



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybnářství



trafooon

Traditional Food Network to improve the transfer of knowledge for innovation



Vodňany, 1.-2. září 2015



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství

Vodňany, 1.–2. září 2015



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství

Vodňany, 1.–2. září 2015

Mezinárodní environmentální vzdělávací, poradenské a informační středisko ochrany vod Vodňany (MEVPIS) Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU), Na Valše 207, 389 01 Vodňany

Seminář je organizován díky podpoře EU projektu TRAFOON, který je financován Evropskou komisí v rámci FP 7 2007–2013 pod projektovým číslem 613912.



Sborník příspěvků z odborného semináře.

Jednotlivé příspěvky prošly recenzním řízením.

Redakce: dr hab. Ing. Josef Velíšek, Ph.D., Ing. Antonín Kouba, Ph.D., Zuzana Dvořáková

Za jazykovou a věcnou stránku příspěvků odpovídají jednotliví autoři.

Vydala: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

Grafický design a technická realizace: Jesenické nakladatelství Jena Šumperk

Vydání 1., v roce 2015, 150 ks

ISBN 978-80-7514-028-9

Program

ÚTERÝ 1. 9. 2015

V průběhu prvního dne odborného semináře bude od 9:00 do 17:30 hodin v prostorách MEVPIS Vodňany, FROV JU probíhat prezentace firem vyrábějících chovatelské vybavení včetně komponentů využívaných v RAS a měřící techniku kvality vody.

I.	BLOK PŘEDNÁŠEK A ODBORNÝCH DISKUZÍ (9:00 – 17:00 HODIN)
9:00 – 9:10	Úvodní slovo a uvítání účastníků (T. Polícar)
9:10 – 9:40	Úvod do intenzivního chovu ryb včetně přehledu RAS v České republice (J. Kouřil) s. 10
9:40 – 10:05	Ekonomické aspekty intenzivního chovu ryb a zkušenosti s provozem farmy Fish Farm Bohemia s.r.o. (M. Junek)
10:05 – 10:25	Přestávka na kávu
10:25 – 11:40	Vývoj recirkulačních akvakulturních systémů a jejich ekonomika – potenciál pro chov nových druhů ryb (Ivar Warrer Hansen)
11:40 – 12:05	Odborná diskuze k tématu a k jednotlivým přednáškám
12:05 – 13:00	Oběd
13:00 – 13:50	Blok prezentací vystavujících firem
13:50 – 14:15	Představení intenzivního chovu ryb firmy Anapartners s.r.o. (L. Schneeberger)
14:10–14:30	Zkušenosti s pilotním recirkulačním akvakulturním systémem ve firmě AGRICO s.r.o. (M. Kašparů , J. Jakobartl) s. 21
14:40 – 15:05	Recirkulační systém „dánského typu“ pro intenzivní chov lososovitých ryb (J. Mareš , Š. Lang, P. Řezníčková, R. Kopp) s. 30
15:05 – 15:30	Možnosti, výhody a rizika recirkulačních systémů dánského typu v podmínkách ČR (M. Buřič) s. 40
15:30 – 15:50	Přestávka na kávu
15:50 – 16:15	Nabíhání filtrů na studenovodním RAS dánského typu (Š. Lang , R. Kopp, J. Mareš) s. 52
16:15 – 17:00	Podpora podnikání a zvyšování konkurenceschopnosti (C. Pereira)
17:00 – 17:30	Odborná diskuze k tématu a k jednotlivým přednáškám
II.	EXKURZE DO RYBOCHOVNÝCH ZAŘÍZENÍ VÚRH, FROV JU (17:30 – 19:00 HODIN)
	V rámci exkurze účastníci ve třech jednotlivých skupinách navštíví: - Experimentální rybochovné pracoviště a pokusnictví, - Genetické rybářské centrum, - novou experimentální halu využívanou k intenzivnímu chovu ryb.
III.	BOHATÝ RAUT A OCHUTNÁVKA RYBÍCH SPECIALIT, VOLNÁ ZÁBAVA (19:30 – 23:00 HODIN)

STŘEDA 2. 9. 2015

IV.	BLOK PŘEDNÁŠEK A ODBORNÝCH DISKUZÍ (8:30 – 12:20 HODIN)
8:30 – 8:55	Vhodné druhy ryb využívané v RAS (V. Stejskal)
8:55 – 9:20	Akvakultúra tropických ozdobných ryb v ČR a potencionálne využitie vybraných druhov pre konzumné účely V RAS (P. Podhorec) s. 57
9:20 – 9:45	Metody a postupy využívané v intenzivní akvakultuře (T. Polícar , M. Blecha, J. Kříšťan, P. Svačina) s. 62
9:45 – 10:10	Produkce násadového materiálu candáta určeného pro další chov v recirkulačním zařízení pomocí kombinace rybníční a intenzivní akvakultury (M. Blecha , J. Kříšťan, P. Svačina, T. Polícar) s. 78
10:10 – 10:35	Potencionální využití mníka jednovouseého (<i>Lota lota</i> L.) v intenzivní akvakultuře (P. Svačina , M. Blecha, J. Kříšťan, T. Polícar) s. 85
10:35 – 11:00	Přestávka na kávu
11:00 – 11:25	Porovnání přežití, růstu a celkové efektivity chovu u juvenilních ryb amura bílého (<i>Ctenopharyngodon idella</i>) v průběhu přezimování v rybnících a RAS (J. Kříšťan , P. Pecher, M. Blecha, P. Svačina, M. Uzhytchak, T. Polícar) s. 92
11:25 – 11:50	Akvaponické systémy – intenzivní chov ryb spojený s pěstováním rostlin (J. Mráz , B. Dovalil) s. 97
11:50 – 12:20	Odborná diskuze k tématu a k jednotlivým přednáškám
12:20 – 13:00	Oběd

V.	EXKURZE DO ANAPARTNERS, S. R. O., PRAHA (13:00 – 20:00 HODIN)
-----------	--

Vážené kolegyně a vážení kolegové,

dostává se Vám do rukou sborník, který je vydaný u příležitosti konání semináře s názvem „Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství“ organizovaného v rámci řešení evropského projektu TRAF00N. Hlavním cílem semináře je seznámit účastníky s principy, technologickými, chovatelskými a ekonomickými aspekty intenzivních chovů ryb využívající RAS technologii. V průběhu semináře odborníci z rybářské praxe a výzkumu mají možnost vzájemně diskutovat otázky spojené s vývojem technologie intenzivního chovu ryb, celkovou ekonomikou daného chovu a ekonomickou návratností této investice. Vedle teoretických přednášek mají účastníci semináře možnost navštívit experimentální či produkční intenzivní chovy ryb na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích, Fakultě rybářství a ochrany vod (FROV JU) a také produkční kapacity rybářského podniku Anapartners s.r.o.

Lze konstatovat, že seminář tohoto druhu a rozsahu je v ČR organizovaný prozatím jen výjimečně a proto je pro nás velmi potěšující, že seminář v průběhu dvou dnů navštíví kolem 70 - 80 rybářských odborníků. Věříme, že seminář právě praktickým rybářům z produkčních podniků přinese některé nové a zajímavé informace, poznatky či osobní kontakty týkající se dané technologie. Tento fakt bude pro české produkční rybářství velmi přínosný především v období, kdy významná část dotace z Operačního programu Rybářství bude v ČR v příštích letech podporovat rozvoj a stavbu právě těchto systémů.

Tomáš Polícar a Petr Svačina

**Přednášky semináře Potenciál
recirkulačních akvakulturních systémů
(RAS) pro české produkční rybářství**

ÚVOD DO INTENZIVNÍHO CHOVU RYB VČETNĚ PŘEHLEDU RAS V ČESKÉ REPUBLICE INTRODUCTION TO INTENSIVE CULTURE OF FISH INCLUDE CZECH REPUBLIC

J. KOUŘIL

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod, Husova třída 458/102, 37005 Vodňany, e-mail: kouril@frov.jcu.cz

Abstract

Present study briefly describes methods of intensive aquaculture (flow-through systems, cage farms, recirculating systems, akvaponic systems and bioflock), their advantages and disadvantages and trends of their further development. At the end a brief overview of history and localization of operating recirculation systems in Czech Republic and activities to promote the use of recirculation systems in the world and in the Czech Republic are listed.

Klíčová slova: intenzivní akvakultura, chov ryb v průtočných systémech, klecové chovy ryb, recirkulační akvakulturní systémy, akvaponie, tropenhaus, bioflock

Keywords: intensive aquaculture, rearing of fish in flow-trough systems, cages systems for fish culture, recirculating aquaculture systems, aquaponics, tropenhaus, bioflock

METODY INTENZIVNÍ AKVAKULTURY

Intenzivní chov ryb představuje velmi pestrá paleta postupně se vyvíjejících komplexních i dílčích technologií. V předloženém příspěvku bude pozornost věnována těm způsobům intenzivní akvakultury, které jsou využívány, nebo mohou být využívány v České republice, vyjma intenzivního chovu ryb v rybnících. Příspěvek zahrnuje popis principů, výhod a nevýhod metod intenzivní akvakultury v průtočných, klecových a recirkulačních systémech, včetně metod označovaných jako akvaponie, tropenhaus, bioflock a jejich stávající a potenciální aplikace v ČR.

PRODUKCE ZNEČIŠTĚNÍ VODY INTENZIVNÍM CHOVEM RYB

Intenzivně krmené ryby spotřebovávají dýcháním kyslík a do vody vylučují nestrávené zbytky krmiv (exkrementy) a produkty výměny látkové (zejména amoniak a oxid uhličitý). V případě nevhodné krmné techniky, může být voda po průtoku chovatelskou jednotkou znečištěna i zbytky nezkonsumovaných krmiv.

Nejvýznamnější znečištění z chovu ryb představují látky vznikající metabolismem přijatého krmiva. Rozdělují se na rozpuštěné (především sloučeniny dusíku a fosforu) a nerozpuštěné látky. Mezi rozpuštěné patří hlavně amoniak (nejvýznamnější sloučenina z pohledu možné intoxikace ryb), močovina, oxid uhličitý a fosforečnany. Mezi nerozpuštěné látky patří celé spektrum, převážně organických látek, vznikajících jako deriváty látek obsažených v krmivu. Z fyzikálního hlediska je lze rozdělit na sedimentující (různou rychlostí), nesedimentující (suspendované ve vodním sloupci) a koloidní. V intenzivních systémech je 20–40 % sušiny přijaté v krmivu využito pro růst rybího těla a zbytek je využit pro činnost organismu, resp. není rybími organismem využit (Verdegem a kol., 1999).

Toto platí hlavně pro průtočné a klecové systémy (viz níže) s intenzivním chovem ryb. Podstatně méně již však pro systémy recirkulační, kde lze s využitím moderních technologií emise živin výrazně redukovat. Obecně je možno konstatovat, že množství znečištění produkovaného rybami v intenzivních chovech na jednotku vyprodukovaných ryb má

v posledních letech klesající tendenci v souvislosti s vývojem energeticky bohatých krmiv se zlepšenou stravitelností. Bohužel, díky potřebě nahrazovat část nedostatkové rybí moučky rostlinnými proteiny, lze v nejbližší době předpokládat zastavení, či obrácení tohoto trendu (Solbé, 1982). Na akvakulturních farmách došlo v souvislosti se zaváděním celé řady uvedených intenzifikačních postupů, včetně zvýšení koncentrace odchovávaných obsádek ke snižování specifické spotřeby vody potřebné na jednotku odchovávané biomasy ryb za časovou jednotku, resp. na jednotku produkované produkce.

V souvislosti s vypuštěním vod z intenzivních chovů ryb, dochází ke konfliktům s dalšími uživateli vod a s životním prostředím. Prvním důvodem je nárůst hodnot anorganického celkového fosforu a celkového dusíku. Problémy nastávají zejména ve studenodvodních říčních ekosystémech. Pokud není odtok z farem vybaven zařízením pro odstraňování nerozpuštěných látek, tak se tyto látky dále usazují až v recipientu. Tímto vlivem dochází k překrytí původního dna relativně nepropustnou vrstvou sedimentů. V deponovaných sedimentech dochází k rychlému rozvoji heterotrofních bakterií a zvyšuje se spotřeba kyslíku. Nerozpuštěné látky mohou mít i přímý negativní vliv na rybí obsádky toků a další vodní živočichy (Summerfelt, 1996). Na spotřebě kyslíku při průchodu průtočným akvakulturním systémem s intenzivním chovem ryb se podílí řada vlivů (spotřeba kyslíku rybami, spotřeba kyslíku aerobními heterotrofními mikroorganismy, spotřeba kyslíku pro rozklad organických látek). Hodnoty rozpuštěného kyslíku pod 5 mg.l⁻¹ všeobecně vedou ke konstantní stresové zátěži ryb. Pokud je přítoková voda na rybí farmu podzemního nebo důlního původu, může být obsah kyslíku proti původním hodnotám po průtoku farmou díky aeraci nebo oxygenaci i vyšší (Viadero a kol., 2005). V našich podmínkách, vzhledem k obvykle menší produkční kapacitě akvakulturních farem, nedochází k extrémním negativním jevům.

Veškeré odpadní látky obsahují vysoké množství dusíku. Tento fakt otevírá příležitost k výzkumu a vývoji nových akvakulturních systémů a technik, které jsou schopny odpadní látky opětovně využívat ve svůj prospěch (Timmons a kol., 2002). V přírodních podmínkách se setkáváme s využitím odpadu v různých potravních řetězcích, kde se jeden druh, nebo skupina organismů živí a roste na odpadních produktech jiných organismů. Využití tohoto fenoménu v akvakultuře formou specifických polykultur představují integrované multi-trofické akvakulturní systémy (IMTA – z angl. *integrated multi-trophic aquaculture systems*) (van Rijn, 1996). Například značné množství N a P produkovaného intenzivně chovanými rybami nebo koryši (zaujímající vyšší trofickou úroveň), lze využít k růstu a produkci (a současně k eliminaci znečištění vodního prostředí) měkkýšů či mořských řas (Chopin, 2006).

PRŮTOČNÉ SYSTÉMY

Jsou představovány především klasickými farmami pro chov lososovitých ryb, jež jsou napájené zpravidla povrchovou vodou (potoky, řeky, údolní nádrže, rybníky). Jen v omezené míře bývají zdrojem podzemní vody (prameny, důlní vody, případně termální vody). K hlavním nevýhodám použití povrchové vody patří kolísání a extrémní průtoky (sucha, povodně), teploty vody v průběhu roku, zákal vody způsobované srážkami v povodí, možnost kontaminace vody znečištěním různého původu a potenciální ohrožení onemocněními přenosem od ryb volně žijících v přítokové vodě. Zdrojem opakovaných problémů mohou být i výše položené rybochovné objekty. Dostupné zdroje podzemní vody, až na výjimky, nestačují pro napájení celých farem. Z těchto důvodů jsou v ČR přednostně používány k saturování přítoků do líhni, případně odchoven plůdku. Přes existenci dřívějších nenaplněných ambiciózních plánů, spočívajících ve využití nízkopotenciálního odpadního tepla produkovaného zejména atomovými elektrárnami, jsou v současnosti v našich podmínkách využívány průtočné systémy se zdroji oteplené vody (z průmyslu a z klasických tepelných elektráren) k chovu teplomilných ryb jen ve značně omezeném rozsahu (nejvýznamnější je farma Tisová u Sokolova). Významnou

nevýhodou průtočných intenzivních akvakulturních systémů je produkce bodového znečištění veřejných recipientů a to i v případě např. částečného zachycování nerozpuštěných látek na odtoku z farmy sedimentací (navíc tento způsob není v ČR příliš používán). Naopak výhodou průtočných systémů je jejich relativní konstrukční a provozní jednoduchost a nižší investiční, případně i provozní náklady, neboť vzhledem ke zpravidla gravitačnímu napájení vodou z výše položeného zdroje, odpadají náklady související s potřebou jejího čerpání.

KLECOVÉ CHOVY

Klecové chovy pro intenzivní chov ryb byly v ČR využívány výlučně pro chov lososovitých ryb ve vhodných údolních nádržích. Kulminaci v našich podmínkách zaznamenaly v devadesátých letech 20. století. Od té doby, až do současnosti došlo k jejich značnému omezení a lze předpokládat jejich zánik v blízké budoucnosti. Poslední u nás provozovaná farma, se nachází na údolní nádrži Nechanice u Chomutova. Hlavním důvodem omezení těchto chovů je intenzivní negativní tlak ze strany státní správy, provozovatelů údolních nádrží i nájemců sportovních revírů (v souvislosti s produkcí znečištění, zejména kumulací sedimentů a dalších doprovodných jevů). V zahraničí jsou sladkovodní klecové chovy lososovitých ryb provozovány zejména na jezerech v ruské Karélii, klecové chovy losovitých i teplomilných ryb na údolních nádržích v Bulharsku, v Rusku a některých dalších zemích. V zahraničí jsou někdy provozovány i klecové chovy instalované v kanálech s odtokem chladicí vody z teplovodních elektráren (Polsko, Rusko). Klecové chovy se v posledních několika desetiletích staly dominantní součástí intenzivně se rozvíjející marikultury. Bouřlivý rozvoj zaznamenala nejen produkce lososa (Norsko a Chile), ale také i pstruha duhového a zejména několika teplomilných druhů ryb (see bass, see bream) ve Středozemním moři. Nespornou výhodou klecových systémů pro chov ryb je jejich nižší pořizovací cena a nižší provozní náklady (Shepherd a Bromage, 1988).

RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉMY (RAS)

Zavedení a využití RAS představuje zásadní změnu v intenzivní akvakultuře. Tyto systémy se vyznačují vysokou produkcí z jednotky plochy, výrazně nízkými požadavky na zdroj přítokové vody a velmi omezenou (teoreticky nulovou) produkcí vypouštěného znečištění. Ke krmení chovaných ryb se zcela výlučně používají dodávané kompletní krmné směsi respektující specifické nutriční požadavky jednotlivých druhů, resp. velikostních kategorií ryb. Čištění vody v RAS nejprve zahrnuje odstraňování nerozpuštěných látek (exkrementů) pomocí sedimentace, mechanické filtrace, či flotace. Dále je ve vodě rozpuštěný amoniak eliminován pomocí nitrifikace s využitím biologických filtrů různé konstrukce. Nitrifikace je dvoustupňový proces, při kterém je amoniak nejdříve oxidován na dusitany hlavně pomocí bakterií rodu *Nitrosomonas*. Tyto bakterie získávají energii oxidací neionizovaného amoniaku na dusitany v procesu nitritace. Pro zdárný průběh této reakce musí vodní prostředí obsahovat minimálně 2 mg.l⁻¹ rozpuštěného kyslíku. V následném druhém stupni, takzvané nitrataci, který bezprostředně následuje, jsou dusitany oxidovány na dusičnany, za účasti hlavně bakterií rodu *Nitrobacter*. Dostatečná minimální koncentrace kyslíku pro tuto fázi je 4 mg.l⁻¹. Obě fáze obvykle následují těsně za sebou, proto se v normálně fungujícím systému ve vodním prostředí zpravidla nehromadí dusitany (výjimkou mohou být nově zapracovávané biofiltry). V biofiltrech se dále obvykle vyskytují současně i další mikroorganismy (heterotrofní bakterie a prvoci), kteří metabolizují přítomné organické sloučeniny. Je žádoucí, aby voda přitékající do biologických filtrů obsahovala co nejnížší koncentrace nerozpuštěných látek. V opačném případě rostou heterotrofní bakterie výrazně rychleji než nitrifikační bakterie a převládají v konkurenční boji o prostor a kyslík.

Některé nové recirkulační systémy jsou vybavovány i denitrifikační jednotkou. Proces denitrifikace probíhá v anoxickém prostředí. Dusičnany nebo amoniak jsou zde přeměňovány na inertní plyný dusík unikající do atmosféry. Podmínkou denitrifikace je rovněž přítomnost dodávaného organického uhlíku (methylalkohol, melasa apod.).

Úprava vody dále může obsahovat odplynění (snížení obsahu ve vodě rozpuštěného oxidu uhličitého), úpravu pH, zvýšení obsahu ve vodě rozpuštěného kyslíku (pomocí aerace či oxygenace), případně též desinfekci vody (pomocí ozonizace nebo UV záření) a úpravu teploty vody. Jen výjimečně se jedná o chlazení systému, neboť ve většině případů je potřeba zabezpečovat (buď trvale, častěji jen sezónně) ohřev vody. Na rozdíl od průtočných systémů s ohřevem vody, dochází u RAS k výraznému snížení potřeby kapacity tepelného zdroje (nákladů na ohřev). K temperování vody lze využít široké škály možných zdrojů – záměrného ohřevu s využitím plyných, kapalných nebo tuhých paliv či elektrické energie, tepelných čerpadel, solárních systémů, bioplynových stanic, chladicí vody z průmyslových podniků a energetiky, termální vodu aj., resp. různých kombinací těchto způsobů.

Cirkulace vody je zabezpečována čerpáním pomocí klasických oběžných čerpadel (u vertikálních RAS) nebo tzv. airliftů (u horizontálních RAS). Přítok vody do systému se pohybuje v rozpětí 1–5 % celkového aktuálního průtoku v systému (u špičkových systémů i méně). Přítok vody slouží k doplňování odparu, náhradě technologických ztrát vody (odkaldení chovných nádrží, sedimentačních zařízení, mechanických a biologických filtrů aj.) a je případně využíván k nařezávání obsahu dusičnanů (pokud není součástí systému denitrifikace). Požadavkem je, aby zdroj vody byl spolehlivý především z hygienického hlediska. Nejvhodnějším zdrojem je podzemní voda, avšak existují i systémy používající k tomuto účelu vodu dešťovou. Experimentální a malé chovatelské systémy někdy využívají i vodu z vodovodní sítě. Použití povrchové vody není vhodné. Nedílnou součástí RAS jsou různě sofistikované systémy měření, regulace a řízení provozu.

V poslední době se konstrukce recirkulačních systémů orientuje několika směry. S cílem snížení energetických vstupů pro provoz recirkulačních systémů, jsou konstruována kompaktní nejčastěji horizontálně uspořádaná zařízení s malými rozdíly hladin v jednotlivých součástech celého systému. Na rozdíl od vertikálně uspořádaných systémů (vyznačujících se několika úrovněmi hladin nad sebou) umožňující minimalizovat požadavky na čerpání vody klasickými vodními čerpadly a jejich náhradu tzv. airlifty (s použitím buď tlakového vzduchu, nebo kyslíku). Tím je současně řešena i potřeba oxygenace vodního prostředí pro potřeby ryb a správné fungování biologických filtrů.

RAS zaujímají ve světové akvakultuře stále významnější místo (Martins a kol., 2010; Kouřil a Kujal, 2009; Kouřil, 2013). Jejich masivní rozvoj zejména v posledním desetiletí souvisí nejen technickým pokrokem, ale celou řadou dalších faktorů. Nejvýznamnější jsou ekologické požadavky související s nepříznivým vlivem intenzivní akvakultury (zejména farem s průtočným režimem vody) na kvalitu vody, ale i požadavky na vyšší hygienické zabezpečení chovů, potřeba řešení nedostatku kvalitních vodních zdrojů přítokové vody a eliminace rozšiřujících se negativní vlivů rybích predátorů. V neposlední řadě lze mezi důvody rozšiřování RAS zařadit lepší možnost rozšiřování druhové pestrosti produkce ryb a omezení klimatických vlivů. RAS se tak staly významnou alternativou intenzivního chovu ryb v průtočných a rybníčních akvakulturních systémech (Martins a kol., 2010). RAS mohou významně přispět k naplnění klíčového požadavku obchodních řetězců a zajistit rovnoměrnější celoroční dodávky tržních ryb v požadovaném sortimentu. Nezastupitelné místo mají RAS v akvakulturním výzkumu nejrůznějšího zaměření. Široce je recirkulačních technologií využíváno i v chovu okrasných druhů ryb a ve výstavních akváriích, včetně mořských. RAS jsou díky své nezávislosti na okolním prostředí použitelné takřka ve všech klimatických podmínkách.

Jejich nevýhodou je značná investiční nákladnost, technická komplikovanost, vysoké požadavky na kvalifikaci a spolehlivost personálu, spolehlivost dodávky elektrické energie a v některých případech vyšší provozní náklady. Energetická náročnost bývá kompenzována chovem cennějších (dražších) druhů ryb a vyšší produktivitou práce (Timmons a kol., 2002).

Nejvýznamnější rozvoj a využití recirkulačních akvakulturních systémů je v USA, Izraeli, Holandsku a Dánsku. Intenzivní RAS různých typů jsou hojně využívány zejména v Evropě a v Severní Americe především pro lososovité ryby (Rasmussen a kol., 2007; D'Orbcastel a kol., 2009), dravé druhy ryby (Mélard a kol., 1996; Schulz a kol., 2007) a mořské ryby (Thoman a kol., 2001). RAS je možno využívat i při provozování rybích líhní a odchovu plůdku (Buřič a Kouřil, 2012; Buřič a kol., 2015a,b,c). Zavedení RAS přispívá k omezení vysokého výskytu rybích chorob (Colt, 1991; Mélard a kol., 1996), nedostatku odchovných kapacit k uspokojení poptávky po rybách (Colt, 1991; D'Orbcastel a kol., 2009) a hlavně řešení nedostatku vhodných volných zdrojů vody (Colt, 1991; Kouřil a kol., 2008a,b, Urbánek a kol., 2015).

Několik špičkových firem na světě nabízí kompletní technologické celky, nebo jednotlivé komponenty pro chov lososovitých i celé řady jiných druhů ryb. Technologické celky dodávané "na klíč" jsou investičně nákladné, ale vyznačují se nízkými provozními náklady, malou zastavěnou plochou, vyšší spolehlivostí a kompletní mineralizací biologicky odbouratelných látek.

V odborných pojednáních českých autorů jsou obecné principy RAS podrobněji rozvedeny v knize zaměřené na chov ryb v okrasných bazénech (Štěch, 2007) a stručné metodické příručky o produkčním chovu ryb v RAS, která vyšla v prvním a druhém aktualizovaném vydání (Kouřil a kol., 2008,a,b, 2012). Další publikace tohoto zaměření jsou směřovány na první zkušenosti z provozování recirkulačních systémů dánskému typu využívaných pro chov lososovitých ryb (Kopp a kol., 2009; Vítek a Mareš, 2009; Nussl a Pfau, 2010; Buřič a kol., 2011; Lang a kol., 2011a,b; Mareš a kol., 2011; Kouřil a Kujal, 2013), včetně využití RAS pro rybí líhni a odchovny plůdku (Buřič a Kouřil, 2012; Buřič a kol., 2014). Některé ekonomické problémy výstavby a provozování RAS nastínil Vachta (2015).

AKVAPONIE

Je zvláštní formou RAS, při níž se využívá v cirkulující vodě se vyskytujícími živinami původem z chovu ryb k výživě kultivovaných rostlin. Tato v řadě zemí často využívaná technologie spojuje produkci vodních ryb (případně jiných vodních živočichů) s pěstováním rostlin. Jde v podstatě o propojení intenzivní akvakultury a hydroponie. Každý z těchto dvou systémů, provozovaný samostatně, má své nedostatky, avšak jejich vzájemným spojením se tyto problémy do značné míry eliminují. Jestliže se klasické RAS musí vypořádávat s kontinuálním odstraňováním nadbytečných živin ze systému pomocí filtrace, sedimentace, nitrifikace, denitrifikace a částečné výměny vody v systému (aby došlo k udržení odpovídající kvality prostředí pro chované ryby), hydroponický systém naopak potřebuje, odpovídající množství živin k růstu vybraných plodin. Rostliny využívají živiny obsažené ve vodě jako stavební látku pro tvorbu nové biomasy a současně jejich kořenové systémy poskytují substrát pro uchycení nitrifikačních bakterií. Tyto bakterie pak transformují rybami vyloučený (a pro ryby toxický) amoniak na dusičnany, jež jsou následně využívány rostlinami. Voda cirkuluje mezi nádržemi s chovem ryb a částí systému kde jsou kultivovány rostliny. Takovýto vysoce produktivní systém vytváří ideální podmínky pro pěstování rostlin (nejčastěji jsou pěstovány rajče, okurka, paprika, listový salát a bazalka) i chov ryb (nejčastěji jsou chovány různé druhy tilapií). Prostory pro kultivaci rostlin zpravidla zabírají několikanásobně větší plochu, než samotný chov ryb. Finanční příjem z rostlinné produkce tvoří významnou položku celkové ekonomiky provozu. V klimatických podmínkách mírného pásma např. ČR, je komplikací celoročního provozu

fluktuace teplot, konkrétně nízká zimní teplota vnějšího prostředí a zejména pak, výrazně kratší světelný den. Problém obtížnějšího pěstování rostlin v zimním období lze řešit buď paralelní instalací a využitím biologických filtrů (výhradně nebo převážně využívaných v zimním období), sezónností provozu, nebo sezónním provozováním systémů, resp. jejich kombinací. V prvním případě se zvyšují investiční náklady, ve druhém případě se omezuje produkce a komplikuje technologie chovu ryb s ohledem na sezónnost jejich produkce. Existuje celá řada variant (a jejich kombinací) řešení fixace pěstovaných rostlin, v zásadě lze uvést tři hlavní: raftový systém (rostliny jsou uchyceny na plovoucím rámu), nebo je využíváno trvalého či periodického zaplavitelného substrátu, kde jsou rostliny kultivovány. Akvaponické systémy jsou nejvíce propracovány a využívány v USA a Austrálii (Rakocy a kol., 2004; 2006; Timmons a kol., 2002; Chopin, 2006; Kloas a kol., 2011). První exaktní výsledky s experimentálním ověřením akvaponie v ČR představil Dovalil (2014).

Akvaponické systémy využívající k eliminaci znečištění produkovaného rybami tropické dřeviny a keře jsou označovány termínem tropenhaus (jsou provozovány ve Švýcarsku, Německu aj.). Vedle současného využití různých zdrojů tepla a využití produkčních cílů (ryby, plody rostlin) mají též edukačně ekologické zaměření.

BIOFLOC

Představuje další možností intenzivního chovu ryb. Jeho podstatou je chov ryb v nádrži s paralelní kultivací biomasy heterotrofních bakterií, které konzumují v odchovném systému vznikající odpadní látky a přeměňují v obsažený dusík na bílkoviny. Vločky (floc) agregovaných bakterií zabezpečují čištění vody a zároveň se podílí na snížení krmných nákladů, neboť částečně slouží rybám za potravu (v případě chovu převážně býložravých druhů ryb – tilapie) (Avnimelech, 2007; 2012; Crab a kol., 2009). První exaktní výsledky experimentálního ověření systému biofloc v ČR prezentoval Lunda (2015).

PERSPEKTIVY ROZVOJE TECHNOLOGIÍ INTENZIVNÍHO CHOVU RYB

Mimo výše stručně uvedených způsobů intenzivního chovu ryb je předmětem výzkumu celá řada dílčích či zásadnějších způsobů technologie chovu, využití vody a živin. Jsou vyvíjeny nové a zdokonalovány klasické systémy čištění vody, zejména zaměřené na dokonalejší separaci nerozpustných látek a spolehlivou nitrifikaci (včetně urychlení jejího náběhu po spuštění provozu systému). Současně je nutno zvýšit tlak na zavádění denitrifikace s cílem minimalizace potřeby přítokové (či spíše jen doplňkové) vody a zároveň produkce tekutého odpadu. Jako zdroj přítokové vody se začínají výrazně uplatňovat systémy založené na jímání, uchovávání a postupném využívání dešťové vody umožňující výrazné snížení potřeby přítoku vody, nebo její plnou náhradu. Výzkum se zaměřuje i na využívání detritivních bezobratlých živočichů (beruška vodní, blešivci) přeměňujících organické zbytky na živou rybí potravu. Organické zahuštěné kaly (pomocí sedimentace, lisování, koagulace apod.) lze používat nejen jako komponent do průmyslově produkovaných hnojiv, ale rovněž k produkci bioplynu. Jsou připravovány nové postupy čištění vody s využitím nanomateriálů. Připravuje se testování nových způsobů desinfekce vody s využitím krátkodobě uvolňovaného atomárního kyslíku ze specifické látky dávkané do vody v uzavřeném recirkulačním systému po osvětlení vody pomocí specifického záření. Vývoj technologií RAS se týká i výroby speciálních krmiv pro ryby v nich chované. Již nyní jsou vyráběna krmiva speciálně pro RAS, vyznačující se vyšší soudržností granulí (znesnadňující jejich rozpadavost a umožňující lepší separaci exkrementů pomocí mechanické filtrace a sedimentace). Vylepšené stravitelnější krmné směsi a zdokonalené krmné systémy rovněž přispívají ke snížení ztrát nutrientů. Zatím pouze ve fázi výzkumu, nebo pilotních provozů, jsou systémy, které využívají, nebo recyklují živiny nevyužité rybami. Experimentálně

bylo vyvinuto krmivo obsahující jako doplňkový komponent jemně rozdrcený korek, který umožňuje jednodušší separaci plovoucích exkrementů z vodního prostředí, čímž by odpadla nutnost, nebo se omezila potřeba sedimentace a mechanické filtrace vody.

SOUČASNÝ STAV MODERNÍCH FOREM INTENZIVNÍ AKVAKULTURY, ZEJMÉNA RAS V ČR

Autorem odhadovaná produkční roční kapacita v ČR instalovaných produkčních RAS dosahuje v současnosti 500 tun ryb. Téměř dvě desítky let byl provozován menší objekt s vertikální RAS na severní Moravě ve Velké Bystřici, zaměřený zejména na chov tržního sumce a odchov násadového materiálu úhoře pro vysazování do volných vod. Přibližně v roce 2005 byl zrušen asi 5 let provozovaný RAS s chovem sumce a později sumečka afrického v Jeseníku na severní Moravě. V roce 2009 byly vybudovány dva horizontální RAS dánského typu (v Mlýnech u Vimperka a v Pravíkově u Kamenice nad Lipou) zaměřené převážně na produkci lososovitých ryb. První z nich byl později zastřešen a doplněn menšími RAS pro produkci násadového materiálu. Rovněž druhý objekt byl doplněn o dvě menší RAS jednotky. Na konci roku 2012 byla dokončena výstavba RAS dánského typu ve Žďáru nad Sázavou s původním předpokladem zahájení produkce síhů. V současnosti je ale využíván k produkci pstruha duhového. Již několik let je úspěšně provozán RAS kombinující dánský princip čištění vody v kořenové čistírně na farmě v Bušanovicích u Prachatic, využívaný k chovu pstruha duhového. Další horizontální RAS s využitím prvků dánské technologie jsou vybudovány na několika místech v ČR (Broumov, Hynčice, Skalní Mlýn u Blanska), adaptací původních pstruhových rybníků. V roce 2010 byl vybudován a sezónně v omezeném rozsahu k odchovu raného plůdku kapra a amura byl využíván samostatný vertikální RAS, instalovaný v hale rybí farmy v Tisové u Sokolova (v současnosti mimo provoz). Menší recirkulační systémy pro chov různých druhů ryb jsou již více než deset let provozovány Rybářstvím Pohořelice ve Velkém Dvoře. Od roku 2010 byl provozován první vertikální RAS v ČR využívající teplo z bioplynové stanice zaměřený na produkci tržního sumce v Klopíně u Šumperka (v současnosti byl zrušen). V roce 2012 zahájila provoz v současnosti v ČR největší farma využívající vertikální recirkulační technologie s řadou postupně budovaných a následně vylepšovaných samostatných RAS v Rokytne u Pardubic. Farma je zaměřena na tržní produkci několika druhů ryb (pstruh duhový, úhoř, jeseterovití, candát a sumeček africký). Od roku 2013 je v provozu několik samostatných vertikálních RAS zahraniční firmy Anapartners v Praze Horních Počernicích (se zaměřením na produkci sumce, okouna a candáta). Od roku 2013 jsou v provozu propagační vertikální RAS firmy Agrico v Třeboni (využívaný k chovu sumce, candáta, sumečka a tilapie) a od roku 2014 menší RAS firmy Agrodružstva Lhota pod Libčany u Pardubic (s chovem tilapie a sumečka afrického). V roce 2015 byly uvedeny do provozu menší vertikální recirkulační systémy využívající tepla z bioplynových stanic u firmy Tilapia v Chýnově u Tábora a firmy ZOD 11. května v Milíně (se začínajícími chovy sumečka, s předpokládaným rozšířením i na chov tilapie). Další v ČR postupně budované a provozované recirkulační systémy menší a střední velikosti jsou experimentálního případně i poloprovozního charakteru na několika pracovištích FROV ve Vodňanech (první systém v provozu od roku 1985) (Lepič a kol., 2004) a v Českých Budějovicích, na Ústavu rybářství a hydrobiologie MU v Brně, Státním veterinárním ústavu v Brně, či jsou využívány k chovu okrasných ryb firmou Alcedor ve Zlivi (Štěch 2007) a firmou Rybářství Pohořelice ve Velkém Dvoře. V dením tisku se objevila zpráva o přípravě výstavby několika velkých akvakulturních jednotek na Moravě. Systémy mají využívat akvaponických technologií k tržní produkci ryb, rajčat a salátu. První farma má být situována do severomoravského Krnova. Výstavba další akvaponické jednotky se připravuje v Aši, po vzoru a ve spolupráci s podobným objektem tohoto typu v nedalekém německém městě Tettau (v obou případech jsou zdrojem tepla pro chov teplomilných ryb sklárny). Je zvažována výstavba dalších RAS u některých porozvozaných bioplynových stanic na Českomoravské vysočině aj.

Budoucí možnosti využití RAS v ČR jsou jak v produkci studenomilných druhů ryb, tzn. salmonidů (pstruha duhového, sivena amerického, hybrida sivenů, případně i pstruha obecného) síhů, tak i celé řady teplomilných druhů ryb. Mezi ně patří jeseterovití, dravé ryby (candát, okoun říční a sumec) a v neposlední řadě i tropické druhy ryb – sumeček africký a tilapie. Za druhy s největším možným potenciálem pro intenzivní chov v RAS lze vedle lososovitých, považovat candáta a sumečka afrického. Přestože byl dosavadní rozvoj těchto technologií velmi pozvolný a nesmělý, lze v posledních několika letech pozorovat výrazné zvýšení zájmu investorů o výstavbu RAS. Předpokládáme, že i v ČR dojde k masovějšímu rozvoji moderních akvakulturních technologií, podobně jako je tomu i v sousedních a dalších evropských zemích (Německo, Polsko, Maďarsko, ale zejména Dánsko a Holandsko, ale též Švýcarsko, Rakousko, Francie aj.). K výše zmíněné vysoké investiční náročnosti při výstavbě RAS může v současnosti významně přispět současná dotační politika v sektoru rybářství.

PODPŮRNÉ AKCE POŘÁDANÉ PRO ROZVOJ MODERNÍCH FOREM INTENZIVNÍ AKVAKULTURY

První specializovaný dvoudenní seminář zaměřený na problematiku využití RAS byl v ČR uspořádán ve VÚRH ve Vodňanech v roce 2008, později byly tyto akce určené pro chovatelskou veřejnost v různých modifikacích organizovány opět ve Vodňanech a v Brně. Jsou rovněž pořádány tradiční specializované mezinárodní konference (např. konference pořádaná v sudých rocích v městě Roanoake v USA) a častá školení specialistů, organizovaná EAS či WAS (Evropskou, resp. Světovou akvakulturní společností), i dalšími partnery, zaměřenými na provozování recirkulačních systémů v akvakultuře. Mimo jiného, dvoudenní školení zaměřené na využití RAS bylo součástí programu světové akvakulturní konference a výstavy v Praze v r. 2012. Na Kanárských ostrovech bylo v r. 2015 uspořádáno praktické školení se zaměřením na problematiku využití akvaponií.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla finančně podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy – projekty CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a projekty NAZV (QJ1210013 a QJ15101117).

