

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech

Diplomová práce

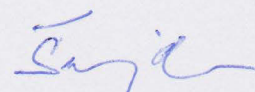
**Indukce a potenciální využití monosexních populací
candáta obecného (*Sander lucioperca*) v intenzivním
chovu**

Autor:	Bc. Pavel Švejda
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.
Konzultant diplomové práce:	MSc. Oleksandr Malinovskyi, Ph.D.
Studijní program a obor:	Rybářství a ochrana vod
Forma studia:	Prezenční
Ročník:	3.

České Budějovice, 2023

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

V Českých Budějovicích



Bc. Pavel Švejda

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Tomáši Policarovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a trpělivost během psaní mé diplomové práce.

Dále jmenovitě děkuji svému konzultantovi MSc. Oleksandru Malinovskyi, Ph.D., Bc. Petru Dobrovolnému, DiS., Milanu Kraftovi, Mgr. Tomáši Pěnkovi, Ing. Václavu Kučerovi, MSc. Aiman Imentai, Ph.D., Filipu Kupkovi, DiS. a všem pracovníkům VÚRH Vodňany, kteří mi vypomáhali při realizaci experimentu mé diplomové práce a za konzultace, které mi poskytli.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také svým rodičům a blízkým za podporu, kterou mi věnovali po celou dobu mého vysokoškolského studia.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Pavel ŠVEJDA
Osobní číslo:	V20N000P
Studijní program:	N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor:	Rybářství a ochrana vod
Téma práce:	Indukce a potenciální využití monosexních populací candáta candáta obecného (<i>Sander lucioperca</i>) v intenzivním chovu
Zadávací katedra:	Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Zásady pro vypracování

Candát obecný (*Sander lucioperca*) patří mezi významné doplňkové hospodářsky významné druhy ryb sladkovodní akvakultury. Jeho současná produkce tržních ryb plně nedosahuje jak kvalitativního, tak i kvantitativního požadavku trhu v celé Evropě. Tržní candát je především produkován odlovem z divokých populací, které se vyskytují ve volných vodách. Hlavním problémem současné produkce tržních ryb tohoto druhu je sezónní charakter a velká kvalitativní rozkolísanost a nestabilita. Z tohoto důvodu se v posledních dvaceti letech po celé Evropě realizuje poměrně intenzivní aplikovaný výzkum s cílem dosáhnout vyšší, vyrovnanější a vysoce kvalitní produkce tržních ryb candáta obecného. V zemích jako je Česká republika, Polsko, Maďarsko, Německo, Francie, Belgie, Nizozemsko a další vznikly postupně erudované vědecké týmy, které ve spolupráci se vznikajícími malými produkčními podniky optimalizovaly řízení sezónní a mimosezónní výtěry generačních ryb, odchov larev, juvenilních a tržních ryb v kontrolovaných podmínkách tzv. Recirkulačních Akvakulturních Systémů (RAS). Díky této chovatelsko-technologické inovaci je každoročně část tržní produkce candáta obecného (cca 5 % z celkové evropské produkce, což představuje 500-700 tun ročně) dosahována touto technologií chovu. V takovémto způsobu chovu tržní ryby candáta obecného dosahují finální kusové hmotnosti 1-2 kg za 18 – 24 měsíců, kdy ryby jsou chované v optimálních podmínkách prostředí: teplota vody (21-23 °C), obsah rozpuštěného kyslíku (100 – 120 %), pH (6,8-7,2), koncentrace volného amoniaku a dusitanů (pod 0,5 mg.l⁻¹) s použitím kvalitních umělých krmiv v podobě pelet. Tento způsob chovu je poměrně náročný a nákladný. Proto jednotlivé směry současného výzkumu hledají možnosti, jak růst candáta ještě více zvýšit, zkrátit tak jeho produkční interval a současně snížit produkční náklady a zvýšit rentabilitu jeho intenzivních chovů. Jedním ze způsobů, jak této možnosti dosáhnout, je využít uměle indukovaných a produkovaných celosamičích populací candáta obecného v intenzivních chovech. Předpokládá se, že celosamičí populace candáta obecného budou v intenzivní akvakultuře, stejně jako celosamičí populace okouna říčního (*Perca fluviatilis*), dosahovat podstatně rychlejšího růstu (až o 30%) než normální bisexuální populace. Celosamičí populace candáta obecného je možné přímo uměle indukovat pomocí aplikace pohlavního steroidu 17- β -estradiol v krmivu. Ovšem tato přímá feminizace candáta nemůže být v EU použita v chovu potravinových zvířat. Takto vyprodukované celosamičí populace candátů mohou být využity jen jako experimentální skupiny ve vědecké práci, při které se bude porovnávat rychlost růstu celosamičí populace versus bisexuální či celosamičí populaci. Další metodou, jak indukovat a produkovat celosamičí populace candáta je tzv. nepřímá feminizace využívající v prvním technologickém kroku maskulinizaci populace candátů pomocí steroidu 17 β -methyltestosteronu. Tím dojde k produkci celosamičí populace, produkující maskulinizované jikernačky či někdy také nazývané jako neomales. Tyto maskulinizované jikernačky (neomales) po pohlavní dospělosti produkují zralé spermie, které obsahují samičí pohlavní chromozómy. Jestliže dojde k oplození jiker takovýmto spermatem výsledkem je potom produkce 100 % celosamičí populace candáta bez použití pohlavních steroidů, kdy takto produkované ryby mohou být využity pro produkci tržních ryb určených na konzum. Cílem této diplomové práce bude experimentálně otestovat účinnost různých koncentrací 17 β -methyltestosteronu v krmivu (30 a 50 mg.kg⁻¹) v kombinaci s různou délkou použití (30 a 60 dní) ve věku juvenilních ryb candáta obecného 50 dní po vylíhnutí na maskulinizaci dané populace. Takto vytvořené experimentální populace budou odchovány v RAS až do pohlavní dospělosti odchovávaných ryb, kdy v tomto okamžiku bude vyhodnocena efektivita maskulinizace v podobě frekvence výskytu makulinizovaných jikernaček. Dále u jednotlivých populací bude sledován růst a přežití

Rozsah pracovní zprávy: 50 – 70 stran
Rozsah grafických prací: podle potřeby
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

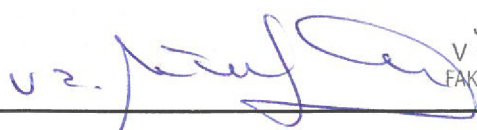
Seznam doporučené literatury:

- Policar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany 141: 46 s.
- Policar T., Křišťan, J., Hampel, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, 169: 54 s.
- Policar, T., Schaefer, F., Panana, E., Meyer S., Teerlinck S., Toner, D., Žarski, D., 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology – Tackling bottlenecks. *Aquaculture International*, 27: 1151-1174.
- Policar, T., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Pěnka, T., Kolářová, J., 2021. Optimalizovaná reprodukce a efektivní chov candáta obecného (*Sander lucioperca*) zajišťující produkci kvalitního násadového materiálu. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 187: 50 s.
- Rougeot, C., Jacobs, B., Kestemont, P., Melard, C., 2002. Sex control and sex determinism study in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*, by use of hormonally sex-reversed male breeders. *Aquaculture* 211:81-89
- Rougeot, C., Mélard, C., 2008. Genetic improvement of growth. In: Rougeot C, Torner D (eds) *Farming of Eurasian Perch*, special publication BIM no 24, Bord Iascaigh Mhara, Dublin, Ireland, pp 42-51
- Rougeot, C., 2015. Chapter 23: Sex and ploidy manipulation in percid fishes. In: Kestemont P, Dabrowski K, Summerfelt RC (eds) *Biology and Culture of Percid Fishes-Principles and Practices*. Springer, New York, USA, pp. 625 – 634.
- Demska-Zakes, K., Zakes, Z., 1997. Effect of 17 α -methyltestosterone on gonadal differentiation in pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. *Aquaculture Research*, 28: 59-63.

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

Konzultant diplomové práce: **MSc. Oleksandr Malinovskyi, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **8. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2022**



prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

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



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

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Literární přehled	10
2.1	Monosexní populace v chovu ryb.....	10
2.1.1	Pohlaví ryb a jeho determinace a diferenciaci.....	10
2.1.2	Indukce monosexních populací v chovu ryb.....	16
2.1.3	Využití monosexních populací v chovu ryb.....	22
2.2	Candát obecný <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	26
2.2.1	Systematické zařazení	26
2.2.2	Charakteristika druhu	26
2.2.4	Hospodářský význam a celosvětová produkce	31
2.2.5	Chov candáta	32
3	Materiál a metodika	38
3.1	Experimentální ryby	38
3.2	Design experimentu.....	39
3.2.1	Indukce maskulinizovaných jikernaček a feminizovaných mlíčáků pomocí přímé maskulinizace a feminizace (54-114 DPH).....	40
3.2.2	Chov hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v podmínkách recirkulačního systému (RAS).....	43
3.2.3	Chov hormonálně ošetřených jedinců candáta obecného ve věku 536-728 DPH v podmínkách s přirozeným teplotním režimem s cílem dosáhnout optimálního vývoje gonád a pohlavní zralosti	47
3.2.4	Finální ukončení a vyhodnocení odchovu hormonálně ošetřených skupin ryb candáta obecného.....	49
3.2.5	Statistické zpracování dat.....	50
4	Výsledky	51

4.1	Úspěšnost indukce s cílem získat maskulinizované jikernačky a feminizované mlíčáky pomocí hormonálních aditiv přidaných do krmiva	51
4.2	Růstové parametry a produkční ukazatele hormonálně ovlivněných skupin	56
4.2.1	Dosažené přírůstky testovaných skupin candáta obecného po dobu experimentu	56
4.2.2	Specifická rychlost růstu testovaných skupin candáta obecného po dobu experimentu	58
4.2.3	Krmný koeficient (FCR)	59
4.3	Zdravotní stav a kondice testovaných skupin.....	60
4.3.1	Přežití a kanibalismus	60
4.3.2	Fultonův koeficient (FC).....	62
4.3.3	Tělesné indexy testovaných skupin na konci odchovu	63
5	Diskuse.....	68
6	Závěr	72
7	Seznam odborné literatury	73
8	Příloha.....	90
9	Abstrakt.....	93
10	Abstract	94

1 Úvod

Candát obecný *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) (dále jen L.) je velmi cenným, v přírodě loveným i akvakulturně chovaným rybím druhem. Má jemné maso bez mezisvalových kůstek s výbornými nutričními i sensorickými vlastnostmi, díky čemuž je konzumenty rybiho masa velmi oblíben. To je také jeden z hlavních důvodů vysoké poptávky na trhu po mase candáta, jehož cena je v důsledku nedostatku tohoto druhu příčinou jeho vysoké ceny.

V současné době v produkci candáta na evropském trhu dominuje odlov přirozeně se vyskytujících populací z volných vod, konkrétně v kazachstánských, ruských a estonských jezerech. Jejich výlov pomocí vlečných sítí však bohužel tamní, původní populace decimuje a zároveň narušuje ekosystémovou rovnováhu (FAO, 2012).

Ideálním východiskem pro ochranu původních populací a zároveň pro dostatečné zásobování čerstvého candátího masa na evropský trh je jeho akvakulturní produkce především v intenzivních systémech. Takových systémů ve střední a západní Evropě v posledních letech přibýlo, přesto však tyto nejsou schopny zásobovat trh v dostatečné míře. Candát obecný je jedním z nejperspektivnějších rybích druhů s velkým potenciálem v biodiverzifikaci sladkovodní akvakultury a v kontinuálním zásobování trhu kvalitním rybím masem. Je druhem, který za dodržení ideálních podmínek chovu vykazuje relativně rychlý růst, zároveň toleruje vyšší biomasu v chovných nádržích. Mimo fázi raného odkrmu dobře přijímá předkládaná peletová krmiva, snáší také vyšší salinitu vody.

V současnosti je vědecky popsáno i v praxi vyzkoušeno více typů částečně či plně řízené reprodukce tohoto druhu, během hospodářského chovu se pravidelně docíluje vysokého přežití, byly provedeny série krmných testů v různých fázích odchovu, jiné studie sledovaly kyslíkový režim (Policar a kol., 2021; Pěnka a kol., 2023). V posledních letech literatura zmiňuje také pokusy o triploidizaci u candáta (Blecha a kol., 2016a; Káldy a kol., 2021).

U řady druhů ryb literatura uvádí alometrie v rychlosti růstu. U candáta obecného byla popsána zejména převaha samičího pohlaví v populaci mezi jedinci většího vzrůstu (> 55 cm) (M'hetli, M. a kol., 2011). Často je zmiňována také pozdější pohlavní dospělost samic (Raikova-Petrova a Živkov, 1998), jež mohou svou energii investovat do somatického růstu namísto gonád. Tyto poznatky inspirovaly tuto práci, jejíž cílem je indukovat monosexní populace jedinců candáta obecného za použití hormonálně účinných látek

s androgenizačním i feminizačním účinkem. Následná budoucí reprodukce těchto jedinců by mohla vést k produkci monosexní obsádky, uplatnitelné na trhu a v souladu s legislativou ČR a EU. Toto však již nebylo cílem této práce.

2 Literární přehled

2.1 Monosexní populace v chovu ryb

2.1.1 Pohlaví ryb a jeho determinace a diferenciac

Hayes (1998) popisuje determinaci pohlaví u ryb jako událost, která u bipotentní gonády určuje budoucí vývoj v samčí či samičí pohlavní orgán. Dle Brykov (2014) je u ryb pozorováno nejsložitějšího komplexu vzorů sexuálních struktur, projevující se velmi rozmanitými typy reprodukce a genetických mechanismů určující pohlaví.

Rozmanitost pohlavní determinace a vývoje gonád zjištěná u ryb nebyla zaznamenána u žádné ze skupin dalších obratlovců. U ryb byl doposud pozorován gonochorismus (pevně oddělená pohlaví), dále asynchronní a dokonce i synchronní (simultánní) hermafroditismus či samovolná gynogenez (Devlin a Nagahama, 2002). Ryby jsou zároveň jedinou skupinou obratlovců, u kterých byla zjištěna přítomnost zástupců hermafroditů, podstupujících během svého života změnu pohlaví (Choat a Robertson, 1975; Shapiro, 1979).

2.1.1.1 Genotypová determinace pohlaví u ryb

U většiny gonochoristických zástupců ryb bývá mechanismus genetického určení pohlaví determinován buď kritickým genem nebo polygeny na pohlavních chromozomech či autozomech (Kikuchi a Hamaguchi, 2013). V minulosti byl sledován karyotyp více než 1700 druhů ryb, přičemž u přibližně 10,5 % byla zjištěna přítomnost heteromorfních pohlavních chromozomů (Pandian, 2011). Nejčastějšími chromosomálními systémy určujícími pohlaví u ryb jsou systémy XX/XY s heterogametami u samců a ZZ/ZW s heterogametami reprezentující samičí pohlaví. Kromě těchto zmíněných systémů existují i jiné kombinace, zahrnující XX/X0, XX/XY₁Y₂, X₁X₂X₁X₂/X₁X₂Y, X₁X₂X₁X₂/X₁X₂X₁, ZZ/Z0 a ZZ/ZW₁W₂, které se u ryb vyskytující spíše zřídka (Mei a Gui, 2015). Velká variabilita systémů na pohlavních chromozomech byla zjištěna u čeledi Poeciliidae, kde byla dokonce zjištěna přítomnost systému 3 pohlavních chromozomů X, Y a W u jednoho a téhož druhu (Volf a Scharl, 2001; Schultheis a kol., 2009).

Některé studie uvádějí, že pohlaví některých druhů je determinováno geny na hned několika lokusech, dispergovaných napříč genomem či mnohonásobnou kombinací alel lokalizovanou na daném páru chromozomů. Tento typ determinace pohlaví se uvádí jako polygenní a je popisován například u dánia pruhovaného *Danio rerio* (Hamilton, 1822) (Bull, 1985; Liew a Orbán, 2014).

2.1.1.2 Environmentální determinace pohlaví ryb

U řady druhů ryb je pohlaví jedince řízeno vnějšími faktory, které dle Piferrer a kol. (2012) mohou interagovat s hormonálními, genetickými nebo epigenetickými regulačními drahami a pozměnit tak pohlavní vývoj ryb.

Nejčastěji zmiňovaným environmentálním faktorem ovlivňující pohlaví ryb je teplota vody. V současné době jsou popisovány 3 různé modely vlivu teploty na pohlaví ryb. V prvním modelu dává optimální teplota vzniknout samcům, zatímco suboptimální teplota v obou směrech indukuje vývoj samic (♀ – ♂ – ♀). U druhého modelu teplotně závislé determinace pohlaví vyvolává vyšší teplota vznik samic, zatímco nižší teplota indukuje vznik samců (♂ – ♀). Třetí model funguje stejně, jako druhý model, indukuje však opačná pohlaví (♀ – ♂) (Conover, 2004). Příkladem druhů ryb, jejichž pohlaví je ovlivněno pouze teplotou vody, je menidie kanadská *Menidia menidia* (Linnaeus, 1766) (Conover a Fleisher, 1986). U jiných druhů, včetně tlamouna nilského *Oreochromis niloticus* (L.) (Tao a kol., 2013) nebo sumečka tečkovaného *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) (Liu a kol., 2012) se na determinaci pohlaví podílí genotyp a současně teplota vody.

Vliv pH na pohlaví ryb byl prokázán například u druhů významných a využívaných v akvaristice, konkrétně u mečovky zelené *Xiphophorus helleri* Heckel, 1848 nebo cichlidky papouščí *Apistogramma cacatuoides* Hoedeman, 1951. U obou zmíněných druhů vyšší pH vody způsobovalo vyšší zastoupení samic v populaci (Rubin, 1985).

Dalším z environmentálních faktorů, působících na determinaci pohlaví ryb, je salinita vody (Yamamoto a kol., 2019). Vliv salinity vody na určení pohlaví mořčáka evropského *Dicentrarchus labrax* (L.) sledovali Saillant a kol. (2003). Ačkoli dle zmíněných autorů salinita vody neovlivňuje určení pohlaví tohoto druhu přímo, zdá se být součástí komplexu environmentálních vlivů, které determinaci pohlaví utvářejí.

Ve výjimečných případech je popisován vliv fotoperiody na determinaci pohlaví ryb. Brown a kol. (2014) ji popisují u druhu gavúnovce písečného *Leuresthes tenuis* (Ayres, 1860). Přehled forem ovlivnění, určení a determinace pohlaví u jednotlivých ryb zachycuje Obr. 1.



Obr. 1: Přehled forem ovlivnění, určení a determinace pohlaví u jednotlivých skupin ryb podle Devlin a Nagahama (2002), upraveno.

2.1.1.3 Diferenciace pohlaví u ryb

Diferenciace pohlaví u ryb je podle Bull (1983) definována jako proces vývoje gonád, který na základě molekulárních, genetických a fyziologických mechanismů vytváří samce či samice ze zygoty s určitým genotypem, který je daný a formovaný rodiči a prostředím.

Rozeznání období pohlavní determinace a diferenciace je však v praxi obtížné, neboť pohlavně diferenciatní kritéria, ať už morfologická, buněčná nebo molekulární, jsou často používána k odvození, pohlavní determinace těchto ryb (Devlin a Nagahama, 2002). U některých zástupců čeledi Serranidae nebo Grammatidae je zároveň popisováno období, ve kterém jsou gonády všech jedinců daného druhu intersexuální a k jejich diferenciaci pohlavních orgánů směrem k varlatům či vaječníkům dochází později (Sadovy a Colin, 1995; Asoh a Shapiro, 1997).

