

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybnářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický

Diplomová práce

**Porovnání přežití, růstu a celkové efektivity chovu u
juvenilních ryb amura bílého (*Ctenopharyngodon
idella*) v průběhu přezimování v rybnících a RAS**

Autor: Bc. Petr Pecher

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Křišťan, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybnářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2016

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů

V Českých Budějovicích dne 6. 5. 2016

.....
Bc. Petr Pecher

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Křišťanovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při řešení diplomové práce.

Dále mé poděkování patří doc. Ing. Tomáši Polícarovi, Ph.D. za poskytnutou pomoc při realizaci pokusů a jeho průběhu. Dále bych chtěl poděkovat všem pracovníkům FROV JČÚ, kteří mi pomohli s pracemi ohledně mé diplomové práce.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybářství a ochrany vod
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr PECHER**
Osobní číslo: **V13N017P**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Porovnání přežití, růstu a celkové efektivity chovu u juvenilních ryb amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) v průběhu přezimování v rybnících a RAS**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Z á s a d y p r o v ý p r a c o v á n í :

Chov doplňkových (vedlejších) druhů ryb je významnou součástí českého rybníkářství. Býložravé druhy ryb významně doplňují druhové složení obsádek a zvyšují produkci rybníků. Při současných možnostech chovu ryb se amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) rovněž dostává do popředí zájmu o chov v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS), a to zejména díky nízkým nárokům na kvalitu vody a díky dobrým přírůstkům při příjmu umělých krmiv. Cílem práce bude porovnat průběh přezimování v rybnících a v RAS, vyhodnotit hlavní ukazatele jako je přežití a růst a porovnat celkovou efektivitu přezimování v rybnících a v RAS. Dalším z cílů v rámci RAS bude porovnání dvou teplotních režimů v závislosti na růstu jedinců.

Rozsah grafických prací: podle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury: viz příloha

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Křišťan, Ph.D.
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Datum zadání diplomové práce: 14. února 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015


prof. Ing. Otomar Línhart, DrSc.
děkan

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


doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2014

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- Baruš, V., Oliva, O., 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichtheis) 2., Academia, Praha, 698 s.
- Berka, R., 1973. Chov býložravých ryb / literární rešerše. Vodňany, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 93 s.
- Cai, X., Luo, L., Xue, M., Wu, X., Zhan, W., 2005. Growth performance, body composition and phosphorus availability of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as affected by diet processing and replacement of fishmeal by detoxified castor bean meal, *Aquaculture Nutrition* 11, 293-299 s.)
- Cui, Y., Chen, S., Wang, S., 1994. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., *Aquaculture* 123, 95-107 s.
- Hartman, P., 1986. Chov býložravých ryb. Praha: Vydavatelství ÚNM, 19 s.
- Kilambi, R. V., 1980. Food consumption, growth and survival of grass carp *Ctenopharyngodon idella* Val at four salinities. *Journal of Fish Biology*. 17, 6, 613-618 s.
- Kilambi, R. V., Galloway, ML., 1985. Temperature preference and tolerance of hybrid carp (female grass carp, *Ctenopharyngodon idella* x male bighead, *Aristichthys-nobilis*) *Environmental Biology of Fishes*
- Kilambi, R. V., Robison, WR., 2006, Effects of temperature and stocking density on food consumption and growth of grass carp *Ctenopharyngodon idella*, Val. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1979.tb03614.x, *Journal of Fish Biology*, 337-342 s.
- Krupauer, V., 1974. Zásady chovu amura bílého v rybnících. Praha: Ústav vědeckotechn. informací, Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe; Sv. V-4, 24 s.
- Zrostlík, J., 2010. Možnosti uplatnění nových technologií v chovu amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*), bakalářská práce, České Budějovice, 47 s.

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární přehled.....	11
2.1. Systematické zařazení	11
2.2. Původ a rozšíření.....	11
2.3. Význam.....	12
2.4. Produkce amura bílého	14
2.5. Popis a stavba těla.....	15
2.6. Reprodukce amura bílého	16
2.5.1. Umělý výtěr	17
2.7. Odchov plůdku	18
2.7.1. Odchov plůdku v monokultuře	19
2.7.2. Odchov plůdku ve speciálních zařízeních.....	21
2.8. Přezimování ryb	22
2.8.1. Vlivy působící na přezimování ryb.....	23
2.9. Recirkulační akvakulturní systémy	24
3. Materiál a metodika	26
3.1. Materiál	26
3.1.1. Místo pokusu.....	26
3.1.2. Experimentální ryby	26
3.1.3. Anestetický roztok.....	27
3.1.4. Dezinfekce ryb.....	27
3.1.5. Krmivo	27
3.2. Metodika	27
3.2.1. Odchov v průběhu přezimování v rybnících.....	28
3.2.1.1. Vysazení ryb a odchov v rybnících	28
3.2.1.2. Výlovy ryb z rybníků	30
3.2.2. Odchov v průběhu přezimování v RAS	31
3.2.2.1. Popis recirkulačního systému.....	31
3.2.2.2. Teplota vody a množství rozpuštěného kyslíku a pH v RAS	31
3.2.2.3. Stanovení krmné dávky a aplikace krmiv	32
3.2.2.4. Odchov amurů v RAS při různých teplotách vody.....	32
3.3.3. Produkční ukazatele použité ke zhodnocení dat	33

3.3.3.1. Kumulativní přežití amurů bílých za celý pokus (%).....	33
3.3.3.2. Průměrná kusová hmotnost odchovávaných ryb (g)	33
3.3.3.3. Celková délka těla ryb (TL)	33
3.3.3.4. Standardní délka těla (SL)	34
3.3.3.5. Fultonův koeficient (FK)	34
3.3.3.6. SGR Specifická rychlost růstu (%*d ⁻¹).....	34
3.3.3.7. FCR Koeficient konverze krmiva.....	34
4. Výsledky	36
4.1. Chov v rybnících	36
4.1.1. Přežití ryb	36
4.1.2. Biometrické ukazatele.....	37
4.1.2.1. Celková délka těla (TL) a standardní délka těla (SL).....	37
4.1.2.2. Hmotnost ryb	37
4.1.3. Specifická rychlost růstu (SGR – Specific growth rate)	38
4.1.4. Fultonův koeficient (FK)	39
4.1.5. Souhrnné výsledky odchovu amura bílého v rybnících.....	39
4.2. Chov v RAS.....	41
4.2.1. Přežití ryb	41
4.2.2. Biometrické ukazatele.....	42
4.2.2.1. Celková délka (TL) a standardní délka těla (SL).....	42
4.2.2.2. Hmotnost ryb	42
4.2.3. Specifická rychlost růstu (SGR – Specific growth rate)	43
4.2.4. Fultonův koeficient (FK)	43
4.2.5. Koeficient konverze krmiva (FCR)	43
4.2.6. Souhrnné výsledky odchovu amura bílého v RAS	44
4.3. Porovnání mezi rybníky a RAS.....	44
5. Diskuze	46
6. Závěr.....	51
7. Seznam použité literatury	52
8. Seznam použitých zkratek.....	58
9. Abstrakt.....	59
10. Abstract.....	60

1. Úvod

Amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) je na našem území nepůvodním druhem. Import do České republiky byl realizován z Ruska v roce 1961 ve formě váčkového plůdku na VÚRH ve Vodňanech (Krupauer 1971). Postupem času se amur bílý dále introdukoval do dalších 40 zemí světa (Pípalová, 2006; FAO, 2015). Jedním z důvodů importu amura na naše území byl ten, že jako býložravá ryba využívá primární produkci rybníka. Od své aklimatizace je hojně vysazován v polykulturních obsádkách s kaprem. Využívá se jako biomeliátor makrofyt (Murphy a kol., 2002; Dibble a Kovalenko, 2009). Amur bílý je řazen mezi teplomilné druhy ryb. V našich podmínkách nedochází k přirozenému výtěru a jeho odchov závisí na umělém výtěru. Chov je vhodný v teplejších oblastech, kde lze dosáhnout podobných přírůstků jako u kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Při správném stanovení obsádek rybníků je možné navýšení přirozené produkce a snížení rozvoje makrofyt.

Amur je dobře prodejný jak na českém trhu, tak na zahraničním trhu. V posledních letech je hojně vysazován do rybářských revírů za účelem sportovního rybolovu, a to díky jeho bojovnosti. Český rybářský svaz uvedl, že v roce 2014 bylo lovem ryb na udici vyloveno přes 75 tun amura bílého. Produkce býložravých ryb Rybářského sdružení České republiky za rok 2014 byla 779 tun. FAO (2015) uvádí, že světová produkce amura bílého v roce 2013 byla 5,23 mil. tun.

Do budoucnosti můžeme předpokládat nárůst poptávky po amurovi zejména pro jeho vyšší výtěžnost, specifickou chuť masa a příznivou cenu (Brožová, 2005; Lin a kol., 2016). Ve sportovním rybolovu se stále zvyšuje poptávka po násadovém materiálu amura bílého pro vysazování do volných vod.

V současné době se ve střední Evropě potýkáme s problémem nízké produkce juvenilních ryb amura bílého z důvodu nízkého přežití jedinců během jejich prvního přezimování (David a kol., 2006). Dalším velkým problémem při odchovu amurů jsou rybožraví predátoři (Adámek a kol., 2007). Na našem území se odchov amurů provádí

v polykulturních obsádkách s kaprem. V monokultuře je amur chován pouze jako rychlený plůdek.

V posledních letech se však amur dostává na přední pozice chovu v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS) díky svému vysokému přírůstku, nenáročnosti na kvalitu vody a jeho ochotě přijímat umělá krmiva. Velmi oblíbenou metodou odchovu je právě kombinace chovu juvenilních jedinců v RAS a v rybnících (Policar a kol., 2013).

Cílem této diplomové práce bylo porovnat průběh přezimování, vyhodnotit hlavní ukazatele jako je přežití, růst a porovnat celkovou efektivitu přezimování v rybnících a v RAS. Dalším z cílů v rámci RAS bylo porovnání dvou teplotních režimů, kdy byl vyhodnocen vliv teploty na růst, kondici, přežití a konverzi krmiva u juvenilních ryb amura bílého.

2. Literární přehled

2.1. Systematické zařazení

Amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) popsal v roce 1844 jako první Valenciennes. Jeho systematické zařazení je následující:

Říše : *Animalia* – živičichové

Kmen : *Chordata* – strunatci

Podkmen : *Vertebrata* – obratlovci

Třída : *Osteichties* – ryby

Nadřád : *Teleostei* – kostnatí

Řád : *Cypriniformes* – máloostní

Čeleď: *Cyprinidae* – kaprovití

Rod: *Ctenopharyngodon* - amur

Druh: *Ctenopharyngodon idella* – amur bílý

Řád máloostní obsahuje šest čeledí, 321 rodů a přes 3000 druhů ryb (Baruš a Oliva, 1995).

2.2. Původ a rozšíření

Původní domovinou amura bílého je Čína (jezero Tungling, Hunan) (Baruš a Oliva, 1995). V Rusku je rozšířen v povodí řeky Amur. V dnešní době je ho možné nalézt téměř po celém světě díky úspěšnému zvládnutí technologie umělé reprodukce. V padesátých letech byl hojně vysazován do zemí bývalého SSSR, Maďarska, Polska, SRN, Bulharska, Holandska, Dánska, Anglie, Japonska, Indie, Pákistánu, na Novém Zélandu, v Sýrii, Súdánu a v Egyptě (Krupauer 1968; Baruš a Oliva, 1995). Během svého života podniká amur potravní migrace do vegetací zarostlých míst a též do brakických

vod Azovského a Aralského jezera. Do těchto regionů se dostává díky své toleranci na salinitu vody o 11 – 12 ‰. Dále vykazuje odolnost vůči poklesu obsahu rozpuštěného kyslíku a zakalení vody. Snáší i velmi nízké hodnoty rozpuštěného kyslíku vody 0,5 – 0,9 mg.l⁻¹.

Do bývalého Československa byl poprvé dovezen v roce 1961 na Třeboňsko ve formě plůdku (Baruš a Oliva, 1995). Po úspěšné aklimatizaci v našich podmínkách je amur hojně chován jako doplňkový druh ryb a dále vysazován do volných vod zejména na jižní Moravě (Lusk a Krčál., 1983). V devadesátých letech se chov amura spolu s chovem tolstolobika a tolstolobce dostává na přední pozice v roční produkci doplňkových druhů ryb (Hartman, 1987).

2.3. Význam

Amur bílý je v rybnících chován jako doplňkový druh, hlavním významem jeho chovu v rybnících je potlačovat rozvoj makrovegetace její konzumací, tím přispívá ke zvýšení přirozené produkce rybníka. Amur je řazen mezi biomeliorátory (Murphy a kol., 2002; Pípalová, 2006; Dibble a Kovalenko, 2009; Pípalová a kol., 2009).

Amur bílý je využíván k biologické melioraci v rybnících, vodojemech, jezerech a údolních nádržích, kde vodní porosty komplikují obhospodařování. Takto zarostlé nádrže zhoršují rybám vyhledávání přirozené potravy, volný pohyb, atd. Největším problémem většího výskytu makrovegetace je přispívání narušení neutralizační kapacity vody. Jednou z možností na odstranění makrovegetace je její vysekávání a kompostování, to je časově náročný proces s potřebou lidské práce. Tento postup likvidace je poměrně nákladný a neefektivní, proto se využívá chemických prostředků. Potřeba na lidské práce výrazně klesne, avšak náklady spojené s nákupem herbicidů je stále na vysoké úrovni (Krupauer, 1989).

Z rybářského hlediska mají velký význam býložravé druhy ryb, které jsou schopny konzumovat vodní vegetaci. Jejich meliorační funkce se nesmí nijak nadhodnocovat. Výsledek není okamžitý, ale dostavuje se s určitým zpožděním. Dále je schopnost redukce makrovegetace amurem bílým limitována kvantitou a druhovou

skladbou porostů, teplotními poměry a věkem obsádky. Značná výběrovost makrovegetace u amura bílého je ovlivňována především teplotou vody, hustotou obsádky a věkem ryb. Krupauer (1974) dospěl k závěru, že k zabezpečení dobrého melioračního efektu je nutné dodržet potřebnou obsádku amura bílého. Potřebná obsádka amura k dosažení melioračního efektu je uvedena v tabulce č.1.