LITERATURA

- Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140–147.
- Avnimelech, Y., 2012. *Biofloc Technology — A Practical Guide Book*. 2.vyd. The World Aquaculture Society, 272 pp.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2011. Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. *Edice Metodik (technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, č. 115, 44 s.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2012. Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby. *Edice Metodik*, FROV JU, Vodňany, č. 136, 34 s.
- Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J., 2014. A simple and effective recirculating hatchery for salmonids. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 5: 271.
- Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J., 2015a. Assessment of the suitability of brook trout in intensive recirculating hatchery compared to rainbow trout. *Czech Journal of Animal Science* (in press).
- Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J., 2015b. Back to the roots: The integration of a constructed wetland to the recirculating hatchery – case study. *PLoS ONE*, 10: e0123577.

- Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J., 2015c. Feasibility of the open recirculating system in temperate climate – a case study. *Aquaculture Research*, 12 p. doi:10.1111/are.12572 (in press).
- Colt, J., 1991. Aquacultural production systems. *Journal of Animal Science*, 69: 4183–4192.
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y., 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40: 105–112.
- D'Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Belaud, A., 2009. Water quality and rainbow trout performance in a Danish model farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering*, 40: 135–143.
- Dovalil, B., 2014. Chov ryb v akvaponickém systému. Bakalářská práce. FROV JU, Vodňany, 100 s.
- Chopin, T., 2006. Integrated multi-trophic aquaculture. What is it and why you should care and don't confuse it with polyculture. *North. Aquaculture*, 12: 4.
- Kloas, W., Wuertz, S., Rennert, B., 2011. Integration of aquaculture and hydroponic into a (nearly) emission free aquaponic system assuring recycling of process water in urban farming. [online]. ALGAE 2011, Berlin, [cit. 2011-12-02]. www: <http://media.wix.com/ugd/320218_015bbf6a35bf4b89b9040e589e99f0f0.pdf>
- Kopp, R., Ziková, A., Brabec, T., Lang, Š., Vítek, T., Mareš, J., 2009. Dusitany v recirkulačním systému rybí farmy Pravíkov. In: Kopp, R. (Ed.), *Sborník konference 60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně*. MZLU Brno, s. 105–110.
- Kouřil, J., 2009. Výhody využití recirkulačních systémů při intenzivním chovu ryb. Sb. z odborné konference k 90. výročí založení Střední rybářské školy ve Vodňanech. 6 s.
- Kouřil, J., 2013. Mají šanci recirkulační systémy v ČR? In: Urbánek, M. (Ed), *Sborník referátů 3. odborné konference, Rybářské sdružení České republiky, České Budějovice*, 6 s.
- Kouřil, J., Kujal, B., 2009. Využití recirkulačních systémů k intenzivnímu chovu ryb. *Vodohospodářský bulletin Čs. společnost vodohospodářská, České Budějovice*, s. 16–19.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU, Vodňany*, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, V., 2008b. Chov lososovitých ryb, lipana a síhů. *VÚRH JU, Vodňany*, 141 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2012. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 85 (2. vydání), 53 s.
- Lang, Š., Kopp, R., Brabec, T., Vítek, T., Mareš, J., 2011a. Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb. I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu. *Technologie R02/2011, MZLU Brno*, 27 s.
- Lang, Š., Kopp, R., Ziková, A., Brabec, T., Pfau, R., Mareš, J., 2011b. Diurnální změny vybraných hydrochemických parametrů na recirkulačním systému dánského typu při různých teplotách vody. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 4: 23–32.
- Lepič, P., Kouřil, J., Hamáčková, J., Kozák, P., 2004. Popis experimentálního rybochovného zařízení VÚRH JU Vodňany. In: Spurný, P. (Ed.), *Sborník z konference 55 let rybářské specializace na MZLU v Brně*, s. 147–152.
- Lunda, R., 2015. Chov ryb v biofloc systému. Diplomová práce. FROV JU, Vodňany, 68 s.
- Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., 2011. Nové metody v chovu ryb. Intenzivní metody chovu ryb a ochrany kvality vod. *Rybářství Třeboň Hld.*, s. 5–13.

- Martins C.I.M., Eding E.H., Verdegem M.C.J., Heinsbroek L.T.N., Schneider O., Blancheton J.P., d'Orbcastel E.R., Verreth J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43: 83–93.
- Nusl, P., Pfau, R., 2010. Intenzivní chov pstruha duhového v recirkulačním systému. In: Intenzita v chovu ryb a ekologické aspekty v rybářství. Vodňany, SRŠ a VOŠ vodního hospodářství a ekologie, s. 35–38.
- Mélard, C., Kestemont P., Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 175–180.
- Rakocy, J.E., Masse, M.P., Losordo, T.M., 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center publication, No. 454, 16 pp.
- Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey D.S., Thoman, E.S., 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 648: 63–69.
- Rasmussen, R.S., Larsen, F.H., Jensen, S., 2007. Fin condition and growth among rainbow trout reared at different sizes, densities and feeding frequencies in high-temperature re-circulated water. *Aquaculture International*, 15: 97–107.
- Shepherd, J., Bromage, N., 1988. Intensive fish farming. BPS Professional Books, Blackwell Sci. Publ. Ltd., 404 pp.
- Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M., Rennert B., 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 13: 373–380.
- Solbe', J.F. de L.G., 1982. Fish-farm effluents: a United Kingdom survey. In: Alabaster, J.S. (Ed.), Report of the EIFAC Workshop on Fish-Farm Effluents, Silkeborg, Denmark, 26–28 May 1981.
- Summerfelt, S.T, 1999. Waste-handling systems. In: CIGR (Series Ed.) and F. Wheaton (Volume Ed.) CIGR handbook of agricultural engineering: Volume II, Aquaculture Engineering St. Joseph, MI, America Society of Agricultural Engineers, pp. 309–350.
- Štěch, L., 2007. Koi. Zliv Alcedor, 350 s.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. Recirculating Aquaculture System. 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, USA, 800 pp.
- Thoman, E.S., Ingall, E.D., Allen Davis, D., Arnold, C.R., 2001. A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. *Aquacultural Engineering*, 24: 195–211.
- Urbánek, M., Šilhavý, V., Hule, M., Pokorný, J., Berka, R., Hartman, P., Andreska, J., Vácha, F., Stupka, P., Linhart, O., Spurný, P., Mareš, J., Dubský, K., Vývře, K., Pánský, K., Kouřil, J., Nebeský, V., Nováková, P., Svobodová, Z., Navrátil, S., 2015. Naše rybářství. Rybářské sdružení ČR, nakl. Typ České Budějovice, 245 s.
- Vachta, R., 2015. Ekonomika provozu a návratnost investic recirkulačních objektů. In: Urbánek, M. (Ed.), Sborník referátů 3. odborné konference, Rybářské sdružení České republiky, České Budějovice, s. 83–90.
- van Rijn, J., 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture – a review. *Aquaculture*, 139: 181–201.
- Verdegem, M.C.J., Eding, E.H., van Rooij, J.M., Verreth, J.V.J. 1999. Comparison of effluents from pond and recirculating production systems using formulated diets. *World Aquaculture*, 30: 28–36.

- Viadero, R.C. Jr., Cunningham J.H., Semmens K.J., Tierney A.E., 2005. Effluent and production impacts of flow-through aquaculture operations in West Virginia. *Aquaculture Engineering* 33: 258–270.
- Vítek, T., Mareš, J., 2009. Flow velocity conditions in the trout farm based on recirculation systém of danish technology. In: Kopp, R. (Ed.), *Sborník konference 60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně*. Brno MZLU, s. 179–180.

**ZKUŠENOSTI S PILOTNÍM RECIRKULAČNÍM AKVAKULTURNÍM SYSTÉMEM
VE FIRMĚ AGRICO S.R.O.**
*EXPERIENCE WITH PILOT RECIRCULATION AQUACULTURE SYSTEM
IN THE COMPANY AGRICO S.R.O.*

M. KAŠPARŮ, J. JAKOBARTL

AGRICO s.r.o., Rybářská 671, 379 01 Třeboň, e-mail: mkasparu@agrico.cz

Abstract

Fish farming in RAS in the world, is a quickly growing segment of agricultural production. These production facilities enable full control of the whole rearing cycle in fish production from reproduction to rearing commercial size of fish. Company AGRICO s.r.o. offers a complete technology of recirculation aquaculture systems for intensive fish farming and here you can see their experience with different technologies.

Klíčová slova: recirkulační akvakulturní systém, intenzivní chov ryb, odpadní teplo, čištění vody

Keywords: recirculation aquaculture systems, intensive fish farming, waste heat, water purification

HISTORIE FIRMY AGRICO S.R.O.

Firma AGRICO s.r.o. vznikla v roce 1991 se dvěma stálými zaměstnanci. Hlavní náplní firmy byla v té době dodávka a montáž počítačově řízených krmných technologií pro prasata. Současně se utvářela myšlenka, která se později stala obchodním sloganem podniku – „Vše pro chov a výkrm prasat“. K montážní a servisní činnosti se přidala vlastní výroba, nejprve plastových koryt a dalších dílů především pro vzduchotechniku, následně pak kovovýroba stájového hrazení, boxů a dalších technologických prvků pro farmy prasat, skotu, malých přežvýkavců a drůbeže. Posledním nabízením segmentem pro zemědělskou výrobu, se stalo v roce 2013 zařízení pro intenzivní chov ryb. Recirkulační systém (RAS) určený pro chov ryb byl postavený jako pilotní projekt.

Systém se nachází na cca 100 m² v bývalé budově pro přípravu železného materiálu pro další výrobu. RAS je postaven vertikálním způsobem, tak aby se voda čerpala jen jednou. Zároveň je rozdělen do několika nezávislých systémů, aby bylo možné v něm chovat více druhů ryb. Myšlenkou firmy je vyrábět a dodávat ověřený a plně funkční systém nejen rybářům, ale i zemědělcům.

UZAVŘENÝ RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉM CHOVU RYB S VYUŽITÍM ODPADNÍHO TEPLA Z BIOPLYNOVÝCH STANIC

Klimatické podmínky České republiky neumožňují vyšší intenzitu chovu ryb, jako jsou možnosti států nacházejících se v teplých oblastech Evropy a světa. Možností v České republice, jak zvýšit přírůstky ryb i intenzitu jsou uzavřené recirkulační akvakulturní systémy s možností teplotní manipulace vody. Udržení stálé teploty vody v našich klimatických podmínkách pro chov ryb je využívání odpadního tepla z bioplynových stanic, či tepelných elektráren, což zároveň umožňuje i chov teplomilných druhů ryb jako na příklad tlamouna nilského (*Oreochromis niloticus*) v Tisové u Sokolova (obr. 1).



Obr. 1. Tlamoun nilský (*Oreochromis niloticus* ♂) (Timmons a Ebeling, 2010).

Fig. 1. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* ♂) (Timmons and Ebeling, 2010).

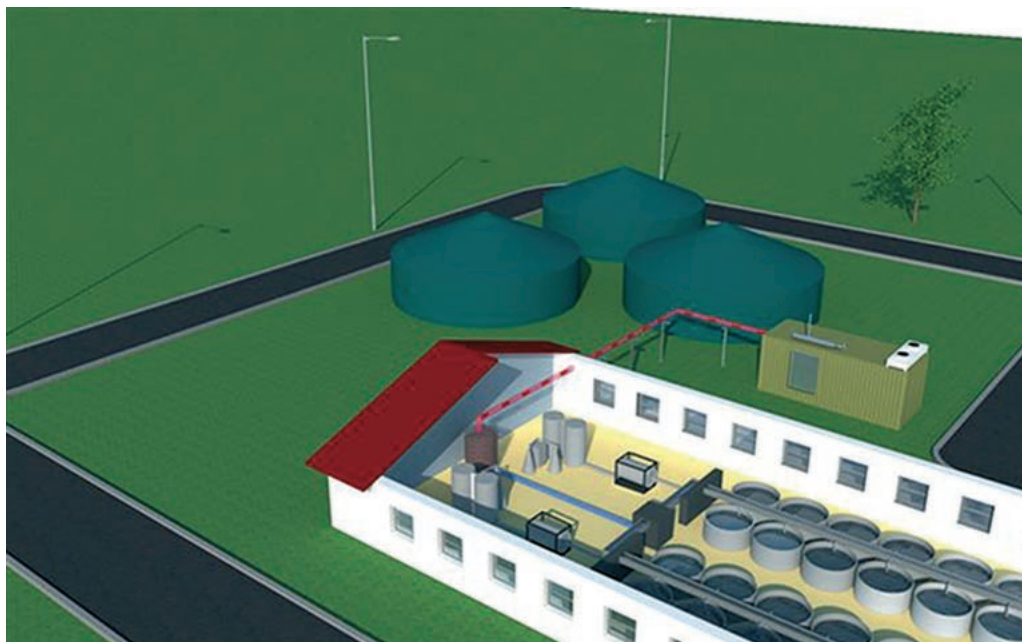
MNOŽSTVÍ ENERGIE Z BIOPLYNOVÝCH STANIC V ČESKÉ REPUBLICE A JEJÍ VYUŽITÍ V RECIRKULAČNÍM ZAŘÍZENÍ

Podle Národního akčního plánu pro obnovitelné zdroje z roku 2010 by v roce 2020 měly být v ČR v provozu bioplynové stanice o celkovém instalovaném výkonu 147 MW_e a vyrábět okolo 3 000 GWh_e ročně, tedy asi dva a půl násobek dnešní hodnoty. Celkem je možné očekávat potenciál disponibilního tepla ve výši cca 8 500 TJ ročně (za předpokladu převažující výroby v kogeneračních jednotkách). Jakkoli je tato tepelná energie velmi rozptýlená a často obtížně využitelná z důvodů umístění bioplynové stanice, s ohledem na uvedený potenciál se jistě vyplatí uvažovat o celkové strategii jejího využití (Šafařík, 2012).

Snaha o vyšší efektivitu produkce a minimalizaci vstupů vede k dynamickému rozvoji zejména v oblasti intenzivních chovů ryb, které jsou v řadě případů založeny na recirkulaci vody. V recirkulačních zařízeních lze zajistit optimální podmínky pro chov ryb jak z hlediska kvality vody, tak i z hlediska dávkování krmiva při nízkých nárocích na množství přitékající vody. Voda využívaná v recirkulačním zařízení je čištěna a tím neovlivňuje fyzikálně-chemické složení vod pod tímto zařízením (recipient). Odpadní voda je pouštěna do odpadních jímek, nebo na čistírnu odpadních vod. Provoz recirkulačního zařízení je nezávislý na měnících se přírodních a klimatických podmínkách (Martins a kol., 2010).

Při intenzivním chovu ryb v uzavřených recirkulačních zařízeních je důležité udržení stálé teploty vody pro dosažení maximálních přírůstků ryb. Teplota vody ovlivňuje příjem krmiva a tím i růst chovaných ryb. Odpadní teplo použité z bioplynových stanic k ohřevu vody je ideální pro udržení požadované intenzity chovu ryb a také snižuje náklady provozu zařízení (obr. 2).

U tepla, které je použito z bioplynových stanic je důležité zajistit kontinuitu ohřevu vody používané v akvakultuře. Kontinuita ohřevu vody a striktní dodržování požadovaných teplot je nejen výhodná z hlediska hospodaření energie, ale zároveň poskytuje rybám (i biofiltrům) vhodné a stabilní podmínky směřující k maximalizaci produkce. Proto je důležité vybudovat záložní zdroj tepla, aby se předešlo případným problémům výpadku hlavního tepelného zdroje tepla pro ohřev vody v recirkulačním zařízení (Fuka, 2013).

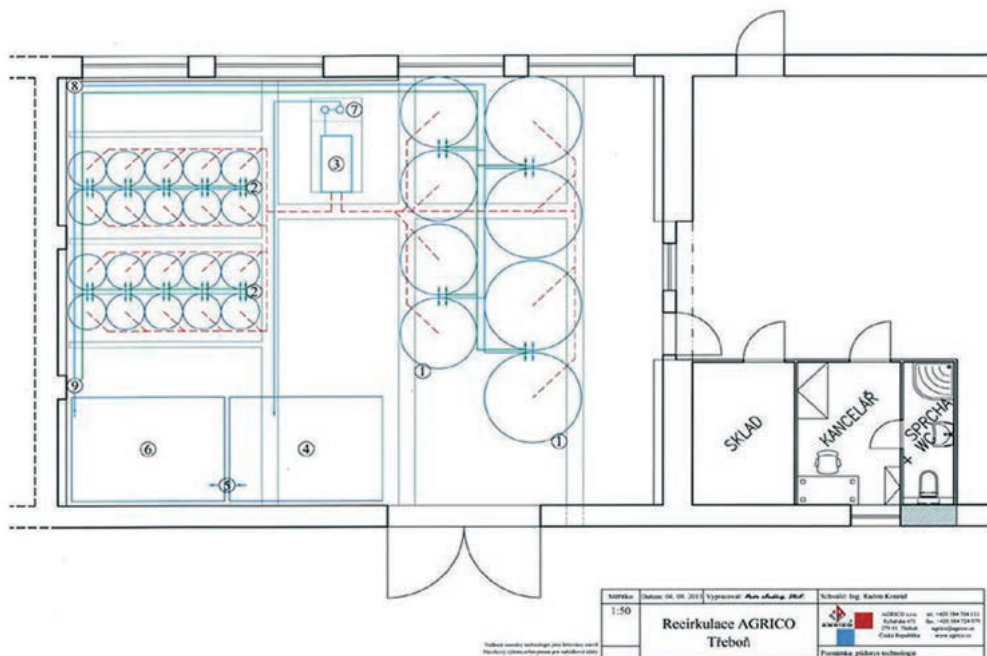


Obr. 2. Návrh vytápění odpadním teplem recirkulačního akvakulturního systému (Šindelář, 2013).

Fig. 2. Design of using waste heat for RAS (Šindelář, 2013).

PILOTNÍ RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉM VE FIRMĚ AGRICO S.R.O.

Technologie recirkulačního systému (RAS) byla postavena na ploše 100 m² v areálu firmy v budově bývalé zpracovny železa. Jedná se o vertikální recirkulační akvakulturní systém (obr. 3.). Tato technologie umožňuje maximální využití daného prostoru. Technologie umožňuje odchovat až 2500 kg sumce velkého při hustotě obsádky (130 kg.m⁻³ vody). RAS se skládá z 20 malých odchovných bazénů (V = 300 l vody) a 8 velkých odchovných bazénů (V = 4 x 2 000 l a 4 x 2 500 l vody). Technologie čištění a desinfekce vody se skládá z mechanického čištění, biofiltru (filtrační médium ve vzhledu pomocí vzduchovacích válců). Desinfekce vody je zabezpečena UV lampami a ozónem. Teplota vody je zabezpečena tepelným výměníkem v zásobní nádrži. Voda se v tomto systému čerpá jen jednou, a to v nejnižším místě technologie, kde jsou umístěna čerpadla a mechanický filtr. Nátok vody z odchovných bazénů do mechanického filtru je zabezpečen gravitačním samospádem vody. Mechanicky vyčištěná voda je čerpána do biofiltru, kde je díky nitrifikačními bakteriemi zbavena rozpuštěných látek ve vodě (především amonné ionty, dusitany, dusičnany). Voda je poté desinfikována a v zásobní nádrži doplněna o ztrátu vody (výpar, odkalování) v systému. Ze zásobní nádrže voda teče samospádem zpět do odchovných bazénů.



Obr. 3. Schéma pilotního recirkulačního systému (Šedivý, 2013).

Fig. 3. Scheme of the pilot project RAS technology (Šedivý, 2013).

Pozn. 1,2 odchovné kruhové nádrže, 3 mechanický bubnový filtr, 4 biofiltr, 5 ozonizátor, 6 zásobní nádrž surové vody + ohřev, 7 čerpadla osazená do potrubí, 8 rozvod vzduchu, 9 rozvod okysličené vody.

Chovanými druhy ryb v RAS byly sumec velký (*Silurus glanis*), keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*), tlamoun nilský a candát obecný (*Sander lucioperca*).

Sumec velký

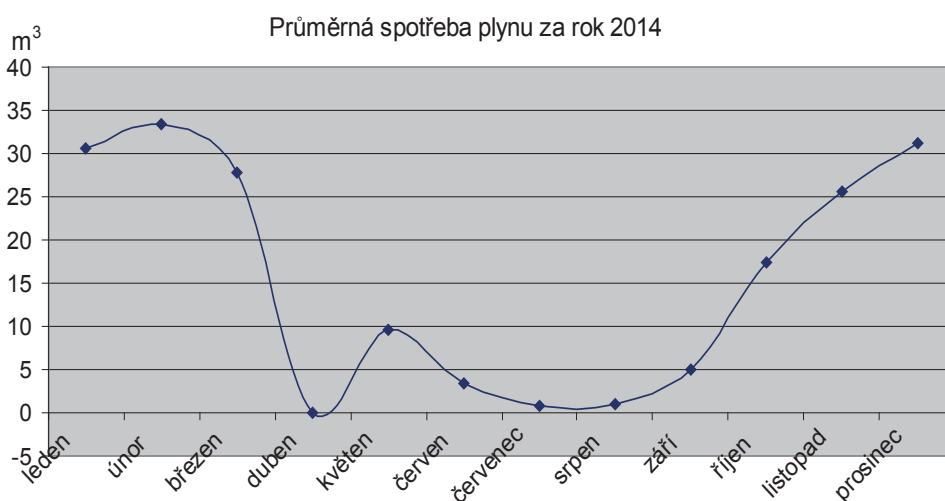
První nasazení RAS bylo plůdkem sumce velkého v počtu 6900 kusů, o průměrné hmotnosti 3,74g. Chov trval 180 dnů do průměrné hmotnosti 650g. Mortalita ryb během chovu činila 6,9%. Krmný koeficient FCR byl 1,03, což znamená, že na 1kg přírůsteku váhy ryby je potřeba 1,03kg předkládaného krmiva. Celková váha ryb v RAS na konci chovu sumce velkého činila 2 456kg. Náklady na chov sumce velkého jsou shrnuty v následující tab. 1. Průměrná spotřeba plynu značně kolísala v průběhu roku v závislosti na venkovních klimatických podmínkách (obr. 4.).

Tab. 1. Náklady během chovu sumce obecného v recirkulaci AGRICO s.r.o. bez odpisu technologie.

Tab. 1. Total costs during the rearing of catfish in RAS belonging to AGRICO s.r.o.

		Cena Kč/jednotka	Provoz/den/Kč	Celkové náklady Kč za období chovu (180 dnů)
Spotřeba plynu (kWh.den ⁻¹)	35	1,10*	38,5	6 930
Spotřeba elektřiny (kWh.den ⁻¹)	85	4,85*	412	74 205
Spotřeba vody (m ³ .den ⁻¹)	3	30*	90	16 200
Obsluha (hod.Kč ⁻¹)	4	200	800	144 000
Spotřeba krmiva kg.den ⁻¹	13,5	35	472	84 960
Spotřeba kyslíku kg.den ⁻¹	20	7	140	25 200
Celkem				351 495

*možnost vlastních zdrojů



Obr. 4. Průměrná spotřeba plynu v RAS AGRICO za rok 2014.

Fig. 4. Average gas consumption in AGRICO RAS for 2014.

Candát obecný

Druhé nasazení RAS bylo plůdkem candáta obecného, v počtu 10 000 kusů, o průměrné hmotnosti 1g. Mortalita ryb během chovu činila 40 %. Krmný koeficient FCR byl 1,3, což znamená, že na 1kg přírůstků váhy ryby je potřeba 1,3kg předkládaného krmiva. Celková váha ryb v RAS na konci chovu candáta obecného činila 33,58kg. Maximální velikost candátů dosahovala 80–100 g.

Keříčkovce červenolemý a tlamoun nilský

Aktuálně je v našem systému nasazen plůdek tlamouna nilského (1 500ks) a plůdek keříčkovce červenolemého v počtu 2 000ks.

REFERENČNÍ VERTIKÁLNÍ RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉM SMOLOTELY

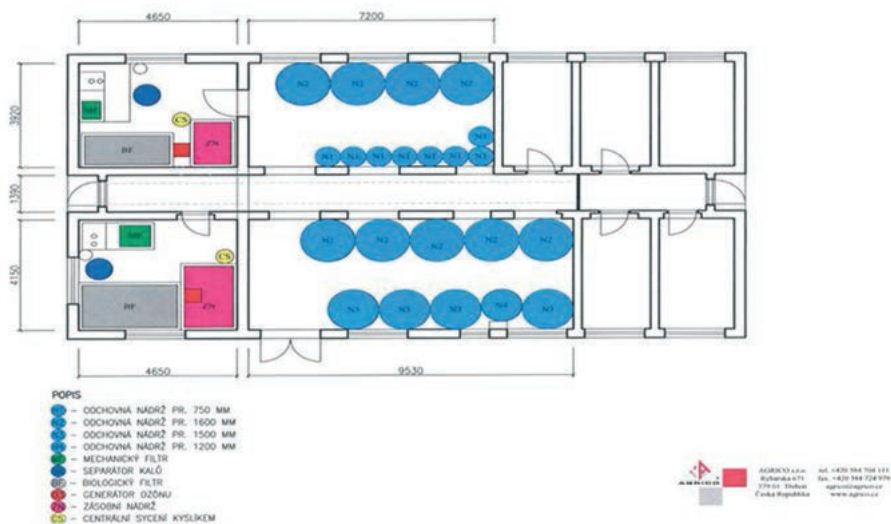
Recirkulační akvakulturní systém Smolotely (obr. 5) a (obr. 6), se nachází nedaleko města Příbram ve Středočeském kraji. Stavba systému se nachází v budově bývalých kanceláří na zemědělské farmě ZOD 11. Květen a.s. Milín s bioplynovou stanicí. Technologie RAS je složena ze dvou samostatně oddělených systémů (okruhů). Technologie se přizpůsobila stávajícím prostorům, tak aby byl prostor co nejefektivněji využit. Do systému byl nasazen keříčkovce červenolemý. Tato ryba byla zvolena pro svoji nízkou náročnost na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a možnosti chovu ve velmi zhuštěných obsádkách (až 500 kg.m⁻³). V tomto rybochovném objektu lze vyprodukovat 16 tun tržních ryb ročně s průměrnou váhou 600 g. Tento systém umožňuje nejen odchovávat keříčkovce červenolemého, ale i další druhy ryb.

Pro ohřev vody je využito odpadní teplo z bioplynové stanice, která je umístěna v areálu společnosti.

Technické parametry systému:

Z hlediska teplotních režimů vody je hala rozdělena do dvou samostatných úseků. Průměrná teplota vody je v rozmezí 22–27 °C.

Provoz objektu se skládá z vlastního rybochovného zařízení a z technologického zázemí. Vlastní dispozice rozmístění odchovných bazénů a strojovny vodního hospodářství je zřejmá z výkresové dokumentace (obr. 5). V přízemí budovy je navržen provoz dvou samostatných recirkulačních systémů.



Obr. 5. Schéma projektu RAS (Šedivý, 2013).

Fig. 5. Scheme of the RAS technology (Šedivý, 2013).

1. Samostatný okruh 1

Odchovné bazény o Ø 750 mm (8 ks) s $V_{\text{nádře}} = 300\text{ l}$ a odchovných bazénů o Ø 1 600 mm (4 ks) s $V_{\text{nádře}} = 2\,000\text{ l}$.

V této části lze odchovávat na jedno nasazení plůdku sumečka afrického až 3 120 kg živé váhy.

2. Samostatný okruh 2

Odchovné bazény o Ø 1 200 mm (1 ks) s $V_{\text{nádře}} = 1\,130\text{ l}$, o Ø 1 500 mm (4 ks) s $V_{\text{nádře}} = 1\,760\text{ l}$, o Ø 1 600 mm (5 ks) s $V_{\text{nádře}} = 2\,000\text{ l}$.

V této části lze odchovat na jedno nasazení sumečka afrického až 5 459 kg živé váhy.

Technologická část

U obou okruhů se RAS skládá z těchto komponentů - mechanického čištění, biologického čištění, desinfekce (UV záření a ozonizace vody) a zásobní nádrže, kde je voda dohřívána na požadovanou teplotu pomocí teplovodního výměníku uvnitř zásobní nádrže.

Mechanické čištění je první stupeň čištění v RAS. Skládá se z bubnového mechanického filtru (filtrace nečistot od 60 μm) a separátoru kalu. Filtr je umístěn uvnitř nerezového nebo betonového tanku a je ponořen asi z 60 %. Voda obsahující částice nečistot prochází ve směru osy rotace dutým bubnem, na kterém jsou po obvodu upevněny disky filtru, a gravitačně přes ně protéká zevnitř ven. Disky jsou vyrobeny z nerezového rámu podpírajícího PP (polypropylén) konstrukci, na které je bez použití lepidla upevněna filtrační tkanina. Pevné částice jsou zachycovány na vnitřní straně filtračních elementů (Kunorza, 2012).

Biologický filtr je zde zvolen na bázi bioelementů ve vznosu. Tím je zajištěna vysoká účinnost biologického čištění vody. Pro správnou funkci biologického filtru je nezbytné, aby filtrační materiál měl co možná největší povrch při zachování průtoku vody a aby se voda ve filtru zdržela dostatečnou dobu na to, aby bakterie byly z vody schopné přijmout amoniak a dusitany a přeměnit je na dusičnany. Toho je v dnešní době docilováno převážně použitím různě tvarovaných plastových výlisků nebo odlitků, které výše zmíněné parametry splňují. Zároveň je nezbytné, aby byl materiál výlisků inertní a neuvolňoval do vody žádné škodlivé látky. To by mohlo negativně ovlivnit nejen chované ryby, ale hlavně vznik nárostů bakterií nezbytných pro správnou funkci biofiltru. Dokud by se tyto látky nevyplavily, nedošlo by k oživení biofiltru a nastartování jeho funkce (Lang a kol., 2013).

Desinfekce vody je zajištěna pomocí UV lamp a ozónu. Ozon v přírodě vzniká působením UV záření a při bouřkách vlivem blesků, kdy dochází ke korónovému výboji a vzniku ozonu. Ozon vzniká i v nízkých nadzemních výškách vlivem působení smogu a záření. K technologickému využití je nutné ozon uměle vyrábět pomocí UV lamp nebo prostřednictvím korónového výboje ozonu (Hrdlička, 2013).

Ozon jako nejsilnější dostupný oxidant působí na bakterie a viry velmi účinně. Bakterie jsou malé jednobuněčné mikroorganismy, které mají jednoduchou strukturu. Ozon narušuje metabolismus buněk, přičemž dochází k prasknutí buněčné stěny a tím k ničení bakterií. Viry jsou nebuněčné parazitické organismy. Samy nejsou aktivní, ale k rozmnožování potřebují hostitelskou buňku. Stavba viru je jednoduchá. Je tvořen nukleonovou kyselinou (DNA nebo RNA) a bílkovinným obalem. Vlivem ozonu dochází k narušení bílkovinného obalu a tím ke zničení viru (Fendrych, 2010).



Obr. 6. Odchovné bazény pro chov ryb v RAS Smolotely (foto: M. Kašparů).

Fig. 6. Rearing tanks in RAS Smolotely (photo: M. Kašparů).

SOUHRN

V České republice mohou být intenzivní recirkulační systémy chovu ryb z nejvíce perspektivních druhů podnikání v zemědělské prvovýrobě. Jak pro klasické rybáře, tak pro podnikatele, kteří vsadí na intenzivní produkci ryb „pod střechou“, se otevírají značné možnosti odbytu a tím i možné ekonomické prosperity. Nejnověji to potvrzují i data Organizace OSN pro výživu – FAO. Podle nich totiž díky vyšší poptávce, postupnému omezování mořského rybolovu a růstu nákladů na produkci ryb v posledních letech dramaticky rostou ceny ryb. Jen v porovnání se stejným obdobím loňského roku (2009) se zvýšily v polovině roku 2010 světové ceny ryb o rekordních 15 procent (FAO, 2010).

LITERATURA

- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C., Heinsbroek, L.T., Schneider, O., Blancheton, J.P., Verreth, J.A.J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43: 83–93.
- Fendrych, A., 2010. Studium kinetiky samovolného rozpadu ozónu ve vodě. Disertační práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 84 s.
- Kunorza, M., 2012. Vřeteník pro zavěšení rotačního filtru. Disertační práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 73 s.
- Lang, Š., Teplý, M., Brabec, T., Kopp, R., Mareš, J., 2013. Biofiltry v recirkulačních systémech, Mendelova univerzita v Brně, Součástí sborníku *Recirkulační akvakulturní systémy*, 83 s.
- Timmons, M. B., Ebeling, J. M., 2010. *Recirculating Aquaculture* Cayuga Aquaculture Ventures. Ithaca, NY, USA. 939 pp.
- FAO, 2010 State of world fisheries and aquaculture [online]. Food and agriculture organization of the united nations, [cit. 2013 – 20 – 08]. Dostupné z < <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf> >.

- Hrdlička, K., 2013. Vznik ozonu [online], [cit. 2015-07-10]. Dostupné z <<http://www.triotech.cz/o-ozonu/vznik-ozonu>>.
- Šafařík, M., 2013. Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla, CZ Biom – České sdružení pro biomasu 2012. [online]. 2012-03-13 [cit. 2015-07-23]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>
- Fuka, V., 2013. Vedle bioplynu i ryby. Profi Press, Zemědělec 50: 20–21.
- Šedivý, P., 2013. Schéma pilotního recirkulačního systému. Projekce AGRICO s.r.o.
- Šindelář, M., 2013. Návrh vytápění odpadním teplem recirkulačního akvakulturního systému. projekce AGRICO s.r.o.

**RECIRKULAČNÍ SYSTÉM „DÁNSKÉHO TYPU“ PRO INTENZIVNÍ CHOV
LOSOSOVITÝCH RYB**

**THE RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM OF DANISH TYPE FOR INTENSIVE FARMING
OF SALMONIDS**

J. MAREŠ, Š. LANG, P. ŘEZNIČKOVÁ, R. KOPP

Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno,
mares@mendelu.cz

Abstract

Danish type recirculation systems use large amounts of air blown in to various parts of the system to move the water, rise oxygen saturation and degass CO₂ from the water. They are horizontal partial recirculation systems (semi-closed systems) enabling repeated use of water. They use quick circulation of water corresponding to the exchange at the level of 5 to 10 times per hour in breeding raceways. This system generally uses the horizontal recirculation with low levels of height difference in the individual sections. It is based on minimal need of water exchange. Currently there are three systems built CR, one of them is currently radically upgraded. There is many different variants and constructions of airlifts used in such systems.

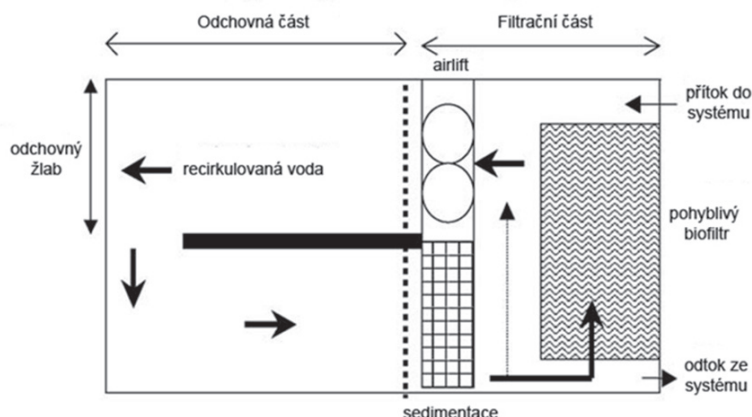
Klíčová slova: pstruh duhový, siven americký, biofiltr, akvakultura, airlift

Keywords: rainbow trout, brook trout, biofilter, aquaculture, airlift

Celosvětová produkce ryb v akvakulturních systémech tvoří v současnosti přibližně třetinu zdrojů ryb. Vedle různých technologií využívajících rybníční podmínky se zvyšuje podíl ryb produkovaných v intenzivních chovech a technických akvakulturách. Mezi takové patří recirkulační systémy, využívané již několik desítek let. Nezávislost na celoročním zdroji kvalitní vody, optimalizace podmínek, minimalizace dopadu intenzivního chovu na životní prostředí, snížení rizika přenosu nemocí a zrát způsobených predátory, to jsou jejich výhody. Investiční náročnost a požadavky kladené na úroveň personálu, spolu s často vysokou energetickou náročností, jsou naopak nevýhodou. To jsou nejčastěji uváděné informace (Blancheton, 2000).

Jedním z typů recirkulačních systémů je RAS pro chov lososovitých ryb vyvinutý v Dánsku (obr. 1). Jeho vývoj vycházel z legislativního omezení množství využívané vody a postihujícího vypouštění vody odpadní a z potřeby kvalitní vody pro chov ryb (Jokumsen a Svendsen, 2010). V současnosti jsou dánské farmy omezeny množstvím krmiva, které mohou ročně využít, a to podle množství odpadní vody vypouštěné do recipientu. Principem těchto horizontálních recirkulačních systémů jsou airlifty, prostřednictvím nichž je vháněno do vody velké množství vzduchu, zajišťující pohyb vody, výměnu plynů a pohyb elementů v plovoucí části biofitru (Mozes a kol., 2002; Lareau a kol., 2004). Dmychadly hnaný vzduch je potrubím rozváděn do několika typů airliftů rozmístěných v recirkulačním systému. Základem pohybu vody je hluboký airlift, umístěný v hloubce do 2,5 metrů, zajišťující pohyb vody v systému, tedy od biofiltru do chovných nádrží a zpět do filtru. Pohyb vody v chovných žlabech zajišťuje nízkotlaký airlift, umístěný ve žlabu naproti přítoku. Ten způsobuje cirkulaci vody v chovných žlabech odpovídající výměně vody ve žlabu 5–10krát za hodinu. Další perforované potrubí přivádí vzduch do plovoucího biofitru. Ze sekce plovoucího biofitru přechází vody do jednotlivých paralelně řazených sekcí (bazénů) s ponořeným biofitrem. Za ponořeným biofitrem umístěný rošt zajišťuje odplynění vody po průchodu filtrací. Vzduch vháněný do potrubí s většími otvory v ponořené části biofiltru zajišťuje podle potřeby jeho čištění.

Obecně patří tento systém do tzv. horizontálních recirkulačních systémů, charakterizovaných nízkým výškovým rozdílem hladiny v jednotlivých sekcích systému. Je založen na minimální potřebě přitékající čerstvé vody. Tu je nutno do systému dodávat pouze pro vyrovnání ztrát odparem a čištěním. Předpokladem fungujícího systému je dostatečný objem a kapacita bioftru, vhodná péče o bioftr a odkalování jednotlivých žlabů. Obecně platí, že pokud správně funguje bioftr, nejsou v těchto systémech problémy s produkcí a zdravotním stavem ryb (Kouřil a kol., 2008).



Obr. 1. Schéma jedné z možných variant technického řešení recirkulačního systému dánského typu (převzato a upraveno z d'Orbcastel a kol., 2009; Vitek a kol., 2011).

Fig. 1. Scheme of one possible variant of technical solution of recirculation system – Danish type (taken and modified from d'Orbcastel et al., 2009; Vitek et al., 2011).

V občasnosti jsou v České republice v provozu tři recirkulační systému dánského typu, a to Pstruhařství Mlýny firmy Josef Bláhovec ve Vacově (Vacov-Žár, u obce Stachy), systém v Pravíkově (nedaleko Kamenice nad Lipou) firmy BioFish s.r.o. a nejnovější ve Žďaru nad Sázavou (Kinský Žďár a.s.). Nicméně nízkotlaké difuzéry v chovných nádržích využívá celá řada dalších farem.



Obr. 2. Recirkulační systém Pstruhařství Mlýny (Žár, původní vzhled systému) a RAS v Pravíkově (foto: J. Mareš).

Fig. 2. RAS in Pstruhařství Mlýny (Žár, original appearance of the system) and RAS in Pravíkov. (photo: J. Mareš).

