

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Vliv mezidruhové hybridizace na fitness jeseterovitých ryb

Autor:

Hana Šachlová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miloš Havelka, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr. rer. agr.

Studijní program a obor:

Zootechnika, Rybářství

Forma studia:

Prezenční

České Budějovice, 2014

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU (viz opatření rektora č. R 83). Zveřejnění je elektronickou formou v databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 5. 5. 2014

Podpis studenta:

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Miloši Havelkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl v průběhu pokusu a zpracování této bakalářské práce.

Dále děkuji Ing. Martinu Kocourovi, Ph.D. a Ing. Martinu Bláhovi, Ph.D. za poskytnuté rady a cenné připomínky, stejně tak jako kolegovi Vítu Borůvkovi a ostatním zaměstnancům VÚRH JU za neocenitelnou pomoc při všech pracích na líně během celého pokusu.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana ŠACHLOVÁ**
Osobní číslo: **V11B026P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Vliv mezidruhové hybridizace na fitness jeseterovitých ryb**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Zásady pro vypracování:

Jeseterovité ryby jsou jednou z nejstarších skupin obratlovců žijících na naší planetě a jejich polyploidní původ je předurčuje k častým mezidruhovým hybridizacím. Tyto mezidruhové a dokonce i meziodové hybridizace byly popsány jak ve volných vodách, tak i v akvakulturních chovech. Doposud však nebylo studováno fitness takovýchto hybridů ve vztahu k původním rodičovským druhům, které může mít zásadní vliv pro zlepšení produkce jeseterovitých ryb z akvakultury.

Hlavním cílem bakalářské práce bude vytvořit literární přehled o známých faktech týkajících se mezidruhové hybridizace jeseterů a jejího vztahu k fitness jedinců. Dalším cílem práce bude porovnání reprodukčních ukazatelů (oplozenost, líhivost atd.) a růstových ukazatelů cíleně vytvořených mezidruhových hybridů s rodičovskými druhy.

Studentka se detailně seznámí s reprodukcí jeseterů, s možností jejich řízení mezidruhové hybridizace, s vyhodnocováním reprodukčních charakteristik a s možností identifikace hybridů pomocí metod molekulární biologie.

Rozsah grafických prací: **5 stran**
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2012. Genetika a šlechtění ryb. Druhé rozšířené a upravené vydání. FROV JU, Vodňany, 305 s.

Dettlaff, T. A., Ginsburg, A. S., Schmalhausen, O. I., 1993. Sturgeon Fishes: Developmental Biology and Aquaculture. Springer-Verlag, Berlin. ISBN: 3-540-54744-4, 7300 s.

Ludwig, A., 2008. Identification of Acipenseriformes species in trade. Journal of Applied Ichthyology. 24, 2-11.

Vasifev V. P., 2009. Mechanisms of polyploid evolution in fish: Polyploidy in Sturgeons. In Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons. Carmona, R., Domezain, A., García-Gallego, M., Hernando, J. A., Rodríguez, F., Ruiz-Rejón, M., (Eds.), Fish & Fisheries Series, Volume 29, pp. 97-117 Springer Science + Business Media BV

Dudu, A., Suciú, R., Paraschiv, M., Georgescu, S. E., Cotache, M., et al. (2011) Nuclear markers of Danube sturgeon hybridization. Int. J. Mo. Sci. 12: 6796-6809.

Ludwig, A., Lippold, S., Debus, L., Reinartz, R., (2009) First evidence of hybridization between endangered starlets (*Acipenser ruthenus*) and exotic Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) in the Danube River. Biol Invasions 11: 753-760.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miloš Havelka, Ph.D.**

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Flajšhans, Dr. rer. Agr.**

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **7. prosince 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2014**


prof. Ing. Otomar Linhart, Dr.Sc.
děkan

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


doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2013

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled	9
2.1 Systematické zařazení řádu jeseteři (<i>Acipenseriformes</i>).....	9
2.2 Stručná biologie jeseterů použitých v experimentu	10
2.2.1 Jeseter sibiřský (<i>Acipenser baerii</i>)	10
2.2.2 Jeseter ruský (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>).....	11
2.3 Chov jeseterů v akvakultuře	12
2.3.1 Akvakulturní chov jeseterů ve světě.....	12
2.3.2 Akvakulturní chov jeseterů v ČR	15
2.4 Polyploidie a mezidruhová hybridizace jeseterů	16
2.4.1 Polyploidie	17
2.4.2 Mezidruhová hybridizace.....	18
2.4.2.1 Hybridi v přírodních podmínkách.....	18
2.4.2.2 Umělá hybridizace v akvakultuře	22
3. Materiál a metodika	26
3.1. Původ a stáří generačních ryb.....	26
3.2 Příprava ryb na výtěr	27
3.3 Hormonální stimulace a výtěr samců.....	27
3.4 Hormonální stimulace a výtěr samic	28
3.5. Počítání jiker	29
3.6 Oplození, aktivace pohlavních produktů a odlepkování	29
3.6.1 Množství použitých jiker k oplození	29
3.6.2 Aktivace pohlavních produktů a odlepkování.....	30
3.7 Inkubace jiker	30
3.7.1 Vysazení jiker na inkubační aparáty.....	30
3.7.2 Průběh a doba inkubace	30
3.8 Určování líhnivosti u jiker na Kannengietarových lahvích.....	31
3.9 Rozkrm plůdku a přechod na suchou dietu	31
3.10 Počítání, vážení a přenášení larev	32
3.11 Značení ryb a odchov ryb	32

3.12 Metody matematických a statistických výpočtů	33
4. Výsledky a vyhodnocení	34
4.1 Oplozenost	34
4.2. Líhivost	34
4.3. Přežití a růst	35
4.3.1 Přežití a růst v kolíbkách (11. – 37. den)	35
4.3.1 Přežití a růst v odchovných žlabech (38. – 101. den)	36
4.3.2 Přežití a růst v kruhových nádržích (102. – 151. den)	36
4.3.4 Přežití a růst v odchovných bazénech (152. – 262. den)	39
4.4 Celkový průběh růstu a přežití	41
5. Diskuze	44
6. Závěr	49
7. Použitá literatura	50
8. Přílohy	60
9. Abstrakt	62
10. Abstract	63

1. Úvod

Jeseteři (*Acipenseriformes*) jsou jednou z nejstarších skupin obratlovců, která se vyvinula přibližně před 250 miliony lety (Bemis a kol., 1997). Jde o evolučně velmi starý řád patřící do nadřádu chrupavčitých (*Chondrostei*), který se od kostnatých ryb (*Teleostei*) vyznačuje mnoha odlišnostmi.

Na světě existuje 27 druhů jeseterů, kteří se vyskytují v řekách a mořích severní polokoule (Bemis a kol., 1997, Bemis a Kynard, 1997). Všechny tyto druhy jsou ohroženy a byly zařazeny na Červený seznam ohrožených druhů, který je vydáván Mezinárodním svazem ochrany přírody (IUCN). 17 druhů jeseterů je klasifikováno jako kriticky ohrožené. Stav populace kriticky ohrožených druhů jeseterů nepřetržitě klesají a některé jejich populace jsou na pokraji vyhynutí. Toto je způsobeno převážně nadměrným rybolovem spojeným s pytláctvím, znečišťováním vodního prostředí a v neposlední řadě také vlivem antropogenních změn na jejich přirozené prostředí, jako je devastace trdlišť, stavění přehrad a dalších překážek, které znemožňují jeseterům anadromní migrace do míst jejich přirozeného výtěru.

Mimo to, jeseterovité ryby patří mezi hospodářsky nejcennější druhy ryb. Jsou ceněny pro jejich maso a velmi kvalitní kaviár. Tato skupina ryb byla roku 1998 zařazena také do příloh Úmluvy o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES).

V důsledku poklesu stavu volně žijících populací se začaly jeseterovité ryby chovat v umělých podmínkách, rozmnožovat pomocí řízeného výtěru, monitorovat a zkoumat. Pro zkoumání této problematiky bylo zapotřebí se více dozvědět o jejich genomu. Při jeho prozkoumávání bylo zjištěno, že jeseteři jsou evolučně polyploidní (Ohno, 1969; Sebebyakova, 1972) a že mohou tvořit mezidruhové i mezirodové hybridy jak v přírodních (Birstein a kol., 1997b; Ludwig a kol., 2002), tak v umělých podmínkách (Nikolyukin, 1964; Arefjev 1997; Flajšhans a Vajcová, 2000).

Cílem této práce bylo vytvořit literární přehled o známých faktech týkajících se mezidruhové hybridizace jeseterů a jejího vztahu k fitness jedinců. Dalším cílem bylo pozorování a vyhodnocení reprodukčních a růstových ukazatelů u cíleně vytvořených hybridů s porovnáním s rodičovskými druhy.

2. Literární přehled

2.1 Systematické zařazení řádu jeseteři (*Acipenseriformes*)

Systematické zařazení chrupavčitých ryb a areál jejich původního rozšíření (○ Asie; ● Severní Amerika; ○ Evropa) podle: Bemis a Kynard, 1997; Gela a kol., 2008; BioLib, 2012; CAS, 2014; FAO, 2014):

Třída: *Osteichthyes* - Ryby

Podtřída: *Actinopterygii* - Paprskoploutví

Nadřád: *Chondrostei* - Chrupavčití

Řád: *Acipenseriformes* - Jeseteři

Čeleď: *Polyodontidae* - Veslonosovití

- *Polyodon spathula* (Walbaum 1792) - veslonos americký
- *Psephurus gladius* (Martens 1862) - veslonos čínský

Čeleď: *Acipenseridae* - Jeseterovití

Rod: *Pseudoscaphirhynchus* - Lopatonos

- *Pseudoscaphirhynchus fedtschenkoi* (Kessler 1872)
- lopatonos Fedčenkův
- *Pseudoscaphirhynchus hermannii* (Kessler 1877)
- lopatonos Hermannův
- *Pseudoscaphirhynchus kaufmanni* (Kessler 1877)
- lopatonos Kaufmannův

Rod: *Scaphirhynchus* - Lopatonos

- *Scaphirhynchus albus* (Forbes & Richardson 1905)
- lopatonos velký
- *Scaphirhynchus platyrhynchus* (Rafinesque 1820)
- lopatonos americký
- *Scaphirhynchus suttkusi* (Williams & Clemmer 1991)
- lopatonos alabamský

Rod: *Huso* - Vyza

- *Huso dauricus* (Georgi 1775) - vyza malá
- *Huso huso* (Linnaeus 1758) - vyza velká

Rod: *Acipenser* - Jeseter

- *Acipenser baerii* (Brandt 1869) - jeseter sibiřský
- *Acipenser brevirostrum* (Lesueur 1818)
- jeseter krátkorypý
- *Acipenser dabryanus* (Duméril 1869) - jeseter jihočínský
- *Acipenser fulvescens* (Rafinesque 1817) - jeseter jezerní
- *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg 1833)
- jeseter ruský
- *Acipenser medirostris* (Ayres 1854) - jeseter sachalinský
- *Acipenser mikadoi* (Hilgendorf 1892) - jeseter severní
- *Acipenser naccarii* (Bonaparte 1836) - jeseter jadranský
- *Acipenser nudiiventris* (Lovetsky 1828) - jeseter hladký
- *Acipenser oxyrinchus* (Mitchill 1815) - jeseter atlantský

- *Acipenser persicus* (Borodin 1897) - jeseter perský
- *Acipenser ruthenus* (Linnaeus 1758) - jeseter malý
- *Acipenser schrenckii* (Brandt 1869) - jeseter amurský
- *Acipenser sinensis* (Gray 1835) - jeseter čínský
- *Acipenser stellatus* (Pallas 1771) - jeseter hvězdnatý
- *Acipenser sturio* (Linnaeus 1758) - jeseter velký
- *Acipenser transmontanus* (Richardson 1837) - jeseter bílý

2.2 Stručná biologie jeseterů použitých v experimentu

Mezi řád jeseteři (*Acipenseriformes*) patří dvě čeledi: jeseterovití (*Acipenseridae*) a veslonosovití (*Polyodontidae*). Tyto dvě čeledi od sebe pravděpodobně divergovaly během jury v druhohorách, avšak stále mají řadu společných charakteristických vlastností jako je chrupavčitá kostra, heterocerní ocas, redukované ganoidní ošupení, více ploutevnických paprsků podírající kosterní elementy, unikátní postavení čelistí a spirální řasu ve střevě (Helfman, 2009).

2.2.1 Jeseter sibiřský (*Acipenser baerii*)

Tělo jesetera sibiřského (*A. baerii*) je protáhlé a je pokryto malými kostěnými štítky ve tvaru hvězdy. Rostrum je dlouhé a horní ret rypce je mírně prohnutý. Ústa jsou spodní se čtyřmi vousky.

První zmínky o tomto druhu jsou ze severu Sibíře z řek Ob a Lena. Dále je rozšířen v povodí řek Jenisej, Taz, Chatanga, Anabar, Oleněk, Indigirka, Alezeja a Kolyma. Nachází se také v povodí řek Pyasina a Yana, ale jejich abundance je v těchto oblastech velmi nízká (Ruban, 2005). Jeseter sibiřský (*A. baerii*) se vyskytuje v přírodě i mimo území svého původního výskytu a to převážně v důsledku povodňových událostí, které se v Evropě vyskytují stále častěji. Právě při povodních bývá často zaznamenán únik jeseterů z faremních chovů (Maury-Brachet a kol., 2008). Jeseter sibiřský (*A. baerii*) či jeho hybridy byli nalezeni např. ve francouzské řece Garonny, v řece Po v Itálii nebo v ruských jezerech Ladoga, Pskov-Chud a Seliger (Anon.). A dále Ludwig a kol. (2009) našli genotypy a morfotypy jesetera sibiřského (*A. baerii*) v Horním Dunaji.

U jesetera sibiřského (*A. baerii*) jsou na základě morfologických znaků popisovány tři podruhy – *Acipenser baerii baerii*, *A. baerii baicalensis*, *A. baerii stenorhynchus* (Ruban, 1997). Toto tvrzení, však nebylo do dnešní doby molekulárně potvrzeno.

Potrava jesetera sibiřského (*A. baerii*) obsahuje hlavně bentické organismy. Dorůstá maximálně 2 m, váží 200 kg a dožívá se 60 let (Hochleithner, 2004). Tře se v hlavních proudech velkých a hlubokých řek na kamenitý či štěrkový substrát. Četné třecí lokality se nacházejí v nižších a středních tocích řek. V přirozených podmínkách tření začíná na začátku června a pokračuje až do konce července. Pohlavní dospělosti dosahují samice ve věku 11 - 22 let a samci ve věku 9 - 19 let. Jejich třecí perioda se pohybuje 3 - 5 let u samic a 2 - 3 roky u samců (Ruban a Bin Zhu, 2010). V akvakulturních podmínkách dospívají jeseteři v nižším věku. Samice dosahují své pohlavní dospělosti ve věku 9 - 12 let a samci už v 6 letech. V těchto řízených chovech dospívají ryby rychleji z důvodu využívání oteplené vody a také díky dostatečnému přísunu krmiva (Gela a kol., 2012).

Relativní plodnost se pohybuje 13 000 - 20 000 jiker.kg⁻¹ hmotnosti těla, průměr jiker je v rozmezí 2,5 - 2,8 mm a při teplotě vody 9 – 18 °C vývoj jiker trvá 160 D° (Hochleithner, 2004).

2.2.2 Jeseter ruský (*Acipenser gueldenstaedtii*)

Od jesetera sibiřského (*A. baerii*) se tento jeseter liší rypcem, který je kratší a tupý. Vousky jsou umístěny blíže ke konci rypce. Štítky pokrývají hřbet a boky a jsou ve tvaru hvězdy. Břicho je bělavé až žluté.

Tento druh jesetera se vyskytuje v řekách, které ústí do Černého, Azovského a Kaspického moře (Birstein a kol., 1997a). Lelek (1987) uvádí, že jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) má 3 podruhy – *Acipenser gueldenstaedtii gueldenstaedtii*, *A. gueldenstaedtii persicus*, *A. gueldenstaedtii colchicus*. Nyní je známo, že *A. gueldenstaedtii persicus* byl uznán jako platný druh jeseter perský (*A. persicus*) a *A. gueldenstaedtii colchicus* jako morfotyp jesetera perského (*A. persicus colchicus*; Hochleithner a Gessner, 1999).

Jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) se živí různými druhy bezobratlých a menšími druhy ryb. Dorůstá maximálně 2,3 m, váží 110 kg a dožívá se 50 let (Hochleithner, 2004). Vytváří anadromní i netažnou sladkovodní formu. Jedinci migrující na jaře táhnou proti proudu a třou se v dolních tocích řek. Jedinci migrující na podzim táhnou

proti proudu ještě dále, kde přezimují v hlubokých tůních a třou se následující jaro. Výtěr probíhá na kámen či štěrky (Hochleithner a Gessner, 1999).

Samci v přirozených podmínkách pohlavně dospívají v 8 - 13 letech a samice v 10 - 16 letech. Perioda reprodukce u samic je každých 4 - 6 let a u samců každé 2 - 3 roky (Gessner a kol., 2010). V akvakulturních podmínkách dospívá později než jeseter sibiřský (*A. baerii*), je vnímavější na kvalitu vody, hůře přivyká na granulované krmivo a je mnohem náchylnější k parazitům (Gela a kol., 2012).

Relativní plodnost se pohybuje 11 500 - 13 500 jiker.kg⁻¹ hmotnosti těla, průměr jiker je v rozmezí 2,8 - 3,8 mm (Hochleithner, 2004). Vývoj jiker při teplotě vody 13 - 18 °C trvá 6 - 8 dní (Baruš, 1995).