Pohlavní diferenciaci ryb dle Piferrer a Guiguen (2008) předchází diferenciaci a proliferace premordiálních zárodečných elementů z totipotentních blastomerů. Tento proces probíhá v časně embryogenezi jedince. Rudimentální základy gonád poté dle autorů procházejí obdobím pomalého somatického růstu bez zjevné histologické diferenciaci nebo zárodečné aktivity. Tato fáze může v závislosti na druhu trvat dny, měsíce nebo dokonce roky. Po tomto období dochází k pohlavní diferenciaci u ryb, která zpravidla nastává dříve u samic než u samců (Strüssmann a Nakamura, 2002). Jako příklad lze uvést tlamouna nilského. Proliferace zárodečných buněk samic tohoto druhu nastává v období 49 DPH (days post hatching = dny po vylíhnutí), zatímco u samců je tomu ve věku 98-119 DPH (Nakamura a Nagahama, 1989).

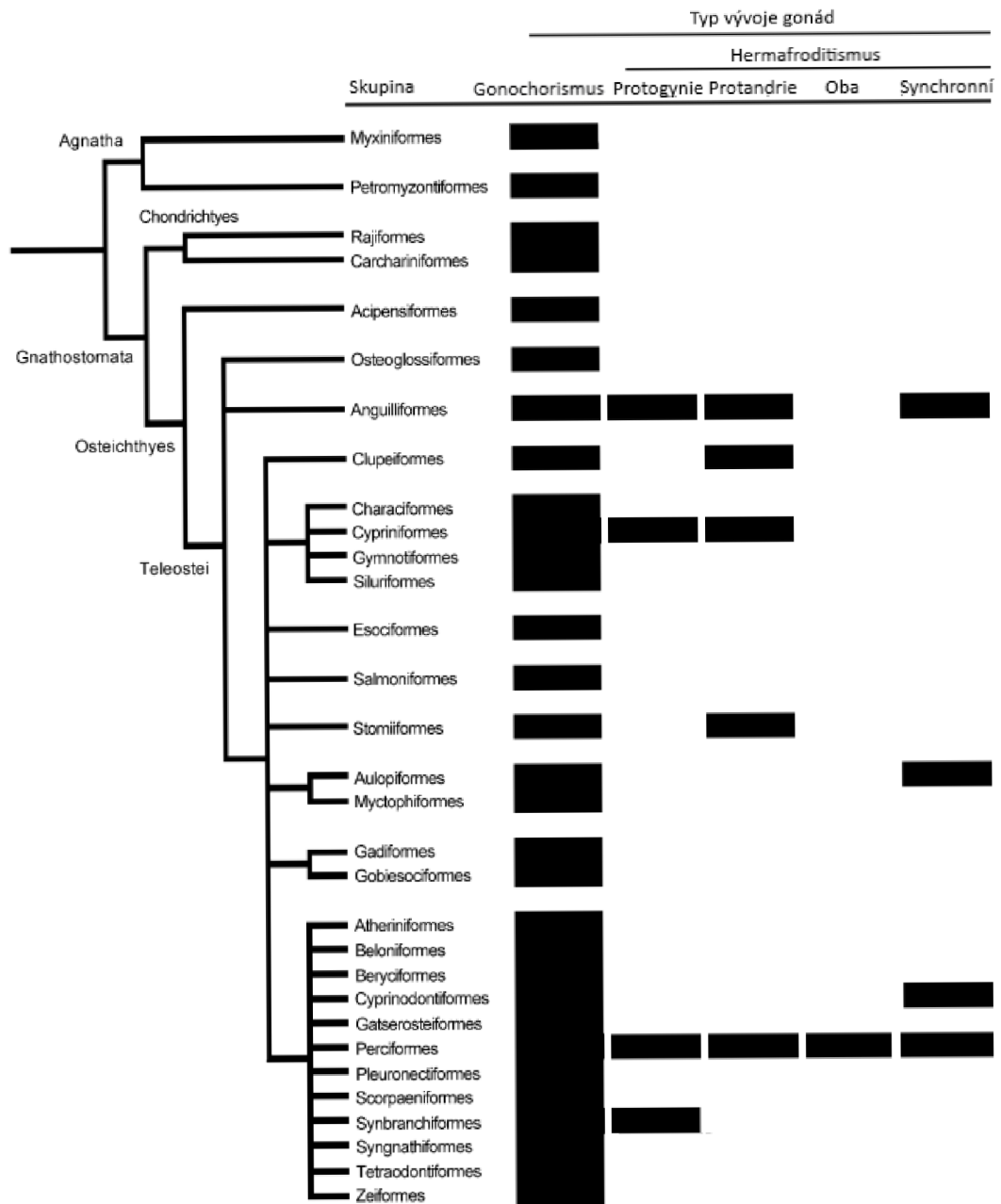
Budd a kol. (2015) uvádějí, že období diferenciaci pohlaví je periodou, která je nejčastěji využívána k aplikaci hormonálně účinných látek za účelem změny pohlaví u ryb. Autoři nicméně dodávají, že u některých druhů může být zvrát pohlaví úspěšně proveden v jakékoli fázi ontogeneze.

Přirozený zvrát pohlaví u ryb ve fázi diferenciaci pohlaví nebo pohlavní dospělosti

Zvrát pohlaví u některých druhů ryb může nastat i během fáze pohlavní diferenciaci či kdykoliv jindy během života na základě sociálních faktorů. Příkladem mohou být téměř všechny druhy podčeledi Epinephelinae, u kterých je popisována protogynie (Devlin a Nagahama, 2002; Nakamura a kol., 2022). Dle Murata a kol. (2009) se nediferenciované gonády těchto druhů u všech jedinců v populaci vyvinou ve vaječníky a pohlavně dozrají.

Po období reprodukce projdou jedinci zvratem pohlaví ze samic na samce (Nakamura a kol., 2005).

Opačným typem pohlavního vývoje jsou druhy protandrické, jejichž příkladem může být mořan Schlegelův *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker, 1854). Gonády asynchronně hermafroditního druhu se u všech jedinců nejprve diferencují ve varlata a zůstávají 2 roky samci. Třetím rokem jedinci začínají měnit své pohlaví na samice (Lee a kol., 2001). U obou progogynních i protandrických skupin ryb lze pozorovat změny pohlaví na základě sociální dynamiky a hierarchického uskupení v konkrétní rybě populaci/hejnu. Pokud v populaci významně převažuje jedno z pohlaví, poté nejméně nebo někdy dokonce nejvíce dominantní jedinci své pohlaví často změní (Devlin a Nagahama, 2002). Spontánní protogynie ani protandrie, stejně jako samovolná změna pohlaví na základě sociálních či jiných faktorů nebyla doposud pozorována u candáta obecného. Výjimkou může být zvrát pohlaví na základě přítomnosti polutantů, především endokrinních disruptorů ve vodě, pocházejících z lidské činnosti (Snyder a kol., 2003). Přehled typů vývoje gonád v rámci pohlavní diferenciacce napříč skupinami ryb zachycuje Obr. 2.



Obr. 2: Přehled typů vývoje gonád v rámci pohlavní diferenciace u ryb podle Devlin a Nagahama (2002), upraveno.

2.1.2 Indukce monosexních populací v chovu ryb

Indukce monosexních populací se v chovu ryb či jiných vodních organismů stala běžnou součástí akvakulturních postupů z důvodu rozdílů v užitkovosti mezi pohlavími. Metody indukce monosexních populací v chovu ryb se různí v závislosti na požadovaném pohlaví, změnách v genotypu jedinců i jejich aplikovatelnosti z hlediska legislativy.

2.1.2.1 Indukce monosexních populací pomocí genomových manipulací

Gynogeneze

Gynogeneze je v akvakultuře široce aplikovanou metodou s cílem produkovat celosamičí populace. Jedná se o typ unisexuálního rozmnožování, při kterém potomstvo dědí chromozomy pouze z mateřské strany a chromozomy z otcovské strany se při ní neuplatňují (Manan a kol., 2022). Důvodem je použití UV-radiace na spermie, která má za následek fragmentaci genomu těchto spermií a tyto následně nejsou schopny oplození vajíčka. Spermie tak slouží pouze k aktivaci vývoje vajíčka, které je v období rané embryogeneze vystaveno šoku za účelem duplikace genomu (rediploidizace; Thorgaard, 1986; cit. dle Emeffe a Sorhue, 2014; Pandian a Koteeswaran, 1998). Šoky používané v akvakultuře spočívají ve vystavení vajíčka výrazně suboptimální teplotě vody v obou směrech (tzv. chladové/teplé šoky), vysokému tlaku nebo výjimečně chemickým látkám.

Gynogeneze jsou známy dva typy, a sice meiotická a mitotická, lišící se obdobím, kdy je vajíčko vystaveno šoku. Pro meiotickou gynogenezí je typická expozice šoku v období anafáze druhého meiotického dělení a dochází při něm k zabránění oddělení sekundárního pólocyту. Při mitotické gynogenezí je šok aplikován později, v období prvního mitotického dělení (Hussain, 1998). Mitotická gynogeneze se oproti meiotické vyznačuje úplnou homozygotností, zároveň ale také nižší úrovní oplozenosti a přežití (Komen a Thorgaard, 2007).

Gynogeneze může být využita k produkci celosamičích populací u skupin ryb se samičími homogametami (Purdom, 1992; Pandian a Koteeswaran 1998). Samičí homogamety XX jsou popsány u některých okounovitých ryb, včetně candáta obecného (Craig, 2000).

Rougeot (2015) uvádí, že jedním z problémů při radiaci spermatu je inhibice motility spermií. Moore (1996), který studoval použití oplozovacích roztoků u candáta severoamerického *Sander vitreus* (Mitchill, 1818) proto sperma doporučuje před radiací

zředit v roztoku bicinu 1:10 a posléze přejít k UV – radiaci po dobu 160 sekund. Gynogeneze u candáta obecného nebyla doposud nikdy testována či zveřejněna, Grozea a kol. (2009) však popisují UV inaktivaci genomu spermatu candáta obecného s potenciálním využitím v indukci gynogeneze tohoto druhu. Meiotická gynogeneze u okouna říčního *Perca fluviatilis* (L.) a candáta severoamerického byla v minulosti testována následujícími autory (Malison a Garcia-Abiado, (1996); Rougeot a kol., (2005) a přestože se autorům podařilo dosáhnout celosamičí populace, gynogeneze u okounovitých ryb je používána zřídka. Důvodem je podle zmíněných autorů nízké přežití gynogenetických jedinců, z důvodu negativního působení teploty či tlaku během šoku a také vlivem výskytu neživotaschopných, recesivních alel u embryí. Jako další příčinu nízké využitelnosti gynogeneze u okounovitých ryb v praxi autoři uvádějí nižší rychlost růstu gynogenetické populace vlivem vysoké homozygotnosti oproti kontrolním, diploidním, heterozygotním jedincům (Rougeot, 2015).

Androgeneze

Androgeneze je podobně jako gynogeneze termínem popisující uniparetální způsob reprodukce. Pandian a Kirankumar (2003) popisují androgenezi jako vývojový proces umožňující budoucí generaci dědit pouze otcovskou část genomu. Indukce androgeneze vždy zahrnuje 2-3 kroky. Konkrétně počíná inaktivací mateřského genomu vajíčka, následovaného nejčastěji monospermickou aktivací haploidní spermií (Scheerer a kol., 1986), případně diploidní spermií (Thorgaard a kol., 1990) nebo dvěma spermii (Grunina a kol., 2006). V případě monospermické aktivace haploidní spermií dále následuje zadržení prvního mitotického dělení (Pandian a Kirankumar, 2003).

Úspěšná androgeneze, vedoucí k signifikantně vyššímu zastoupení samců u F1 populaci potomstva, byla zaznamenána u řady druhů významných v akvakultuře. Přehled a postup vedoucí k navození androgeneze u těchto druhů popisují Pandian a Kirankumar (2003) a Komen a Thorgaard (2007). Indukci androgeneze u candáta obecného ani jiných druhů rodu *Sander* literatura neuvádí. "

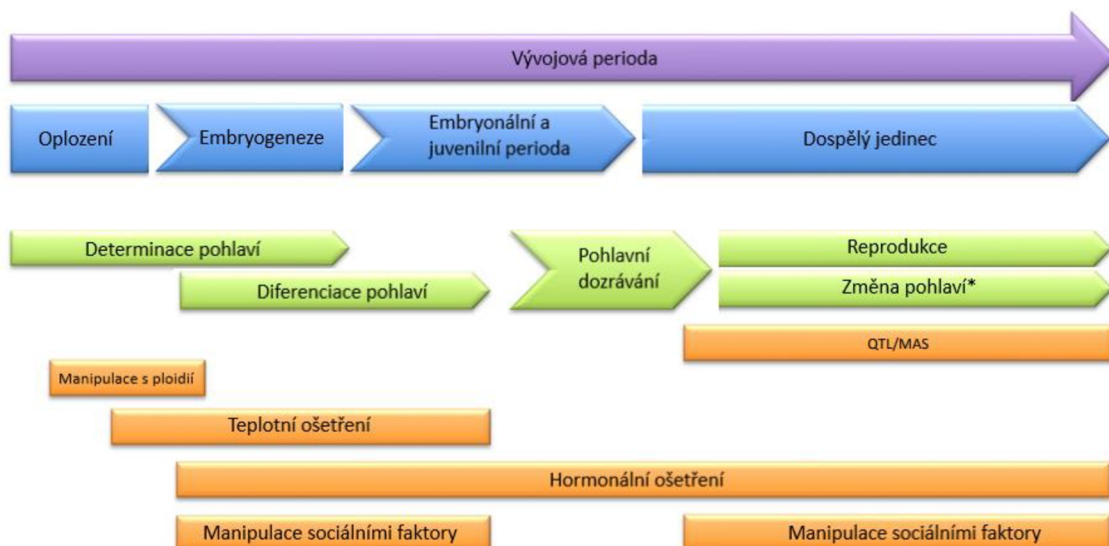
2.1.2.2 Hormonální indukce zvratu pohlaví u ryb

Jedním z vnějších faktorů, jež se může podílet na vývoji či formování pohlaví a jeho změně, je přítomnost exogenních pohlavních hormonů (Budd a kol., 2015). Přítomnost pohlavních steroidů – estrogenů a androgenů hraje zásadní roli v období diferenciaci pohlaví jedince. Estrogeny a androgeny jsou sekretem vyvíjejících se pohlavních orgánů

a jsou také zodpovědné za manifestaci primárních i sekundárních pohlavních znaků. Na rozdíl od vyšších obratlovců, hormonální ošetření pohlavními steroidy může pohlaví ryb funkčně změnit, a to navzdory pohlaví určenému genotypem jedince (Scholz a Klüver, 2009). Tato možnost změny pohlaví u ryb prostřednictvím hormonálních ošetření má velký význam v akvakultuře u druhů, kde chov pouze jednoho z pohlaví přináší větší produkci a následně ekonomický profit (Hunter a Donaldson, 1983). Androgeny a estrogeny za účelem zvratu pohlaví poprvé experimentálně využil Yamamoto (1953) přidáním těchto látek do předkládané potravy u medaky japonské *Oryzias latipes* (Temminck & Schlegel, 1846).

Jak již bylo naznačeno výše, kontrola pohlaví prostřednictvím exogenních pohlavních steroidů narozdíl od genomových manipulací neovlivňuje pohlavní determinaci, mění naopak diferenciaci pohlaví ryb (Piferrer, 2001). Yamamoto (1969) zdůrazňuje, aby pohlavní steroidy byly aplikovány v dávce odpovídající jak léčenému druhu, tak povaze a/nebo účinnosti steroidu a zároveň, aby bylo ošetření provedeno ještě před prvními náznaky diferenciaci gonád. Důvodem ke včasnému použití steroidních hormonů je výrazně vyšší sensitivita k těmto látkám v období nediferenciovaných gonád (Nakamura a Takahashi, 1973).

Pohlaví ryb prostřednictvím aplikace steroidních hormonů je možné měnit oběma směry. Zvrat pohlaví ze samce na samici je nazýván feminizace, v opačném případě, při zvratu pohlaví ze samičího na samčí pohlaví se jedná o maskulinizaci. Pro oba tyto typy zvrátů lze využít dvou metod, a sice přímé a nepřímé změny pohlaví ryb (Pandian a Sheela, 1995; Piferrer, 2012), které budou samostatně vysvětleny níže v textu této diplomové práce. Zásadní výhodou použití nepřímých metod podání androgenů či estrogenů je možnost uvedení výsledných jednopohlavních populací na trh pro potravinové konzumní účely, zatímco u přímých metod podání androgenů či estrogenů je toto v Evropské unii zakázáno (Úřední věstník Evropské unie, 2003). Možnosti kontroly pohlaví a průběhu ontogeneze ryb popisuje Obr. 3.



Obr. 3: Obecný model různých strategií kontroly a změny pohlaví ryb ve vztahu k pohlavnímu vývoji během ontogeneze podle Budd a kol. (2015). * Ke změně pohlaví nastává pouze u některých druhů ryb. Vysvětlivky použitých zkratk: QTL – lokusy kvantitativních vlastností, MAS – markery asistovaná selekce.

Literatura uvádí tři možnosti aplikace steroidních hormonů. Pandian a Sheela (1995) popisují perorální podání, hormonální koupel a injekční aplikaci těchto látek do organismu. Perorální způsob podání steroidních hormonů je nejrozšířenější metodou aplikace. Spočívá ve smíchání účinné látky s 95% ethanolem (Rougeot, 2015), vmísení této směsi do podávaného krmiva a následném odpaření alkoholu při pokojové teplotě. Na příkladu u hranáče šedého *Cyclopterus lumpus* (L.) byla popsána úspěšná indukce feminizace pomocí steroidními hormony obohacené žábřonožky solné *Artemia salina* (L.) (Martin-Robichaud a kol., 1994).

Výhodou intramuskulárního či intraperitoneálního podání hormonu je až desetkrát nižší spotřeba účinné látky než v případě perorálního podání (Hishida, 1965).

Nespornou výhodou perorálního podání a hormonální koupele je velké množství jedinců, kteří jsou ošetřeni hromadně. Hunter a Donaldson (1983) také popisují perorální podání jako metodu se zdaleka nejlepším příjmem steroidů pro tělo ošetřených ryb. Pandian a Sheela (1995) poukazují na vhodnost hormonální koupele pro chladnomilné druhy z důvodu možnosti aplikace koupelí u embryí ve stádiu endogenní výživy, která je u těchto druhů podstatně delší než u druhů teplomilných.

Maskulinizace

Přímá maskulinizace spočívá v podání androgenů jedinců během rané ontogeneze a způsobuje přímou změnu v žádoucí pohlaví (na samčí ze samičího) v dané generaci. Nepřímá maskulinizace, která funguje pouze u druhů s heterologními samičími chromozomy, oproti tomu je prováděna ve dvou krocích, přičemž žádaného pohlaví je docíleno až ve druhé generaci. V prvním kroku jsou jedincům aplikovány estrogény za účelem feminizace samců, u kterých tak dochází k tvorbě samičí pohlavní tkáně namísto samčí, genotypově však tyto ryby zůstávají samci. Jikry těchto samců jsou po dosažení jejich pohlavní dospělosti oplozeny spermatem hormonálně neovlivněných samců, což způsobuje indukci celosamčí populace (Pandian a Sheela, 1995).