Pstruhařství Mlýny (obr. 2) se nachází na místě původního mlýna, na kterém hospodaří rodina Bláhovců již od roku 1850. Okolo roku 1935 se zde začala plánovat realizace pstruží líhně a odchovu pstruhů v zemních rybnících. Do začátku 2. světové války se ale stihla realizovat pouze líheň, která byla v provozu od r. 1938 do konce 70. let. Inkuboval se zde zejména pstruh potoční (*Salmo trutta* m. *fario*), ale i siven americký (*Salvelinus fontinalis*) a lipan podhorní (*Thymallus thymallus*). Současné Pstruhařství Mlýny bylo založeno r. 1999. V roce 2002 byl vystavěn nový průtočný náhon s max. produkcí 11 tun ryb ročně. Od r. 2005 si firma sama zpracovává ryby ve vlastní certifikované zpracovně ryb. V r. 2006 se začala výstavba recirkulačního systému dánského typu, který v letech 2007–2008 postupně nabíhal do provozu. Od r. 2008 si Pstruhařství Mlýny začíná odchovávat vlastní nasadový materiál v pstruží líhni. Kompletní výstavba a úpravy recirkulační líhně byly ukončeny v r. 2012. Během r. 2009 bylo pstruhařství dvakrát zasaženo téměř likvidačními povodněmi. V r. 2013 bylo provedeno zastřešení recirkulačního systému dánského typu. Farma je lokalizována v nadmořské výšce přibližně 650 m.

Recirkulační systém v Žáru byl projektován na roční produkci přibližně 100 tun pstruha duhového, s jednorázovou kapacitou 40 tun (Buřič a Kouřil, 2011). Celkový objem systému byl přibližně 1000 m³ vody. Objem chovných žlabů (v počtu 10) a rozvodných žlabů tvoří přibližně 50 % objemu. Zbytek připadá na biofiltr. Produkční objem žlabů je 360 m³. Do systému byl třemi dmychadly na různá místa vháněn vzduch. Pohyb vody zajišťovalo nejvýkonnější dmychadlo s výkonem 11 kW, které vhání vzduch do hlubokého airliftu, umístěného v hloubce přibližně 3 m. Tím vzniká převýšení hladiny o přibližně 10 cm, dostatečné pro pohyb vody v celém systému. Celkový průtok systémem je přibližně 300 l.s⁻¹. Lze tak počítat s přítokem do chovných žlabů na úrovni 30 l.s⁻¹. Přítok do nádrží je jednoduše regulován velikostí vtokového okna, prostřednictvím pohyblivých plastových hradítek. Uvedený přítok zajistí výměnu vody ve žlabu přibližně 3krát za hodinu. Další dmychadlo (5,5 kW) dodává vzduch do plovoucí sekce biofiltru. Tím je zajištěn pohyb jednotlivých elementů i saturace biofiltru kyslíkem. S jeho pomocí je prováděno čištění jednotlivých komor ponořeného biofiltru. Třetí dmychadlo je určeno pro dodávku vzduchu do odplyňovacího roštu, navazujícího na ponořený biofiltr, a do jednotlivých airliftů umístěných v chovných žlabech. Ty zajišťují odplynění vody, dotaci vody kyslíkem a cirkulaci vody ve žlabu.

Zdrojem vody pro systém v Žáru je drenáž, resp. drenážní jímka umístěná pod objektem RAS, zachycující průsak vody z přibližně 3 m vzdáleného řečiště říčky Spůlky. Drenáž zajišťuje přítok přibližně 3 l.s⁻¹. Toto množství pokrývá ztráty vody při čištění biofiltru, odkalování nádrží a odparem. V současné době produkční recirkulaci doplňuje líheň s odchovným systémem využívající rovněž recirkulaci vod. V současnosti je celý systém rekonstruován. RAS v hale je v současnosti tvořen kruhovými plastovými nádržemi pro chov ryb a nádržemi tvořícími biofiltr. Z původního systému zůstaly zachovány jen betonové nádrže, které budou sloužit k umístění plastových nádrží. Celý systém bude doplněn bubnovými mechanickými filtry a kompletně rekonstruován tak, aby eliminoval možnost výskytu parazitů.

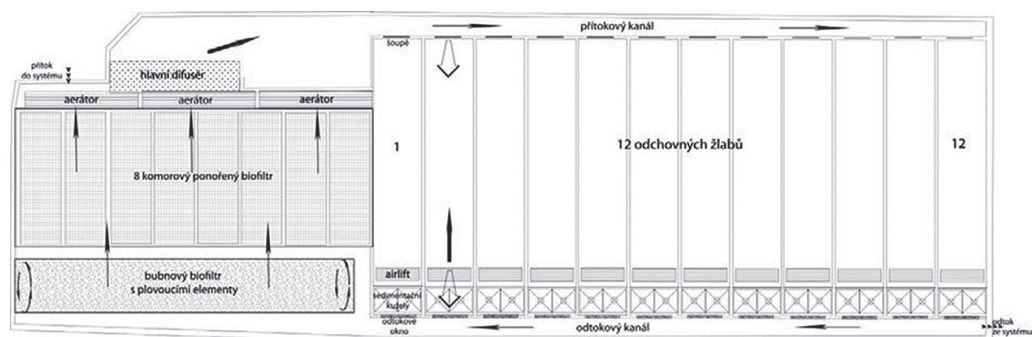
Chovné zařízení v Pravíkově, patřící firmě BioFish s.r.o., je lokalizováno nedaleko Pelhřimova na Českomoravské vrchovině v nadmořské výšce 600 m n. m. (obr. 2 a 3). Vlastní objekt recirkulačního systému je téměř identický se systémem vybudovaným v Žáru. Určen je pro produkci lososovitých ryb do tržní (tabulové) velikosti (pstruh duhový, siven americký). Schéma systému je uvedeno v dalších příspěvcích.

Objekt je vybudován na základě projektu s využitím prvků dánské technologie a s použitím rovněž 3 nízkotlakých difuzérů, zajišťujících pohyb vody v systému, dotaci vody kyslíkem a pohyb plovoucí náplně v biologickém filtru. Doplnkově jej jejich výkon využít pro odkalování pevné části biofiltru a výlov ryb z chovných žlabů. Celý systém má objem přibližně 1 000 m³ a funguje na principu opakovaného využití vody s kontinuálním přítokem do systému (částečná

recirkulace). V závislosti na množství připouštěné vody je možná výměny 1x za 36 h. Chovná část je tvořena 12 paralelně řazenými žlaby o délce 11 m a šířce 2 m. Výška vodního sloupce je 1,6 m. Každý žlab má objem přibližně 35 m³. Každý žlab je vybaven vlastním difuzérem a dvojicí sedimentačních kuželů. Ty jsou oddělené od chovaných ryb mříží. Každý difuzér je vybaven regulačním ventilem, umožňujícím upravit množství přiváděného vzduchu. Žlaby jsou vybaveny otvorem pro slovování. Zahrazením odtokového okna a otevřením uvedeného otvoru je možné celou obsádku žlabu vypustit přímo na třídičku nebo do přepravní bedny. Další část, přibližně jednu polovinu objemu RAS, tvoří biofiltr. Ten je tvořen sekcí s plovoucí náplní, na kterou navazuje část s náplní ponořenou (8 komor). Čerpání vody z filtru a její rozvod do jednotlivých chovných žlabů je zajištěn hlubokým airliftem, umístěným v hloubce přibližně 2,5 m. Umístění v této hloubce však způsobuje přesycení vody dusíkem (N₂).

Výměna vody v jednotlivých chovných nádržích je regulována velikostí nápuštného otvoru. Proud vody v těchto nádržích je tvořen jednak proudem přitékající vody a dále výkonem roštu z perforovaného potrubí (nizkotlakého airliftu) umístěného na opačné straně žlabu (tedy proti přítoku), do kterého je přiváděn vzduch z jednoho z difuzérů. Přívod vzduchu je regulován a vytváří protiproud. Umístění roštu s přívodem vzduchu nade dnem nádrže způsobuje efekt vzduchové pumpy, kdy proud vody je směřován pomocí pevné desky umístěné za roštěm. Proud vody protékající žlabem těsně nade dnem odplavuje sedimenty, které se usazují v sedimentačních kuželech na konci chovných nádrží za vzduchovacím roštěm (obr. 4).

Zdrojem vody pro uvedený chovný systém je alternativně podzemní voda z vrtu nebo potok přitékající ze zalesněného okolí. Zdroje vody mají diferencovanou hydrochemickou charakteristiku. Nejvýznamnější rozdíl je v jejich vydatnosti, teplotě a tvrdosti.

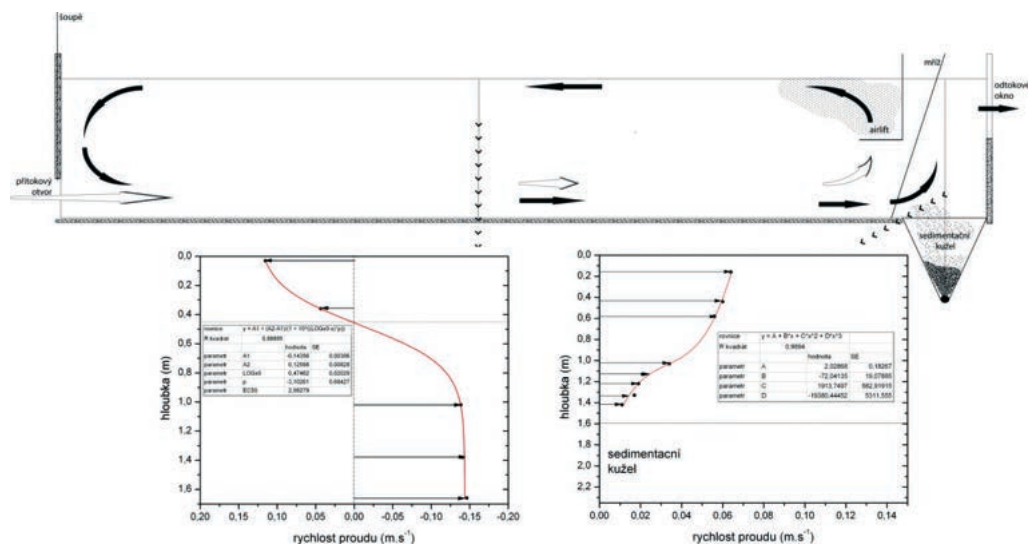


Obr. 3. Schéma konkrétního řešení recirkulačního systému dánskému typu na rybí farmě v Pravíkově (Vítek a kol., 2011).

Fig. 3. Scheme of a specific solution of recirculation system (Danish type) in fish farm in Pravíkov (Vítek et al., 2011).

Systém byl vybudován a uveden do provozu v polovině roku 2009. Po optimalizaci jednotlivých kroků technologického cyklu a zaběhnutí systému se produkce tržních ryb v celém chovném systému očekává na úrovni 30–50 tun ročně. Maximální produkce by podle projektu mohla dosáhnout při optimálních podmínkách až 100–120 tun tržních ryb ročně.

Recirkulační systém ve Žďáru nad Sázavou je v areálu sádek, vychází ze systému popisovaného v Pravíkově, s mírnou úpravou v umístění difuzérů. Zdrojem vody jsou dva vrt. Systém je doplněn nádržemi na slovování ryb. Do provozu byl uveden v roce 2013. V průběhu roku 2014 byl odladován jeho provoz včetně nově využívané metody zkrácení náběhu biofiltru s využitím bioaugmentace a cílenou výživou biofiltru před nasazením chovaných ryb.



Obr. 4. Schéma pohybu vody a rychlosti proudu v chovném žlabu (Vítek a kol., 2011).

Fig. 4. Movement pattern and velocity of water flow in the breeding chute (Vítek et al., 2011).

Jiným systémem je využití recirkulace s dvěma průtočnými souběžnými kanály (raceways). Na konci kanálů je za sedimentačními kužely či žlaby (případně mikrosítovými filtry) umístěn biofiltr, do kterého přichází vody z jednoho z kanálů a po průtoku a vyčištění je hnána do kanálu druhého. Každý z kanálů je rozdělen na několik sekcí, oddělených mřížemi, se sedimentačními kužely (žlaby) a navazujícím mělkým airliftem. Hloubka žlabů je 1–1,5 m (obr. 5 a 6). Jednodušší systém s jednou sekcí v každém žlabu je využíván pro produkci násadového materiálu (Dánsko, Hallundbaek). Obdobně je, bohužel zatím bez bioftru (jeho konstrukce a efekt je v současnosti testován), využíván pro produkci násadového materiálu na farmě v Pravíkově (obr. 7).



Obr. 5. Systém pro odchov násadového materiálu (vlevo) a produkčních kanálů (Hallundbaek, Dánsko) (foto: J. Mareš).

Fig. 5. System for rearing of stocking material (left) and production channels (Hallundbaek, Denmark) (photo: J. Mareš).



Obr. 6. Airlift a biologický filtr uvedeného systému (Hallundbaek, Dánsko) (foto: J. Mareš).

Fig. 6. Airlift and biological filter of abovementioned system (Hallundbaek, Denmark) (photo: J. Mareš).



Obr. 7. Systém pro produkci násadového materiálu (Pravíkov) (foto: J. Mareš).

Fig. 7. System for the production of stocking material (Pravíkov) (photo: J. Mareš).

Další možností je využití tohoto principu v kruhových nádržích o hloubce několika metrů, kdy ve středu nádrže je umístěn airlift, vytvářející proud vody (obr. 8). Čištění je realizováno v biofiltru společném pro několik těchto nádrží s předsazeným mikrosítovým filtrem.



Obr. 8. Kruhové nádrže využívající airliftu (Dánsko) (foto: J. Mareš).

Fig. 8. Circular tanks using airlift (Denmark) (photo: J. Mareš).

Prvky z recirkulačního systému dánského typu, tedy nízkotlaký airlift, případně v kombinaci se sedimentačními kužely, jsou využívány v řadě farem při modernizaci jejich technologií. Standardně je využíván nízkotlaký airlift se stěnou vybudovanou z různých materiálů. Toto

vylepšení nevyžaduje stavební úpravy chovných nádrží a zvyšují násobně jejich produkční kapacitu. Lze se s nimi setkat v běžných nádržích či betonových žlabech (např. Velká Losenice či Pravíkov, obr. 9). Airlift je zpravidla umístěn naproti přítoku před výpustní zařízení. Efekt je vytvoření protiproudu, zlepšení pohybu vody v celém prostoru nádrže a obsahu plynů ve vodě. Jinou kombinaci využívá např. Pstruhařství Skalní Mlýn, kde jsou využity v chovných žlabech podélné difuzéry. Část produkčních žlabů je napojena recirkulační systém se sedimentačními kužely a hlubokým airliftem. Ten je využíván zejména v období při nedostatku vody.



Obr. 9. Vložený airlift se stěnou v běžných nádržích (Velká Losenice) (foto: J. Mareš).

Fig. 9. Airlift added to the wall in the normal tanks (Velká Losenice) (photo: J. Mareš).

Náročnější úprava je rozdělení obdélníkové nádrže přepážkou na dvě části, když vložený airlift vytvoří „kruhový“ pohyb vody kolem přepážky (obr. 10). Ta je v jednom místě přerušena česlovou stěnou, za kterou jsou umístěny sedimentační kužely. V tomto případě není součástí biofitr (např. Dánsko, Pravíkov). Obdobný efekt má propojení dvou kanálů vybudovaných vedle sebe. Přídavný airlift (obr. 11) je možné umístit i podélně do odchovného kanálu (Dánsko). Takový systém využívá i zmíněné Pstruhařství Skalní mlýn.



Obr. 10. Nádrže s dělicí stěnou a sedimentačními kužely (Dánsko 1–3, Pravíkov vpravo dole) (foto: J. Mareš).

Fig. 10. Tanks with a dividing wall and sedimentation cones (Denmark 1–3, Pravíkov bottom right) (photo: J. Mareš).



Obr. 11. Umístění podélných airliftů do nádrží (Dánsko) (foto: J. Mareš).

Fig. 11. Airlift longitudinal placement into tanks (Denmark) (photo: J. Mareš).

S využitím popsané principu se můžeme setkat i pro odchovu ryb v plastových nádržích různé velikosti (např. Vackův chov pstruhů Nedošín, obr. 12).



Obr. 12. Využití airliftu v plastových kruhových nádržích pro odchov mladých kategorií ryb (foto: J. Mareš).

Fig. 12. Use of airlift in plastic circular tanks for rearing young fish categories. (photo: J. Mareš).

Recirkulační systém dánského typu, resp. některé z jeho prvků jsou využívány v řadě rybochovných systémů v ČR. S ohledem na rozdíl v klimatických podmínkách Dánska a České republiky je nezbytné upravit jeho využití a podmínky provozu. Jedná se zejména o teplotní rozpětí v průběhu roku, kdy maximální a minimální teploty ovlivňují intenzitu metabolismu ryb a výkon biofiltru. Dalším prvkem je efektivnost využití hluboké airliftu k dosažení pohybu vody, resp. riziko přesycení vody plyny. Z pohledu konstrukce systému a použitého materiálu je zapotřebí zohlednit úspěšnost preventivních a léčebných zásahů. Jedná se zejména o eliminaci míst, kde dochází k usazování sedimentů, které mohou být zdrojem patogenů. Recirkulační systém dánského typu je jednou z alternativ budování recirkulačních systémů v našich podmínkách. Samostatně lze využít systém airliftů pro dosažení pohybu vody, její odplynění a saturace kyslíkem v různě modifikovaných úpravách.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče.

LITERATURA

- Blancheton, J.P., 2000. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering*, 22: 17–31.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2011. Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. *Edice Metodik (technologická řada) č. 115, FROV JU, Vodňany*, 42 s.
- D'orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Belaud, A., 2009. Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering*, 40: 135–143.
- Jokumsen, A., Svendsen, L.M., 2010. Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua Report no. 219–2010, 47 pp.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU, Vodňany*, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 141 s.

- Lareau, S., Champagne, R., Gilbert, E., Vandenberg, G., 2004. Rapport sur les missions d'évaluation de la technologie danoise pour l'élevage en eau douce des salmonidés. In: Société de Recherche et de Développement en Aquaculture Continentale (SORDAC), Québec, Kanada.
- Mozes, N., Eshchar, M., Conijeski, D., Fediuk, M., Ashkenazy, A., Milanez, F., 2002. Marine water recirculating systems in Israel-performance, production cost analysis and rationale for desert conditions. In: Rakestraw, T., Douglas, L., Flick, G. (Eds.), Proceeding of the Fourth International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, VA, USA, July 18–21, 2002, pp. 404–413.
- Summerfelt, S.T., Davidson, J.W., Waldrop, T.B., Tsukuda, S.M., Bebak-Williams, J. 2004. A partial-reuse system for coldwater aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 31: 157–181.
- Vítek, T., Kopp, R., Lang, Š., Brabec, T., Mareš, J., 2011. Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu. Certifikovaná metodika R01/15VD46246/2011-16230, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 20 s.

**MOŽNOSTI, VÝHODY A RIZIKA RECIRKULAČNÍCH SYSTÉMŮ DÁNSKÉHO TYPU
V PODMÍNKÁCH ČR**
*POSSIBILITIES, BENEFITS AND RISKS OF DANISH MODEL RECIRCULATING SYSTEMS
IN THE CONDITIONS OF CZECH REPUBLIC*

M. BUŘIČ

Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiversity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Jihočeská univerzita v českých Budějovicích, Vodňany, e-mail: buric@frov.jcu.cz

Abstract

The increasing number of depleted and overexploited world marine stocks, together with increasing demand for fish and need for sustainable management of aquatic resources has led to a gradual shift to inland intensive aquaculture using recirculating aquaculture systems (RAS). Such systems are becoming a rapidly developing sector of aquaculture. The main goal of their broad development is production increase hand in hand with friendlier effect on the environment and water resources. However, transfer of technologies from original sites to different geographical locations is not necessarily successful. The present article summarizes the monitored long-term operation of an open Danish model recirculating system in condition of Czech Republic. There was observed successful production with better fish growth and feed utilization than in a flow-through facility at the same site, but accented significant issues to solve if the production should be sustainable. Substantial changes in technology as well as physical adaptations are necessary to manage the system for mid-European conditions. Finally, it can be concluded that some positive effects of the tested system with respect to the environment is possible, but systems must be widely adjusted. Moreover, on a global scale this type of RAS can be now labeled as obsolete, and compared to more recent solutions also not effective.

Klíčová slova: akvakultura, recirkulační systém, lososovité ryby, udržitelnost

Keywords: aquaculture, recirculating systems, salmonids, sustainability

ÚVOD

Spotřeba ryb neustále stoupá společně se vzrůstající světovou populací (National Intelligence Council, 2012; FoodAO, 2013) což vede k množícímu se počtu nadměrně využívaných nebo dokonce vyčerpaných světových lovišť mořských ryb a ostatních organismů (Food and Agriculture Organization of United Nations, 2013). Kvůli tomu a aditivnímu efektu faktorů jako znečištění, udržení rovnováhy akvakultury k životnímu prostředí, ale i přenos nemocí, apod. se stále více podporují možnosti využití intenzivních recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) (d'Orbcastel a kol., 2009; Martins a kol., 2010; Klinger a Naylor, 2012). V posledních desetiletích se RAS posunuly od více či méně úspěšných (nebo dokonce neúspěšných) pilotních systémů do pozice důležité části sladkovodní i mořské akvakultury s cíli intenzifikovat výrobu, eliminovat provozní náklady a spotřebu čerstvé dopouštěné vody jako i vody odpadní či využití odpadních kalů (Martins a kol., 2010; Wilfart a kol., 2013). Hlavním cílem trvalé udržitelnosti intenzivního chovu v RAS je získání co největší produkce na jednotku plochy, při co nejnižších nákladech a v souladu se životním prostředím.

Rychlý rozvoj technologií vedl k vývoji RAS využívajících množství metod biofiltrace, odstraňování nerozpuštěných látek a úprav odchovných podmínek (Malone a Beecher, 2000;

Schreier a kol., 2010; van Rijn, 2013). RAS pro chov lososovitých ryb byly ve velké míře rozvíjeny v Dánsku, zemi přímořského mírného klimatu se striktními nároky na vypouštění odpadních vod (Jokumsen a Svendsen, 2010). Z důvodu významně negativního efektu tradičních průtočných farem na vodní toky (Webb, 2012), byl chov ryb v Dánsku limitován maximálním možným množstvím krmiva za rok v závislosti na složení a koncentraci živin v odpadní vodě rybochovných objektů. Proto poměrně rychle začaly budovat RAS maximalizující produktivitu akvakulturu současně s udržováním stanovených standardů (Jokumsen a Svendsen, 2010). Takto snadná aplikace RAS, s poměrně snadnými technologickými řešeními, nízkými nároky na přítokovou vodu (v porovnání s průtočnými farmami), menším množstvím odpadní vody a vysokou produkcí, iniciovala snahy stavět podobné systémy i jinde v Evropě. V mnoha případech toto úsilí vedlo ke zvýšení produkce v daném regionu, ale stejně tak k poměrně značným problémům spojeným s opomenutím lokální podmínek či nepochopením některých funkčních principů v průběhu stavby nebo fungování RAS.

PŘEDSTAVENÍ SYSTÉMU

Prvním RAS dánského typu v ČR byl systém nedaleko Vimperka v jižních Čechách určený pro zvýšení produkce podniku Pstruhařství Mlýny. Tento systém byl realizován na základě projektu navrženého v zemi původu tj. v Dánsku. RAS tvořilo deset odchovných nádrží (á 36 m³), nátokový a odtokový kanál, plovoucí biofiltr, ponořený biofiltr, nízkotlaké airlifty pro odplynění vody a hluboký vysokotlaký airlift zajišťující pohyb vody v systému. Celkový objem RAS byl ~990 m³ a přítok čerstvé vody na úrovni 3–4 l.sec⁻¹. Maximální okamžitá biomasa v systému byla projektována na 40 tun, s celkovou roční produkcí 100 tun (2,5 odchovného cyklu ročně). Celková produkce systému ale vycházela ze zkušeností a podmínek v Dánsku. V podstatě hned v začátcích provozu zde začal pravidelný monitoring odchovného prostředí (přehled dat za roky 2009–2012 uvádí tab. 1.), společně s provedením několika testovacích odchovů, ať již šlo o srovnání růstových schopností ryb v RAS a v sousedním průtočném systému, testování celosamičí obsádky pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*), včetně hybrida se sivenem arktickým (*Salvelinus alpinus*), pstruha obecného (*Salmo trutta* m. *fario*) nebo odchov jeseterovitých ryb a mníka jednovousého (*Lota lota*). Mimo jiné probíhalo testování stabilizace pH pomocí dolomitického vápence nebo použití chloridu sodného jako prevence následků subletálních nebo letálních koncentrací dusitanových iontů. Na závěr bylo provedeno zhodnocení stabilizace teplotních podmínek po zastřešení odchovného systému.

ZHODNOCENÍ PROVOZU V OBDOBÍ 2008–2012

RAS byl dokončen v roce 2007, ale k jeho postupnému nasazování došlo až následujícího roku. Již počáteční zkušenosti naznačovaly, že dosavadní znalosti chovu v průtočných systémech nebudou stačit. Navíc se projevil určité technické nedostatky stavby samotné.

Nasazení násadových ryb bylo například provázáno až 90 % úhynem v závislosti na stáří ryb z důvodu plynové embolie. Příčinou tohoto stavu byla hloubka umístění airliftu pohánějícího vodu v systému. Vzduch tlačенý do vody pod velkým tlakem způsoboval přesycení jinak ve vodě velmi těžko rozpustným volným dusíkem (N₂). Pokud není hluboký airlift pevně ukotven (jako v tomto případě), je možné problém řešit jeho vynořením o několik centimetrů. Jinak je nutné vodu dodatečně odplynit aerací nebo lépe mechanicky (čerpáním vody přes perforovanou překážku) (Buřič a Kouřil, 2012). Každé řešení ale vždy něco stojí. Vyzvednutí airliftu vede k částečnému snížení efektivity, zbylá dvě řešení jsou potom energeticky náročná.

Pochopení základních pochodů v biologickém filtru, který podléhá klimatickým výkyvům, znamenalo analyzovat dlouhodobě získávaná data a porovnávat je s reálnými podmínkami

v provozu. Následně byla vyřešena i tato otázka závislá na teplotě vody, ročním období, pH, periodicitě a efektivitě čištění biofiltru a odkalování (Buřič a Kouřil, 2012; Buřič a kol., 2015). Přesto takřka neexistuje účinná prevence vzniku „mrtvých míst“ pod ponořeným biofiltrem, kde následně probíhají nežádoucí anaerobní procesy. Tento problém se stal zjevným po 5 letech fungování systému celkovým zhoršením odchovných podmínek. Dle množství sedimentovaného kalu odstraněného z těžko dosažitelných míst systému v době jeho vypuštění koncem roku 2012, lze potvrdit, že pro tento systém je vhodná totální sanace 1 x za 5 let. Tuto informaci následně potvrdil i technolog týmu BioFarm (Biomar A/S, Dánsko). Důležitým předpokladem pro optimální funkci biofiltru je udržování vhodného pH. Optimální pro správnou funkci biofiltru je pH 7,2 (Jokumsen a Svendsen, 2010). Při intenzivním odchovu a zároveň při intenzivní funkci biofiltru je ale produkováno velké množství oxidu uhličitého, který má za následek (resp. z něj vznikající kyselina uhličitá) permanentní okyselování systému. Pro úpravu pH se dá použít buď jedlé sody, nebo levnější a šetrnější varianty - dolomitického vápence (Lang a kol., 2011; Buřič a Kouřil, 2012).

Tab. 1. Analyzované parametry v rámci odběrů vzorků vody v letech 2009–2012 na dvou odběrných místech – před biofiltrem (PB), za biofiltrem (ZB).

Tab. 1. Analyzed parameters in water samples from RAS between the years 2009 and 2012 at two sampling sites – prior biofilter (PB) and past biofilter (ZB).

Parametr	Odběrné místo	Průměr ± Směr. odchylka	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH	PB	6,96 ± 0,44	6,94	6,72	7,30
	ZB	6,91 ± 0,43	6,85	6,63	7,21
Amonné ionty (mg.l ⁻¹)	PB	0,41 ± 0,53	0,30	0,14	0,46
	ZB	0,37 ± 0,49	0,24	0,12	0,44
Dusitany (mg.l ⁻¹)	PB	0,62 ± 0,60	0,49	0,20	0,73
	ZB	0,62 ± 0,62	0,52	0,20	0,71
Dusičnany (mg.l ⁻¹)	PB	97,70 ± 49,69	96,20	48,00	139,00
	ZB	99,09 ± 50,38	97,40	48,90	138,50
BSK ₅ (mg O ₂ .l ⁻¹)	PB	5,18 ± 3,14	4,65	3,00	7,00
	ZB	5,11 ± 3,44	4,05	3,00	7,00
CHSK _{Mn} (mg O ₂ .l ⁻¹)	PB	9,34 ± 4,57	9,12	5,00	13,90
	ZB	9,22 ± 4,71	8,23	4,80	13,28
Nerozpuštěné látky (mg.l ⁻¹)	PB	4,68 ± 2,84	5,00	2,00	6,00
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	PB	1,03 ± 0,41	1,10	0,61	1,30

Poměrně rizikovým faktorem fungování všech RAS může být vysoký obsah dusitanů, zejména při poklesu aktivity biofiltru při poklesu teploty vody, popř. zásahu vedoucímu k nechtěné redukci bakteriálního nárůstu na biofiltrem (nešetrné použití koupelí ryb apod.) nebo změnou kyslíkových poměrů. Jako prevence očekávaných, ale i nečekaných zvýšených koncentrací NO₂⁻, je proto vhodné kontinuálně aplikovat chlorid sodný, který výrazně snižuje toxicitu dusitanů (Kroupová a kol., 2005; Buřič a kol., 2015). Typickým obdobím se zvýšeným výskytem vysokých koncentrací dusitanů je jarní oteplování, kdy biofiltr nestíhá svou kapacitou zvyšující se intenzitě krmení a následně naopak při podzimním ochlazování systému, kdy ryby ještě ochotně přijímají krmivo, ale efektivita biofiltru klesá. Obecně lze říci, že se jedná o přechodná období při teplotě vody 5–12 °C.

Jak vyplývá z předchozího odstavce, hlavním limitujícím faktorem omezujícím účinnou a udržitelnou produkci RAS dánského typu v podmínkách ČR je teplota. Významným způsobem ovlivňuje funkci biofiltru a tím množství krmiva, které je možné ročně krmit. Nízká teplota vody zároveň snižuje aktivitu a potravní aktivitu ryb. Krmná dávka je ovlivněna nejdříve poklesem aktivity biofiltru, která nastává dříve, než své potravní chování omezují sami ryby. Tím se opět snižuje potenciál systému. Zimní provoz RAS dánského typu v podmínkách ČR (4–5 měsíců) je potom zcela neefektivním obdobím s minimálním kmením a problematickou obsluhou systému (zamrzání hladiny, namrzání technologických prvků). Naopak v letních měsících se mohou krátkodobě (1–3 týdny) vyskytovat extrémně vysoké teploty vody (22–23 °C), které mohou v lepším případě vést k zastavení krmení (pstruh duhový) nebo až k dopadům na zdravotní stav ryb či zvýšený úhyn (siven americký) (McCormick a kol., 1972; Buřič a kol., 2015). Ve výsledku je to téměř půlroční neefektivní provoz. V Dánsku, odkud technologie pochází, tento problém neznají? Ano, je zde totiž přímořské klima prostě zimních a letních extrémů (viz tab. 2.).

RAS v našich podmínkách měl ale řešit i otázku přenosu nemocí ryb z volných vod, ale i lepší kontrolu před rybožravými predátory. Bez zastřešení systémů je ale tato snaha víceméně bezzubá.

Tab. 2. Porovnání průměrných měsíčních teplot v Jihočeském kraji (CZ) a v Dánsku (DK) v průběhu roku 2011.

Tab. 2. Comparison of average month air temperatures in south-bohemian region (CZ) and in Denmark (DK) during 2011.

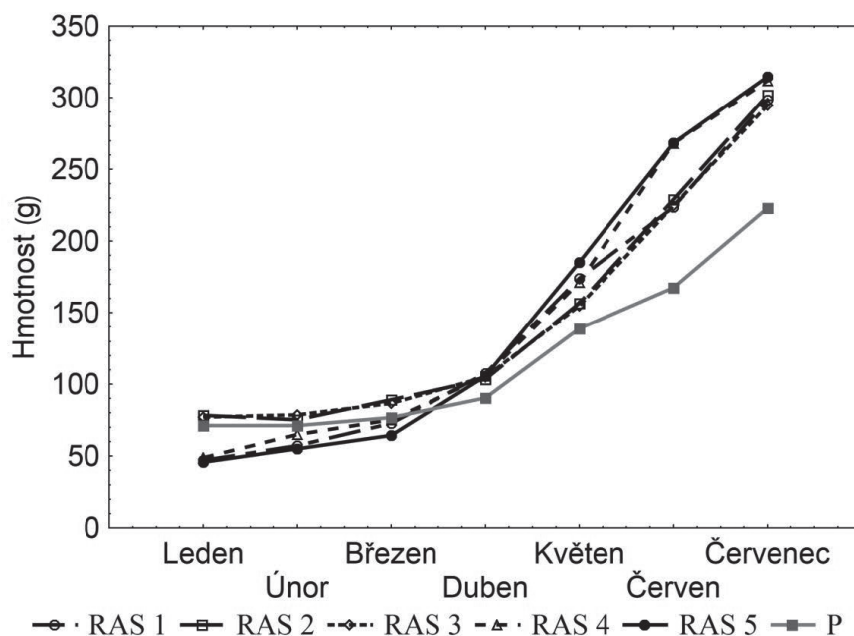
2011	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	2011
CZ	-1,6	-2,2	3,2	9,7	12,6	16,2	15,7	17,3	13,9	7,0	1,9	1,8	8,0
DK	0,4	0,2	3,6	11,1	12,7	16,8	17,8	17,2	14,9	10,2	7,3	4,7	9,7

Během provozu RAS proběhlo na Pstruhařství Mlýny několik detailně sledovaných odchovů, pro zjištění efektivity odchovu, zejména pro porovnání s přílehlajícím průtočným systémem. Podrobné informace o průběhu a výsledcích tohoto odchovu uvádí tab. 3. a obr. 1. Ryby v RAS rostly rychleji a zároveň s významně lepším využitím předkládaného krmiva (krmný koeficient, KK). Rychlejší růst mohl být způsoben odlišnou rychlostí a typem proudění v odchovných nádržích RAS dánského typu, ale zároveň svou roli významně hraje větší stabilita odchovného prostředí (v průběhu dne i jednotlivých období odchovu) a stabilně vyšší teplota vody v RAS (obr. 2.). Následné testování celosamičí populace pstruha duhového rychlý růst obsádek v RAS potvrdil (tab. 4). Tržní velikosti (250 g) dosáhly testované obsádky ve stáří 10 měsíců.

Tab. 3. Data získaná periodickým přeměřováním testovaných obsádek v recirkulačním systému dánského typu (RAS1 – RAS5) a obsádky sousedního průtočného náhonu (P). V tabulce jsou uvedeny údaje o standardní délce těla (SD, mm), hmotnosti (W, g), krmném koeficientu (KK) a ztrátách (%). Data jsou uvedena jako průměr ± směrodatná odchylka. Odlišné alfabatické indexy v jednotlivých sloupcích detekují statisticky významné rozdíly na úrovni $\alpha = 0.05$ (ANOVA, post-hoc Tukey test).

Tab. 3. Data obtained from periodical controls of tested fish stocks in Danish model recirculating system (RAS1 – RAS5) and fish stock in neighboring flow-through system (P). There are presented standard length (SD, mm), weight (W, g), feed conversion ratio (KK) and mortality (%). Data are presented as mean ± standard deviation. Different alphabetical superscripts in the same column show significant differences at $\alpha = 0.05$ (ANOVA, post-hoc Tukey test).

Nádrž	Ledén			Únor			Březen			Duben		
	SD (mm)	W (g)	W (g)	SD (mm)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	W (g)	SD (mm)	W (g)	W (g)
RAS 1	138,7 ± 17,94	47,1 ± 16,17 ^c	57,1 ± 16,30 ^d	145,3 ± 13,91	155,3 ± 11,62	72,6 ± 17,56 ^b	173,5 ± 17,10	107,5 ± 32,08 ^a				
RAS 2	164,7 ± 14,70	78,3 ± 23,47 ^a	75,1 ± 16,64 ^a	164,4 ± 12,26	170,5 ± 18,42	89,2 ± 29,77 ^a	181,6 ± 17,99	103,5 ± 29,94 ^a				
RAS 3	162,1 ± 14,49	76,9 ± 20,99 ^a	78,7 ± 23,43 ^a	165,4 ± 16,14	169,8 ± 15,96	86,7 ± 26,06 ^a	183,1 ± 16,87	104,9 ± 29,87 ^a				
RAS 4	141,9 ± 11,50	48,9 ± 11,98 ^c	65,0 ± 17,98 ^c	151,4 ± 13,47	156,8 ± 16,55	75,1 ± 23,94 ^b	174,3 ± 11,11	105,7 ± 21,81 ^a				
RAS 5	136,3 ± 11,04	45,7 ± 10,87 ^c	54,9 ± 14,95 ^d	143,9 ± 12,46	149,2 ± 10,7	64,4 ± 14,96 ^c	171,5 ± 11,39	105,7 ± 20,39 ^a				
P	161,7 ± 13,26	71,1 ± 18,73 ^b	71,0 ± 21,37 ^b	161,2 ± 14,49	162,3 ± 14,98	76,7 ± 23,74 ^b	170,5 ± 16,97	90,3 ± 24,12 ^b				
Nádrž	Květen			Červen			Červenec			Ztráty		
	SD (mm)	W (g)	W (g)	SD (mm)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	W (g)	KK	KK	KK
RAS 1	200,7 ± 21,03	173,9 ± 45,74 ^{ab}	223,6 ± 66,53 ^b	229,6 ± 25,12	255,9 ± 33,64	298,5 ± 74,11 ^b	0,750 ± 0,128 ^a	< 5%				
RAS 2	210,2 ± 17,14	156,6 ± 39,17 ^c	228,8 ± 45,78 ^b	228,5 ± 16,04	257,1 ± 26,17	302,0 ± 65,99 ^b	0,747 ± 0,121 ^a	< 5%				
RAS 3	209,4 ± 16,99	154,8 ± 37,44 ^c	224,4 ± 65,25 ^b	231,2 ± 21,26	256,8 ± 32,01	294,7 ± 75,44 ^b	0,752 ± 0,093 ^a	< 5%				
RAS 4	201,4 ± 21,14	171,1 ± 52,39 ^b	267,9 ± 75,65 ^a	248,2 ± 24,56	266,3 ± 29,87	311,9 ± 77,22 ^a	0,731 ± 0,136 ^a	< 5%				
RAS 5	206,9 ± 18,29	185,0 ± 46,55 ^a	268,4 ± 53,45 ^a	242,7 ± 19,32	265,7 ± 30,67	314,5 ± 59,18 ^a	0,729 ± 0,146 ^a	< 5%				
P	196,1 ± 28,95	138,9 ± 55,19 ^d	167,3 ± 49,37 ^c	217,6 ± 30,14	239,9 ± 41,20	223,1 ± 64,17 ^c	0,853 ± 0,067 ^b	< 5%				



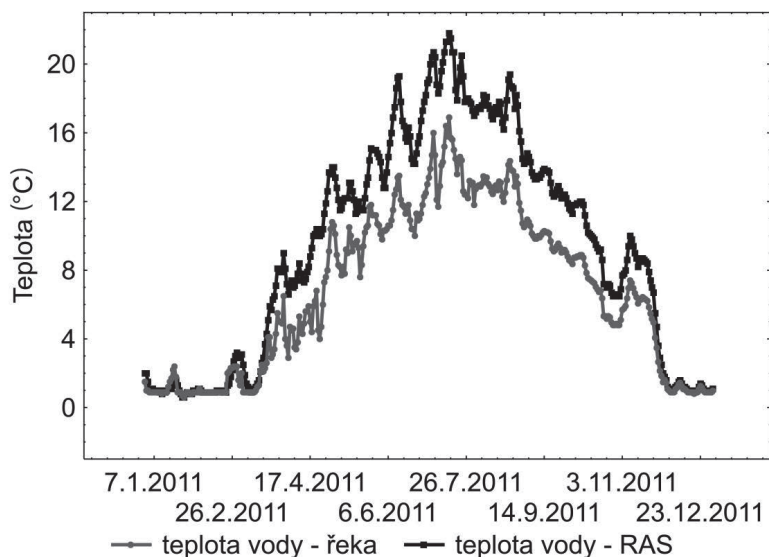
Obr. 1. Růst hmotnosti (g) sledovaných obsádek v recirkulačním systému dánského typu (RAS1 – RAS5) a v sousedním průtočném náhonu (P).