Tab. č. 1: Obsádka potřebná k dosažení melioračního efektu (Krupauer, 1974).

Věk ryb	Hmotnost (g)	Obsádka (ks . ha ⁻¹)
Ab₁	10 - 20	1800 - 2000
Ab₂	300	750
Ab₃	900	250
Ab₄	1400	150

Příjem předložené vodní vegetace ochutnávají vždy jen někteří jedinci amura bílého z hejna, kteří se pozvolna přibližují ke krmivu. V zápětí se vracejí a začleňují zpět do hejna. Dlouhá sousta amuři vsunou do tlamy a požerákovými zuby je drtí a ukusují.

Amur bílý při příkrmováním vegetací upřednostňuje druhy, mezi které patří obiloviny jako je ječmen setý (*Hordeum vulgare*), oves setý (*Avena sativa*), pšenice setá (*Triticum aestivum*) a žito seté (*Secale cereale*). Úspěšně likvidují obiloviny v první polovině vegetačního období rostlin před tím, než dojde k prosychání listů, kdy dochází k odkousnutí klasů, které plavou nevyužité na hladině. Mezi další preferovanou vegetaci patří vojtěška setá (*Medicago sativa*), jetel luční (*Trifolium pratense*) (Krupauer, 1989).

Vaněk (2011) využívá k příkrmování vojtěšku setou pro násadový materiál amura v jednorázové dávce 50 kg po dobu 5 měsíců, docílil tak navýšení hektarové produkce i statistických rozdílů celkové délky a hmotnosti ryb oproti rybám bez příkrmování. Z několika vědeckých prací je prokázán vliv amura bílého na regulaci makrovegetace ve vodním prostředí. Pípalová a kol., (2009) uvádí, že amur bílý o obsádce 29 kg . ha⁻¹ zredukoval biomasu ze 109 g . m⁻³ na 33 g . m⁻³. Amur bílý při nižším zastoupení 5 %

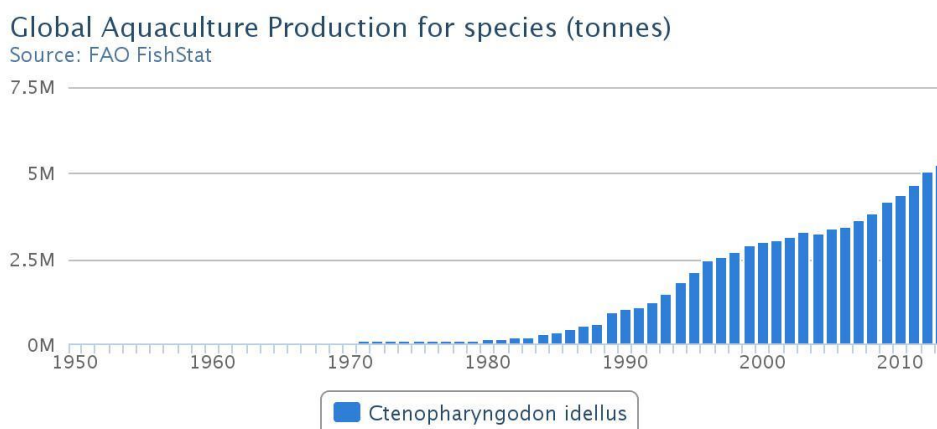
z obsádky v polykultuře s kaprem obecným vykazuje dobrou regulaci makrofyt. V polykulturních obsádkách s kaprem obecným při intenzifikačním odchovu se zvýšila produkce z ha až o 92 kg s omezením rozvoje makrofyt (Janeček a kol., 1985).

Urbánek (1988) testoval predační tlak plůdku amura bílého na předkládaná makrofyta (obilné klíčky, okřehek menší, a nastříhané listy hyacintu) v kontrolovaných podmínkách v akváriích o objemu 250 l. Nejlepších výsledků dosáhl při předkládání okřehekku menšího (*Lemna minor*).

Ve sportovním rybolovu je čím dál více upřednostňován díky své bojovnosti při lovu ryb na udici a konzumní kvalitě masa (Dubský a kol., 2003).

2.4. Produkce amura bílého

Amur je dobře prodejný jak na českém trhu, tak na zahraničním trhu. Český rybářský svaz uvedl, že v roce 2014 ho bylo lovem ryb na udici vyloveno přes 75 tun. Produkce býložravých ryb rybářského sdružení České republiky za rok 2014 byla 779 tun. FAO (2015) uvádí, že jeho světová produkce se stále zvyšuje. V roce 1950 činila světová produkce pouze 10 527 tun, vzestupnou tendencí chovu amura bílého se produkce v roce 2002 zvýšila až na 3 572 825 tun. Každým rokem jeho produkce roste o 10,1 % a v Číně o 9,9 % v roce 2013 už byla světová produkce 5,23 mil. tun. V grafu č. 1 je přehledně uvedena světová produkce amura bílého.



Graf. č. 1: Světová produkce amura bílého (FAO, 2015).

2.5. Popis a stavba těla

Amur je hejnová ryba nevíce se podobající jelci tloušti (*Leuciscus cephalus*). Je velmi plachý a při vyrušení vyskakuje vysoko nad hladinu (Krupauer, 1989). Má protáhlé, mírně ze stran zploštělé válcovité tělo pokryté velkými, pevně přisedlými cykloidními šupinami. Na hlavě má ploché čelo, oči jsou posazené nízko, blízko polospodních úst. Duhovka očí má zlatavou barvu. Barva těla závisí na vegetačním období a na věku ryby, kdy ve vegetačním období převládá světlejší zbarvení boků a olivově zbarvený hřbet oproti mimovegetačnímu období, kdy se prosazuje zlatavé zbarvení boků. V prvním roce života převládá světlejší zbarvení. Se stoupajícím věkem se tělo pigmentuje a na těle se vytváří výrazné barevné odstíny u oblasti hřbetní a břišní partie. Spodní část čelisti je velmi pigmentována. Skřele a hřbetní ploutev jsou žlutozelené, prsní ploutve žlutošedé, břišní světlé, řitní a ocasní ploutev je hnědozelená. Výstelka peritonea je načernalá (Baruš a Oliva, 1995). Je známá zlatá mutace amura (Dubský a kol., 2003). Na obrázku č. 1 je zobrazen juvenilní jedinec amura bílého.

Pohlavní dimorfismus je výrazný v předvýtěrovém období, kdy mají jikernačky objemnější břišní partii. Mlíčáci mají v mimovýtěrovém období zdrsňelé prsní ploutve. Amur bílý nejčastěji obývá vodní sloupec, kdy se během roku vyskytuje v dolních úsecích řek a v zimním období obývá hluboké tůně, kde přezimuje. Nejvyšší pohybová a potravní aktivita je u amura pozorována při teplotě vody 20 – 28 °C (Baruš a Oliva, 1995). Po aklimatizaci dovozem do podmínek v České republice se ukázalo, že mu vyhovují údolní nádrže, rybníky, zavlažovací kanály a jezera.



Obr. č. 1: Juvenilní jedinec amura bílého (foto P. Pecher).

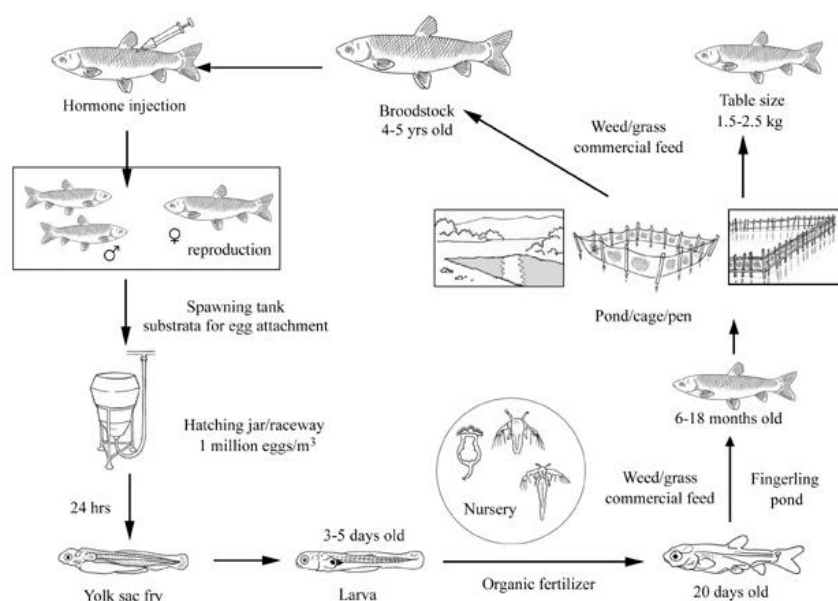
2.6. Reprodukce amura bílého

V podmínkách České republiky dospívá mezi 6. až 8. rokem života při dosažení celkové délky těla 65 až 75 cm. Jikernačky dospívají zpravidla o 1 až 2 roky déle než mlíčáci (Krupauer, 1989). Reprodukční cyklus je vyobrazen na obrázku č. 2.

Přirozená reprodukce amura bílého probíhá při teplotě vody od 20 do 25 °C, a to v období od poloviny května do konce června. V podmínkách České republiky dosud nebyl zaznamenán jeho přirozený výtěr. Absolutní plodnost jikernaček se pohybuje mezi hodnotami 10 tisíc – 2 miliony ks jiker a je závislá na hmotnosti, věku generačních ryb na podmínkách chovu. Relativní plodnost jikernaček je 60 – 80 tisíc ks jiker na 1 kg živé hmotnosti ryb. Amur bílý je pelagofilním druhem. Ovocyty jsou šedavé barvy, jsou nelepivé, silně bobtnavé a vznášejí se ve vodním sloupci. Nadlehčování jiker je způsobeno vyšším obsahem tuku, který tvoří až 8,5 % ovocytu. Před nabobtnáním mají ovocyty velikost v průměru 1 mm a po nabobtnání 3,5 – 5 mm. Inkubační doba je poměrně krátká a pohybuje se v rozmezí 25 – 30 d°.

Mlíčáci tohoto druhu se vyznačují tzv. porcovým výtěrem. Objem spermatu při přirozeném výtěru kolísá mezi hodnotami od 0,2 do 1,5 ml a po hypofyzárních injekcích se tento objem zvyšuje na 3 – 5 ml. Hustota spermií se pohybuje v rozmezí 22,7 – 56,8 milionu spermií na 1 mm³. Pohyblivost spermií po styku s aktivačním roztokem trvá asi 53 sekund při teplotě 17,5 °C a při teplotě 29 °C klesá na hodnotu zhruba 15 sekund.

Čerstvě vykulené embryo amura bílého ihned plave a jeho délka je 5 mm. Na vnější výživu přechází 6. – 7. den po vykulení (Dubský a kol., 2003).



Obr. č. 2: Reprodukční cyklus amura bílého (FAO, 2015).

2.5.1. Umělý výtěr

První pokusy o řízenou reprodukci amura bílého se prováděly Dubraviovou metodou, která se u nás označuje jako poloumělý výtěr. Generační ryby stimulované roztokem hypofýzy byly vysazeny do malých výtěrových rybníčků, kde následně probíhal přirozený výtěr. Oplozené jikry byly odlovovány do speciálních lapačů tvořené hustou síťovinou a umístěných před výpustí rybníčků. Následná inkubace jiker probíhala v lahvových aparátech. Nicméně neefektivita této metody z důvodu vysokého poškození jiker, nižší oplozenosti a pracnosti dala podnět pro vypracování technologie umělé reprodukce, která se v současnosti běžně používá. Generační ryby získáváme z matečních komor a jejich odlov organizujeme od konce dubna až do poloviny května. Umělý výtěr zahajujeme v závislosti na počasí obvykle v první polovině června. K načasování umělého výtěru využíváme metodu tzv. hypofyzace (Krupauer, 1989). Hypofyzace jikernaček je v dávce 3 – 4 mg hypofýzy na 1 kilogram živé hmotnosti jikernačky. Umělý výtěr probíhá podobně jako je tomu u kapra. Jikernačky jsou vytírány suchou metodou. Na osemenění 1 kg jiker je potřeba přibližně 4 – 5 ml mlíčí. Jikry a mlíčí opatrně promícháme a smísíme s čistou rybniční vodou. Jelikož oplozené jikry amura bílého jsou

nelepivé tak nehrozí nebezpečí jejich shlukování. Přibližně po dvou minutách vodu slijeme a nahradíme čerstvou vodou. Nejpozději deset minut po oplození, jikry přemístíme do inkubačních aparátů. V tomto období je možné pozorovat výraznou bobtnavost jiker. To je období, kdy se oplozené jikry stávají velmi citlivé zejména na mechanické otřesy, a proto je nutné veškerou manipulaci s nimi provádět s nejvyšší šetrností.

Při vkládání jiker do inkubačních přístrojů musíme mít na paměti, že zde dochází k hlavnímu bobtnání. Tudiž aparáty plníme pouze do 1/5 jejich objemu. Inkubační doba je velmi krátká a trvá pouze 17 – 33 hodin v závislosti na teplotě vody. Samotné kulení plůdku trvá nejčastěji 1 – 3 hodiny a pouze ve vzácných případech se prodlužuje až na 12 hodin. Po vykulení larvy pasivně leží na dně aparátu a po kratší době se zvedají k hladině, odkud jsou odplavovány do středového žlabu a dále do sběrné nádrže (Dubský a kol., 2003).

2.7. Odchov plůdku

V celé technologii chovu amura bílého patří odchov plůdku k nejkritičtějšímu období. Jakákoliv manipulace, převoz, nasazení ryb do nového prostředí jsou často spojeny s rozdílnými fyzikálně chemickými vlastnostmi vody, kterým se tento mimořádně citlivý plůdek nedovede přizpůsobit. Dochází tak k vysokým ztrátám, které velmi často překračují únosnou hospodářskou mez (Krupauer, 1989). Z praktických zkušeností vyplývají především tyto kritické faktory. Prvním faktorem komplikující odchov plůdku je vzniklý teplotní šok při nasazení váčkového plůdku, který pochází z líhni, kde teplota vody pro reprodukci je (22 – 26 °C). Nejkritičtější teplotou vody se vyznačuje teplota vody pod 16 °C, při této teplotě dochází téměř ke 100% úhynům. Druhým limitujícím faktorem je množství velikostně optimální potravy ve formě zooplanktonu (Hartman a Regenda, 2014). Bezpodmínečně je důležité zajistit dostatek vířníků o hustotě minimálně 1 000 ks . l⁻¹ a zamezit rozvoj dravých forem buchanek. Takto potřebné množství přirozené potravy lze zajistit napuštěním rybníků nejdéle

3 – 5 dní před vysazením ryb do rybníků. Dalším z negativních vlivů na odchov plůdku jsou dravé larvy hmyzu, dravé formy buchaneček, atd. Posledním z negativních faktorů je kolísání chemismu vody v rybnících zejména kolísání hodnot pH a nízký obsah kyslíku pod hodnoty $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Krupauer, 1989). Dále je třeba ochránit přítok vody do rybníků a zamezit tak vniknutí dravých druhů ryb do rybníku (Čítek a kol., 1998).