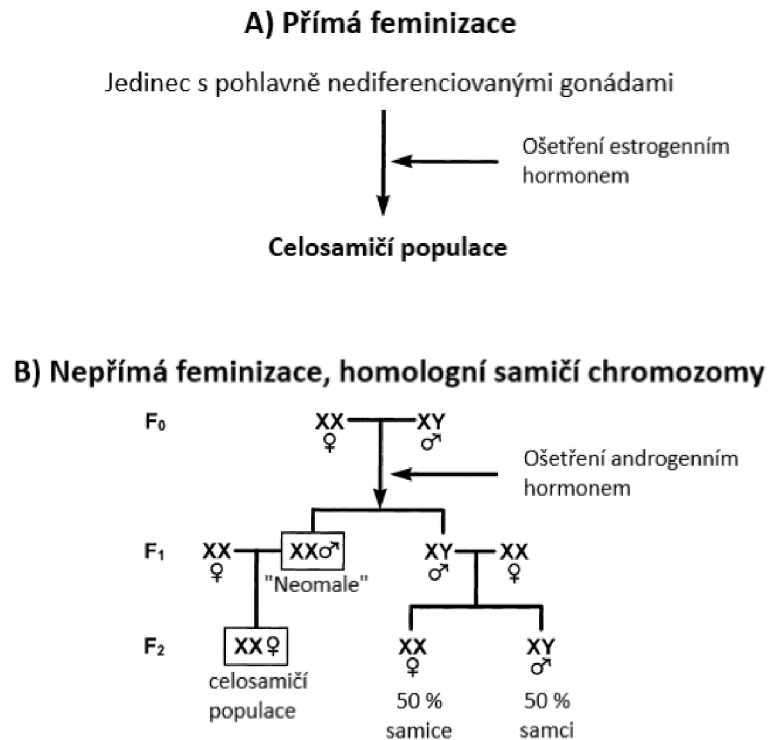
Protokoly k hormonální terapii ryb pomocí androgenů jsou známy pro 47 druhů, především okrasných ryb a cichlid, včetně tlamouna nilského (Fuentes-Silva a kol., 2013) nebo druhů čeledi Poeciliidae (Chakraborty a kol., 2012; Mousavi-Sabet a Ghasemnezhad, 2013). Nejpreferovanějším hormonem, používaným ke změně pohlaví u ryb je 17 α -methyltestosteron, literatura však uvádí také aplikaci 19-norethynyltestosteronu nebo methylandrosteronu. 11-ketotestosteronu nebo androsteronu (Yamazaki, 1983; Pandian a Sheela, 1995; Pandian a Kirankumar, 2003). Ariyanto a kol. (2012) jako alternativu proti syntetickým látkám pro maskulinizaci uvádějí možnost využití propolisu, pryskyřice produkované včelami.

Feminizace

Principem přímé feminizace je podání estrogenů jedincům v rané fázi ontogeneze a jejich přímý zvrát v žádoucí pohlaví (v samičí ze samčího) v dané generaci bez ohledu na pohlavní determinaci ani homologicitu či heterologicitu daného pohlaví. Z toho důvodu je tato metoda velmi oblíbenou metodou. Pokud je vhodně nastaveno dávkování a délka expozice hormonů, jsou jedinci se zvráceným fenotypem pohlaví k nerozeznání od jedinců daného pohlaví (Piferrer, 2001).

Nepřímá feminizace je vhodná pro druhy se samičími homogametami (systém determinace pohlaví XX u samic). Nepřímá feminizace se provádí ve dvou krocích. V prvním kroku jsou jedincům podány androgeny, čímž dojde k maskulinizaci samic, u kterých dochází k tvorbě samčí pohlavní tkáně namísto samičí, genotyp těchto jedinců však zůstává samičí. Tito jedinci jsou nazýváni jako tzv. neomales (samci s pohlavními chromozomy XX). V druhém kroku jsou spermie zmíněných neomales použity k osetení jiker steroidními hormony neovlivněných samic, což vede k produkci

celosamičí populace (Hunter a kol., 1982; Blazquez a kol., 1999). Schéma přímé a nepřímé feminizace u ryb popisuje Obr. 4.



Obr. 4: Schéma procesu přímé a nepřímé feminizace u ryb podle Piferrer (2001), upraveno. Jako „neomale“ je označován jedinec, jehož gonády se tvarově podobají vaječnicům, uvnitř se však vyskytuje pouze nebo převážně samčí pohlavní tkáň.

Přímá i nepřímá feminizace byly v minulosti úspěšně aplikovány u řady produkčně významných druhů, včetně okounovitých ryb (Percidae). Malison a Garcia-Abiado (1996) popisují oba způsoby feminizace u okouna žlutého *Perca flavescens* (Mitchill, 1814) a candáta severoamerického, tedy druhů blízké příbuzných candátu obecnému. Malison a kol. (1986) popisují úspěšnou přímou indukci celosamičí populace pomocí 17 β -estradiolu u okouna žlutého o celkové délce (TL) 20-35 mm v dávkách 15-120 mg.kg⁻¹ po 84 dní. U candáta severoamerického byl pozorován počátek oogeneze při TL jedinců 75 mm u samic, zatímco počátek spermatogeneze u samců se objevil až po TL 150 mm (Malison a kol., 1990). Přímá feminizace tohoto druhu nebyla doposud sledována (Malison a Garcia-Abiado, 1996). Nicméně již více jak 20 let můžeme

v Severní Americe sledovat poměrně intenzivní snahu o produkci celosamičí populace tohoto druhu nepřímou feminizací (Malison a Held, 1998).

Pro indukci feminizace byla otestována celá řada látek, z nichž velmi často používaným estrogenem je 17 β -estradiol, používanými alternativami jsou diethylstilbestrol nebo 17 α -ethynylestradiol. Souhrn používaných estrogenních látek uvádí Piferrer (2001).

Rougeot a kol. (2002) provedli nepřímou feminizaci okouna říčního. V prvním kroku použili přímou maskulinizaci za použití 17 α -methyltestosteronu v dávkách 40, 60 a 80 mg.kg^{-1} u jedinců o kusové hmotnosti na počátku 43, 71, 150 nebo 220 mg s dobou expozice 30 nebo 80 dní. Autoři pozorovali 100 % maskulinizaci při použití této metody u kusové hmotnosti 43 a 71 mg, nejednoznačný poměr pohlaví a přítomnost intersexuálních a sterilních jedinců naopak autoři zjistili při použití ošetřených okounů s hmotností 150 a 220 mg. V druhém kroku autoři provedli nepřímou feminizaci při použití sperma XX samců k oplození jiker hormonálně neovlivněných samic a následně dosáhli 95-100 % samičí populace.

U candáta obecného je uváděn počátek diferenciacce pohlaví při TL 80 mm a hmotnosti 6,5 g (Demska-Zakęs a Zakęs, 1995; cit dle Rougeot, 2015). Přímou maskulinizaci, pravděpodobně jako první krok nepřímé feminizace u candáta obecného studovali Demska-Zakęs a Zakęs (1997). Autoři uvádějí úspěšnou maskulinizaci u jedinců ošetřených 17 α -methyltestosteronem v dávce 30 mg.kg^{-1} diety s expozicí po dobu 21 dní. Vyšší dávka androgenu dle autorů způsobovala vyšší podíl samic, intersexuálních a sterilních jedinců. Indukci feminizace při použití butyl benzyl ftalátu u candáta obecného, společně s opožděním pohlavní diferenciacce, pozorovali Jarmołowicz a kol. (2014). Látka byla podávána perorálně v krmivu v období 61-96 DPH v dávkách 4-16 g.kg^{-1} .

2.1.3 Využití monosexních populací v chovu ryb

Akvakultura je v současné době dle statistik FAO (2016) celosvětově nejrychleji rostoucí potravinářský sektor na světě, a to i přes stagnaci sladkovodní evropské akvakultury v posledních dvou dekadách (FAO, 2022). Akvakultura se také stala nejrychleji rostoucí technologií pro zmíněný potravinářský sektor (Anderson a kol., 2017). Ke zvýšené produkci ryb nepochybně výrazně přispělo využití různých geneticko-molekulárních metod, které doznaly v uplynulých desetiletích značného pokroku. Jedná

se zejména o selekční programy, šlechtění, hybridizaci či chov ryb v monosexních populacích (Foresti, 2000).

Zvláště kontrola pohlaví má ve farmovém chovu ryb zásadní roli a přináší chovateli řadu výhod. Nejvýznamnějšími benefity plynoucími z chovu monosexních populací ryb budou popsány níže.

2.1.3.1 Prevence předčasného dozrávání pohlavních produktů a nekontrolované reprodukce v chovu ryb

Kontrola a případné omezení či usměrnění dosažení pohlavní dospělosti a tvorby pohlavních produktů, případně samovolné, nekontrolovatelné reprodukce ryb během jejich chovu určeného k produkci tržních ryb k lidské spotřebě se týká mnoha akvakulturně chovaných druhů ryb. Nekontrolovaný růst pohlavních orgánů a jejich produktů totiž s sebou nese celou řadu negativ. Piferrer a kol. (2009) zmiňují spojitost mezi pohlavní dospělostí ryb a jejich nižší rychlostí růstu, výskytem častých onemocnění, poškození těla a výskytu častého a vyššího stresu. Především u samic lososovitých ryb, somatická tkáň poskytuje živiny, karotenoidní pigmenty a energii k produkci žloutkového váčku. Tyto látky následně ve svalovině samic chybí, což negativně ovlivňuje technologické a organoleptické vlastnosti masa ryb (Tyler a kol., 1990; Cerdà a kol., 2008; Aussanasuwannakul a kol., 2011; Manor a kol., 2012). V chovu lososa obecného *Salmo salar* (L.) po dosažení pohlavní dospělosti u chovaných ryb kromě snížené kvality masa upozorňuje Taranger (1993) také na vyšší mortalitu těchto ryb. Ridha (2011) popisuje negativní fenomén samovolné reprodukce u tlamouna nilského a poukazuje na signifikantně vyšší produkci a výtěžnost tržních ryb u tohoto druhu při aplikaci celosamčích populací v chovu. V takovémto chovu dochází k omezení nekontrolované reprodukce a přerybnění chovných rybníčků samicemi a juvenilí tlamounů a následně vyšší a vyrovnanější produkci v rybníčních chovech s produkčním intervalem 4-6 měsíců.

2.1.3.2 Chov monosexních populací ryb z důvodů vyšší rychlosti růstu

U řady druhů ryb byla zjištěna alometrie v rychlosti růstu. Příkladem může být opět tlamoun nilský. U tohoto druhu byl zjištěn výrazně rychlejší růst a vyšší konverze krmiva (nižší FCR) u samců oproti samicím (Beardmore a kol., 2001; Budd a kol., 2015). U pstruha duhového je naopak uváděn rychlejší růst samic oproti samcům (Bye a Lincoln, 1986).

Dle Craig (2000) rostou samice všech druhů okounovitých ryb (Percidae) rychleji než samci. Vyšší rychlost růstu samic oproti samcům, až o 25 %, byla zaznamenána u okouna říčního (Mélard a kol., 1996; Fontaine a kol., 1998). Rychlejší růst samic je dále popisován u okouna žlutého (Malison a kol., 1986; Rougeot, 2015). Produkce celosamičích populací u okounovitých ryb, mezi které se candát obecný řadí, by tak ve velkých provozech mohla zlepšit efektivitu a celkovou rentabilitu chovu (Malison a kol., 1986; Kestemont a Mélard, 2000).

2.1.3.3 Chov monosexních populací v chovu okrasných ryb

Chov okrasných ryb je nezastupitelnou součástí akvakultury a obchodu s rybami po celém světě. Je odhadováno, že celosvětově je ročně na trhu okrasných ryb obchodováno s 1 miliardou ryb, náležící k více než 5300 druhům ryb, což představuje přibližně 1/6 všech žijících druhů ryb na světě (Helfman, 2007). Andrews (1990) uvádí, že více než 90 % ryb pro obchod s okrasnými rybami je produkováno v akvakultuře. I zde má chov monosexních populací své uplatnění. Význam chovu pouze jednoho pohlaví v chovu okrasných ryb tkví především v rozdílném vzhledu mezi pohlavími, přičemž jedno z pohlaví často bývá pestře zbarvené, zatímco druhé pohlaví je zbarvené spíše nenápadně (Piferrer a Lim, 1997). Druhy s výrazným pohlavním dimorfismem, spočívajícím v pestřejším zbarvení jednoho z pohlaví, lze nalézt mimo jiné u čeledi Poeciliidae, Osphronemidae, Nothobranchiidae, Melanotaenidae, Cyprinidae nebo Cichlidae.

Fernando a Phang (1994) popisují výrazné zbarvení především u samců a celosamčí populace hodnotí jako velmi atraktivní pro chovatele akvarijních ryb. Příkladem chovu celosamčí populace může být živorodka duhová *Poecilia reticulata* Peters, 1859. Samci tohoto druhu jsou známi v mnoha barevných varietách a jejich celosamčího chovu lze docílit pomocí přímé maskulinizace za využití 17 α -methyltestosteronu (Turan a kol., 2006). Za stejným účelem lze v praxi úspěšně provést přímou maskulinizaci u bojovnice pestré *Betta splendens* Regan, 1910 (Kavumpurath a Pandian, 1994) nebo

u duhovky Boesemanovy *Melanotaenia boesemani* (Allen & Cross, 1980) (Albasa a kol., 2019).

2.1.3.4 Chov monosexních populací za účelem zhodnocení pohlavních produktů

Ačkoli je ve většině případů pohlavní dozrávání v chovu ryb určených k lidské spotřebě kontraproduktivní (viz. 2.1.3.1), existují případy, kdy jsou jikry a následně z nich vyrobený kaviár hlavním produktem takového chovu (Ihssen a kol., 1990). Potom se snaha o tvorbu celosamičích populací za účelem produkce kaviáru týká jeseterovitých ryb. K produkci celosamičí populace jeseterů se nejčastěji využívá meiotická gynogeneze, jež byla doposud aplikována u řady druhů jeseterů, například u: jesetera sibiřského *Acipenser baerii* Brandt, 1869 (Fopp-Bayat 2007), jesetera malého *Acipenser ruthenus* (L.) (Fopp-Bayat a kol., 2007; Fopp-Bayat a kol., 2018), jesetera ruského *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833 a jesetera hvězdnatého *Acipenser stellatus* Pallas, 1771 (Recoubratsky a kol., 2003). Flynn a Benfey (2007) způsobili přímou feminizaci značné části obsádky jesetera krátkorypého *Acipenser brevirostrum* Lesueur, 1818 aplikací 17α -MT do krmiva.

2.2 Candát obecný *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)

2.2.1 Systematické zařazení

Současná taxonomie druhu dle Nelson a kol. (2016) a Van Der Laan a kol. (2014):

Třída: Actinopterygii Klein, 1885

Řád: Perciformes Bleeker, 1863

Čeleď: Percidae Rafinesque, 1815

Podčeleď: Luciopercinae Jordan & Evermann, 1896

Rod: *Sander* Oken, 1817

Druh: *Sander lucioperca* Linnaeus, 1758

2.2.2 Charakteristika druhu

2.2.2.1 Popis těla

Candát obecný je dravou rybu s protáhlým, válcovitým tělem, pokrytým drsnými, ktenoidními šupinami. Hlava je klínovitá a mírně zploštělá. Na hlavě se nacházejí široce rozeklaná ústa s velkým množstvím zubů, včetně tzv. „psích zubů“. Tyto zuby se nacházejí po jednom páru na horní i spodní čelisti. Přítomnost „psích zubů“ je spolu s rozeklenutými ústy, jejichž osa dosahuje až za zadní okraj oka, jedním z charakteristických determinačních znaků candáta obecného. Díky těmto znakům je možné candáta obecného rozlišovat od jiných druhů rodu *Sander*, například od dospělých jedinců candáta východního *Sander volgensis* (Gmelin, 1789) (Baruš a kol., 1995). Candát obecný má velké, poměrně rostrálně uložené, na světle opaleskující oči, jež jsou adaptovány i na velmi slabé světelné podmínky (Pospíšil, 1998). Dungel a Řehák (2005) uvádějí, že počet tyčinek 1. žaberního oblouku se pohybuje okolo 13 a se zvyšujícím se věkem ryby může mírně stoupat (Baruš a kol., 1995).

Počet obratlů je u candáta obecného 46, počet šupin v postranní čáře se až na výjimky pohybuje mezi 82-97 ks (Oliva a kol., 1968; Terofal, 1997). Ploutevní vzorec uvádí Baruš a kol. (1995) následovně: D1 XII-XV; D2 I-III, 19-23; A I-III, 9-12; P 15; V I, 5. Hřbetní ploutev je dvojitá, přičemž přední hřbetní ploutev je tvořena výraznými tvrdými paprsky, zatímco zadní ploutev je tvořena měkkými, větvenými paprsky. Candát obecný dorůstá podle Hanela (1997) délky až 1,3 m a hmotnosti až 13 kg. Baruš a kol. (1995) uvádějí, že candát obecný dosahuje až 15-20 kg.

Zbarvení těla je zelenošedé na hřbetní části, ventrálně světlejší, břicho bílé nebo šedé. Na hřbetě a po bocích se nachází 8-12 černo zelených pruhů, které s přibývajícím věkem jedince začínají mít charakter skvrn (Dungel a Řehák, 2005). Zbarvení ploutví je převážně šedé či nazelenalé až hnědé. Břišní a řitní ploutev mají velmi slabý, oranžový nádech. Na hřbetní a ocasní ploutvi se vyskytují tmavé skvrny, jež jsou často uspořádány do řad (Hanel a Lusk, 2005).

V trávicím traktu candáta je přítomný žaludek. Embryonální vývoj trávicího traktu zkoumala Ostaszewska (2005), která uvádí, že u čerstvě vylíhlých larev je trávicí trakt založen pouze jako rovná trubice s nediferencovanými buňkami. Dále se mezi 15. až 30. dnem po vykuknutí embrya zakládá žaludek a pylorické přívěsky střeva, kterých je u tohoto druhu celkem 7 (Dvořák a kol., 2014). Candát obecný, stejně jako všechny druhy řádu Perciformes, se řadí ke skupině „*Physoclisti*“, tedy k rybám, u kterých v dospělosti plynový měchýř není spojen s trávicím traktem (Baruš a kol., 1995). Tato skutečnost podmiňuje vytvářet optimální podmínky v odchovu raných stádií candáta obecného před naplněním plynového měchýře (viz kapitola 2.2.4.2).

Počet chromozómů u $2n$ jedinců je 48 (Ráb a kol., 1987). Jankun a kol. (2014) popisují karyotyp candáta obecného v následujícím složení: 15 párů submetacentrických chromozómů, 8 párů sub-telocentrických chromozómů a 1 pár metacentrických chromozómů. Autoři dále uvádějí, že ve své studii u candáta obecného nezjistili přítomnost morfologicky odlišných, pohlavních chromozómů. Rougeot (2015) toto tvrzení potvrzuje a vztahuje ho na celou čeleď Percidae. Autorka však upozorňuje, že pohlaví je u zmíněné čeledi chromozomálně řízeno. Homologní samičí XX a heterologní samčí chromozomy XY byly v minulosti zjištěny ve studiích zaměřených na ploidii a zakládání monosexních populací, a to nejen u candáta obecného (Craig, 2000), ale také u příbuzného candáta severoamerického nebo okouna žlutého (Malison a Garcia-Abiado, 1996).

2.2.2.2 Biologie a potrava

Baruš a kol. (1995) popisují candáta obecného jako typickou rybu tzv. „cejnového pásma“, poměrně náročnou na obsah kyslíku. Polícar a kol. (2014) upozorňují na citlivost candáta obecného vůči organickému zatížení vody. Preferuje tvrdé, členité, kamenité až písčité dno, daří se mu i v zatopených nádržích po těžbě šterkopísku nebo údolních nádržích (Dungel a Řehák, 2005; Baruš a kol., 1995). Je rybou spíše stanovištní, delší

migrace podniká pouze v období rozmnožování na místa, kde nachází ideální substrát pro výtěr (Baruš a kol., 1995).