2.3 Chov jeseterů v akvakultuře

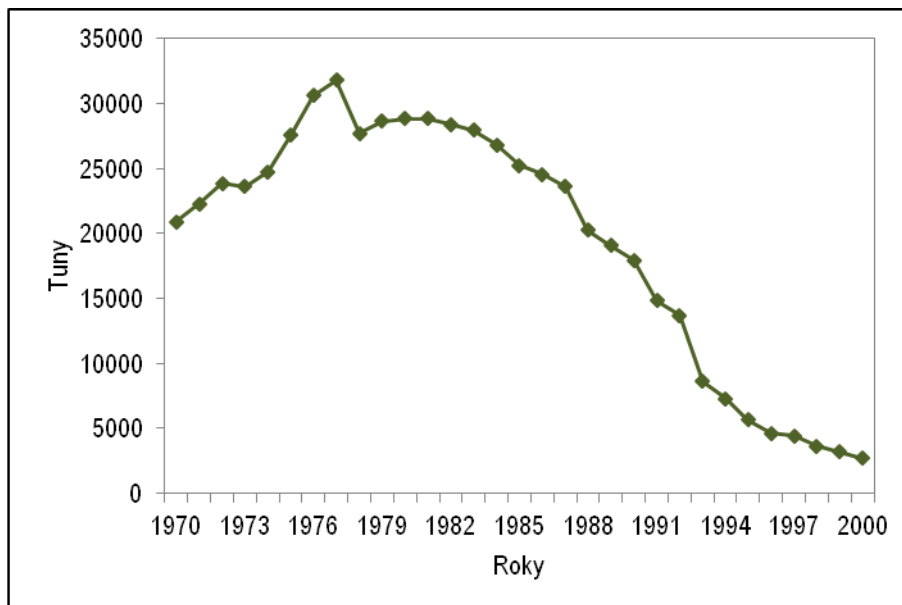
2.3.1 Akvakulturní chov jeseterů ve světě

Rybolov jeseterovitých ryb celosvětově téměř vymizel kvůli poklesu stavu jejich populací. Největší výlov jeseterovitých ryb z volných vod byl v roce 1977, kdy činil 32 078 t (FAO, www.fao.org). Poté už nikdy nebylo takového výlovu znova dosaženo, jak znázorňuje graf 1.

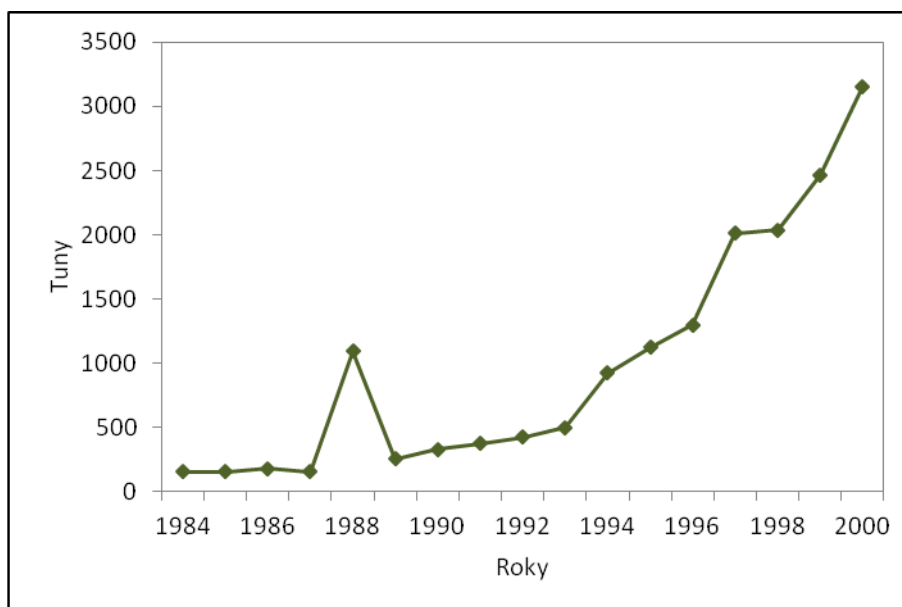
Z důvodu úbytku jeseterovitých ryb ve volných vodách bylo zapotřebí se pokusit o jejich chov v řízených podmínkách prostředí. O akvakulturní reprodukci a odchov jeseterů se pokoušelo mnoho evropských a severoamerických chovatelů. Za první zemi, která kolem roku 1930 úspěšně rozmnožila jesetery, se považuje Sovětský svaz (Doroshov a Binkowski, 1985). Mimo toto území byl proveden první úspěšný umělý výtěr až v roce 1979 u jesetera bílého (*A. transmontanus*) na Kalifornské univerzitě ve Spojených státech amerických (Hung, 1991). Od tohoto období došlo v chovech jeseterů k výraznému pokroku.

Postupem času se zájem o chrupavčité ryby jako o ohrožený druh zvyšoval. Začal se jevit jako perspektivní druh i pro akvakulturu a chovatelů po celém světě začalo přibývat. Rybí farmy specializující se na chov jeseterovitých ryb dnes najdeme prakticky po celém světě. Tyto farmy se dokonce začaly objevovat i ve státech, ve kterých se dříve jeseter nikdy nevyskytoval např. Finsko, Turecko, Vietnam, Saudská

Arábie aj. (Gela a kol., 2012). Mnoho těchto řadem vznikalo koncem minulého století, v důsledku čehož došlo k nárůstu světové produkce jeseterů z akvakultury (graf 2).



Graf 1: Světový pokles odlovených jeseterovitých ryb (*Acipenseriformes*) z volných vod v letech 1970 - 2000 (podle FAO, www.fao.org).



Graf 2: Nárůst světové produkce jeseterů v akvakultuře v letech 1984-2000 (podle FAO, www.fao.org).

Největší nárůst akvakulturní produkce chrupavčitých ryb po roce 2000, byl zaznamenán v Asii, kdy se produkce zvýšila téměř 30 × a v roce 2010 dosahovala 35 936 tun (FAO, www.fao.org).

Podle FAO, je státem s nejvyšší produkcí chrupavčitých ryb Čína (35 324 t), následuje Ruská federace s „pouhými“ 2 078 t. Dalšími významnými evropskými státy s podstatnou akvakulturní produkcí jeseterovitých ryb jsou Itálie a Německo.

V důsledku ekonomického a tržního tlaku byly v dnešní době vybrány takové druhy jeseterů, které jsou hospodářsky i tržně atraktivní. U těchto druhů bylo zapotřebí, aby bylo tržní velikosti a pohlavních produktů dosaženo v co nejkratší době. Ve světových akvakulturních chovech je chováno, především pro komerční účely, 14 druhů jeseterů – jeseter sibiřský (*A. baerii*), jeseter jezerní (*A. fulvescens*), jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*), jeseter sachalinský (*A. medirostris*), jeseter atlanský (*A. oxyrinchus*), jeseter perský (*A. persicus*), jeseter malý (*A. ruthenus*), jeseter amurský (*A. schrenckii*), jeseter hvězdnatý (*A. stellatus*), jeseter bílý (*A. transmontanus*), vyza malá (*H. dauricus*), vyza velká (*H. huso*), lopatonos americký (*S. platyrhynchus*) a veslonos americký (*P. spathula*; Ludwig, 2008). Z nich je nejčastěji chován jeseter sibiřský (*A. baerii*), který je produkován ve 22 zemích s celkovým výnosem kolem 8800 t ročně a následuje ho jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*), který je chován v 16 zemích světa (Bronzi a kol., 2011).

V akvakulturních chovech se můžeme setkat s různými mezidruhovými i mezirodovými hybridy. Nejznámějším chovaným hybridem v akvakultuře je tzv. bestěr, což je mezirodový hybrid vyzy velké a jesetera malého (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂). První zmínka o úspěšném chovu tohoto hybridu je z Ruska (Burstev, 1969; 1997). Bestěr (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂) je v posledních letech chován nejen v Rusku, ale také v dalších zemích, jako je například Německo, Maďarsko a Japonsko (Omoto a kol., 2005).

V nejproduktivnější zemi jeseterů, v Číně, v letech 2007 - 2009 hybridy tvořili 38 % z celkové produkce a výnos za zmiňované období činil průměrně 20 342 t. Akvakultura v Číně se zabývá hlavně těmito čtyřmi hybridy: jeseterem amurským a vyzou malou (*A. schrenckii* ♀ × *H. dauricus* ♂), vyzou malou a jeseterem amurským (*H. dauricus* ♀ × *A. schrenckii* ♂), jeseterem sibiřským a jeseterem amurským (*A. baerii* ♀ × *A. schrenckii* ♂) a vyzou velkou a jeseterem malým (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂; Wei a kol., 2011). I když je Čína největším producentem jeseterů na světě, pouze 3 druhy jsou

pro Čínu původní – jeseter jihočínský (*A. dabryanus*), jeseter čínský (*A. sinensis*) a veslonos čínský (*P. gladius*; Bemis a Kynard, 1997).

2.3.2 Akvakulturní chov jeseterů v ČR

Prvním import jeseterovitých druhů ryb na území České republiky proběhl v roce 1988 na tehdejší Rybářství Přerov z Německé demokratické republiky, kdy byl dovezen rozplavaný plůdek bestěra (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂). Na jaře následujícího roku byl dovezen tento hybrid o hmotnosti 3 kg v množství přibližně 100 kg (Gela a kol., 2012).

V České republice je v současné době několik významných chovatelů zabývajících se chrupavčitými rybami. Jedním takovým je rybí líheň v Mydlovarech, která vznikla v roce 1992. V těchto letech tato líheň patřila k podniku se současným názvem Rybářství Hluboká cz. s.r.o. V roce 2011 změnila majitele a nyní vystupuje pod názvem BaHa s.r.o. První import rozkrmených ryb na tuto líheň byl v roce 1992 z Maďarska, kdy byli dovezeni jeseter malý (*A. ruthenus*) a jeseter sibiřský (*A. baerii*) ve stáří rozkrmeného plůdku. Poté byli importováni z Ruské federace remonti bestěra (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂), jesetera sibiřského (*A. baerii*) a jesetera malého (*A. ruthenus*) ve věku 4 let a v roce 1993 byl dovezen jeseter ruský (*A. gueldenstedtii*). Rok na to se tato chovatelská sbírka rozrostla ještě o jesetera hvězdnatého (*A. stellatus*) a o vyzy velkou (*H. huso*). První zdařilá reprodukce jeseterů a jejich následný odchov se na této líhni povedl roku 1996. Rok poté se podařil historicky první výtěr bestěra (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂) na této líhni (Vachta, 2010; Gela a kol., 2012). Mimo dalších pokusů o reprodukci a odchov zmiňovaného hybridu, byl proveden v roce 2011 umělý výtěr jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂), kdy odchov vytřených larev do 1 roku života byl velmi úspěšný (R. Luhan, ústní sdělení). Tato rybí líheň se zabývá i veslonosem americkým (*P. spathula*). Jeho první úspěšný výtěr se uskutečnil po třinácti letech jeho dovozu v roce 2008 (Vachta, 2010). Veslonos americký (*P. spathula*) byl poprvé do České republiky dovezen spolu s jeseterem sibiřským (*A. baerii*) v roce 1995 od ruských chovatelů. V roce 1996 proběhl import přímo z USA (Jirásek a kol., 1997). V současnosti je tato rybí líheň jediná v České republice, která vlastní unikátní generační hejno vyzy velké (*H. huso*; R. Luhan, ústní sdělení).

Dalším chovatelem jeseterů je Rybníkářství Pohořelice, kam byl v roce 2001 a 2003 dovezen ze Slovenska jeseter malý (*A. ruthenus*). První jejich řízená reprodukce byla až v roce 2008, kdy ryby dosáhly pohlavní dospělosti (Gela a kol., 2012).

Nejrozšířenějším chovem jeseterovitých ryb v ČR je v Genetickém rybářském centru FROV JU ve Vodňanech. Vědečtí pracovníci se chovem a výzkumem chrupavčitých ryb zabývají od 90. let minulého století. První pokusy byly prováděny na různých pracovištích a laboratořích v zahraničí (USA, ČLR, Francie; Gela a kol., 2009). Živá genová banka tohoto centra čítá celkem deset druhů jeseterů a je svým rozsahem v Evropě ojedinělá. Prvním druhem, který byl dovezen v roce 2001, byl jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*), poté přibyli další - jeseter sibiřský (*A. baerii*), jeseter malý (*A. ruthenus*), jeseter hvězdnatý (*A. stellatus*), vyza velká (*H. huso*), veslonos americký (*P. spathula*), v roce 2006 jeseter atlantský (*A. oxyrinchus*) a v roce 2009 jeseter krátkorýpý (*A. brevirostrum*). V roce 2013 byl chov rozšířen o jesetera bílého (*A. transmontanus*) a jesetera jadranského (*A. naccarii*) z italské farmy Azienda Agricola (Gela a kol., 2012; Gela a kol., 2013).

Intenzitu růstu u šesti druhů jeseterů chovaných v akvakulturních podmínkách České republiky sledoval Prokeš a kol. (2000) v roce 1994 - 1999. Nejlepší růstové vlastnosti byly zjištěny u veslonose amerického (*P. spathula*) a vyzy velké (*H. huso*), nejhorší u jesetera hvězdnatého (*A. stellatus*) a jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*). Jako nejvhodnější byli pro umělý chov v ČR doporučeni jeseter sibiřský (*A. baerii*) a jeseter malý (*A. ruthenus*).

V současné době se pravidelně vytírají v ČR 3 druhy jeseterů – jeseter malý (*A. ruthenus*), jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) a jeseter sibiřský (*A. baerii*). Do budoucna se předpokládá, že se za pár let zvýší počet druhů jeseterů chovaných v ČR, až remontní ryby dosáhnou pohlavní dospělosti (Gela a kol., 2012).

2.4 Polyploidie a mezidruhová hybridizace jeseterů

Jeseteři (*Acipenseriformes*) jsou charakteričtí relativně vysokým počtem chromozomů v buněčných jádrech a to v důsledku polyploidizačních událostí v průběhu jejich evoluce. Navíc mají tendenci tvořit mezidruhové a mezirodové hybridy jak v přírodních podmínkách, tak i při umělé reprodukci.

Nedávné pokroky v oblasti molekulární biologie a cytogenetiky poskytly lepší a hlubší pohled na uspořádání genomu jeseterů, stejně jako na jeho evoluci. Díky tomu jsou objevovány nové taxonomické a fylogenetické vztahy mezi druhy včetně jejich ploidní plasticity a náchylnosti k mezidruhové hybridizaci.

2.4.1 Polyploidie

Zástupci řádu jeseteři patří do skupiny evolučních polyploidů – jedinců, u nichž došlo během evoluce ke zmnožení chromozomových sádek v buněčném jádře (Fontana a kol., 2007). Obecně se předpokládá, že předek jeseterovitých ryb nesl v jádře svých buněk 60 chromozomů (Birstein a kol., 1997b). V průběhu evoluce jeseterů, která trvá již více než 250 mil. let (Bemis a kol., 1997), došlo u této velice staré skupiny ryb k několika nezávislým celogenomovým duplikacím, které byly pravděpodobně spojeny s mezidruhovou či mezirodovou hybridizací - allopolyploidie (Fontana a kol., 2007).

V současné době jsou druhy jeseterů rozdělovány do tří skupin, podle počtu chromozomů a obsahu DNA v buněčném jádře. Druhy se ~ 120 chromozomy a obsahem DNA mezi 3,6 – 4,6 pg/N, druhy se ~ 240 – 270 chromozomy a obsahem DNA 7 – 9,6 pg/N (Birstein a kol., 1993; Blacklidge a Bidwell, 1993) a jeseter krátkokorpý (*A. brevirostrum*) je pak jediným žijícím druhem, který má v jádře svých buněk 360 chromozomů (Kim a kol., 2005) a obsahem DNA 13,1 pg/N (Blacklidge a Bidwell, 1993). S ohledem na evoluci genomu jeseterů skrz po sobě jdoucí duplikace genomu jsou druhy se ~120 chromozomy považovány za bazální a tedy evolučně nejstarší skupinu (Krieger a kol., 2008).

Nicméně, v evoluci jeseterů nehrály významnou roli pouze duplikace genomů, ale z evolučního hlediska poměrně nedávno, také jeho funkční redukce (Ludwig a kol., 2001; Havelka a kol., 2013). V důsledku toho dodnes panují v dostupné literatuře nejasné názory na jednotlivé ploidní úrovně jeseterů. Zatímco jedni je považují za evoluční teraploidy, oktaploidy a dodekaploidy (Ohno a kol., 1969; Birstein a Vasil'ev, 1987; Birstein a kol., 1993; Blacklidge a Bidwell, 1993; Birstein a DeSalle, 1998; Symonová a kol., 2013), jiní autoři rozdělují jesetery na funkční diploidy, teraploidy a hexaploidy (Fontana, 1994; Ludwig a kol., 2001; Fontana, 2002; Fontana a kol., 2008; Havelka a kol., 2013).

Pravděpodobně právě díky svému allopolyploidnímu původu jsou jednotlivé druhy jeseterů velice náchylné k mezidruhové hybridizaci (Billard a Lecointre, 2001).

2.4.2 Mezidruhová hybridizace

Při hybridizaci se vzájemně rozmnožují jedinci mezi druhy, populacemi, plemeny, nebo liniemi. Obecně lze říci, že mezidruhová hybridizace je mezi vzdálenými taxony vzácným jevem (Arnold, 1997). Nicméně, mezi paprskoploutvými rybami není až tak vzácná, jako u ostatních obratlovců. Toto je dáno řadou faktorů, jako je například externí oplození, omezený počet výtěrových míst, absence bariér oddělujících druhy či jejich populace a také faktory způsobené lidskou činností. Zatímco hybridizace je pro ohrožené druhy považována za jednu z nejvýznamnějších hrozeb (Wolf a kol., 2001), v akvakultuře se často používá jako jeden ze základních chovatelských postupů (Flajšhans a kol., 2013).