Pro vlastní odchov plůdku lze využít více metod odvozených od chovu plůdku kapra. Váčekový plůdek amura bílého lze odchovávat těmito metodami:

- V monokultuře v plůdkových výtažnicích bez přelovení nebo s jedním přelovením v průběhu vegetačního období.
- V polykultuře s kaprem K_r v plůdkových výtažnicích.
- Ve speciálních zařízeních.

2.7.1. Odchov plůdku v monokultuře

Při odchovu plůdku amura bílého lze využít i malé plůdkové výtažníky s rozlohou i pod 1 ha. V produkčním rybníkářství se za normálních podmínek chová podstatně menší množství plůdku amura bílého oproti kapru obecnému a proto lze využít i malé rybníky, manipulační rybníky či sádky. Rybník určený k odchovu plůdku musí mít tzv. „vodu v ruce“. Plůdkové výtažníky pro plůdek amura bílého lze připravovat obdobně jako pro kapra obecného. Napouštění rybníků se realizuje vždy 3 – 5 dní před vysazením ryb. Tímto rychlým natečením vody do rybníků lze předejít rozvoji dravých forem buchaneček. V minulosti se předcházelo přemnožení dravých forem zooplanktonu tím, že se do vody aplikoval přípravek Soldep v dávce $10 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, a to 5 – 10 dní před vysazením ryb. Nynější legislativa ovšem neumožňuje použití těchto pesticidů k podobným účelům (Svobodová a Faina, 1984). Při dochovu plůdku bez přelovení se nasazuje $50 - 80 \text{ tis. ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výlov rybníků lze provádět na podzim, lepší je však provádět výlov na jaře, kdy se loví plůdek o hmotnosti $5 - 20 \text{ g}$, ztráty obvykle činí $30 - 70 \%$. Produkce z 1 ha dosahuje $250 - 300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Krupauer, 1974).

Lepší metodou odchovu plůdku amura je odchov v monokultuře s přelovením. Optimální obsádka váčkového plůdku je 300 tis. ks . ha⁻¹ (Krupauer, 1989). Po vysazení váčkového plůdku o hustotě obsádky 1 – 2,5 mil. ks . ha⁻¹ se po několika dnech od vysazení přistupuje k příkrmování plůdku, tím se prodlouží délka odchovu ryb. Na konci odchovu při výlovu lze pozorovat rychlený plůdek v lepší kondici, který dosahuje větší velikosti (Čítek a kol., 1998). Příkrmování je možné provádět např. suspenzí ze sójové mouky tzv. sójové mléko. Další možností příkrmování je sušené mléko, vařený žloutek ze slepičích vajec nebo použití startérových směsí. Příkrmování se v prvním týdnu odchovu aplikuje 2 – 3 krát denně, kdy na 100 tis. ks váčkového plůdku se spotřebovává 2 kg krmiv ve formě suspenze, která se rozstříkuje na hladinu v příbřežních partiích blízko přítoku vody do rybníku. Dávka krmiv se postupně zvyšuje až na 10 kg . den⁻¹ pro 100 tis. ks plůdku. Při příkrmování musí z přijímaného krmiva tvořit alespoň 30 % přirozená potrava z rybníka (Čítek a kol., 1998). Odchov ve výtažníku I. řádu je ukončen po 3 – 5 týdnech s ohledem na vývoj přirozené potravy v rybníce. Výlov rychleného plůdku amura bílého o velikosti 2 – 4 cm se realizuje pod hrází rybníka do speciální odlovní bedny. Ztráty během odchovu dosahují 40 – 70 % v lepších případech ztráty tvoří pouze 20 %. Rychlený plůdek je často vysazován do plůdkových výtažníků II. řádu v kombinaci všech tří druhů býložravých ryb v množství 100 – 150 tis. ks . ha⁻¹. Výlov plůdku z výtažníku II. řádu je vhodné provádět na jaře (Hartman a Regenda, 2014).

Odchov plůdku v polykultuře je méně využívaným způsobem odchovu plůdku amura bílého. V polykultuře se váčkový plůdek amura bílého přisazuje ke kapru obecnému o stáří 4 – 6 týdnů do plůdkových výtažníků o hustotě obsádky 10 – 30 tis. ks .ha⁻¹. Problémem této metody odchovu je absence přirozené potravy pro amura, kterou zkonsumoval během odchovu kapr obecný. Jedná se tedy o metodu extenzivní s nejistým výsledkem, kdy hodnota přežití dosahuje pouze 10 – 20 % i méně. Jednou s možností je vysazení váčkového plůdku o hustotě obsádky 15 – 20 tis. ks . ha⁻¹ jako první a po 3 – 4 týdnech odchovu přisazení rychleného plůdku kapra obecného o hustotě obsádky 15 tis. ks . ha⁻¹. Tento způsob odchovu je využíván v Polsku s přisazováním kapra obecného a amura juvenilního na úrovni 50 – 100 % do plůdkového

výtažníku I. a II. řádu. Ztráty dosahují hodnot 30 – 40 %. Poměr mezi přírůstkem je 4 : 1 ve prospěch kapra obecného (Čítek a kol., 1998).

Füllner a kol. (2007) doporučují v Německu společný odchov váčkového plůdku býložravých ryb dohromady s váčkovým plůdkem kapra obecného dle úživnosti rybníku hustotu obsádky váčkového plůdku 140 – 160 tis. ks . ha⁻¹ v poměru 40 % kapra obecného, 30 % tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix*). 15 % amura bílého a 15 % tolstolobce pestrého (*Hypophthalmichthys nobilis*). Všechny zde uvedené druhy se vysazují v co nejkratším časovém úseku. Průměrné ztráty dosahují 80 %. V případě nasazení rychleného plůdku ve stejném druhovém složení lze zachovat poměr nasazení. Hustota obsádky se sníží na 70 – 80 tis. ks. ha⁻¹. Při velikosti amura bílého 4 - 5 cm lze přikrmovat řezankou z travních porostů či polních plodin. Krmí se na hladinu do předem připravených ráků, do kterých se vkládá krmení pro ryby. Na 1 ha se staví 3 – 4 krmné ráky o ploše 4m². Docílíme tím snížení spotřeby obilných šrotů či krmných směsí určených převážně pro kapra obecného. Při zarůstání makrovegetací lze přisadit násadu amura bílého o obsádce 50 kg . ha⁻¹ (Füllner a kol., 2007).

2.7.2. Odchov plůdku ve speciálních zařízeních

Odchov plůdku ve speciálních zařízeních se převážně využívá pro odchov počáteční odchov a odkrm. Mezi odchovné nádrže lze zařadit odchovné žlaby, bazény nebo klece s oteplenou vodou. Obsádka váčkového plůdku na počátku odchovu se pohybuje 100 – 400 ks . l⁻¹. Množství ryb se postupně snižuje až na 50 – 100 ks . l⁻¹ po 10 dnech a po 20 dnech se obsádka sníží na 25 – 50 ks . l⁻¹. Prvních pět dní odchovu v kontrolovaných podmínkách se váčkový plůdek intenzivně krmí tříděným zooplanktonem o velikosti do 200 µm s krmnou dávkou 200 – 400 % z hmotnosti obsádky. Mezi 6. – 14. dnem je velikost předkládané potravy 300 µm s krmnou dávkou 100 – 150 % z hmotnosti obsádky. Další možností krmení je použití startérových krmných směsí. Denní krmná dávka se aplikuje v 10 – 15 dávkách přičemž k hladovění, ke kterému dochází během noci, by nemělo při teplotě vody nad 25 °C trvat déle jak

8 hodin (Čítek a kol., 1998). Rozkrmený plůdek je možné dále odchovávat v monokultuře o hustotě obsádky 25 – 50 tis. ks . ha⁻¹ při ztrátách 20 – 40 % během odchovu do podzimního výlovu (Dubský, 1998). V posledních letech se v provozních podmínkách začínají prosazovat recirkulační systémy pro odchov raných stádií ryb, počáteční rozkrm je z hlediska zooveterinárních důvodů vyřešen artemií (*Artemia salina*).

Dalším z vhodných metod odchovu plůdku amura bílého je využití RAS, ve který se ryby krmí intenzivně za použití krmných směsí. Amur bílý je vhodná ryba k chovu na oteplené vodě, ve které dosahuje velkých přírůstků (Zrostlík, 2010).

2.8. Přezimování ryb

Hlavním úkolem přezimování je bezpečné přechovávání ryb během zimního období. V rybářské terminologii je nazýváno komorováním ryb. Komorování patří k nejkritičtějším obdobím v životě teplomilných druhů ryb odchovávaných v mírném klimatu. Ryby jsou vystaveny stresům z několika důvodů. Jedním z důvodů je dlouhodobé působení nízkých teplot, při kterém dochází ke snižování látkové přeměny, ryby nepřijímají potravu a hladovějí. Při komorování je důležité respektovat požadavky jednotlivých druhů či věkových kategorií ryb na prostředí. Největší pozornost je potřeba věnovat komorování plůdku ryb, který je nejcitlivější ke zhoršení podmínek prostředí. Při přezimování u plůdku jsou zaznamenávány nejvyšší ztráty. Přezimování starších jedinců ryb je méně náročné z důvodu větší odolnosti ryb vůči prostředí. Ryby se v zimě ukládají ke dnu do předem vytlučených lóží zbavených sedimentu. Ryby kromě dravých ryb sniží svou rychlost metabolismu, která odpovídá zimnímu spánku. Během přezimování by neměla být obsádka ryb rušena vlivy z vnějšího prostředí (Hartman a Regenda, 2014).

V posledních letech se častěji využívají zařízení, ve kterém lze upravovat teplotu vody, kvalitu vody, atd. Díky tomu jsou ryby pod neustálou kontrolou. V těchto řízených podmínkách chovu nedochází k vysokým ztrátám úhynem ani hmotnostním ztrátám vylehčením a odstraňuje se také sezónnost chovu (Čítek a kol., 1998).

2.8.1 Vlivy působící na přezimování ryb

Pro správné komorování ryb jsou důležité komorové rybníky, které mají splňovat předpoklady pro welfare ryb. Jsou to hlubší, nezabahněné rybníky. Komorové rybníky se rozdělují na plůdkové komory, komorové rybníky pro násady, matečné komory pro generační ryby a zvláštní komorové rybníky pro doplňkové druhy ryb. Plocha komorových rybníků dosahuje 50 % z celkové rybníční plochy. Pro správné přezimování ryb se na podzim rybníky řádně ošetřují, provádí se odborné práce ke zlepšení prostředí v průběhu přezimování. Vysečení a zkompostování porostů, dalším z úkonů je vyvápnění na neutralizační kapacitu ($\text{KNK}_{4,5} = 2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$), ošetření obtokové stoky a zabezpečení hradítek k odklonění přívalových vod při tání sněhu (Hartman a Regenda, 2014). Napájení komorového rybníku má být zajištěno kvalitním a stálým zdrojem vody v průběhu celého zimního období. Vydatnost přítoku by měla být alespoň $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Čítek a kol., (1998) uvádí dostačující přítok vody na hodnotu $5 - 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při vyšším průtoku je nebezpečí zvednutí ryb. Hartman a Regenda, (2014) uvádí, že aplikace chlorového vápna v dávkách $10 - 35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zajistí pokles abundance bakterioplanktonu až o dva řády, snížení obsahu organických látek a zlepšení kyslíkové bilance. Kvalita vody je jedním z nejdůležitějších faktorů pro dobrý průběh komorování ryb. Obsah kyslíku nesmí poklesnout pod 60 % nasycení. Při poklesu kyslíku pod 30 % nastává riziko zvednutí obsádky ryb a hledání prostředí s vyšším obsahem kyslíku. $\text{KNK}_{4,5}$ by neměla klesnout pod $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, optimální pH je v rozmezí od 6,8 – 8,2, obsah volných iontů NH_3 je nejlépe nulový až do hodnot $0,02 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, obsah oxidu uhličitého do $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Každý rybník určený ke komorování ryb by měl být exponován slunečnímu záření. Pro fotosyntetickou asimilaci fytoplanktonem a vyššími rostlinami jako zdroje kyslíku ve vodě je důležitá péče o komorové rybníky. Při zamrznutí vodní hladiny je nutné instalovat rozmrazovače či aerátory k otevření hladiny tam, kde to není možné lze provádět prořezávání či prosekávání tzv. oken či prohlubní pro odvětrání bahenních plynů z vody, nebo alespoň odhrnování sněhu z ledového pokryvu vodní hladiny, který zajistí průnik slunečních paprsků a zajištění fotosyntézy rostlin. Dalším z negativních faktorů působících na kvalitu komorování ryb je zdravotní stav ryb. Vzhledem k tomu, že většina komorovaných ryb kromě dravců v České republice během zimního období (to je od

120 – 150 dní) nepřijímají potravu. Je důležité nasazovat ryby ve výborné kondici s dostatečným zdrojem energetických tělních zásob. Proto Jirásek a kol. (2005) doporučují na konci vegetačního období přikrmovat obsádku ryb krmivem s nižším obsahem proteinu (20 – 22 %) a obsahem tuku 10 – 12 %. Posledním negativním vlivem je přítomnost rybožravých predátorů, mezi které lze zařadit: vydru říční (*Lutra lutra*), norka amerického (*Neovison vison*), kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo sinensis*), volavku popelavou (*Ardea cinerea*), volavku bílou (*Ardea alba*), ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*), čápa černého (*Ciconia nigra*) a racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus*). Tito vyjmenovaní jedinci svou přítomností v rybníce vytváří stresové situace u ryb a následným sekundárním onemocněním na základě oslabení metabolismu. Největší ztráty jsou způsobeny požíváním ryb a poté přítomností rybožravých predátorů v prostředí rybníků. Při lovu ryb rybožravými predátory dochází ke zvednutí ryb z lóží, kde ryby zimují. Při poranění ryb rybožravými predátory dochází k poškození rybiho těla, což může vést ke snížení pohyblivosti, zhoršení fyzické kondice, napadení parazity nebo mikroorganismy a následným úhynem ryb. (Kortan a Adámek, 2011).