Fig. 1. Weight increase (in g) in tested stocks in Danish model recirculating system (RAS1 – RAS5) and in neighboring flow-through system (P).

Tab. 4. Data získaná periodickým přeměřováním obsádek celosamičích populace duhového v recirkulačním systému dánskému typu (RAS1 a RAS2). V tabulce jsou uvedeny údaje o standardní délce těla (SD, mm) a hmotnosti (W, g). Data jsou uvedena jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka.

Tab. 4. Data obtained by periodical controls of rainbow trout all-female stocks in Danish model recirculating system (RAS1 and RAS2). There are presented standard length (SD, mm) and weight (W, g). Data are presented as mean $\pm$ standard deviation.

Nádrž	Březen		Duben		Květen		Červen	
	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)
RAS 1	59,9 $\pm$ 5,29	3,4 $\pm$ 0,80	74,8 $\pm$ 4,29	6,8 $\pm$ 1,20	102,1 $\pm$ 7,12	18,9 $\pm$ 4,02	130,1 $\pm$ 14,79	42,4 $\pm$ 13,78
RAS 2	59,2 $\pm$ 5,13	3,4 $\pm$ 0,78	72,7 $\pm$ 5,13	6,4 $\pm$ 1,42	99,9 $\pm$ 7,01	17,5 $\pm$ 3,39	134,5 $\pm$ 11,37	45,5 $\pm$ 11,58
Tank	Červenec		Srpen		Září		Říjen	
	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)	SD (mm)	W (g)
RAS 1	169,4 $\pm$ 13,02	99,2 $\pm$ 25,40	202,1 $\pm$ 16,34	163,2 $\pm$ 28,91	232,2 $\pm$ 19,77	248,7 $\pm$ 33,00	259,9 $\pm$ 24,15	348,9 $\pm$ 36,05
RAS 2	166,1 $\pm$ 13,55	95,0 $\pm$ 25,66	199,7 $\pm$ 15,78	159,7 $\pm$ 26,90	229,7 $\pm$ 18,49	241,1 $\pm$ 29,11	254,6 $\pm$ 21,73	337,8 $\pm$ 34,58



Obr. 2. Porovnání průběhu teplot vody v recirkulačním systému dánského typu a v sousedním průtočném náhonu v průběhu roku 2011.

Fig. 2. Comparison of water temperature in Danish model recirculating system and neighboring flow-through system during 2011.

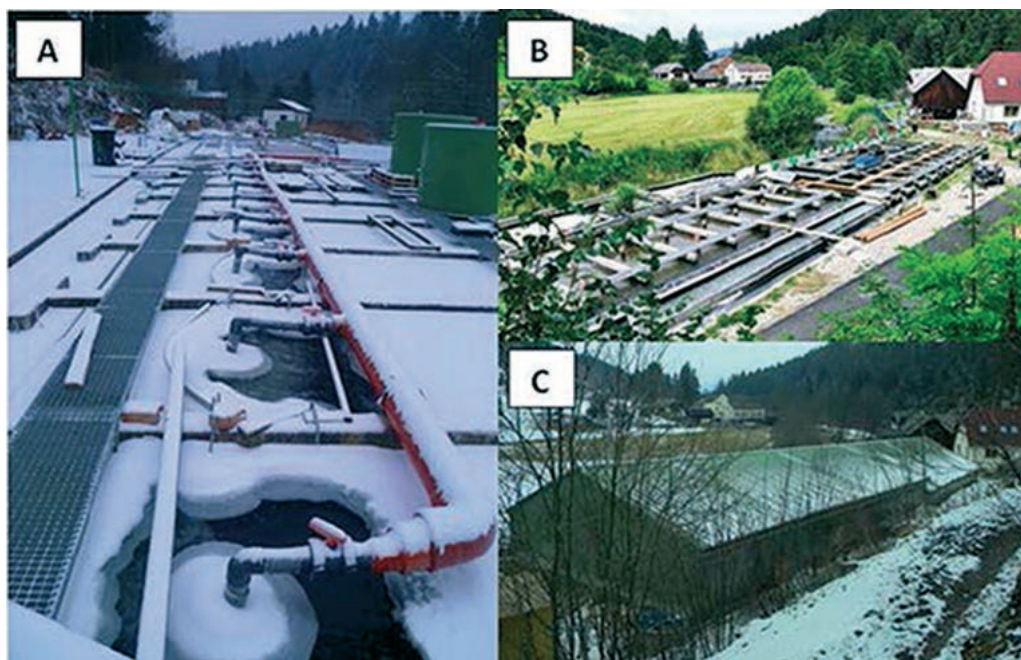
Kromě lososovitých ryb byl v RAS dánského typu na Pstruhařství Mlýny úspěšně otestován chov jeseterovitých ryb (jeseter sibiřský, jeseter malý, jeseter ruský), nicméně dlouhý produkční cyklus (2,5–3 roky do tržní velikosti 1,5 kg) omezuje využití tohoto ceněného doplňkového druhu ve větší míře. Dlouhý produkční cyklus je samozřejmě způsoben půlročním obdobím nízkých teplot (pod 10 °C), kdy sledované jeseterovité ryby přijímají krmivo v omezené míře (Gela a kol., 2014; Buřič a kol., 2015). Dalším druhem testovaným ve společné kultuře s obsádkou pstruha duhového byl mník jednovousý. Mník byl schopen využít zbývající krmivo, a případně i uhynulé či slabé jedince pstruha duhového, čímž v konečném efektu vylepšoval bilanci využití krmiva. I pro mníka by byl ale nutný delší minimálně dvouletý výrobní cyklus.

Je třeba rovněž zmínit, alespoň rámcově, výskyt bakteriálních a parazitárních onemocnění ryb v průběhu sledování RAS v porovnání s průtočným systémem. Za tímto účelem sice nebyla prováděna experimentální sledování, ale obecně lze říci, že incidence bakteriálních onemocnění v RAS byla nižší než u průtočného systému. Pravděpodobně díky stabilnějším podmínkám a lepší kondici ryb, což se projevilo i na jejich účinnější léčbě. Patrný byl i efekt oddělení systému od povrchové vody, přestože potenciální přenos nemocí byl možný přes rybožravé predátory. Obsádky v průtočném systému naopak byly vystaveny větší fluktuaci teplot v rámci dne a vyšších teplotních rozdílů v kratších časových úsecích. Navíc zde byl efekt fluktuace průtokových poměrů, zákalů při dešti. V případě parazitárních onemocnění byla situace opačná. V průtočném systému nebyl téměř zjištěn efekt ektoparazitů, kdežto v RAS opakovaně docházelo k rozvoji ichthyofthiriozy způsobené kožovcem rybím (*Ichthyophthirius multifiliis*). Vzhledem k členitému povrchu betonových nádrží a „mrtvým místům“, kde docházelo k nadměrnému usazování kalů, nebylo možné se trvale původce zbavit a v určitých intervalech docházelo k větším či menším invazím řešených standartním postupy (Přihoda, 2006). Z výše uvedených dat vyplývá, že RAS dánského typu je v podmínkách ČR částečně využitelný. Přináší viditelné benefity jako rychlý růst obsádek, stabilnější byť omezeně řiditelné prostředí, ale zejména možnost chovu ryb na místech kde to z různých důvodů

dosud nebylo možné (zejména nedostatek zdrojové vody). Další devizou je dosahovaná produkce na plochu a menší množství spotřebované čerstvé vody, menší množství vypouštěné odpadní vody s možností použití separovaného kalu pro různé účely (hnojení, kompostování, vermikompostování). Celkově je ale ve stávajícím stavu využít potenciál této technologie na méně než 50 %. Navíc některé konstrukční a technologické prvky jsou již překonané, popř. existují energeticky úspornější varianty. Pokud bychom měli zohlednit rychlý rozvoj recirkulačních systémů jako celku, můžeme konstatovat, že v dnešní době je tento typ RAS již zastaralý.

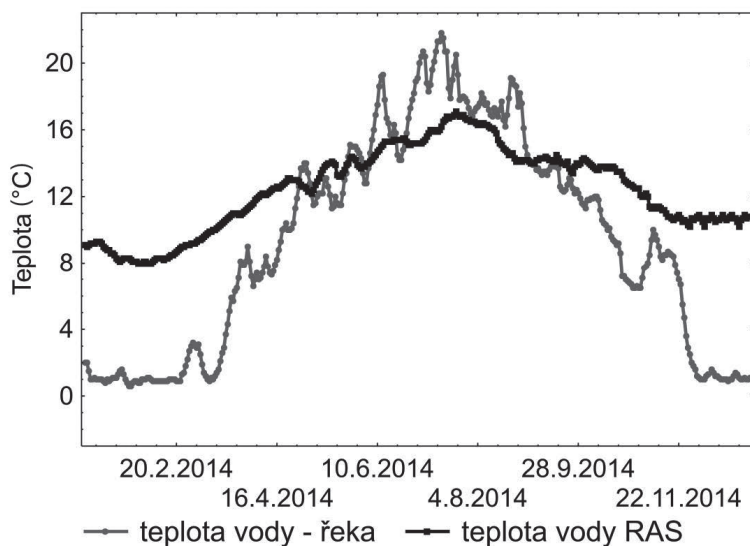
MOŽNÁ ŘEŠENÍ A VÝHLED DO BUDOUČNA

Možností jak využít potenciál tohoto systému i v ČR je jeho teplotní stabilizace (zastřešení RAS), renovace zastaralých nebo nefunkčních součástí systému a důkladná zoohygiena systému uzavřeného od okolního prostředí. Možností je i vlastní chov násadových ryb v menších RAS prostých patogenů a parazitů. S cílem využití plného potenciálu RAS dánského typu, již byla provedena na Pstruhařství Mlýny částečná modernizace systému a jeho zastřešení (obr. 3.). Pro ilustraci uvádíme příklad teplotní stabilizace systému po zastřešení, bez použití přídavného vyhřívání (obr. 4. a 5.). Poměrně zásadní je ale stanovisko nestavět nové systémy funkčně neodpovídající podmínkám ČR a sledovat nové trendy v akvakultuře. V současné době totiž již existuje poměrně široká škála možností pro stavbu efektivních intenzivních RAS s větší produkcí, nižší spotřebou energie i menším dopadem na životní prostředí než u výše popsaného systému.



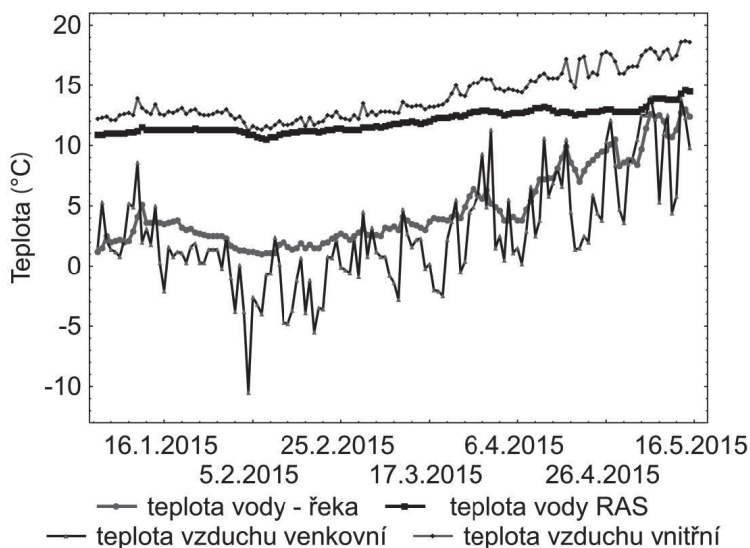
Obr. 3. Recirkulační systém dánského typu na Pstruhařství Mlýny: A – Pohled na zamrzlý systém (foto M. Buřič); B – Celkový pohled na recirkulační systém v průběhu vegetačního období (foto J. Kašpar); C – Pohled na realizované zastřešení recirkulačního systému dánského typu (foto M. Buřič).

Fig. 3. Danish model recirculating system (RAS) of trout farm Mlýny: A – winter conditions, system covered by ice (photo M. Buřič); B – general view on RAS during the growing season (photo J. Kašpar); C – RAS after realized roofing of the system (photo M. Buřič).



Obr. 4. Porovnání průběhu teplot vody v recirkulačním systému dánského typu po zastřešení systému a v sousedním průtočném náhonu v průběhu roku 2014.

Fig. 4. The comparison of water temperature in Danish model recirculating system (RAS) and neighboring flow-through system during 2014, when RAS was roofed.



Obr. 5. Porovnání průběhu teplot vody v recirkulačním systému dánského typu po zastřešení systému a v sousedním průtočném náhonu v průběhu roku, včetně uvedení teploty venkovní a vnitřní teploty vzduchu v období od 1. 1. – 16. 5. 2015.

Fig. 5. The comparison of water temperature in roofed Danish model recirculating system (RAS) and neighboring flow-through system during the period between the 1st January and 16th May of 2015, including the air temperature inside and outside the object.

SOUHRN

Vzrůstající počet vyčerpaných nebo nadměrně lovených světových mořských lovišť, společně se vzrůstající poptávkou po rybím masu a potřebě udržitelného managementu vodních zdrojů, vedl k postupnému přechodu k intenzivní akvakultuře s využitím recirkulačních systémů (RAS). RAS se staly velmi rychle se rozvíjejícím sektorem v akvakultuře. Hlavním cílem jejich širokého rozvoje bylo zvýšení produkce vodních organismů ruku v ruce s šetrnějším vlivem na životní prostředí a vodní zdroje. Transfer technologií z původního místa jejich vývoje na jiné lokality ale nemusí být vždy úspěšný. Tato práce sumarizuje poznatky z dlouhodobě monitorovaného provozu recirkulačního systému dánského typu v podmínkách ČR. Ve sledovaném systému byl pozorován lepší růst a využití krmiva než v přílehlajícím referenčním průtočném systému, ale zároveň akcentoval důležité body, které je nutné řešit v případě, že produkce na tomto systému má být trvale udržitelná. Pro provoz v podmínkách střední Evropy jsou nutné poměrně závažné změny a fyzické adaptace. Na závěr lze konstatovat, že tento systém může mít pozitivní na zvýšení produkce v našich zeměpisných podmínkách i s respektem na životní prostředí, ale pouze za předpokladu jejich značných modifikací. V globálním aspektu pak mohou tyto systémy být označeny za zastaralé a ve srovnání s novějšími řešeními i neefektivní.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány za podpory projektů MŠMT ČR CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1210013.

LITERATURA

- Buřič, M., Kouřil, J., 2012. Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 115, 44 s.
- Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J., in press. Feasibility of open recirculating system in temperate climate – a case study. Aquaculture Research. doi: 10.1111/are.12572
- d'Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Aubin, J., 2009. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. Aquacultural Engineering, 40: 113–119.
- Food and Agriculture Organization of United Nations, 2013. FAO yearbook, Fishery and Aquaculture Statistics 2011, 105 pp.
- Gela, D., Kahanec, M., Buřič, M., 2014. Technologie chovu jeseterů. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 140, 52 s.
- Jokumsen, A., Svendsen, L.M., 2010. Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua, National Institute of Aquatic Resources, Denmark, 48 pp.
- Klinger, D., Naylor, R., 2012. Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. Annual Review of Environment and Resources, 37: 247–276.
- Kroupova, H., Machova, J., Svobodova, Z., 2005. Nitrite influence on fish: a review. Veterinarni Medicina, 50: 461–471.
- Lang, Š., Kopp, R., Brabec, T., Vítek, T., Mareš, J., 2011. Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému Dánského typu. Technologie R02/2011, Mendelova univerzita v Brně: 27s.
- Malone, R.F., Beecher, L.E., 2000. Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. Aquacultural Engineering, 22: 57–73.

- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., d'Orbcastel, E.R., Verreth, J.A.J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43: 83–93.
- McCormick, J.H., Hokanson, K.E.F., Jones, B.R., 1972. Effects of temperature on growth and survival of young brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 29: 1107–1112.
- National Intelligence Council, 2012. *Global Trends 2030: Alternative worlds.*, Office of the Director of National Intelligence Washington, 160 pp.
- Příhoda, J., 2006. *Chov lososovitých ryb.* STYLE, Slovensko, 209 s.
- Schreier, H.J., Mirzoyan, N., Saito, K., 2010. Microbial diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 21: 318–325.
- van Rijn, J., 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53: 49–56.
- Webb, J.A., 2012. Effects of trout farms on stream macroinvertebrates: linking farm-scale disturbance to ecological impact. *Aquaculture Environment Interactions*, 3: 23–32.
- Wilfart, A., Prudhomme, J., Blancheton, J.P., Aubin, J., 2013. LCA and emergy accounting of aquaculture systems: Towards ecological intensification. *Journal of Environmental Management*, 121: 96–109.

NABÍHÁNÍ FILTRŮ NA STUDENOVODNÍM RAS DÁNSKÉHO TYPU STARTING OF THE BIOFILTERS AT DANISH TYPE COLD WATER RAS

Š. LANG, R. KOPP, J. MAREŠ

Mendelova univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: xlang0@node.mendelu.cz

Abstract

Starting of the biofilter function is tricky especially when the temperature of the water is low. Normal time to start the cold water biofilter (nitrification) naturally at temperatures below 15 °C is longer than one and half month. This time can be lowered as much as three times with use of the inoculation (bioaugmentation) with right bacterial consortium and proper beginning management of the filter and farm. Lowering of the startup time of the filter allows the farmer to start intensive feeding of the fish earlier and reduces the possibility of the broodstock loss because of ammonia and nitrites intoxication. This reduces the cost of the fish production especially in high energy consuming systems.

Klíčová slova: recirkulace, nízká teplota, nitrifikace, bioaugmentace

Keywords: recirculation, low temperature, nitrification, bioaugmentation

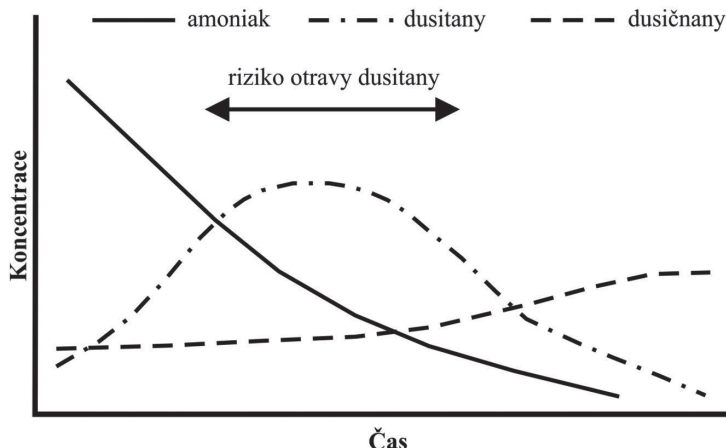
CHARAKTERIZACE SYSTÉMU

Studenovodní systémy dánského typu postavené v České republice a obecně po celé Evropě jsou systémy s vertikálním rozložením využívající minimální rozdíly hladin v systému. Jsou to systémy založené na vhánění velkého množství vzduchu do vody za účelem zajištění její cirkulace, okysličení a odplynění. Další využití vzduchu v systémech je nezbytné pro pohyb plovoucího filtru a odkalování filtrů ponořených. Filtry jsou naplněny plastovými elementy s velkým specifickým povrchem, na kterých se rozvíjí bakteriální mikrobiota žádoucích, chemolitotrofních bakterií, a při přemnožení i méně žádoucích heterotrofních bakterií. Pro zajištění dostatečného odbourávání zplodin metabolismu ryb chovaných v RAS je nezbytné jejich dostatečné namnožení, které je časově poměrně zdlouhavé (Jokumsen a Svendsen, 2010). Proto je nezbytné biofiltry zatěžovat postupně s pozvolným nárůstem biomasy ryb a množství předkládaného krmiva. Pro zkrácení období náběhu biofiltru je možné použít bioaugmentace (vnesení bakterií do systému/biofiltru) a „krmení“ biofiltru (Bartolík a kol., 2011; Bolmann a Laanbroek, 2001; Musmann a kol., 2013).

ZÁBĚH BIOFILTRU

Pokud biofiltr začneme zatěžovat přísunem amoniaku, začne se v něm vytvářet mikrobiota nejdříve nitritačních, a posléze i nitratačních bakterií. Nitrifikační bakterie rostou pomalu. Jejich přírůstek je i při 20 °C jen o 60 a 45 % (nitritační a nitratační) původní biomasy za den (Painter a Loveless, 1983). V nově postaveném, nebo kompletně vydesinfikovaném biofiltru je nitrifikačních bakterií minimum a proto jeho přirozený náběh trvá dlouhou dobu. Rychlost růstu bakterií ve studenovodních systémech navíc zpomaluje nízká teplota. Bereme-li 100 % aktivitu bakterií při 20 °C, je obecně počítáno se snížením intenzity metabolismu a tím i rychlosti růstu bakterií při poklesu teploty o 5 °C o 25 % (Shang a kol., 2009). To ovšem není zcela přesné, protože i při teplotách blízkých se 0 °C vykazují biologické filtry určitou aktivitu (Hoang a kol., 2014). Orientační průběh změn obsahů dusíkatých látek ve vodě během záběhu biofiltru zobrazuje obr. 1. Hodnoty na osách nejsou znázorněny záměrně, protože jejich výše

a časový průběh změn jejich poměrů je závislý na biomase nitrifikačních bakterií v systému, intenzitě jejich „krmení“ amoniakem a dusitany a hlavně teplotě vody. Průběh křivek, který je při přirozeném záběhu biofiltru poměrně plochý se využitím bioaugmentace a „krmením“ bakterií ve filtru zvyšuje (Bregnballe, 2010; Kamstra a kol., 1996; Avnimelech a kol., 1986).



Obr. 1. Změny obsahu jednotlivých forem dusíkatých sloučenin v průběhu přirozené kolonizace biofiltru nitrifikačními bakteriemi (Bregnballe, 2010, upraveno).

Fig. 1. Changes in the content of individual forms of nitrogen compounds during the natural colonization of biofilter with nitrification bacteria (Bregnballe 2010, modified).

PŘÍNOSEY BIOAUGMENTACE

Pojem bioaugmentace zahrnuje vnesení bakteriální mikroflóry do biofiltru buď čistého, nebo již zaběhlého, a to za účelem ovlivnění jeho funkce. Pod termínem „krmení“ biofiltru si můžeme představit dodání živin chemolitotrofním bakteriím (nitrifikačním) ve formě amonných iontů, popřípadě dusitanů. V porovnání s pomalým přirozeným náběhem biologické nitrifikace ve filtru a tudíž nutností omezení krmení a obsádky ryb při prvotním nasazení systému přináší použití bioaugmentace a „krmení“ biofiltru některé výhody. První výhodou je odstranění nebezpečí úhynu rybí obsádky vlivem otravy amoniakem nebo dusitany. Druhou výhodou je, i při relativně vysoké ceně kvalitního inokula, snížení nákladů na záběh biofiltru a rychlejší dosažení možnosti plného využití systému. Do nákladů na přirozený záběh biofiltru je nutné započítat energie spotřebované systémem během záběhu, náklady na obsluhu obsluhující zlomek běžného množství ryb, a v neposlední řadě i zadržení ryb v růstu, respektive nevyužití jejich růstového potenciálu (pokud jsou do systému nasazeny malé ryby za účelem výkrmu). Při využití bioaugmentace a správného postupu při záběhu biologického filtru je množství spotřebované elektrické energie více než 8x nižší. To u systému, který při plném provozu spotřebovává 15 kW elektrické energie každou hodinu při 4 Kč.kWh⁻¹, znamená úsporu skoro 37 000 Kč¹.

¹ Pro kalkulaci byla použita cena inokula 20 000 Kč a doba záběhu 15 dní při teplotě kolem 13 °C. Cena chloridu amonného použitého pro „krmení“ bakterií je při použití částečného záběhu přibližně 350 Kč a při zabíhání celého ponořeného filtru 500 Kč. Použitím chloridu amonného zároveň v celém systému zvýšíme obsah chloridů o 6,9 resp. 11,8 mg.l⁻¹. Použití síranu amonného jako zdroje amoniaku sníží náklady na 50 resp. 75 Kč, ale nepřidá do systému chloridy. Na úspore se hlavní měrou podílí zkrácení doby záběhu na méně než polovinu a využití pouze malého dmychadla (3,5 kW) pro vzduchování ve filtrech. Další součástí je ušetření na krmivu a práci lidí atd.

METODIKA ZÁBĚHU BIOFILTRU

Pro záběh biologického filtru se zdá být nejvhodnější jeho inokulace nitrifikačními bakteriemi v co největší koncentraci, „nakrmení“ bakterií amoniakem a udržení vhodných podmínek pro růst bakterií a jejich přichycení na elementy v biologickém filtru.

Záběh biologického filtru při využití metody s bioaugmentací je prováděn bez recirkulace vody v systému. V případě dánského typu recirkulací je toto poměrně jednoduše dosažitelné v ponořených částech biofiltru a o něco hůře proveditelné v jeho plovoucí části. Ponořené části biofiltru je dobré oddělit od žlabu za plovoucím filtrem. Zamezí se tím cirkulaci vody a vyplavování těžkých elementů do tohoto prostoru. Poté do nich nadávkovat amoniak. Jako zdroj amoniaku obvykle poslouží chlorid amonný a poté je přidáno bakteriální inokulum. Udržení potřebné koncentrace amoniaku v plovoucím biofiltru je díky nemožnosti jeho oddělení od systému relativně složitější. Pro udržení optimálních podmínek je nutné v biofiltrech vzduchovat, aby obsah kyslíku neklesl pod 4 mg.l⁻¹. To by omezilo metabolismus a tím i růst a množení nitrifikačních, především nitratačních, bakterií (Stenstrom a Poduska, 1980; Nogueira a kol., 1998; Lazarova a kol., 1998). Vzduchování je nutno regulovat tak, aby se elementy pohybovaly co nejméně, ale bylo dosaženo dostatečného množství kyslíku v celém objemu biofiltru. Reakci vody (pH) je během záběhu nezbytné držet mezi 7,5 a 9,0 (Xiaoli a kol., 2010). Pro další odchov ryb je zvýšené pH nežádoucí. Zvýšení pH lze provést přidáním kalcinované sody (NaHCO₃), snížení pH pak prakticky jakoukoliv kyselinou. Úprava pH při jeho přílišném poklesu, nebo nárůstu nesmí být prováděna šokově. Při jednorázové změně pH o více než 0,5 (hlavně dolů) může dojít k šoku a následné autolýze nitrifikačních bakterií. Nitrifikační bakterie obsahují ve své DNA zakódovanou virovou DNA (profág), která může být prudkým poklesem pH i dlouhodobým působením nízkého pH aktivována a způsobit autolýzu většiny nitrifikačních bakterií ve filtru přítomných v horizontu pouhých 5 hodin (Choi a kol., 2010). Aplikaci kyseliny je vhodné buď rozdělit na více malých dávek, nebo kyselinu naředit do většího množství vody, snížit koncentraci, a poté postupně aplikovat (hadičkou samospádem z kádě, nebo nechat pomalu vytékat přes ventil na kanystru, lépe na více míst biofiltru najednou). V biofiltru je vhodné udržovat koncentraci amoniakálního dusíku na úrovni 2–4 mg.l⁻¹. Při poklesu obsahu amoniaku pod 2 mg.l⁻¹ je nutné jej doplnit. Ve fázi, kdy filtr začne denně pravidelně odbourávat 2 a více mg.l⁻¹ amoniakálního dusíku je potřeba zkontrolovat obsah dusitanů v systému. V tuto chvíli jsou dusitany v systému již nahromaděny (i v množství > 4 mg.l⁻¹) a během několika dní by je filtr měl odbourat. Ve chvíli poklesu koncentrace dusitanů na bezpečnou míru (to je dáno hodnotou chloridového čísla – poměr koncentrace chloridů ke koncentraci dusitanového dusíku - > 17, lépe > 24) je možné do systému nasazovat ryby a začít je krmit.

POZNÁMKY K ZÁBĚHU BIOLOGICKÉHO FILTRU

Z výše uvedeného vyplývá, že pro správný záběh biologického filtru je nutné udržet co možná nejstabilnější podmínky prostředí (teplota, pH), do prostředí přidat co největší množství nitrifikačních bakterií a zajistit jim optimální podmínky pro jejich růst a osídlení elementů v biologickém filtru. Důležité je rovněž minimalizovat pohyb elementů při dostatečném prokysličení prostředí. Nitrifikační bakterie při teplotě vody kolem 13 °C, dostatečně kolonizují prostředí biologického filtru zhruba do 15 (12) dnů. Poté filtr vykazuje stabilní nitrifikační aktivitu a je možné spustit recirkulaci v systému a zatížit ho obsádkou ryb a jejich krmením bez obav o jejich přežití v důsledku kumulace toxických dusíkatých sloučenin.

Snížení teploty o 5 °C vede k prodloužení doby záběhu biofiltru o cca 20 %. Tento efekt lze minimalizovat přidáním většího množství inokula. To však start biofiltru, při použití kvalitního, většinou relativně drahého preparátu, relativně prodražuje. Počítáme-li ale s mnohem delší dobou přirozeného záběhu biofiltru při nižších teplotách prostředí, investice do inokula se vždy

vyplatí. Záběh biologického filtru při spuštěné recirkulaci výrazně prodlouží dobu potřebnou pro vytvoření dostatečné bakteriální mikroflóry a zpomalí osídlení elementů v biologickém filtru. Navíc, protože je potřeba udržet v systému dostatečnou koncentraci amoniaku, by se toto prodražilo nutností aplikace chloridu amonného do celého objemu systému a ne jen do objemu filtrů. Celkový objem systému je přibližně pětinasobný. Zároveň při záběhu bez recirkulace celého objemu vody není nutné mít zapnutý hlavní pohon recirkulace, což omezí náklady na elektrickou energii.

SOUHRN

Použití metody záběhu biofiltru bez přítomnosti ryb v systému, při dodržení správného managementu a udržení potřebných fyzikálně-chemických parametrů, umožní chovateli ušetřit nemalé prostředky jak na energiích, tak na využití růstového potenciálu ryb a eliminaci ztrát způsobených intoxikací ryb dusíkatými látkami.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla finančně podpořena projektem NAZV QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče.“

Odkazy na výrobce některých námi vyzkoušených inokulačních preparátů:

1. <http://www.okrasnajezírka.cz>. Mojmír Spurný, tel. 608 780 880, e-mail: mojmir.spurny@post.cz
2. <http://www.biofuture.ie/productmore.html?code=27201>
3. <http://www.em-eko.com/chov-ryb.html>
4. <http://www.microbelift.com/products/pond-and-water-garden/pond-phos/pl-gel/>

LITERATURA

- Avnimelech, Y., Weber, B., Hephher, B., Milstein, A., Zorn, M., 1986. Studies in circulated fish ponds: organic matter recycling and nitrogen transformation. *Aquaculture and Fisheries Management*, 17: 231–242.
- Bregnballe, J., 2010. A guide to recirculation aquaculture. Eurofish, Copenhagen, Denmark, 66 p.
- Choi, J., Kotay, S. M., Goel, R., 2010. Various physico-chemical stress factors cause prophage induction in *Nitrosospira multiformis* 25196- an ammonia oxidizing bacteria. *Water Research*, 44: 4550–4558.
- Hoang, V., Delatolla, R., Abujamel, T., Mottawea, W., Gadbois, A., Laflamme, E., Stintzi, A., 2014. Nitrifying moving bed biofilm reactor (MBBR) biofilm and biomass response to long term exposure to 1 °C. *Water Research*, 49: 215–224.
- Jokumsen, A., Svendsen, L.M., 2010. Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua Report 219, 47 p.
- Kamstra, A., Span, J.A., Van Weerd, J.H., 1996. The acute toxicity and sublethal effects of nitrites on growth and feed utilization of European eel, *Anquilla anquilla*, (L). *Aquaculture Research*, 27: 903–911.
- Lazarova, V., Nogueira, R., Manem, J., Mělo, L., 1998. Influence of dissolved oxygen on nitrification kinetics in a circulating bed reactor. *Water Science and Technology*, 37: 189–193.

- Musmann, M., Ribot, M., von Schiller, D., Merbt, S.N., Augspurger, C., Karwautz, C., Winkel, M., Battin, T.J., Marti, E., Daims, H., 2013. Colonization of freshwater biofilms by nitrifying bacteria from activated sludge. *FEMS Microbiology Ecology*, 85: 104–115.
- Nogueira, R., Lazarova, V., Manem, J., Melo, L.F., 1998. Influence of dissolved oxygen on the nitrification kinetics in a circulating bed biofilm reactor. *Bioprocess Engineering*, 19: 441–449.
- Painter, H.A., Loveless, E., 1983. Effect of temperature and pH value on the growth-rate constants of nitrifying bacteria in the activated-sludge proces. *Water Research*, 17: 237–248.
- Shang, H., Peng, Y., Zhang, J., Wang, S., 2009. The effect of temperature on short-cut nitrification and denitrification, *Huanjing Kexue Xuebao / Acta Scientiae Circumstantiae*, 29: 516–520.
- Stenstrom, M.K., Poduska, R.A., 1980. The effect of dissolved oxygen concentration on nitrification. *Water Research*, 14: 643–649.

**AKVAKULTÚRA TROPICKÝCH OZDOBNÝCH RÝB V ČR A POTENCIONÁLNE VYUŽITIE
VYBRANÝCH DRUHŮV PRE KONZUMNÉ ÚČELY V RAS**
*TROPICAL ORNAMENTAL AQUACULTURE IN CZECH REPUBLIC AND POTENTIAL USE
OF SOME ORNAMENTAL FISH SPECIES IN FOOD AQUACULTURE*

P. PODHOREC

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Husova tř.
458/102, 370 05 České Budějovice, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity
hydrocenóz, e-mail: podhorec@frov.jcu.cz*

Abstract

*Ornamental fish production is a multimillion dollar industry in the world and particularly in Czech Republic. Czech Republic, despite its geographic position in temperate climate zone belongs to the top global producers of aquarium fish. A significant feature of the Czech tropical aquaculture is a year-round indoor breeding of aquarium fish in glass aquariums under completely controlled conditions. For traditional Czech ornamental fish production is typical fragmentation of the production system in the sense that each production unit operates as a separate system with its own mechanical – biological sponge filtration. Several hundreds of tropical fish species from different geographic areas are cultivated which places heavy demands on the expertise of the farmer in order to ensure species specific adjustment of abiotic and biotic factors. The spectrum of species cultivated in ornamental tropical aquaculture includes also species with potentially high utilization for production in food aquaculture like arapaima (*Arapaima gigas*) and Giant gourami (*Osphronemus goramy*).*

Klíčové slova: *tropická ozdobná akvakultura, akváriové ryby, kontrolované podmienky, filtrace*
Keywords: *tropical ornamental aquaculture, aquarium fishes, controlled conditions, filtration*

1. Tropická ozdobná akvakultúra

Chov tropických ozdobných rýb v akváriu je jednou z najpopulárnejších "hobby" činností súčasnej doby (Miller-Morgan, 2009). Hoci nie sú známe presné čísla, na základe štatistik FAO sa odhaduje hodnota celosvetového exportu ozdobných rýb na 300 miliónov USD (FAO, 2007). Ohromujúci je obchodovaný počet akváriových druhov rýb a ich farebných variant pohybujući sa na úrovni 2000 druhov (Livengood a Chapman, 2007). Väčšina sladkovodných druhov akváriových rýb pochádza z akvakultúrnej produkcie (Chapman, 2000). Odchytom z prirodzených lokalít výskytu sa získava asi len 10 % vybraných druhov, s viac či menej významnou reprodukčnou dysfunkciou znemožňujúcou ich odchov a následný chov v kontrolovaných podmienkach (Ploeg, 2013). Hlavné exportné trhy pre akváriové druhy rýb sú predstavované hospodársky vyspelými krajinami severnej hemisféry a to hlavne krajinami zoskupenými v rámci Európskej únie, Spojenými štátmi americkými a Japonskom (Chapman a kol., 1997). Naproti tomu hlavné oblasti produkcie akváriových rýb sa nachádzajú v oblasti tropického (Singapur, Indonézia, Thajsko, Malajzia, Vietnam) alebo subtropického podnebného pásma (USA, Izrael) (OFI, 2013).

2. Tropická ozdobná akvakultúra v ČR

Celosvetovou výnimkou je Česká republika, ktorá napriek svojej „nevhodnej“ polohe v miernom klimatickom pásme patrí do prvej štvorice najvýznamnejších celosvetových producentov akváriových rýb (FAO, 2007). V rámci Európy patrí Českej republike dominantný

trhový podiel (39%) a hodnota exportu akváriových rýb z ČR sa podľa oficiálnych colných štatistík dlhodobo pohybuje na úrovni viac než 400 miliónov korún (Kalous a kol., 2014). Takto vysoká úroveň exportu minimálne dosahuje ak neprevyšuje úroveň exportu konzumných druhov rýb. Paradoxne a napriek výške exportu a rozsahu produkcie akváriových rýb v Českej republike je toto odvetvie akvakultúry štátnymi inštitúciami dlhodobo prehliadané, s extrémne limitovanými možnosťami získania štátnej podpory.

Z historického hľadiska stojí česká ozdobná akvakultúra na pevných základoch bývalej československej akvaristiky formovanej dlhoročnou prácou vedeckých pracovníkov (napr. Ota Oliva, Stanislav Frank) a celosvetovo uznávaných praktikov (napr. Rudolf Zukal, Ivan Petrovický, Jaroslav Eliáš). Začiatky exportu akváriových rýb z Československa siahajú do 80-tych rokov minulého storočia kedy ako jediná povolená organizácia zabezpečujúca vývoz akváriových rýb do zahraničí fungoval ZVERIMEX. Po roku 1989 sa situácia v produkcii a exporte akváriových rýb dramaticky zmenila za vzniku desiatok exportných firiem a stoviek drobných profesionálnych producentov (Posel, 2003).

3. Charakteristika produkcie v ČR

Výraznou charakteristikou českej tropickej akvakultúry s ohľadom na geografickú polohu ČR je celoročný chov akváriových rýb v kontrolovaných podmienkach chovného zariadenia. Na rozdiel od krajín tropického klimatického pásma kde dochádza k príprave na výter, k samotnému výteru a odchovu v takmer prirodzených podmienkach, chovatelia v Českej republike sú odkázaní na vytvorenie optimálnych podmienok v plne kontrolovanom prostredí chovných nádrží. Výhodou chovu v podmienkach tropického klimatického pásma (zemné rybníčky, betónové bazény) je rýchly rast, intenzívne sfarbenie a nízke produkčné náklady. Na druhej strane kontrolované prostredie s využitím filtračnej techniky umožňuje výraznú intenzifikáciu produkcie, celoročne vyrovnanú produkciu bez ohľadu na faktory vonkajšieho prostredia a dobrý zdravotný stav vďaka eliminácii výskytu a rozvoja parazitických organizmov.

Na rozdiel od klasickej akvakultúrnej produkcie zameranej na chov jedného prípadne niekoľkých konzumných druhov sa pri tropickej ozdobnej akvakultúre stretávame so súbežnou produkciou niekoľkých desiatok rybích druhov z rôznych geografických oblastí. Takto výrazne diverzifikovaná produkcia kladie veľké nároky na odbornosť chovateľa z dôvodu zabezpečenia druhovo často výrazne odlišných, abioticko - biotických faktorov prostredia (kvalita vody, typ potravy, sociálna štruktúra atd.). Vysoká odbornosť chovateľa zameraného na akváriové ryby je nevyhnutným predpokladom nielen pre samotný chov, ale aj pre úspešné zvládnutie predvýterovej prípravy generačných rýb s následnou druhovo špecifickou stimuláciou záverečných fáz gametogenézy a samotného výteru. Medzi najvýznamnejšie akváriové druhy z hľadiska exportu (tvoria cca 15–25%) patrí neonka červená (*Paracheiroidon axelrodi*), neonka obecná (*Paracheiroidon innesi*), krúnýřovec (*Ancistrus sp.*), skalára amazonská (*Pterophyllum scalare*), tetra Bleherova (*Hemigrammus bleheri*), parmička čtyřpruhá (*Puntius tetrazona*), mečovka mexická (*Xiphophorus helleri*), cichlidka Ramirezova (*Mikrogeophagus ramirezi*) a východoafrické cichlidy z jazier Malawi a Tanganika (Kalous a kol., 2014).

