděleny do třech skupin, kdy každá skupina byla odchovávána ve třech nádržích. První skupina byla monokultura hlavatky podunajské, kde bylo do každé nádrže nasazeno 160 ks hlavatky o průměrné hmotnosti $432,37 \pm 116,01$ g. Druhá skupina byla monokultura pstruha duhového, kde bylo do každé nádrže nasazeno 160 ks pstruha duhového o průměrné hmotnosti $253,27 \pm 61,77$ g. Třetí skupina byla bikultura hlavatky podunajské se pstruhem duhovým, kde do každé nádrže bylo nasazeno 80 ks pstruha, o průměrné hmotnosti $250,74 \pm 61,91$ g, a 80 ks hlavatky, o průměrné hmotnosti $435,04 \pm 119,29$ g. Experiment probíhal 84 dní při průměrné teplotě $17,43 \pm 0,51^\circ\text{C}$ (7:00) a $17,16 \pm 0,56^\circ\text{C}$ (15:00), kontrolní přelovení a převážení se dělalo vždy po 28 dnech. Na začátku a na konci experimentu byla provedena pitva deseti kusů ryb od každého druhu a z každé skupiny, pro výpočet organosomatických indexů, a bylo provedeno biometrické měření, kdy se zjišťovala celková délka ryb (TL), standardní délka těla ryb (SL) a hmotnost ryb (BW). Po skončení experimentu došlo na vyhodnocení produkčních ukazatelů (TL, SL, BW, FC, SGR, FCR, CV_{BW} , WG, FE a SR) a vyhodnocení organosomatických indexů (SSI, HSI, IPF a GSI). Ve všech produkčních ukazatelích dosahoval pstruh duhový v obou způsobech chovu výrazně lepších hodnot než hlavatka podunajská. Pstruh duhový v bikultuře dominoval, efektivněji využíval předkládané krmivo na úkor hlavatky podunajské, protože byl agresivnější a aktivnější při krmení. Dle výsledků organosomatických indexů opět nejlépe prosperoval pstruh duhový v obou způsobech chovu. U indexu intraperitoneálního tuku (IPF) byl markantní rozdíl mezi hlavatkou a pstruhem duhovým v bikultuře. Hlavatka podunajská v bikultuře dosáhla lepšího výsledku než pstruh duhový pouze u gonadosomatického indexu. U obou druhů byl rozdíl u slezinosomatického indexu (SSI). Hodnota SSI byla nejvyšší u hlavatky podunajské v monokultuře, což poukazuje na to, že hlavatka podunajská v bikultuře byla více omezena na zdroj potravy.

Klíčová slova: hlavatka podunajská, pstruh duhový, RAS, intenzivní akvakultura, bikultura, produkční ukazatele

10. Abstract

This bachelor's thesis deals with the possibilities of breeding Danube salmon in the RAS, and also deals with the combination of breeding Danube salmon with rainbow trout. The fish were divided into three groups, with each group reared in three tanks. The first group was a monoculture of Danube salmon, where 160 Danube salmon with an average weight of 432.37 ± 116.01 g were put into each tank. The second group was a monoculture of rainbow trout, where 160 rainbow trout with an average weight of 253 ± 61.77 g were put into each tank. The third group was a biculture of Danube salmon with rainbow trout, where 80 trout with an average weight of 250.74 ± 61.91 g and 80 Danube salmon with an average weight of 435.04 ± 119.29 g were placed in each tank. The experiment lasted 84 days at an average temperature of $17.43 \pm 0.51^\circ\text{C}$ (7:00) and $17.16 \pm 0.56^\circ\text{C}$ (15:00), control refishing and re-weighing was done every 28 days. At the beginning and at the end of the experiment, several pieces of fish from each group were dissected to calculate organosomatic indices, and biometric measurements were made, where the total body length of the fish (TL), the standard body length of the fish (SL) and the weight of the fish (BW) were determined. After the end of the experiment, the production markers (TL, SL, BW, FC, CV_{BW} , SGR, FCR, WG, FE and SR) and organosomatic indices (SSI, HSI, IPF and GSI) were evaluated. In all production markers rainbow trout achieved significantly better values than Danube salmon in both farming methods. Rainbow trout dominated the biculture, using the presented feed more efficiently at the expense of the Danube salmon, as it was more aggressive and active during feeding. According to the results of the organosomatic indices, once again rainbow trout prospered best in both methods of farming. There was a marked difference in the index of intraperitoneal fat (IPF) between Danube salmon and rainbow trout in biculture. The Danube salmon in biculture achieved a better result than the rainbow trout only for the gonadosomatic index. There was a difference in the spleenosomatic index (SSI) for both species. The SSI value was highest in the Danube salmon in the monoculture, which indicates that the Danube salmon in the biculture was more limited in its food source.

Keywords: Danube salmon, rainbow trout, RAS, intensive aquaculture, biculture, production markers