2.9. Recirkulační akvakulturní systémy

Recirkulační akvakulturní systémy (RAS) jsou v současné době považovány za jednu z nevyspělejších technologií pro intenzivní chov ryb. Typickým znakem pro tyto systémy je vysoká produkce ryb a nízká spotřeba vody. Jednou z největších výhod těchto systému je optimalizace podmínek chovu, jako je teplota, chemismus, množství a složení předkládané potravy. Díky tomu, že RAS vyžadují pouze minimální nároky na doplňování čerstvé vody do systému, je možné používat podzemní či vodovodní vodu, čímž se eliminuje riziko přenosu nemocí z vnějšího prostředí. Pokud není možné zabezpečit kvalitní zdroj vody, je nutné zajistit předčištění a dezinfekci vody (ozonizace, UV záření). Při chovu ryb v těchto uzavřených systémech jsou ke krmení ryb nejčastěji využívány komplexní krmné směsi, které současně tvoří největší podíl provozních nákladů. Další bezspornou výhodou je také plná kontrola a regulovatelnost fyzikálně – chemických parametrů odchovného prostředí (Kouřil a kol., 2008). Naopak nevýhodou těchto systémů je značná investiční nákladnost, technická komplikovanost,

vysoké požadavky na kvalifikaci a spolehlivost personálu, spolehlivost dodávky elektrické energie a v některých případech vyšší provozní náklady, související s energetickou náročností (Timmons a kol., 2002).

Díky snadné kontrole kvality vody v chovných nádržích jako je teplota vody, nasycení kyslíkem, obsah sloučeniny dusíku a dalších se dají vytvořit optimální podmínky pro chov ryb tak, aby byly ryby co nejméně stresovány a vykazovaly dobrý růst (Bregnballe, 2010).

Teplota vody je rozhodujícím faktorem, který významně ovlivňuje biochemickou a chemickou reaktivitu. Dále je také klíčovým prvkem, který působí na biologickou aktivitu ryb. A to hlavně na intenzitu příjmu potravy, rychlost metabolických pochodů, spotřebu kyslíku a další (Pokorný a kol., 2003).

Dalším důležitým parametrem je hodnota pH vody. Hodnota pH vody výrazně ovlivňuje chemické a biochemické pochody a samo pH je také ovlivňováno řadou faktorů. Optimální interval pH vody pro ryby je 6,5 – 8,5 (Svobodová a kol., 1987). V RAS může také docházet k nebezpečnému poklesu pH v důsledku mineralizačních procesů při čištění. Proto by se hodnota pH v těchto systémech měla udržovat neutrální až mírně alkalické úrovni (Pokorný a kol., 2003).

Obsah rozpuštěného kyslíku je závislý především na teplotě vody, přičemž rozpustnost kyslíku stoupá se snižující se teplotou. To je opakem toho, co ryby potřebují pro svoji základní látkovou výměnu a dobrou konverzi krmiva, která je nejvyšší při vyšších teplotách (Timmons a kol., 2002). Ke spotřebě rozpuštěného kyslíku ve vodě dochází při mnoha biologických procesech, jako je aerobní rozklad organických látek, disimilace zelených organismů a respirace živočichů (Pitter, 2009). Velkým nebezpečím v RAS je kyslíkový deficit. K tomu může docházet zejména po předešlém krmení ryb a rozkladem nespotřebovaného krmiva. Na nedostatek kyslíku jsou citlivé všechny druhy a věkové kategorie ryb (Pokorný a kol., 2003).

3. Materiál a metodika

3.1. Materiál

3.1.1. Místo pokusu

Pokus chovu amura v RAS byl uskutečněn v experimentálním areálu FROV JČÚ ve Vodňanech, v období od 31.10.2013 do 25.3.2014. V areálu byly využity dva experimentální recirkulační systémy uvnitř budovy, každý o objemu 3m³.

K pokusu pro přezimování amura v rybnících byly využity rybníky Horažďovice 1 a Horažďovice 2 v areálu sádek v Horažďovicích patřící firmě Klatovské rybářství, a.s. Dále rybník Vodňany v areálu FROV JČÚ ve Vodňanech. Všechny rybníky jsou umístěné v oplocených areálech a jsou chráněny před vniknutím nežádoucích predátorů nebo cizích osob. Informace o poloze, nadmořské výšce a rozloze rybníků jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. č. 2: Podrobné informace o rybnících.

Rybník	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m.n.m)	GPS
Vodňany	0,15	398	49°9'22"N 14°9'51"E
Horažďovice 1	0,12	429	49°19'37"N 13°40'30"E
Horažďovice 2	0,13	429	49°19'35"N 13°40'31"E

3.1.2. Experimentální ryby

K pokusům bylo celkem použito 30 000 ks juvenilních amurů získaných z výtěrů v roce 2013 a následném odchovu v rybnících FROV JČÚ. Juvenilní amuři byli převezeni do areálu FROV JČÚ ve Vodňanech, odtud byl plůdek transportován a vysazován do dalších rybníků a RAS ve Vodňanech.

3.1.3. Anestetický roztok

Ryby použité pro biometrická měření byly umístěny do anestetického roztoku hřebíčkového oleje, který měl koncentraci $0,03 \text{ ml.l}^{-1}$ a sloužil ke znehybnění ryb v průběhu biometrických měření.

3.1.4. Dezinfekce ryb

Při nasazení a v průběhu odchovu se ryby preventivně koupaly proti zaplísnění v roztoku formaldehydu o koncentraci 2 ml na 100 l vody a roztoku NaCl o koncentraci $10 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ vody po dobu 30 minut.

3.1.5. Krmivo

Ke krmení amura v experimentálním systému bylo využito pouze granulované krmivo od firmy Biomar s označením INICIO plus o velikosti granule 1 mm s nutričním složením: dusíkaté látky 56 %, lipidy 18 %, sacharidy (NFE) 10,4 %, vláknina 0,3 %, popeloviny 10,2 %, celkový fosfor (P) 1,6 %, hrubá energie ($\text{MJ} \cdot \text{kcal}^{-1}$) 21,9/5238 a stravitelná energie ($\text{MJ} \cdot \text{kcal}^{-1}$). Složení krmiva: rybí moučka (LT 94+ speciální moučka), pšeničná moučka, rybí tuk, pšeničný lepek, vitamíny a minerály.

3.2. Metodika

Pokusy probíhaly od poloviny října 2013 do konce března 2014 v experimentálním odchovném zařízení v areálu FROV JČU ve Vodňanech a v areálu sádek Klatovského rybářství a.s. v Horažďovicích. Na podzim 2013 byli nasazeni juvenilní amuři do třech zemních rybníků a v následujícím roce na jaře vyloveni. Bylo zjištěno přežití amurů během prezimování, v rybnících a RAS, biometrické ukazatele a porovnány kondiční ukazatele.

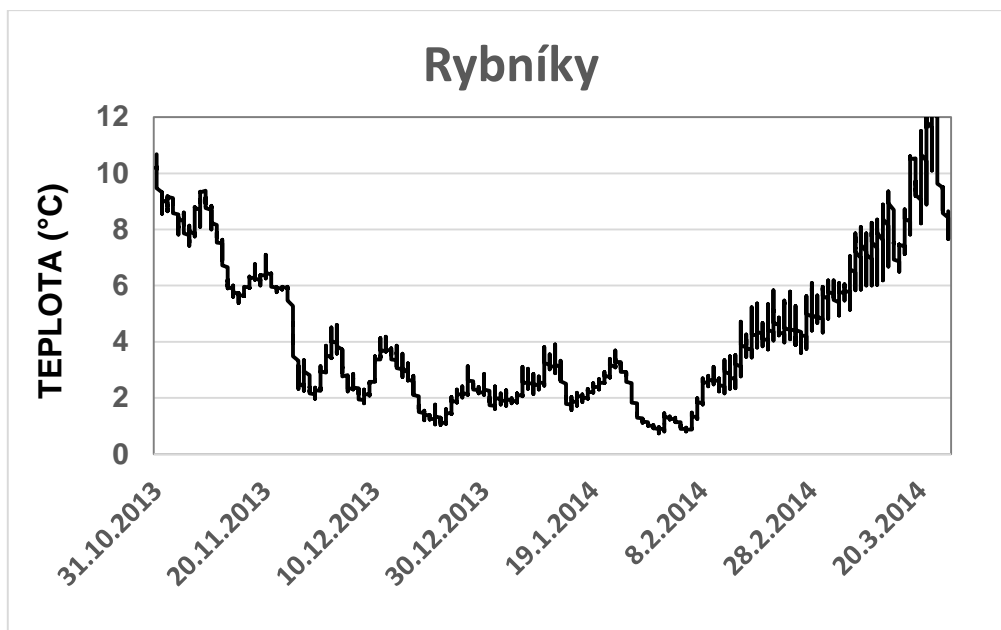
U dalšího pokusu v rámci RAS bylo porovnání dvou teplotních režimů vztažených na růst juvenilních amurů a přežití v průběhu přezimování. Oba tyto experimenty probíhaly současně.

3.2.1. Odchov v průběhu přezimování v rybnících

3.2.1.1. Vysazení ryb a odchov v rybnících

Juvenilní amuři byli vysazeni do rybníku ve Vodňanech, dále do dvou rybníků v Horažďovicích. Rybníky se nacházely v klidné části objektů. Přitékající voda byla zabezpečena z přílehlé napájecí stoky. Odtok zajišťoval dvouřadý požerák. V den pokusu byly na rybnících instalovány automatické teploměry Minikiut (Minikin T, Environmental Measuring Systems, Brno), které každou hodinu zaznamenávaly teplotu vody a umístily se nedaleko výpustního zařízení do hloubky přibližně 1 m. Každý týden se uskutečnila kontrola na rybníce, kterou provedli zaměstnanci FROV JČÚ, bylo kontrolováno výpustní zařízení, stav vody v rybníce a v neposlední řadě kontrola obsádky ryb, zda nedošlo k úhynům či k nějakému abnormálnímu chování ryb.

Teplota vody v rybníce ve Vodňanech se pohybovala od 0,74 °C do 13,03 °C, průměrná teplota vody byla 4,24 °C. V rybníce Horažďovice 1 byla v rozmezí od 0,22 °C do 13,57 °C, průměrná teplota vody činila 4,91 °C, v rybníce Horažďovice 2 teplota kolísala od 0,07 °C do 10,35 °C a průměrná teplota vody činila 3,84 °C. Teplota vody v rybnících je uvedena v grafu č. 2.



Graf. č. 2: Teplota vody v rybnících.

Na rybníku Vodňany, proběhlo nasazení ryb 14. 10. 2013. Celková hmotnost obsádky amura v rybníce Vodňany byla 16 kg a průměrná kusová hmotnost činila $3,16 \pm 1,09$ g. Tedy kusová obsádka byla 5 000 ks. Přepočteno na 1ha: $33\,300 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ o hmotnosti $105 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Do experimentálního rybníku Horažďovice 1 bylo nasazeno 5 000 ks ryb o celkové hmotnosti obsádky 17 kg s průměrnou kusovou hmotností $3,34 \pm 1,9$ g. Hustota obsádky na 1ha: $41\,600 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ o hmotnosti $139 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Do rybníku Horažďovice 2 se 6. 11. 2013 nasadilo 5 000 ks o průměrné kusové hmotnosti $2,96 \pm 0,6$ g. Obsádka ryb činila 15 kg s hustotou ryb $37\,700 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ o hmotnosti $112 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Při biometrickém měření vysazovaných ryb se měřila TL (celková délka těla), SL (délka těla), W (hmotnost ryb). Bylo vždy měřeno 33 ks náhodně vybraných ryb z každého rybníka. Měřením se zjistila průměrná, maximální, minimální délka ryb a hmotnost. Z rybníku Vodňany činila TL= 61,88 mm a SL= 50,51 mm. Minimální délka byla TL= 53,93 mm a SL= 43,47 mm a maximální TL= 69,83 mm a SL= 57,55 mm. Průměrná hmotnost byla 3,16 g, maximální 4,25 g a minimální 2,07 g. Z rybníka

Horažďovice 2 činila TL= 69,26 mm a SL= 59,18 mm. Minimální délka byla TL= 63,81 mm a SL= 53,6 mm a maximální TL= 74,71 mm a SL= 64,76 mm. Průměrná hmotnost byla $3,04 \pm 1,9$ g, maximální 5,9 g a minimální 2,3 g. Z rybníka č. 5 činila TL= 58,62 mm a SL= 47,05mm. Minimální délka byla TL= 54,14 mm a SL= 42,93 mm a maximální TL= 63,1 mm a SL= 51,17 mm. Průměrná hmotnost byla 2,96 g, maximální 4 g a minimální 1,5 g.

Tab. č. 3: Podrobné informace o nasazení ryb do rybníků.

Rybník	Vodňany	Horažďovice 1	Horažďovice 2
Datum vysazení	14.10.2013	31.10.2013	6.11.2013
Nasazeno Ab (ks)	5000	5000	5000
Nasazeno Ab (kg)	16	17	15
Průměrná hmotnost nasazených ryb (g)	$3,16 \pm 1,09$	$3,34 \pm 1,9$	$2,96 \pm 0,6$
TL (mm)	$61,88 \pm 7,95$	$69,26 \pm 5,45$	$58,62 \pm 4,48$
SL (mm)	$50,51 \pm 7,04$	$59,18 \pm 5,58$	$47,05 \pm 4,12$

3.2.1.2. Výlovy ryb z rybníků

Výlovy ryb ze třech rybníků se uskutečnily během dvou dnů. Výlov rybníků byl koncipován vždy pod hrází rybníka za použití podložní sítě s velikostí ok 4 x 4 mm, která byla obtočena na rouře výpustního zařízení tak, aby ryby, které „jdou s vodou“ neunikaly okolo sítě. Za pomoci několika kúlů, které navazovaly na podložní síť, bylo vytvořeno odchyťové zařízení na odtokové stoce z rybníka, kde byly ryby následně vyloveny za použití saků a rybářských vaniček. Po vylovení byly ryby přeneseny do přepravní bedny s kyslíkováním. Na vylovení těchto rybníků je třeba minimálně tří pracovníků. Jeden obsluhuje výpustní zařízení a kontroluje stav vody a ryb v rybníce, další dva, kteří vylovují ryby z podložní sítě a transportují ryby ve vaničkách s vodou do beden s kyslíkováním na předem připravený automobil (Stejskal a kol., 2009) a (Policar a kol., 2011). Vylovené ryby se převezly ve speciálních transportních nádržích (bednách) do experimentálního zařízení FROV JČU, kde za pomoci anestetik a dalších měřících pomůcek byla provedena biometrická měření.