Česká tropická akvakultúra je založená na produkcii tvorenej stovkami drobných rodinných firiem využívajúcich ako produkčnú jednotku sklenené akvária (250–500l) o celkovom objeme v rozmedzí 20 000 až 100 000l, v špeciálne pre tropickú akvakultúru upravených chovných zariadeniach (zvýšená miera izolácie budovy, výkonné ohrevné systémy, zásobné nádrže na úpravu vody atd.). V kontraste k vysokej úrovni zvládnutia sofistikovaných metód reprodukcie a často náročného odkrmu tropických rýb stojí relatívne nízka úroveň filtrácie vody v produkčných systémoch.

Štandardom českej tropickej akvakultúry je fragmentácia produkčného systému, v rámci ktorého funguje každá produkčná jednotka ako separátny systém s vlastnou mechanicko - biologickou filtráciou. Najrozšírenejšou formou filtrácie vody je využívanie elastickej a vysoko poréznej PUR peny s veľkou špecifickou plochou povrchu umiestnenej priamo v chovnej nádrži, cez ktorú sa pomocou airliftu alebo elektrického čerpadla nasáva voda z nádrže. Zbavuje sa mechanických nečistôt a vďaka relatívne veľkému povrchu peny vzniká priestor pre vytvorenie kolónií nitrifikačných baktérií. Hodinový prietok vody penovým filtrom sa priemerne pohybuje na úrovni dvojnásobku objemu vody chovnej nádrže. Napriek rozšíreniu tohto typu filtrácie medzi chovateľmi akváriových rýb je miera jeho efektivity značne diskutabilná, keďže nedochádza k okamžitému odstraňovaniu nerozpustených partikul zo systému, dochádza k zanášaniam a tým znižovaniu plochy využiteľnej pre nitrifikačné baktérie či už z dôvodov neúspešnej kompetície s heterotrofnými baktériami alebo vytváraniam anoxických zón. Ojedinele je možné sa stretnúť s jednoduchým recirkulačným systémom vo forme niekoľkých, vzájomne prepojených akvárií gravitačne spojených so sedimentačnou nádržou obsahujúcou filtračné materiály typu PUR penu, filtračné rohože atd. Hromadenie dusíkatých látok v systéme sa rieši masívnymi výmenami vody na úrovni 100 % objemu nádrže týždenne, čo súvisí so značnými nákladmi na vodu a jej ohrev.

Medzi dôvody fragmentácie systémov pre chov akváriových rýb v ČR patria obavy producentov z transmisie choroboplodných zárodkov medzi produkčnými jednotkami, odlišné nároky na fyzikálno-chemické parametre vody u rôzne starých jedincov, prípadne neznalosť možností a výhod centrálnych recirkulačných systémov. Takmer úplná absencia centrálnych recirkulačných systémov je minimálne u producentov špecializujúcich sa na rybie druhy s podobnými nárokmi na kvalitu vody negatívnym javom, ktorý by v prípade nápravy a využitia moderných filtračných prvkov typu bubnových mechanických filtrov, fluidných filtrov s plávajúcimi médiami typu Kaldnes atd. viedol k zjednodušeniu údržby chovného zariadenia, zníženiu prevádzkových nákladov (úspora vody a jej ohrevu) a celkovému zvýšeniu kvality vody v nádržiach. Z hľadiska fyzikálnej úpravy vody nachádza značné uplatnenie v produkcii akváriových rýb hlavne UV filtrácia vody využívaná k redukcii bakteriálneho zaťaženia primárne vývojových vôd pre vyvíjajúce sa ikry a pre ranné štádiá citlivých druhov rýb. V minimálnej miere je možné sa stretnúť s využitím ozónu pri liečbe kožovca (*Ichthyophthirius multifiliis*) príp. dezinfekcii vývoje vody pre ikry.

4. Vhodné druhy tropických ozdobných rýb pre chov na potravinové účely

Spektrum druhov využívaných v tropickej ozdobnej akvakultúre zahŕňa aj druhy s vysokým produkčným potenciálom využitia v podmienkach konzumnej akvakultúry. Medzi žiadané charakteristiky vhodného druhu pre konzumnú akvakultúru patria svalovina s vynikajúcimi organoleptickými vlastnosťami, vysoká rýchlosť rastu, fyziologická adaptácia na nízku saturáciu vody kyslíkom a zvýšené organické zaťaženie, potravná nenáročnosť a zvládnutie reprodukcie v kontrolovaných podmienkach. Medzi druhy spĺňujúce vyššie definované kritéria je možné zaradiť napríklad arapaimu veľkú (*Arapaima gigas*) a guramu veľkú (*Osphronemus goramy*). Druhy, ktoré sú bežne obchodované v rámci trhu s akváriovými rybami a v prípade arapaimy veľkej je prevažná väčšina juvenilov exportovaných z Južnej Ameriky do krajín juhovýchodnej Ázie za účelom hobby chovu. Obidva druhy sa vyznačujú vysokou rýchlosťou rastu (v prípade arapaimy je to až 10–15 kg za rok) (Schaefer a kol., 2012), vyvinutým prídavným dýchacím orgánom umožňujúcim prežitie v hypoxických podmienkach záplavových území – arapaima (modifikácia plynového mechúra) (Brauner a kol., 2004), gurama veľká (prítomnosť labyrintu v nadžiabrovej dutine) (Huang a kol., 2011) a zvýšenou odolnosťou voči organickému zaťaženiu vodného prostredia napr. koncentracii amoniaku (Schaefer a kol., 2012). Diverzifikácia

produkcie konzumných rýb o tropické druhy rýb je v súčasnom kontexte potreby využitia odpadného tepla (napr. bioplynové stanice) a potreby zvýšenia domácej rybej produkcie viac než aktuálna a žiadaná.

ZÁVĚR

Chov tropických ozdobných rýb patrí v Českej republike medzi najvýznamnejšie formy akvakultúry napriek neexistujúcej štátnej podpore. Sortiment tropických rýb produkovaný v ČR sa pohybuje v stovkách druhov a farebných variant. Charakteristický je celoročný chov akváriových rýb v kontrolovaných podmienkach chovného zariadenia, vysoká odbornosť chovateľa a fragmentácia produkčného systému, v rámci ktorého funguje každá produkčná jednotka ako separátny systém s vlastnou mechanicko - biologickou filtráciou. Spektrum druhov využívaných v tropickej ozdobnej akvakultúre zahŕňa aj druhy s vysokým produkčným potenciálom využitia v podmienkach konzumnej akvakultúry. Medzi vhodné kandidátne druhy je možné zaradiť napríklad arapaimu veľkú a guramu veľkú. Druhy schopné tolerovať nižšiu saturáciu vody kyslíkom a väčšie organické zaťaženie.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla finančně podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy – projektem CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II (NO. LO1205 pod NPU I programem), projektem NAZV QJ15101117 a projektem GAČR GP13-39438P

LITERATURA

- Brauner, C.J., Matey, V., Wilson, J.M., Bernier, N.J., Val, A.L., 2004. Transition in organ function during the evolution of air-breathing; insights from *Arapaima gigas*, an obligate air-breathing teleost from the Amazon. *Journal of Experimental Biology*, 207: 1433–1438.
- FAO, 2007. Global Ornamental Fish Industry – An overview of FAO Trade Data, FAO, Rome. Available on <http://www.scribd.com/doc/64002208/Global-Ornamental-Fish-Industry-An-overview-of-FAOTrade-Data> (12/2013)
- Huang, C.Y., Lin, C.P., Lin, H.C., 2011. Morphological and biochemical variations in the gills of 12 aquatic air-breathing anabantoid fish. *Physiological and Biochemical Zoology*, 84: 125–134.
- Livengood E.J., Chapman F.A., 2007. The ornamental fish trade: An introduction with perspectives for responsible aquarium fish ownership. University of Florida IFAS, Gainesville, 124 pp.
- Chapman, F.A., 2000. Ornamental fish culture, freshwater. In: R.R. Stickney (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*, New York, NY: John Wiley & Sons, Inc, pp. 602–610.
- Chapman, F.A., Fitz-Coy, S.A., Thunberg, E.M., Adams, C.M., 1997. United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28: 1–10.
- Kalous, L., Musil, J., Novák, J., Patoka, J., Petrtýl, M., 2014. SWOT analýza chovu okrasných a akvarijních ryb. s. 11.
- Miller-Morgan T., 2009. A Brief Overview of Ornamental Fish Industry and Hobby. In: Roberts H.E. (Ed.), *Fundamentals of Ornamental Fish Helath*, Blackwell Publishing, New York, pp. 25–32.
- OFI, 2013. Ornamental Fish International's Web Site, <http://www.ornamental-fish-int.org/> (11/2013)
- Ploeg, A., 2013. Trade – the status of the ornamental aquatic industry, *Ornamental Fish International (OFI) Journal*, 72 pp.

- Posel, P., 2003. Ekologické aspekty světové akvaristiky. Disertační práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 99 s.
- Schaefer, F.J., Kloas, W., Wuertz, S., 2012. Arapaima: Candidate for intensive freshwater culture. Global Aquaculture Advocate, November/December, 50–51 pp.

METODY A POSTUPY VYUŽÍVANÉ V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE METHODS AND APPROACHES USED IN INTENSIVE AQUACULTURE

T. POLICAR, M. BLECHA, J. KŘÍŠŤAN, P. SVAČINA

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, e-mail: policar@frov.jcu.cz

Abstract

A short history of the development of recirculating aquaculture systems, their importance and general rules applying in this intensive type of fish farming in economically important fish species are explained and described in this publication. The basic principles of different methods and procedures (such as: controlled reproduction of broodstock, out of season spawning of fish, fish grading, combination of pond and intensive aquaculture, fish domestication, interspecific hybridization, using triploid fish and monosex populations), which are used in intensive aquaculture of economically important fish species in order to increase productivity and profitability of their farming, are described in details.

Klíčová slova: chov ryb, recirkulační akvakulturní systém, biotechnologie, efektivita, tržní produkce

Keywords: fish culture, recirculating aquaculture system, biotechnology, efficiency, marketable production

ÚVOD

Intenzivní akvakultura využívající tzv. recirkulační akvakulturní systémy (RAS) má ve světové produkci tržních ryb své nezpochybnitelné a nezastupitelné místo. První vývoj RAS je datován do 50. a 60. let minulého století. V tomto období byly první RAS využívány k chovu kaprovitých ryb v Japonsku a na Dálném východě. Intenzita chovu ryb v těchto systémech byla velmi nízká a systémy se využívaly především jako ochrana chovu ryb před periodickým suchým obdobím bez dostatku vody v krajině (Warrer-Hensen, 2015).

V 70. letech minulého století vznikla myšlenka využívat RAS pro intenzivní chov ryb s cílem optimalizovat růst ryb a konverzi předkládaných živin pomocí optimálních kontrolovaných podmínek prostředí jako je teplota vody, obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a další parametry kvality vody (pH, NH_4 a NO_2) (Kouřil, 2013; Warrer-Hensen, 2015). O deset let později došlo v Dánsku, Německu a Nizozemí k velkému rozvoji intenzivních farem produkujících tržního úhoře říčního (*Anguilla anguilla*) s roční produkcí kolem 8 000 tun. Je pravdou, že v tomto období byly první intenzivní systémy chovu ryb konstruovány s velkými technologickými chybami, které neodpovídaly biologickým a fyziologickým potřebám chovaných ryb (Warrer-Hensen, 2015). Největší technologické nedostatky stavěných systémů byly v nedostatečně postavených a designovaných biologických filtrech, které měly za úkol odstraňovat toxický amoniak či dusitany z vody daného systému (Lang a kol., 2013; Warrer-Hensen, 2015). Při řešení tohoto problému se zjistilo, že RAS musí splňovat jak optimální podmínky prostředí pro chované ryby tak i pro bakterie žijící v biologických filtrech (Warrer-Hensen, 2015). Po optimalizaci zmíněných technologických problémů je RAS považován za efektivní průmyslovou produkci ryb, která zajišťuje kontinuální, kvalitní, předvídatelnou a k životnímu prostředí šetrnou produkci (Martins a kol., 2010; Kouřil, 2013; Policar a kol., 2014a; Warrer-Hensen, 2015). Efektivní intenzivní akvakultura však musí optimalizovat všechny technologické (inženýrské),

biologické a také ekonomické aspekty chovu ryb (Schram, 2008), které zajistí vysokou hustotu zdravých chovaných ryb, jejich vysoký růst, kontinuální reprodukci, dobrou konverzi živin a nízkou mortalitu, vysokou produktivitu práce obsluhy (Kouřil, 2013; Policar a kol., 2014a), nízkou spotřebu krmiv a elektrické energie na 1 kilogram vyprodukovaných ryb, která se před 20–25 lety pohybovala na úrovni 10 kW.kg⁻¹ a dnes se pohybuje na hranici 1–2 kW.kg⁻¹ (Warrer-Hensen, 2015). Ze zmíněných informací vyplývá, že chovatel využívající RAS pro intenzivní chov ryb by měl odborně ovládat techniku jednotlivých chovatelských a biotechnologických metod či postupů uplatňovaných v dané akvakultuře pro vylepšení ekonomiky daného chovu ryb (Peter a Yu, 1997; Mélard, 2008; Rougeot a Mélard, 2008; Wang a kol., 2010; Policar a kol., 2009a, 2011, 2014a; Kouřil a kol., 2011; Flajšhans, 2013; Teletchea a Fontaine, 2014).

Výběr druhů v rámci chovu ryb využívající RAS je především ovlivněn podmínkami místního trhu a to především cenou a poptávkou (Schram, 2008; Stejskal a kol., 2013; Warre-Hensen, 2015). V současné době se v RAS chovají především následující sladkovodní druhy či stádia ryb: pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), losos obecný (*Salmo salar*) do stádia strdlíc, úhoř říční, tipálie rodu *Oreochromis*, sumec velký (*Silurus glanis*), keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*) nazývaný někdy jako sumeček africký, candát obecný (*Sander lucioperca*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), jeseter sibiřský (*Acipenser baerii*), jeseter ruský (*Acipenser gueldenstaedtii*), síhové rodu *Coregonus*, parma obecná (*Barbus barbus*) a mník jednovousý (*Lota lota*) (Policar a kol., 2009a, 2010; Kouřil, 2013; Stejskal a kol., 2013; Warre-Hensen, 2015).

Cílem této práce je popsat základní principy jednotlivých metod a postupů, které se využívají v intenzivní akvakultuře u některých uvedených druhů ryb.

OBECNÝ PŘÍSTUP K INTENZIVNÍMU CHOVU RYB

Jednotlivé chovatelské zásahy v intenzivním chovu ryb využívající RAS, jako je management krmení, třídění, kontrola zdravotního stavu a chování ryb, popřípadě náprava nevhodných podmínek prostředí či špatného zdravotního a kondičního stavu ryb, musí být realizovány velmi často, velmi pečlivě a zodpovědně (Kestemont a kol., 2008). Vlastní rozhodnutí na nápravu nevhodného či zhoršujícího se stavu intenzivního chovu ryb musí být uplatňováno přesvědčivě, s určitou zkušeností a poměrně rychle v horizontu několika minut či maximálně hodin (Policar a kol., v tisku). Je nutné si uvědomit, že ryby v intenzivním chovu jsou chovány ve vysokých hustotách bez přísunu přirozeného krmiva, při vyšší teplotě vody a velmi často při vyšších koncentracích látek dusíkatého metabolismu NH⁴⁺, NO²⁻ a NO³⁻, než je tomu v rybníčním chovu. V případě odklonu od normálního stavu chovu (způsobeného např.: havárií, krátkodobým výpadkem proudu, výskytem nějakého onemocnění či dalšími problémy) mohou tyto faktory za několik minut či hodin způsobit v intenzivním chovu ryb totální úhyn obsádky. Reakce obsluhy musí být v těchto případech velmi rychlá a akční v porovnání s tradičním rybníčním způsobem chovu, u kterého je na nápravu chovatelských potíží poměrně více času (Reisner, 2003; Stupka, 2003). Z výše uvedených skutečností můžeme konstatovat, že v intenzivním chovu ryb využívajícím RAS nelze uplatňovat stejné principy chovatelské práce jako je tomu v rybníkářství. Intenzivní chov ryb bez pravidelných kontrol, pečlivého ošetření a odborného managementu je chovatelsky a technicky nestabilní a stává se rizikovým (Warrer-Hensen, 2015). Avšak v případě kvalitního ošetření ryb, pravidelných kontrol, dobré údržby celého systému a dodržování všech technologicko-biologických aspektů je intenzivní chov ryb využívající RAS velmi efektivním systémem. Tento způsob chovu potom umožňuje kontinuálně produkovat kvalitní ryby na velmi malém prostoru bez ekologické zátěže životního prostředí a v těsné blízkosti konečného zákazníka (Kouřil, 2013; Warre-Hensen, 2015; Policar a kol., v tisku).

ŘÍZENÁ REPRODUKCE

Cílem řízené reprodukce je hormonální indukce a synchronizace ovulace jiker či uvolňování spermií u generačních ryb, u které mají díky předchozímu chovu v optimálních podmínkách prostředí a výživy dostatečně vyvinuté a pohlavně zralé gonády (Peter a Yu, 1997; Blecha a kol., 2015). Snahou hormonálního ošetření ryb je synchronizovat jejich reprodukci do krátkého období a tím zvýšit produktivitu práce při výtěru ryb, umělém osemenění a inkubaci jiker. Velkou výhodou řízené reprodukce je získání velkého počtu stejně starých larev, které se následně využívají k dalšímu efektivnímu odchovu (Kouřil a kol., 2011).

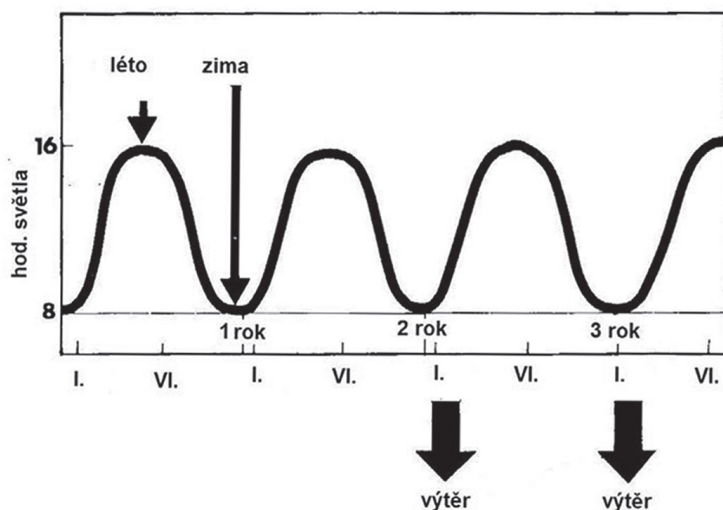
Vlastní hormonální stimulace generačních ryb je realizována za optimálních podmínek prostředí pro reprodukci daného druhu pomocí intramuskulární (do hřbetní svaloviny) či intraperitoneální (do báze břišní ploutve), případně intraperikardiální (do báze prsní ploutve) hormonální injekce různých hormonálních preparátů (Podhorec a Kouřil, 2009a). K hormonální injekci ryb se v současné době používají následující hormonální preparáty: kapří hypofýza, preparát Ovopel, Ovaprim, Dagin, Supergestran, Chorulon a další, které vedou k finálnímu dozrávání jiker či spermií a k jejich následnému uvolnění. V současné době je snahou při řízené reprodukci ryb nahrazovat kapří hypofýzu (směs přesně nedefinovaných fyziologických chemických látek endokrinního systému získaných z jiných ryb) syntetickými preparáty obsahující GnRHa (analog hormonu uvolňujícího gonadotropiny) (Kouřil a kol., 2011). Snahou je aplikovat rybám známé složení a množství syntetických látek, které budou u ryb stimulovat sekreci gonadotropních hormonů (FSH – folikulostimulační hormon a LH – luteinizační hormon) a následné finální dozrávání oocytů či spermií (Peter a Yu, 1997; Alavi a Cosson, 2006; Podhorec a Kouřil, 2009b). Jednotlivé účinné metody hormonální stimulace u jednotlivých druhů ryb, které se využívají v intenzivní akvakultuře, byly popsány různými autory (Policar a kol., 2009a,b, 2011; Kouřil a kol., 2011; Křišťan a kol., 2013; Žarský a kol., 2013) s detailními informacemi o synchronizaci, průběhu a efektivitě jednotlivých výtěrů.

MIMOSEZÓNÍ VÝTĚRY

Technika mimosezónních výtěrů úzce souvisí s intenzivním chovem ryb, kdy tyto chovy kontinuálně produkují tržní ryb a současně mají požadavek na kontinuální nasazování nových ryb (larev) k novému chovu. Mimosezónní reprodukce ryb tak pomáhá maximálně využít odchovnou kapacitu intenzivních chovů, do kterých se larvy (nové ryby) nasazují v průběhu celého roku.

U této techniky je důležité znát dobře základní reprodukční charakteristiky jednotlivých druhů a především optimální podmínky prostředí, které úspěšně stimulují vývoj gamet ryb. Obecně podle nároků na prostředí z hlediska vývoje gamet rozdělujeme ryby na druhy tropické (keříčkovci či tilápie) a druhy pocházející z mírného pásma (ostatní druhy ryb zmíněné v předchozím textu). U ryb, které pochází z tropických či subtropických oblastí, dochází v rámci jejich chovu s optimální a konstantní teplotou vody (nad 20 °C) a světelným režimem (12 hodin světla a 12 hodin tmy) k vývoji gonád v průběhu celého roku bez výrazných potřeb na speciální simulaci teplotního a světelného režimu.

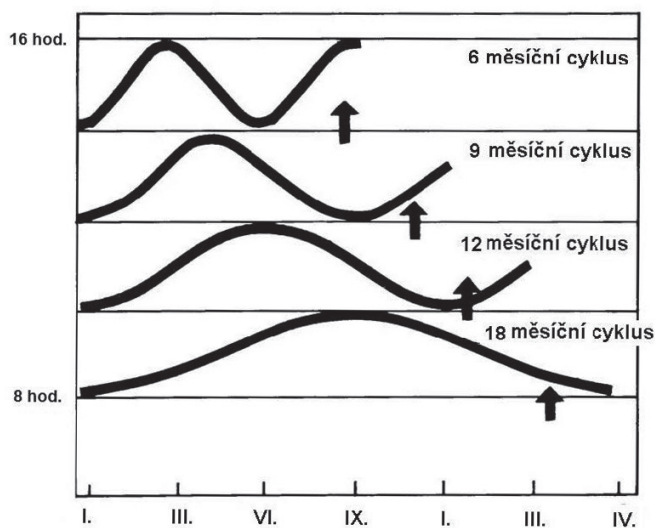
U většiny ryb z mírného pásma dochází k synchronnímu dozrávání gamet s jedním výtěrem v rámci ročního cyklu. U takovýchto ryb je vývoj gamet ovlivňován průběhem teplotního či světelného režimu nebo kombinací obou režimů. Podle Wanga a kol. (2010) můžeme rozlišit tři skupiny ryb, u kterých je vývoj gonád a finální dozrávání gamet indukováno a synchronizováno různým průběhem teplotního a světelného režimu. Zmínění autoři do první skupiny ryb zahrnují lososovité ryby (v našem případě pstruh duhový), u kterých dochází v přirozených podmínkách prostředí k vývoji gonád, k finálnímu dozrávání gamet a vlastnímu výtěru při zkracující se či zkrácené fotoperiodě (finální světelný režim kolem 8 hodin světla, obr. 1) (Bromage a kol., 1984).



Obr. 1. Přirozený výtěr pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) ve Velké Británii za přirozeného teplotního a světelného režimu (Bromage a kol., 1984).

Fig. 1. Natural spawning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Great Britain under natural thermal and light regime (Bromage a kol., 1984).

Díky řízené fotoperiodě a konstantnímu či přirozenému průběhu teploty vody je však možné prodlužovat či zkracovat reprodukční intervaly u pstruha duhového drženého v kontrolovaných podmínkách. Jestliže v daném chovu vytvoříme několik skupin generačních ryb s různým světelným režimem, je možné od těchto skupin postupně získávat různé termíny výtěru a docílit tak mimosezónních výtěrů v průběhu celého roku. V tomto případě se už ryby nevytírají jen v podmínkách krátkého dne, ale důležitý stimulační impuls pro výtěr ryb je samotná změna světelného režimu (obr. 2) (Bromage a kol., 1984; Bromage a Duston, 1986).



Obr. 2. Mimosezónní výtěry pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) stimulované řízeným světelným režimem (Bromage a kol., 1984).

Fig. 2. Out of season spawning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stimulated by special light regime (Bromage a kol., 1984).

Do druhé skupiny ryb z hlediska environmentální stimulace vývoje gamet a indukce výtěru patří okounovité ryby (např. okoun říční a candát obecný), které pro intenzivní vývoj a dozrávání gonád potřebují postupné snižování teploty vody a současně zkracování světelného režimu (Jansen a Fontaine, 2008). Tyto ryby po alespoň 3–5měsíční stimulaci následně dosahují finálního dozrávání gamet a vlastního výtěru v období, kdy se teplota vody zvyšuje na 12–15 °C a současně se prodlužuje světelná část dne na 13–15 hodin světla (Zakes a Szczepkowski, 2004; Ronyai, 2007; Zakes, 2007; Müller-Belecke a Zienert, 2008). Tohoto schématu se běžně v dnešní době využívá v intenzivních chovech uvedených druhů ryb především v Dánsku, Francii, Belgii, Nizozemí a Irsku (Polícar a kol., 2011).

Třetí skupina ryb, která se vyznačuje další odlišností z hlediska potřeby environmentální stimulace nutné k stimulaci vývoje a dozrávání gamet či indukci vlastního výtěru, zahrnuje kaprovité ryby (Wang a kol., 2010). K intenzivnímu vývoji gonád, následně k finálnímu dozrávání gamet a vlastnímu výtěru u těchto ryb (např. parma obecná) dochází, jestliže jeden z nejdůležitějších environmentálních faktorů (jako je teplota vody či světelný režim) je konstantní a druhý je postupně zvyšující (např.: teplota vody z 8 na 18–20 °C či světelná část dne z 8 na 14–16 hodin) (Poncin a kol., 1987; Poncin, 1989). Přibližně po měsíci ode dne, kdy bylo dosaženo finálních hodnot daného stimulujícího faktoru prostředí, dochází u intenzivně chovaných ryb k pozvolnému finálnímu dozrávání a uvolňování gamet (Polícar a kol., 2010). Tohoto způsobu stimulace ryb k mimosezónnímu výtěru se využívalo v Belgii a České republice k optimalizaci produkce násadového materiálu zmíněné parmy obecné (Philippart a kol., 1989; Polícar a kol., 2009b).

TŘÍDĚNÍ RYB

Třídění ryb je v průběhu intenzivního monokulturního chovu velmi důležitý chovatelský nástroj s cílem chovat odděleně ryby, které se vyznačují různě rychlým tempem růstu (Polícar a kol., v tisku). Tento chovatelský zásah (především u dravých druhů ryb) eliminuje míru

kanibalismu a tím zvyšuje přežití odchovávaných ryb potažmo efektivitu jejich chovu (Mélard a kol., 1995). Obecně platí pravidlo, že čím menší ryby chováme, tím musí být frekvence třídění vyšší (u larev či juvenilních ryb do průměrné hmotnosti 8 gramů 1x za 10–12 dní) a naopak (u starších juvenilních ryb od 8–80 gramů 1x za 21 dní až měsíc; Policar a kol., 2014a). Dále je nutné, třídění ryb realizovat v souladu s danými podmínkami chovu ryb a podle aktuální kondice a zdravotního stavu ryb (Mélard a kol., 1995). Velikostní třídění ryb je důležité realizovat velmi šetrně a rychle s cílem eliminovat stres u tříděných ryb (Policar a kol., 2014a). Dobře provedené třídění ryb je takové, u kterého nedochází k žádnému úhynu či poranění ryb. Velmi často se třídění u okounovitých ryb kombinuje s následnou preventivní koupelí v kuchyňské soli (3g.l^{-1} po dobu expozice 20 min) jako ochrana proti povrchovému zaplísnění ryb (Policar a kol., 2014a). Třídění ryb v malém objemu je možné provádět pomocí ručních šterbinových třídiček (obr. 3). Naopak ve větších intenzivních chovech ryb se využívají automatické třídičky, které jsou vybavené vlastní třídičkou a potrubím na transport ryb z nádrže a zase zpět po vytřídění do nádrže (obr. 4).



Obr. 3. Šterbinová ruční třídička ryb (foto T. Policar).

Fig. 3. Slotted manual fish sorter (photo T. Policar).



Obr. 4. Automatická třídička ryb využívaná v komerčních intenzivních chovech různých druhů ryb (foto T. Policar).

Fig. 4. Automatic grading machine used in commercial farms of different fish species (photo T. Policar).

Vedle zmíněných informací je dobré si uvědomit, že různá rychlost růstu chovaných ryb je podmíněna pohlavním dimorfismem (Fontaine a kol., 1997), genetickou výbavou (Mandiki a kol., 2004) a sociálním chováním (Mélard a kol., 1995) ryb v dané nádrži. Z těchto důvodů ani dobře realizované třídění ryb nedokáže 100% eliminovat kanibalismus a garantovat zvýšenou produktivitu chovaných ryb (Mélard a kol., 1995, 1996).

KOMBINACE RYBNÍČNÍHO A INTENZIVNÍHO CHOVU

Obecně je tento způsob chovu ryb vyvíjen a využíván v zemích, které disponují s velkou výměrou malých produkčních rybníků a současně budují intenzivní chovy ryb (ČR, Maďarsko, Německo a Rakousko; Policar a kol., 2014a). Cílem tohoto produkčního systému je produkovat kvalitní ryby s nízkými provozními náklady. Konečný produkt tohoto způsobu chovu je buď násadový materiál ryb, který je určený k nasazení do intenzivních chovů využívající RAS, nebo konečným produktem jsou tržní ryby (Stejskal a kol., 2010). V současné době se tento způsob chovu především využívá u ryb (candát obecný, okoun říční a mník jednovousý), u kterých dochází v intenzivních podmínkách ke komplikovanému a velmi nákladnému odchovu larev a raných stádií juvenilních ryb (Křišťan a kol., 2014; Policar a kol., 2014b). Tento způsob zahrnuje přirozený rybníční chov larev a juvenilních ryb do stádia tzv. rychleného plůdku (celková délka kolem 3–5 cm) a jeho následnou adaptaci na prostředí kontrolovaného chovu a umělá krmiva pomocí polovlhkých krmných směsí připravených z umělého krmiva a různých krmných atraktantů jako je mražená patentka, nitěnka či rozemluté rybí maso nebo hovězí srdce (Policar a kol., 2009a, 2014b; Stejskal a kol., 2010). Cílem je získat juvenilní ryby z rybníků a adaptovat je na umělé podmínky prostředí a krmivo s minimálně 75–85 % úspěšností, která výrazným způsobem ovlivňuje ekonomiku chovu. Následně po adaptaci ryb na nové prostředí probíhá klasický intenzivní chov ryb v RAS (Policar a kol., 2014b).

Způsob chovu ryb, který uplatňuje kombinaci rybníčního a intenzivního chovu využívá především výhody obou chovatelských systémů. Výhodou rybníčního chovu larev a raných stádií juvenilních ryb je: využití přírodních zdrojů potravy ryb, která je přirozenou potravou ryb, rychlý vývoj a růst odchovávaných ryb bez morfologických a fyziologických poruch, nízké provozní náklady a stabilní produkce kvalitních ryb. Při následném intenzivním chovu ryb se uplatňují výhody, jako jsou: vysoká rychlost růstu a přežití ryb, eliminace kanibalismu, krátký produkční interval, velmi dobrá kontrola nad chovem, vysoká předvídatelnost produkce, její stabilita a kontinuální charakter (Policar a kol., 2009a, 2014b; Stejskal a kol., 2010). Díky zmíněným výhodám obou využitých systémů je tato produkce ryb velmi efektivní a předpokládáme její další rozvoj a využití nejenom pro produkci zmíněných druhů ryb, ale i dalších ryb jako je produkce násadového materiálu reofilních ryb (parma obecná a podoustev říční – *Vimba vimba*) či dalších hospodářsky významných ryb jako je lín obecný – (*Tinca tinca*) nebo amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*).

DOMESTIKACE

Domestikace je proces postupné adaptace organismu k životním podmínkám, které jsou vytvářeny lidským zásahem (Flajshans, 2013). Z tohoto hlediska je domestikace velmi úzce spojená s intenzivním chovem ryb, kde je snahou ryby pravidelně rozmnožovat a odchovávat od kategorie larev do kategorie generačních nebo tržních ryb (Rougeot a Mélard, 2008). Proces domestikace je velmi dlouhý proces, který začíná přivyknutím a přirozenou adaptací ryb na kontrolované podmínky chovu. Tato počáteční fáze domestikace se nazývá jako „bezděčná domestikace“, při níž je nutné do hejna ryb doplňovat neustále nové divoké jedince. Při této fázi dochází k postupné adaptaci celé populace ryb na nové podmínky prostředí, kde se ryby začínají řízeně rozmnožovat. Další fáze domestikace je charakterizována kontinuální řízenou

reprodukcí, kdy dané hejno ryb rozmnožujeme bez dalších vstupů divokých ryb. Získané vlastnosti jsou předávány z generace na generaci a proces domestikace pokračuje postupným šlechtěním (selekcí). Následně mohou vznikat v chovu ryb plemena s přesně definovanými užitkovými vlastnostmi a u ryb dochází k posunu některých morfologických (změna tvaru těla, ztráta v ošupení, různě dlouhé střevo a další) či fyziologických vlastností (klidnější temperament, snížení plodnosti, raný nástup dospělosti a pohlavní zralosti; Flajšhans, 2013).

Obecně je možné konstatovat, že akvakultura je velmi mladým odvětvím zemědělství, kde se využívá velmi malého počtu domestikovaných druhů ryb. Nejvíce domestikovanými hospodářsky významnými rybami jsou v současné době losos obecný, pstruh duhový a kapr obecný (*Cyprinus carpio*) (Teletchea a Fontaine, 2014).

Všeobecně je známo, že užitkovost domestikovaných ryb jako je růst, přežití, produktivita či výtěžnost chovaných populací se zvyšuje se zvyšujícím se stupněm domestikace. Současnou snahou chovatelů je domestikovat a šlechtit další sladkovodní druhy ryb jako je lín obecný (Kvasnička a kol., 1993), sumec velký (Flajšhans, 2013) a okoun říční (Rougeot a kol., 2007) s cílem zvyšovat jejich užitkové vlastnosti a snižovat provozní náklady na jejich produkci v komerčních chovech.

MEZIDRUHOVÉ KŘÍŽENÍ (HYBRIDIZACE)

Křížení je metoda používaná v rámci šlechtitelské práce s cílem využít genetické variace křížených genů a dosáhnout tak heterozního efektu u hybridů. Z hlediska chovu ryb je nejdůležitější zvýšená úroveň užitkovosti hybrida v porovnání s jeho rodiči (Kocour, 2013).

Mezidruhovému křížení se v akvakultuře příliš nevyužívá a zpravidla se v chovu ryb provádí křížení v rámci druhů na úrovni plemen, linií či populací (Kocour, 2013). Mezidruhovému hybridizaci se provádí u příbuzných druhů ryb (Rougeot a Mélard, 2008). Čím větší je příbuznost druhů, shoda v komplementaritě alelických párů a shoda ve velikosti a tvaru chromozómů (tzv. homologicitě chromozomových párů), tím větší je úspěšnost mezidruhovému křížení. Neúplná homologicitě chromozomových párů vede k produkci neplodných či polyploidních (jedinci se zvýšenou sadou chromozómů) hybridů. V akvakultuře se již testovali následující mezidruhové hybridy, kteří se většinou v rybářské praxi příliš neuplatnili (Kocour, 2013).

V chovu lína obecného byli testováni hybridy, kteří vznikli mezidruhovým křížením mezi samicemi lína a samci tolstolobce pestrého (*Hypophthalmichthys nobilis*), tolstolobika bílého a karase obecného (*Carassius carassius*). Výsledkem vždy byla velmi nízká oplozenost jiker, vysoká mortalita embryí a vysoké procento deformovaného plůdku. U mezidruhovému křížení samic kapra obecného a samců lína byla zjištěna nižší oplozenost jiker a líhnivost larev. V tomto případě mezidruhovému hybridizaci došlo k produkci životaschopného potomstva tzv. kaprolína, který však vykazoval nižší růst oproti svým rodičům (Flajšhans, 2013).

V chovu síhů se v ČR od roku 1971 prováděla mezidruhovému hybridizaci mezi druhy síh peled (*Coregonus peled*) a síh maréna (*C. maraena*) s cílem zvýšit růstovou schopnost a kvalitu masa F1 kříženců (Hochman a Peňáz, 1986; Flajšhans, 2013). V dalších letech docházelo k neevidovanému náhodnému i záměrnému křížení dalších filiálních generací, čímž došlo ke ztrátě heterozního efektu a postupně ke ztrátě užitkovosti ryb. V současné době jsou v ČR chováni mezidruhové hybridy síha marény a peledě n-té filiální generace (Flajšhans, 2013).

U intenzivního chovu okouna říčního bylo v minulosti testováno mezidruhovému křížení mezi samicí okouna říčního a samcem okouna žlutého (*Perca flavescens*). Zmíněnou hybridizaci bylo dosaženo vyšší hmotnosti nově vylíhnutých larev. Chovem hybridních ryb bylo v optimálních teplotních podmínkách (23 °C) RAS dosaženo tržní hmotnosti ryb (100 g) za 11 měsíců v porovnání kontrolní obsádkou okouna říčního, která dosáhla v tomto věku přibližně hmotnosti jen 80 gramů. Při použití hybridů v intenzivním chovu bylo po 800 dnech dosaženo

vyšší rychlosti růstu až o 40 % oproti normálním populacím okouna říčního (Rougeot a Mélard, 2008). Avšak okoun žlutý je v Evropě nepůvodním druhem, který může negativně ovlivnit stávající divoké populace okouna říčního v evropských volných vodách. Z tohoto důvodu se okoun žlutý v Evropě k hybridizaci nevyužívá.

U intenzivního chovu evropských candátů byl v intenzivní akvakultuře testován chov hybridů candáta obecného (samice) a candáta východního (*Sander volgensis*) využívaného v hybridizaci jako samec. Během 35 denního experimentu bylo zjištěno, že juvenilní hybridní ryby s počáteční hmotností 1,75 gramů rostly nejrychleji u candáta obecného oproti hybridu, který v růstu a konverzi živin zaostával. Zmínění hybridi se dále v intenzivní akvakultuře testují. Avšak pro jejich snížený růst oproti candátu obecnému se nepředpokládá jejich široké uplatnění ani v oblastech s přirozeným výskytem candáta východního (Müller a kol., 2011).

V intenzivním chovu keříčkovce červenolehého se s cílem zvýšit růst a produkci ryb, zlepšit konverzi živin a výtěžnost masa z tržních ryb prozatím testovali či využívali následující různé hybridy, jako jsou: *Clarias gariepinus* x *Heterobranchus fossilis*, *Clarias gariepinus* x *Heterobranchus bidorsalis* a *Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis* (Legendre a kol., 1992; Oellermann a Hecht, 2000; Owodeinde a Ndimele, 2011). Posledně jmenovaný hybrid se hojně využívá v akvakultuře keříčkovců především pro jeho vyšší výtěžnost masa z tržních ryb (Oellermann a Hecht, 2000).