Candát obecný je rybou žijící v hejnech. Hejno zpravidla tvoří jedinci podobného vzrůstu i věku. Velikost takového hejna se s velikostí jedinců postupně snižuje. Velcí dospělci žijí potom už pouze samotářsky. Denní aktivita candáta nastupuje především za soumraku a za rozbřesku, velmi aktivní dle Hanela (1997) bývá v období zvýšených průtoků, kdy je voda zakalená. Zimu dle Holčíka a Mihálíka (1971) přečkává v hlubších partiích řek a nádrží ve značném fyziologickém útlumu a jeho potravní aktivita je v tomto období snižena. Ovšem je nutné brát v patrnosti, že i v zimním období candát potravu přijímá.

Potravní nároky

Candát obecný přechází na exogenní výživu od 4.–6. dne od vylíhnutí embrya, kdy larva měří 5,04 – 5,80 mm (Ostaszewska, 2005; Baruš a kol., 1995). První přirozenou potravou je drobný zooplankton (Baruš a kol., 1995). Potravní preference larev a juvenilních candátů studovali Peterka a kol. (2003). V rybníčních podmínkách preferuje candát jako první potravu dle těchto autorů především nauplia cyclopoidních klanonožců, naopak vířníci (Rotifera) nebo nosatička obecná *Bosmina longirostris* (Müller, 1776) jsou v potravě candáta zastoupeny nevýrazně. Rovněž ostatní zástupci řádu perlooček (Cladocera) nejsou do velikosti juvenilních candátů (TL do 15 mm) potravě preferováni.

V prvním, někdy dokonce až druhém roce života, přechází candát na plně piscivorní zdroj potravy. Potravní nároky a přechod na piscivorní způsob obživy zkoumali Persson a Brönmark (2002). Tito autoři zjistili, že rychlost růstu pozitivně koreluje s časným nástupem přechodu na rybožravý způsob obživy. Piscivorní jedinci mohou dle Musila a Kouřila (2006) růst dokonce až 2,5krát rychleji než jedinci planktonofágní. Balik a kol. (2006) sledovali potravní nároky populace candáta v Turecku a zjistili vyrovnaný poměr obratlovců a bezobratlých v potravě candáta ve velikosti TL = 150-190 mm. Větší candáti preferují v potravě velikostně větší obratlovce, konkrétně ryby.

Z vlastního pozorování Luska (cit. dle Baruše a kol., 1995) se v potravě jedinců o celkové délce TL = 350-650 mm vyskytovali nejčastěji plotice obecná *Rutilus rutilus* (L.), cejnek malý *Blicca bjoerkna* (L.), cejn velký *Abramis brama* (L.), okoun říční nebo ouklej obecná *Alburnus alburnus* (L.). Tyto ryby byly zároveň nejhojnějšími druhy

ve sledované lokalitě. Candát dle Turesson a kol. (2002) aktivně vyhledává potravu spíše menší velikosti. Autor toto zdůvodňuje vyšším relativním ziskem energie z takové kořisti, a to díky kratšímu intervalu vynaloženému na její lov.

2.2.2.3 Pohlaví a rozmnožování

Pohlavní dimorfismus není mimo období tření snadno rozlišitelný. Oliva (1953; cit. dle Baruše a kol., 1995) uvádí delší párové ploutve u samců tohoto druhu. Pohlavní dimorfismus u candáta obecného sledovali Parés Casanova a Cano (2014). Výsledky těchto autorů poukazují na kratší a zřetelně dorzálně-konvexní tvar těla u samců. V období reprodukce je řadou autorů popisováno zvětšené, zaoblené a především světlé až čistě bílé břicho samic. Samci mívají břišní partii naopak šedou až mramorovanou. Z vlastního pozorování Luska a Pokorného (cit. dle Baruše a kol., 1995) nicméně tito autoři považují zmíněné znaky k rozlišení pohlaví za ne zcela spolehlivé.

Nástup pohlavní dospělosti je silně ovlivněn rychlostí růstu a vnějšími vlivy. Nagiéc (1977) zaznamenal nástup pohlavní dospělosti u jedinců žijících v polských jezerech v rozmezí 3-8 let. Naopak Raikova-Petrova a Živkov (1998) u Bulharských populací zjistili pohlavně dospělé samce už mezi prvním a druhým rokem života. Samci často dospívají o rok dříve než samice (Dubský a kol., 2003; Lappalainen a kol., 2003).

Vývoj gonád u candáta obecného studovali Zakęs a Demska-Zakęs (1996). Autoři uvádějí časnější počátek oogeneze u samic (už od celkové délky TL 79 mm) než začátek spermatogeneze u samců (nezpozorována u jedinců o TL = 89 mm, W = 4,26 g v rybníčních podmínkách s přirozenou výživou ani u jedinců o TL = 121 mm, W = 14,56 g). Candát je druhem se synchronním dozríváním oocytů (Lappalainen a kol., 2003). Jak tvrdí Hokanson (1977), výtěr u tohoto druhu v přírodě nastává jednou ročně a jikry jsou uvolňovány z těla ryb všechny v jedné dávce. Růst vaječníků je dle tohoto autora přirozeně stimulován poklesem teploty na úroveň, při které je pozastaven somatický růst (viz kapitola 2.2.5.2).

Výtěrová teplota u candáta je závislá na podnebí a charakteru biotopu, v němž se daný jedinec vyskytuje. Za přirozenou výtěrovou teplotu je považována teplota v rozmezí 10-16 °C (Schlumberger a Proteau, 1996; Ruuhijärvi a Hyvärinen, 1996). Candát obecný se řadí ke druhům fytofilním, případně psamofilním. Samec tohoto druhu v období tření vyhledává výtěrový substrát, nejčastěji kořeny, případně písek nebo štěrky. Toto místo následně slouží jako výtěrové hnízdo, které samec neopouští a čistí od sedimentovaného

kalu až do vykolení embryí (Balon a kol., 1977; Lappalainen a kol., 2003; Feiner a Höök, 2015). Relativní plodnost samic se pohybuje mezi 100 000-200 000 jiker.kg⁻¹ hmotnosti samice a 1 gram jiker obsahuje 1500-2000 ks jiker (Schlumberger and Proteau, 1996; Kucharczyk a kol., 2007; Rónyai, 2007). Jako optimální pro inkubaci embryí zmiňuje Kokurewicz (1969) rozmezí teplot 12-16 °C. Při teplotě 16 °C se délka inkubační doby dle Lappalainen a kol. (2003) pohybuje mezi 8-9 dny, tedy přibližně 120-150 D°. Velikost čerstvě vylíhnutého embrya se v závislosti na velikosti jikry pohybuje mezi 4,5-5,5 mm (Schlumberger and Proteau, 1996).

2.2.2.4 Rozšíření

Oblast přirozeného výskytu candáta obecného severně ohraničují jižní Skandinávie včetně Finska, na východě se candát vyskytuje až po povodí vtékající do Černého a Kaspického moře a Aralského jezera. Na Balkánském poloostrově se původně vyskytoval pouze v řece Merica. Západní hranici jeho původního výskytu tvoří povodí řek Labe a Dunaje (Holčík a Mihálik, 1971; Baruš a kol., 1995). Do České republiky, stejně jako do celé střední Evropy, se candát rozšířil po poslední době ledové. A ačkoliv dle Baruše a kol. (1995) v rámci zmíněného areálu nevytváří morfologicky odlišné formy či poddruhy, Tsaparis a kol. (2022) popisují 2 geneticky rozlišitelné populace. První z nich se dle autorů vyskytuje v severní Evropě, včetně oblasti Baltského moře, druhá z populací se nachází ve střední Evropě. Candát obecný je druhem tolerantním k vyšší salinitě vody a přirozeně se vyskytuje v brakických a slaných vodách některých oblastí Baltského, Černé a Azovského moře (Balon a kol., 1977; Baruš a kol., 1995).

Candát obecný byl v minulosti regulovaně i neregulovaně vysazován do mnoha oblastí mimo svůj původní areál rozšíření. Hlavní příčinou vedoucí k iniciativě vysazování candáta do nepůvodních lokalit byl dle Hickley a Chare (2004) především sportovní rybolov. Candát byl uměle vysazen do Německa, Francie, Itálie, Švýcarska, Velké Británie, Španělska, Portugalska dále na Balkánský poloostrov (Elvira a Almodóvar, 2001; Kopp a kol., 2009; Ribeiro a kol., 2009). V některých ze zmíněných zemí je dokonce považován za invazivní druh.

2.2.4 Hospodářský význam a celosvětová produkce

Candát obecný je v rámci Evropy velmi významným druhem. Je velmi vyhledávaný pro své světlé, soudržné, dietní a velmi chutné maso s optimálním spektrem nenasycených mastných kyselin a obsah tuku 1-2 % (Pyanov a kol., 2014). Maso neobsahuje mezisvalové kůstky, a proto je ceněn i konzumenty, kteří o rybí maso jinak nejeví zájem (Tönißen a kol., 2022). Maso candáta je ceněno především ve střední a západní Evropě a trh je tímto druhem nedostatečně zásobován především ve Švýcarsku, Francii, Německu, Rakousku, Dánsku a Belgii (Policar a kol., 2021).

Dle údajů FAO (2012-2016) dosahuje spotřeba candátího masa až 30 000 tun ročně. Studie dále uvádí, že více než 98 % této produkce pochází z lovu či extenzivní rybniční produkce. Zatímco celková evropská produkce candáta obecného tvoří 9 000-15 000 tun, chovem v rybniční či intenzivní akvakultuře se vyprodukovalo pouze 5 00-1 000 tun, což představuje 5-7 % evropského trhu s tímto druhem (FAO, 2012; cit. dle Policar a kol., 2014). Dle Policara a kol. (2014) tvoří 85-90 % evropské produkce candáta odlov přirozeně se vyskytujících divokých populací z kazachstánských, ruských, ukrajinských a estonských jezer.

Vysoký rybářský tlak na tyto lokality a nedostatečný management volných vod však vede k výraznému úbytku candáta a narušení ekologické rovnováhy zmíněných jezer. Z původních téměř 48 800 tun vylovených candátů obecných v roce 1950 se do roku 2005 snížila produkce tohoto druhu na 14 100 tun, tedy o více než 70 % (FAO, 2007; Dil, 2008; Policar a kol., 2014). Z těchto údajů vyplývá nutnost omezit rybolov a posílit kapacity k vysazování juvenilů v postižených lokalitách, jak uvádí Abdolmalaki a Psuty (2007) na příkladu pobřežních vod Kaspického moře. Vysazování jedinců odchovaných v kontrolovaných podmínkách s sebou ale z dlouhodobého hlediska nese určitá rizika, a to zejména snížení vnitrodruhové genetické variability daných populací a možnost vzniku genetického driftu (Bert a kol., 2007).

Přestože je candát obecný dle Policara a kol. (2014) považován za jeden z nejperspektivnějších druhů z hlediska sladkovodní akvakultury, je tento druh v intenzivní akvakultuře chovaný poměrně krátce a omezeně. Největším evropským producentem candáta v intenzivní akvakultuře je dánská společnost Aquapri A/S, která se chovem candáta zabývá od roku 2005 (Aquapri A/S, 2017). Literatura dále zmiňuje provozní objekty s intenzivním chovem candáta v Nizozemsku, Švýcarsku, Francii, Rakousku, Belgii a Německu (Philipsen, 2008; Van Mechelen, 2008; Policar a kol., 2021)

2.2.5 Chov candáta

2.2.5.1 Polykulturní chov candáta v rybnících

Candát obecný je v České republice cíleně chován a polouměle rozmnožován již od dob Josefa Šusty v 2. polovině 19. století (Jiroušek, 1998). V rybniční akvakultuře je velmi ceněným druhem, a to nejen z hlediska produkce masa a diverzifikace produktů rybniční akvakultury, ale také z hlediska eliminace „produkčně nežádoucích“ druhů ryb. Těmi jsou zejména invazivní střevlička východní *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846), dále cejnek malý, cejn velký, plotice obecná, nebo perlín ostrobřichý *Scardinius erythrophthalmus* (L.), kteří jsou potravními konkurenty produkčně významného kapra obecného *Cyprinus carpio* (L.) a tolstolobika pestrého *Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845) (Adámek a kol., 2012; Polícar kol., 2014). Dle Polícar a kol. (2021) jsou hlavními evropskými producenty candáta chovaného v polykulturní rybniční akvakultuře Česká republika, Ukrajina, Maďarsko, Bulharsko, Rumunsko, Německo, Rakousko a Slovinsko. Ročně se tímto způsobem vyprodukuje 300 až 1 200 tun tržních ryb s pouze 3-7% podílem na trhu.

2.2.5.2 Chov candáta obecného v intenzivní akvakultuře

Následující kapitola pojednává o kritických fázích a moderních chovatelských postupech, jež jsou pro zdárný intenzivní chov candáta obecného nezbytné.

Chov generačních ryb

V chovu generačního hejna candáta jsou za nejvýznamnější faktory považovány výživa, teplotní a světelná stimulace, obsah tuku ve svalovině, stres a použitá hormonální stimulace.

Jedním z nejvýznamnějších faktorů, působících na generační jedince, je předkládaná potrava. Kestemont a Henrotte (2015) zdůrazňují důležitost potravních ryb v dietě generačních ryb, významně pozitivně ovlivňující kvalitu gamet, líhnivost a přežití F1 embrya těchto ryb. Dalším významným faktorem, podílejícím se na úspěšné umělé reprodukci candáta, je teplotní stimulace. Zakęs a Szczepkowski (2004) upozorňují na nutnost dlouhodobého poklesu teploty pro zdárný vývoj samčích i samičích pohlavních produktů. Z výsledků studie těchto autorů vyplývá, že ke zrání oocytů pohlavně dospělých jedinců candáta docházelo až po snížení teploty na 9,8 °C. Hermelink a kol. (2011) upozorňují na pozitivní vliv dynamické teploty, zahrnující období s vyšší

i nižší teplotou v intenzivním chovu generačních jedinců candáta. Autoři uvádějí, že ke zdárné proliferaci pohlavních buněk je potřeba dlouhodobě snížit teplotu vody pod 18 °C, za optimální považují snížení teploty vody na 14 °C po dobu 12 týdnů. Sarameh a kol. (2012) upozorňují na vliv manipulace a stresu, jehož následkem se generační candáti reprodukují opožděně nebo vůbec. Autoři také zmiňují vliv světelné periody, kdy fotoperioda 24L:0D způsobuje naopak ranější výtěr těchto ryb.

Řízená reprodukce

U candáta obecného bylo dosud popsáno hned několik typů částečně či plně řízené reprodukce. Kříšťan a kol. (2013) popisují dobré výsledky při plně řízené reprodukci candáta s využitím hormonální injekce preparátu Choloron s účinnou látkou – lidský choriový gonadotropin (hCG) v dávce 500 and 750 IU kg⁻¹, dále při použití přípravku Supergestran s účinnou látkou mGnRHa v dávce 25 µg kg⁻¹. Za účelem vyšší spermiace, motility spermií, oplozenosti jiker a líhnivosti je rovněž doporučováno aplikovat hormonální ošetření obou pohlaví (Blecha a kol., 2016b). Rónyai (2007) uvádí možnost mimosezónního výtěru, a to s posunem termínu až o 3 měsíce nazpět bez negativního ovlivnění výsledků reprodukce.

Polícar a kol. (2021) poukazují na výsledky poloumělého výtěru candáta, které jsou ve srovnání s umělou reprodukcí efektivnější. Malinovskyi a kol. (2018) uvádějí jako nejpreferovanější substrát černé, kartáčové hnízdo, vyrobené z jemných štětín.

Přechod na vnější výživu

Jedním z rozhodujících období v ontogenezi všech druhů ryb je přechod na vnější výživu (Abi-Ayad a kol., 2004). U mnoha druhů ryb včetně candáta obecného se k rozkrmu candáta široce využívají nauplia žábronožky solné *Artemia salina* (L.) (Jonathan, 2020). Z důvodu úbytku volně lovených cyst, korelujícího s nárůstem ceny cyst žábronožky, společně v chudším obsahu esenciálních polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a fosfolipidů lze pozorovat tendenci k nahrazování žábronožky solné jako první potravy nejen u candáta obecného (Gapasin a kol., 1998; Dhont a kol., 2013).

K přechodu na exogenní výživu u tohoto druhu dochází v období 5 DPH a z důvodu existence jen velmi malého ústního otvoru a nevyvinutého trávicího traktu se jako první potrava v období 5-8 DPH doporučuje použít v podobě vířníků druhu *Brachionus plicatilis* Müller, 1786 (Hamza a kol., 2015; Kestemont a Henrotte (2015); Yanes-Roca a kol., 2018; Imentai a kol., 2020). Jonathan (2020) poukazuje na vyšší růstové parametry

candáta, dosažené v rané fázi odkrmu 4-9 DPH při využití krmné směsi 70 % nauplií žábřonožky solné a 30 % nauplií klanonožce *Acartia tonsa* Dana, 1849.

Imentai a kol. (2022) doporučují v období 8-17 DPH krmit larvy candáta směsí *Brachionus plicatilis* a žábřonožky solné s cílem dosáhnout co nejvyšší aktivity trávicích enzymů. Za účelem dosažení efektivity ranného odkrmu candáta doporučují Yanes-Roca a kol. (2020) k odkrmu candáta v období 8-17 DPH využívat výše uvedené potravní organismy krmené před aplikací řasou *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890 a obohacené komerčním přípravkem INVE SELCO.

V rané ontogenezi, zejména mezi 5-13 DPH dochází dle Demska-Zakęs a kol. (2003) k plnění plynového měchýře candáta. Tato období popisují Szkudlarek a Zakęs (2007) společně s obdobím přechodu jedinců na vnější výživu za období zvýšené mortality. Pro umožnění k naplnění plynového měchýře je důležité, aby vodní hladina zůstala larvám přístupná, byla čistá a prostá olejových skvrn a dle Kindschi a Barrows (1993) je vhodné ji kropit.

Přechod na peletové krmivo

Dalším z kritických období v intenzivním chovu candáta je přechod na peletové krmivo. Hamza a kol. (2007) upozorňují, že adaptace na peletové krmivo může být u candáta realizována nejdříve ve věku 15 DPH, dříve peletové krmivo působí negativně na morfologii trávicího traktu i jeho enzymatickou aktivitu. Szkudlarek (2004; cit dle Szkudlarek a Zakęs, 2007) uvádí rozmezí přechodu na peletové krmivo 19-23 DPH za současného co-feedingu s naupilemi žábřonožky solné. Dle Kestemont a kol. (2007) larvy candáta dokáží využívat živiny přijaté z umělého krmiva od 19. DPH. Tito autoři však na základě vlastních výsledků doporučují ve věku 19-37 DPH využívat k odkrmu juvenilů nauplia žábřonožky solné, obohacené o vysoce nenasycené mastné kyseliny (HUFA) a vitamín C, jež oproti peletovým krmivům zajišťují výrazně vyšší finální hmotnost odchovávaných jedinců a zároveň jejich nižší mortalitu a výskyt deformit. Jonathan (2020) uvádí použití startérového krmiva (Otohime) bez co-feedingu v období 23-29 DPH.

Třídění candáta během chovu

Jedním z přetrvávajících problémů v intenzivním chovu juvenilních candátů je rozrůstání obsádek a následný raný nástup kanibalismu, který nastává již od celkové délky larev TL = 15 mm. Pro minimalizaci kusových ztrát vlivem kanibalismu

a pro optimalizaci krmení je nezbytné obsádky candáta obecného v intenzivním chovu v pravidelných intervalech třídit (Szczepekowski a kol., 2011; Saoud a kol., 2005). Policar a kol. (2014) doporučují v případě nasazení rybníčně odchovaných jedinců tyto jedince třídit pomocí ruční třídičky v den nasazení do adaptace v RAS (TL = 41 mm, W = 0,45 g) a následně třídění provádět v desetidenních intervalech do TL jedinců 100 mm a W 8-9 g. Od této velikosti postačuje juvenilní ryby třídit v intervalech 21 dní. U velmi malých jedinců candáta, ve věku 10-22 DPH uvádějí Tielmann a kol. (2016) jako velmi úspěšné a provozně uplatnitelné velikostní samo třídění jedinců v dlouhých kanálech za využití jejich pozitivní fototaxe při aplikaci osvětlení 0-700 lux.