Při křížení vzdálených genotypů může dojít u dceřiné populace k heteróznímu efektu, který se projevuje zvýšením fitness potomstva, což můžeme mít za následek intenzivnější tempo růstu, vyšší životaschopnost, větší flexibilitu ryb se adaptovat a někdy i rychlejší dovršení pohlavní dospělosti. V chovu ryb jsou největšími pozitivy tohoto jevu vyšší růst a odolnost vůči onemocněním (Kocour a kol., 2011). Účinnost hybridizace je vyšší, pokud jsou křížené skupiny ryb od sebe geneticky vzdálenější.

2.4.2.1 Hybridi v přírodních podmínkách

Přirozená mezidruhová hybridizace je všeobecně u ryb velmi častým jevem, který byl mnohokrát pozorován a zdokumentován (Benfey, 1989; Scribner a kol., 2000 a další).

Obecně platí, že k mezidruhové hybridizaci v přírodě dochází častěji mezi blízkými příbuznými druhy ryb. Mezidruhová hybridizace mezi taxonomicky vzdálenými druhy obratlovců lišících se v počtu chromozómů je vzácná a to v důsledku genetické nekompatibility rodičovských genomů (Arnold, 1997). I když takoví mezidruhoví hybridizace přežijí, jsou obvykle sterilní, protože se jejich chromozomy nemohou správně

párovat během zygotenní fáze v profázi I meiotického dělení. U hybridů, kteří přežijí, se projeví směs morfologických charakteristik z obou rodičů (Piferrer a kol., 2009).

Jeseteři se vyznačují vysokou schopností pro hybridizaci. Hybridi jeseterovitých ryb mohou vznikat přirozeně v přírodních podmínkách (Ludwig a kol., 2002), což může vést k výskytu některých plodných mezidruhových a mezirodových hybridů. Schopnost přirozené hybridizace a poskytnutí životaschopného potomstva je u jeseterů oproti ostatním druhům ryb výrazně podpořena několika faktory, jako je přirozená evoluční polyploidie, blízká genetická příbuznost, evoluční stáří a velmi podobné nároky na rozmnožování. Tyto faktory však nepůsobí zvlášť, ale navzájem se doplňují.

Schopnost jeseterů tvořit hybridy vede k vyšší variabilitě a tvorbě různých druhů a poddruhů. Výskytem mezidruhových nebo mezirodových hybridů a rozšířeným anatomickým i ontogenetickým polymorfismem je zkoumání systematických vztahů v čeledi jeseterovití (*Acipenseridae*) velmi ztíženo (Krieger a kol., 2008).

Hlavní příčinou hybridizace jeseterů je překrytí jejich populací v čase a prostoru svého výskytu, kde došlo ke snížení reprodukčních míst v důsledku antropického zásahu (Dudu a kol., 2011). Pravděpodobnost hybridizace se tak mnohem zvyšuje se změnou vodního toku, se znečištěním vod a stavěním přehrad nebo migračních překážek. Změnou či přerušením vodního toku se tak snižuje počet třecích míst, a tím se zvyšuje koncentrace různých druhů jeseterů v omezených oblastech vhodná pro jejich tření (Billard a Lecointre, 2001). Takovým příkladem je vodní nádrž Železná Vrata v Rumusku, která byla postavena na řece Dunaj. Její výstavbou byly přerušeny migrace jeseterů, kteří dříve migrovali za reprodukci z Černého moře proti proudu až do Budapešti, Vídně či Bavorska (Kynard a kol., 2002; Paraschiv a kol., 2006). Podobně ke zničení většiny třecích míst pro vyzu velkou (*H. huso*) došlo po výstavbě přehrady Volgograd v Rusku (Barannikova, 1995). V Číně na řece Jang-c' byly zničeny všechny přirozená třecí místa endemických druhů čínských jeseterů nádrží Tři soutěsky na řece Jang-c' v Číně (Wu a kol., 2004).

U sympatrických populací ve volné přírodě mohou hybridizovat téměř všechny druhy (Chebanov a Galich, 2013). Již Berg (1948) ve své knize uvádí hybridy, kteří se vyskytují v přírodě – hybrid vyzy malé a jesetera amurského (*H. dauricus* ♀ × *A. schrenckii* ♂), vyzy velké a jesetera hladkého (*H. huso* ♀ × *A. nudiventris* ♂), vyzy velké a jesetera ruského (*H. huso* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂), vyzy velké a jesetera hvězdnatého (*H. huso* ♀ × *A. stellatus* ♂), jesetera hladkého a jesetera hvězdnatého

(*A. nudiventris* ♀ × *A. stellatus* ♂), jesetera malého a jesetera ruského (*A. ruthenus* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂), jesetera malého a jesetera hvězdnatého (*A. ruthenus* ♀ × *A. stellatus* ♂), jesetera ruského a jesetera hvězdnatého (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. stellatus* ♂) a jesetera sibiřského a jesetera malého (*A. baeri* ♀ × *A. ruthenus* ♂).

Tento výčet však nezahrnuje celou škálu hybridních forem jeseterů, které se mohou v současnosti vyskytnout v přírodě, jako například nejznámější mezirodový hybrid mezi vyzou velkou a jeseterem malým (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂).

Jaké hybridní formy byly popsány v přírodě na základě morfologických znaků, uvádějí Birstein a kol. (1997b) viz tabulka 1. Nicméně Fontana a kol., (2001) namítli, že morfologický popis nestačí k prokázání přítomnosti konkrétního hybridního jedince a pouze genetické studie (molekulární a cytogenetické) mohou poskytnout nezbytné důkazy o hybridizaci napříč druhy.

Tab. 1. Přírodní hybridizace u jeseterů.

Mezidruhová hybridizace	Mezirodová hybridizace
Úmoří Kaspického moře	
<i>A. ruthenus</i> × <i>A. stellatus</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>
<i>A. stellatus</i> × <i>A. ruthenus</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. ruthenus</i>
<i>A. nudiventris</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. nudiventris</i>
<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>A. ruthenus</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. stellatus</i>
<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>A. stellatus</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. persicus</i>
<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>A. persicus</i>	<i>A. ruthenus</i> × <i>H. huso</i>
<i>A. nudiventris</i> × <i>A. stellatus</i>	
<i>A. stellatus</i> × <i>A. nudiventris</i>	
Úmoří Azovského moře	
<i>A. ruthenus</i> × <i>A. stellatus</i>	
Úmoří Černého moře	
<i>A. ruthenus</i> × <i>A. stellatus</i>	<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>H. huso</i>
<i>A. ruthenus</i> × <i>A. nudiventris</i>	<i>A. stellatus</i> × <i>H. huso</i>
<i>A. stellatus</i> × <i>A. ruthenus</i>	<i>A. nudiventris</i> × <i>H. huso</i>
<i>A. ruthenus</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>	<i>H. huso</i> × <i>A. stellatus</i>
<i>A. stellatus</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>	
<i>A. nudiventris</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>	
<i>A. sturio</i> × <i>A. gueldenstaedtii</i>	
<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>A. sturio</i>	
<i>A. gueldenstaedtii</i> × <i>A. nudiventris</i>	
Sibiřské řeky	
<i>A. baerii</i> × <i>A. ruthenus</i>	<i>H. dauricus</i> × <i>A. schrenckii</i>
Střední Asie	
<i>Pseudoscaphirhynchus kaufmanni</i> × <i>P. hermanni</i>	
Severní Amerika	
<i>Scaphirhynchus albus</i> × <i>S. platyrhynchus</i>	

Podle: Birstein a kol., 1997b.

Metodou vhodnou k určení mezidruhových hybridů je identifikace patřičných molekulárních markerů u předpokládaných rodičovských druhů a pomocí nich určení původu jednotlivých hybridů. V Černém moři a Dolním Dunaji byli pomoc analýzy osmi mikrosatelitních lokusů v kombinaci se třemi po sobě jdoucími statickými analýzami, detekování hybridů jesetera malého (*A. ruthenus*), jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*), jesetera hvězdnatého (*A. stellatus*) a vyzy velké (*H. huso*, Dudu a kol., 2011). Podobně

byli v toku řeky Mississippi rozpoznáni kříženci mezi lopatonosem velkým (*S. albus*) a lopatonosem americkým (*S. platyctus*; Tranah a kol., 2004). Dále pak Ludwig a kol. (2009) našli v horním toku Dunaje hybrida jesetera sibiřského a jesetera malého (*A. baeri* ♀ × *A. ruthenus* ♂) a to pomocí kombinace analýzy mitochondriální DNA (mtDNA) a sedmi mikrosatelitních lokusů.

Jak už bylo řečeno, někteří hybridní mohou být zcela fertillní. Pokud k hybridizaci jeseterů dojde v rámci jedné ploidní úrovně vzniká plodné potomstvo. Když se mezidruhová hybridizace uskuteční mezi jedinci s různými ploidními úrovněmi, potomstvo by mělo být funkčně neplodné (Hochleitner, 2004; Chebanov a Galich, 2011).

Schopnost přirozené hybridizace a poskytnutí životaschopného potomstva u jeseterů oproti ostatním druhům ryb je výrazně podpořena několika faktory, jako je přirozená evoluční polyploidie, blízká genetická příbuznost, evoluční stáří a velmi podobné nároky na rozmnožování. Tyto faktory však nepůsobí zvlášť, ale navzájem se doplňují.

Přírodní hybridní mezi jeseterem ruským a jeseterem sibiřským (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂) by se v přírodě neměli vůbec vyskytovat, protože oblasti jejich výskytu se těchto druhů nepřekrývají, neboť jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) patří do Ponto-kaspické oblasti a jeseter sibiřský (*A. baerii*) obývá sibiřské přítoky (Birstein, 2002; Ruban, 2005). Avšak Jenneckens a kol. (2000), pomocí analýzy mtDNA cytochrom b genu, uvádí, že došlo ke kontaminaci řeky Volhy hybridem jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂). Na řece Volze bylo chyceno 34 jeseterů, kteří byli dle morfologických znaků klasifikováni jako jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*). Poté byla provedena zmiňovaná analýza a ta prokázala, že jedenáct z nich mělo skutečně haplotyp jesetera sibiřského (*A. baerii*). To autoři vysvětlují tím, že došlo ke zkřížení či zpětnému zkřížení jesetera ruského a jesetera sibiřského či jeho hybrida (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) s původním jeseterem ruským (*A. gueldenstaedtii*), což právě mělo za následek ztrátu morfologických a diagnostických znaků jesetera sibiřského (*A. baerii*).

2.4.2.2 Umělá hybridizace v akvakultuře

Během posledních 60 let počet hybridů v akvakultuře neustále roste (Bronzi, 1999). První umělá hybridizace byla provedena F. V. Ovsyannikovem, který již v roce 1869

oplodnil vajíčko jesetera malého (*A. ruthenus*) spermii jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) a jesetera hvězdnatého (*A. stellatus*) a upozornil na význam výzkumu v tomto směru. Ale po dobu následujících 80 let se experimentům ohledně hybridizace jeseterů nikdo nevěnoval. Až v roce 1949 vznikl výzkumný program VNITRO (All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography), za účelem vytvořit hybrida z velkých anadromních jeseterů jako je vyza velká (*H. huso*) nebo jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) se sladkovodním jeseterem malým (*A. ruthenus*). Předpokládalo se, že hybridi budou mít lepší adaptivní vlastnosti a jejich heterózní efekt bude významný pro jejich ekonomickou hodnotu ve srovnání s rodičovskými druhy. Dalším předpokladem bylo dosáhnout rychlejšímu dovršení pohlavní dospělosti, jelikož jeseter malý (*A. ruthenus*) pohlavně dospívá mnohem dříve než ostatní jeseteři (Nikoljukin, 1968). Prováděný experiment potvrdil opodstatněnost těchto předpokladů. Tento typ hybrida, kdy je na pozici mateřské samice vyza velká (*H. huso*) a na otcovské pozici jeseter malý (*A. ruthenus*), je pro akvakulturní chov velmi vhodný, jelikož se u něj projevuje rychlejší růstové tempo než u rodičovského jesetera malého (*A. ruthenus*) a pohlavní produkty dozrávají dříve než u rodičovské vyzy velké (*H. huso*; Burtsev, 1997).

Je pravidlem, že uměle vytvořený hybrid samičího pohlaví první generace, kdy rodičovské druhy měly stejný stupeň ploidie, může produkovat vajíčka, zatímco u hybridů, u kterých rodičovské druhy byly různé ploidie, byla snížena plodnost nebo byli úplně sterilní (Arefjev, 1998). Některé samice z druhé generace od uměle vytvořených hybridů jsou plodné, jak je tomu u bestěra (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂; Burtsev, 1997).

V roce 1956 odstartovaly akvakulturní a hybridizační experimenty s jeseterem sibiřským (*A. baerii*) z řeky Lena a jezera Bajkal (Arefjev, 1997). Szczepkowski a kol. (2002) porovnávali růstové charakteristiky juvenilních hybridů jesetera sibiřského s jesetrem ruským (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂). Stejně tak hybridi, kdy je na mateřské pozici jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) byli uměle vytvořeni a studováni (Arefjev, 1998). Tento autor také uvádí, že tyto hybridy mohou pohlavně dospívat a produkovat jikry, ale druhá generace hybridů není životaschopná.

Obvykle je na hybridní jedince nahlíženo tak, že prospívají hůře než jejich rodičovské druhy (Rieseberg a kol., 1996). Toto však nemusí platit zcela obecně. Přenos genů z jednoho druhu na druhý skrze mezidruhovou hybridizaci může výsledným

jedinců poskytovat značnou výhodu v podobě zvýšení adaptivní genetické variability (Grant a Grant, 1994). S evolučního hlediska může mezidruhovú hybridizace přispět k uchování důležité genetické diverzity. Toto může vést k novým mechanismům adaptace umožňujícím větší úroveň přežití a zvýšení fitness výsledných hybridů (Arnold, 1997).

Polyploidizace spojená s mezidruhovou hybridizací pravděpodobně poskytla jeseterovitým rybám evoluční výhodu a přispěla k jejich přežití až do dnešní doby (Birstein a kol., 1997b). Navíc, mezidruhovú hybridizace je u jeseterů stále probíhající proces (např. Birstein a kol., 1997b; Flajšhans a Vajcová 2000; Ludwig a kol., 2009; Duda a kol., 2011), což může mít teoreticky za následek zvýšení úrovně fitness u výsledných hybridů. Jasným příkladem tohoto je výše popsáný případ bestěra (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂). Oproti tomu je však nutné zmínit i negativní efekt outbreedingu, v jehož důsledku mohou hybridní jedinci prospívat hůře než jejich rodičovské druhy (Ludwig, 2006).

Zatímco vliv vnitrodruhovú hybridizace na fitness populací byl poměrně rozsáhle prostudován (např. McGinnity a kol., 1997; Fleming a kol., 2000; McGinnity a kol., 2003), fitness mezidruhovú hybridů s ohledem na jejich rodičovské druhy bylo popsáno pouze v několika studiích a jeseterovité ryby byly doposud zcela opomenuty i přes svoji vysokou afinitu k mezidruhovú hybridizaci.

Ven der Sluijs kol., (2008) nenalezli signifikantní rozdíl v přežití hybridů dvou sesterských druhů cichlid rodu *Pundamiliave* srovnání s jejich čistými rodičovskými druhy. Obdobně nebyly nalezeny žádné významné rozdíly v růstu, přežití a konverzi krmiva u hybridních jedinců mezi candátem severoamerickým (*Sander vitreus*) a candátem kanadským (*S. canadense*) v porovnání s čistými jedinci týchž druhů (Siegwarth a Summerfelt, 1993).

Oproti tomu, Scheerer a kol., (1987) popsali nižší úroveň přežití, avšak vyšší růstový potenciál u hybridů mezi pstruhem obecným (*Salmo trutta*) a sivenem americkým (*Salvelinus fontinalis*) a to ve srovnání s čistými jedinci pstruha obecného.

Jak už bylo řečeno, umělý odchov hybridních forem je velmi výhodný pro využití heterózního efektu, kdy se zvyšuje tempo růstu, životaschopnost, schopnost adaptace a rychlejší dovršení pohlavní dospělosti atd. Avšak široké využívání hybridů v chovech jeseterů může vést k jejich úniku do volné přírody a ke genetické kontaminaci volně žijících populací v přírodních vodních tocích (Chebanov a Galich, 2011).

V akvakulturních chovech je využíváno různých hybridů pro jejich lepší vlastnosti, než mají čisté druhy. Nejběžnějším mezirodovým hybridem používaným v akvakultuře je bestěr (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂). Výhodou tohoto hybridu je jeho plná fertilita a to, že není anadromní jako rodičovská vyza velká (*H. huso*). Reciproční křížení je u těchto druhů méně žádoucí (Steffens a kol, 1990). Pro úspěch tohoto hybridu byly dělány pokusy křížení vyzy velké (*H. huso*) a jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*), kdy bylo dosaženo u těchto hybridů velké tolerance k salinitě a dobrého růstového tempa (Gorshkova a kol, 1996). Dalším chovaným mezirodovým hybridem je kříženec vyzy malé a jesetera amurského (*H. dauricus* ♀ × *A. schrenckei* ♂), který je chován v Číně pro pevná a velká vajíčka na kaviár. Dále se tento hybrid vyznačuje velmi rychlým růstem, vysokou mírou konverze krmiva, silou odolnosti proti chorobám, vysokou nutriční hodnotou (Amur caviar, 2014).