U intenzivního chovu tilápií rodu *Oreochromis* se využívají mezidruhové hybridy (samec *O. aureus* x samice *O. niloticus*, samec *O. mossambicus* x samice *O. niloticus* a samec *O. hornorum* x samice *O. niloticus*) především k produkci populací, ve kterých převažují ze 70–90% samci. U chovu tilápií bylo totiž zjištěno, že samci rostou až dvakrát rychleji než samice (Shelton, 2002; Guerrero, 2008).

VYUŽITÍ TRIPLOIDNÍCH RYB

Naprostá většina živočichů má v somatických buňkách duplikovanou sádku chromozómů, tedy 2n. Tito jedinci se potom nazývají jako diploidní jedinci. V gametách takovýchto živočichů je díky meiotickému buněčnému dělení přítomna jen jedna sada chromozómů nazývaná se haploidie (1n). Následně pohlavním rozmnožováním a splynutím samičí a samčí gamety je znovu nastolen diploidní stav nového organismu v dané generaci (Flajšhans a kol., 2013).

Polyploidní živočichové potom mají díky různým biotickým či abiotickým procesům zmnožené celé chromozomové sádky (3n, 4n...) a nazýváme je jako triploidní, tetraploidní či n-ploidní jedince (Thorgaard, 1986). Polyploidie u ryb je důležitým evolučním mechanismem, který přispěl k velké rozmanitosti současných ryb. Uměle navodit polyploidní stav ryb pomocí fyzikálního (teplotního nebo tlakového) či chemického (působení vřetenkových jedů jako je kolchicin, kolcemid, cytochalazin B a další) zásahu (šoku) v průběhu vývoje zygoty je relativně snadné. Tento proces se nazývá polyploidizace. Nejčastěji se u ryb využívá triploidizace vyvolávající jejich triploidní stav (Flajšhans a kol., 2013).

V chovatelské praxi se k umělé indukci triploidizace nejčastěji používá teplotních (teplých či chladových) nebo tlakových šoků po oplození a aktivaci gamet v průběhu umělých výtěrů daných druhů ryb. Realizace každého šoku je charakterizována třemi proměnnými a kombinace jejich hodnot je zásadní pro dosažení podílu triploidních ryb v získané populaci a maximálního procenta přežití plůdku. Zmíněnými proměnnými jsou: doba aplikace šoku po oplození a aktivaci gamet, intenzita (hodnota použité teploty vody či tlaku) a expozice (délka trvání) šoků. U teplomilných druhů ryb se šok aplikuje 2–7 minut po oplození jiker a u studenomilných druhů je to 15–20 minut. Intenzita šoků u tlakového ošetření je 58–85 MPa, u chladového šoku je to -1 až +4 °C a u teplého šoku 24–32 °C v případě teplomilných ryb a 34–41 °C u ryb pocházejících z mírného pásma. Expozice tlakového šoku se využívá na úrovni 2–6 minut.

Chladový šok je aplikován u většiny ryb po dobu 2–20 minut a teplý šok nejčastěji po dobu 10–25 minut (Flajšhans a kol., 2013).

Triploidní ryby se v komerčních chovech ryb využívají z následujících důvodů. Triploidní ryby jsou často sterilní. Jestliže je tržní velikost daných druhů ryb dosahována až po jejich pohlavní dospělosti, velmi často triploidi takovýchto druhů dosahují zvýšeného růstu oproti rybám diploidním (plodným). Totální či částečná sterilita triploidů způsobuje v jejich chovech snížení sexuálního a teritoriálního chování, který vede k jejich nižšímu stresu a spotřebě energie. Tržní ryby triploidů, které jsou produkovány po dosažení pohlavní dospělosti, dosahují lepší organoleptické kvality masa (vybarvení svaloviny, % tuku, % vody v mase a další) oproti pohlavně dospělým tržním diploidním rybám (Piferrer a kol., 2009). Triploidní ryby se také produkují s cílem zajistit sterilitu nepůvodních druhů ryb, které jsou vysazovány do volných vod mimo jejich domovinu, kde je důležité zabránit dalšímu rozmnožování vysazovaných nepůvodních druhů (např. amur bílý v USA či amur černý – *Mylopharyngodon piceus* v Izraeli). Nejčastěji se produkce triploidů v současné době využívá u následujících druhů: pstruh duhový, amur bílý, siven americký a losos obecný (Flajšhans a kol., 2013). Dále se využití triploidů testovalo či testuje u kapra obecného (Linhart a kol., 1991), lína obecného (Flajšhans a kol., 2010), sumce velkého (Linhart a kol., 2001) a okounovitých ryb (Malison a kol., 1993, 2001; Rougeot a kol., 2003). Triploidní okounovité ryby se však uplatňují především v rybníčních chovech, jelikož intenzivní akvakultura využívající většinou teplotu vody kolem 23 °C zabraňuje intenzivnímu vývoji gonád ryb a následně jejich pohlavnímu dozrávání. Tento fenomén způsobuje spontánní sterilitu chovaných ryb a triploidizace, která vede a je využívána k zajištění sterility ryb, je v takovémto chovu zbytečná (Rougeot a kol., 2003).

VYUŽITÍ MONOSEXNÍCH POPULACÍ RYB

V současných intenzivních chovech některých ryb se využívá záměrný zvrát pohlaví pomocí aplikace pohlavních steroidních hormonů s cílem dosáhnout zvýšeného růstu u tzv. monosexních populací. Tato metoda moderního chovu ryb se využívá u ryb, u nichž je rychlost růstu ovlivněna pohlavím neboli pohlavním dimorfismem. U samic např. pstruha duhového, okouna říčního či jiných okounovitých ryb (Malison a Garcia-Abiado, 1996; Rougeot a Mélard, 2008; Piferrer a kol., 2009) či samců tilápie rodu *Oreochromis* (Shelton, 2002; Guerrero, 2008) potom v porovnání s druhým pohlavím dochází k rychlejšímu růstu (až o 30–40 %), vyšší produkci a konverzi živin (Rougeot a Mélard, 2008; Piferrer a kol., 2009).

Z těchto důvodů intenzivní chovy okounovitých ryb a pstruha duhového využívají celosamičích obsádek, které je možné získat některým z následujících postupů:

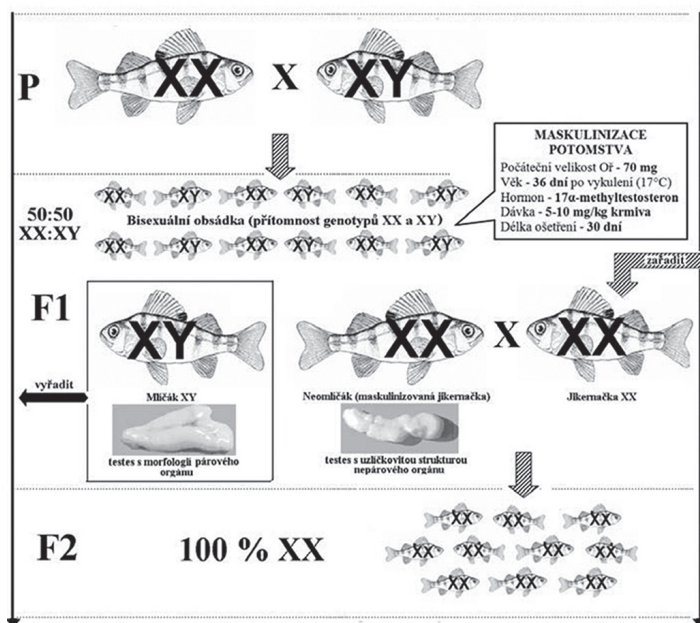
Gynogeneze – oplození jikry inaktivovaným spermatem s následným obnovením diploidního stavu, kdy potomstvu je předávána jen jaderná genetická informace matky a pohlaví se řídí určením matky (Policar a kol., 2009a; Flajšhans, 2013).

Přímý zvrát samčího pohlaví na samičí neboli přímá feminizace – V tomto případě se u vyprodukovaných ryb mění jen fenotyp (na samičí), ale genotyp získaných jedinců zůstává stejný (samčí). K cílené přímé feminizaci se nejčastěji používají látky s estrogením účinkem

jako je dietylstilbestrol nebo 17-beta-estradiol, které se používají u koupelí jiker ryb či v rámci přímého podání látek v rybím krmivu (Flajšhans a kol., 2013). Po několikadenním dávkování estradiolů v krmivu dojde ke zvrát samčího pohlaví na samičí a získáváme tak celosamičí populaci ryb. Avšak přímé použití estrogenních látek pro produkci potravinových zvířat je v EU zakázáno a tuto metodu je možné použít jen experimentálně nebo ji nahradit nepřímou feminizací (viz text níže; Rougeot a Mélard, 2008).

Nepřímé použití androgenů (nepřímá feminizace) – Hormonální ošetření je aplikováno pouze u ryb, které slouží k zakládání monosexních obsádek. Hormonálně ošetřené ryby tedy

nejdou předmětem konzumu. Celý proces se postupně skládá ze tří kroků (obr. 5). Prvním krokem je produkce bisexuální populace běžným výtěrem generačních ryb. Druhým krokem je tzv. maskulinizace jikernaček z bisexuální populace ryb pomocí androgenů (nejčastěji 17 α -methyltestosteron) a získání tzv. neomales, které produkují spermie s genetickou informací samic. Posledním krokem k získání celosamičí populace je reprodukce maskulinizovaných jikernaček (neomales) s normálními jikernačkami. Následně se celosamičí populace využívá k produkci tržních ryb (Rougeot a Mélard, 2008).



Obr. 5. Produkce celosamičí populace při pou  it   metody nep  m  ho ošetření ryb androgeny u okouna říčního (*Perca fluviatilis*) (převzato z Policar a kol., 2009a).

Fig. 5. Production of all females population after the use of indirect treatment with androgens in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) (taken from Policar et al., 2009a).

U intenzivních chov   t  l  p   se využívají celosamičí populace ryb, kter   je mo  n   nejefektivněji získat a produkovat pomocí androgeny, p  m   maskulinizace nebo už zm  n  n  ho k  r  en   následujících druh   t  l  p   (samec *O. aureus* x samice *O. niloticus*, samec *O. mossambicus* x samice *O. niloticus* a samec *O. hornorum* x samice *O. niloticus*) (Shelton, 2002; Guerrero, 2008).

Androgeny – při androgeny se potomstvu předává jen jadern   genetick   informace samce, kdy se nejprve inaktivuje sami   DNA pomocí gama    rentgenov  m o    en  m v  j    . N  sledn   dojde k oplození inaktivovaného v  j     aktivn   spermii a poté k obnov  n   diploidního stavu (Flajšhans a kol., 2013).

P  m   zvr   samičího pohlaví na sam   nebolí p  m   maskulinizace – V tomto p  pad   m  n  me fenotyp samice na samce p   zachování genotypu samice. K p  m   maskulinizaci se pou  zuj   androgenn   hormony, kter   se m  chaj   do krmiva odchovávaných larev (nejčastěji 17 α -methyltestosteron). I v tomto p  pad   je p  m   podání androgenů pro produkci potravinových zv  rat zak  zan   a tuto metodu je mo  n   pou  it   jen experiment  ln   nebo jako první fázi nep  m   feminizace (Shelton, 2002; Guerrero, 2008; Rougeot a Mélard, 2008).

SOUHRN

V předložené práci je zmíněna stručná historie vývoje recirkulačních akvakulturních systémů, jejich význam a obecná pravidla uplatňující se v tomto intenzivním způsobu chovu hospodářsky nebo sportovně významných druhů ryb. Detailně jsou popsány základní principy jednotlivých metod a postupů (jako jsou řízená reprodukce generačních ryb, mimosezónní výtěry ryb, třídění ryb, kombinace rybníčního a intenzivního chovu, domestikace ryb, mezidruhová hybridizace, využití triploidních ryb a monosexních populací), které se využívají v intenzivní akvakultuře jednotlivých druhů ryb s cílem zvýšit produktivitu a rentabilitu jejich chovu.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za finanční podpory MŠMT projektů CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I), GAJU 074/2013Z a NAZV QJ1510117.

LITERATURA

- Alavi, S.M.H., Cosson, J., 2006. Sperm motility in fishes. (II) Effects of ions and osmolality: A review. *Cell Biology International*, 30: 1–14.
- Blecha, M., Křišťan, J., Polícar, T., 2015. Způsoby výtěru a výhody hormonálního ošetření generačních ryb při výtěru candáta. *Rybníkářství*, 21: 6–8.
- Bromage, N., Duston, J., 1986. The control of spawning in rainbow trout using photoperiod techniques. *Reports of the Institute of Freshwater Research Drottningholm*, 63: 26–35.
- Bromage, N., Elliott, J.A., Springate, J.R.C., Whitehead, C., 1984. The effects of constant photoperiods on the timing of spawning in the rainbow trout. *Aquaculture*, 43: 213–223.
- Flajšhans, M., 2013. Domestikace a plemenitba významných hospodářských druhů ryb. In: Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Šlechtová, V., B., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O. (Eds), *Genetika a šlechtění ryb. 2. vydání*, FROV JU, Vodňany, s. 221–248.
- Flajšhans, M., Gela, D., Kocour, M., Buchtová, H., Rodina, M., Pšenička, M., Kašpar, V., Piačková, V., Sudová, E., Linhart, O., 2010. A review on the potential of triploid tench for aquaculture. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20: 317–329.
- Flajšhans, M., Ráb, P., Linhart, O., 2013. Polyploidie a genomové manipulace u ryb. In: Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Šlechtová, V., B., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O. (Eds), *Genetika a šlechtění ryb. 2. vydání*, FROV JU, Vodňany, s. 151–195.
- Fontaine, P., Gardeur, J.N., Kestemont, P., Georges, A., 1997. Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system. *Aquaculture*, 157: 1–9.
- Guerrero, R.D., 2008. Tilapia farming: A global review (1924 – 2004). *Asia Life Sciences*, 17: 207–229.
- Hochman, L., Peňáz, M., 1986. O problémech hybridizace ryb na příkladu síhů. In: Kouřil, J., Berka, R. (Eds), *Sborník referátů z konference „Reprodukce a genetika ryb“*, Vodňany, Slovenská zoologická spoločnosť – Ichtyologická sekce, s. 36–40.
- Jansen, H., Fontaine, P., 2008. Recent improvements in the control of the percid reproductive cycle. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), *Book of abstracts from workshop “Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production”* Universitaires de Namur, Namur, Belgium, pp. 19–22.

- Kestemont, P., Rougeot, C., Musil, J., Toner, D., 2008. Larval and Juvenile Production. In: Rougeot, C., Toner, D. (Eds), Farming of Eurasian Perch Special publication BIM, Dublin, Ireland, 24: 30–41.
- Kocour, M., 2013. Šlechtitelské programy v akvakultuře. In: Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Šlechtová, V., B., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O. (Eds), Genetika a šlechtění ryb. 2. vydání, FROV JU, Vodňany, s. 249–281.
- Kouřil, J., Podhorec, P., Stejskal, V., Policar, T., Křišťan, J., Drozd, B., 2011. Optimalizace metod hormonálně indukované ovulace při řízené reprodukci vybraných hospodářsky významných teplomilných druhů ryb. Edice Metodik (certifikovaná metodika), FROV JU, Vodňany, č. 120, 34 s.
- Kouřil, J., 2013. Recirkulační akvakulturní systémy. In: Mareš, J., Lang, Š. (Eds), Sborník příspěvků z workshopu "Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu", Mendlova univerzita v Brně, Brno, s. 14–19.
- Křišťan, J., Alavi, S.M.H., Stejskal, V., Policar, T., 2013. Hormonal induction of ovulation in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) using human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRH analogue. Aquaculture International, 21: 811–818.
- Křišťan, J., Policar, T., Vaniš, J., Svačina, P., 2014. Reprodukce a chov rychleného plůdku mníka jednovousého (*Lota lota*) v rybnících. Edice Metodik (certifikovaná metodika), FROV JU, Vodňany, č. 149, 25 s.
- Kvasnička, P., Linhart, O., Flajšhans, M., 1993. Breeding programme for the tench (*Tinca tinca* L.). Aquaculture, 111: 303.
- Lang, Š., Teplý, M., Brabec, T., Kopp, R., Mareš, J., 2013. Biofiltry v recirkulačních systémech. In: Mareš, J., Lang, Š. (Eds), Sborník příspěvků z workshopu "Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu", Mendlova univerzita v Brně, Brno, s. 52–58.
- Legendre, M., Teugels, G.G., Cauty, C., Jalabert, B., 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). Journal of Fish Biology, 40: 59–79.
- Linhart, O., Flajšhans, M., Kvasnička, P., 1991. Induced triploidy in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): A comparison of two methods. Aquatic Living Resources, 4: 139–145.
- Linhart, O., Haffray, P., Ozouf-Costaz, C., Flajshans, M., Vandeputte, M., 2001. Triploidization of European catfish (*Silurus glanis* L.) with heat-, cold-, hydrostatic pressure shocks and growth experiment. Journal of Applied Ichthyology, 17: 247–255.
- Malison, J.A., Kayes, T.B., Held, J.A., Barry, T.P., Amundson, C.H., 1993. Manipulation of ploidy in yellow perch (*Perca flavescens*) by heat shock, hydrostatic pressure shock and spermatozoa inactivation. Aquaculture, 110: 229–242.
- Malison, J.A., Garcia-Abiado, M.A.R., 1996. Sex control and ploidy manipulations in yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum*). Journal of Applied Ichthyology, 12: 189–194.
- Malison, J.A., Held, J.A., Weil, L.S., Kayes, T.B., Thorgaard, G.H., 2001. Manipulation of ploidy in Walleyes by heat shock and hydrostatic pressure shock. North. American Journal of Aquaculture, 63: 17–24.
- Mandiki, S.N.M., Blanchard, G., Mélard, Ch., Koskela, J., Kucharczyk, D., Fontaine, P., Kestemont, P., 2004. Effect of geographic origin on growth and food intake in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles under intensive culture conditions. Aquaculture, 229: 117–128.

- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., Roque d'Orbcastel, Verreth, J.A.J., 2010. New development in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquaculture Engineering*, 43: 83–93.
- Mélard, Ch., 2008. Growth and husbandry effects in percids. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Book of abstracts from workshop "Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production" Universitaires de Namur, Namur, Belgium, pp. 53–58.
- Mélard, Ch., Baras, E., Kestemont, P., 1995. Preliminary results of European perch (*Perca fluviatilis*) intensive rearing trials : Effect of temperature and size grading on growth. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 336: 19–27.
- Mélard, Ch., Kestemont, P., Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 175–180.
- Müller, T., Bodis, M., Urbanyi, B., Bercsenyi, M., 2011. Comparison of growth in pike-perch (*Sander lucioperca*) and hybrids of pike-perch (*S. lucioperca*) x Volga pike-perch (*S. volgensis*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 63: 1–7.
- Müller-Belecke, A., Zienert, S., 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research*, 39: 1279–1285.
- Oellermann, L.K., Hecht, T., 2000. Comparison of the fillet yield, protein content and amino acid profile of *Clarias gariepinus* and the *Clarias gariepinus* X *Heterobranchus longifilis* hybrid. *Aquaculture Research*, 31: 553–556.
- Owodeinde, F.G., Ndimele, P.E., 2011. Survival growth and feed utilization of two clariid catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822 and *Heterobranchus bidorsalis*, Geoffroy, 1809) and their reciprocal hybrids. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 1249–1253.
- Peter, R.E., Yu, K.L., 1997. Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes. Basic and applied aspects. *Review in Fish Biology and Fisheries*, 7: 173–197.
- Philippart, J.C., Mélard, Ch., Poncin, P., 1989. Intensive culture of the common barbel, *Barbus barbus* (L.) for restocking. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N. (Eds), Abstract book from workshop "Aquaculture – a biotechnology in progress", European Aquaculture Society, pp. 483–491.
- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J.-C., Flajšhans, M., Haffray, P., Colombo, L., 2009. Polyploid Fish and Shellfish: Production, Biology and Applications to Aquaculture for Performance Improvement and Genetic Containment. *Aquaculture*, 293: 125–156.
- Podhorec, P., Kouřil, J., 2009a. Induction of final oocyte maturation in Cyprinidae fish by hypothalamic factors: a review. *Veterinární Medicína*, 54: 97–110.
- Podhorec, P., Kouřil, J., 2009b. Hypotalamické faktory (GnRH a DA) a jejich využití k odstranění reprodukční dysfunkce u kaprovitých ryb (Přehled). *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45: 10–17.
- Poncin, P., 1989. Effects of different photoperiods on the reproduction of the barbel, *Barbus barbus* (L.) reared at constant temperature. *Journal of Fish Biology*, 35: 395–400.
- Poncin, P., Mélard, Ch., Philippart, J., 1987. Use of temperature and photoperiod in the control of the reproduction of three European cyprinids: *Barbus barbus* (L.) *Leuciscus cephalus* (L.) and *Tinca tinca* (L.), reared in captivity – preliminary results. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 304: 1–12.
- Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S.M.H., Kouřil, J., 2009a. Technologie intenzivního chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.). Edice Metodik (certifikovaná metodika), FROV JU, Vodňany, č. 89, 51 s.

- Polícar, T., Drozd, B., Kouřil, J., Kozák, P., Hamáčková, J., Alavi, S.M.H., Vavrečka, A., 2009b. Současný stav, umělá reprodukce a odchov násadového materiálu parmy obecné (*Barbus barbus* L.). Edice Metodik (certifikovaná metodika), FROV JU, Vodňany, č. 95, 39 s.
- Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Hamackova, J., Alavi, S.M.H., 2010. Fertilization and hatching rates and larval performance in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) throughout the spawning season. Journal of Applied Ichthyology, 26: 812–815.
- Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Edice Metodik (ověřená technologie), FROV JU, Vodňany, č. 110, 33s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014a. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice Metodik (ověřená technologie), FROV JU, Vodňany, č. 141, 46s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Stejskal, V., 2014b. Adaptation of pond cultured juveniles in RAS and following culture in three carnivorous fish species. In: Maroni, K. (Ed), USB of Abstracts from conference Aquaculture Europe 2014 "Adding Value", 1011–1012.
- Polícar, T., Mohagheghi, A. S., Mélard, Ch., v tisku. Chapter 4.5 – Culture methods of European perch during ongrowing. In: Kestemont, P. Dabrowski, K. (Eds), "Biology and Culture of Percid Fishes – Principles and Practices", Blackwell Sciences, Series 4, 30p.
- Reisner, L., 2003. Automatizační prostředky v intenzivním chovu ryb. Bulletin VÚRH Vodňany, 39: 104–108.
- Ronyai, A., 2007. Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). Aquaculture Research, 38: 1144–1151.
- Rougeot, C., Minet, L., Prignon, C., Vanderplasschen, A., Detry, B., Pastoret, P.P., Mélard, C., 2003. Induce triploidy by heat shock in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. Aquatic Living Resources, 16: 90–94.
- Rougeot, C., Bervillers, C., Prignon, C., Gustin, D., Guidice, M.D., Vandecan, M., Mélard, C., 2007. Growth improvement of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) using domesticated strains under intensive rearing conditions. Aquaculture, 272 Supplement: S306–S306.
- Rougeot, C., Mélard, C., 2008. Genetic improvement of growth. In: Rougeot, C., Toner, D. (Eds), Farming of Eurasian Perch Special publication BIM, Dublin, Ireland, 24: 42–51.
- Shelton, W.L., 2002. Tilapia culture in the 21st century. In: Geurrero, R.D., Guerrero-del Castillo, M.R. (Eds), Proceeding of abstracts from "The International Forum on Tilapia Farming in the 21st Century (Tilapia Forum 2002)", Philippine Fisheries Association Inc. Los, Banos, Laguna, Philippines: 184.
- Schram, E., 2008. Production costs of perch and pikeperch juveniles. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Book of abstracts from workshop "Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production" Universitaires de Namur, Namur, Belgium, pp. 75–79.
- Stejskal, V., Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybníčního a intenzivního chovu. Edice Metodik (ověřená technologie), FROV JU, Vodňany, č. 105, 34 s.
- Stejskal, V., Matousek, J., Kouril, J., 2013. Možnosti chovu jiných než lososovitých druhů ryb v recirkulačních systémech využívajících dánskou technologii. In: Mareš, J., Lang, Š. (Eds), Sborník příspěvků z workshopu "Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu", Mendlova univerzita v Brně, Brno, s. 85–95.
- Stupka, Z., 2003. Obecný přehled o recirkulačních systémech pro intenzivní chov ryb. Bulletin VÚRH Vodňany, 39: 109–118.

- Teletchea, F., Fontaine, P., 2014. Levels of domestication in fish. Implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish and Fisheries*, 15: 181–195.
- Thorgaard, G.H., 1986. Ploidy manipulation and performance. *Aquaculture*, 57: 57–64.
- Wang, N., Teletchea, F., Kestemont, P., Milla, S., Fontaine, P., 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Reviews in Aquaculture*, 2: 209–222.
- Warrer-Hansen, I., 2015. A brief history of RAS. *Fish Farmer*, 38: 22–25.
- Zakes, Z., 2007. Out-of-season spawning of cultured pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research*, 38: 1419–1427.
- Zakes, Z., Szczepkowski, M., 2004. Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International*, 12: 11–18.
- Žarski, D., Tagrońska, K., Kaszubowski, R., Kestemont, P., Fontaine, P., Krejszeff S., Kupren, K., Kucharczyk, D., 2013. Effect of different commercial spawning agents and thermal régime on the effectiveness of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), reproduction under controlled conditions. *Aquaculture International*, 21: 819–828.

**PRODUKCE NÁSADOVÉHO MATERIÁLU CANDÁTA URČENÉHO PRO DALŠÍ CHOV
V RECIRKULAČNÍM ZAŘÍZENÍ POMOCÍ KOMBINACE RYBNÍČNÍ
A INTENZIVNÍ AKVAKULTURY**
*PRODUCTION OF STOCKING MATERIAL OF PIKEPERCH DESIGNED FOR FURTHER CULTURE
UNDER RECIRCULATION SYSTEM WITH USING OF POND AND INTENSIVE AQUACULTURE*

M. BLECHA, J. KŘIŠŤAN, P. SVAČINA, T. POLICAR

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury
biodiverzity a hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Zátíší
728/II, 389 25 Vodňany, e-mail: blechm00@frov.jcu.cz*

Abstract

Rearing of pikeperch by means of a pond and intensive aquaculture is an unique method which combines two completely different environments. Compare to the complete rearing under recirculating aquaculture systems (RAS), with pond and RAS combined culture, it is possible to get excellent results and produce high quality, well-growing and priced juvenile fish for the other pikeperch farmers.

Klíčová slova: candát, intenzivní chov, rybníční chov, umělá krmná směs, juvenilní ryby

Keywords: pikeperch, intensive culture, pond culture, dry diet, juvenile fish

ÚVOD

Candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) je možné považovat za jednoho z nejperspektivnějších druhů ryb evropské sladkovodní akvakultury (Müller-Belecke a Zienert, 2008, Policar a kol., 2013). Lze předpokládat, že produkce tržních candátů v intenzivních chovech se bude zejména díky vysoké kvalitě jeho masa (Uysal a Aksoylar, 2005) a neustále se snižujícím stavům jeho divokých populací neustále zvyšovat (Policar a kol., 2013). Perspektiva tohoto druhu v rámci evropské intenzivní akvakultury je dána i jeho oblibou mezi konzumenty ryb (Dil, 2008) a vhodností k intenzivnímu chovu (Wang a kol., 2009; Szczepkowski a kol., 2011).

CHOV RYCHLENÉHO PLŮDKU CANDÁTA V RYBNÍČÍCH

Pro potřeby chovu rychleného plůdku se nejlépe osvědčil jeho chov v monokultuře (Verreth, 1984; Hilge a Steffens, 1996; Ruuhijärvi a Hyvarinen, 1996). Do předem připravených rybníků (zimovaných, pohnojených kompostem nebo chlévskou mrvou) jsou umísťována výtěrová hnízda s oplozenými jikrami candáta (přibližně ve dvou třetinách délky inkubační doby; Klimeš a Kouřil, 2003) nebo již rozplavaný váčkový plůdek v množství 200 000 ks.ha⁻¹ (Policar a kol., 2013). Důležitým technickým prvkem napomáhajícím ke snížení ztrát je dokonalé utěsnění výpusti rybníka proti uniku larev a juvenilních jedinců z nádrže společně s odtékající vodou (Klimeš a Kouřil, 2003; Kouřil a Hamáčková, 2005). Délka odchovu se pohybuje v závislosti na teplotních a zejména potravních podmínkách od 35 do 60 dnů a odlovování juvenilní jedinci dosahují celkové délky těla mezi 35–40 mm (Molnar a kol., 2003; Musil a Kouřil, 2006; Policar a kol., 2013). Něktěrymi polskými autory je doporučováno lovit juvenilní candáty mnohem menších rozměrů, a to o velikosti okolo 20–30 mm. Výhodou výlovu menších jedinců je jejich snadnější převod na umělou dietu v intenzivních chovech (Zakes, 1999; Ljunggren, 2002; Ljunggren a kol., 2003).

Výlovek rychleného plůdku je vždy značně variabilní, ale v průběhu let více či méně stabilní (Peterka a kol., 2003; Adamek a Opacak, 2005; Policar a kol., 2011). V průměru se pohybuje okolo 50 000–150 000 ks na hektar vodní plochy (Szkudlarek a Zakes, 2002; Klimeš a Kouřil, 2003). Praktickým vodítkem k ukončení odchovu je pozorovaný pokles, v krajním případě až úplné vymizení hrubého (především dafníhového) zooplanktonu (Policar a kol., 2011). V opačném případě hrozí prudký nárůst kanibalismu a tím pádem i zvýšení ztrát (Klimeš a Kouřil, 2003).

POTRAVNÍ NÁROKY JUVENILNÍCH CANDÁTŮ CHOVANÝCH V RYBNÍCÍCH

Kritickým faktorem, který zásadně ovlivňuje růst a přežívání rybního plůdku obecně, je zajištění dostatku přirozené potravy již od okamžiku přechodu na vnější (exogenní) způsob výživy, což platí i pro candáta (Musil a Kouřil, 2006). Candát přechází na vnější způsob výživy již ve věku 5–6 dnů a velikosti těla 6–8 mm (Ljunggren, 2002; Musil a Peterka, 2005, Ostaszewska a kol., 2005). Nejvýznamnější složku potravy mladých candátů tvoří dafnie (Musil a Peterka, 2005) a ne, jak bylo dříve myšleno, vířníci (Coussement, 1978; Verreth, 1984), kteří se v potravě larev candátů objevují pouze při snížené nabídce naupliových a kopepoditových stádií klanonožců (Musil a Peterka, 2005). Naopak v podmínkách, kde převažuje vířníkový zooplankton, byl pozorován relativně pomalejší růst ve srovnání s rybníky s převahou dafníhového zooplanktonu (Musil a Kouřil, 2006). V pozdějším období se plůdek candáta živí především perloočkami, vznášivkami a již od délky těla nad 15 mm je schopen přijímat i bentické organismy, jako např. larvy pakomárů a jejich kukly (Berka a Hamáčková, 1980; Steffens a kol., 1996; Peterka a kol., 2003; Musil a Peterka, 2005).

CHOV CANDÁTA V PODMÍNKÁCH INTENZIVNÍ AKVAKULTURY (RAS)

Vedle tradiční extenzivní produkce candáta v rybnících se zejména v západní Evropě v posledních několika dekádách začal s úspěchem rozvíjet chov těchto ryb v podmínkách intenzivní akvakultury, založený na využívání recirkulačních akvakulturních systémů (Policar a kol., 2013). Tento způsob chovu je založen na využívání generačních ryb pocházejících z juvenilních a remontních ryb, které byly po celou dobu odchovávány v podmínkách intenzivní akvakultury (Fontaine, 2009), jejich rozmnožování pomocí sezonních a mimosezonních výtěrů (Ronyai, 2007; Zakes, 2007; Müller-Belecke a Zienert, 2008), odchovu juvenilních a tržních ryb ve vysokých hustotách (30–50 kg.m⁻³ vody; Wedekind, 2008) a krmení ryb pomocí peletovaných krmných směsí (Wang a kol., 2009).

Farmy zabývající se intenzivním chovem candáta většinou využívají uzavřeného obratu hejna, což znamená chov všech věkových kategorií od larev po generační ryby (Philipsen, 2008). Uzavřený systém intenzivního chovu candáta je z technologického i rybářského hlediska velmi náročný proces, při kterém musí být zajištěna maximální zoohygiena, vysoká kvalita vody a rybám předkládána vhodná krmiva (Zakes a kol., 2006). V případě umělé reprodukce generačních ryb je to rovněž environmentální (úprava tepelného a světelného režimu) a hormonální stimulace před výtěrem (Ronyai, 2007; Müller-Belecke a Zienert, 2008; Křišťan a kol., 2013) a umělá inkubace jiker (Musil a Kouřil, 2006; Policar a kol., 2011). V neposlední řadě se jedná i o odchov všech věkových kategorií od larev až po tržní ryby (Kestemont a kol., 2007; Lund a kol., 2011). Vedle finanční náročnosti tohoto systému a nižší kvality pohlavních produktů takto odchovaných generačních ryb (a s tím spojenou nižší oplozeností jiker a líhivostí larev) je zde velkým problémem nízká biologická kvalita produkovaných larev. Tyto larvy se vyznačují nižší životaschopností, vyšší mírou tělesných deformit (Policar a kol., 2011) a problémy s nenaplněním plynového měchýře vedoucím k velmi významným ztrátám (Demska-Zakes a kol., 2003; Szkudlarek a Zakes, 2007). Možnou a velmi vhodnou alternativou

k produkci juvenilních ryb určených k následnému odchovu v podmínkách RAS je kombinovaný způsob odchovu juvenilních ryb využívající nejprve rybniční a následně intenzivní akvakulturu (Policar a kol., 2013; Policar a kol., 2014).

CHOV CANDÁTA POMOCÍ KOMBINACE RYBNIČNÍ A INTENZIVNÍ AKVAKULTURY

Zřejmě nejlépe celý proces chovu juvenilních ryb candáta obecného pomocí kombinace rybniční a intenzivní akvakultury popsali Policar a kol. (2014), kteří jej rozdělili do následujících částí.

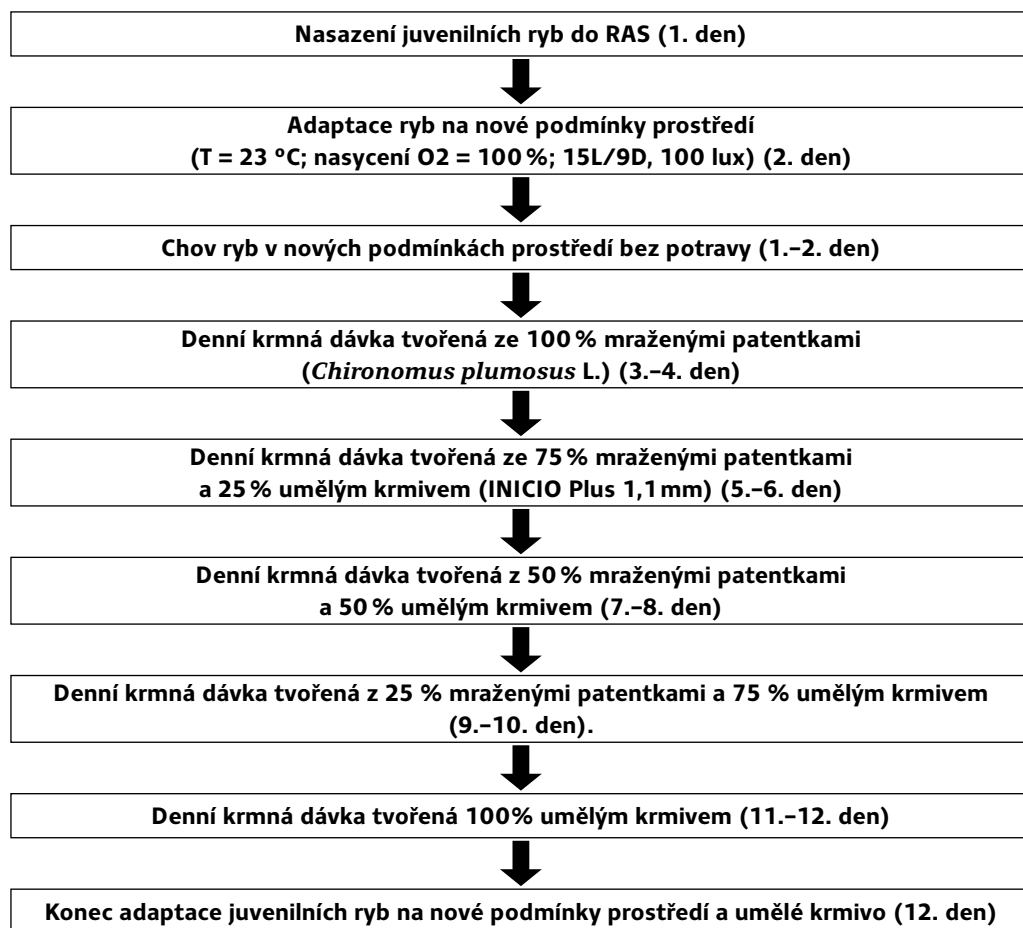
1. Nasazení rybničně odchovaných juvenilních ryb do RAS
2. Prostorová a potravní adaptace ryb na podmínky RAS a umělou krmnou směs
3. Chov plně adaptovaných ryb v podmínkách RAS

1. Nasazení rybničně odchovaných juvenilních ryb do RAS

V této části odchovu jsou juvenilní jedinci (velikost 30–50 mm) ihned po výlovu z rybníka, velikostním vytřídění a nezbytné antiparazitální koupeli (0,015 ml 35% formaldehydu na 1 litr vody po dobu 8 hodin) vysazováni do RAS. Doporučená počáteční hustota ryb v nádrži je 8,6 ks.l⁻¹ a teplota vody 19 °C. Zmiňovaní autoři dále doporučují do odchovných nádrží aplikovat preventivní protiplísňovou koupel v roztoku kuchyňské soli (3 g.l⁻¹ po dobu 20 minut), která má pozitivní vliv na zdravotní stav odchovávaných ryb (Kestemont a kol., 2008).

2. Prostorová a potravní adaptace ryb na podmínky RAS a umělou krmnou směs

Prostorová adaptace v tomto případě znamená postupné navykání juvenilních jedinců na odchovné prostředí trvající 48 hodin a postupné zvyšování teploty vody až na 23 °C. Po dvou dnech prostorové adaptace, kdy není rybám předkládáno žádné krmivo, začíná jedna z nejdůležitějších fází celého odchovu, a to převod juvenilních ryb na suchou krmnou směs. Celý proces podle citovaných autorů trvá 12 dnů, je rozdělen do 6 etap a na jejich konci jsou odchovávaní jedinci schopni přijímat umělou krmnou směs (Obr. 1). Výsledkem takového postupu může být podle Policara a kol. (2014) až 97% úspěšnost převodu juvenilních ryb na umělou krmnou směs při přežití na úrovni 78±5,5 %.



Obr. 1. Schéma prostorové a potravní adaptace juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) na podmínky RAS a umělou krmnou směs. Převzato z Policar a kol. (2014).

Fig. 1. Scheme of space and feed adaptation of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles to RAS and dry diet. Taken from Policar et al. (2014).

3. Chov plně adaptovaných ryb v podmínkách RAS

Tato část plynule navazuje na předchozí prostorovou a potravní adaptaci a jejím cílem je zejména produkce násadového materiálu pro pozdější odchov tržních ryb. Policar a kol., (2014) ve svém díle uvádějí, že při vhodných podmínkách odchovu (počáteční hustota ryb 6,7 kusů.l⁻¹; denní krmná dávka 12–15% biomasy v nádrži; teplota vody 24 °C) je možné bez větších problémů produkovat juvenilní ryby o průměrné hmotnosti 8g a přežití až na úrovni 88,7±5,3%.

SOUHRN

Chov juvenilních ryb candáta obecného pomocí rybníční a intenzivní akvakultury představuje unikátní metodu využívající kombinaci dvou naprosto odlišných chovných prostředí. V porovnání s kompletním chovem candátů v RAS je s ním možné dosáhnout vynikajících výsledků a produkovat velmi kvalitní, dobře rostoucí a na trhu ceněný násadový materiál pro intenzivní chovy tržních ryb candáta obecného.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla finančně podporována z projektů: MŠMT projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a GAJU (074/2013Z) a NAZV (QJ1510117).