2.2.5.3 Moderní genetické postupy v chovu candáta obecného

Mezidruhová hybridizace

V minulosti byla zaznamenána úspěšná hybridizace candáta obecného s příbuzným candátem východním (Specziár a kol., 2009) a výskyt pravděpodobných hybridů candáta *S. lucioperca* s okounem *P. fluviatilis* v přirozených podmínkách (Kahilainen a kol., 2011). V intenzivních podmínkách RAS byla testována rychlost růstu juvenilů hybrida *S. lucioperca* (♀) x *S. volgensis* (♂) v porovnání s růstem druhu *S. lucioperca*. Růstové parametry těchto mezidruhových hybridů byly identifikovány jako významně nižší, než růst samotného druhu *S. lucioperca* (Müller a kol., 2011). Z tohoto důvodu se tyto hybridy v rybářské praxi nevyužívají.

Triploidizace

V nedávné době byla rovněž vědecky popsána indukce triploidních populací candáta obecného. Blecha a kol. (2016a) popisují produkci celotriploidní populace candáta za použití teplotního šoku ve vodě s teplotou 31 °C po dobu 20 nebo 40 minut u jiker 1 nebo 5 minut po oplození. Autoři nicméně udávají potřebu dalšího výzkumu za účelem odbourání vysoké mortality a výskytu malformací u triploidních jedinců. Celotriploidní populace a vyšší líhivosti dosáhli také Dadrás a kol. (2021), kteří využili chladového teplotního šoku ve vodě o teplotou 0-2 °C po dobu 120 minut a iniciací šoku 5 minut po oplození jiker. Jako nejefektivnějším způsobem produkce triploidních candátů se v současné době zdá být využití tlakových šoků, konkrétně působením tlaku 55 MPa po dobu 10 minut s iniciačním časem 5 minut po oplození, jak ukazují výsledky Káldy a kol. (2021).

2.2.5.4 Kombinace rybničního a intenzivního chovu candáta

Dle Policara a kol. (2014), rybníky mají velký potenciál v alternativní produkci juvenilních rybách candáta, jako násadového materiálu do recirkulačních systémů (RAS). Dle autora toto tvrzení platí zejména pro oblasti s vysokým počtem menších rybníků, mezi které Česká republika s rybničním fondem o přibližné rozloze 53000 ha patří (Ministerstvo zemědělství, 2021). Výhody a nevýhody chovu juvenilní jedinců candáta obecného v rybničním prostředí nebo podmínkách RAS sledovali Péter a kol. (2023). Autoři na jedné straně vyzdvihují vyšší přežití při chovu ve venkovních rybničních podmínkách, na straně druhé zdůrazňují kratší interval chovu do tržní velikosti a vyšší kontinuitu celoroční produkce u jedinců chovaných v podmínkách vnitřního RAS.

Kombinace chovu v rybnících a RAS využívá rybníky k chovu generačních ryb. Díky přirozeným podmínkám, jmenovitě potravě, fotoperiodě a zejména teplotnímu režimu se generační ryby úspěšněji rozmnožují, spermie těchto ryb dosahují vyšší motility, jikry vyšší oplozenosti, líhnivosti a embrya jsou více životaschopná (Policar a kol., 2014; Hermelink a kol., 2011). Khendek a kol. (2018) upozorňují na výrazně vyšší gonadosomatický index obou pohlaví i vyšší koncentraci pohlavních steroidů u jedinců chovaných v rybničních podmínkách oproti jedincům chovaným v RAS. Autoři dodávají, že jedinci chovaní po celý život v intenzivním RAS se navzdory stejné teplotní stimulaci dokonce vůbec nerozmnožovali.

Policar a kol. (2014) doporučují chovat v rybničním prostředí larvy a juvenilní jedince do velikosti TL = 35-50 mm. Rybniční prostředí larvám poskytuje přirozenou potravu, která je zejména v larvální periodě, coby kritickém období rané fáze ontogeneze ryb (Abi-Ayad a kol., 2004), esenciální pro zdárný odchov larev. Zároveň tato metoda šetří provozní náklady a produkuje kvalitní, životaschopný násadový materiál nejen pro recirkulační akvakulturní systémy ale i pro další rybniční chovy či volné vody (Policar a kol., 2011).

S využitím rybničního chovu souvisí také nutnost adaptace juvenilních ryb na intenzivní chov v RAS, zejména na peletové krmivo, kterou Policar a kol. (2014) shrnuje takto:

Potravní adaptace začíná 1. až 3. den po nasazení juvenilních candátů do RAS. Pro maximální eliminaci kanibalismu jsou candátům předkládané mražené, sekané patentky (larvy pakomára *Chironomus plumosus* L.) po následující dva dny v množství ad libitum. V období od 5. dne začíná fáze adaptace na suché krmné směsi formou

co-feedingu. Ten spočívá v přidávání krmné směsi vhodné velikosti a nutričního složení do předkládaných patentek. Podíl krmné směsi se v denní krmné dávce postupně navyšuje, až nakonec 12. den po nasazení do RAS dosáhne úrovně 100 %. Následný chov do tržní velikosti poté probíhá v intenzivních podmínkách recirkulačního akvakulturního systému (Policar a kol., 2021).

Lepič a kol. (2017) při adaptaci candáta z živé na peletovou potravu ve věku 42 DPH dosáhly ryby signifikantně vyšší hmotnosti juvenilních jedinců a FCR za použití tzv. „trainer fish“, (tj. ryb, které jsou přisazeny k obsádce candáta a jsou již na peletovou potravu adaptované), a to krměním přímo a pouze peletovým krmivem bez co-feedingu s potravními organismy.

3 Materiál a metodika

3.1 Experimentální ryby

K pokusu použití jedinci candáta obecného pocházeli z vlastního odchovu Laboratoře intenzivní akvakultury, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech, Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Odchovu předcházela poloumělý výtěr generačních ryb candáta obecného na předem připravená umělá hnízda podle Malinovskiy a kol. (2018). Výtěr nastal 24. 4. 2019, líhnutí embryí proběhlo dne 4. 5. 2019. V období přechodu na exogenní výživu byly larvy candáta obecného vysazeny do experimentálních rybníčků o rozloze 0,2 ha v rámci Experimentálního rybochovného pracoviště a pokusnictví ve Vodňanech (ERPP), VÚRH, FROV JU. Následující odchov rychleného plůdku candáta probíhal po období přibližně 7 týdnů a jedinci se při něm vyživovali přirozenou potravou. Ve stáří 41 dní po vykulení byli juvenilní candáti šetrně vyloveni do sítí pod hrází a vysazeni do podmínek RAS podle Policar a kol., (2021).

V RAS byli experimentální jedinci o celkové délce (TL) $45,5 \pm 0,5$ mm, kusové hmotnosti (W) $0,6 \pm 0,1$ g a Fultonovu koeficientu (FC) $0,64 \pm 0,07$ rozmístěni do šedých, kruhových nádrží s objemem vody $1,5 \text{ m}^3$. Do každé nádrže bylo umístěno 12 000 ks, což odpovídá hustotě nasazení 8 ks.l^{-1} . V den nasazení obsádky do systému proběhla adaptace jedinců na podmínky RAS. Teplota voda v systému byla nastavena na 21-23 °C, pH bylo udržováno v rozmezí 6,8-7, nasycení vody kyslíkem se pohybovalo mezi 100-120 % a světelný režim byl nastaven na 15L:9D s intenzitou světla dopadajícího na hladinu vody 100 luxů. Ryby byly rovněž preventivně ošetřeny antiparazitální koupelí s užitím roztoku kuchyňské soli o koncentraci 3 g.l^{-1} . Potravní adaptace rychleného plůdku započala 2. a především 3. den po nasazení do RAS a byla provedena v souladu s metodikou Policara a kol. (2016). Po 12 dnech potravní adaptace jedinců v RAS, kdy adaptace byla ukončena, proběhlo třídění a velikostně průměrní jedinci byli rozděleni do jednotlivých skupin a nasazení k níže popsanému experimentu. V tomto období jedinci dosahovali TL = $51,52 \pm 4,19$ mm a W = $1,23 \pm 0,26$ g, FC = $0,9 \pm 0,3$. Bylo docíleno 79 % přežití, z něhož kanibalismus tvořil 5 %. FCR byl po 12denní adaptaci 4,5.

3.2 Design experimentu

Dílčí experimentální odchovy v rámci diplomové práce proběhly v období od 27. června 2019 do 26. května 2021 v LIA a ERPP VÚRH, FROV JU ve Vodňanech.

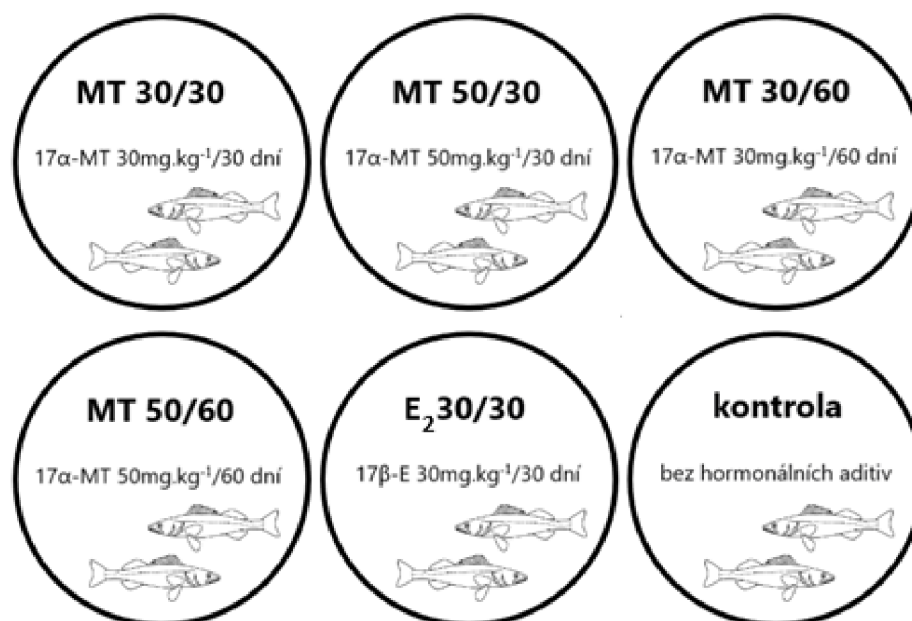
Experiment sledoval dva cíle. Prvním cílem experimentu bylo zjistit, zda je možné provést a v praxi využít fenotypového zvratu pohlaví u jedinců candáta obecného. Důvodem je v literatuře uváděná vyšší rychlost růstu a větší podíl samic (2/3) v přirozených populacích candáta obecného o celkové délce TL = 550-630 mm, což odpovídá hmotnosti přibližně 2 kilogramy, a tedy i hmotnosti tržní (M'hetli a kol., 2011; Pérez-Bote a Roso, 2012; Rougeot, 2015; Policar a kol., 2019). Záměrem práce bylo v rámci přímé maskulinizace, která je v budoucnu plánovaná jako součást nepřímé feminizace, změnit a vyhodnotit fenotypový poměr pohlaví ve prospěch samců u F1 generace tak, aby během následující reprodukce těchto jedinců mohl být získán výrazně vyšší poměr samic v F2 generaci. Tvorba F2 generace však už nebyla předmětem této diplomové práce. Zvratu pohlaví bylo dosaženo pomocí hormonálních aditiv přidaných v krmivu juvenilním jedincům chovaných v RAS po jejich adaptaci. Za účelem přímé maskulinizace (pro navození fenotypového zvratu pohlaví ze samice na samce) byl použit 17 α -methyltestosteron (MT). Za účelem porovnání růstové vlastnosti maskulinizovaných a feminizované populace (populace s vyšším zastoupením fenotypických samic) byla u jedné skupiny na začátku práce realizována přímá feminizace (fenotypová změna pohlaví ze samce na samici), a to pomocí 17 β -estradiolu (E₂) rovněž podávaného v krmivu. V případě přímé maskulinizace byl MT do krmiva aplikován v různě vysokých dávkách, do které byly v krmné dávce aplikovány po různě dlouhý časový interval. Důvodem k tomu byla snaha odhalit ideální postup co nejefektivnějšího navození zvratu pohlaví, neboť informací o indukci monosexních populací u candáta obecného je publikováno velmi málo.

Druhým cílem této experimentální práce bylo vyhodnotit růst, významné produkční ukazatele a tělesné indexy testovaných maskulinizovaných, feminizované a kontrolní skupiny, chovaných v podmínkách intenzivního recirkulačního systému případně na závěr i ve venkovní sádce. Jednotlivé skupiny jedinců byly pro tyto účely chovány v kontrolovaných podmínkách po dobu 638 dní, ve věku 115-752 dní po vykulení (DPH). Sledované parametry jsou blíže popsány níže v kapitole 3.2.4.

3.2.1 Indukce maskulinizovaných jikernaček a feminizovaných mlíčáků pomocí přímé maskulinizace a feminizace (54-114 DPH)

Cílem této fáze experimentu bylo zjistit, zda je možné u candáta obecného pomocí hormonálních aditiv v krmivu způsobit zvrát pohlaví v obou směrech (přímá maskulinizace a feminizace) a tím indukovat populaci fenotypově monosexních ryb. Indukce trvala 30 nebo 60 dní a proběhla od 27.6.2019 do 27. 7. 2019 nebo 26.8.2019 ve věku juvenilních ryb candáta obecného 54-84 nebo 114 DPH.

Juvenilní jedinci plně adaptovaní na podmínky RAS a peletové krmivo byli pro účely experimentu rozděleni do 6 experimentálně chovaných skupin. U čtyř skupin bylo cílem indukovat fenotypově celosamčí populaci pomocí přímé maskulinizace, a to ve snaze indukovat tvorbu testes (varlat) namísto ovárií (vaječníků) u jedinců, kteří zůstávají genotypově stále samicemi s pohlavními chromozomy XX. Experimentálními jedinci těchto čtyř skupin byly pro tyto účely do krmiva aplikovány dávky MT ve výši 30 nebo 50 mg.kg⁻¹ krmiva, podávaných po dobu 30 nebo 60 dní. Jedincům v páté experimentální skupině byl za účelem navození přímé feminizace do krmiva přimícháván E₂ v dávce 30 mg.kg⁻¹ krmiva po dobu 30 dní. Jedinci v šesté skupině byli krmeni pouze krmnou směsí s přísadkou alkoholu a sloužili tak jako kontrolní skupina. Rozdělení jedinců candáta obecného do testovaných skupin je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5: Schéma rozmístění jednotlivých skupin juvenilních jedinců candáta obecného *Sander lucioperca* Linnaeus, 1758 během indukce fenotypového zvratu pohlaví a jejich dále používané zkratky. Jedinci byli vystaveni různě vysokým dávkám hormonálních aditiv v krmivu po různě dlouhé časové období. Použité zkratky pro označení hormonálního aditiva: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice. Kresba ryb byla převzata z Matschie a kol., 1909.

3.2.1.1 Podmínky testu

Juvenilní jedinci candáta obecného plně adaptovaní na podmínky RAS a peletové krmivo o TL = 51,52 ± 4,19 mm a W = 1,23 ± 0,26 g, FC = 0,9 ± 0,3 ve stáří 54 DPH byli po jejich adaptaci nasazeni v počtu 600 ks do kruhových, šedých, polypropylenových nádrží s objemem vody 1,5 m³. Počáteční hustota nasazení se rovnala 0,492 g.l⁻¹. Světelný režim byl nastaven na 15 h světla (6–21 h) / 9 h tmy. Nádrže byly shora z poloviny zakryté a na vodní hladinu během světelné části režimu dopadalo 80 luxů světelného záření. Nádrže v této fázi experimentu fungovaly jako uzavřený systém a jednotlivé nádrže mezi sebou nebyly žádným způsobem propojeny a nebyly tedy zapojeny do tamního RAS.

Během testu byly sledovány a upravovány fyzikálně chemické parametry vody, jmenovitě teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku v % nasycení (dále jen O₂) (oba parametry byly měřeny 3x denně pomocí přenosného oxymetru), dále pH pomocí pH metru, TAN a N-NO₂⁻

pomocí kolorimetrických, chemických analýz (všechny 3 parametry byly měřeny 1x denně). Jejich průměrné hodnoty naměřené během testu jsou uvedeny v Příloze 1. Ve snaze o co nejvyšší úroveň zoohygieny byli jedinci pravidelně preventivně 1krát za tři dny ošetřováni krátkodobou koupelí v roztoku Chloramin-T v dávce 0,013 g.l⁻¹ s dobou expozice 20 minut. Po jakékoliv manipulaci nebo jiné stresové zátěži byly pokusné ryby ošetřeny roztokem kuchyňské soli v dávce 3 g.l⁻¹ za účelem eliminace rozvoje rybích patogenů či oděrků nebo dokonce zaplísnění kůže. Expozice takovéto koupele trvala 30-60 minut.

Použité krmivo s hormonálně účinným aditivem

Během fáze indukce fenotypově monosexních populací byla jedincům vyjma kontrolní skupiny do krmiva aplikována hormonální aditiva s cílem fenotypově změnit pohlaví. Jako základ krmné směsi bylo použito krmivo Biomar Inicio Plus 1,1 mm a 1,5 mm (54-56 % hrubý protein, 18-21 % tuku, 10,8-11 % popelovin) v poměru 1:1 na začátku tohoto období a 2 mm na konci tohoto období.

Příprava krmiva probíhala tak, že steroidní hormonální aditiva MT a E₂ byly v již zmíněném množství navázeny pro danou skupinu rozpuštěny v roztoku 95% ethanolu. Tato směs byla následně vmíchána do adekvátního množství krmiva. Následně došlo k odpaření ethanolu a poté byla krmná směs připravena k aplikaci.

Denní krmná dávka (DKD) krmiva obohaceného o MT a E₂ i krmiva kontrolního (pro kontrolní skupinu) byla stanovena na celou nádrž (600 ks odchovávaných ryb) na 60 g a jedinci s ní byli krmeni po dobu 30 nebo 60 dní. DKD 60 g krmiva bez hormonálních aditiv byla aplikována také i v období mezi 31.-60. dnem u skupin krmených krmnou směsí s hormonálními aditivy pouze po dobu 30 dní. Pro maximalizaci stravitelnosti krmné směsi candáty byla DKD rozdělena na 5 stejných dávek, jež byly pokusným jedincům za pomoci automatického krmítka předkládány ve světelné části dne.

Po ukončení aplikace hormonálních aditiv v krmivu bylo u všech skupin provedeno 61. den experimentálního odchovu přelovení všech nádrží všech nádrží a byla zrealizována biometrika odchovaných ryb. U vzorku 35 jedinců z každé skupiny byly zjištěny následující parametry růstu: celková délka (TL) hmotnost těla (W) a následně by byl počítán Fultonův koeficient (FC) podle vzorečku viz. kapitola 3.2.4. U všech skupin byly dále zjištěny výpočtem následující parametry produkce: specifická rychlost růstu (SGR), krmný koeficient (FCR), přežití a úroveň kanibalismu (viz kapitola 3.2.4.).