Dalším hybridem, který se využívá v akvakultuře je hybrid jesetera jadranského a jesetera sibiřského (*A. naccarii* ♀ × *A. baerii* ♂), jinak zvaného AL. Jeho rychlý růst a kvalitu masa popsal Vaccaro a kol, (2005). Nicméně je k dispozici velmi málo informací o pohlavní zralosti a vývoji pohlavních žláz tohoto hybridu (Petochi a kol, 2011).

3. Materiál a metodika

V tomto experimentu byla sledována životaschopnost a růst hybridů jesetera sibiřského (*Acipenser baerii*) a jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) a tyto ukazatele byly porovnávány s kontrolními skupinami čistých druhů použitých pro křížení.

Nejdříve byly vybrány vhodné ryby k výtěru. Následně byl proveden umělý výtěr, kdy byly kříženy samice (♀) jesetera ruského se samci (♂) jesetera sibiřského (R×S) a ♀ jesetera sibiřského s ♂ jesetera ruského (S×R). Ke každému křížení byl souběžně udělán kontrolní výtěr ♀ jesetera sibiřského s ♂ jesetera sibiřského (S×S) a ♀ jesetera ruského s ♂ jesetera ruského (R×R). Prvotně byla zjišťována oplozenost a líhnivost ryb, následovně jejich přežití a růst u každé experimentální skupiny odděleně. Po 101 dnech od vykolení byly ryby označeny a stejný počet z každé skupiny byl přesunut do nádrží se shodnými chovatelskými podmínkami prostředí. Ryby byly ve stanovených intervalech, počítány a váženy. Dle těchto výsledků bylo zjišťováno přežití a růst jednotlivých experimentálních skupin.

3.1. Původ a stáří generačních ryb

Generační ryby pocházely z uzavřeného chovu pokusného zařízení Genetického rybářského centra FROV JU ve Vodňanech. Ryby, u kterých byla biopsií gonád zjištěna připravenost k výtěru, byly před plánovaným výtěrem umístěny do předem připravených bazénů na rybí líhni. Pro experiment byli použiti dva samci jesetera sibiřského ve věku 10 a 9 let a tři samci jesetera ruského – všichni ve věku 8 let. Samice byly od každého druhu vytřeny dvě – od jesetera sibiřského 18 a 9leté a od jesetera ruského obě 15leté.

V následujících tabulkách (tab. 2 a 3) je uveden věk, hmotnost a délka jednotlivých ryb použitých pro experiment.

Tab. 2. Základní údaje o vytíraných mlíčácích.

Samci	Věk	Hmotnost (kg)	Délka (cm)
J. sibiřský 1	10	6,5	118
J. sibiřský 2	9	7	123
J. ruský 1	8	7	106
J. ruský 2	8	7,5	119
J. ruský 3	8	7	112

Tab. 3. Základní údaje o vytíraných samicích.

Samice	Věk	Hmotnost (kg)	Délka (cm)
J. sibiřský 1	18	17	142
J. sibiřský 2	9	10	126
J. ruský 1	15	12	131
J. ruský 2	15	14	134

3.2 Příprava ryb na výtěr

Jak samci, tak samice byly přeneseny ze zemních rybníčků 14 dnů před plánovaným výtěrem do předem připravených bazénů v líhni. Pohlaví byla oddělena zvlášť. V těchto bazénech byla postupně temperována voda na konečnou teplotu 15°C. Tato teplota byla udržována po dobu 6 dní před hormonální stimulací.

3.3 Hormonální stimulace a výtěr samců

K hormonální stimulaci byla použita suspenze kapří hypofýzy a fyziologického roztoku, které byla aplikována nitrosvalově pomocí injekce do hřbetní svaloviny. Tato suspenze byla dávkována 4 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti ryby 36 h před očekávaným výtěrem.

Samotný výtěr byl proveden na výtěrovém stole. K odběru spermatu byla použita suchá kanyla. Po zavedení kanyly do urogenitální papily byl druhý konec vsunut do suché plastové nádoby o objemu 150 ml. Při přidržení nádoby níže než bylo tělo ryby a mírném tlaku na břišní oblast sperma samovolně vytékalo. Nádoby byly zaplňovány do 1/3 svého objemu. Každý nádoba se spermatem byla označena kódem samce. Do výtěrového listu byly zapsány objemy spermatu od jednotlivých samců,

nádoby se spermatem byly uzavřeny a umístěny v horizontální poloze do chladicího boxu se šupinkovým ledem. Sperma bylo přeneseno do laboratoře ke zjištění pohyblivosti spermií, aby mohlo být následně vybráno vhodné sperma k oplození. Motilita spermií byla určena podle metodické příručky Linhart a kol. (2011). Pohyb spermií byl pozorován v kapce bez krycího sklíčka pomocí mikroskopu při zvětšení 200 ×. Do kapky vody z líhne o objemu 1 ml byl pomocí injekční jehly přenesen vzorek spermatu. Tím bylo sperma aktivováno. Poté byl pozorován pohyb spermií v celém sloupci kapky a dle toho byly odhadnuty procenta pohyblivosti. Někteří jedinci byli úplně vyřazeni pro nulovou či velmi nízkou úroveň motility. K experimentu byli vybráni jedinci, kteří měli nejaktivnější sperma.

3.4 Hormonální stimulace a výtěr samic

K hormonální stimulaci samic bylo použito suspenze kapří hypofýzy a fyziologického roztoku ve dvou dávkách. Aplikace probíhala stejně jako u samců do hřbetní svaloviny. V první dávce bylo použito 0,5 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti ryby. Druhá dávka byla aplikována po 12hodinách a to v množství 4,5 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti ryby. K ovulaci jiker došlo po cca 36 hodinách od první dávky.

Každá samice byla položena hřbetem dolů na výtěrový stůl. Ovulované jikry byly vytírány pomocí chirurgického zákroku dle Štěcha a kol. (1999). Tato metoda výtěru zahrnuje mikrochirurgický řez, kdy se pomocí skalpelu, vloženého do předem osušeného pohlavního otvoru, prořízne vejcovod v místě před vyústěním do pohlavního otvoru v délce 20 mm a následným výtěrem pomocí břišní masáže.

Jikry byly vytírány do suchých misek, které byly předem zváženy. Samici bylo potřeba pořádně vytřít, aby ovulované jikry nezpůsobily sepsi a úhyn. Z misky s jikrami byla slita ovariální tekutina, poté byla zvážena celková hmotnost jiker a ta byla zapsána do výtěrového listu. Připravené jikry k oplození byly přikryty vlhkou utěrkou.

3.5. Počítání jiker

Pro výpočet oplozenosti a líhivosti bylo spočítáno, kolik jiker bylo obsaženo v 1 g. Po navážení libovolného množství jiker (cca 3 g) na Petriho misky byly jikry přepočítány a jejich počet byl vztažen na 1 g. Postup byl proveden celkem 3 ×. Pro výpočty pak byla použita jejich průměrná hodnota.

3.6 Oplození, aktivace pohlavních produktů a odlepkování

3.6.1 Množství použitých jiker k oplození

Pro každou hybridizaci i kontrolu bylo pro oplození použito 50 g jiker. Jelikož byly pro každou variantu použity 2 samice, byla smíchána směs jiker od každé samice téhož druhu po 25 g. Tato směs pak byla lehkým zamícháním homogenizována. Vzhledem k tomu, že bylo prováděno individuální oplození, tak 50gramová směs jiker byla vždy rozdělena podle počtu samců. Individuální oplození bylo prováděno, aby se eliminovala kompetice spermií při oplozování a tím byl zajištěn rovnoměrný podíl potomstva v rámci jednotlivých rodin, předání genů od všech samců do následující generace, zajištěna maximální genetická variabilita a hodnota N_e (efektivní velikost populace) a minimalizace inbrídingu (Kocour a kol., 2012).

V případě kdy byla prováděna hybridizace R×S a kontrola S×S probíhal postup k přípravě na oplození tak, že od každé samice stejného druhu jesetera bylo odváženo 25 g jiker, které byly smíchány dohromady. Jikry byly promíchány a rozděleny po 25 g do dvou misek. Ty pak byly oplozeny spermatem od každého samce jesetera sibiřského zvlášť. Po osemenění a aktivaci gamet byly rozdělené jikry opět smíchány a odlepkovány.

Pro hybridizaci S×R a kontrolu R×R, kdy bylo použito sperma od 3 jeseterů ruských, bylo od každé samice stejného druhu odebráno také 25 g a smícháno dohromady. Jelikož bylo pro oplození použito sperma od 3 samců, tak těchto 50 g jiker bylo rozděleno do 3 misek po 16,7 g pro individuální oplození každým samcem. Poté byly jikry opět smíchány a odlepkovány.

3.6.2 Aktivace pohlavních produktů a odlepkování

Samotné osemenění bylo prováděno tak, že do 200 ml vody o teplotě 15°C bylo odpipetováno 1,5 ml spermatu. Tímto smícháním spermatu s vodou došlo k aktivaci spermií. Následně byla přidána směs jiker od jednotlivých samic a jikry byly promíchávány rukou po dobu 3 minut. Poté se přidala suspenze jílu k odlepkování jiker. Tato směs byla po dobu 20 sekund promíchávána rukou a poté následovalo slítí suspenze a proplachování vodou s malým množstvím odlepkovací suspenze a to 3 × po sobě. Následně byla opět přidána suspenze jílu a miska s jikrami byla umístěna na elektronickou třepačku při otáčkách 200 rpm. Po 60 minutách odlepkování byly jikry promyty vodou, aby byl odstraněn zbytek jílu.

3.7 Inkubace jiker

3.7.1 Vysazení jiker na inkubační aparáty

Čisté jikry po odlepkování byly vysazeny do inkubačních Kannengieterových lahví. Z misek s 50 g jiker ze všech 4 variant bylo odebráno 5 g na Petriho misky, které byly vloženy do experimentálních inkubačních košíčků. Těchto 5 g z každé varianty bylo rozděleno na 3 Petriho misky a dáno do 3 košíčků. Takže celkem bylo použito 12 Petriho misek a košíčků.

Zbýlých 45 g jiker bylo vysazeno k inkubaci na Kannengieterovy lahve, které byly umístěné v odchovných kolíbkách o rozměrech 24 × 34,5 × 107 o provozním objemu 0,08 m³. Teplota vody během inkubace byla 16°C. Průtok vody byl nastaven tak, aby nedocházelo k usazování jiker na dně nebo k jejich odplavování ven.

3.7.2 Průběh a doba inkubace

Během celé inkubace bylo o oplozené jikry na aparátech pečováno. Bylo prováděno odstraňování zaplísňených jiker a odsávání rozpadlých jiker a jejich obalů, aby nedocházelo k organickému zatěžování vody. Teplota vody během inkubace se

pohybovala mezi 15°C a 16°C. Ke kulení došlo po uplynutí 120 D°, tedy cca 7. den od oplození.

Třetí den inkubace byly z Petriho misek odstraněny odumřelé a neoplozené jikry, jejichž počet byl zaznamenán. Z těchto hodnot byla následně počítána oplozenost jednotlivých experimentálních skupin.

3.8 Určování líhnivosti u jiker na Kannengieterových lahvích

Pro určení líhnivosti larev bylo zapotřebí spočítat jedince od každé hybridizace i kontroly individuálně. Počítání bylo prováděno 11 dní po vykulení tak, že všechny larvy byly pomocí jemné sítky ze žlabu přemístěny do velkého lavoru s vodou. Pomocí malé mističky byla nabrána voda s menším počtem jedinců a ti byli dávání zpět do odchovné kolíčky, která byla předem vyčištěna. S plůdkem bylo manipulováno co nejšetrněji, aby nebyl poškozen. Ze získaných údajů byla vypočítána líhnivost larev od každé skupiny.

3.9 Rozkrm plůdku a přechod na suchou dietu

Larvy byly rozkrmovány podle metodické příručky Gely a kol. (2012). Nejprve jim byla podávána po dobu 7 dnů dekapulovaná nauplia žábřonožky solné (*Artemia salina*) a poté v průběhu 2 - 5 dnů byl uskutečněn přechod na nadrobno nasekanou živou nitěnku obecnou (*Tubifextubifex*), která byla podávána atlibitum.

Po dobu 2 - 3 týdnů byl prováděn *co-feeding*, kdy bylo k nitěnkám přidáváno startérové krmivo o velikosti 150 - 300 µm a krmivo o velikosti 300 - 500 µm s obsahem proteinů 58 % a s obsahem tuku 12 %. Poté byl postupně snižován podíl nitěnek a jemného startérového krmiva.

Od sesazení skupin dohromady byla dávka a frekvence krmení stanovena podle manuálu od Chebanova a Galichové (2011). Do váhy 3 g bylo podáváno krmivo o velikostech 0,5; 0,8 a 1,1 mm. Larvám s váhou 3 - 8 g bylo podáváno krmivo o velikosti 1,5 mm a larvám s 8 - 50 g krmivo o velikosti 1,9 mm. Později, kdy už ryby dosahovaly 50 g, bylo krmeno krmivem o velikosti 3 mm. Kvůli různým velikostem ryb byla krmiva míchána, aby se k potravě dostaly veškeré váhové kategorie.

3.10 Počítání, vážení a přenášení larev

Larvy z kolíbek byly po 44 dnech spočteny a zváženy. Vážení bylo prováděno na laboratorních vahách s přesností na 1 g. Vždy se pro statistické údaje vážily náhodně vybrané ryby 3 × po 33 kusech od každé hybridizace a kontroly. Ryby byly váženy tak, že prázdná miska byla vytárována, poté do ní bylo náhodně vybráno 33 ryb a zváženo.

Počítání probíhalo tak, že byla napuštěna vanička vodou a opatřena vzduchováním, aby měly larvy do ní přemístěné dostatek kyslíku. Pomocí malé misky byly larvy nabírány ze žlabu a přelévány do vaničky a odpočítávány. Zároveň byly odpočítané kusy přemístěny do větších odchovných žlabů o rozměrech 30 × 55 × 245 o provozním objemu 0,3 m³, kde jim bylo zajištěno proudění vody a dostatečný obsah kyslíku. Teplota vody se pohybovala ± 18°C. Celkem bylo přemístěno po 640 ks od každé hybridizace a kontroly.

3.11 Značení ryb a odchov ryb

Po 102 dnech od vykulení byly ryby označeny elastomerovými značkami (VIE – Visible Implant Elastomer tags), které byly injekčně implantované pod průhlednou tkáň na rypci. Výhoda těchto značek je, že jsou navenek detekovatelné a dají se aplikovat i malým rybám. Tyto fluorescenční značky byly rybám aplikovány v barvě červené, modré, růžové a žluté. Hybridní jedinci S×R byly označeny červeně a R×S modře, jedinci z kontroly R×R růžově a S×S žlutě. Z každé skupiny bylo označeno 200 jedinců.

Aby všem rybám z každé experimentální skupiny byly nastaveny stejné životní podmínky, byly umístěny ven do dvou kruhových nádrží o provozním objemu 3,5 m³. Z každé experimentální skupiny bylo dáno 100 jedinců do jedné kruhové nádrže a 100 jedinců do druhé kruhové nádrže. Takže do každé nádrže bylo přeneseno celkem 400 ryb po 100 rybách z každé experimentální skupiny.

Po 151 dnech od vykulení byly ryby opět přepočítány a zváženy. Nejdříve byly ryby roztřízeny z jedné kruhové nádrže dle barevných značek a přepočteny. Následně byly zváženy skupinově po 33 ks a pak náhodně vybraných 33 ks jednotlivě. To samé bylo provedeno s rybami z druhé nádrže. Pro odchov na oteplené vodě přes zimní období byly ryby po přepočítání a převážení přeneseny do velkých odchovných bazénů

o rozměrech $90 \times 380 \times 120$ a o provozním objemu $3,2 \text{ m}^3$. Po 110 dnech od přemístění byly ryby naposledy přepočítány a váženy stejným způsobem jako předtím.

Všechny údaje byly zapisovány a poté vyhodnoceny matematickými a statistickými metodami.

3.12 Metody matematických a statistických výpočtů

Z každého počítání a vážení jedinců bylo vyhodnoceno jejich přežití a růst za určitý úsek. Rozdíly v přežití byly hodnoceny pomocí Pearsonova chí-kvadrát testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Statistická průkaznost rozdílů průměrných hmotností mezi jednotlivými skupinami byla testována analýzou variancí ANOVA na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Dále byla od 38 dne pro všechny skupiny vypočtena specifická růstová rychlost. SGR (Specific Growth Rate) z průměrných hodnot jedinců. SGR je definována jako procentický denní přírůstek hmotnosti vztahující se k průměrné hmotnosti za sledované období.

Podle tohoto produkčního ukazatele byl vyhodnocován růst jedinců od každého skupiny na konci jednotlivých dílčích úseků (101.; 151. a 262. den) dle vzorce:

$$\text{SGR} = [(\ln W_t - \ln W_o) \cdot t^{-1}] \cdot 100$$

$\ln W_t$ = přirozený logaritmus hmotnosti obsádky na konci období

$\ln W_o$ = přirozený logaritmus hmotnosti obsádky na začátku období

t = délka ve dnech

SGR bylo počítáno jen pro tři časové úseky s vynecháním prvního (11. – 37. den), jelikož larvy nebyly na počátku váženy. Statistická průkaznost rozdílů mezi hodnotami SGR byla testována analýzou variancí ANOVA na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Všechny statistické údaje byly zpracovány pomocí programu STATISTICA 12 (Statsoft, 2014).