LITERATURA

- Adamek, Z., Opacak, A., 2005. Prey selectivity in pike (*Esox lucius*), zander (*Sander lucioperca*) and perch (*Perca fluviatilis*) under experimental conditions. *Biologie*, 60: 567–570.
- Berka, R., Hamáčková, J., 1980. Chov štiky a candáta. *Studijní Informace, ÚVTIZ, Živočišná výroba*: 80 s.
- Coussement, M., 1978. A few aspects of pikeperch rearing. *De Belgische Visser*, 321: 12–14.
- Hilge V., Steffens W., 1996. Aquaculture of fry and fingerling of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) – a short review. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 167–170.
- Demska-Zakes, K., Kowalska, A., Zakes, Z., 2003. The development of the swim bladder of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) reared in intensive culture. *Archives of Polish Fisheries*, 11: 45–55.
- Dil, H., 2008. The European market of the pikeperch for human consumption. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), *Percid Fish Culture – From Research to Production, Proceeding of abstracts and short communications of the workshop*, Namur, Belgium, pp. 15–16.
- Fontaine, P., 2009. Development of European inland fish culture and domestication of new species. *Cahiers Agriculture*, 18: 144–147.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J., Toko, I.I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture*, 264: 197–204.
- Kestemont, P., Rougeot, C., Musil, J., Toner, D., 2008. Larval and Juvenile Production. In: Rougeot, C., Toner, D. (Eds), *Farming of Eurasian Perch, Special publication BIM No. 24*, Dublin, Ireland, pp. 30–41.
- Klimeš, J., Kouřil J., 2003. Odchov rychleného plůdku a ročka candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *Bulletin VÚRH JU Vodňany*, 39 (1–2): 43–48.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., 2005. Metody poloumělé a umělé reprodukce candáta obecného (*Sander lucioperca*) a odchov jeho plůdku v rybnících. *Bulletin VÚRH JU Vodňany*, 41 (3): 122–127.
- Křišťan, J., Alavi, S.M.H., Stejskal, V., Policar, T., 2013. Hormonal induction of ovulation in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) using human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRH analogue. *Aquaculture International*, 21: 811–818.
- Ljunggren, L., 2002. Feeding ecology of young-of-the-year pikeperch (*Stizostedion lucioperca*): implications for recruitment and aquaculture. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umea.
- Ljunggren, L., Staffan, F., Falk, S., Lindén, B., Mendes, J., 2003. Weaning of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and perch, *Perca fluviatilis* L., to formulated feed. *Aquaculture Research*, 34: 281–287.
- Lund, I., Steenfeldt, S.J., 2011. The effects of dietary long-chain essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Nutrition*, 17: 191–199.

- Molnar, T., Hanoz, Cs., Molnar, M., Horn, P., 2003. The effects of diet and stocking density on the growth and behaviour of pond pre-reared pikeperch under intensive conditions. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 105–109.
- Müller-Belecke, A., Zienert, S., 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research*, 39: 1279–1285.
- Musil, J., Peterka, J., 2005. Potrava 0+ okouna a candáta – Některé aspekty přechodu od planktivorie k piscivorii. *Bulletin VÚRH JU Vodňany*, 41 (3): 99–106.
- Musil, J., Kouřil, J., 2006. Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. *Edice Metodik (technologická řada), VÚRH JU Vodňany*, 16 s.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czumska, K., Olech, W., Ojelniczak, M., 2005. Rearing of pike-perch larvae using formulated diets – first success with formulated feed. *Aquaculture Research*, 36: 1167–1176.
- Philipsen, A., 2008. Excellence Fish: production of pikeperch in recirculating system. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), *Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production*, Universitaires de Namur, Belgium, p. 67.
- Peterka, J., Matěna, J., Lipka, J., 2003. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): A comparative study of fishponds and reservoir. *Aquaculture International*, 11: 337–348.
- Policar, T., Blaha, M., Kristan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 110, 33 s.
- Policar, T., Stejskal, V., Kristan, J., Podhorec, P., Svinger, V., Blaha, M., 2013. The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. *Aquaculture International*, 21: 869–882.
- Policar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 141, 46 s.
- Peterka, J., Matena, J., Lipka, J., 2003. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and reservoir. *Aquaculture Internationale*, 11: 337–348.
- Ronyai, A., 2007. Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 38: 1144–1151.
- Ruuhijärvi J., Hyvarinen P., 1996. The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 185–188.
- Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner P., Hilge V., 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Annales Zoologici Fennici*, 33: 627–634.
- Szczepkowski, M., Zakes, Z., Szczepkowska, B., Piotrowska, I., 2011. Effect of size sorting on survival, growth and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) larvae during intensive culture in RAS. *Czech Journal of Animal Science*, 56: 483–489.
- Szkudlarek, M., Zakes Z., 2002. The effect of stock density on the effectiveness of rearing pikeperch *Sander lucioperca* (L.) summer fry. *Archives of Polish Fisheries*, 10: 115–119.
- Szkudlarek, M., Zakes, Z., 2007. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquaculture International*, 15: 67–81.

- Uysal, K., Aksoylar, M.Y., 2005. Seasonal variations in fatty acid composition and the N-6/N-3 fatty acid ratio of pikeperch (*Sander lucioperca*) muscle lipids. *Ecology of Food and Nutrition*, 44: 23–25.
- Verreth, J., 1984. Manipulation of the zooplankton populations in nursing ponds of pike-perch fry (*Stizostedion lucioperca* L.). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22: 1672–1680
- Wang, N., Xu, X.L., Kestemont, P., 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289: 70–73.
- Wedekind, H., 2008. German experiences with the intensive culture of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds.), *Percid Fish Culture – From Research to Production*, Proceeding of abstracts and short communications of the workshop, Namur, Belgium, pp. 68–70.
- Zakes, Z., 1999. The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* (L.) fry under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries*, 7: 187–199.
- Zakes, Z., 2007. Out-of-season spawning of cultured pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research*, 38: 1419–1427.
- Zakes, Z., Kowalska, A., Czerniak, S., Demska-Zakes, K., 2006. Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech Journal of Animal Science*, 51: 85–91.

**POTENCIONÁLNÍ VYUŽITÍ MNÍKA JEDNOVOUSÉHO (LOTA LOTA L.)
V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE
POTENTIAL USE OF BURBOT (LOTA LOTA L.) IN INTENSIVE AQUACULTURE**

P. SVAČINA, M. BLECHA, J. KŘIŠŤAN, T. POLICAR

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, e-mail: svacina@frov.jcu.cz

Abstract

In present, there is a big effort looking for some new suitable fish species for aquaculture and it seems that burbot is a perfect adept. Achieving a good rearing and weaning protocol of burbot larvae offers perspectives for restocking and farming activities. There are efforts and needs to improve weaning protocol and consecutive culture of burbot. Combination of extensive and intensive condition during larvae and juvenile period could provide good results. Burbot as a representative of coldwater fish species can be considered similar to rainbow trout, and it is feasible that they could be grown together in certain types of polyculture.

Klíčové slova: mník jednovousý, larvy, akvakultura, RAS, suché krmivo

Keywords: burbot, larvae, aquaculture, RAS, commercial diet

ÚVOD

Mník jednovousý (*Lota lota*) je jediným zástupcem hrdloploutvých ryb (Gadiformes), který trvale obývá sladké vody (Nelson, 1994). I když je mník rozšířen na většině území severní polokoule (Edsall a kol., 1993), je nutné podotknout, že jeho početnost v některých zemích výrazně klesá (Paragamian a Wakkinen, 2008; Stapanian a kol., 2010). Lze předpokládat, že první pokusy o odchov mníka jednovousého pro vysazování do volných vod byly prvním krokem k bližšímu poznání biologických nároků tohoto druhu. Se vzrůstající úrovní poznání a zvládnutí základních aspektů chovu mníka, začal být mník jednovousý považován za vhodný druh pro diversifikaci akvakultury ve střední Evropě (Wocheer a kol., 2013). Zde v intenzivních chovech dominuje pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*) a pstruh obecný (*Salmo trutta* m. *fario*). Hlavní důvody pro intenzivní chov mníka jsou: rychlý růst, studenomilný druh, bílá pevná svalovina, absence mezisvalových kůstek a přítomnost velkých jater (Trabelsi a kol., 2011).

CHOVATELSKÉ PŘEDPOKLADY K PRODUKCI MNÍKA JEDNOVOUSÉHO

Dostatek vhodných generačních ryb je nezbytný předpoklad pro úspěšnou produkci larev a následně juvenilních ryb mníka jednovousého. Získání generačních ryb je obvykle závislé na odlovu z volných vod pomocí elektrického agregátu (Holický a Kubíček, 1980). První úspěšný výtěr mníka (vysoká oplozenost a líhivost) z umělého odchovu popisuje (Žarski a kol., 2014). Z technických důvodů však byl následný odchov přerušen a nebyly odchovány žádné ryby. Vysoká plodnost a úspěšnost poloumělého výtěru (Jensen a kol., 2008), může do jisté míry kompenzovat počet generačních ryb. Absolutní plodnost je jako u většiny treskovitých ryb velmi vysoká a může kolísat od 6 300 jiker (Miller, 1970) až na úroveň 3,4 milionu jiker (Roach a Evenson, 1993). Relativní plodnost popisuje Vught a kol., (2008) v rozmezí 582 766 až 984 963 jiker.kg⁻¹.

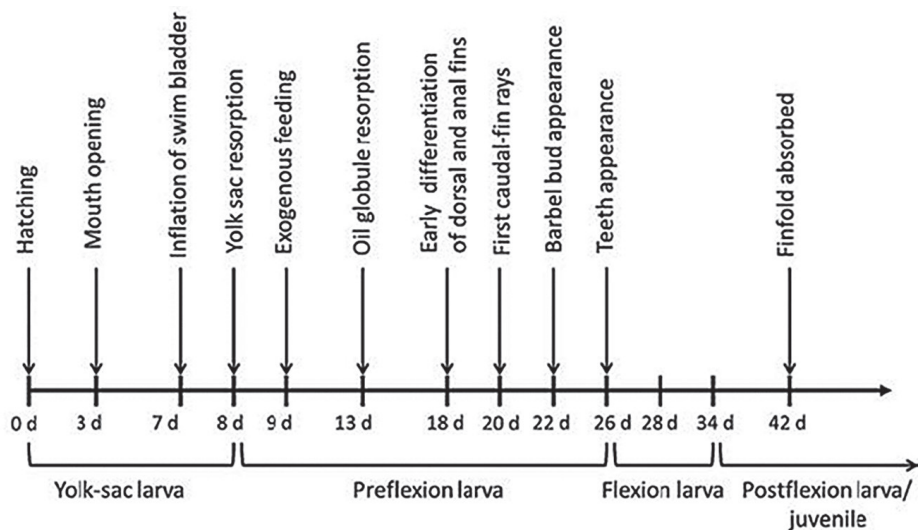
Ke stimulaci a synchronizaci výtěru lze za nejúčinnější považovat náhlý pokles teploty na úroveň 1–2 °C, avšak v uzavřených systémech je taková teplotní manipulace téměř nemožná

(Žarski a kol., 2010). Při použití hormonální stimulace nedochází ve srovnání s teplotní manipulací k lepším výsledkům (Žarski a kol., 2009).

Optimální teplota pro inkubaci jiker je udávána v rozmezí 2–6 °C (Vught a kol., 2008). Náhlý vzrůst teploty nad 5 °C může způsobit mortalitu až 99 % embryí (Steiner, 1996; Kujawa a kol., 1999; Žarski a kol., 2010). Doba inkubace jiker při teplotě 6,1 °C je 30 dní (Bjorn, 1940). Andersson (1942) udává 41 dní při teplotě 2,0 °C a Meshkov (1962) 98–128 dní při 0 °C.

ADAPTACE MNÍKA NA PODMÍNKY RECIRKULAČNÍHO AKVAKULTURNÍHO SYSTÉMU

Chov ve zhuštěných obsádkách a příjem granulovaného krmiva – to jsou základní aspekty, kterými lze charakterizovat chov v kontrolovaných podmínkách recirkulačního akvakulturního systému (RAS). U mníka, jako potencionálního druhu pro diversifikaci akvakultury (Woher a kol., 2013) proběhlo několik základních experimentů, jejichž výstupem bylo zdokonalení chovu a objasnění základních potřeb během jednotlivých fází ontogenetického vývoje obr. 1.



Obr. 1. Hlavní události u larválního vývoje u mníka jednovousého *Lota lota* (Kupren a kol., 2014).

Fig. 1. The main events of larval development in burbot *Lota lota* (Kupren et al., 2014).

Základním aspektem chovu mníka v intenzivních podmínkách je úspěšný přechod na granulovaná krmiva. Dle výsledků Kuprena a kol. (2014) začíná mník přijímat potravu 9 den po vylíhnutí. V tento okamžik je nutné začít krmit čerstvě vylíhlými naupliemi žábronožek (artemií) (Woher a kol., 2013) nebo drobným planktonem (Lahnsteiner a kol., 2012). Jedním z nejdůležitějších faktorů při odchovu je začátek přechodu na suché krmivo, vyjádřený jako DPV (DPV = počet dní po vylíhnutí). Nejkratší období začátku přechodu a dostatečné vyvinutí trávicího systému uvádí Jensen a kol. (2008) a to 35 DPV při 17 °C. Palińska-Žarska a kol. (2014) testovali úspěšnost přechodu po různé době (40, 47 a 54 DPV) v teplotě 17 °C a nejvyššího přežití (78 %) dosáhli u skupiny 54 DPV. Adriaen a kol., (2014) testovali 46, 60 a 74 DPV při teplotě 16 °C a nejvyššího přežití dosáhli u skupiny 74 DPV. Absolutní ztráty popisuje Jensen a kol. (2008) při přechodu v období 21 DPV a teplotě 17 °C. Úspěšnost přechodu na umělé krmivo, ale především dlouhé období krmení živou potravou je prozatím největším problémem odchovu mníka v RAS (Kainz a Gollmann, 1996; Adriaen a kol., 2014). Například u candáta obecného (*Sander lucioperca*), který byl v posledních letech úspěšně

implementován do intenzivní akvakultury (Policar a kol., 2011) je přechod na suché krmivo již v období 14 DPV (Kestemont a kol., 2007).

Trabelski a kol. (2011) provedli experiment, kde sledovali 12 hlavních faktorů (mj. světelné podmínky, barva nádrží, salinita, frekvence krmení a hustota nasazení), které by mohli ovlivnit úspěšnost přechodu na komerčně vyráběnou směs. I když jsou výsledky neúplné a bez opakování, lze z prvních výsledků vycházet pro následné experimenty a blíže se zaměřit na určitý proměnný faktor. Například použití vhodného krmiva (Lansy CW – 54 % protein, 14 % tuk, velikost částic 200–400 µm) mělo výrazný vliv na nižší kanibalismus ve srovnání s krmivem AgloNorse (64 % protein, 20 % tuk, 100–600 µm. U skupin ryb, které byly krmeny v průběhu dne, byl zaznamenán nižší kanibalismus ve srovnání se skupinami ryb krmených v noci. Při odchovu v kontinuálních světelných podmínkách (700 lux) bylo prokázáno vyšší přežití proti skupinám, kde bylo použito světelné intenzity 70 lux.

Nutriční požadavky larev a juvenilních jedinců nejsou prozatím známy, avšak Woche a kol. (2013) doporučují velikost krmné směsi 200–300 µm s vyšším podílem tuku (kolem 20 %). Vyšší obsah tuku může pozitivně pozměnit chuť a zvýšit tak atraktivitu krmiva (Baskerville-Bridges a Kling 2000). Protokol o úspěšném odchovu larev do juvenilního stádia s přechodem na umělé krmivo s přežitím 13,5 % popisuje Woche a kol. (2013).

ZÁKLADNÍ ASPEKTY ODCHOVU LAREV MNÍKA JEDNOVOUSÉHO V RAS

Teplota je velmi důležitý faktor, který ovlivňuje zdravý vývoj embrya. Pro odchov larev popisuje Wolnicki a kol. (2002) poměrně širokou škálu teplot, ve kterých lze mníka úspěšně odchovat (12–24 °C). Při odchovu larev se teplota 12–16 °C zdá jako vhodný kompromis mezi vysokým přežitím v nízké teplotě a rychlým růstem ve vysoké teplotě (Harzevilli a kol., 2004). Na druhou stranu výsledky jiných experimentů dokazují, že teplota 20–21 °C může být vhodná jak pro vysoké přežití, tak i pro rychlý růst (Kujawa a kol. 1999; Wolnicki a kol., 2002).

Dalším faktorem ovlivňujícím růst a přežití larev jsou světelné podmínky (Boeuf a Le Bail, 1999; Brown a kol., 2003). Larvy většiny druhů ryb loví svou kořist pomocí zraku v průběhu světelné části dne (Boeuf a Le Bail, 1999). Z tohoto důvodu lze změnou světelného režimu ovlivnit růst a přežití larev během odchovu (Tuckey a Smith, 2001). Větší růst larev mníka během odchovu byl potvrzen při 24h světelné fázi (168 lux) ve srovnání s režimem 12 h světlo / 12h tma (Harzevilli a kol., 2004; Woche a kol., 2013). Světlo umožňuje larvám mníků aktivně lovit kořist v průběhu celého dne, což se výrazně projevuje v rychlosti jejich růstu (Harzevilli a kol., 2004).

Čím více je dostupné potraviny ve vodě, tím větší je růst a přežití odchovávaných ryb (Woche a kol., 2012). Vysoká dostupnost potravy zvyšuje šanci na její ulovení a do jisté míry snižuje nutnost spotřeby energie v případě jejího nedostatku. Samozřejmě je nutné volit vždy takové množství, které je ekonomicky přijatelné a nezpůsobí zbytečné zhoršení kvality vody (Vanheule, 2012). Hustota nasazení larev do systému pro intenzivní odchov je doporučována na úrovni 150 (Harzevilli a kol., 2004; Palińska-Žarska a kol., 2014), až 200 ks.l⁻¹ (Woche a kol., 2013).

EXTENZIVNÍ ZPŮSOBY PRODUKCE MNÍKA A JEJICH KOMBINACE S RAS

Polointenzivní způsob odchovu testovali Barron a kol. (2013) za použití objemných nádrží (6500l) a dodávání živého planktonu. Přežití od 1 do 12,7 % po 108 dnech však tuto metodu vylučuje pro komerční využití v RAS. Hlavním důvodem je fakt, že odchované ryby nejsou naučené přijímat komerční krmiva a další odchov závislý na dodávce přirozené potravy by byl velice náročný a ekonomicky nevýhodný. Metoda by mohla být však aplikována pro produkci násadových ryb k vysazování mníků do volných vod. Použití klecí pro počáteční odchov je úspěšné pouze při malé hustotě nasazení, avšak z důvodu nedostatku přirozené potravy je

tato metoda také považována za neefektivní (Paragamian a kol., 2011). Extenzivní odchov larev v malých rybníčkách do velikosti rychleného plůdku (obr. 2) se zdá být naopak velmi efektivní a plůdek mníka by mohl být dále převeden do RAS k adaptaci na kontrolované podmínky (Vanheule, 2012). Přežití larev mníka v rybnících (0,12 ha) do stadia rychleného plůdku je v rozmezí 15–27 % (Kříšťan a kol., 2014). Při doporučené hustotě nasazení 300–400 tis.ks.ha⁻¹ (Kříšťan a kol., 2014), lze tuto metodu považovat za velice vhodnou pro produkci juvenilních mníků ve velikosti kolem 4 cm. Na druhou stranu odchov do stadia podzimního plůdku lze označit za neefektivní s přežitím max. 8 % (Wolnicki a kol., 2001).



Obr. 2. Obvyklá velikost (3,5–4 cm) rychleného plůdku mníka jednovousého *Lota lota*.

Fig. 2. Usual size (3.5–4 cm) of spring-fry of burbot *Lota lota*.

ODCHOV JUVENILNÍCH JEDINCŮ V RAS

O intenzivním odchovu mníka jednovousého existuje pouze málo vědeckých prací. Použití úkrytů bylo považováno za velmi důležité a jeví se jako přirozené vzhledem k noční aktivitě tohoto druhu (Woher a kol., 2011). Použití úkrytů by mělo výrazně přispět k minimalizaci stresu odchovávaných ryb (Fischer a Öhl, 2005). Woher a kol. (2011) avšak tuto domněnku vyvrátil vzhledem k problematickému čištění a neprůkazným výsledkům. Doporučil však nádrže zakrývat před přímým světlem.

Hustota nasazení má výrazný vliv na chování a přírůstek ryb (Irwin a kol., 1999). Hustota nasazení je nejčastěji vyjádřena jako biomasa ryb na objem vody (kg.m⁻³). U mníka, jako benthické ryby, je vhodnější používat vyjádření biomasy na jednotku plochy odchovné nádrže (kg.m⁻²), stejně jako je tomu například u platýsovitých ryb. Woher a kol., (2011) popisují růst mníků při hustotě nasazení 2,4, 4,9 a 9,7 kg.m⁻². Po 16 týdnech při 13°C byla biomasa v nádržích 4,2, 8,7 a 17,4 kg.m⁻². Jejich výsledky dokazují, že nejvyšší testovaná hustota nasazení neměla žádný negativní vliv na růst a velikostní rozrůstání.

PRAKTICKÉ POZNÁMKY K CHOVU MNÍKA JEDNOVOUSÉHO

Dlouhé období, během kterého je nutné larvy mníka odchovávat pomocí živé potravy (nejčastěji nauplií žabronožek), výrazně prodražuje a snižuje úspěšnost jeho odchovu. Prorybářské podniky by tato metoda znamenala téměř nepřetržitou práci v období odkrmu

živou potravou a vyžadovala by vhodné technologické zařízení. Za efektivní metodu by mohla být považována kombinace rybníční a intenzivní akvakultury, neboť zde by celé období odchovu do velikosti 3–4 cm mohlo probíhat ve vhodných rybnících s minimálními náklady a vylovený plůdek by se mohl dále adaptovat na podmínky RAS. Tato metoda převodu mníků z extenzivních podmínek do RAS již byla testována s úspěšností cca 50 % (Polícar a Svačina, 2014). Stejný postup úspěšně testovali Polícar a kol. (2013) s candátem obecným. Potenciál mníka by mohl být využit při společném odchovu s lososovitými rybami (pstruh, siven) v průtočných i RAS systémech, kde by mník plnil roli doplňkového druhu ryby.

SOUHRN

V současné době je velká snaha o diverzifikaci stávající akvakultury novými druhy a mník jednovousý se jeví jako vhodný kandidát. Zvládnutí technologie převodu mníka na granulovanou směs a odchovu v kontrolovaných podmínkách by přispělo k produkci dostatku násady pro reintrodukční programy i komerční farmy. Existují snahy a potřeby ke zdokonalení současných postupů. Kombinace extenzivních a intenzivních podmínek v průběhu larvální a juvenilní periody by mohla poskytnout velice dobré výsledky. Zároveň může být mník následně chován v polykulturní obsádce se pstruhem duhovým či sivenem americkým v průtočných či recirkulačních systémech a plnit tak funkci doplňkového druhu.

PODĚKOVÁNÍ

Studie byla finančně podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky - projekty CENAKVA (No. CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II (No. LO1205 pod NPU I program), Grantovou agenturou Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích (No. 074/2013Z) a Národní agenturou pro zemědělský výzkum (No. QJ1510117).

LITERATURA

- Adriaen, J., Jarak, M., Meeus, W., Abeel, T., Aerts, S., 2014. Early weaning of burbot (*Lota lota*) in recirculation systems. In: Book of abstracts. Aquaculture Europe 2014, Donostia San Sebastian, Spain, p. 28.
- Andersson, K. A., 1942. Fiskar och fiske I Norden. Stockholm. II: 5414–1016
- Barron, J.M., Jensen, N.R., Anders, P.J., Egan, J.P., Ireland, S.C., Cain, K.D., 2013. Effects of stocking density on survival and yield of North American Burbot reared under semi-intensive conditions. Transactions of the American Fisheries Society, 142: 1680–1687.
- Baskerville-Bridges, B., Kling, L. J., 2000. Development and evaluation of microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod *Gadus morhua* larvae. Aquaculture Nutrition, 6: 171–182.
- Boeuf G., Le Bail P.Y., 1999. Does light have an influence on fish growth? Aquaculture, 177: 129–152.
- Brown, J.A., Minkoff, G., Puvanendran, V., 2003. Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. Aquaculture, 227: 357–372.
- Bjorn, E. E., 1940. Preliminary observations and experimental study of the ling. *Lota lota* L., (LeSeur), in Wyoming. Transaction of the American Fisheries Society, 89: 374–376.
- Edsall, T.A., Kennedy, G.W., Horns, W.H., 1993. Distribution, abundance, and resting microhabitat of burbot on Julian's Reef, southwestern Lake Michigan. Transactions of the American Fisheries Society, 122: 560–574.
- Fischer, P., Öhl, U., 2005. Effects of water-level fluctuations on the littoral benthic fish community in lakes: a mesocosm experiment. Behavioral Ecology, 16: 741–746.

- Harzevilli A.S., Dooremont I., Vught I., Auwerx J., Quataert P., De Charleroy D., 2004. First feeding of burbot, *Lota lota* (Gadidae, Teleostei) larvae under different temperature and light conditions. *Aquaculture Research*, 35: 49–55.
- Holický, J., Kubíček, J., 1980. Umělý výtěr a odchov mníka obecného. *Rybářství*, 12: 268.
- Irwin, S., O'halloran, J., Fitzgerald, R.D., 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture*, 178: 77–88.
- Jensen, N.R., Williams, S.R., Ireland, S.C., Siple, J.T., Neufeld, M.D., Cain, K.D., 2008. Preliminary captive burbot spawning observations. In: *American Fisheries Society Symposium* 59, p. 155.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J., Toko, I. I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture*, 264: 197–204.
- Kujawa, R., Kucharczyk, D., Mamcarz, A., 1999. The influence of temperature on embryonic development of burbot (*Lota lota* L.). *European Aquaculture Society Special Publication*, 27: 33–34.
- Kainz, E., Gollmann, H.P., 1996. Artificial hatching and first rearing experiments with burbot (*Lota lota*). *Osterreichs Fischerei. Salzburg*, 49: 154–160.
- Kupren, K., Trąbska, I., Żarski, D., Krejszeff, S., Palińska-Żarska, K., Kucharczyk, D., 2014. Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. *Aquaculture International*, 22: 29–39.
- Křišťan, J., Policar, T., Vaniš, J., Svačina, P., 2014. Reprodukce a chov rychleného plůdku mníka jednovousého (*Lota lota*) v rybnících. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 149, 25 s.
- Lahnsteiner, F., Kletzl, M., Weismann, T., 2012. Rearing of burbot, *Lota lota* (Pisces, Teleostei), larvae with zooplankton and formulated microdiets. *Journal of Agricultural Science*, 4: 269.
- Miller, D.D., 1970. A life history study of the burbot in Ocean Lake and Torrey Creek, Wyoming. Master's thesis, University of Wyoming, Laramie.
- Meshkov, M. M., 1967. Developmental stages of the burbot (*Lota lota* L.) *Voprosy Ikhtiologii i Hidrobiologii Vodnemov* 62: 181–94 (in Russian, English translation in *Zoology Reprint Library*, University of Toronto).
- Nelson, J.S., 1994. *Fishes of the World*, John Wiley and Sons, New York.
- Palińska-Żarska, K., Żarski, D., Krejszeff, S., Nowosad, J., Biłas, M., Trejchel, K., Kucharczyk, D., 2014. The effect of age, size and digestive tract development on burbot, *Lota lota* (L.), larvae weaning effectiveness. *Aquaculture Nutrition*, 20: 281–290.
- Paragamian, V.L., Laude, C., Cain, K.D., Barron, J.M., Jensen, N.R., 2011. A novel experiment of rearing burbot larvae in cages. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 16–21.
- Paragamian, V.L., Wakkinen, V.D., 2008. Seasonal movement and the interaction of temperature and discharge on burbot in the Kootenai River, Idaho, USA, and British Columbia, Canada. In: *American Fisheries Society Symposium* 59, p. 55–77.
- Policar, T., Svačina, P., 2014. Ověření technologie adaptace mníka jednovousého na peletované krmivo a jeho intenzivní chov. *FROV JU, Vodňany. Technická zpráva pilotního projektu CZ.1.25/3.4.00/12.00121*.
- Policar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *Edice Metodik (ověřená technologie)*, *FROV JU, Vodňany*. č. 110, 46 s.

- Policar, T., Stejskal, V., Kristan, J., Podhorec, P., Svinger, V., Blaha, M., 2013. The effect of fish size and stocking density on the weaning success of pond-cultured pikeperch *Sander lucioperca* L. juveniles. *Aquaculture International*, 21: 869–882.
- Roach, S.M., Evenson, M. J., 1993. A geometric approach to estimating and predicting the fecundity of Tanana River burbot. Alaska Department of Fish and Game, Juneau, AK. Fisheries Data Series No. 93–38.
- Stapanian, M.A., Paragamian, V.L., Madenjian, C.P., Jackson, J.R., Lappalainen, J., Evenson, M.J., Neufeld, M.D., 2010. Worldwide status of burbot and conservation measures. *Fish and Fisheries*, 11: 34–56.
- Steiner, V., Schotzko, N., Kletzl M., Kainz, E., 1996. Ein Beitrag zur wirtschaftlichen Aufzucht kleiner, sensibler Fischlarven am Beispiel der Aalrutte (*Lota lota* L.). *Österreichs Fischerei*, 49: 160–172.
- Trabelsi, A., Gardeur, J. N., Teletchea, F., Fontaine, P., 2011. Effects of 12 factors on burbot *Lota lota* (L., 1758) weaning performances using fractional factorial design experiment. *Aquaculture*, 316: 104–110.
- Tuckey, L.M., Smith, T. I. J., 2001. Effects of photoperiod and substrate on larval development and substrate preference of juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. *Journal of Applied Aquaculture*, 11: 1–20.
- Vanheule, D., 2012. Rearing and weaning of burbot, investigation of a specific head deformity and histological development of the digestive tract (Doctoral dissertation, Ghent University, Belgium).
- Vught, I., Harzevilli, A. S., Auwerx, J., De Charleroy, D., 2008. Aspects of reproduction and larviculture of burbot under hatchery conditions. In: American Fisheries Society Symposium 59, p. 167
- Wocher, H., Harsányi, A., Schwarz, F. J., 2011. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behaviour. *Aquaculture*, 315: 340–347.
- Wocher, H., Harsányi, A., Schwarz, J.F., 2013. Larviculture of burbot (*Lota lota* L.), Larval rearing using *Artemia* and weaning onto dry feed. *Aquaculture Research*, 44: 106–113.
- Wolnicki, J., Myszkowski, L., Kamiński, R., 2001. The influence of water temperature on the growth, survival, condition and biological quality of juvenile burbot, *Lota lota* (L.). *Archives of Polish Fisheries*, 9: 79–86.
- Wolnicki, J., Kamiński, R., Myszkowski, L., 2002. Temperature-influenced growth and survival of burbot *Lota lota* (L.) larvae fed live food under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries*, 10: 109–114.
- Żarski D., Kucharczyk D., Targońska K., Jamróz M., Krejszeff S., Mamcarz A., 2009. Application of ovopel and ovaprim and their combinations in controlled reproduction of two reophilic cyprinid fish species. *Polish Journal of Natural Science*, 24: 235–244.
- Żarski, D., Kucharczyk, D., Sasiniowski, W., Targońska, K., Mamcarz, A., 2010. The influence of temperature on successful reproductions of burbot, *Lota lota* (L.) under hatchery conditions. *Polish Journal of Natural Sciences*, 25: 93–105.

POROVNÁNÍ PŘEŽITÍ, RŮSTU A CELKOVÉ EFEKTIVITY CHOVU U JUVENILNÍCH RYB AMURA BÍLÉHO (*CTENOPHARYNGODON IDELLA*) V PRŮBĚHU PŘEZIMOVÁNÍ V RYBNÍCÍCH A RAS

COMPARISON OF SURVIVAL, GROWTH RATE AND OVERALL BREEDING OF GRASS CARP (*CTENOPHARYNGODON IDELLA*) JUVENILES IN POND AND RAS DURING WINTER TIME

J. KRÍŠŤAN, P. PECHER, M. BLECHA, P. SVAČINA, M. UZHYTCHAK, T. POLICAR

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, e-mail: kristj01@frov.jcu.cz

Abstract

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 $97.8 \pm 0.6\%$ compared to $10.9 \pm 11.4\%$ 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.

Klíčová slova: amur, zimní období, přežití, odchov

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

ÚVOD

Amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) je jedním z druhů asijských kaprovitých ryb, které byly, díky výborným výsledkům dosaženým při jejich rybničním chovu, vysazeny v mnoha částech světa včetně Evropy (Schoonbee, 1991; Silva a kol., 2014). Původní geografickou oblastí rozšíření tohoto druhu je Čína (Nikolskij, 1956). Do České republiky byl poprvé dovezen v roce 1961 na Třeboňsko (Krupauer, 1971). V současné době je amur v produkčním rybářství využíván především jako doplňkový druh při chovu kapra jako bioremediátor.

V dalších letech lze předpokládat nárůst produkce amura, a to jak v produkci, tak i v hospodářském významu jednotlivých firem zabývajících se chovem ryb. Zvyšující se poptávka po tomto druhu je způsobena také jeho příznivou cenou, jenž se pohybuje na úrovni ceny kapra I. třídy. Maso amura se vyznačuje vysokou výživnou a chuťovou hodnotou a má oproti kaprovi nižší obsah tuku a vyšší obsah bílkovin (Baruš a Oliva, 1995). Další výhodou je také srovnatelná nebo v některých případech i vyšší výtěžnost amura ve srovnání s kaprem. Výtěžnost (trup bez hlavy vyvrhnutý) se u amura pohybuje na úrovni 55–63 % (Baruš a Oliva, 1995), u kapra se výtěžnost pohybuje v rozmezí 55–61 % v závislosti na jeho velikosti (Merten a kol., 2002). V podmínkách České republiky se odchov provádí nejčastěji v rybnících v polykulturních obsádkách. Monokulturní obsádky se využívají většinou pouze při odchovu rychleného plůdku. Způsob odchovu plůdku amura vychází z metod odchovu plůdku kapra (Čítek a kol., 1998). V současnosti se amur také dostává do popředí zájmu v chovu RAS, a to zejména díky nízkým nárokům na kvalitu vody a díky dobrým přírůstkům při příjmu umělých krmiv (FAO, 2015).

Amur bílý snáší střeoevropské klimatické podmínky, ale není pravděpodobně u nás schopen přirozeného výtěru ve volných vodách a má velké ztráty při přezimování. Z tohoto důvodu bylo

cílem této studie porovnat přežití juvenilních ryb v rybnících a v recirkulačním akvakulturním systému (RAS) v průběhu podzimního a zimního období.

MATERIÁL A METODIKA

K pokusům bylo použito 46 000 ks plůdku amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) o průměrné hmotnosti $3,22 \pm 0,78$ g. Experiment byl rozdělen do dvou částí. První část pokusu probíhala v rybnících a druhá část v RAS.

Pro první část byly vybrány a nasazeny dvě lokality (tab. 1). Pokus na rybnících trval od 140 do 164 dní. Při nasazení ryb do rybníků byly instalovány automatické teploměry, které každou hodinu zaznamenávaly teplotu vody, byly umístěny nedaleko od výpustního zařízení do hloubky cca 1 m. Průměrná teplota v průběhu celého odchovu byla $4,3 \pm 2,6$ °C. Zdrojem potravy byla přirozená potrava z rybníka.

Tab. 1. Charakteristické údaje rybníků (výměra, nadmořská výška, GPS pozice), datum a počet nasazených kusů.

Table 1. The characteristic data of ponds (acreage, altitude, GPS location), the date and number of stocked fish.

Rybník	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m n.m.)	GPS	Datum nasazení	Počet ks	Hustota nasazených ks na 1 ha
Vodňany 55	0,08	398	49°9'22"N 14°9'51"E	14. 10. 2013	21 000	262 500
Horažďovice 4	0,12	429	49°19'37"N 13°40'30"E	31. 10. 2013	5 500	45 833
Horažďovice 5	0,13	429	49°19'35"N 13°40'31"E	6. 11. 2013	4 900	37 692

Výlov probíhal vždy tzv. „pod hrází“ daného rybníka do podložní sítě (velikost ok 3 x 3 mm). Po vylovení všech ryb, byly ryby spočítány a byla provedena biometrická měření, vždy 33 ks ryb z každého rybníka. Zdrojem potravy byla přirozená potrava z rybníka.

Druhá část pokusu probíhala v experimentálním rybochovném objektu FROV JU ve Vodňanech. Ryby byly nasazeny do 5 nádrží o objemu 700 litrů. Do každé nádrže bylo nasazeno 2920 ± 80 ks ryb o průměrné hmotnosti $2,9 \pm 0,3$ g. Dvakrát denně byla zaměstnanci FROV JU kontrolována čistota a kvalita vody v RAS. Byla měřena teplota vody a obsah kyslíku. Průměrná teplota vody byla $20,8 \pm 0,4$ °C a obsah rozpuštěného kyslíku $6,8 \pm 0,2$ mg.l⁻¹. Jednou za měsíc byl proveden výlov všech nádrží, částečná výměna vody a biometrická měření 33 ks ryb z každé nádrže, biometrika byla provedena za použití anestetik s cílem omezení manipulačního stresu u ryb a usnadnění práce s rybami. Použit byl hřebíčkový olej o koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ při délce expozice 5–8 minut. Každý den byly ryby krmeny granulovaným krmivem značky Biomar Inicio Plus o velikosti 1 mm. Denní krmná dávka (DKD) byla stanovena na 1 % a dále byla podle potřeby regulována.

Na konci experimentu bylo vyhodnoceno přežití, úmrtnost, celková délka těla, specifická rychlost růstu (SGR) a Fultonův koeficient (FK). SGR a FK byly vypočteny dle Policar a kol. (2014).

VÝSLEDKY A DISKUZE

V průběhu odchovu amura bílého byly zaznamenány průkazné délkohmotnostní rozdíly mezi rybami odchovávanými v rybnících a RAS. Ryby odchovávané v RAS vykazovaly vyšší tělesnou hmotnost i celkovou délku těla oproti rybám chovaným v rybnících. Odchované ryby z RAS na konci experimentu dosahovaly průměrné kusové hmotnosti $5,0 \pm 1,0$ g a celkové délky těla $70,0 \pm 5,3$ mm oproti $3,2 \pm 1,8$ g a $64,7 \pm 6,3$ mm u ryb z rybníků. Podobně jako u růstu tak i na přežití ryb měl vliv výběr metody pro odchov juvenilních jedinců v „zimním období“. Průkazně vyšší přežití bylo dosaženo u RAS (tab. 2.)

Tab. 2. Přežití a úmrtnost amura bílého z rybníků a RAS během zimního období.

Table 2. Survival rate and mortality of grass carp in pond and RAS during winter time.

Místo	Rybníky	Nasazení		Výlov		Přežití		Úmrtnost	
		(ks)		(ks)		(%)	(ks)	(%)	(ks)
Vodňany	Rybník č. 55	14. 10. 2013	21 000	41 724	4 214	23,72	4 214	76,28	16 786
Horažďovice	Rybník č. 4	31. 10. 2013	5 500	41 723	408	7,42	408	92,58	5 092
Horažďovice	Rybník č. 5	6. 11. 2013	4 900	41 724	83	1,69	83	98,31	4 817

RAS	Místnost	Nasazení		Výlov		Přežití		Úmrtnost	
		(ks)		(ks)		(%)	(ks)	(%)	(ks)
Vodňany	Nádrž č. 1	31. 10. 2013	2 880	41 723	2 838	98,54	2 838	1,46	42
Vodňany	Nádrž č. 2	31. 10. 2013	2 810	41 723	2 751	97,90	2 751	2,10	59
Vodňany	Nádrž č. 3	31. 10. 2013	2 946	41 723	2 882	97,83	2 882	2,17	64
Vodňany	Nádrž č. 4	31. 10. 2013	3 020	41 723	2 933	97,11	2 933	2,89	87
Vodňany	Nádrž č. 5	31. 10. 2013	2 950	41 723	2 879	97,59	2 879	2,41	71

Přežití v RAS dosahovalo $97,8 \pm 0,6\%$. Nejvyšší přežití bylo na rybníce č. 55 ve Vodňanech 23,7 %. Na rybnících v Horažďovicích se přežití pohybovalo od 1,7 do 7,4 %. Nízké přežití v Horažďovicích mohlo být ovlivněno dalšími faktory, jako jsou rybožraví predátoři.