3.2.2 Chov hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v podmínkách recirkulačního systému (RAS)

Cílem této fáze experimentu bylo zjistit dosažené růstové parametry (TL, W) specifickou rychlost růstu (SGR), dále produkční ukazatele FCR, přežití a kanibalismus) a tělesné indexy (FC, GSI – gonadosomatický index, vyjadřující podíl hmotnosti gonád k celkové hmotnosti jedince v %, HSI – hepatosomatický index, vyjadřující podíl hmotnosti tuku v dutině břišní k celkové hmotnosti jedince v %, VSI – viscerosomatický index, vyjadřující podíl hmotnosti tuku v dutině břišní k celkové hmotnosti jedince v % a SSI – „spleen somatic index“, vyjadřující podíl hmotnosti sleziny k celkové hmotnosti jedince v %) testovaných, hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v intenzivních, kontrolovaných podmínkách RAS potažmo v poslední třetí etapě také ve venkovních podmínkách sádky. Tato fáze experimentu trvala 638 dní ve věku testovaných jedinců od 115 do 752 DPH, od 27.8.2019 do 25.5.2021. Samotný chov byl rozdělen do následujících etap:

- ***První etapa – věk testovaných jedinců 115-275 DPH***
- ***Druhá etapa – věk testovaných jedinců 276-535 DPH***
- ***Třetí etapa – věk testovaných jedinců 536-752 DPH***

3.2.2.1 Chov hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v podmínkách RAS – první etapa odchovu (115-275 DPH)

Na počátku této etapy, jež trvala 160 dní a probíhala od 27.8.2019 do 3.2.2020, byli všichni jedinci značeni metodou střihání následujících ploutví: MT 30/30 – zadní hřbetní ploutev, MT 50/30 – přední hřbetní ploutev, MT 30/60 – levá břišní ploutev, MT 50/60 – pravá břišní ploutev, E₂ 30/30 – řitní ploutev, kontrola – bez značení. Toto značení jim bylo po dobu experimentu uchováváno a obnovováno. Jedinci jednotlivých skupin byli chováni v samostatných nádržích v rámci jednoho RAS bez opakování. Biometrické údaje jedinců všech skupin jsou uvedeny v Tab. 1.

Podmínky testu, jmenovitě odchovné nádrže, světelný režim a preventivní zoohygiena byly shodné s podmínkami aplikovanými ve fázi indukce monosexních obsádek (bližší v kapitole 3.2.1.1). Sledované fyzikálně-chemické parametry vody byly stejné, jako v předešlé fázi experimentu a jsou uvedeny v Příloze 2.

Pro dosažení rychlého růstu a vysoké vitality jedinců bylo použito potápivé krmivo Biomar Inicio Plus 2 mm (52 % hrubý protein, 24 % tuku, 7,3 % popelovin) na začátku tohoto období. V polovině období byly ryby pozvolným přechodem po 21 dní adaptovány (namícháním většího podílu nového krmiva do krmné dávky) na plovoucí krmivo Skretting R-3 Europa 15 F ve velikosti 2-2,5 mm (55 % hrubý protein, 16 % tuku, 10 % popelovin), které se používalo i v následujících obdobích. Velikost použitých pelet byla vždy stejná pro všechny testované skupiny. Krmivo bylo aplikováno pomocí poloautomatického krmítka s hodinovým strojkem. Krmivo bylo kontinuálně předkládáno po 12 hodin denně, a to ve světelné části stanovené fotoperiody.

Tab. 1: Biometrické údaje testovaných jedinců candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), nasazených k chovu v RAS ve věku 115 DPH. TL = celková délka, W = hmotnost, FC = Fultonův koeficient. MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice.

	Biometrické údaje testovaných skupin ve věku 115 DPH					
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
TL (mm)	110,4 ± 7,10	108,8 ± 6,93	103,2 ± 6,23	102,0 ± 6,69	108,3 ± 6,77	110,1 ± 7,04
W (g)	12,5 ± 2,41	12,5 ± 2,28	10,4 ± 2,19	10,0 ± 1,99	12,1 ± 2,24	12,5 ± 2,33
FC	0,93 ± 0,08	0,97 ± 0,07	0,95 ± 0,06	0,94 ± 0,07	0,95 ± 0,07	0,94 ± 0,08

3.2.2.2 Chov hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v podmínkách RAS – druhá etapa odchovu (276-535 DPH)

Na počátku této etapy, jež trvala 259 dní a probíhala od 4.2.2020 do 20.10.2020 bylo testovaným jedincům obnoveno skupinové označení. Skupiny v této etapě byly nadále chovány odděleně, vždy v jedné nádrži a bez opakování. Experimentální nádrže, světelný režim a preventivní zoohygienu byla shodná s předchozí etapou, viz. kapitola 3.2.3.1. Biometrické údaje jedinců jednotlivých skupin, nasazených v obou typech nádrží jsou zobrazeny v Tab. 2. Pokusní jedinci byli krmeni krmivem Skretting R-3 Europa 15 F 3-3,5 mm (55 % hrubý protein, 16 % tuku, 10 % popelovin) v první polovině období a stejným krmivem o velikosti pelet 5-5,5 mm (55 % hrubý protein, 16 % tuku, 10 % popelovin). Ostatní podmínky chovu včetně frekvence a techniky krmení nebo sledovaných fyzikálně-chemických parametrů vody byly stejné, jako v předešlé etapě. Hodnoty naměřených fyzikálně-chemických parametrů jsou uvedeny v Příloze 3.

Tab. 2: Biometrické údaje testovaných jedinců candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), nasazených k chovu 276 DPH v podmínkách RAS. TL = celková délka, SL = standardní délka děla, W = hmotnost, FC = Fultonův koeficient. MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice.

Biometrické údaje testovaných skupin ve věku 276 DPH						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
TL (mm)	258,0 ± 16,52	250,3 ± 15,44	230,1 ± 23,56	231,9 ± 22,91	246,4 ± 17,51	255,8 ± 17,50
W (g)	119,6 ± 38,20	114,0 ± 34,53	80,4 ± 22,29	80,4 ± 22,27	92,5 ± 28,54	131,0 ± 32,11
FC	0,70 ± 0,08	0,73 ± 0,06	0,66 ± 0,07	0,64 ± 0,05	0,62 ± 0,07	0,70 ± 0,08

3.2.2.3 Chov hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného v podmínkách RAS – třetí (finální) etapa odchovu (536-752 DPH)

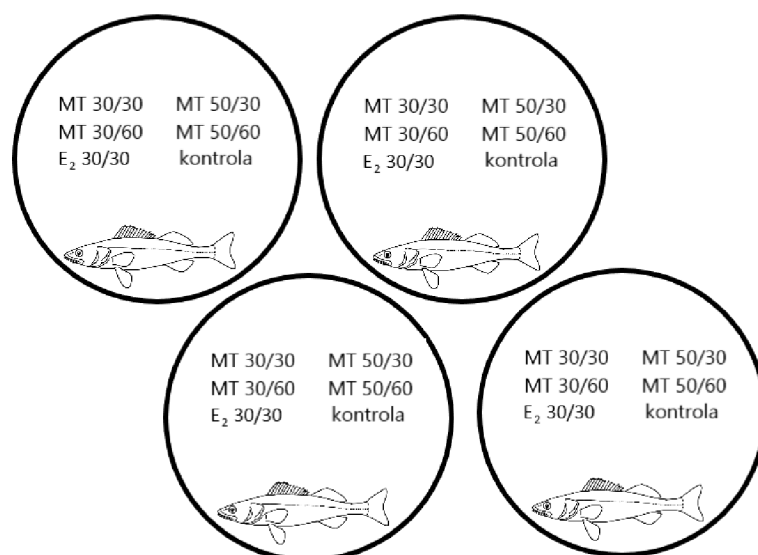
Na počátku třetí a poslední etapy experimentálního chovu hormonálně ošetřených skupin jedinců, která trvala 216 dní a probíhala od 21.10.2020 do 25.5.2021 byli jedinci jednotlivých skupin selektováni dle hmotnosti. Rozdělení předcházela kontrola a případná obnova skupinového značení.

První část experimentálních ryb obsahovala 60 hmotnostně větších jedinců z každé skupiny, kteří byli po krátké teplotní adaptaci přemístěni do venkovní sádky za účelem maximálního rozvoje gonád. Chov těchto jedinců je blíže popsán v kapitole 3.2.3.

Druhá část experimentálních ryb obsahovala 52 hmotnostně menších jedinců z každé skupiny, kteří byli nadále chováni v podmínkách RAS s cílem zjistit rychlost růstu, produkční ukazatele a tělesné indexy. Při nasazení druhé části experimentálních ryb byly všechny skupiny smíchány a vždy 13 jedinců z každé skupiny bylo chováno v jednotlivých nádržích společně, a to ve 4 opakováních. Chov druhé části skupin experimentálních jedinců je popsán v následujícím textu této kapitoly.

Jedinci byli na počátku etapy rozmístěni do 4 nádrží, přičemž do každé nádrže bylo umístěno 13 jedinců z každé skupiny. Schéma rozmístění skupin jedinců při nasazení do podmínek RAS ve věku 536 DPH popisuje Obr. 6. Do každé nádrže, blíže popsané v kapitole 3.2.1, bylo nasazeno celkově 78 jedinců z celkem 6 experimentálních skupin. Biometrické údaje ryb, nasazených do vnitřního RAS ve věku 536 DPH, uvádí Tab.3.

Pro výživu jedinců bylo použito krmivo Skretting R-3 Europa 15 F o velikosti pelet 5-5,5 mm (55 % hrubý protein, 16 % tuku, 10 % popelovin) v první polovině období a 7 mm (totožné složení) v druhé polovině tohoto období. Velikost a tvar nádrží, frekvence a technika krmení, stejně jako ostatní faktory zůstaly nezměněny od předchozích fází experimentálního chovu. Přehled naměřených fyzikálně-chemických parametrů v této etapě chovu je uveden v příloze 4.



Obr. 6: Schéma rozmístění jednotlivých skupin jedinců candáta obecného *Sander lucioperca* Linnaeus, 1758 během třetí etapy chovu hormonálně ošetřených skupin candáta obecného ve věku 536-752 DPH v podmínkách RAS. Použité zkratky pro označení hormonálního aditiva: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice. DPH = počet dní po vykulení jedince. Kresba ryb byla převzata z Matschie a kol., 1909.

Tab. 3: Biometrické údaje testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) nasazených k chovu ve věku 536 DPH v podmínkách RAS. Použité zkratky: DPH = počet dní po vykulení jedince; TL = celková délka; W = hmotnost; FC = Fultonův koeficient. MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice.

Chov v období 21.10.2020 - 25. 5.2020 (536–752 DPH)						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
TL (mm)	377,7±30,67	374,9±34,75	335,6±32,75	348,1±29,39	350,7±34,55	378,8±28,48
W (g)	430,3±112,74 ^b	432,0±125,57 ^b	367,3±111,01 ^c	348,8±98,34 ^c	341,96±107,51 ^c	455,3±119,37 ^a
FC	0,79±0,07 ^{ab}	0,79±0,06 ^{ab}	0,79±0,08 ^{ab}	0,80±0,08 ^{ab}	0,77±0,06 ^b	0,82±0,08 ^a

3.2.3 Chov hormonálně ošetřených jedinců candáta obecného ve věku 536-728 DPH v podmínkách s přirozeným teplotním režimem s cílem dosáhnout optimálního vývoje gonád a pohlavní zralosti

Na počátku tohoto (třetího a posledního) období, které trvalo 192 dní od 21.10.2020 do 1.5.2021, bylo ve věku 536 DPH z každé skupiny odebráno 60 hmotnostně větších

jedinců, kteří byli po teplotní adaptaci na podzim roku 2020 (před výrazným ochlazením počasí) přemístěni z podmínek recirkulačního akvakulturního systému do venkovní sádky, která je blíže popsána v Malinovsky a kol., (2018), nacházející se v areálu ERPP ve Vodňanech, VÚRH, FROV JU. Celkem bylo do sádky nasazeno 360 ks jedinců o celkové hmotnosti 165,56 kg.

Záměrem přemístění části jedinců bylo umožnění přístupu mladých generačních ryb k přirozeným podmínkám prostředí, konkrétně k přirozené teplotě vody, fotoperiodě a potravě. Kdy tyto podmínky prostředí jsou pro úspěšný vývoj gonád nejdůležitější (viz. kapitola 2.2.2.3.). Důvodem k selekci větších jedinců pro nasazení do sádky byl vyšší potenciál ryb do zapojení se do reprodukce v následujícím období rozmnožování.

K zajištění přirozené potravy byla k candátům přisazena krmná ryba (směs plotice obecné, perlína ostrobřichého a cejnka malého v množství *ad libitum*, kdy bylo za celé období tohoto chovu zkrmeno 2490 kg krmných ryb). Z fyzikálně-chemických parametrů byla v sádce pomocí registračního teploměru – dataloggeru „Minikin Tie“ od firmy Environmental Measuring System, s.r.o. Brno zaznamenávána teplota s frekvencí měření jedné hodiny. Průměrná teplota vody v sádce byla $3,48 \pm 2,79$ °C za celé období chovu. Biometrické údaje jedinců testovaných skupin, nasazených do sádky za účelem přirozeného vývoje gonád, jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4: Biometrické údaje testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) ve věku 536 DPH, nasazených do venkovní sádky za účelem přirozeného dozrávání pohlavních produktů. Použité zkratky: DPH = počet dní po vykolení jedince; TL = celková délka; W = hmotnost; FC = Fultonův koeficient. MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/počet mg.kg⁻¹ krmiva/počet dní expozice.

Biometrické údaje testovaných skupin candáta obecného ve věku 536 DPH, nasazených do sádky						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
TL (mm)	401,63±20,05	403,08±19,96	382,00±21,64	371,48±18,83	384,78±21,61	401,55±19,43
W (g)	527,03±80,82 ^a	535,94±91,62 ^a	465,44±83,66 ^b	431,03±66,69 ^c	454,86±84,32 ^b	557,33±91,82 ^a
FC	0,81±0,07 ^{ab}	0,81±0,05 ^{ab}	0,83±0,07 ^a	0,84±0,09 ^a	0,79±0,06 ^b	0,86±0,08 ^a

3.2.4 Finální ukončení a vyhodnocení odchovu hormonálně ošetřených skupin ryb candáta obecného

Za období fáze indukce monosexních populací (54-114 DPH) a jejich následného chovu v podmínkách RAS potažmo venkovní sádce (tj. 115-275 DPH; 276-535 DPH a 536-752 DPH) byly vyhodnoceny růstové parametry prostřednictvím dosažených celkových délek (TL), hmotnosti (W) prostřednictvím digitální váhy KERN PCB 2500 2 a specifické rychlosti růstu (SGR; počítané pomocí vzorce: $SGR = [(\ln W_t - \ln W_0) \cdot t^{-1}] \cdot 100$) odchovávaných ryb. Dále byly sledovány významné produkční ukazatele, jmenovitě krmného koeficientu (FCR; počítaného pomocí vzorce $FCR = F / (W_t - W_0)$), přežití, kanibalismus a kondiční ukazatel – Fultonův koeficient (FC), jenž byl zjišťován pomocí vzorce $FC = \frac{W \cdot 100}{TL^3}$, kdy W = hmotnost jedince (g) a TL = celková délka jedince (cm). Všechny uvedené parametry byly vyhodnoceny pro každou experimentální skupinu a výše zmíněnou etapu odchovu samostatně. Na konci experimentu, 1. 5. 2021 či 25.5.2021 ve věku jedinců 728 či 752 DPH, byly rovněž zaznamenány tělesné indexy jedinců testovaných skupin, jmenovitě FC, GSI, HSI, VSI, SSI.

Vyhodnocení biometrických ukazatelů předcházela anestezie testovaných jedinců v roztoku hřebíčkového oleje o koncentraci 0,035 ml.l⁻¹ do doby dosažení fáze celkové narkózy. Po zjištění biometrických ukazatelů byli testovaní jedinci umístěni do zotavovací nádrže. Průběh manipulace s testovanými jedinci a zjišťování biometrických ukazatelů je uveden v příloze 5 a 6.

U jedinců, kteří byli po období 21.10.2020-1.5.2021 ve věku jedinců 536-728 DPH chováni v přirozených podmínkách venkovní sádky, proběhlo vyhodnocení ve věku 728 DPH. U všech jedinců, jak z RAS, tak i ze sádky, byla provedena laboratorní pitva. Byl stanoven především poměr pohlaví a podíl jeho forem, vzniklých během fáze indukce monosexních populací v jednotlivých ošetřených skupinách ryb (kapitola 3.2.1). Konkrétně byli makroskopicky identifikováni samci, samice a hormonálně značně ovlivnění jedinci s deformovanými gonádami, nebo tzv. maskulinizované jikernačky = „neomales“, a intersexuální jedinci, kteří měli v gonádách zastoupeny tkáně obojího pohlaví. Gonády jedinců označených jako neomales se tvarem podobaly vaječnicům – byly rozměrné a oválné, uvnitř se však vyskytovala pouze nebo převážně samčí pohlavní tkáň. Jedná se o jedince s genotypem samice a fenotypem samce,

tzn. pro nepřímou feminizaci jsou tyto jedinci nejcennější, jelikož mohou být využiti k produkci celosamičí populace v F2 generaci.

3.2.5 Statistické zpracování dat

Pro statistické vyhodnocení všech získaných dat byla použita aplikace Statistica 12 (StatSoft CR, s.r.o., Praha, Česká republika). Pro vyhodnocení dat byla zvolena hladina významnosti $p < 0,05$. Pro zjištění, zda mají data normální rozdělení, byl použit Shapiro-Wilkův test, následovala jednocestná analýza rozptylu (ANOVA) a Tukeyho test. Statisticky byly porovnány jednotlivé růstové a produkční parametry a tělesné indexy chovaných druhů v jednotlivých experimentálních skupinách. Pokud data nevyhovovala potřebám parametrické statistiky, byl použit Kruskalův-Wallisův test, pro párová srovnání pak Dunnův test. Pomocí Studentova t-testu byly vyhodnoceny rozdíly v produkčních parametrech u candáta mezi pohlavími a testovanými skupinami.

Individuální hmotnost jedinců a Fultonův koeficient byly statisticky vyhodnoceny ve fázi indukce monosexních populací i v každé jednotlivé etapě odchovu. Specifická rychlost růstu, krmný koeficient, přežití a kanibalismus byly statisticky vyhodnoceny pro období 536-752 DPH u jedinců chovaných v RAS. Tělesné indexy – GSI, VSI, HSI, SSI byly statisticky vyhodnoceny a vzájemně porovnány na konci odchovu jedinců chovaných v RAS a v sádce.