4. Výsledky a vyhodnocení

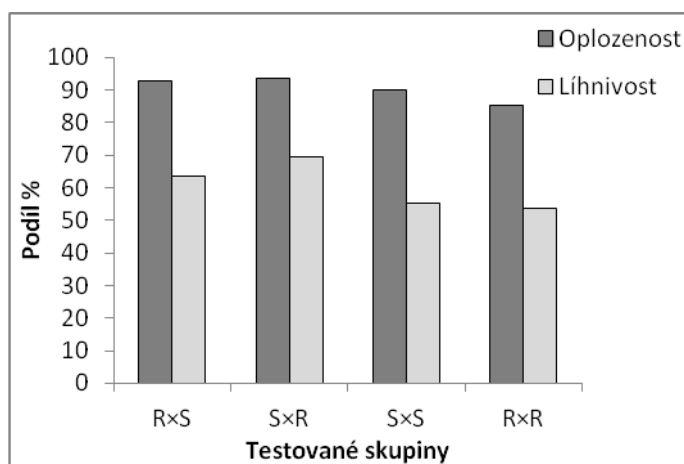
4.1 Oplozenost

Průměrný počet jiker v 1 g byl 50 ks a motilita spermií byla u všech samců nad 50 %, což se považuje z provozního hlediska za naprosto dostačující.

Nejvyšší hodnoty oplozenosti bylo dosaženo u křížení S×R (93,6 %) a R×S (92,8 %). Naopak nejnižší hodnoty oplozenosti vykazovala skupina R×R, kdy hodnota oplozenosti (85,2 %) byla o 8,4 % nižší (graf 3) než nejvyšší dosažená hodnota oplozenosti. Hodnoty oplozenosti byly signifikantně rozdílné mezi kontrolou R×R a oběma hybridy S×R a R×S (příloha, tab. 4).

4.2 Líhivost

Líhivost z Kannengiterových lahví vyšla nejlépe u křížení S×R (69,4 %). Nejnižší hodnota líhivosti vyšla u hybrida R×R a v porovnání s nejvyšší hodnotou tohoto reprodukčního ukazatele to bylo o 15,8 % méně (graf 3). Hodnoty líhivosti byly signifikantně rozdílné mezi všemi skupinami kromě kontrolou S×S a skupinami R×R a R×S (příloha, tab. 4).



Graf 3: Hodnoty oplozenosti a líhivosti od každé experimentální skupiny.

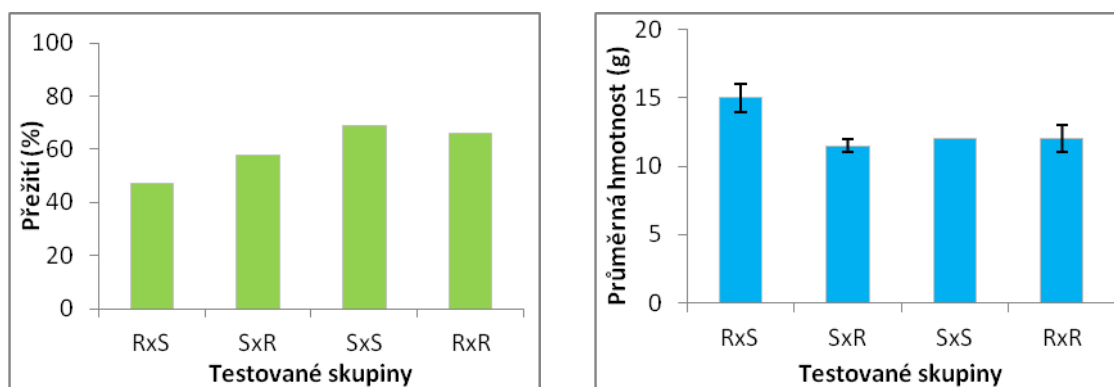
4.3. Přežití a růst

Pozorované průměrné hodnoty hmotností a přežití u všech typů křížení a kontrol za všechny časové úseky s vyjádřením počtu testovaných jedinců jsou znázorněny v příloze (tab. 5 – 10). Pro lepší přehlednost byly grafy rozlišeny barevně. Grafy s úrovní přežití jsou zelené a grafy s průměrnými hodnotami hmotností jsou modré.

4.3.1 Přežití a růst v kolíbkách (11. – 37. den)

Přežití larev v kolíbkách k 37. dnu znázorňuje graf 4a. Nejvyšší hodnoty přežití vykazovaly obě kontroly S×S a R×R (69,1 a 65,9 %). O něco méně procent přežití dosáhla hybridní skupina S×R (57,6 %), zatímco u křížení R×S bylo dosaženo nejnižších hodnot (47,2 %). Statisticky průkazný rozdíl v přežití byl mezi všemi skupinami kromě kontrol R×R a S×S (příloha, tab. 5).

Hodnoty růstu tzn. průměrné hodnoty hmotnosti larev obou typů křížení a kontrol na kolíbkách na konci 37. dne, kdy larvy byly váženy ještě skupinově, byly v rozmezí 11,5 - 15,00 g (graf 4b). Signifikantně se lišil pouze hybrid R×S (příloha, tab. 5).



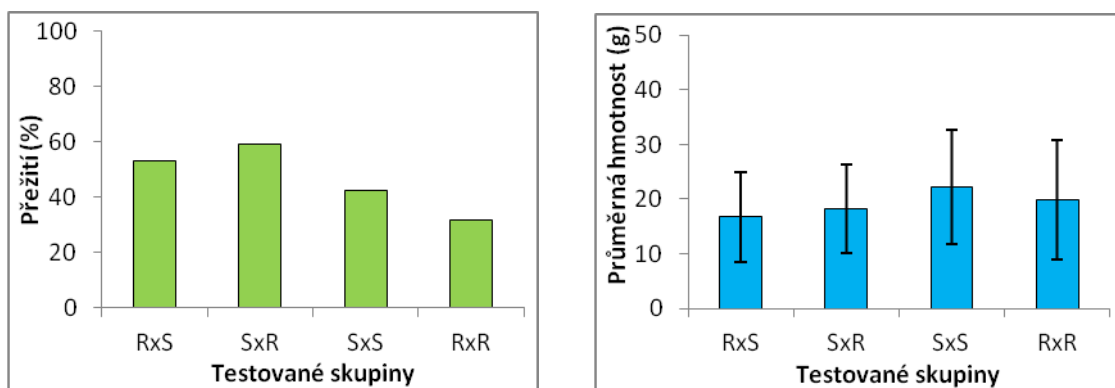
Graf 4: a) Přežití larev na kolíbkách za časový úsek 11. – 37. den; b) Průměrné hmotnosti skupinového vážení pro každou experimentální skupinu při odchovu larev v období 11. – 37. dne.

4.3.1 Přežití a růst v odchovných žlabech (38. – 101. den)

Přežití larev na žlabech je znázorněno v grafu 5a. Za toto období bylo nejvyšších hodnot přežití dosaženo u obou typů křížení S×R a R×S. Nejvyššího procenta přežití dosáhla skupina S×R (59,4 %), poté R×S (53,4 %) a S×S (42,7 %). Nejnižších hodnot přežití dosáhla k 101. dni skupina R×R (31,6 %; příloha, tab. 6).

Rozdíly v přežití mezi jednotlivými testovanými skupinami byly signifikantní ($p < 0,05$).

Z průměrných hodnot individuálních hmotností po 101 dnech vyplývá, že nejvyšší průměrná hmotnost byla u kontroly S×S ($22,3 \pm 10,43$), nejnižší zase naopak u křížení R×S ($16,7 \pm 8,24$; graf 5b). U všech testovaných skupin za toto období nebyly rozdíly v průměrných hmotnostech signifikantní (příloha, tab. 6).



Graf 5: a) Přežití larev na žlabech za časový úsek 38. – 101. den; b) Průměrné hmotnosti pro každou testovanou skupinu při odchovu larev v období 38. – 101. den.

4.3.2 Přežití a růst v kruhových nádržích (102. – 151. den)

V grafu 6a je znázorněno přežití ryb v kruhových nádržích po sesazení všech skupin dohromady. V kruhové nádrži 1 nejvyššího přežití dosáhly skupiny S×R a R×S a S×S (99, 99 a 98 %). Nižší hodnoty přežití vykazovala skupina R×R (94 %; příloha, tab. 7). V kruhové nádrži 1 nebyl mezi skupinami potvrzen statisticky průkazný rozdíl ($p > 0,05$). V kruhové nádrži 2 dosáhly nejvyšší hodnoty přežití skupiny S×R a S×S (98 a 99 %). Nižší hodnoty přežití vykazovaly skupiny R×R a R×S (87 a 89 %; příloha, tab. 8). V této nádrži byl statisticky průkazný rozdíl přežití mezi skupinou R×R

a skupinami S×R a S×S, a dále byl signifikantní rozdíl prokázán mezi skupinou R×S a skupinami S×R a S×S. V porovnání testovaných skupin mezi nádržemi byly signifikantní rozdíly u kontroly R×R z nádrže 2 a skupin S×S, R×S a S×R z nádrže 1 a R×S z nádrže 2 a skupin S×S, R×S a S×R z nádrže 1 (tab. 12).

Vyhodnocení průměrných hmotností z individuálních vážení po sesazení všech testovaných skupin rozmístěných do dvou nádrží zobrazuje graf 6b. Z kruhové nádrže 1 nejvyšších hodnot průměrných hmotností za toto období dosáhla skupina S×R ($38,3 \pm 8,48$ g), následována skupinami S×S a R×S ($35,7 \pm 13,37$ a $31,3 \pm 12,22$). Nejnižší hodnoty vykazovala kontrola R×R ($25,6 \pm 11,15$; příloha, tab. 7). V druhé kruhové nádrži oba hybridi S×R a R×S měli srovnatelné výsledky ($29,0 \pm 5,79$ a $30,3 \pm 13,24$). Obě kontroly S×S a R×R dosáhly hodnot $25,0 \pm 9,43$ a $23,2 \pm 11,48$ (příloha, tab.8).

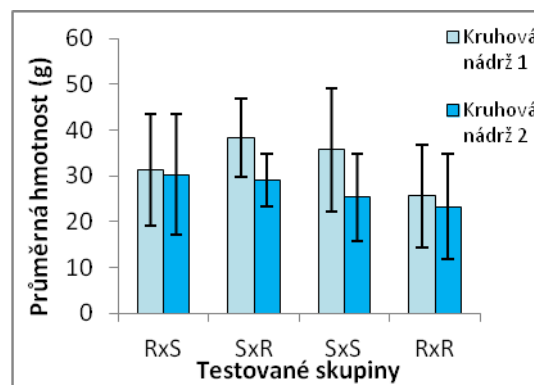
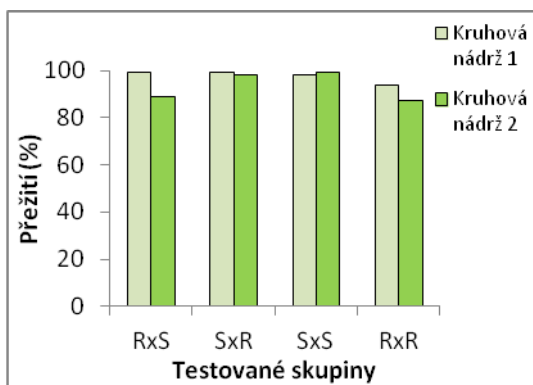
Statistické údaje z tabulky 11 potvrzují, že hmotnost jedinců je závislá jak na typu křížení, tak i na typu nádrže a jejich vzájemné interakci.

Tab. 11. Hodnoty statistické průkaznosti rozdílu (p) mezi křížením, nádržemi a jejich vzájemné interakce na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v kruhových nádržích.

Sledovaný vliv	Kruhové nádrže
Křížení	**
Nádrž	**
Křížení * nádrž	*

Pozn.: *p < 0,05; ** p < 0,001

V každé z nádrží měli jednotlivé typy křížení různý vliv na růst ryb (tab. 12). V první nádrži se signifikantně lišila skupina R×R od skupin S×S a S×R. V druhé nádrži nebyly statisticky prokázány rozdíly mezi testovanými skupinami. Jednotlivé interakce mezi nádržemi detailněji znázorňuje tabulka 12.



Graf 6: a) Přezítí ryb v kruhových nádržích 1 a 2 v časovém úseku u 102. – 151. den; b) Průměrné hmotnosti všech testovaných skupin při odchovu 102. – 151. den v kruhových nádržích.

Tab. 12. Významné statistické rozdíly přežití (nad diagonálou) a průměrných hodnot hmotností jedinců (pod diagonálou) mezi testovanými skupinami v každé kruhové nádrži zvláště i mezi sebou.

Test. skupiny	Nádrž	RxS	RxS	SxR	SxR	RxR	RxR	SxS	SxS
		1	2	1	2	1	2	1	2
RxS	1		*	–	–	–	**	–	–
RxS	2	–		*	*	–	–	*	*
SxR	1	–	–		–	–	**	–	–
SxR	2	–	–	*		–	*	–	–
RxR	1	–	–	**	–		–	–	–
RxR	2	–	–	**	–	–		*	**
SxS	1	–	–	–	–	*	**		–
SxS	2	–	–	**	–	–	–	*	

Pozn.: *p < 0,05; ** p < 0,001; – p > 0,05

4.3.4 Přežití a růst v odchovných bazénech (152. – 262. den)

Po 262 dnech byly v odchovných bazénech zaznamenány již výraznější rozdíly v přežití. Úroveň přežití ryb dokresluje graf 7a. V bazénu 1 nejvyšší hodnoty přežití vykazovalo křížení S×R (91, 2%). Skupiny S×S a R×S dosáhly přežití 86,7 a 84,8 %. V bazénu 2 prosperovala skupina S×S (90,9 %), následovaná skupinou R×S a S×R (87 a 74,7 %). V obou odchovných bazénech nejnižší úroveň přežití vykazovala skupina R×R, kdy procento přežití dosáhlo 23,4 a 27 % (příloha, tab. 9 a 10).

V tomto období byl v bazénu 1 statisticky prokazatelný rozdíl mezi skupinou R×R se všemi ostatními skupinami. V bazénu 2 byl statisticky významný rozdíl mezi všemi skupinami kromě obou hybridů S×R a R×S. Jednotlivé interakce mezi nádržemi detailněji znázorňuje tabulka 13.

Graf 7b zobrazuje vyhodnocení průměrných hmotností jednotlivců z velkých odchovných bazénů 1 a 2. Nejvyšší průměrné hmotnosti v bazénu 1 dosáhl hybrid R×S ($61,4 \pm 29,0$ g). Skupina S×S dosáhla hodnot $53,2 \pm 23,02$ g. Nejnižší průměrné hmotnosti měla kontrola R×R ($44,2 \pm 17,1$ g) a hybridní skupina S×R ($46,9 \pm 17,34$; příloha, tab. 9). V druhém odchovném bazénu srovnatelných hodnot dosáhla skupina R×S a S×S ($63,8 \pm 24,3$ respektive $63,9 \pm 26,53$). Následoval hybrid S×R ($59,0 \pm 23,72$). Nejnižších hodnot průměrné hmotnosti opět dosáhla kontrola R×R ($42,6 \pm 19,66$; příloha, tab. 10).

Statistické údaje z tabulky 13 prokazují, že hmotnost jedinců je závislá pouze na typu křížení, nikoli na typu nádrže a ani na jejich vzájemné interakci.

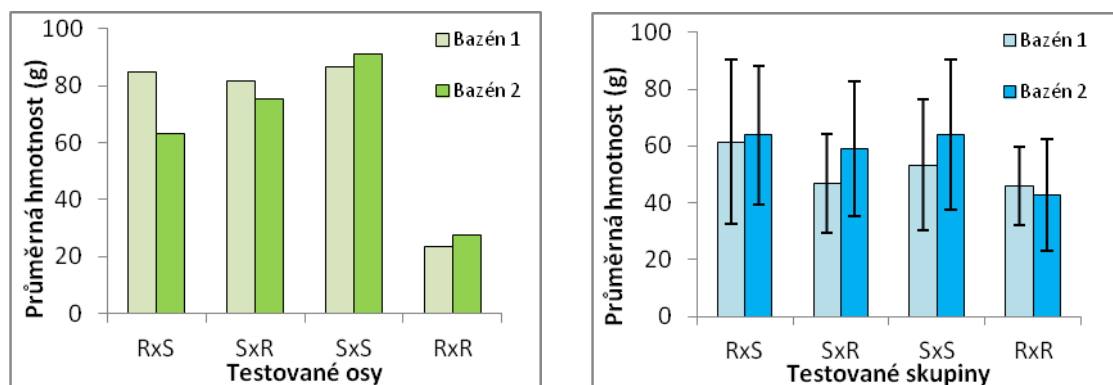
Tab. 13. Hodnoty statistické průkaznosti rozdílu (p) mezi křížením, nádrží a jejich vzájemné interakce na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v odchovných bazénech.

Sledovaný vliv	Odchovné bazény
Křížení	**
Nádrž	–
Křížení * nádrž	–

** $p < 0,001$, – $p > 0,05$

Při vzájemném vlivu nádrže a křížení se signifikantně lišila skupina R×R z bazénu 1 se skupinami R×S a S×S z toho samého bazénu. V bazénu 2 nebyla prokázána statistická průkaznost rozdílů mezi jednotlivými skupinami (tab. 14).

Celkově s ohledem pouze na křížení se signifikantně lišilo křížení R×R od skupin R×S a S×S.



Graf 7: a) Přežití ryb v odchovných bazénech 1 a 2 v časovém úseku u 152. – 262. den; b) Průměrné hmotnosti jednotlivých testovaných skupin při odchovu ryb 159. – 269. den v odchovných bazénech.

Tab. 14. Významné statistické rozdíly přežití (nad diagonálou) a průměrných hodnot hmotností jedinců (pod diagonálou) mezi testovanými skupinami v každém bazénu zvlášť i mezi sebou.