3.2.2. Odchov v průběhu přezimování v RAS

3.2.2.1. Popis recirkulačního systému

Celkem byly využity dvě experimentální odchovná zařízení uvnitř budovy FROV JČÚ. Ryby se nasadily do 5 kruhových nádrží, každá o objemu 270 litrů. Každý RAS měl odlišnou teplotu. Ryby v RAS s označením nádrží č. 1 a č. 2 se chovaly při teplotě 18°C a při 21°C byly amuři odchováváni v nádržích č. 4, č. 5 a č. 6. Do každé nádrže se nasadilo 3 000 ks. Přítok čisté vody do systému byl zajištěn trubkou s regulátorem, trubka byla umístěna cca 10 cm nad vodní hladinou, tím docházelo k rovnoměrnému rozstříkávání přítokové vody o vodní hladinu a prokysličování vody v odchovných nádržích. V průběhu experimentu se množství přitékající vody pohybovalo v rozmezí 35 ± 5 l . min. Optimální množství kyslíku bylo zajištěno centrálním vzduchovým dmychadlem Secoh EL-S 250, které rozvádělo vzduch pomocí hadiček a vzduchovacích kamenů do všech nádrží. Vzduchovací kameny se uložily na dně nádrže. Odtok vody byl zabezpečen proti úniku ryb jemným sítím a byl umístěn ve střední části dna nádrže. Horní část nádrže byla překryta síťovinou o rozměrech ok 4 x 4 mm zamezující vyskočení ryb z nádrže. O pohyb vody v celém systému se staralo tlakové čerpadlo. Čištění vody bylo zajištěno mechanickou filtrací pomocí bubnového filtru BaseDrum 15/60 od německého výrobce Ratz Ltd. Biologická filtrace zajištěna airliftovým filtrem konstrukce FROV JČÚ a předfiltrem Nexus 310. Dezinfekci vody zajišťovaly UV lampy EVO 110. Amuři byli do systému nasazeni 31.10.2013 a odchov byl ukončen dne 25.3.2014. Délka odchovu v RAS trvala 146 dní. Objekt RAS byl obsluhován vyškolenými zaměstnanci FROV JČÚ, kteří každodenně kontrolovali kvalitu vody a zdravotní stav ryb v odchovných zařízeních.

3.2.2.2. Teplota vody a množství rozpuštěného kyslíku a pH v RAS

Během celého odchovu ryb v RAS byla každý den zaměstnanci FROV JČÚ vždy v 7:00 hod a v 15:00 hod měřena teplota vody (°C), množství rozpuštěného kyslíku ve vodě ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a hodnota pH. Průměrné hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku, teploty vody a pH naměřené v odchovných nádržích jsou uvedeny v Tab. č. 4.

Tab. č. 4: Fyzikálně - chemické vlastnosti vody v RAS.

Teplotní skupina	18°C	21°C
Teplota vody (°C)	17,9 ± 0,8	20,4 ± 0,2
O₂ (%)	103,5 ± 14,2	84,6 ± 6,3
pH	6.89 ± 0.35	6,94 ± 0,23

3.2.2.3. Stanovení krmné dávky a aplikace krmiv

Pro každou nádrž byla vypočtena individuální denní krmná dávka (DKD) peletovaného krmiva. Denní krmná dávka se vždy odvíjela od aktuální hmotnosti obsádky ryb v nádrži. Z počátku pokusu byla denní krmná dávka stanovena na 1 % a v průběhu pokusu se dle potřeby upravovala. Aplikace krmiv byla zajištěna ručním krmením obsluhou z řad zaměstnanců FROV JČÚ. Každodenní krmení ryb se provádělo během světelné části dne vždy od 7:00 do 19:00 hod (třikrát denně).

3.2.2.4. Odchov amurů v RAS při různých teplotách vody

Před začátkem pokusu bylo u každé odchovávané skupiny náhodně vybráno 33 ks jedinců, u kterých se provedla biometrická měření za pomoci digitální váhy KERN 440 - 49N s přesností na 0,1 g a biometrické destičky s přesností na 1 mm. Po nasazení do systému byla provedena kontrola zdravotního stavu a aplikována preventivní koupel proti povrchovému zaplísnění nebo napadení ektoparazity. Jako preventivní koupel se použil 36% formaldehyd o koncentraci 2 ml na 100 litrů vody. S formaldehydem byla dále aplikována NaCl o koncentraci 10 g . l po dobu 30 minut. Odchov amurů v RAS byl rozdělen do čtyř období vždy po cca 30 dnech. Po každém z těchto období byly jednotlivé nádrže vypuštěny, ryby přeloveny pomocí saku do předem připravených plastových rybářských vaniček s vodou. Při každém přelovení bylo odebráno 33 ks ryb, které byly vloženy do připraveného anestetického roztoku

hřebíčkového oleje. Zbylé ryby byly zváženy, spočítány a následně vráceny zpět do vyčištěných a napuštěných nádrží. U ryb v anestetickém roztoku byla zjištěna celková délka, délka těla, jejich hmotnost a přežití ryb. Po dokončení biometrického měření byli amuři umístěni do nádrže s čistou vodou, po určité době potřebné k odeznění účinků anestetik byly ryby opět vráceny do nádrží k ostatním jedincům. Pomocí provedení biometrických měření bylo možné vypočítat další produkční ukazatele, jako jsou: průměrná hmotnost, specifická rychlost růstu, Fultonův koeficient, krmný koeficient a denní krmnou dávku pro další období odchovu.

3.3.3. Produkční ukazatele použité ke zhodnocení dat

3.3.3.1. Kumulativní přežití amurů bílých za celý pokus (%)

Dle (Szczepkowski, 2009)

$$S = L_k L_p^{-1} \times 100 \%$$

L_k- počet ryb na konci experimentu

L_p- počet ryb na začátku experimentu

3.3.3.2. Průměrná kusová hmotnost odchovávaných ryb (g)

- u jednotlivých rybníků či nádrží se vždy po vylovení nebo přelovení ryb v nádrži provedlo měření zjišťující průměrnou kusovou hmotnost jedinců
- celková hmotnost obsádky v nádrži byla vydělena počtem ryb v nádrži

3.3.3.3. Celková délka těla ryb (TL)

Dle (Dubský a kol., 2003)

- celková délka těla ryby měřena od hrotu rypce až po konec ocasní ploutve v její přirozené poloze
- měřena v mm

3.3.3.4. Standardní délka těla (SL)

- standardní délka těla ryby je měřena od hrotu rypce až po konec ocasního násadce
- měřena v mm

3.3.3.5. Fultonův koeficient (FK)

Dle (Polícar a kol., 2007)

- koeficient určující kondiční stav ryb

$$FK = (W_t/TL^3)*100$$

W_t – hmotnost ryb při nasazení v g

TL - celková délka těla ryb v mm

3.3.3.6. SGR Specifická rychlost růstu (%*d⁻¹)

Dle (Stejskal a Kouřil, 2006)

- specifická rychlost růstu vyjadřuje denní přírůstek hmotnosti ryb vztažený k průměrné hmotnosti ryb za sledované období

$$SGR = 100 (\ln W_2 - \ln W_1) / t$$

W_1 - hmotnost počáteční

W_2 - hmotnost konečná

t - délka odchovu ve dnech

3.3.3.7. FCR Koeficient konverze krmiva

Dle (Stejskal a Kouřil, 2006)

- vyjadřuje množství spotřebovaného krmiva k dosažení jednoho kilogramu přírůstku

$$FCR = F/(W_t - W_0)$$

F - spotřeba krmiva ve sledovaném období

W_t - konečná hmotnost obsádky

W_0 – počáteční hmotnost obsádky

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno s pomocí programu Statistica 12 (StatSoft Inc., USA). Naměřené hodnoty pro přežití (S), Fultonův koeficient (FK) a specifickou rychlost růstu (SGR) vykazovaly normální rozdělení a pro vzájemné porovnání třech skupin byla použita analýza rozptylu (ANOVA, Tukey HSD test). Pro výpočet přežití ryb byla použita arcsinová transformace. V případě porovnání konverze krmiva (FCR) neměla data normální rozdělení a k porovnání rozdílů byl použit Kruskal- Wallisův test. Všechny testy byly provedeny s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky jsou uvedeny jako průměr \pm směrodatná odchylka.

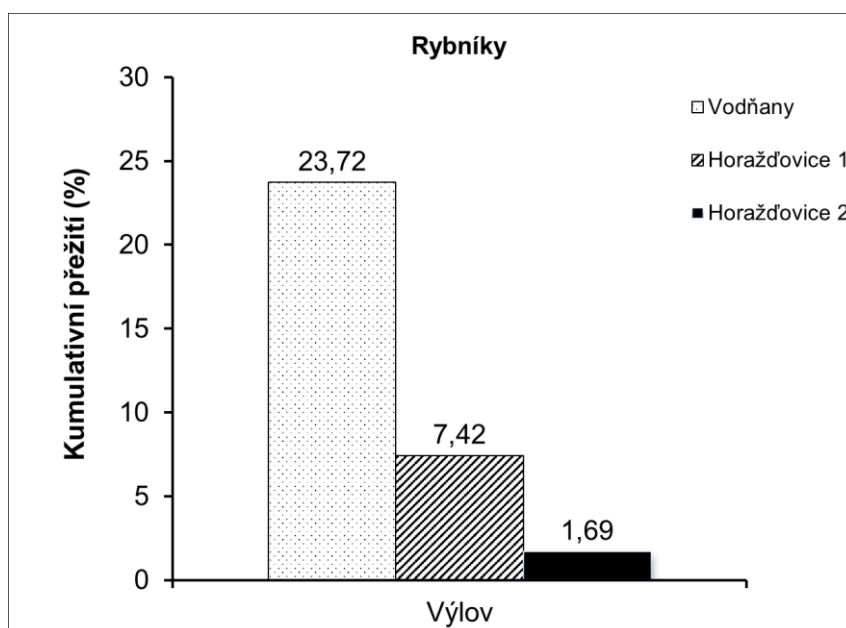
4. Výsledky

4.1. Chov v rybnících

4.1.1. Přežití ryb

Při výloveh rybníků, které proběhly 25. – 26. 3. 2014, bylo celkem vyloveno 1642 ks amura. Z rybníka Vodňany se vyloвило 1186 ks juvenilních jedinců amura bílého, z rybníka Horažďovice 1 bylo sloveno 371 ks a rybníka Horažďovice 2 pouze 85 ks.

Nejvyššího přežití bylo dosaženo v rybníce Vodňany a pohybovalo se na úrovni 23,72 % dále na rybníce Horažďovice 1 s hodnotou 7,42 % a nejnižšího přežití bylo dosaženo v rybníce Horažďovice 2 a to pouze 1,69 %. Přežití ryb v rybnících je znázorněno v grafu č. 3.



Graf. č. 3: Přežití ryb v rybnících.

4.1.2. Biometrické ukazatele

4.1.2.1. Celková délka těla (TL) a standardní délka těla (SL)

Průměrná TL a SL amurů bílých při nasazení do rybníků dosahovala hodnot: TL = 63,25 ± 5,96 mm, SL = 52,24 ± 5,58 mm.

Během odchovu juvenilních amurů v průběhu přezimování nebyl zaznamenán výrazný rozdíl mezi velikostmi ryb z jednotlivých rybníků, ryby byly vysazeny do rybníků se shodnými podmínkami pro chov ryb. Celková délka a standardní délka těla ryb po vylovení z rybníku Vodňany byla naměřena: TL = 62,97 ± 9,18 mm, SL = 53,80 ± 8,83 mm, z rybníku Horažďovice 1 TL = 71,71 ± 10,17 mm, SL = 59,03 ± 9,49 mm a z rybníku Horažďovice 2 TL = 59,42 ± 8,19 mm, SL = 48,68 ± 8,17 mm. Pro lepší názornost jsou naměřené hodnoty velikostí ryb uvedené v tabulce č. 5.

Tab. č. 5: Hodnoty TL a SL při nasazení a při výlovu ryb.

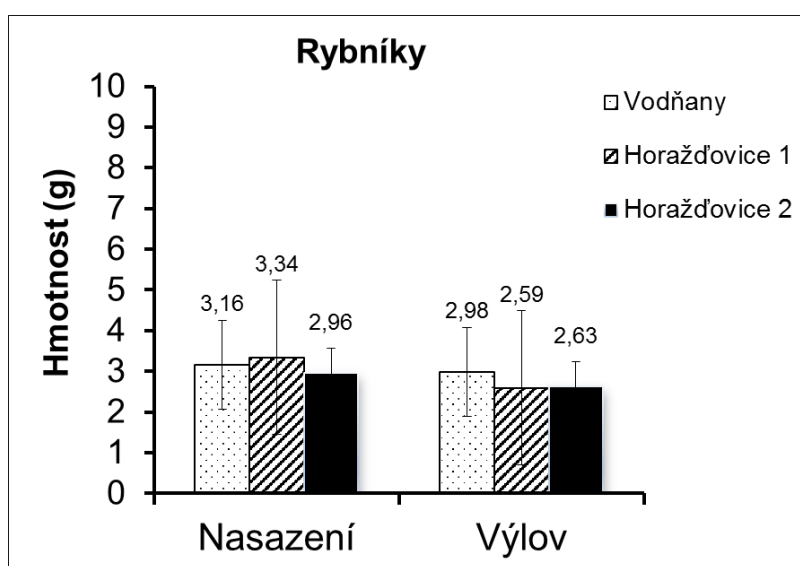
Pokusné rybníky	Vodňany		Horažďovice 1		Horažďovice 2	
	TL	SL	TL	SL	TL	SL
Délka těla při nasazení	61,88 ± 6,11	52,23 ± 5,48	69,26 ± 7,95	59,51 ± 7,04	58,62 ± 4,48	47,05 ± 4,12
Délka těla při výlovu	62,97 ± 9,18	53,80 ± 8,83	71,71 ± 10,17	59,03 ± 9,49	59,42 ± 8,19	48,68 ± 8,17

4.1.2.2. Hmotnost ryb

Počáteční kusová hmotnost ryb při nasazení byla 3,04 ± 1,90 g. Po vylovení ryb a provedených biometrických měřeních byl zjištěn pokles hmotnosti ryb na průměrnou kusovou hmotnost 2,57 ± 1,76 g. Ke snížení hmotnosti došlo z důvodu nízkých teplot

a absence příkrmování v průběhu zimního období. Ryby byly odkázány pouze na přirozenou potravu v rybníce.