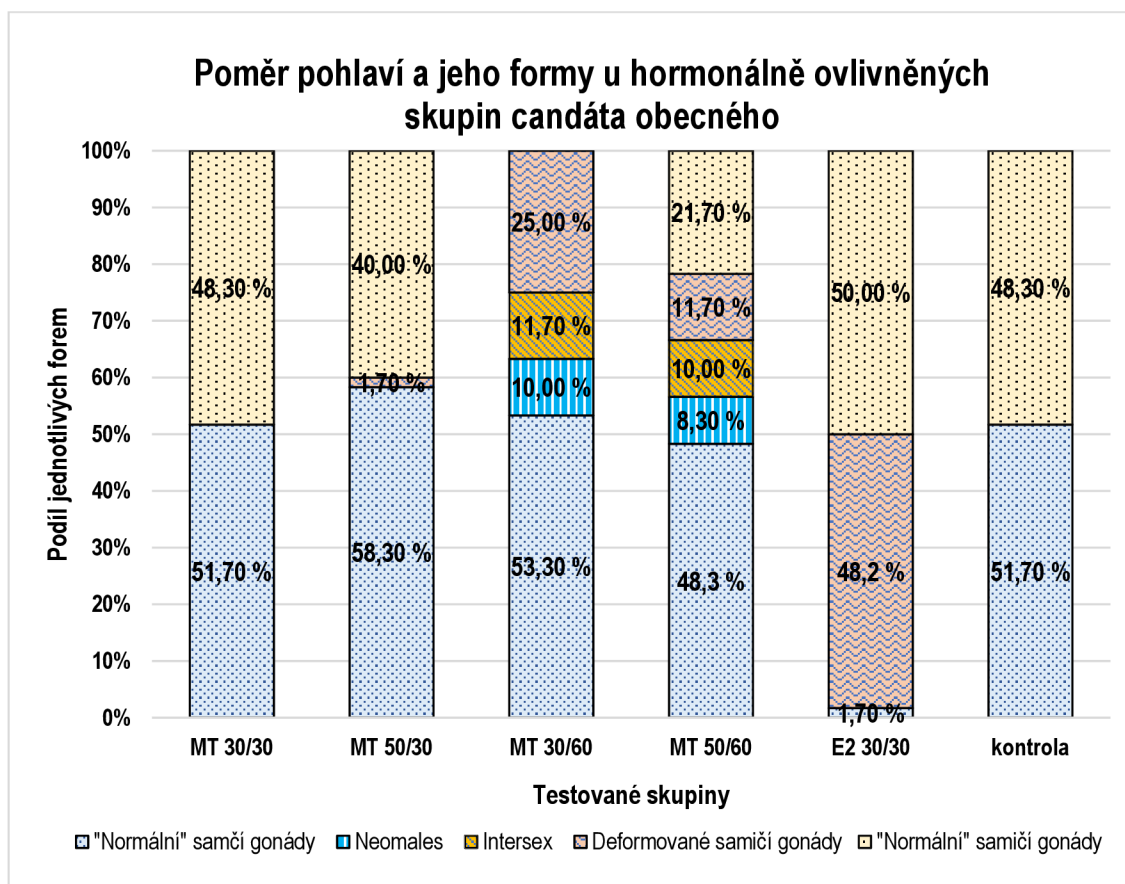
4 Výsledky

4.1 Úspěšnost indukce s cílem získat maskulinizované jikernačky a feminizované mlíčáky pomocí hormonálních aditiv přidaných do krmiva

Úspěšnost indukce fenotypově monosexní populace za pomoci přidání hormonálně aktivních látek do krmiva byla vyhodnocena ve věku jedinců 728 DPH. U všech skupin, ošetřených MT, byl dosažen fenotypový poměr pohlaví vyšší než 50 % ve prospěch samců. Dosažené poměry pohlaví jednotlivých skupin jsou zobrazeny v Tab. 5 a Grafu 1.

Tab. 5: Poměr pohlaví a jeho forem hormonálně ošetřených experimentálních skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758). Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka, dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Použité termíny: Intersex – označení pro typ gonády, která obsahuje části varlat i vaječnicků zároveň; Neomales – jedinci, kteří jsou fenotypově samci, ale genotypově zůstávají samicemi.

Poměr pohlaví a jeho formy hormonálně ovlivněných skupin candáta obecného					
Skupina	Normální samčí gonády	Normální samičí gonády	Deformované samičí gonády	Intersex	Deformované samčí gonády (Neomales)
MT 30/30	51,7 % (31 ks)	48,3 % (29 ks)	0	0	0
MT 50/30	58,3 % (35 ks)	40 % (24 ks)	1,7 % (1 ks)	0	0
MT 30/60	53,3 % (32 ks)	0	25 % (15 ks)	11,7 % (7 ks)	10 % (6 ks)
MT 50/60	48,3 % (29 ks)	21,7 % (13 ks)	11,7 % (7 ks)	10 % (6 ks)	8,3 % (5 ks)
E ₂ 30/30	1,7 % (1 ks)	50 % (30 ks)	48,3 % (29 ks)	0	0
kontrola	51,7 % (31 ks)	48,3 (29 ks)	0	0	0



Graf 1: Poměr pohlaví a jeho forem hormonálně ošetřených skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758). Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka, dávka steroidu v mg.kg^{-1} /počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. Použité termíny: Intersex – označení pro typ gonády, která obsahuje části varlat i vaječnicků zároveň; Neomales – jedinci, kteří jsou fenotypově samci, ale genotypově zůstávají samicemi.

Ze všech maskulinizovaných experimentálních skupin ošetřených MT bylo pohlaví fenotypově nejvíce ovlivněno u skupiny MT 30 mg.kg^{-1} /60 dní, kde výsledný poměr a formy pohlaví činily 53 % samců s morfologicky „normálními“ samčími gonádami, zatímco jedinci s „normálními“ vaječnicků zjištěni nebyli vůbec. Ve skupině MT 30/60 bylo makroskopicky zjištěno 10,0 % plně maskulinizovaných jikernaček („neomales“; Obr. 7) a 11,7 % intersexuálních jedinců (Obr. 8). Dále bylo ve zmíněné skupině zaznamenáno 25 % jedinců s deformovanými samičími gonádami (Obr. 9).



Obr. 7: Zřetelně deformované samčí gonády jedince skupiny MT 30/60 ve věku 728 DPH, projevující se jako neomale (jedinec se samčím fenotypem a samičím genotypem). Z obrázku je zřetelně patrná přítomnost varlat, morfologicky se však gonáda stále podobá vaječníku. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg^{-1} /počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; DPH = dny po vykolení jedince.



Obr. 8: Zřetelně makroskopicky poškozené gonády jedince skupiny MT 30/60 ve věku 728 DPH, projevující se jako intersex (v gonádě jsou přítomny části varlat i vaječnicků zároveň). Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg^{-1} /počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; DPH = dny po vykolení jedince.



Obr. 9: Vaječníky jedince skupiny MT 30/60 ve věku 728 dní po vykulení se zřetelným makroskopickým poškozením ve formě „uzlíků“. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. MT = 17 α -methyltestosteron.

Jako druhý nejvyšší poměr samčího pohlaví byl u maskulinizovaných skupin zaznamenán u skupiny MT 50/60, u které představoval podíl plně maskulinizovaných jikernaček („neomales“) 8,3 %, podíl intersex jedinců na úrovni 10,0 % a podíl jedinců s deformovanými vaječníky 11,7 %. Podíl jedinců s makroskopicky nepoškozenými samčími gonádami byl tvořen 48,3 % a pouze 21,7 % jedinců mělo gonády s fenotypem samice.

U skupiny MT 50/30 nebyly zjištěny žádné maskulinizované jikernačky („neomales“) ani „intersex“ jedinci, byl zde však zaznamenán 1 jedinec (1,7 %) s deformovanými vaječníky. Výsledný poměr pohlaví u skupiny MT 50/30 tvořil 58,3 % ve prospěch jedinců se samčím fenotypem, zbylých 40 % tvořili jedinci s fenotypem samice a jeden jedinec (1,7 %) měl v gonádách tkáň obojího pohlaví.

U skupiny MT 30/30 byl zjištěn relativně vyrovnaný poměr pohlaví 51,7 % : 48,3 % ve prospěch samců, který byl totožný s poměrem pohlaví zjištěným u kontrolní skupiny. V obou zmíněných skupinách nebyla zjištěna přítomnost jedinců s výskytem makroskopických abnormalit na pohlavních orgánech. Snímky normálně vyvíjejících se gonád obou pohlaví z těchto skupin zachycují Obr. 10 a 11.



Obr. 10: Varlata jedince kontrolní skupiny ve věku 728 DPH bez makroskopických známek poškození. Použité zkratky: DPH = dny po vykulení jedince.



Obr. 11: Vaječníky jedince kontrolní skupiny ve věku 728 DPH bez makroskopických známek poškození. Použité zkratky: DPH = dny po vykulení jedince.

U skupiny E₂ 30/30 byl zjištěn velmi vysoký podíl feminizovaných samců, tedy jedinců s fenotypem samice, a to v poměru 98,3 % samic a 1,7 % samců. U 48,3 % ryb v této skupině byli zjištěni jedinci s fenotypem samice u nichž byla zjištěna přítomnost makroskopicky poškozených vaječnicků či varlat.

4.2 Růstové parametry a produkční ukazatele hormonálně ovlivněných skupin

4.2.1 Dosažené přírůstky testovaných skupin candáta obecného po dobu experimentu

U všech testovaných skupin bylo dosaženo vysokých přírůstků, jedinci všech skupin na konci experimentu dosáhli nejen pohlavní dospělosti, ale také tržní hmotnosti. Nejvyššího celkového přírůstku u jedinců chovaných v podmínkách RAS (752 DPH) bylo dosaženo u kontrolní skupiny, u které průměrná finální hmotnost dosahovala 1128,76 g. Velmi podobných výsledků dosáhla skupina MT 30/30, u které byla zjištěna finální kusová hmotnost ryb 1124,78 g.

Naopak nejnižší průměrnou hmotnost na konci experimentu v podmínkách RAS vykazovala skupina MT 50/60 s hmotností 932,46 g. Finální průměrná hmotnost skupiny E₂ 30/30 byla 944,41 g a byla tak celkově druhou nejpomaleji rostoucí skupinou v realizovaném experimentu.

Nejvyšší celkovou délku dosáhly velmi podobně hned tři skupiny: MT 50/30 (500,46 mm), kontrola (499,78 mm) a MT 30/30 (498,55 mm). Naopak významně nižší celková délka jedinců byla zjištěna u skupin vystavených 17 α -methyltestosteronu po 60 dní.

Vliv pohlaví na statisticky významné rozdíly ve finální hmotnosti jedinců testovaných skupin ve věku 728 DPH byl spatřen pouze u skupiny MT 30/30, kde byla zjištěna vyšší finální hmotnost samic oproti samcům o 12,11 %. U skupiny 17 β -estradiolem byl zaznamenán pouze 1 jedinec s fenotypem samce a rozdíl ve finální dosažené hmotnosti tak nebylo možné vyhodnotit. U zbylých skupin nebyly ve finální dosažené hmotnosti pozorovány statisticky významné rozdíly. Přehled dosažených celkových délek a hmotností dosažených během celého experimentu zobrazuje Tab. 6

Tab. 6: Dosažené velikosti testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) po dobu indukce monosexních populací a jejich následného chovu v podmínkách RAS. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; TL = celková délka; W = hmotnost; DPH = dny po vykolení jedince.

		Dosažené délky těla a hmotnosti testovaných skupin candáta obecného během experimentu						
		MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola	
54 DPH	TL (mm)	51,52 ± 4,19	51,52 ± 4,19	51,52 ± 4,19	51,52 ± 4,19	51,52 ± 4,19	51,52 ± 4,19	
	W (g)	1,23 ± 0,26 ^a	1,23 ± 0,27 ^a	1,23 ± 0,28 ^a	1,23 ± 0,29 ^a	1,23 ± 0,30 ^a	1,23 ± 0,31 ^a	
114 DPH	TL (mm)	110,4 ± 7,10	108,8 ± 6,93	103,2 ± 6,23	102,0 ± 6,69	108,3 ± 6,77	110,1 ± 7,04	
	W (g)	12,52 ± 2,41 ^a	12,46 ± 2,28 ^a	10,36 ± 2,19 ^b	10,02 ± 1,99 ^b	12,09 ± 2,24 ^a	12,48 ± 2,33 ^a	
275 DPH	TL (mm)	258,0 ± 16,52	250,3 ± 15,44	230,1 ± 23,56	231,9 ± 22,91	246,4 ± 17,51	265,8 ± 17,50	
	W (g)	81,5 ± 32,11 ^a	72,0 ± 36,48 ^b	48,9 ± 22,28 ^d	52,2 ± 19,71 ^d	61,8 ± 22,79 ^c	88,5 ± 35,23 ^a	
535 DPH	TL (mm)	377,7 ± 30,67	374,9 ± 34,75	335,6 ± 32,75	348,1 ± 29,39	350,7 ± 34,55	378,8 ± 28,48	
	W (g)	430,3 ± 112,70 ^b	432 ± 125,61 ^b	365,2 ± 29,82 ^c	348,8 ± 98,34 ^c	342 ± 107,50 ^c	455,3 ± 119,42 ^a	
752 DPH (536-752 DPH v RAS)	TL (mm)	498,65 ± 40,76	500,46 ± 37,08	486,08 ± 30,58	472,08 ± 33,50	475,55 ± 35,88	499,78 ± 32,71	
	W (g)	1124,78 ± 297,95 ^a	1108,16 ± 244,52 ^a	1034,12 ± 244,52 ^a	932,46 ± 233,13 ^b	944,41 ± 249,15 ^b	1128,76 ± 227,28 ^a	
728 DPH (536-728 DPH v sádce)	TL (mm)	♀	410,43 ± 16,69	406,17 ± 17,44	384,64 ± 17,02	380,90 ± 21,24	386,93 ± 21,55 ^b	408,77 ± 19,59
	W (g)	♀	623,36 ± 76,17 ^a	608,29 ± 82,72 ^a	524,57 ± 92,47 ^{b,c}	499,71 ± 83,71 ^c	544,04 ± 83,07 ^b	663,73 ± 99,13 ^a
	TL (mm)	♂	398,48 ± 19,93	403,91 ± 19,16	385,64 ± 19,15	377,41 ± 17,64	405,00 ± 24,48	408,32 ± 18,46
	W (g)	♂	556,03 ± 89,48 ^b	598,97 ± 109,07 ^{ab}	506,93 ± 93,58 ^c	489,60 ± 73,67 ^c	619,25 ± 136,13 ^{NAa}	647,58 ± 87,90 ^a

4.2.2 Specifická rychlost růstu testovaných skupin candáta obecného po dobu experimentu

Data zobrazená v Tab. 7 prezentují specifickou rychlost růstu (SGR) v jednotlivých experimentálních skupinách na konci jednotlivých období experimentu. Z tabulky je zřejmé, že se zvyšujícím se věkem ryb SGR testovaných ryb klesala. Výsledky SGR testovaných skupin korelují s dosaženými průběžnými hmotnostmi během experimentu. Nejvyššího SGR (až 3,74 %) ve fázi indukce monosexní populace (54-114 DPH) a dosáhly skupiny MT 30/30, MT 50/30 a kontrola. Zmíněné skupiny, zvláště kontrola a skupina MT 30/30 rostly i v období 115-275 DPH výrazně rychleji (až 1,24 %), než skupiny MT 50/60, E₂ 30/30 a zejména skupina MT 30/60, jejíž SGR dosahovala pouhých 0,98 %. Skupiny MT 30/60 a MT 50/60 naopak vykazovaly nejvyšší SGR (0,56-0,58 %) ve věku jedinců 276-535 DPH, zatímco skupiny MT 30/30 a kontrola v tomto období v SGR dosáhly „pouze“ 0,48-0,49 %. Ve třetí (finální) etapě chovu testovaných skupin v RAS ve věku 536-752 DPH vykazovaly nejvyšší SGR skupina MT 30/60 (0,48 %) a dále skupina E₂ 30/30 (0,47 %). Nejvyššího SGR mezi skupinami nasazenými ve věku 536-728 DPH do venkovní sádky dosáhla rovněž skupina E₂ 30/30 s 0,08 %, zatímco SGR skupin MT 30/30 a MT 30/60 bylo oproti skupině E₂ 30/30 poloviční.

Na základě dat lze konstatovat, že skupiny ryb, kterým byly zkrmovány v krmivu hormonální maskulinizační steroidy po 60 dní (tedy MT 30/60 a MT 50/60) a také skupina E₂ 30/30 vykazovaly ve fázích 54-114 a 115-275 DPH nižší SGR než skupiny, kterým bylo krmivo s maskulinizačním estradiolem podáváno pouze 30 dní nebo vůbec. Skupiny MT 30/60, MT 50/60 a E₂ 30/30 až na výjimky naopak vykazovaly rychlejší SGR během fází 276-535 a 536-752 DPH. Zjištěné průměrné hodnoty SGR za období celého experimentu ukazují mírně nižší průměrnou specifickou rychlost růstu u skupin MT 30/60, MT 50/60 a E₂ 30/30 oproti zbylým testovaným skupinám.

Tab. 7: Specifická rychlost růstu (SGR) testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) po období experimentu. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince.

Specifická rychlost růstu (%.d ⁻¹) testovaných skupin candáta obecného po dobu experimentu						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
54-114 DPH	3,74	3,73	3,44	3,38	3,69	3,74
115-275 DPH	1,19	1,11	0,98	1,05	1,03	1,24
276-535 DPH	0,49	0,51	0,58	0,56	0,50	0,48
536-752 DPH (RAS)	0,44 ^{ab}	0,43 ^b	0,48 ^a	0,45 ^{ab}	0,47 ^a	0,42 ^b
Průměr 54-752 DPH (RAS)	0,91	0,90	0,88	0,88	0,88	0,91
536-728 DPH (sádka)	0,04	0,05	0,04	0,05	0,08	0,06

4.2.3 Krmný koeficient (FCR)

Krmný koeficient v experimentálních skupinách candáta obecného dosahovala nejnižších hodnot v období 54-114 DPH, a to u všech skupin. FCR skupiny MT 30/30 a kontrolní skupiny byl dokonce pouze 0,64, oproti 0,71, dosaženého u skupin MT 30/60 a MT 50/60. V dalších fázích chovu se FCR zvyšovalo. V období 115-275 DPH vykazovala nejnižší FCR kontrolní skupina (0,76), zatímco FCR skupin MT 30/60 a E₂ 30/30 dosahovalo na 1,21. V následujícím období se FCR jednotlivých skupin velmi odlišovala a kolísala mezi 0,88 (MT 30/60) až 1,71 (E₂ 30/30). V poslední fázi chovu, ve věku 536-753 DPH bylo zjištěno nejnižší FCR u skupiny MT 30/30 (0,88), naopak nejvyšší měla skupina MT 50/60 (1,04). Průměrné zjištěné hodnoty FCR za období indukce a chov v RAS (54-752 DPH) ukazují značně vyšší FCR u skupiny E₂ 30/30. Přehled krmných koeficientů testovaných skupin je uveden v Tab. 8.

Tab. 8: Krmný koeficient (FCR) testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) po dobu experimentu. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince.

FCR testovaných skupin candáta obecného po období experimentu						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
54-114 DPH	0,64	0,67	0,71	0,71	0,66	0,64
115-275 DPH	0,86	1,06	1,21	1,07	1,21	0,76
276-535 DPH	1,12	1,18	0,88	0,94	1,71	1,34
536-752 DPH	0,88 ^b	0,90 ^b	0,91 ^b	1,04 ^a	1,01 ^a	0,90 ^b
Průměr 54-752 DPH	0,94	1,02	0,95	0,98	1,28	1,01

4.3 Zdravotní stav a kondice testovaných skupin

4.3.1 Přežití a kanibalismus

U všech skupin bylo během každé z jednotlivých fází experimentu dosaženo více než 90 % přežití. Přežití nižší než 95 % bylo až na výjimky pozorováno pouze v počátečních fázích experimentu do věku 276 DPH. Nejvyššího přežití (97,51 %) ve fázi 54-114 DPH dosáhla skupina E₂ 30/30, nejvyšší mortalitu (7,34 %) v této fázi experimentu naopak vykazovala skupina MT 30/60. Vůbec nejnižší míra přežití během jedné etapy byla zjištěna u skupiny MT 50/30 v období 275-535 DPH, ve kterém byla zjištěna mortalita na úrovni 9,35 %, naopak mortalita u skupin MT 30/30 a MT 30/60 v daném období byla pouze 2,80 %. Jako součást mortality byla zaznamenána a vyhodnocena míra kanibalismu, jež je uvedena jako součást mortality a zároveň procentuální podíl všech jedinců nasazených do konkrétní etapy chovu. Nejnižší míra kanibalismu v období 54-114 DPH byla zaznamenána u kontrolní skupiny (1,53 %). Naopak nejvyšší míru kanibalismu vykazovala skupina MT 50/30 (3,94 %). V dalších etapách chovu monosexních jedinců v podmínkách RAS již nebyl zaznamenán žádný případ kanibalismu. Přežití a míra kanibalismu jednotlivých skupin po období experimentu je znázorněno v Tab. 9.