Test. skupiny		R×S	R×S	S×R	S×R	R×R	R×R	S×S	S×S
	Nádrž	1	2	1	2	1	2	1	2
R×S	1		**	–	–	**	**	–	–
R×S	2	–		**	–	**	**	**	**
S×R	1	–	–		*	**	**	–	–
S×R	2	–	–	–		**	**	*	*
R×R	1	*	–	–	–		–	**	**
R×R	2	–	–	–	–	–		**	**
S×S	1	–	–	–	–	*	–		–
S×S	2	–	–	–	–	–	–	–	

Pozn.: *p < 0,05; ** p < 0,001; – p > 0,05

4.4 Celkový průběh růstu a přežití

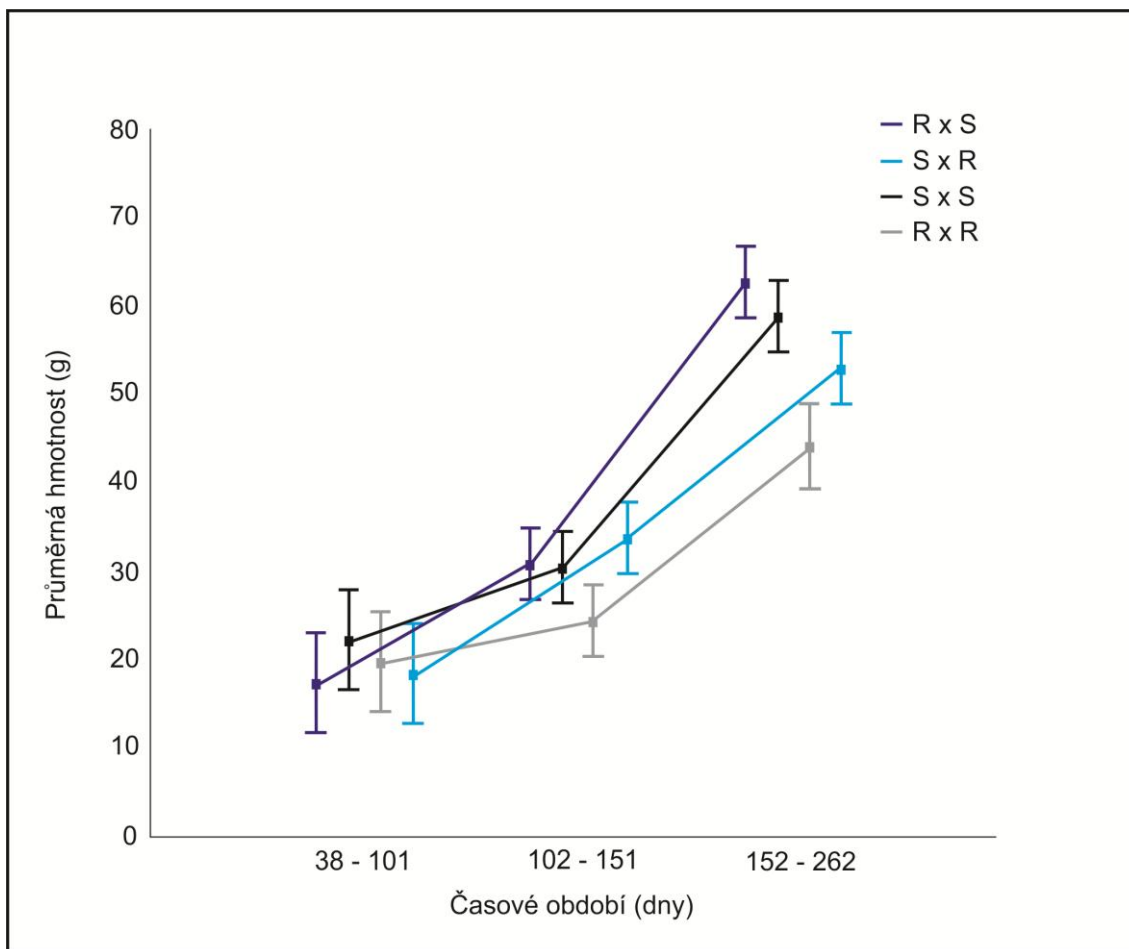
V tabulce 15 jsou uvedeny hodnoty specifické růstové rychlosti (SGR) za určitá období (38. – 262. den). Ve žlabech nejvyšší SGR dosáhla kontrola S×S, následovala kontrola R×R a hybrid S×R. Nejhorší hodnoty SGR zde dosáhl hybrid R×S. V kruhové nádrži 1 nejvyšších hodnot SGR dosáhl hybrid S×R následovaný hybridem R×S. V druhé kruhové nádrži tomu bylo naopak, kdy vyšší hodnotu SGR vykazoval hybrid R×S a po něm hybrid S×R. Nejhorších výsledků v obou nádržích dosáhla kontrola R×R. V bazénu 1 nejvyšší specifické růstové hmotnosti dosáhl hybrid R×S následovaný kontrolou R×R, zato nejnižších hodnot zde dosáhl hybrid S×R. V druhém bazénu nejvyšší hodnoty SGR vykazovala kontrola S×S. Naopak nejnižších R×R.

Vzhledem k omezenému počtu opakování nebylo možné rozdíly hodnot SGR statisticky vyhodnotit.

Tab. 15. Specifická růstová hmotnost u jednotlivých skupin za daná období.

Testovaná skupina	Hodnoty SGR				
	38. - 101. den	102. - 151. den		152. - 262. den	
	Žlab	Kruhová nádrž 1	Kruhová nádrž 2	Bazén 1	Bazén 2
R×S	0,17	1,26	1,19	0,61	0,68
S×R	0,72	1,48	0,92	0,18	0,65
S×S	0,97	0,94	0,51	0,36	0,84
R×R	0,78	0,51	0,32	0,53	0,55

Graf 8 vykresluje, jak se zvyšovaly hodnoty průměrných hmotností jedinců od všech testovaných skupin za určité časové úseky. Pro lepší přehlednost a porovnatelnost jsou hybridy v odstínech modré a kontroly černě a šedě. Z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot průměrných hmotností na konci experimentu dosáhl hybrid R×S ($62,57 \pm 26,56$), i když v prvním období odchovu dosáhl nejnižších hodnot. Naopak v prvním období odchovu nejvyšší hodnoty průměrných hmotností vykazovala skupina S×S a na konci experimentu skončila za skupinou R×S. Průměrná hmotnost hybridní skupiny S×R po dobu celého pokusu rostla téměř lineárně. Nejnižší průměrné hmotnosti dosáhla kontrola R×R ($44,17 \pm 17,05$).



Graf. 8. Porovnání průměrných hodnot hmotností jedinců všech testovaných skupin za daná období.

Z celkových hodnot průměrných hmotností jedinců v kruhových nádržích byl statisticky průkazný rozdíl mezi kontrolou R×R a ostatními skupinami. Z průměrných hodnot hmotností z obou bazénů byl statisticky průkazný rozdíl mezi kontrolou R×R a kontrolou S×S a hybridní skupinou R×S (tab. 16).

Rozdíly celkové úrovně přežití jsou patrné z tabulky 16.

Tab. 16. Hodnoty průměrných hmotností a přežití z obou kruhových nádrží a bazénů dohromady.

Testovaná skupina	Kruhové nádrže		Bazény	
	Průměrné hmotnosti \pm SD	Přežití (%)	Průměrné hmotnosti \pm SD	Přežití (%)
R×S	30,80 ^a \pm 12,65	94 ^a	62,57 ^a \pm 26,56	73,85 ^c
S×R	33,65 ^a \pm 8,59	98,5 ^b	52,95 ^{ab} \pm 21,5	78,65 ^a
R×R	24,36 ^b \pm 11,29	90,5 ^a	44,25 ^b \pm 17,05	25,2 ^b
S×S	30,47 ^a \pm 12,62	98,5 ^b	58,59 ^a \pm 25,23	88,8 ^a

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe významně liší ($p < 0,05$).

5. Diskuze

S mezidruhovou hybridizací se setkáváme u mnoha druhů ryb (např. Bronzi, 1999; Scribner a kol., 2000 a další). I přes to, že je mezidruhová hybridizace často používaným nástrojem v akvakultuře, její přínosy, ale i nedostatky, jsou často přehlíženy (Bartley a kol., 2001). Vzhledem k neobvyklému uspořádání genomu jeseterů, kdy jsou všichni polyploidní, se mohou křížit snadněji než jiné ryby (Birstein a kol., 1997b). Obecně jsou hybridy tvořeny v akvakulturních chovech ke zvýšení fitness, které se projevuje zlepšením mnoha fyziologických a užitkových vlastností v porovnání s rodičovskými druhy (Bartley a kol., 2001; Kocour a kol., 2011). V důsledku mezidruhové hybridizace může docházet ke zvýšení polymorfismu, a tudíž i k nárůstu heterozygotnosti hybridních jedinců (Bartley a kol., 2001). A právě zvýšení heterozygotnosti je považováno za hlavní přínos mezidruhové hybridizace pro růstové ukazatele a další vlastnosti spojené s fitness jedinců (Leary a kol., 1983; Scheerer a Thorgaard, 1983; Reddy, 2000). U některých hybridů ryb se však žádný signifikantní rozdíl sledovaných vlastností nemusí vůbec projevit, jak tomu bylo například v případě přežití u hybridů cichlid rodu *Pundamilia* (Van der Sluijs a kol., 2008) nebo u přežití, růstu a konverze krmiva u hybridů dvou druhů candáta původem ze Severní Ameriky (Siegwarth a Summerfelt, 1993).

V tomto experimentu se u cíleně vytvořených hybridů jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) i hybridů jesetera sibiřského a jesetera ruského (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♀) signifikantní rozdíly některých vlastností v porovnání se svými rodičovskými druhy projevily, a to v různých fázích pokusu, který trval 262 dní od vykolení jedinců.

Nejvyšších hodnot reprodukčních ukazatelů dosáhly obě sledované hybridní skupiny. Nejnižší oplozenost i líhnivost měla kontrolní skupina jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*), a to nejspíše v důsledku toho, že jikry jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) jsou celkově náchylnější na inkubaci a líhnutí (Chebanov a Galich, 2011; Memis a kol., 2009).

Nicméně, v akvakultuře jsou reprodukční ukazatele brány spíše jako doplňkový ukazatel, zatímco zvýšení růstu je zde pravděpodobně jednou z nejžádanějších vlastností (Bartley a kol., 2001). Do věku 37 dnů se sledovaný hybrid jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) významně lišil v rozdílu

průměrných hmotností od ostatních skupin. Barulin a kol. (2008) ve svém pokusu obdobně sledovali růstové vlastnosti zmiňovaného hybridu v porovnání se svými rodičovskými druhy do věku 50 dnů. Dospěli k tomu, že k 50. dni od vykulení tento hybrid vykazoval vyšší růstové vlastnosti, hmotnost i délku, a že zmiňovaný hybrid dosáhl vyšší průměrné hmotnosti o 25 % než jeseter sibiřský (*A. baerii*) a o 22 % vyšší než jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*). V porovnání s těmito výsledky bylo v této práci dosaženo podobných hodnot, kdy průměrné hmotnosti hybridu jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) se k 37. dnu lišily od obou rodičovských druhů o 20 %. I když tento hybrid prosperoval, co se týče hmotnosti nejvíce, úroveň jeho přežití dosáhla nejnižších hodnot. Vyšší hmotnosti tento hybrid dosáhl pravděpodobně díky menší konkurenci o krmivo v porovnání s ostatními experimentálními skupinami.

Během odchovu na kolíbkách od vykulení do 37. dne larvy přecházely na aktivní způsob příjmu potravy. Při této fázi je zapotřebí, aby krmivo bylo pro ryby přijatelné a zajistilo jejich růst. Pokud nejsou splněny tyto podmínky, velikosti larev pak bývají velmi rozdílné a může docházet i ke kanibalismu (Szczepekowski a kol., 2000). Chikhachev a kol., (1981) zjistil u některých hybridů vyzy velké (*H. huso*), konkrétně u mezirodových hybridů vyzy velké a jesetera malého (*H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂) a vyzy velké a jesetera hvězdnatého (*H. huso* ♀ × *A. stellatus* ♂), že v době kdy tyto hybridy přecházejí na aktivní způsob krmení, dochází ke ztrátám populace (cca 30% z počáteční populace). Nicméně, z výsledků této práce vyplývá, že zkoumaní hybridy měli ztráty výrazně vyšší (52,8 % a 42,4 %) než uvádějí předchozí autoři.

Po zredukování obsádky experimentálních skupin na stejný počet kusů dosáhly vyššího přežití za sledovaný časový úsek obě hybridní skupiny (53,4 a 59,4 %) oproti skupinám kontrolním (42,7 % a 31,6 %). I když obě kontrolní skupiny měly nižší úroveň přežití, tak dosáhly vyšší specifické růstové rychlosti (SGR) a také i vyšších hodnot průměrné hmotnosti oproti oběma hybridním skupinám. V tomto případě, larvy kontrol dosáhly vyšších průměrných hodnot na úkor přežití. S nižším počtem jedinců ve žlabu měli ostatní jedinci lepší přístup ke krmivu. Za tento časový úsek nejnižší průměrné hmotnosti dosáhl hybrid jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) i přesto, že v počátečním stádiu odchovu oproti ostatním experimentálním skupinám prosperoval. V tomto období odchovu na žlabech celková úroveň přežití ve všech skupinách dosáhla nejnižší hodnot (46,7 %) během

celého experimentu. Toto je ale obvyklý jev, kdy v počátečních fázích odchovu dochází k vyšším ztrátám larválních stádií (Chebanov a Galich, 2011).

Po sesazení stejného počtu jedinců ze všech experimentálních skupin dohromady do kruhových nádrží se průměrné hmotnosti sledovaných skupin od sebe signifikantně nelišily kromě průměrné hodnoty hmotnosti jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) z první nádrže. K 151. dni nejvyšších hodnot SGR dosáhly obě hybridní skupiny. V obou kruhových nádržích byl zaznamenán pokles úrovně přežití kontrolní skupiny jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*). Zde je nutné zmínit, že ke konci období odchovu v kruhových nádržích ryby chytly parazitární nemoc trochidinózu způsobenou prvokem *Trichodina sp.*. Tato nákaza přetrvávala i během odchovu v bazénech. Gela kol., (2012) uvádějí, že při přemnožení tohoto prvoka dochází k velkým úhynům jeseterovitých ryb, kdy *Trichodina sp.* parazituje na povrchu kůže ryb a živí se buňkami z pokožky. Lze tedy konstatovat, že úroveň přežití jak v kruhových nádržích, tak v odchovných bazénech, byla s velkou pravděpodobností ovlivněna tímto parazitem. Navíc jeseter sibiřský je relativně odolný druh, zato jeseter ruský je náchylnější k parazitům (Gela a kol., 2012). O tomto faktu vypovídají konečné hodnoty přežití u jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*), kdy v odchovných bazénech jeho úroveň přežití klesla na 23,4 % a 27 %. Naopak nejvyšších hodnot přežití v obou nádržích dosáhl právě jeseter sibiřský (86,7 a 90,9 %).

Zajímavé bylo, že i typ nádrže měl vliv na přežití. Mezi bazény se objevily značné rozdíly v jeho hodnotách. V prvním bazénu bylo celkové přežití všech skupin vyšší než v druhém bazénu. To lze připisovat tomu, že ve druhém bazénu byl projev nákazy intenzivnější než v prvním bazénu. Zato v druhém bazénu, kde byla menší hustota obsádky, ryby dosáhly vyšších hodnot průměrných hmotností i vyššího SGR než v prvním bazénu, pravděpodobně v důsledku lepšího přístupu ke krmivu.

U všech experimentálních skupin bylo během pokusu dosaženo velmi vysokých směrodatných odchylek u průměrných hmotností jedinců. Důvodem takového rozpětí je nejspíše kompetice o krmivo, kdy se větší jedinci dostali dříve ke krmivu a zamezili tak přístupu k potravě slabším jedincům. Pro zamezení konkurence o krmivo Chebanov a Galich (2011) doporučují ve svém manuálu pro odchov jeseterů, aby byly ryby od hmotnosti 0,2 – 0,3 g tříděny do třech velikostních skupin průběžně každých 10 dnů. Tato selekce je dělána hlavně kvůli tomu, aby se zvýšila rychlost růstu, snížila velikost variace jedinců, zlepšila se spotřeba krmiva na jednotku přírůstku FCR (Food

Conversion Ratio) a tím bylo krmivo lépe dostupné pro menší a slabší jedince. Další negativní vliv, který je tímto opatřením eliminován, je stres spojený s kompeticí o krmivo. Stres u ryb má pak dopad na přežití, fitness a jejich zdraví (Bartelme, 2004). S ohledem na zjištěné výsledky lze tento postup doporučit i pro ranný odchov hybridních jedinců.

Během celého pokusu hodnoty přežití i průměrných hmotností jedinců do 262. dne u jednotlivých skupin kolísaly. Nelze říci, který z hybridů či kontrol dosáhl s ohledem na růst a přežití jednoznačně nejlepších výsledků. Ale na základě dosažených výsledků lze s jistotou říci, že jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*) dosáhl signifikantně nejnižších hodnot přežití i průměrných hmotností v průběhu odchovu na kruhových nádržích a bazénech (102. – 262. den). Memis a kol., (2009) ve svém pokusu při odchovu larev jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) dosáhli podobných výsledků přežití, kdy pozorované larvy tohoto jesetera do věku 75 dnů dosáhly 27% úrovně přežití, zatímco v tomto pokusu dosáhly 31,6 % po 101. dnu a 25,2 % po 262 dnech. Na základě dosažených výsledků nelze jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) doporučit pro intenzivní akvakulturní chovy. Ke stejnému názoru dospěli i Prokeš a kol. (2000).