Hmotnost ryb při vylovení v rybníce Vodňany: $W = 2,98 \pm 1,76$ g, v rybníce Horažďovice 1 $W = 2,12 \pm 1,59$ g a v rybníce Horažďovice 2 byla $W = 2,63 \pm 0,84$ g. Hmotnost ryb při nasazení a při výlovu uvádí graf č. 4.



Graf. č. 4: Kusová hmotnost ryb v rybnících.

4.1.3. Specifická rychlost růstu (SGR – Specific growth rate)

SGR během celé délky pokusu byla negativní, došlo ke ztrátě hmotnosti, která negativně ovlivnila hodnoty specifické rychlosti růstu. Během zimního období bylo u ryb zaznamenáno vyláčení ryb a téměř zastavení růstu ryb. Nejnižší SGR byla zaznamenána u ryb v rybníce Vodňany, a to s hodnotou $SGR = -0,04 \% \cdot d^{-1}$, dále u ryb v rybníce Horažďovice 2 s $SGR = -0,08 \% \cdot d^{-1}$ a v rybníce Horažďovice 1 byla $SGR = -0,17 \% \cdot d^{-1}$. SGR ryb odchovávaných v rybnících je uvedena v tabulce č. 6.

4.1.4. Fultonův koeficient (FK)

FK měřený před vysazením ryb do rybníků dosahoval průměrné hodnoty $1,28 \pm 0,25$. Tyto naměřené hodnoty značí relativně dobrý kondiční stav ryb. Po vylovení ryb z rybníků byl pozorován pokles hodnot FK, průměrná hodnota dosahovala $1,05 \pm 0,30$. Průměrné hodnoty FK naměřené na všech experimentálních rybnících jsou uvedeny v tabulce č. 6.

4.1.5. Souhrnné výsledky odchovu amura bílého v rybnících

Souhrnné výsledky produkčních ukazatelů v porovnání na začátku a na konci odchovu amura bílého v rybnících jsou uvedeny v tabulce č. 6. Rozdíly v produkčních ukazatelích mezi jednotlivými experimentálními rybníky nebyly statisticky signifikantní ($p \geq 0,05$).

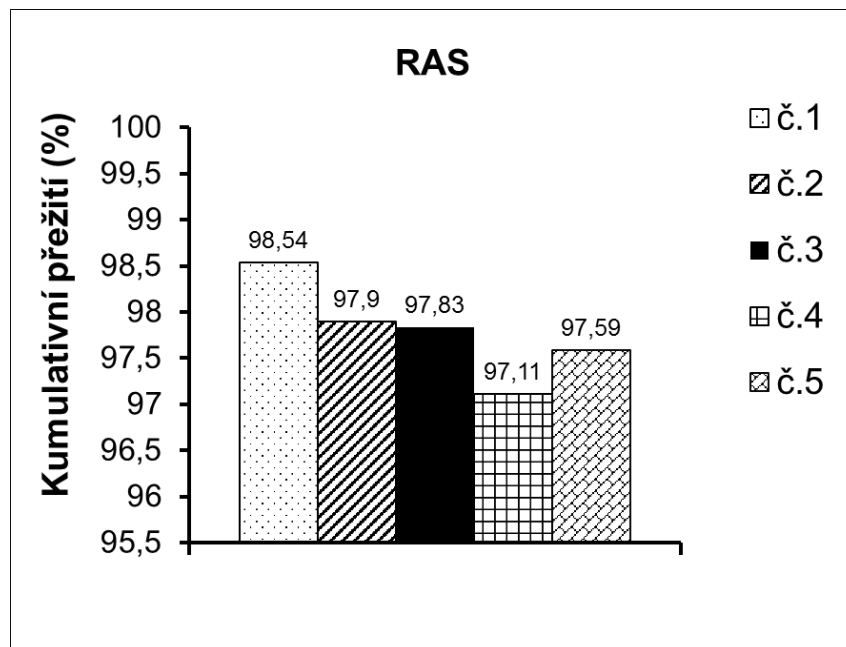
Tab. č. 6: Sumární data odchovu ryb v rybnících

Rybník	Přežití (%)	Délka těla (mm)		Hmotnost (g)		SGR (% . den ⁻¹)	FK	
	Výlov	Nasazení	Výlov	Nasazení	Výlov	Výlov	Nasazení	Výlov
Vodňany	23,72	61,88 ± 6,11	62,97 ± 9,18	3,16 ± 1,09	2,98 ± 1,76	-0,04	1,34	1,2
Horažďovice 1	7,42	69,26 ± 7,95	71,71 ± 10,17	3,34 ± 1,90	2,59 ± 1,59	-0,17	1,01	0,7
Horažďovice 2	1,69	58,62 ± 4,48	59,42 ± 8,19	2,96 ± 0,6	2,63 ± 0,84	-0,08	1,5	1,25

4.2. Chov v RAS

4.2.1. Přežití ryb

Při odchovu juvenilních amurů bílých v RAS s teplotou vody 18 °C a 21 °C nebyly pozorovány rozdílné hodnoty kumulativního přežití. Průměrná hodnota přežití ryb byla vypočtena na $97,79 \pm 0,51$ %. Nejvyššího přežití bylo dosaženo v nádrži č. 1 s hodnotou 98,53 %. Naopak nejvyšší mortalita ryb byla zaznamenána u ryb v nádrži č. 4 s teplotou vody 21 °C s hodnotou kumulativního přežití 97,1 %. Mortalita ryb během experimentu byla rovnoměrná a nevykazovala žádné extrémní hodnoty na začátku ani na konci experimentu. U skupiny ryb chovaných při teplotě 18 °C uhynulo celkem 107 ks jedinců ze všech odchovných nádrží, kdy kumulativní přežití dosahovalo hodnoty $98,22 \pm 0,45$ %. U skupiny, ve které byli amuři chováni při teplotě vody 21 °C celkem uhynulo 224 ks amurů s hodnotou kumulativního přežití $97,51 \pm 0,36$ %. Kumulativní přežití u jednotlivých teplotních skupin uvádí graf č. 5.



Graf č. 5: Kumulativní přežití amura bílého odchovávaného v RAS.

4.2.2. Biometrické ukazatele

4.2.2.1. Celková délka (TL) a standardní délka těla (SL)

Délka těla ryb na začátku experimentu vykazovala průměrných hodnot $TL = 59,27 \pm 2,08$ mm a $SL = 49,05 \pm 3,97$ mm. Nejvyšších hodnot TL bylo dosaženo u amurů chovaných při teplotě $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ s $TL = 72,46 \pm 5,22$ mm a $SL = 58,86 \pm 4,45$ mm. Naopak nejnižší hodnoty vykazovaly ryby chované při teplotě $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $TL = 66,04 \pm 2,92$ mm a $SL = 54,28 \pm 2,56$ mm. Průměrné hodnoty délky nasazených a vylovených ryb chovaných v různých teplotních podmínkách jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. č. 7: Průměrná délka těla při nasazení a výlovu v jednotlivých teplotních skupinách.

Teplotní skupiny	18 °C		21 °C	
	TL	SL	TL	SL
Délka těla při nasazení	$60,85 \pm 0,64$	$50,27 \pm 0,83$	$58,22 \pm 2,08$	$48,24 \pm 1,73$
Délka těla při výlovu	$66,04 \pm 2,92$	$54,28 \pm 2,56$	$72,46 \pm 5,22$	$58,86 \pm 4,45$

4.2.2.2. Hmotnost ryb

Průměrná kusová hmotnost ryb nasazených do nádrží byla $2,29 \pm 0,24$ g. Průměrná hmotnost vylovených ryb na konci pokusu odchovávaných při teplotě $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla $5,51 \pm 1,05$ g. Nejvyššího hmotnostního přírůstku bylo zaznamenáno u ryb v nádrži č. 5 a to s kusovou hmotností jedinců $5,85 \pm 0,93$ g. Naopak nejnižšího dosaženého přírůstku v této teplotní skupině vykazovaly ryby z nádrže č. 4 s hmotností $4,83 \pm 1,02$ g.

U ryb odchovávaných při teplotě vody $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ bylo dosaženo průměrné kusové hmotnosti $4,23 \pm 1,04$ g. Nejvyššího přírůstků v této skupině měly ryby v nádrži č. 1 s kusovou hmotností $4,61 \pm 1,03$ g a nejnižších přírůstků vykazovaly ryby z nádrže č. 2 s hodnotou hmotnosti jedinců $3,86 \pm 1,05$ g. Průměrnou kusovou hmotnost ryb v jednotlivých teplotních skupinách uvádí tabulka č. 8.

Biomasa ryb v nádrži na konci experimentu při teplotě vody 18 °C byla $47,97 \pm 4,91 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$ a $47,36 \pm 0,92 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$ u ryb chovaných při teplotě 21 °C.

4.2.3. Specifická rychlost růstu (SGR – Specific growth rate)

Specifická rychlost růstu byla u ryb odchovávaných při teplotě 21 °C prokazatelně nejvyšší. U této skupiny vykazovala hodnota SGR $0,56 \pm 0,12 \% \cdot \text{d}^{-1}$. Nejnižších hodnot SGR bylo naměřeno u skupiny ryb odchovávaných při teplotě vody 18 °C. Hodnota SGR byla $0,40 \pm 0,15 \% \cdot \text{d}^{-1}$.

Nejvyšší SGR bylo dosaženo v nádrži č. 5 s teplotou vody 21 °C a hodnotou SGR $0,66 \% \cdot \text{d}^{-1}$. Naopak nejnižší specifická rychlost růstu byla zaznamenána v nádrži č. 2 s teplotou vody 18 °C a hodnotou SGR $0,29 \% \cdot \text{d}^{-1}$.

4.2.4. Fultonův koeficient (FK)

U hodnot FK označující kondiční stav ryb nebyl zaznamenán markantní rozdíl mezi měřeními u ryb z jednotlivých teplotních skupin. Hodnoty vykazovaly příznivé hodnoty po celou dobu pokusu. Dobrý kondiční stav byl patrný pouhým pohledem na vylovené ryby. Hodnota FK u ryb chovaných při 18 °C byla na konci pokusu $1,46 \pm 0,01$ a u ryb při teplotě vody 21 °C byl FK $1,37 \pm 0,16$. Hodnoty FK jsou uvedeny v tabulce č. 8.

4.2.5. Koeficient konverze krmiva (FCR)

FCR za celé období pokusu u skupiny ryb odchovávaných při 18 °C byl naměřen s průměrnou hodnotou $1,21 \pm 0,11$. Nejnižší hodnota FCR byla u této skupiny ryb naměřena v nádrži č. 1 s hodnotou FCR 1,13. Naopak nejvyšší hodnoty vykazovala skupina ryb v nádrži č. 2 s hodnotou FCR 1,29.

Skupina ryb odchovávaných při 21 °C měla průměrnou hodnotu FCR na úrovni $1,19 \pm 0,07$. Nejnižších hodnot bylo dosaženo v nádrži č. 3 s FCR 1,10 dále u skupiny ryb v nádrži č. 4 s FCR 1,22 a nejvyšší FCR byl naměřen v nádrži č. 5 s hodnotou 1,23. Hodnoty FCR za celé období pokusu jsou uvedeny v tabulce č. 8.

4.2.6. Souhrnné výsledky odchovu amura bílého v RAS

Souhrnné výsledky produkčních ukazatelů v porovnání na začátku a na konci odchovu amura bílého v RAS v různých teplotách jsou uvedeny v tabulce č. 8. Rozdíly v produkčních ukazatelích mezi jednotlivými experimentálními teplotními skupinami nebyly statisticky signifikantní ($p \geq 0,05$).

4.3. Porovnání mezi rybníky a RAS

Při porovnávání přežití, hmotnosti, délky těla, SGR a FK byl zjištěn signifikantní rozdíl ($p \leq 0,05$) u všech těchto produkčních ukazatelů. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 9. Rozdíly mezi rybami odchovávanými v rybnících a RAS jsou zřetelné na obrázku č. 3.



Obr. č. 3: Rozdíly mezi rybami odchovávanými v rybnících a RAS. A – jedinec odchovávaný v RAS, B – jedinec odchovávaný v rybnících (Foto: P. Pecher).

Tab. č. 8: Souhrnné výsledky odchovu v RAS.