Specifická rychlost růstu (SGR) ryb byla počítána za celé období odchovu ryb 140–160 dní. U ryb z RAS jsou hodnoty výrazně vyšší oproti rybám z rybníků, kde hodnoty SGR klesají do negativních hodnot (tab. 3.).

Tab. 3. Hmotnost nasazených a vylovených ryb, délka pokusu a specifická rychlost růstu u ryb z RAS a rybníků.

Table 3. The weight of stocked and harvested fish, the period of experiment and specific growth rate in RAS and pond.

Místo	Rybník	Nasazení	Výlov	Délka pokusu	SGR
		Hmotnost (g)	Hmotnost (g)	(dny)	(%)
Vodňany	č. 55	3,16	2,98	164	-0,036
Horažďovice	č. 4	5,04	4,12	146	-0,138
Horažďovice	č. 5	2,96	2,63	140	-0,0844
	Nádrž č.4	3,19	4,61	146	0,575
	Nádrž č.5	2,90	3,86	146	0,446
RAS FROV JU	Nádrž č.6	2,41	4,85	146	1,092
	Nádrž č.7	2,82	4,83	146	0,840
	Nádrž č.8	3,27	5,85	146	0,909

Podobných hodnot SGR dosáhl u RAS Du a kol. (2006), který u plůdku amura porovnával v RAS různou krmnou dávkou. Byl hodnocen také Fultonův koeficient, který nám ukazuje, v jaké kondici byly ryby na počátku a na konci pokusu. U ryb z RAS se Fultonův koeficient stále zvyšoval ($z\ 2,3 \pm 0,2$ na $2,6 \pm 0,2$). U ryb z rybníků se stále snižoval ($z\ 2,7 \pm 0,1$ na $2,1 \pm 0,2$). Z toho je patrné, že ryby odchovávané v rybnících byly na konci pokusu v horší kondici než na počátku.

SOUHRN

Studie porovnává přežití a růst u ryb amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*) během přezimování v rybnících a recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Experiment byl proveden v průběhu roku 2013 a 2014, kdy během experimentu byly juvenilní ryby amura bílého nasazeny do 5 nádrží RAS a současně také do 3 rybníků. Ryby nasazené v rybnících byly odchovávány pouze na přirozené potravě, zatímco ryby odchovávané v RAS byly krmeny peletovým krmivem značky Biomar Inicio Plus a byly odchovávány v konstantní teplotě po celou dobu experimentu. Výsledky experimentu ukazují, že odchov juvenilních ryb amura bílého v RAS z hlediska přežívání a růstu je efektivnější. V RAS bylo dosaženo průkazně vyššího přežití $97,8 \pm 0,6\%$ oproti $10,9 \pm 11,4\%$ z rybníků a také vyšší kusová hmotnost odchovávaných ryb $5,0 \pm 1,01\text{ g}$ oproti $3,2 \pm 1,7\text{ g}$ z rybníků a lepší Fultonův koeficient. Tato studie poukazuje na výhody, které přináší RAS v akvakultuře. Na základě této studie by bylo do budoucna vhodné vytvořit finanční studii obou porovnávaných odchovů amura bílého.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA I (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I), projektu GAJU 074/2014/Z a projektu NAZV QJ1510117.

LITERATURA

- Baruš, V., Oliva, O., 1995. Mihulovci *Petromyzontes* a ryby *Osteichthyes* (2). Academia, Praha, 698 s.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. Informatorium, 306 s.

- 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: 247-25.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department) 2015. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service <http://http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ctenopharyngodon_idellus/en>, Navštíveno 7. července 2015.
- Krupauer, V., 1971. Stavba těla bílých amurů (*Ctenopharyngodon idella* Val.) v prvních třech letech aklimatizace v jihočeských rybnících. *Práce VÚRH Vodňany*, 9: 49–97.
- Merten, M., 2002. Zpracování ryb. Informatorium, Vodňany, 294 s.
- Nikolskij, G.V., 1956. Ryby bassejna Amura. Izd. AN SSSR, Moskva, 551 pp.
- Polícar, T., Svačina, P., Bláha, M., Šetlíková, I., 2014. Podpora rybníčního perifytonu s cílem využít trofii rybníků k produkci plůdku candáta obecného. Technická zpráva z pilotního projektu č. CZ.1.25/3.4.00/13.00460, 49 s.
- Silva, A.F., Cruz, C., Pitelli, R.L.C.M., Pitelli, R.A., 2014. Use of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a biological control agent for submerged aquatic macrophytes. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 32: 765–773.
- Schoonbee, H. J., 1991. Biological control of fennel-leaved pondweed, *Potamogeton pectinatus* (Potamogetonaceae), in South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 37: 231–237.

AKVAPONICKÉ SYSTÉMY – INTENZIVNÍ CHOV RYB SPOJENÝ S PĚSTOVÁNÍM ROSTLIN
AQUAPONIC SYSTEMS – INTENSIVE FISH CULTURE CONNECTED WITH
PLANT CULTIVATION

J. MRÁZ, B. DOVALIL

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, e-mail: jmráz@frov.jcu.cz

Abstract

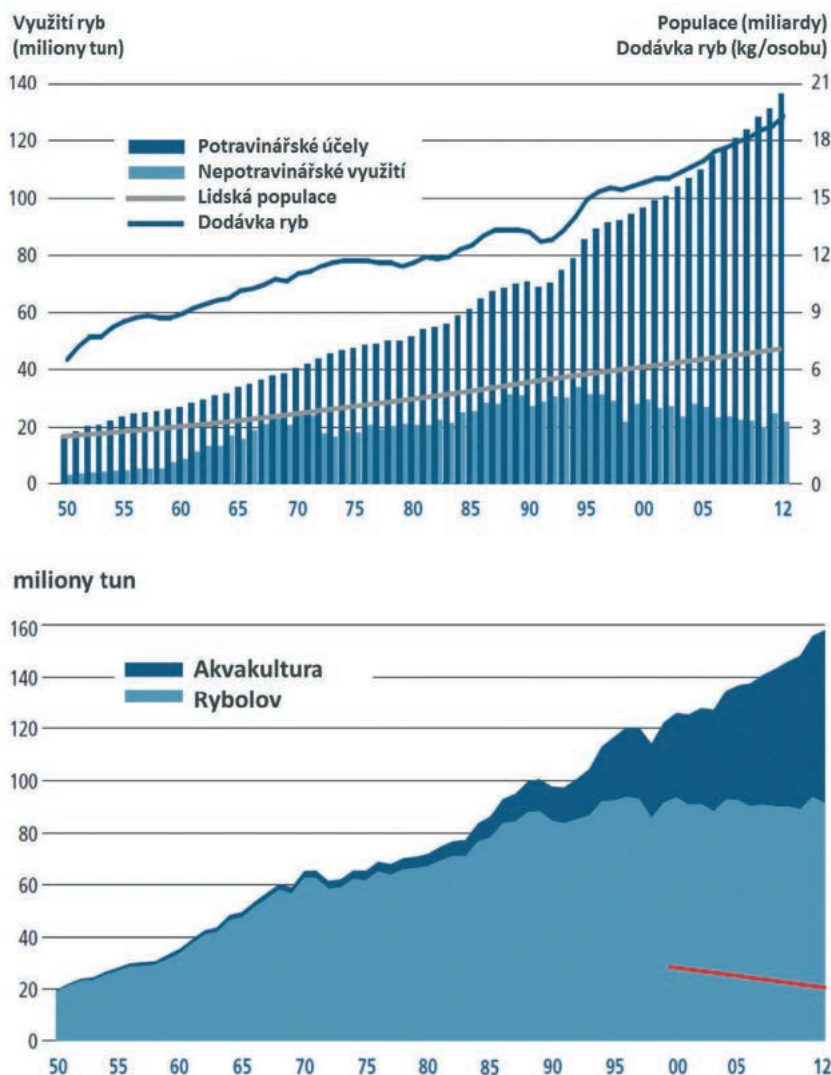
Together with the growth of the human population, there is a growing interest in technologies which efficiently utilize nutrients from feed. One of such technologies is aquaponics. Aquaponics is based on a combination of aquaculture (culture of fish and other aquatic organisms) and hydroponics (growing plants in soil-less medium). In this technology, nutrients and waste CO₂ from fish farming is used for the production of plants, and the system thus becomes practically waste-less. Therefore from 1 kg of feed it is possible to obtain 1 kg of fish weight gain and several kg of plants. This makes these systems extremely efficient in feed utilization. In the Czech Republic, aquaponics is in its infancy, but we believe that with the further growth of human population and lack of resources it will gradually gain interest.

Klíčová slova: *akvaponie, hydroponie, odpadní látky, využití krmiv, živiny*

Keywords: *aquaponics, feed utilization, hydroponics, nutrients, waste*

SVĚTOVÉ MEGATRENDY A JEJICH VLIV NA ROZVOJ AKVAKULTURY

Díky růstu lidské populace a informacím o pozitivním vlivu ryb na lidské zdraví se neustále zvyšuje světová spotřeba ryb (obr. 1). Ta se za posledních šedesát let více než ztrojnásobila. Zvýšená poptávka po rybách vytváří stále větší tlak na jejich lov v mořích a oceánech. Světový rybolov dosáhl v devadesátých letech svého ekologického stropu a případné další zvyšování tlaku na rybí populace není možné, protože by vedlo k jejich devastaci. Z tohoto důvodu je nutné poptávku po rybách uspokojovat produkcí akvakultury. Akvakultura je za posledních 50 let celosvětově nejrychleji rostoucí odvětví živočišné výroby s ročním nárůstem produkce kolem 8 %. V současnosti pokrývá již více než 49 % spotřeby ryb určených pro lidskou konzumaci (obr. 1; SOFIA, 2014).



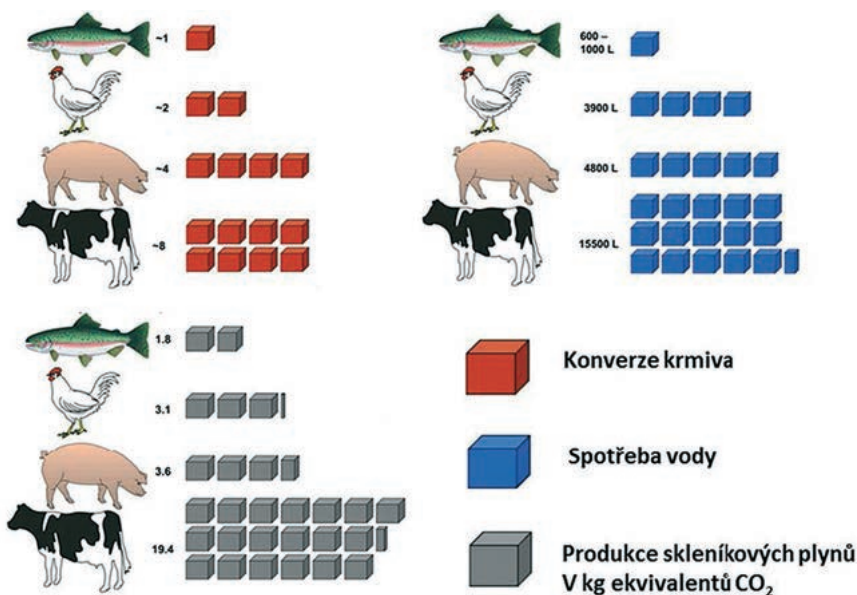
Obr. 1. Nahoře: Celosvětová produkce ryb, její využití pro potravinářské a krmivářské účely (v milionech tun) a spotřeba ryb (kg/osobu/rok). Dole: Produkce ryb světového rybolovu a akvakultury (v milionech tun), červená čára značí část produkce rybolovu využitou pro krmivářské účely (upraveno podle SOFIA, 2014).

Fig. 1. On the top: World fish production, its utilization for food and non-food uses (million tons) and food supply (kg/capita/year). On the bottom: Fish production from world fishery and aquaculture, red line shows part of the fishery production used for non-food uses (adapted from SOFIA, 2014).

ODPADNÍ LÁTKY V AKVAKULTUŘE

Oproti produkci hospodářských zvířat má chov ryb nespornou výhodu v podstatně vyšší konverzi krmiva, nižší spotřebě vody a produkci skleníkových plynů (obr. 2). I přesto však ryby produkují poměrně velké množství odpadních látek, které se z odchovného systému musí separovat. Retence dusíku a fosforu z krmiva v rybím organismu činí pouze jednu třetinu (Jirásek a kol., 2005). Odpadní látky se v akvakulturních systémech vyskytují ve dvou

základních formách. První jsou nerozpuštěné tuhé látky a druhá forma jsou látky rozpuštěné. Tuhé nerozpuštěné látky se ze systémů odstraní poměrně snadno za využití mechanické filtrace a sedimentace (Crisps a Bergheim, 2000). Dají se dále využít jako případné hnojivo či pro tvorbu bioplynu (Bergheim a kol., 1998; del Campo a kol., 2010). Jako velmi výhodné se jeví využít tyto látky pro vermikompostování, kde je výstupem kvalitní vermikompost a biomasa žížal (Kouba, 2012). U látek rozpuštěných je tato eliminace složitější. Dusík, v podobě amoniaku, který je pro ryby silně toxický, je v biologických filtrech pomocí procesu nitrifikace přeměňován přes rovněž toxické dusitany až na dusičnany, které již pro ryby nejsou v běžně dosahovaných koncentracích škodlivé. Problém však nastává po vstupu této vody bohaté na dusičnany a fosfor do vodních toků a nádrží, kde významně přispívá k jejich eutrofizaci (Timmons a kol., 2002). Jednou z možností eliminace těchto nežádoucích látek je dusičnany procesem denitrifikace převést na plyný dusík, který z vody volně odchází do atmosféry (van Rijn a kol., 2006) a fosfor ve vodním prostředí vysrážet a odfiltrovat (Barak a kol., 2003). Nicméně v obou těchto případech přicházíme o drahé živiny, které je možné efektivně využít na produkci potravin či krmiv. Proto se do popředí zájmu dostávají technologie, které tyto odpadní rozpuštěné živiny dále zpracovávají. Jako příklad je možno uvést různé multitrofní systémy, ve kterých je odpad z produkce ryb využíván organismy z nižších trofických úrovní (Chopin, 2006).



Obr. 2. Spotřeba krmiva (kg), vody (l) a produkce skleníkových plynů (kg ekvivalentu CO₂) na 1 kg přírůstku ryb a dalších hospodářských zvířat (upraveno podle Kloase a kol., 2011).

Fig. 2. Consumption of feed (kg), water (l) and production of greenhouse gasses (kg of CO₂ equivalents) on 1 kg yield of fish and other livestock (adapted from Kloas et al., 2011).

Jedním z těchto systémů je bioflok technologie. Ta funguje na principu využívání metabolitů ryb bakteriemi. Ty je zabudovávají do svých těl ve formě proteinu a po té jsou ve shlučích bakteriálních vloček konzumovány rybami. Literární zdroje uvádějí, že díky této technologii je možné ušetřit až 30 % krmných nákladů (Avnimelech, 2012).

AKVAPONIE

Další možností jak efektivně zužitkovat rozpuštěné odpadní látky, je jejich využití v rámci akvaponického systému. Akvaponie je technologie kombinující akvakulturu s hydroponickým pěstováním rostlin (pěstování rostlin v jiném médiu, než je půda; Bernstein, 2011; Hallam, 2011). Využívá se zde metabolitů ryb jako hnojiva pro rostliny. Tímto způsobem je umožněn kontinuální chov ryb s pěstováním zeleniny, ovoce či bylin, které zde dosahují vysokých výnosů sklizně (Rakocy, 2007). Rostliny zároveň ze systému odebírají oxid uhličitý, vytváří kyslík a okolní prostředí je tak minimálně zatíženo skleníkovými plyny (Kloas a kol., 2011). Rostliny zde nejsou obvykle uměle přihnojované a chemicky ošetřované. V takovém případě jde o takzvanou organickou produkci, šetrnou k životnímu prostředí, která ve větší míře využívá přirozené koloběhy vyskytující se v přírodě (Nichols a Savidov, 2012). Akvaponie vyžaduje pro svůj provoz minimum vody. Může se jednat dokonce o méně než jednu desetinu v porovnání s konvenčním zemědělstvím (Hillyer, 2007). V akvaponických systémech není potřeba půdy, což spolu s minimálními nároky na zdroj vody činí tyto systémy ideální do pouštních oblastí či městského prostředí (např. na střeších domů a průmyslových budovách). Tím lze minimalizovat vzdálenost mezi producentem a konzumentem, čímž se zároveň minimalizuje potřeba fosilních paliv potřebných pro dopravu a ztráty mezi sklizní a konzumací (Storey, 2012).

Kořeny historie akvaponie sahají až do dob Aztéků, kteří stavěli na jezerech plovoucí vorové ostrovy pro pěstování rostlin (tzv. chinampy). Kořeny rostlin prorůstaly do vody a rostliny tak mohly čerpat vodu a živiny pro svůj růst (The aquaponics garden, 2014). Druhý směr vývoje pochází z Číny, kde se využívá systém chovu ryb v rýžovištích. Ryby zde kromě obohacování vody o živiny plní jako vedlejší úkol požívání larev hmyzu.

Dnešní moderní akvaponické systémy jsou rozvíjeny především v Severní Americe a Austrálii. Zde jejich rozvoji nahrávají především vhodné klimatické podmínky a zájem společnosti o organickou produkci potravin. Postupně se akvaponie začínají dostávat do centra pozornosti i v Evropě. Například v IGB Berlín vyvinul tým profesora Kloase moderní akvaponický systém ASTAF-PRO (*aquaponics system for (nearly) emission free tomato- and fish production in greenhouses*), za něj dostal již několik prestižních ocenění (Kloas a kol., 2011).

DESIGN AKVAPONICKÝCH SYSTÉMŮ

Design akvaponických systémů vychází především z kombinace technologií používaných v komerčních hydroponických a akvakulturních systémech. Klasický akvaponický koncept vychází z běžných recirkulačních akvakulturních systémů (RAS), kdy je mezi biofiltr a odchovné nádrže vložena jednotka pro hydroponickou produkci rostlin. Tento koncept ale přináší řadu nevýhod a vyšší míru rizik. Z toho důvodu je postupně nahrazován modernějším pojetím, kdy jsou obě technologie provozovány nezávisle na sobě a pouze se přepouští odpadní voda z RAS do skleníku s hydroponickou produkcí. Obě jednotky tak lze provozovat buď společně jako akvaponický systém, nebo je v případě potřeby oddělit a provozovat zvlášť.

Mezi běžně používané designy hydroponických jednotek patří:

1) *Media based growbeds* nebo také *Ebb and flow*

V těchto technologiích jsou využívány pěstební záhony s médiem, jako je např. štěrk, lávové kameny, keramzit apod., které jsou periodicky zaplavovány a vypouštěny. Tento design je vhodný pro pěstování široké škály rostlin a je vhodný pro hobby systémy (obr. 3).



Obr. 3. Příklady media based growbeds akvaponických systémů (Halam, 2011; Hughey, 2005).

Fig. 3. Examples of media based growbeds aquaponic systems (Hallam, 2011; Hughey, 2005).

2) Deep water culture nebo také **Raft systems**

V těchto systémech jsou rostliny umístěny v kořenáčích na plovoucích deskách a jejich kořeny volně splývají ve sloupci vody, odkud čerpají živiny (obr. 4). Jsou vhodné pro nižší rostliny, jako je např. bazalka, různé druhy salátů apod.



Obr. 4. Příklady Raft systémů (Green Acre Aquaponics (Bernstein, 2015); University of Virgin Islands (Rakocy a kol., 2007)).

Fig. 4. Examples of Raft systems (Green Acre Aquaponics (Bernstein, 2015); University of Virgin Islands (Rakocy et al., 2007)).

3) Nutrient film technique (NFT) nebo také **Trubkové systémy**

V těchto systémech je využíván tenký film na živiny bohaté vody, který omývá kořínky rostlin (obr. 5). Tyto systémy jsou vhodné pro bylinky, rajčata, saláty, jahody apod.



Obr. 5. Příklady NFT systémů (Tomato fish, IGB Berlin (foto J. Mráz); Pearson, 2012).

Fig. 5. Examples of NFT systems (Tomato fish, IGB Berlin (pfoto J. Mráz); Pearson, 2012).

4) Vertikální systémy

Tyto systémy využívají různé pěstební věže, ve kterých jsou rostliny umístěny vertikálně nad sebou (obr. 6). Tímto způsobem lze zvýšit produkci rostlin na plochu skleníku ve srovnání s horizontálními technikami až na trojnásobek. Tyto systémy jsou vhodné především pro pěstování bylinek.



Obr. 6. Příklady vertikálních systémů (Aquaponics how to, 2015; Zip grow towers, Bright Agrotech, 2015).

Fig. 6. Examples of vertical systems (Aquaponics how to, 2015; Zip grow towers, Bright Agrotech, 2015).

NAŠE ZKUŠENOSTI S AKVAPONIÍ

V roce 2013 jsme na Fakultě rybářství a ochrany vod začali experimentovat s malými modely různých akvaponických systémů. Získané poznatky shrnul ve své bakalářské práci Dovalil (2014). V této práci se nám nejvíce osvědčil systém na bázi media based growbeds vytvořený z 3 repasovaných IBC kontejnerů na základě předlohy Hallama (2011). Pro zabezpečení periodického zaplavitování byl v pěstebních záhonech použit zvonový sifon a jako médium pro pěstování rostlin byl použit křemičitý štěrk (obr. 7). Tento systém byl velmi levný, spolehlivý a bez potřeby náročné obsluhy. Umožňoval pěstování široké palety rostlin (mj. bylinky, rajčata, okurky, jahody, cukety a papriky).



Obr. 7. Experimentální akvapponický systém na Fakultě rybářství a ochrany vod s příklady pěstovaných rostlin (Dovalil, 2014).

Fig. 7. Experimental aquaponic system at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters with examples of cultivated plants (Dovalil, 2014).

V letošním roce jsme zahájily projekt podpořený Národní agenturou pro zemědělský výzkum QJ1510119 Efektivní a dlouhodobě udržitelné využívání živin v intenzivní akvakultuře s využitím multitrofických systémů. V rámci tohoto projektu se budeme akvaponiemi a možnostmi jejich využití v podmínkách ČR dále intenzivně zabývat. Věříme, že si tato technologie budoucnosti postupně najde místo i u nás.

SOUHRN

S růstem lidské populace začínají být v centru pozornosti technologie, které při produkci ryb efektivněji využívají krmivem vnášené živiny. Jednou z takových technologií je akvaponie. Akvaponie je založená na kombinaci akvakultury (chovu ryb a dalších vodních organismů) a hydroponie (pěstování rostlin v jiném médiu, než půdě). Díky této kombinaci jsou odpadní živiny a CO_2 z chovu ryb využívány pro produkci rostlin a systém se tím stává prakticky bezodpadovým. Z 1 kg krmiva tak lze získat kromě 1 kg přírůstku ryb ještě několikanásobné množství rostlin. To dělá tyto systémy extrémně efektivní z hlediska využití krmiv. Akvaponie je u nás v tuto chvíli zatím v plenkách, ale věříme, že s dalším růstem lidské populace a nedostatkem zdrojů si postupně najde uživatele i zde.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a projektu NAZV QJ1510119.

LITERATURA

- Aquaponics how to, 2015. DIY vertical aquaponics. [online] [cit. 2015-06-10]. Dostupné na WWW: <<http://aquaponichowto.com/wp-content/uploads/2014/04/diy-vertical-aquaponics-7.jpg>>
- Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. 2.vyd. The World Aquaculture Society, 272 pp.
- Barak, Y., Cytryn, E., Gelfand, I., Krom, M., van Rijn, J., 2003. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 220: 313–326.
- Bergheim, A., Cripps, S.J., Liltved, H., 1998. A system for the treatment of sludge from landbased fish-farms. *Aquatic Living Resources*, 11: 279-287.
- Bernstein, S., 2011. Aquaponic gardening: A Step-By-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together. Gabriola, BC: New Society Publishers, 257 pp.
- Bernstein, S., 2015. Hybrid Aquaponics – The Marriage of Media and Raft [online] [cit. 2015-07-17]. Dostupné na WWW: <<http://theaquaponicsource.com/hybrid-aquaponics-the-marriage-of-media-and-raft/>>
- Bright Agrotech, 2015. Zip grow towers. [online] [cit. 2015-06-10]. Dostupné na WWW: <<http://shop.brightagrotech.com/zipgrow-the-realistic-vertical-farm>>
- Chopin, T., 2006. Integrated multi-trophic aquaculture. What is it and why you should care... and don't confuse it with polyculture. *Northern Aquaculture*, 12: 4.
- Cripps, S.J., Bergheim, A., 2000. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, 22: 33-56.
- del Campo, L.M., Ibarra, P., Gutiérrez, X., Takle, H., 2010. Utilization of sludge from recirculation aquaculture. [online] [cit. 2015-06-10] Dostupné na WWW: <http://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2009-2010.pdf>.
- Dovalil, B., 2014. Chov ryb v akvaponickém systému. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice, 100 s.
- Hallam, M., 2011. DIY Aquaponics. Ecofilms Australia, Austrálie, DVD.
- Hillyer, C.D., 2007. Is aquaponics the agriculture of the future? *INFORM - International News on Fats, Oils and Related Materials*, 18: 83-85.
- Hughey, T., W., 2005. Barrel-ponics. [online]. a.k.a. Aquaponics in a Barrel [cit. 2014-03-14]. Dostupné na WWW:<<http://www.aces.edu/dept/fisheries/education/documents/barrelponics.pdf>>.
- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby. MZLU v Brně, 70 s.
- Kloas, W., Wuertz, S., Rennert, B., 2011. Integration of aquaculture and hydroponic into a (nearly) emission free aquaponic system assuring recycling of process water in urban farming. [online]. *ALGAE 2011*, Berlin, [cit. 2011-12-02]. Dostupné na WWW: <http://media.wix.com/ugd/320218_015bbf6a35bf4b89b9040e589e99f0f0.pdf>.
- Kouba, A., 2012. Vývoj technologie likvidace odpadních kalů z RAS pro chov ryb pomocí vermikompostování. Závěrečná zpráva pilotního projektu CZ.1.25/3.1.00/11.00257.

- Nichols, M.A., Savidov, N.A., 2012. Aquaponics: A nutrient and water efficient production system, pp. 129-132.
- Pearson, T., 2012. Aquaponics. [online]. The Aquaponics Gardening Community. [cit. 2014-03-14]. Dostupné na WWW: <http://community.theaquaponicsource.com/photo/aquaponics-5-12-2012-002?xg_source=activity>.
- Rakocy, J., 2007. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. [online]. Aquaponics.com [cit. 2014-03-08]. Dostupné na WWW: <<http://aquaponics.com/media/docs/articles/Ten-Guidelines-for-Aquaponics.pdf>>.
- Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, C. Danaher, J., 2007. Design and Operation of the UVI Aquaponic System. [online]. University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station St. Croix, U.S. Virgin Islands. [cit. 2014-03-08]. Dostupné na WWW: <http://www.uvi.edu/files/documents/Research_and_Public_Service/WRRI/UVIAquaponicSystem.pdf>.
- SOFIA, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. [online] FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome. [cit. 2015-02-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>>.
- Storey, N.R., 2012. Vertical hydroponic plant production apparatus, patent č. US 8327582 B2.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.V., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. Recirculating Aquaculture Systems. 2. vyd. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, 769 pp.
- van Rijn, J., Tall, Y., Schreier, H.J., 2006. Denitrification in recirculating systems: theory and applications. Aquacultural Engineering, 34: 364–376.



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Jihočeská univerzita
v Českých
Budějovicích

Laboratoř intenzivní akvakultury



Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství
a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský
a hydrobiologický
Laboratoř intenzivní
akvakultury

Vedoucí laboratoře:
doc. Ing. Tomáš Policar, Ph.D.
policar@frov.jcu.cz
+420 602 263 594

www.frov.jcu.cz

Hlavní aktivity laboratoře se týkají aplikovaného výzkumu a vývoje nových a efektivních metod reprodukce a intenzivního chovu hospodářsky a sportovně významných druhů ryb, jako je: candát obecný (*Sander lucioperca*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), mník jednovousý (*Lota lota*) a parma obecná (*Barbus barbus*). Cílem práce pracovníků laboratoře je navrhnout a do praxe zavést efektivní a především ekonomicky rentabilní produkci násadových či tržních ryb zmíněných druhů.

Laboratoř provádí a nabízí:

- Odbornou konzultaci a poradenství při výstavbě či provozu intenzivního chovu ryb využívající recirkulační akvakulturní systémy (RAS).
- Produkci násadového materiálu o různé velikosti u následujících

druhů ryb: candát obecný, okoun říční, amur bílý, mník jednovousý, sumec velký (*Silurus glanis*) a lipan podhorní (*Thymallus thymallus*).

- Produkce larev candáta obecného a okouna říčního určených k dalšímu chovu.
- Odbornou konzultaci týkající se rybníčního a intenzivního chovu ryb různých druhů (včetně tropických druhů).
- Testování krmiv v chovu ryb včetně odborného vyhodnocení produkčních ukazatelů.
- Odborné poradenství v oblasti řízené reprodukce a inkubace jiker různých druhů ryb (včetně tropických druhů).
- Organizace odborných seminářů, konferencí a exkurzí spojených s chovem ryb.



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Jihočeská univerzita
v Českých
Budějovicích

Laboratoř řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb



Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství
a ochrany vod

Ústav akvakultury
a ochrany vod
Laboratoř řízené reprodukce
a intenzivního chovu ryb

Vedoucí laboratoře:
Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.
stejskal@frov.jcu.cz
+420 737 221 930

Hlavní zaměření výzkumu

Laboratoř je zaměřena na dvě výzkumné oblasti. V rámci řízené reprodukce je cílem především optimalizace postupů pro dosažení ovulace jikernaček s využitím anestézie, aplikace hormonálních přípravků a úpravy teploty vody u hospodářsky a sportovně významných, ale i tropických okrasných druhů ryb.

Druhým zaměřením laboratoře je oblast intenzivní akvakultury se zvláštním zřetelem na využití recirkulačních systémů (RAS), testování krmiv (včetně stanovení krmných koeficientů), použití fotostimulace, využití integrovaných systémů (akvaponie, biofloc), studium metabolismu (spotřeba kyslíku a exkrece metabolitů ryb), optimalizaci odchovu larválních a juvenilních stádií ryb, hodnocení růstu, příjmu krmiv, hmotnostní heterogenity a vlivu intenzity chovu ryb na kvalitu finálního produktu.

Komerční činnost

- Násadový materiál sumečka afrického (*Clarias gariepinus*)
- Testování produkční účinnosti krmiv pro intenzivní chov různých druhů ryb.
- Poradenství v oblasti řízené reprodukce ryb, zavádění a provozování recirkulačních akvakulturních systémů a metod intenzivního chovu jednotlivých druhů ryb.

Recirkulační akvakulturní systémy neboli intenzivní chov ryb STM®

Na českém trhu se objevila novinka v oblasti chovu ryb. Jedná se o **recirkulační akvakulturní systémy** (RAS) neboli tzv. **intenzivní chov ryb**, které je však možné realizovat pomocí již zavedených a osvědčených systémů čistíren **STM®**. RAS lze využít při řešení rodinného rybochovu, vhodného např. jako hobby nebo pro potřeby restaurací, ale zejména pro chov tržních ryb či násad.

Intenzivní chov ryb se vyznačuje vysokou produkcí v uzavřeném vodním okruhu s optimálními chovnými podmínkami. Nejvhodnější zdroj vody představuje voda podzemní nebo dešťová, přičemž nároky

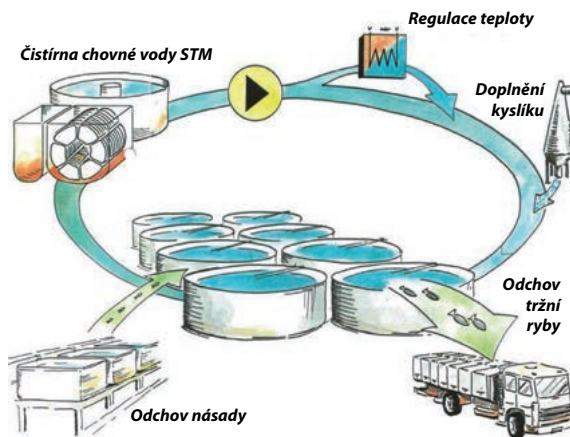
Intenzivní chov ryb systémem **STM®** se skládá z chovných nádrží, biologického stupně čistírny s aerotorem a z dosazováků. Celý proces čištění probíhá tak, že voda z chovných nádrží (chovná voda)

odtéká dnovým sítím do odtokového žlabu a dále pak na čistírnu systému **STM®**, kde se chovná voda biologicky čistí a přepadem odtéká do dosazováků k sedimentaci biomasy. Biomasa a vratný kal

jsou čerpány zpět do biologického stupně čistírny. Odsazená voda z dosazováků proudí přímo do chovných nádrží (u rodinného řešení RAS nebo u RAS pro chov násady), nebo natéká na obhacení kyslíkem do oxidátoru (u RAS pro chov tržních ryb nebo pro chov násady), čímž se okruh uzavře.



na doplnění čerstvé vody činí maximálně 3 % objemu nádrží. Ryby jsou krmeny kompletními granulovanými krmnými směsmi z produkce EU s krmným koeficientem 0,9. Nejvhodnější druhy ryb jsou úhoř, pstruh, kapr, tilapie a sumec ale i další.



RAS přináší mnoho nezpochybnitelných výhod. Lze je realizovat ve všech klimatických podmínkách, zvyšují hygienickou úroveň rybochovu, podporují chov více druhů ryb, pomáhají rovnoměrněji pokrývat poptávku obchodních řetězců po tržních rybách a mnoho dalších.

Více informací na <http://www.hellstein.cz/intenzivni-chov-ryb>



Proč intenzivní chov ryb?

Produkce v uzavřeném vodním okruhu - doplnění čerstvé vody do 3% objemu nádrží!

- Optimální chovné podmínky - "krmný koeficient" 0,9!
- Granulované krmivo z EU produkce - krmení automatem nebo ručně!
- Dostupné varianty sestav - 0,1 t/rok, 0,2 t/rok, 1 t/rok, 2 t/rok, 3 t/rok, 5 t/rok, 10 t/rok, 15 t/rok a větší
- Malá zastavěná plocha - 100 t/rok na ploše 50x25 m (bez skladu O₂ a kalojumu)

Intenzivní chov ryb - recirkulační systém např. 8-10 t/rok

- objem biostupně ca 30 m³
- objem dosazováků ca 50 m³
- objem chovných nádrží ca 60 m³
- produkce 8-10 t/rok
- objem čerstvé vody ca 5 %
- násada při produkci 8 t/rok ca 3t
- kyslík ca 0,5 kg/h/t

Vhodná realizace i do bývalých zemědělských areálů.

Rychlá analýza vody pro lepší provozní kontrolu



HI98196

- Intuitivní měření pH a rozpuštěného kyslíku
- Kompletní sestava v praktickém kufříku
- Robustní vodotěsné provedení
- Možnost záznamu s nastaveným intervalem



Checker

- Jednoparametrové fotometry do ruky



HI83203

- Jednoduchá analýza dusičnanů, dusitanů, amonných iontů a fosforečnanů s reagenčními sety
- Postupy a návody navrženy pro nechemiky
- Rychlý výsledek za několik minut



BL7916

- Dávkovací čerpadlo se zabudovaným kontrolérem pro automatické řízení úpravy pH
- Snadná montáž na zeď
- Odolné nízkoúdržbové pH elektrody



Kontakty a e-shop naleznete na

www.hanna-instruments.cz

(oficiální zastoupení pro ČR a SR)





Voda jako **KŘIŠTÁL**

OZON CHRÁNÍ ŽIVOT

- Čistý přírodní produkt
- Chrání a léčí
- Ekologické systémy

ŠIROKÉ SPEKTRUM UPLATNĚNÍ

- Úprava vody
- Odchovny ryb
- Průmyslové aplikace
- Bazény

- ZÁŠADNÍM ZPŮSOBEM
SNIŽUJE **BAKTERIOLOGICKÉ
ZATÍŽENÍ**
- DEZINFEKCE VODY
A VZDUCHU BEZ POUŽITÍ
CHEMIE, **DLOUHÁ
ŽIVOTNOST**
- ŽÁDNÝ ZBYTKOVÝ PRODUKT
- JEDNODUCHÁ INSTALACE
DO NOVÝCH
I STÁVAJÍCÍCH SYSTÉMŮ



www.ozontech.cz
info@ozontech.cz
+420 773 616 516

VÝROBA Z PLASTŮ

TOVÁRNÍ 135, 588 22, LUKA NAD JIHLAVOU
TEL.: 567 229 581, WWW.EKORY.CZ

NA MÍRU VYRÁBÍME



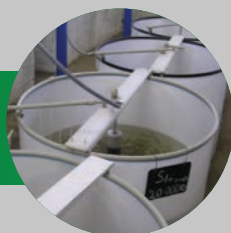
RUCKEL-VACKŮV
APARÁT

STOJANY NA
ODKULOVÁNÍ JIKER



KRUHOVÉ
ODCHOVNÉ NÁDRŽE

MALÉ KRUHOVÉ
ODCHOVNÉ NÁDRŽE



PŘEPRAVNÍ
BEDNY

ŽLABY PRO
ODCHOV RYB



PRACOVNÍ
LODĚ

PRACOVNÍ
LODĚ



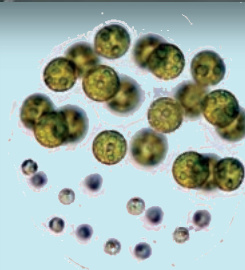
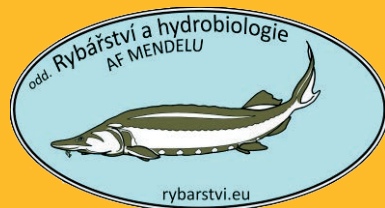
A DÁLE
MONOBLOKY NA PŘEPRUVU RYB, IZOTERMICKÉ BEDNY, BOXY NA PRODEJ RYB,
NÁDRŽE NA PRODEJ RYB, PŘEPRAVNÍ BOXY NA ZVÍŘATA ...

VYRÁBÍME DOMOVNÍ ČISTIČKY ODPADNÍCH VOD,
SEPTIKY, VODOMĚRNÉ ŠACHTY, ATD...

Mendelova
univerzita
v Brně



Agronomická
fakulta



- Navazující magisterský obor Rybářství a hydrobiologie – ucelené vzdělání v oboru pro rybářskou praxi i další vědecko-výzkumnou činnost
- Provozní praxe, exkurze, odborné stáže, individuální přístup
- Možnost doktorského studia
- Vědecko-výzkumné projekty v celé oblasti sladkovodního rybářství
- Odborná školení rybářské stráže a rybářských hospodářů, kurzy pro získání rybářského lístku, expertízy, poradenská činnost

**ODD. RYBÁŘSTVÍ A HYDROBIOLOGIE
AF, MENDELU**

Zemědělská 1,
61300 Brno

Tel.: +420545133267

rybarstvi@mendelu.cz

www.rybarstvi.eu





Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

ISBN 978-80-7514-028-9

Vydání a tisk sborníku je uskutečněno za finanční podpory EU projektu TRAF00N, který je financován Evropskou komisí v rámci FP 7 2007–2013 pod projektovým číslem 613912.