Velký potenciál pro akvakulturu může mít hybrid jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂), u kterého byla hodnota SGR od odchovu na kruhových nádržích až do konce pokusu nejvyšší a jeho průměrná hmotnost na konci pokusu dosáhla nejvyšších hodnot ($62,6 \pm 26,56$ g). Navíc u hybrida jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) se projevil v důsledku heterozního efektu nejen vyšší růst, ale hlavně odolnost vůči onemocnění, které Kocour a kol. (2011) uvádějí jako jednu z předních vlastností, kterých lze dosáhnout u hybridů při akvakulturních odchovech. Tento fakt lze demonstrovat na příkladu mezidruhové hybridizace mezi pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*) a siveny rodu *Salvelinus*. Takovíto hybridi vykazovali vyšší odolnost vůči virovým onemocněním lososovitých ryb (Dorson a kol., 1991). S ohledem na předpoklad možné plodnosti tohoto hybrida (viz. dále) je s pohledu akvakultury zajímavé srovnání, které provedli Safronov a Filipová, (2000). Tito autoři srovnávali růst první a druhé generace hybridů jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) a hybridů vzniklých jejich zpětným křížením s rodičovskými druhy. Nakonec došly k výsledku, že hybridi vzniklí zpětným křížením rostli pomaleji, ale vykazovali vyšší přežití než obě generace

hybridů a čisté druhy. Oproti čistému jeseterovi ruskému (*A. gueldenstaedtii*) měl tento typ hybridu o 48,7 % vyšší úroveň přežití, což lze považovat za opravdu znatelný rozdíl.

Jeseter sibiřský (*A. baerii*) pro svou odolnost dosáhl od 102. dne nejvyšší úrovně přežití. V porovnání s hybridem jesetera sibiřského a jesetera ruského (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂) se jeho úroveň přežití a jeho průměrná hmotnost z kruhových nádrží a bazénů signifikantně nelišily, což bylo v kontrastu ze zjištěním Szczepkowski a kol. (2002), kteří popsali lepší růstové vlastnosti hybridu jesetera sibiřského s jesetrem ruským (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂) ve srovnání s čistým jesetrem sibiřským (*A. baerii*). Je zřejmé, že se projeví geny, které do tohoto hybridu vnesl jeseter sibiřský (*A. baerii*). Pro jeho lepší odolnost vůči kvalitě vody, parazitům a lepšímu přivyknání ke granulovanému krmivu než u jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*; Gela a kol., 2012) je životaschopnější a má vyšší přežití než hybrid jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂). Tento hybrid by mohl v akvakultuře také najít své uplatnění, i když jeho fertilita či sterilita nebyla doposud experimentálně potvrzena (Arefjev, 1997). Lze se však domnívat, že oba typy sledovaných hybridů by měly být plodné (Hochleitner, 2004; Chebanov a Galich, 2011), jelikož patří do skupiny se stejnou ploidní úrovní s 240 - 270 chromozomy (Birstein a kol., 1993).

Nicméně, chov hybridních jedinců s sebou nepřináší pouze pozitiva, ale i negativa. Hlavní nevýhodou hybridů chovaných v akvakultuře je, že mohou uniknout z farem do volných vod (Maury-Brachet a kol., 2008) a zde mohou geneticky kontaminovat čisté populace (Ludwig a kol., 2009). Tento fakt je u jeseterovitých ryb nutno brát velmi vážně a to především s ohledem na možnou plodnost různých typů hybridů (Symonová a kol., 2013), která může celý problém ještě výrazněji prohlubovat.

A právě sledované typy hybridů mohou představovat takovouto hrozbu. Za předpokladu jejich úniku z akvakulturních chovů do přírodních vod, by mohlo dojít k jejich zpětnému křížení s původními rodičovskými druhy a následně i k vytlačení původních čistých populací z dané lokality. Vzhledem ke zjištěným růstovým vlastnostem by se mohli více projevovat v potravní konkurenci, kdy by hybridy snáze získávali přístup k omezeným potravním zdrojům. Navíc lze předpokládat, že k takovéto situaci již v přírodních podmínkách dochází a to především s ohledem na nálezy haplotypů jesetera sibiřského (*A. baerii*) v povodí řeky Volhy, kde se pravidelně rozmnožuje i jeseter ruský (*A. gueldenstaedtii*; Jenneckens a kol., 2000).

6. Závěr

Provedený experiment byl zaměřen na sledování vlastností spojených s fitness mezidruhových hybridů jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*) a jesetera sibiřského (*A. baerii*) a na jejich porovnání s vlastnostmi čistých rodičovských druhů. Ze získaných výsledků vyplývá, že mezidruhová hybridizace mohou mít značný potenciál pro akvakulturní chovy, a to především s ohledem na zvýšení úrovně jejich přežití a dále na lepší růstové vlastnosti. Za předpokladu plodnosti zmiňovaných hybridů by mohli být také využiti k produkci jiker za účelem výroby černého kaviáru. Na druhou stranu bylo v této práci potvrzeno, že zlepšení vlastností spojených s fitness u hybridů jeseterů nelze brát paušálně a je nutné vždy přihlížet nejen k typu hybridu, ale i k pozici jednotlivých druhů v hybridizační matici. S ohledem na růstové vlastnosti sledovaných hybridů, mohou tito hybridizovaní v případě jejich úniku do volných vod, představovat značné konkurenční riziko pro volně žijící populace čistých druhů jeseterů.

Vzhledem k snadné mezidruhové hybridizaci jeseterovitých ryb jak v akvakulturních podmínkách, tak i ve volných vodách, představuje tato problematika značný potenciál pro další vědecko-výzkumné práce zaměřené jak na využití různých typů hybridů v akvakultuře, tak i na jejich vliv na čisté druhy ve volných vodách.

7. Použitá literatura

- Amur caviar, 2014. Hybrid sturgeon caviar. Amur Caviar Company, 1997-2012. Dostupné na: <en.amurcaviar.cn/Product3.html>.
- Anon., 2014. *Acipenser baerii* Brant 1869. Dostupné na: <<http://cites.org/eng/com/ac/16/16-17-2a1.pdf>>. Staženo 16.4.2014.
- Arefjev, V. A., 1997. Sturgeon hybrids: natural reality and practical prospects. *Aquaculture Magazine* 23: 52-58.
- Arefjev, V. A., 1998. Sturgeon hybrids: Natural reality and practical prospects. *Aquaculture Magazine* 24: 44-50.
- Arnold, M. L., 1997: Natural hybridization and evolution. Oxford University Press, New York, 232 s.
- Barannikova, I. A., 1995. Measures to maintain sturgeon fisheries under conditions of ecosystem changes. *Proc. Intern. Sturg. Symp.*, Moscow, VNIRO, pp. 131-136.
- Bartelme, T., D., 2004. Short Take: Stress in Fish, part I: What is Stress in Fish? *Advanced Aquarist Online Magazine*, 3(7). Dostupné na: <<http://www.advancedaquarist.com/2004/7/short> >
- Bartley, D., M., Rana, K., Immink, A. J., 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 325 – 337.
- Barulin, N. V., Memenov, R. A., Lashkewich, A. I. 2008. Hybrid *Acipenser gueldenstaedti* x *Acipenser baeri* - perspective direction the aquaculture of sturgeon / *Gibrid Acipenser gueldenstaedti* x *Acipenser baeri* - perspektivnyj obekt akvakultury osetrovykh. *Voprosy Rybnogo Khozyajstva Belarusi (Belarus)*, 24: 46 – 51.
- Baruš, V., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Libosvářský, J., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Oliva, O., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Rád, P., Špinar, Z., Švátora, M., Vostradovský, J., 1995. *Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes)*. Praha: Academia, 1. vydání, 623 s.
- Berg, L. S., 1948. *Freshwater Fishes of the USSR and Adjacent Countries*. Acad. Sci. USSR, Vol. 1, pp. 1-466.

- Bemis, W. E., Findeis, E., Grande, L., 1997. An overview of Acipenseriformes. In: Birstein, V. J., Waldman, J. R., Bemis W. E., 1997. Sturgeon Biodiversity and Conservation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 25-71.
- Bemis, W. E., Kynard, B., 1997. Sturgeon rivers: an introduction to Acipenseriformes biogeography and life history. In: Birstein, V. J., Waldman, J. R., Bemis W. E., 1997. Sturgeon Biodiversity and Conservation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 167-183.
- Benfey, T. J., 1989. A bibliography of triploid fish, 1943 to 1988. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1682, 33 p.
- Billard, R., Lecointre, G., 2001. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. Rev. Fish Biol. and Fisher. 10: 355-392.
- BioLib – Biological Library. Zicha O., verze 2012.02., <www.biolib.cz>.
- Birstein, V. J., 2002. Sturgeon Species and Hybrids: Can Hybrids Produce Caviar? Environ. Policy Law 32, 210-214.
- Birstein, V. J., Vasil'ev V., P., 1987. Tetraploid-octoploid relationship and karyological evolution in the order Acipenseriformes (Pisces): karyotype, nucleoli, and nucleolus-organizer regions in four acipenserid species. Genetica 73: 3-12.
- Birstein, V. J., Poletaev, A. I., Goncharov, B. F., 1993: DNA content in Eurasian sturgeon species determined by flow cytometry. Cytometry 14: 377-383.
- Birstein, V. J., Bemis, W. E., Waldman J. R., 1997a. The threatened status of Acipenseriform species: a summary. Environ. Biol. Fish. 48: 427-435.
- Birstein, V. J., Hanner, R., DeSalle, R., 1997b. Phylogeny of the Acipenseriformes: cytogenetic and molekular approaches. In: Birstein, V. J., Waldman, J. R., Bemis W. E., 1997. Sturgeon Biodiversity and Conservation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 127-155.
- Birstein, V. J., DeSalle, R., 1998. Molecular phylogeny of *Acipenserinae*. Mol. Phylog. Evol. 9: 141-155.
- Blackledge, K. H., Bidwell, C. A., 1993. Three ploidy levels indicated by genome quantification in Acipenseriformes of north America. J. Heredity 84: 427-430.

- Bronzi, P., Rosenthal, H., Arlati, G., Williot, P., 1999. A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in Western and Central Europe. *J. Appl. Ichthyol.* 15: 224-227.
- Bronzi P., Rosenthal H., Gessner J., 2011. Global sturgeon aquaculture production: an overview. *J. Appl. Ichthyol.* 27: 169-175.
- Burtsev, L. A., 1997. Bester in aquaculture, In: Birstein V. J., Bauer, A., Kaiser – Pohlman, A., (eds.), 1997. *Sturgeon Stocks and Caviar Trade Workshop*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, pp. 35-44.
- CAS – California Academy of Sciences. Institute for Biodiversity and Sustainability. Catalog of fishes. Verze z 15. 4. 2014. Dostupné na: research.calacademy.org/ichthyology/catalog
- CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Dostupné na: <http://cites.org>.
- Doroshov, S. I., Binkowski, F. P., 1985. Epilogue: a perspective on sturgeon culture. In: Binkowski, F. P., Doroshov, S. I. (eds.), 1985. *North American Sturgeons*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, pp. 147-151.
- Dorson, M., Chevassus, B., Torhy, C., 1991. Comparative susceptibility of three species of char and rainbow trout x char triploid hybrids to several pathogenic salmonid viruses. *Dis. Aquat. Org.* 11: 217–224.
- Dudu, A., Suciú, R., Paraschiv, M., Georgescu, S. E., Costache, M., Berrebi, P., 2011. Nuclear markers of Danube sturgeons hybridization. *Int. J. Mol. Sci.* 12: 6796-6809.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations 2014. Fisheries and Aquaculture Department, Statistical collections. Dostupné na: <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>.
- Flajšhans, M., Vajcová, V., 2000. Odd ploidy levels in sturgeon suggest a backcross of interspecific hexaploid sturgeon hybrids to evolutionary tetraploid and/or octaploid parental species. *Folia Zool.* 49 (2): 133-138.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2013. *Genetika a šlechtění ryb. 2., rozš. a upr. vyd.* FROV JU, 305 s.

- Fleming, I. A., Hindar, K., Mjølnerød, I. B., Jonsson, B., Balstad, T., Lamberg, A., 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267: 1517-1523.
- Fontana, F., 1994. Chromosomal nucleolar organizer regions in four sturgeon species as markers of karyotype evolution in *Acipenseriformes* (Pisces). *Genome* 37: 888-892.
- Fontana, F., 2002. A cytogenetic approach to the study of taxonomy and evolution in sturgeons. *J. Appl. Ichthyol.* 18: 226–233.
- Fontana, F., Tagliavini, J., Congiu, C., 2001. Sturgeon genetics and cytogenetics: recent advancements and perspectives. *Genetica* 111: 359 – 373.
- Fontana, F., Zane, L., Pepe, A., Congiu, L., 2007. Polyploidy in *Acipenseriformes*: cytogenetic and molecular approaches. In: Pisano, E., Ozof-Costaz, C., Foresti, F., Kapoor, B., G., (eds.), 2007. *Fish cytogenetics*. Science Publisher, Enfield, Inc. New Hampshire, USA, pp. 385-403.
- Fontana, F., Congiu, L., Mudrak, V. A., Quattro, J. M., Smith, T. I. J., Ware, K., Doroshov, S. I., 2008. Evidence of hexaploid karyotype in shortnose sturgeon. *Genome* 51: 113-119.
- Gela, D., Rodina, M., Linhart, O., 2008. Řízená reprodukce jeseterů (*Acipenser*). *VÚRH JU, Vodňany*, č. 78, 24 s.
- Gela, D., Kahanec, M., Flajšhans, M., Rodina, M., Linhart, O., 2009. Chov chrupavčitých ryb ve Vodňanech. In: Kopp, R. (ed.), 2009. 60 let výuky rybářské specializace na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně: sborník referátů z konference s mezinárodní účastí konané v Brně 2. a 3. prosince 2009, MZLU, Brno, pp. 99-94.
- Gela, D., Kahanec, M., Rodina, M., 2012. Metodika odchovu raných stadií jeseterovitých ryb. *Edice metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, č. 126, 46 s.
- Gela, D., Veis, D., Nebeský, V., 2013. Unikátní kolekce jeseterů ve Vodňanech se rozrostla o dva nové druhy. Dostupné na: <<http://www.frov.jcu.cz/cs/aktuality-2013/unikatni-kolekce-jeseteru-ve-vodnanech-se-rozrostla-o-dva-nove-druhy>>. Staženo 13.3. 2014.
- Gessner, J., Freyhof, J., Kottelat, M., 2010. *Acipenser gueldenstaedtii*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Staženo 28. 2. 2014.

- Gorshkova, G., Gorshova, S., Gordin, H., Knibb, W., 1996. Karyological studies in hybrids of Beluga, *Huso huso* (L.) and the Russian *Acipenser guldenstati* Brant. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh* 48: 35-39.
- Grant, P. R., Grant, B. R., 1994. Phenotypic and genetic effects of hybridization in Darwin's finches. *Evolution* 48: 297-316.
- Havelka, M., Hulák, M., Bailie, D. A., Prodöhl, P. A., Flajšhans, M., 2013. Extensive genome duplication in sturgeons: new evidence from microsatellite data. *J. Appl. Ichthyol.* 29: 704-708.
- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., Bowen, B. W., 2009. *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2nd ed., 720 s.
- Hochleithner, M., Gessner, J., 1999. *The Sturgeons and Paddlefishes of the World*. AquaTech Publications, Austria, 207 pp.
- Hochleithner, M., 2004. *Störe – Biologie und Aquakultur*. AquaTech Publications, pp. 9-222.
- Hung, S. S. O., 1991. Nutrition and feeding of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): an overview. In: Williot, P., (ed.), 1991. *Proceedings of the First International Symposium on the Sturgeon*. Cemagref, France, pp. 65-77.
- Chebanov, M., Galich, E., 2011. *Sturgeon Hatchery Manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 558, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Ankara, Turkey, 325 p.
- Chikhatchev, A. S., Putina, E. P., Savtchenko, S. W., 1981. Prichiny odchoda molodi gibridov osetrovkykh pri vyrashchivani v basejnach. *Rybn. Khoz.* 7. 36-38.
- IUCN - The International Union for Conservation of Nature 2013. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.2. Dostupné na: <www.iucnredlist.org>. Staženo 28. 2. 2014.
- Jenneckens, I., Meyer, J. N., Debus, L., Pitra, C., Ludwig, A., 2000. Evidence of mitochondrial DNA clones of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, within Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, caught in the River Volga. *Ecol. Lett.* 3(6): 503-508.
- Jirásek, J., Spurný, P., Mareš, J., Ondra, R., Peňáz, M., Baruš, V., Prokeš, M., 1997. Biologické a ekologické aspekty intenzivního odchovu plůdku jeseterů v podmínkách České

- republiky. Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu GA ČR č. 509/94/0345. MZLU v Brně a ÚEK AV ČR v Brně, pp. 143.
- Kim, D. S., Nam, Y. K., Noh, J. K., Park, C. H., Chapman, F. A., 2005. Karyotype of North American shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum* with the highest chromosome number in the *Acipenseriformes*. *Ichthyol. Res.* 52, 94-97.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Kašpar, V., Gela, D., Hulák, M., Rodina, M., Linhart, O., 2012. Metodické postupy při aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybářství. *Edice Metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, č. 119, 53 s.
- Kocour, M., Kašpar, V., Gela, D., Flajšhans, M., 2011. Způsoby osemeňován jiker při umělé reprodukci ryb z hlediska následného využití potomstva. *Edice Metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, č. 133, 38 s.
- Krieger, J., Hett, A. K., Fuerst, P. A., Artyukhin, E., Ludwig, A., 2008. The molecular phylogeny of the order *Acipenseriformes* revised. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 36-45.
- Kynard, B., Suci, R., Horgan, M., 2002. Migration and habitats of diadromous Danube River sturgeons in Romania: 1998–2000. *J. Appl. Ichthyol.* 18: 529-535.
- Leary, R. F., Allendorf, F. W., Knudsen, K. L., 1983. Developmental stability and enzyme heterozygosity in rainbow trout. *Nature* 301: 71-73.
- Lelek, A., Council of Europe, European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources (eds.), 1987. The freshwater fishes of Europe: Threatened Fishes of Europe v. 9. Wiesbaden: Aula-Verlag, 1st ed., 343 s.
- Linhart, O., Rodina, M., Boryshpolets, S., 2011. Hodnocení čerstvého spermatu ryb. *Edice Metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, č. 114, 26 s.
- Ludwig, A., 2006. A sturgeon view on conservation genetics. *Eur. J. Wildl. Res.* 52: 3-8.
- Ludwig, A., 2008. Identification of *Acipenseriformes* species in trade. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 2-11.
- Ludwig, A., Belfiore, N. M., Pitra, C., Svirsky, V., Jenneckens, I., 2001. Genome duplication events and functional reduction of ploidy levels in sturgeon (*Acipenser*, *Huso* and *Scaphirhynchus*). *Genetics* 158: 1203-1215.
- Ludwig, A., Debus, L., Jenneckens, I., 2002. A molecular approach for trading control of black caviar. *Int. Rev. Hydrobiology*, 87: 661–674.