Teplota (°C)	Přežití (%)	Hmotnost (g)		SGR (% . den ⁻¹)	FK		FCR
		Nasazení	Výlov		Nasazení	Výlov	
18 °C	98,22 ± 0,45	2,23 ± 0,27	4,44 ± 1,10	0,40 ± 0,15	1,04 ± 0,12	1,46 ± 0,01	1,21 ± 0,11
21 °C	97,51 ± 0,36	2,40 ± 0,40	5,84 ± 0,978	0,56 ± 0,12	1,15 ± 0,16	1,37 ± 0,16	1,19 ± 0,07

Tab. č. 9: Porovnání mezi rybníky a RAS

	Přežití (%)	Délka těla (mm)		Hmotnost (g)		SGR (% . den ⁻¹)	FK	
	Výlov	Nasazení	Výlov	Nasazení	Výlov	Výlov	Nasazení	Výlov
Rybníky	10,94 ± 11,42	63,25 ± 5,45	64,7 ± 6,32	3,15 ± 1,19	2,73 ± 1,39	-0,09 ± 0,07	1,27 ± 0,25	1,04 ± 0,30
RAS	97,79 ± 0,52*	59,27 ± 2,08	68,89 ± 5,30*	2,29 ± 0,29	5 ± 1,05*	0,50 ± 0,13*	1,10 ± 0,14	1,40 ± 0,12*

* značí signifikantní rozdíl

5. Diskuze

V rámci mé diplomové práce byl testován vliv přezimování a dále vliv teploty vody na úspěšnost intenzivního odchovu amura bílého v recirkulačních akvakulturních systémech během zimních měsíců. V současné době je produkce juvenilních ryb amura bílého omezena z důvodu nízkého přežití jedinců během jejich prvního přezimování (David a kol., 2006), a proto je důležité zajistit vyšší přísun této komodity na trh. To i díky jeho stále se navyšující poptávce hned z několika důvodů. Prvním z důvodů je jeho vyšší výtěžnost, specifická chuť masa a příznivá cena (Brožová, 2005; Lin a kol., 2016). Dále pro produkční rybářství, kdy se amur bílý využívá jako biomeliorátor k likvidaci makrofyt (Murphy a kol., 2002; Dibble a Kovalenko, 2009). Dle mého názoru je navýšení produkce kvalitativně vyrovnaných juvenilů možné v případě, že využijeme k jejich odchovu RAS, ve kterých je možné optimalizovat fyzikálně - chemické vlastnosti vody, mít neustálou kontrolu nad chovanými rybami a zvýšit kvalitu krmení bez vedlejších účinků jiných organismů v odchovávaném prostředí. Ke zvýšení produkce juvenilních jedinců by měla pomoci i má diplomová práce. Ze zjištěných výsledků mého experimentu je patrné, že nejvyššího přežití bylo docíleno u skupiny chované v RAS. Při odchovu v RAS činilo přežití za celou dobu experimentu, který trval 146 dní, $97,79 \pm 0,57$ %. Obdobných výsledků v přežití juvenilních amurů bílých v RAS, docílil Sharm a Chakrabarti, (1998), kdy přežití ryb v jeho experimentu dosahovalo průměrných hodnot 91 %. Podobnou problematikou odchovu kaprovitých ryb v RAS se zabýval Oprea a kol. (2015), který odchovával kapra obecného při teplotě vody 18 – 26 °C s výsledným přežitím od 98 do 100 %. Sharm a Chakrabarti, (1998) dále uvádí, že vysoké přežití a růst ryb v RAS je silně ovlivněno kvalitou vody, kterou je dle potřeby a intenzity chovu v RAS možné upravovat. U ryb chovaných v rybnících bylo dosaženo podstatně nižšího přežití a to $10,94 \pm 11,42$ %. Füllerton a kol. (2000) zkoumal přežití během pokusu s juvenilním okounkem pstruhovým (*Micropterus salmoides*). Přežití dosahovalo hodnot 60 % při délce zimování 42 dní, ale při délce pokusu 125 dní během zimního období hodnota přežití ryb klesla až na 30 %. Z jeho výsledků je tedy patrné, že se zvyšující se délkou zimování se snižuje přežití ryb. Náš pokus při odchovu juvenilních amurů bílých v rybnících během zimního období trval od 140 do 164 dní. Teplota vody při zimování

amura bílého se pohybovala v rozmezí od 0,74 °C do 13 °C. Průměrná teplota během zimování byla naměřena 4,24 °C. Podobné ztráty na úrovni 80 % u juvenilních amurů bílých během odchovu v rybnících uvádí (Füllner a kol., 2007). Kilambi a Robinson (1979) ve svých výsledcích prezentují teplotu vody pod 12 °C jako nepříznivou pro odchov amura bílého, kdy při této teplotě amuři vyvíjejí nejmenší potravní aktivitu a tím i nejméně přirůstají.

Dalším významným faktorem ovlivňujícím kvalitu přezimování ryb je predanční tlak rybožravých predátorů. Pro juvenilní jedince ryb je nejnebezpečnějším rybožravým predátorem kormorán velký, který denně zkonzumuje 20 % ze své vlastní hmotnosti. Nejvyšší aktivitu projevuje v zimním období, průměrným úlovkem kormorána je 0,5 kg ryb · d⁻¹. Poledník a Bičík (2000) popisuje loveckou vyzrálost kormorána, kdy na jednu ulovenou rybu 5 – 10 ryb zraní. Při náletu hejna kormoránů způsobují těžké stresové situace rybám. Adámek a kol. (2007) pozorovali od března do dubna predanční tlak kormorána velkého na šesti druzích ryb na vybraných rybnících, kdy se zaměřili na způsobená poranění, jako jsou zejména nekrózy a poranění kůže. U 27,5 % obsádky plůdku kapra obecného bylo nalezeno poranění kůže způsobené rybožravým predátorem. U amura bílého tvořily nekrózy 0,6 % a 5,6 % jizev. Vyšší koeficient kondice ryb byl naměřen u nezraněných jedinců kapra obecného. Následkem povrchových poranění způsobených rybožravými predátory vznikají sekundární onemocnění a napadání parazity např. *Trichodina* sp., *Chilodonella* a *Dactylogyrus* sp.. Tím dochází ke zvýšení ztrát na rybí obsádce (Ondračková a kol., 2010). Další stresové situace způsobuje vydra říční, která nepožírá juvenilní amury, ale svou přítomností vyruší a stresuje obsádku ryb v rybníce a dochází k tzv. zvednutí ryb. Tato situace je spojena se ztrátou hmotnosti ryb, narůstající citlivostí ryb vůči infekčním chorobám a parazitickým napadením (Adámek kol., 2003). Ranson a Beveridge (1983) se shodují na nejúčinnějším preventivním opatřením před predančním tlakem kormoránů je přítomnost lidí v blízkosti odchovného zařízení. Na to poukazují i výsledky z mé diplomové práce, kdy na rybníce Vodňany v areálu FROV JČÚ byl neustálý provoz zaměstnanců, také zde bylo docíleno nejvyššího přežití 23,72 % oproti odlehlému areálu s rybníky Hraždovice 1 a Hraždovice 2 kde se hodnota přežití pohybovala od 1,69 % do 7,42 %.

Z výsledků je zřejmé, že při správně zvolené technologii chovu juvenilních ryb amura bílého v RAS v průběhu přezimování lze dosáhnout vysokých hodnot přežití, růstu a celkové efektivity chovu oproti odchovu v rybnících. Z důvodu vytvoření optimálních podmínek pro intenzivní odchov juvenilních ryb jako je optimální teplota vody, kvalita prostředí, krmná dávka a kvalita předkládaného krmiva neustálá kontrola nad chovanými rybami během celého roku.

V druhé části pokusu v rámci RAS bylo porovnávání přežití a růstu amurů bílých při různých teplotách odchovu 18 a 21 °C. Problematikou odchovu juvenilních amurů bílých v RAS se zabývali rovněž (Du a kol., 2006), kteří porovnávali růst juvenilních jedinců při stanovení rozdílných krmných dávek. Nejvyššího hmotnostního přírůstku během experimentu bylo dosaženo u skupiny ryb odchovávaných při teplotě 21 °C, průměrný přírůstek po dobu experimentu 146 dní byl $5\,513 \pm 324$ g. Nižšího hmotnostního přírůstku dosahovaly ryby odchovávané při teplotě 18 °C a jejich hmotnostní přírůstek činil $4\,540 \pm 480$ g. Průměrná kusová hmotnost činila u ryb odchovávaných v RAS na začátku experimentu $2,29 \pm 0,24$ g. U amurů chovaných při teplotě vody 18 °C vzrostla kusová hmotnost na $4,23 \pm 0,53$ g a u ryb chovaných při teplotě 21 °C kusová hmotnost na konci experimentu činila $5,51 \pm 1,16$ g. Oproti přírůstkům ryb z rybníků, kdy průměrná kusová hmotnost klesla o 13 % tedy z hmotnosti ryb při nasazení $3,15 \pm 1,19$ g na průměrnou kusovou hmotnost ryb na konci experimentu $2,73 \pm 1,39$ g. Při podobných podmínkách odchovával (Enache a kol., 2011) kapra obecného v RAS při teplotě vody 18 – 26 °C, kde dosáhl totožných výsledků. Podobné hmotnostní ztráty a ztráty na přežití plůdku ryb v rybnících uvádí Čítek a kol. (1998). Hartman a Regenda (2014) popisují, že při dlouhodobém poklesu teploty vody pod 8 °C se fyziologická aktivita amura bílého zastaví. Vaněk (2011) popisuje optimální teplotu vody pro nejvyšší příjem potravy u amura bílého, která by měla být nad 20 °C. Tyto hodnoty jsou podpořeny faktem, že amur bílý je teplomilný druh ryby (Baruš a Oliva, 1995). S průměrnou hmotností juvenilních amurů bílých koreluje i délka těla, která se v době pokusu u ryb odchovávaných v rybnících změnila jen nepatrně oproti rybám odchovávaným v RAS, kde bylo zaznamenáno zvýšení délky těla.

Podobně jako u kusové hmotnosti, tak i nejvyšší specifické rychlosti růstu, bylo docíleno u ryb odchovávaných v RAS při teplotě 21 °C. Průměrná specifická rychlost růstu u této skupiny činila $0,56 \pm 0,12 \% \cdot d^{-1}$, ale maximální specifická rychlost růstu u této skupiny v nádrži č. 6 vykazovala hodnoty $0,66 \% \cdot d^{-1}$. Hodnota SGR u mého experimentu se blíží hranici $0,85 \% \cdot d^{-1}$, které docílil Tang a kol. (2013), který zjišťoval dávku mědi v krmivu u juvenilních amurů bílých po dobu 8 týdnů a při teplotě vody 24 – 26 °C. Hodnota $0,85 \% \cdot d^{-1}$ byla naměřena při nejnižší zkoumané dávce Cu v krmivu. Stejných hodnot naměřil Markovic a kol. (2012), který zkoumal hustotu obsádky u juvenilních kaprů obecných v RAS, SGR v jeho experimentu dosahovalo hodnot $1,09 \% \cdot d^{-1}$ při délce pokusu 90 dní. Mohammad a kol. (2012a), Mohammad a kol. (2012b) ve svých výsledcích porovnávají optimální frekvenci krmení u kapra obecného při teplotě 24 ± 2 °C prezentují hodnotu SGR $0,8 - 0,9 \% \cdot d^{-1}$. Domnívám se, že naše naměřené hodnoty SGR u ryb odchovávaných v RAS jsou nižší z důvodů využití nižší teploty oproti ostatním autorům zkoumajícím růst juvenilních ryb amura bílého. (Kucharczyk a kol., 1997, 1998). Tito autoři se shodují, že teplota vody je při odchovu juvenilních ryb velmi zásadním faktorem při zjišťování hodnot rychlosti růstu ryb v kontrolovaných podmínkách. Pro jejich pokusy byl využit cejn velký (*Abramis brama*) kterého odchovávali při teplotách od 13,2 °C do 26,8 °C. Nejlepších výsledků pro přežití a rychlost růstu bylo dosaženo u ryb odchovávaných při teplotě nad 20 °C a naopak nejnižších hodnot docílili u ryb chovaných při teplotě 13,2 °C.

FCR v mém experimentu byl nižší u skupiny ryb chovaných při teplotě vody 21 °C. U této skupiny dosahovala hodnota FCR příznivých $1,19 \pm 0,07$. U ryb odchovávaných při teplotě vody 19 °C se FCR zvýšilo pouze na průměrnou hodnotu $1,21 \pm 0,11$. U obou teplotních skupin dle mého názoru bylo dosaženo uspokojivých hodnot FCR. Domnívám se však, že by bylo možné dosáhnout ještě lepších tedy nižších hodnot FCR při využití vyšších teplot, které by byly optimálnější pro chov amura bílého. Kucharczyk a kol. (2013) uvádí ve svém experimentu zaměřující se na krmnou dávku u juvenilních kaprů obecných hodnotu FCR od 1,06 do 1,48 při teplotě vody 27 °C a optimální krmné dávce. Enache a kol. (2011) také uvádí podobné hodnoty FCR u kaprů obecných odchovávaných v RAS při teplotě 18 – 26 °C s průměrnou hodnotou

FCR $1,17 \pm 0,12$. Jednou z možností, jak snížit FCR je optimalizovat množství a frekvenci krmení v závislosti na teplotě vody, aby nedocházelo k nevyužití krmiva nebo strádání ryb při odchovu. V mém experimentu byla stanovena denní krmná dávka (DKD) na začátku experimentu na 1 % a dle potřeby byla navýšena na 1,5 %. Du a kol. (2006) interpretuje ve svých výsledcích nejvhodnější DKD pro juvenilního amura bílého při odchovu v RAS s teplotou vody $24,97 \pm 2,23$ °C hodnotu DKD 2 %, pro optimální rychlost růstu a využití krmiv.

FK u ryb v rámci experimentu nebyl mezi jednotlivými teplotními skupinami příliš rozdílný a statisticky průkazný. U amurů chovaných při teplotě vody 18 °C bylo dosaženo FK $1,46 \pm 0,01$ a u amurů odchovávaných při teplotě 21 °C činila hodnota FCR $1,37 \pm 0,16$. Podobné hodnoty naměřili u juvenilních amurů bílých také Cai a kol. (2014), který v Číně studovali rozdíl mezi aktivitou plavání ryb při krmení a při krátkodobém hladovění. Odchovávali ryby při teplotě $20 \pm 0,5$ °C, kdy hodnoty FK u krmených ryb dosahovaly $1,41 \pm 0,03$.

6. Závěr

V chovu amura bílého je nejkritičtějším obdobím přezimování v prvním roce života, ve kterém dochází k vysokým ztrátám při odchovu v rybnících. Ryby jsou ovlivněny podmínkami prostředí, jako jsou: kvality vody, klimatické podmínky, rybožraví predátoři, atd. Proto jsme ve snaze o zamezení ztrát v průběhu přezimování vyzkoušeli porovnat dvě metody odchovu ryb v rybnících ovlivněných přírodními vlivy a v RAS tedy v kontrolovaných podmínkách.

U každého druhu intenzivně chovaných ryb je zapotřebí dodržet specifický technologický postup tak, aby ryby měly co nejlepší podmínky pro efektivní chov (nejvyšší přežití, dobrý a rychlý růst, využití krmiva, atd.). A proto bylo naším cílem porovnat odchov juvenilních amurů bílých v průběhu přezimování v rybnících a RAS, dalším cílem v rámci RAS bylo porovnat vliv rozdílných teplot vody na kumulativní přežití, hmotnostní růst ryb, specifickou rychlost růstu, Fultonův koeficient vyživenosti a koeficient konverze krmiva.