- Ludwig, A., Lippold, S., Debus, L., Reinartz, R., 2009. First evidence of hybridization between endangered starlets (*Acipenser ruthenus*) and exotic Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) in the Danube River. *Biol. Invasions*, 11: 753-760.
- Luhan, R. 2014. Ústní sdělení. Jednatel společnosti Baha s.r.o. divize rybářství, Osiková 1589/15, České Budějovice, 370 08, (24.2.2014).
- Maury-Brachet, R., Rochard, E., Durrieu, G., Boudou, A., 2008. The "storm of the century" (December 1999) and the incidental escape of Siberian sturgeons (*Acipenser baeri*) in the Gironde estuary (SW France): an original bioindicator for metal contamination, *Environ. Sci. Pollut. R.*, 15(1): 89-94.
- McGinnity, P., Stone, C., Taggart, J. B., Cooke, D., Cotter, D., Hynes, R., McCamley, C., Gross, T., Ferguson A., 1997. Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. *ICES J. Mar. Sci.* 54: 998-1008.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Maolileidigh, R. N. O., Baker, N., Cotter, D., Rogan, G., Taggart, J., Cross, T., O'Hea, B., Cooke, D., 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proc. R. Soc. B.* 270: 2443-2450.
- Memis, D., Ercan, E., Çelikkale, M. S., Timur, M., Zarkua, Z., 2009. Growth and Survival Rate of Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) Larvae from Fertilized Eggs to Artificial Feeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 9: 47 – 52.
- Nikolyukin, N. I., 1964. Some observations on the histological structure of the gonads of sturgeon hybrids. *Trudy VNIRO* 55: 145-157.
- Nikolyukin, N. I., 1968. Hybridization of *Acipenseridae* and its practical significance. All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography Moscow. Dostupné na: <<http://www.fao.org/docrep/005/b3310e/B3310E25.htm>>.
- Ohno, S., Muramoto J., Stenius C., Christian L., Kitterell W. A., 1969. Microchromosomes in holocephalian, chondrosteian and holostem fishes, *Chromosoma*, 226: 35-40.
- Omoto, N., Maebayashi, M., Adachi, S., Arai, K., Yamauchi, K., 2005. Sex ratio of triploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* female × *Acipenser ruthenus* male). *Aquaculture*, 245: 39-47.

- Paraschiv, M., Suciu R., Suciu M., 2006. Present State of Sturgeon Stocks in the Lower Danube River, Romania. Proceedings of the 36th International Conference of IAD, Austrian Committee Danube Research; Vienna, Austria. September 4–8, pp. 152-158.
- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguiere, J. C., Flajšhans, M., Haffray, P., Kolombo, L., 2009. Polyploid fish and shellfish: production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 239: 125-156.
- Petochi, T., Di-Marco, P., Donadelli, V., Longobardi, A., Corsalini, I., Bertotto, D., Finoia, M., G., Marino, G., 2011. Sex and reproductive stage identification of sturgeon hybrids (*Acipenser naccarii* × *Acipenser baerii*) using different tools: ultrasounds, histology and sex steroids. *J. Appl. Ichthyol.* 27(2): 153-162.
- Prokeš, M., Baruš, V., Peňáz, M., 2000: Akvakulturní chov jeseterů v České republice (Aquaculture of sturgeons in the Czech Republic). In: Mikešová J. (ed.), Sb. referátů ze IV. české ichtyologické konference. Vodňany, 2000, JU a VÚRH ve Vodňanech, pp. 140-143.
- Reddy, P. V. G. K., 2000. Genetic Resources of Indian Major Carps. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 387, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, 76 pp.
- Rieseberg, L. H., Sinervo, B., Linder, C. R., Ungerer, M., Arias, D. M., 1996. Role of gene interactions in hybrid speciation: evidence from ancient and experimental hybrids. *Science* 272: 741-745.
- Ruban, G., I., 1997. Species structure, contemporary distribution and status of the Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*. *Environ. Biol. Fish.*, 48: 221-230.
- Ruban, G., I., 2005. The Siberian Sturgeon *Acipenser baerii* Brandt: Species Structure and Ecology. Norderstedt: Books on Demand, 203 s.
- Ruban, G., Bin Zhu, 2010. *Acipenser baerii*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Staženo 20. 2. 2014.
- Safronov, A. S., Filipová, O. P., 2000. Experiment on rearing the hybrid of Russian (*Acipenser gueldenstaedtii* Br.) × Siberian (*Acipenser baeri* Br.) sturgeon in the warm water fish farm in the Vologda Region. In: Sturgeon on the reshold of the XXIst century. Astrakhan, September 11-15, 2000, Book of Abstracts, 317-318.

- Serebryakova, E. V., 1972. Some data on the chromosome complexes in *Acipenseridae*. In: Cherfas, B. I., (Ed.), 1972. Genetics, selection, and hybridization of fish. KeterPress Binding, Wiener Bindery Ltd., Jerusalem, Israel, pp. 98-106.
- Scribner, K. T., Page, K. S., Bartron, M. L., 2000. Hybridization in freshwater fishes: a review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 10: 293-323.
- Scheerer, P. D., Thorgaard, G. H., 1983. Increased survival in salmonid hybrids in induced triploidy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40, 2040-2044.
- Scheerer, P. D., Thorgaard, G. H., Seeb, J. E., 1987. Performance and developmental stability of triploid tiger trout (brown trout female x brook trout male). *Trans. Amer. Fish. Soc.* 116: 92-97.
- Siegwarth, G. L., Summerfelt, R. C., 1993. Performance comparison and growth models for walleyes and walleye x Sauger hybrids reared for two years in intensive culture. *Progr. Fish Culturist* 55: 229-235.
- StatSoft, 2014. STATISTICA (data analysis software system), verze 12 CZ. StatSoft Inc. Dostupné na: <www.statsoft.com>.
- Steffens, W., Jaehnichen, H., Fredrich, F. 1990. Possibilities of sturgeon culture in Central Europe. *Aquaculture* 89: 101-122.
- Symonová, R., Flajšhans, M., Sember, A., Kořínková, T., Havelka, M., Gela, D., Rodina, M., Rábová, M., Ráb, P., 2013. Molecular cytogenetics in artificial hybrid and highly polyploid sturgeons: an evolutionary story narrated by repetitive sequences. *Spec. issue Molecular Cytogenetics of Fishes, Cytogenet. Genome. Res.* 141(2-3): 153-162.
- Szczepkowski, M., Kolman, R., Szczepkowska, B., 2000. A comparison of selected morphometric characteristics of the juveniles of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) and its hybrid with Russian sturgeon (*Acipenser Gueldenstaedti* brandt). *Arch. Pol. Fish.* 8 (2): 193-204.
- Szczepkowski, M., Kolman, R., Szczepkowska, B., 2002. Postembryonic development, survival and growth rate of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) larvae. *Arch. Pol. Fish.* 10 (1): 63-72.
- Štěch, L., Linhart, O., Shelton, W. L., Mims, S. D., 1999. Minimally invasive surgical removal of ovulated eggs from paddlefish (*Polyodon spathula*). *Aquacult. Int.*, 7: 129-133.

- Tranah, G., Campton, D. E., May, B., 2004. Genetic Evidence for Hybridization of Pallid and Shovelnose Sturgeon. *J. Hered.* 95: 474-480.
- Vaccaro, A. M., Buffa, G., Messina, C. M., Santulli, A., Mazzola, A., 2005: Fatty acid composition of a cultured sturgeon hybrid (*Acipenser naccarii* × *Acipenser baerii*). *Food Chem.* 93, 627-631.
- Vachta, R., 2010. Historický vývoj a perspektiva chovu jeseterovitých ryb u nás. In: Intenzita chovu ryb a ekologické aspekty v rybářství. Sborník z konference SRŠ a VOŠ VHE Vodňany, 2010, pp. 46-52.
- Van der Sluijs, I., Van Dooren, T. J., Seehausen, O., Van Alphen, J. J., 2008. A test of fitness consequences of hybridization in sibling species of Lake Victoria cichlid fish. *J. Evol. Biol.* 21: 480-491.
- Wei, Q., W., Zou, Y., Li, P., Li, L., 2011. Sturgeon aquaculture in China: progress, strategies and prospect assessed on the basis of nation-wide surveys (2007-2009). *J. Appl. Ichthyol.* 27: 162-168.
- Wolf, D. E., Takebayashi, N., Rieseberg, L. H., 2001. Predicting the risk of extinction through hybridization. *Conserv. Biol.* 15: 1039-1053.
- Wu, J., Huang, J., Han, X., Gao, X., He, F., Jiang, M., Jiang, Z., Primack, R. B., Shen, Z., 2004. The Three Gorges Dam: an ecological perspective. *Front. Ecol. Environ.* 2(5): 241-248.

9. Přílohy

Příloha: Tabulky s pozorovanými průměrnými hodnotami hmotností a přežití u všech experimentálních skupin za všechny časové úseky s vyjádřením počtu testovaných jedinců.

Tab. 4. Hodnoty reprodukčních ukazatelů.

Typ křížení	Oplozenost (%)	Líhivost (%)
R×S	92,8 ^a	63,4 ^a
S×R	93,6 ^a	69,4 ^c
S×S	90,0 ^{ab}	55,4 ^{ab}
R×R	85,2 ^b	53,6 ^b

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší ($p < 0,05$).

Tab. 5. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití v kolíbkách (11. - 37. den).

Typ křížení	Průměrná hmotnost (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	15,0 ^a ± 1	1363	643	47,2 ^c
S×R	11,5 ^b ± 0,5	1492	860	57,6 ^b
S×S	12,0 ^b ± 0	1247	862	69,1 ^a
R×R	12,0 ^b ± 1	1207	796	65,9 ^a

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší ($p < 0,05$).

Tab. 6. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití ve žlabech (38. - 101. den) a jejich označení.

Typ křížení	Označení	Průměrná hmotnost + SD (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	Modře	16,7 ^a ± 8,24	640	342	53,4 ^a
S×R	Červeně	18,3 ^a ± 8,10	640	380	59,4 ^d
S×S	Žlutě	22,3 ^a ± 10,43	640	273	42,7 ^b
R×R	Růžově	19,8 ^a ± 10,95	640	202	31,6 ^c

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší ($p < 0,05$).

Tab. 7. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití v kruhové nádrži 1 (102. - 151. den).

Typ křížení	Kruhová nádrž 1			
	Prům. hm. + SD (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	31,3 ^{ab} ± 12,22	100	99	99 ^a
S×R	38,3 ^a ± 8,48	100	99	99 ^a
S×S	35,7 ^a ± 13,37	100	98	98 ^a
R×R	25,6 ^b ± 11,15	100	94	94 ^a

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší ($p < 0,05$).

Tab. 8. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití v kruhové nádrži 2 (102. - 151. den).

Typ křížení	Kruhová nádrž 2			
	Prům. hm. + SD (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	30,3 ^a ± 13,24	100	89	89 ^a
S×R	29,0 ^a ± 5,79	100	98	98 ^b
S×S	25,3 ^a ± 9,43	100	99	99 ^b
R×R	23,2 ^a ± 11,48	100	87	87 ^a

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší (p<0,05).

Tab. 9. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití ve velkém odchovném bazénu 1 (152. - 262. den).

Typ křížení	Bazén 1			
	Prům. hm. + SD (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	61,4 ^a ± 28,97	99	84	84,8 ^a
S×R	46,9 ^{ab} ± 17,34	99	81	81,8 ^a
S×S	53,2 ^a ± 23,02	98	85	86,7 ^a
R×R	45,9 ^b ± 13,92	99	22	23,4 ^b

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší (p<0,05).

Tab. 10. Pozorované hodnoty průměrných hmotností, počáteční a konečný stav přežití ve velkém odchovném bazénu 2 (152. - 262. den).

Typ křížení	Bazén 2			
	Prům. hm. + SD (g)	Počáteční stav (ks)	Konečný stav (ks)	Přežití (%)
R×S	63,8 ^a ± 24,30	89	56	62,9 ^a
S×R	59,0 ^a ± 23,72	98	74	75,5 ^a
S×S	63,9 ^a ± 26,53	99	90	90,9 ^b
R×R	42,6 ^a ± 19,66	87	24	27,0 ^c

Skupiny s rozdílným abecedním znakem se od sebe signifikantně liší (p<0,05).

10. Abstrakt

Jeseteři jsou jednou z nejstarších skupin obratlovců žijících na naší planetě a jejich polyploidní původ je předurčuje k častým mezidruhovým hybridizacím. Tyto mezidruhové a dokonce i mezirodové hybridizace byly popsány jak v přírodních, tak i v akvakulturních podmínkách. Doposud však nebylo studováno fitness takovýchto hybridů ve vztahu k původním rodičovským druhům, které může mít zásadní vliv pro zlepšení produkce jeseterovitých ryb. Cílem této práce bylo porovnat reprodukční ukazatele (oplozenost, líhivost) a růstové ukazatele cíleně vytvořených hybridů jesetera ruského (*Acipenser gueldenstaedtii*) a jesetera sibiřského (*A. baerii*) s jejich rodičovskými druhy. Celé sledování bylo provedeno do 262 dne po vykulení. Lze předpokládat, že tyto sledované parametry mohou mít zásadní vliv na fitness jedinců. Nejvyšších hodnot oplozenosti a zároveň i líhivosti dosáhl hybrid mezi jeseterem sibiřským a jeseterem ruský (*A. baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂). Naopak nejnižších hodnot oplozenosti a líhivosti dosáhla kontrolní skupina jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*). V počátečních fázích odchovu do 37. dne od vykulení vykazovaly vyšší úroveň přežití kontrolní skupiny čistých rodičovských druhů, zatímco od 37. dne odchovu se tento trend nepatrně obrátil ve prospěch hybridů a na konci experimentu dosahovala nejnižších hodnot přežití kontrolní skupina jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*). Celkově nejnižších hodnot růstu za celé experimentální období měla také kontrolní skupina jesetera ruského (*A. gueldenstaedtii*). Oproti tomu celkově nejlepší růstové ukazatele byly pozorovány u hybridu jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) a to i přesto, že do 101. dne od vykulení naopak rostl nejpomaleji ze všech sledovaných skupin. Vzhledem ke zjištěným výsledkům, se jeví tento typ hybridu jako nejvhodnější pro intenzivní chov v akvakultuře v průběhu prvního roku života. Zároveň lze na základě zjištěných výsledků konstatovat, že hybrid jesetera ruského a jesetera sibiřského (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) je vhodný pro chov v polykultuře s ostatními druhy jeseterů. Z celkového pohledu může být chov hybridů jeseterovitých ryb perspektivní alternativou pro akvakulturu, avšak záleží na typu hybridu a na účelu chovu.

Klíčová slova: jeseter sibiřský, jeseter ruský, hybrid, akvakultura, reprodukční ukazatele, přežití, růst

11. Abstract

Sturgeons (order Acipenseriformes) are supposed to be one of the oldest groups of vertebrates still living on our planet. Moreover, their polyploid ancestry makes them very susceptible for interspecific hybridization. These interspecific and intergeneric hybrids have been already described in nature as well as in captivity. Nevertheless, the fitness of sturgeon hybrids in comparison with pure species has not been studied yet even though it can have significant impact on sturgeon aquaculture production.

The main goal of this study was to investigate and compare reproductive features (fertilization rate and hatching rate), survival rate and growth rate of artificially produced hybrids of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*) with their pure parental species. The experiment was performed till 262 day after hatching. It was supposed that these observed features could have significant impact on fitness of analyzed individual/groups. The highest reproductive features had hybrid between Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) females and Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*) males while purebred group of Russian sturgeon displayed the lowest values of fertilization and hatching rate. At the beginning of the experiment, the highest survival rate was shown by purebred groups of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*), but this trend were slightly changed after 37th day post hatching. At the end of the experiment, the lowest value of survival rate was shown by purebred group of Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*). Similarly, the lowest growth rate was also owned by purebred group of Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*). In contrast, the best total growth rate was observed for hybrids between Russian sturgeon and Siberian sturgeon (*A. gueldenstaedtii* ♀ × *A. baerii* ♂) even though they grew slower until 101st day after hatching. Therefore, given the evidence discussed, this kind of hybrid could be suggested for intensive aquaculture and might be also suitable for polycultures stock. Finally, breeding of sturgeon hybrids might be seen as an effective alternative to pure species in sturgeon aquaculture, but suitable kind of hybrid must be selected.

Keywords: *Acipenser baerii*, *Acipenser gueldenstaedtii*, hybrid, aquaculture, reproductive features, survival rate, growth rate