Podářilo se nám porovnat tyto dvě metody odchovu se statisticky průkazným výsledkem. V rybnících bylo dosaženo velmi nízkého přežití ($10,94 \pm 11,42$ %) a hmotnostního růstu oproti odchovu ryb v RAS ($97,79 \pm 0,52$ %). Dále bylo dosaženo dobrých produkčních hodnot ve prospěch ryb odchovávaných v RAS. V rámci RAS při porovnávání dvou teplotních režimů bylo docíleno lepších výsledků v produkčních ukazatelích u ryb odchovávaných při teplotě vody 21 °C ve srovnání se skupinou ryb chovaných při 18 °C s výjimkou kumulativního přežití, u kterého nebylo prokázáno rozdílných hodnot.

7. Seznam použité literatury

- Adámek, Z., Kortan, J., Lepič, P., Andreji, J., 2003. Impact of otter (*Lutra lutra*) predation on fish ponds: A study of fish remains at ponds in the Czech Republic, *Aquaculture International*, roč. 11, s. 389 – 396.
- Adámek, Z., Kortan, J., Flajšhans, M., 2007. Computer-assisted image analysis in the evaluation of fish wounding by cormorant [*Phalacrocorax carbo sinensis* (L.)] attacks. *Aquaculture International*, 15(3–4), 211–216.
- Baruš, V., Oliva, O., 1995. *Mihulovci a ryby (2)*. Fauna ČR a SR, Academia, Praha. 698 s.
- Bregnballe, J., 2010. *A Guide to Recirculation Aquaculture*. Copenhagen: Eurofish International Organisation, 64 s.
- Brožová, M., 2005. *Fish – situation and prospective report*. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague, 2005, 40 s.
- Cai, L., Fang, M., Johnson, D., Lin, S., Tu, Z., Liu, G., Huang, Y., 2014. Interrelationships between feeding, food deprivation and swimming performance in juvenile grass carp. *Aquatic Biology*, 20(1), 69.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. *Rybníkářství*. Informatorium. 306 s.
- David, J. A., 2006. Water quality and accelerated winter growth of European catfish using an enclosed recirculating system. *Water and Environment Journal*, 20(4), 233–239.
- Dibble, E. D., Kovalenko, K., 2009. Ecological impact of grass carp: a review of the available data. *Journal of Aquatic Plant Management*, 47, 1–15.
- Du, Z. Y., Liu, Y. J., Tian, L. X., He, J. G., Cao, J. M., Liang, G. Y., 2006. The influence of feeding rate on growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture International*, 14(3), 247–257.
- Dubský, K., 1998. *Základy chovu vedlejších chovů ryb*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství v Praze, 35 s.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. *Obecné rybníkářství*. 1. vyd. Informatorium, s. 308. ISBN 80-7333-019-9

- Enache, I., Cristea, V., Ionescu, T., Ion, S., 2011. The influence of stocking density on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*, in a recirculating aquaculture system. *AAFL Bioflux*, 4(2), 146 – 53.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. *Ctenopharyngodon idella*. FAO Fisheries and Aquaculture department. Dostupné na: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ctenopharyngodon_idellus/en [20. 2. 2016, 20:14]
- Fullerton, A. H., Garvey, J. E., Wright, R. A., Stein, R. A., 2000. Overwinter growth and survival of largemouth bass: interactions among size, food, origin, and winter severity. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129(1), 1–12.
- Füllner, G., Pfeifer, M., Langer, N., 2007. Krpenteichwirtschaft, Bewirtschaftung von Karpenteichen, Gute fachliche Praxis. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, Germany, 129 s.
- Hartman, P., 1987. Chov býložravých ryb u VHJ Státní rybářství. Sborník referátů ze semináře „Perspektivní druhy ryb pro ČSSR“, 48–52.
- Hartman, P., Regenda, J., 2014. Praktika v rybníkářství, JU v Českých Budějovicích, FROV, s. 500, ISBN 978-80-7514-009-8.
- Janeček V., Přikryl I., Kepr T., 1985. Pokusný odchov tříletých kaprů v polykultuře s tolstolobikem a amurem bílým. *Buletin VÚRH Vodňany*, 21, 4, 3 – 12 s.
- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby. MZLU. Brno, 68 s.
- Kilambi, R. V., Robison, WR., 1979. Effects of temperature and stocking density on food consumption and growth of grass carp *Ctenopharyngodon idella*, Val. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1979.tb03614.x, *Journal of Fish Biology*, 337–342 s.
- Kortan, J., Adámek, Z., 2011. Behavioural response of carp (*Cyprinus carpio*, L.) pond stock upon occurrence of hunting great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) flocks. *Aquaculture International*, 19(1), 121–129.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Vodňany: Edice metodik VÚRH Vodňany č. 85, 3–36

- Krupauer, V., 1968. Schopnost konzumu rostlin u tříletých a čtyřletých bílých amurů. *Živočišná Výroba*, 13, 467–474.
- Krupauer, V., 1971. The use of herbivorous fishes for ameliorative purposes in central and eastern Europe. In Proc. European Weed Res. Council Int. Symp. on Aquatic Weeds, Vol. 3, 95–101.
- Krupauer, V. 1974. Zásady chovu amura bílého v rybnících. ÚVTI Praha. 1–24.
- Krupauer, V., 1989. Býložravé ryby. Mze ČR a Český rybářský svaz, SZN, Praha. 115.
- Kucharczyk, D., Łuczyński, M., Kujawa, R., Czerkies, P., 1997. Effect of temperature on embryonic and larval development of bream (*Abramis brama* L.). *Aquatic Sciences*. 59, 214 – 221.
- Kucharczyk, D., Łuczyński, M., Kujawa, R., Kamiński, R., Ulikowski, D., Brzuzan, P., 1998. Influences of temperature and food on early development of bream (*Abramis Brama* L.). *Archiv für Hydrobiologie*. 141, 243–256.
- Kucharczyk, D., 2013. Optimization of feeding rate of juvenile common carp, (*Cyprinus carpio*), during short intensive rearing under controlled conditions. *The experiment*, vol. 15(2), 1056–1063.
- Lin, W. L., Yang, X. Q., Li, L. H., Hao, S. X., Wang, J. X., Huang, H., Wu, Y. Y., 2016. Effect of Ultrastructure on Changes of Textural Characteristics between Crisp Grass Carp (*Ctenopharyngodon Idellus* C. Et V) and Grass Carp (*Ctenopharyngodon Idellus*) Inducing Heating Treatment. *Journal of food science*. 81(2), 404 – 411.
- Lusk, S., Krčál J., 1983. Těžba ryb z údolních nádrží v povodí řeky Dyje. *Živočišná výroba*. 28(11). 809– 816.
- Marković, Z., Poleksić, V., Lakić, N., Živić, I., Dulić, Z., Stanković, M., Spasić, M., Rašković, B., Sørensen, M., 2012. Evaluation of Growth and Histology of Liver and Intestine in Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*, L.) Fed Extruded Diets with or without Fish Meal. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 12, 301–308.
- Mohammad Nejad Shamoushaki, M., Galogah, K. M., Mazini, M., 2012a. Optimization of Feeding Frequency in *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 4, 443–448

- Mohammad Nejad Shamoushaki, M., Khari, Z., Eslami, Z., 2012b. Determination of optimum feeding rate for growth of Caspian carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *AACL BIOFLUX*, 5, 136-141.
- Murphy, J. E., Beckmen, K. B., Johnson, J. K., Cope, R. B., Lawmaster, T., Beasley, V. R., 2002. Toxic and feeding deterrent effects of native aquatic macrophytes on exotic grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Ecotoxicology*, 11(4), 243–254.
- Ondračková, M., Valová, Z., Kortan, J., Vojtek, L., Adámek, Z., 2010. Parasite infection in common carp wounded by cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) attacks. In: 13th European Congress of Ichthyology, Klaipeda, 43 p.
- Oprea, L., Mocanu, M. C., Vanghelie, T., Sandu, P. G., Dediu, L., 2015. The influence of stocking density on growth performance, feed intake and production of common carp, *Cyprinus carpio* L., at one summer of age, in ponds aquaculture systems. *AACL Bioflux*, 8(5), 632-639.
- Pípalová, I., 2006. A review of grass carp use for aquatic weed control and its impact on water bodies. *Journal of Aquatic Plant Management*, 44(1), 1-12.
- Pípalová, I., Květ, J., Adámek, Z., 2009. Limnological changes in a pond ecosystem caused by grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) low stocking density. *Czech Journal of Animal Sciences*, 54, 31– 45.
- Pitter, P., 2009. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. VŠCHT, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Šrámek, V., Dvořák, J., 2003. *Pstruhařství*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 281 s. ISBN 80-733-3022-9.
- Poledník, L., Bičík, V., 2000. Funkce vydry říční ve vodním ekosystémech. IN Sborník referátů celostátní konference Predátoři v myslivosti. Hranice Českálesnická společnost, s. 32 – 34.
- Polícar, T., Kozák, P., Hamáčková, J., Lepičová, A., Musil, J., Kouřil, J., 2007. Effects of shorttime *Artemia* spp. Feeding in larvae and different rearing environments in juveniles of common barbel (*Barbus barbus*) on their growth and survival under intensive controlled conditions. *Aquatic Living Resources*, 20, 175–183.
- Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S. M. H., Kouřil, J., 2011. Umělý a poloumělý výtěr okouna říčního (*Perca fluviatilis*) používaný k masové produkci embryí. Edice Metodik (Technologická řada), VÚRH JU Vodňany, 34 s.

- Policar, T., Stejskal, V., Křišťan, J., Podhorec, P., Švinger, V., Bláha, M., 2013. The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. *Aquaculture International*, 21(4), 869 – 882.
- Sharm, J. G., Chakrabarti, R., 1998. Effects of different stocking densities on survival and growth of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, larvae using a recirculating culture system. *Journal of Applied Aquaculture*, 8(3), 79–83.
- Stejskal, V., Kouřil, J., 2006. Potravní adaptace plůdku okouna na podmínky intenzivního chovu. *Buletin VÚRH Vodňany*, 42(1), 18–24.
- Stejskal, V., Kouřil, J., Policar, T., Hamáčková, J., Musil, J., 2009. The growth pattern of all-female perch (*Perca fluviatilis*) juveniles – is monosex perch stock beneficial. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(4), 432 – 437.
- Svobodová, Z., Faina, R., 1984. Použití přípravku Soldep v rybářství. Edice metodik, VÚRH, Vodňany, č. 12, 16 s.
- Svobodová, Z., 1987. Toxikologie vodních živočichů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, s. 231.
- Szczepkowski, M., 2009. Impact of selected abiotic and biotic factors on the results of rearing juvenile stages of northern pike *Esox lucius* L. in recirculating systems. *Archives of Polish Fisheries*, 17(3), 107–147.
- Tang, Q. Q., Feng, L., Jiang, W. D., Liu, Y., Jiang, J., Li, S. H., Zhou, X. Q., 2013. Effects of dietary copper on growth, digestive, and brush border enzyme activities and antioxidant defense of hepatopancreas and intestine for young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Biological trace element research*, 155(3), 370–380.
- Timmons, M. B., Ebelin, J. M., Wheaton, F. W., Summerleft, S. T., Vinci, B. J., 2002. Recirculating aquaculture systems. NRAC publication, 01–002.
- Urbánek, J., 1988. Ověření predačního tlaku amura bílého na vodní makrofyta. Diplomová práce, vysoká škola zemědělská v Brně, 38 s.
- Vaněk, P., 2011. Chov býložravých ryb v rybníčních podmínkách. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, 40 s.

Zrostlík, J. 2010. Možnosti uplatnění nových technologií v chovu amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*). České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod.

8. Seznam použitých zkratek

Ab	– Amur bílý (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)
Ab ₁	– Plůdek, který má za sebou vegetační období (věk 3 – 12 měsíců)
Ab ₂	– Násada, dvě vegetační období
Ab ₃	– Násada, v průběhu třetího vegetačního období
Ab ₄	– Tržní amur
DKD	– Denní krmná dávka
FK	– Fultonův koeficient
FCR	– Krmný koeficient (Food conversation ratio)
KNK _{4,5}	– Kyselinová neutralizační kapacita
K _r	– rychlený plůdek ve stáří cca 30 – 90 dnů
RAS	– Recirkulační akvakulturní systém
SGR	– Specifická rychlost růstu (Specific growth length)
SL	– Standard length (Standardní délka těla)
TL	– Celková délka těla (Total length)
UV	– Ultrafialové záření

9. Abstrakt

Porovnání přežití, růstu a celkové efektivity chovu u juvenilních ryb amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) v průběhu přezimování v rybnících a RAS.

Cílem práce bylo porovnat a vyhodnotit růst a přežití juvenilního amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) v RAS a rybnících během přezimování. Juvenilní amuři byli chováni v pěti nádržích a třech rybnících během roku 2013 a 2014. V RAS byly ryby krmeny peletovým krmivem a chováni při konstantní teplotě. V rybnících byly ryby ovlivňovány environmentálními faktory a odkázány pouze na přirozenou potravu. Hodnota přežití ryb v RAS byla prokazatelně vyšší $97,79 \pm 0,52 \%$ v porovnání s hodnotou přežití v rybnících $10,94 \pm 11,42 \%$. Další ukazatele jako hmotnost, specifická rychlost růstu (SGR) a Fultonův koeficient (FK) vykazovaly v RAS prokazatelně vyšší hodnoty oproti rybám chovaným v rybnících. Z výsledků je patrné, že odchov juvenilních amurů bílých je efektivnější v RAS než v rybnících v průběhu přezimování.

Klíčová slova: amur bílý, přezimování, přežití, odchov

10. Abstract

Comparison of survival, growth rate and overall breeding of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles in pond and recirculating aquaculture system during winter time.

The study compared survival and growth rate in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles in pond and recirculation aquaculture system (RAS) during winter time. The juveniles of grass carp were stocked to 5 tanks and three ponds during 2013 and 2014. In the RAS, the fish were fed by dry pellets and rearing was in constant temperature. In the pond, the temperature and feeding were only natural. In the RAS, the survival rate was significantly higher 97.79 ± 0.52 % compared to 10.94 ± 11.42 % in the pond. At the end of experiment, the weight of fish, Specific growth rate (SGR) and Fulton coefficient (FK) was significantly higher in RAS in comparison with the pond. The results showed that the rearing of grass carp is more effective in RAS in comparison with pond during winter time.

Keywords: grass carp, winter time, survival rate, rearing