Vůbec nejvyššího kumulativního přežití za celé období experimentu dosáhla skupina MT 50/60. Kumulativní přežití této skupiny bylo 91,84 % a jako jediné tak přesáhlo hranici 90 %. Naopak nejnižšího kumulativního přežití bylo dosaženo u skupiny

MT 50/30, které činilo 75,53 %. Kumulativní přežití ostatních skupin bylo velmi podobné a pohybovalo se mezi 85,95 % až 88,14 %.

Tab. 9: Přežití a kanibalismus testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) po dobu experimentu. Míra kanibalismu je uvedena jako součást mortality a zároveň jako procentuální podíl všech jedinců nasazených do konkrétní etapy chovu. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince.

	Přežití a kanibalismus testovaných skupin					
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
54-114 DPH	96,60 %	93,50 %	92,66 %	95,66 %	97,51 %	96,33 %
kanibalismus	1,79 %	3,94 %	2,06 %	1,67 %	1,97 %	1,53 %
115-275 DPH	96,01 %	93,94 %	100 %	99,70 %	93,06 %	97,12 %
kanibalismus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
276-535 DPH	97,20 %	90,65 %	97,20 %	96,30 %	98,10 %	97,20 %
kanibalismus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
536-752 DPH (RAS)	97,13±5,22 % ^a	96,47±3,32 % ^a	98,72±2,65 % ^a	100±0 % ^a	97,53±3,24 % ^a	96,93±3,18 % ^a
kanibalismus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
536-728 DPH (sádka)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
kanibalismus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

4.3.2 Fultonův koeficient (FC)

Na počátku experimentu měli testovaní jedinci všech skupin FC na úrovni 0,90. Na konci první fáze, kdy byli testovaní jedinci ošetřeni krmivem s přídatkem hormonálně účinných látek, FC napříč skupinami vzrostl na 0,92 (MT 50/60) až 0,96 (MT 50/30, MT 30/60 a E₂ 30/30). Ve věku 275 DPH FC klesl, a to u všech skupin na 0,62 (E₂ 30/30) až 0,73 (MT 50/30). Od té doby až do ukončení experimentu ve věku 752 DPH, ale FC opět rostl na hodnoty 0,86 (E₂ 30/30) až 0,90 (kontrolní skupina), respektive 0,88 (MT 30/60) až 0,95 (kontrolní skupina). Přehled hodnot FC jedinců, chovaných po dobu experimentu v RAS je uveden v Tab. 10, FC jedinců chovaných v období 536-728 DPH v sádce je uveden v Tab. 13).

Tab. 10: Fultonův koeficient (FC) testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) po dobu experimentu. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince.

	FC testovaných skupin po období experimentu					
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
54 DPH	0,90 ± 0,10 ^a	0,90 ± 0,10 ^a	0,90 ± 0,10 ^a	0,90 ± 0,10 ^a	0,90 ± 0,10 ^a	0,90 ± 0,10 ^a
114 DPH	0,94 ± 0,07 ^a	0,96 ± 0,08 ^a	0,96 ± 0,06 ^a	0,92 ± 0,07 ^a	0,96 ± 0,06 ^a	0,94 ± 0,07 ^a
275 DPH	0,70 ± 0,08 ^a	0,73 ± 0,06 ^a	0,66 ± 0,07 ^b	0,64 ± 0,05 ^b	0,62 ± 0,07 ^b	0,70 ± 0,08 ^a
535 DPH	0,80 ± 0,07 ^{ab}	0,82 ± 0,08 ^{ab}	0,81 ± 0,08 ^{ab}	0,83 ± 0,09 ^{ab}	0,79 ± 0,08 ^b	0,84 ± 0,10 ^a
752 DPH	0,89 ± 0,12 ^a	0,87 ± 0,08 ^a	0,89 ± 0,07 ^a	0,87 ± 0,08 ^a	0,86 ± 0,08 ^a	0,90 ± 0,10 ^a

4.3.3 Tělesné indexy testovaných skupin na konci odchovu

Indexy byly zjištěny jednotlivě u každé experimentální skupiny na konci chovu pohlavně dospělých jedinců v extenzivních podmínkách (536-728 DPH) (Tab. 11 a 12) a na konci 3. etapy chovu monosexních populací v RAS (536-752 DPH) (Tab. 13).

U jedinců chovaných v ve věku 536-728 DPH v sádce byly porovnávány rozdíly v tělesných indexech mezi pohlavími uvnitř i mezi populacemi, dále byl porovnán vliv hormonálního ošetření a velikost parametrů na základě typu chovu (sádka/RAS).

GSI

Gonadosomatický index u jedinců chovaných v sádce byl zjištěn výrazně nižší u samic skupin MT 30/60 a MT 50/60, oproti skupinám majícím dle Tab. 7 fenotypový poměr pohlaví vyrovnaný nebo je jejich poměr výrazně nakloněný fenotypu samic. Zatímco u skupin MT 30/30, E₂ 30/30 či kontrola dosahoval GSI samic u jedinců chovaných v sádce 5,83 a 6,56 %, u skupin MT 30/60 a MT 50/60 GSI dosahoval pouhých 2,21 a 2,75 % (Tab. 11). Naopak GSI samců zmíněných skupin byl spolu se skupinou MT 30/30 vyšší (až 0,18 % u skupiny MT 50/60) oproti kontrolní skupině (0,13 %) a skupině E₂ 30/30 (0,11 %), u které byl zjištěn pouze jediný samec (Tab. 12).

Na základě výsledků uvedených v Tab. 13 je zřejmý výrazně vyšší GSI jedinců všech skupin chovaných v sádce oproti jedincům chovaným v podmínkách RAS. Nejvyšší rozdíl v GSI mezi skupinami byl pozorován u skupiny E₂ 30/30, kdy u jedinců chovaných v sádce byl 5,73 %, zatímco u jedinců chovaných v RAS tvořil pouhých 0,57 %. Nejnižší rozdíl v GSI byl zaznamenán u skupiny MT 50/60, kde u jedinců ze sádky tvořil 0,80 % a u jedinců z RAS byl zjištěn 0,19 %.

HSI

Byly pozorovány statisticky významné rozdíly v HSI mezi testovanými skupinami (Tab. 11 a 12). Nejvyšší HSI u samic (1,89 %) byl zaznamenán u skupiny MT 50/60, naopak nejnižší HSI u samičího pohlaví byl shledán u skupiny E₂ 30/30 (1,24 %). U samců byl nejvyšší HSI zaznamenán u skupiny MT 30/30 (1,72 %), nejnižší HSI u samičího pohlaví vykazovala kontrolní skupina (1,23 %). U kontrolní skupiny byl zároveň zaznamenán nejvyšší rozdíl v HSI mezi pohlavími, přičemž HSI samic této skupiny dosahoval 1,66 %.

Poměrně výrazné meziskupinové rozdíly v HSI dokládá i Tab. 13. Nejvyšší hodnoty HSI byly zaznamenány u skupiny MT 50/60 (1,74 % u jedinců chovaných v RAS a 1,72 % jedinců chovaných v sádce), tedy skupiny nejvíce ošetřené hormonálním ošetřením. Velmi nízké hodnoty byly naopak zaznamenány u skupiny E₂ 30/30 (1,25 % u jedinců chovaných v RAS a 1,27 % u jedinců chovaných v sádce).

Významné rozdíly v typu chovu (Tab. 13) byly zaznamenány u skupin ošetřených 17 α -methyltestosteronem dávkou 30 mg.kg⁻¹. U skupiny MT 30/30 chovaných po celou dobu odchovu v RAS byl zaznamenán HSI pouhých 1,18 % oproti HSI 1,67 % zjištěného u jedinců chovaných po období 536-728 DPH v sádce. U jedinců skupiny MT 30/60, chovaných v RAS byl zaznamenán HSI 1,36 %, oproti HSI 1,66 % zjištěnému u jedinců ze sádky.

VSI

Nejvyšší VSI mezi samicemi jednotlivých skupin (Tab. 11) byl zaznamenán u skupiny MT 50/30 (3,32 %), naopak nejnižší VSI u samic byl zjištěn u MT 50/60 (1,82 %). VSI samic kontrolní skupiny dosahoval 2,52 %. Nejvyšší VSI u samců testovaných skupin (Tab. 12) bylo zaznamenáno u kontrolní skupiny (3,19 %), naopak u samce skupiny E₂ 30/30 bylo zjištěno VSI pouhých 2,36 %. Z dat uvedených v Tab. 11 a 12 lze odvodit především vysokou individuální vnitroskupinovou variabilitu v množství tukové tkáně v dutině břišní. Zatímco u skupin MT 30/30, MT 30/60 a MT 50/60 byl zjištěn výrazně vyšší VSI u samců oproti samicím, u skupin MT 50/30 a kontrolní skupiny bylo vyšší VSI zjištěno u samic těchto skupin.

Při porovnání VSI u jedinců chovaných v období 536-728 DPH v sádce oproti jedincům chovaným v období 536-752 DPH v RAS (Tab. 13) byl zaznamenán výrazně vyšší VSI u ryb chovaných v RAS oproti jedincům chovaných v sádce. Viscerosomatický

index se u jedinců v sádce pohyboval v rozmezí 2,62 % (MT 50/60) až 3,14 % (MT 50/30). Naopak u jedinců chovaných v RAS byl VSI výrazně vyšší a pohyboval se na úrovni 3,45 % (MT 50/30) až 4,90 % (MT 50/60).

SSI

U jedinců nebyl zjištěn významný rozdíl mezi testovanými skupinami, a to ani u samic (Tab. 11) ani u samců (Tab. 12). Napříč skupinami však byl zaznamenán mírně vyšší SSI u samců oproti samicím. Na základě dat uvedených v Tab. 13 lze konstatovat, že statisticky významný rozdíl byl zjištěn v typu chovu u skupiny MT 50/60, kdy jedinci chovaní v RAS měli vyšší SSI než jedinci chovaní v sádce.

FC

Meziskupinový rozdíl v FC testovaných jedinců, chovaných po období 536-728 DPH v sádce byl zjištěn u samic jednotlivých skupin (Tab. 11), kdy u kontrolní skupiny dosahoval 0,95, zatímco u skupiny MT 50/60 byl zjištěn pouhých 0,88. Mezi samci jednotlivých skupin však významný rozdíl zjištěn nebyl (Tab. 12).

Statisticky významný rozdíl v FC testovaných skupin nebyl pozorován ani v typu chovu mezi jedinci chovanými po dobu 536-752 v RAS a jedinci chovanými po dobu 536-728 DPH v sádce (Tab. 13).

Tab. 11: Tělesné indexy a ukazatele samic testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) ve věku 728 DPH, chovaných v období 536-728 DPH v sádce. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince. GSI – gonadosomatický index; HSI – hepatosomatický index; VSI – viscerosomatický index; SSI – „slezinosomatický index“.

Tělesné indexy testovaných skupin candáta obecného, chovaných ve venkovní sádce v období 536-728 DPH						
	Pohlaví	GSI (%)	HSI (%)	VSI (%)	SSI (%)	FC
MT 30/30	♀	6,56 ± 2,14 ^a	1,62 ± 0,24 ^b	2,36 ± 0,88 ^b	0,06 ± 0,01 ^a	0,91 ± 0,05 ^a
MT 50/30	♀	4,79 ± 2,77 ^b	1,65 ± 0,20 ^b	3,32 ± 1,51 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,05 ^a
MT 30/60	♀	2,21 ± 1,69 ^c	1,60 ± 0,30 ^b	2,78 ± 1,13 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,07 ^a
MT 50/60	♀	2,75 ± 1,98 ^c	1,89 ± 0,27 ^a	1,82 ± 0,42 ^c	0,05 ± 0,01 ^a	0,88 ± 0,04 ^b
E ₂ 30/30	♀	6,10 ± 3,64 ^a	1,24 ± 0,39 ^c	2,67 ± 1,20 ^{ab}	0,05 ± 0,01 ^a	0,92 ± 0,06 ^a
kontrola	♀	5,83 ± 3,91 ^a	1,66 ± 0,53 ^b	2,52 ± 1,22 ^b	0,05 ± 0,01 ^a	0,95 ± 0,12 ^a

Tab. 12: Tělesné indexy a ukazatele samců testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) ve věku 728 DPH, chovaných v období 536-728 DPH v sádce. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince. GSI – gonadosomatický index; HSI – hepatosomatický index; VSI – viscerosomatický index; SSI – „slezinosomatický index“.

Tělesné indexy testovaných skupin candáta obecného, chovaných ve venkovní sádce v období 536-728 DPH						
	Pohlaví	GSI (%)	HSI (%)	VSI (%)	SSI (%)	FC
MT 30/30	♂	0,16 ± 0,05 ^a	1,67 ± 0,20 ^a	3,12 ± 1,05 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	0,91 ± 0,07 ^a
MT 50/30	♂	0,15 ± 0,08 ^{a,b}	1,50 ± 0,43 ^a	2,95 ± 1,07 ^{ab}	0,07 ± 0,02 ^a	0,91 ± 0,04 ^a
MT 30/60	♂	0,16 ± 0,05 ^a	1,71 ± 0,44 ^a	3,16 ± 1,01 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,90 ± 0,05 ^a
MT 50/60	♂	0,18 ± 0,06 ^a	1,66 ± 0,34 ^a	2,87 ± 0,70 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,05 ^a
E ₂ 30/30	♂	0,11 ± NA ^b	1,67 ± NA ^a	2,36 ± NA ^b	0,07 ± NA ^a	0,94 ± NA ^a
kontrola	♂	0,13 ± 0,03 ^b	1,23 ± 0,48 ^b	3,19 ± 0,92 ^a	0,06 ± 0,03 ^a	0,91 ± 0,06 ^a

Tab. 13: Tělesné indexy a ukazatele testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) ve věku 752 DPH, chovaných ve věku 536-752 DPH v RAS a ve věku 728 DPH, chovaných v období 536-728 DPH v sádce. Zkrácený tvar hormonálního ošetření je uveden ve tvaru: účinná látka/ dávka steroidu v mg.kg⁻¹/počet dní expozice. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol; DPH = dny po vykulení jedince. GSI – gonadosomatický index; HSI – hepatosomatický index; VSI – viscerosomatický index; SSI – „slezinosomatický index“.

Tělesné indexy testovaných skupin obou pohlaví candáta obecného, chovaných v RAS v období 536-752 DPH nebo v sádce v období 536-728 DPH						
	chov	GSI (%)	HSI (%)	VSI (%)	SSI (%)	FC
MT 30/30	RAS	0,58 ± 0,49 ^{c,d}	1,18 ± 0,34 ^c	4,23 ± 1,13 ^{ab}	0,08 ± 0,03 ^a	0,89 ± 0,12 ^a
	sádka	3,36 ± 3,58 ^b	1,67 ± 0,20 ^a	2,74 ± 1,02 ^d	0,07 ± 0,03 ^{a,b}	0,91 ± 0,06 ^a
MT 50/30	RAS	0,36 ± 0,35 ^d	1,37 ± 0,47 ^b	3,45 ± 0,79 ^c	0,07 ± 0,02 ^{a,b}	0,87 ± 0,08 ^a
	sádka	2,47 ± 3,05 ^b	1,58 ± 0,34 ^{a,b}	3,14 ± 1,30 ^{c,d}	0,06 ± 0,02 ^b	0,91 ± 0,04 ^a
MT 30/60	RAS	0,26 ± 0,08 ^d	1,36 ± 0,39 ^b	4,42 ± 0,50 ^{ab}	0,07 ± 0,01 ^{a,b}	0,89 ± 0,07 ^a
	sádka	1,19 ± 1,60 ^c	1,66 ± 0,37 ^a	2,96 ± 1,07 ^d	0,07 ± 0,02 ^a	0,91 ± 0,06 ^a
MT 50/60	RAS	0,19 ± 0,19 ^d	1,74 ± 0,79 ^a	4,90 ± 0,53 ^a	0,08 ± 0,04 ^a	0,87 ± 0,08 ^a
	sádka	0,80 ± 1,44 ^c	1,72 ± 0,33 ^a	2,62 ± 0,79 ^d	0,06 ± 0,02 ^b	0,91 ± 0,05 ^a
E ₂ 30/30	RAS	0,57 ± 0,09 ^{c,d}	1,25 ± 0,24 ^{b,c}	4,56 ± 0,74 ^a	0,07 ± 0,01 ^{a,b}	0,86 ± 0,08 ^a
	sádka	5,73 ± 3,82 ^a	1,27 ± 0,39 ^{b,c}	2,65 ± 1,16 ^d	0,07 ± 0,02 ^{a,b}	0,92 ± 0,06 ^a
kontrola	RAS	0,45 ± 0,70 ^d	1,30 ± 0,14 ^b	4,13 ± 0,39 ^b	0,07 ± 0,01 ^{a,b}	0,90 ± 0,10 ^a
	sádka	3,55 ± 4,13 ^b	1,49 ± 0,55 ^b	2,79 ± 1,14 ^d	0,06 ± 0,02 ^b	0,94 ± 0,10 ^a

5 Diskuse

Intenzivní chov candáta obecného je předmětem aktuálního výzkumu. Ačkoliv má chov tohoto druhu svá specifika, je na řadě evropských farem realizován v masovém měřítku. Vědecko-výzkumné práce se v současné době zaměřují na aplikaci inovativních metod, včetně chovu a využití celosamičích populací.

Shrnutí dosavadních informací k tomuto tématu a realizovat monosexní populaci bylo cílem této práce. Byl proveden experiment za účelem indukce monosexní populace metodou přímé maskulinizace a přímé feminizace pomocí steroidního androgenu a estrogenu, přidaných do krmiva juvenilním jedincům v období před počátkem pohlavní diferenciaci. Cílem přímé maskulinizace jedinců bylo získání neomales, jako prvního kroku k dosažení celosamičí populace v F1 generaci, cílem přímé feminizace bylo porovnat rychlost růstu feminizovaných jedinců oproti růstu maskulinizovaných a kontrolních ryb.

V experimentu bylo ověřeno, že v chovu candáta lze výrazně změnit fenotypový poměr pohlaví pomocí přímé maskulinizace a přímé feminizace. Pomocí účinné látky E₂ v dávce 30 mg.kg⁻¹, aplikované jedincům ve velikosti TL 51,52 mm a W 1,23 g po období 54-84 DPH, byl dosažen fenotypový poměr pohlaví 98,3 % samic a 1,7 % samců. Jedná se o první evidenci takřka celosamičí populace u candáta indukovanou přímou feminizací a výsledky ukazují, že E₂ lze při perorálním podání efektivně využít k indukci monosexní populace. Částečná feminizace u candáta obecného, způsobená butyl benzyl ftalátem (BBP) a di-n-butyl ftalátem (DBP) již byla v minulosti pozorována Jarmołowicz a kol. (2013) a Jarmołowicz a kol. (2014) při perorálním podání v krmivu v dávkách 8-16 g.kg⁻¹ (BBP), resp. 2 g.kg⁻¹ (DBP). Tento výsledek potvrzuje, že pokud je E₂ aplikován ve správnou dobu, je oproti výše uvedeným látkám velmi účinnou látkou s feminizačním účinkem i v relativně velmi nízkých dávkách. Dále bylo u skupiny ošetřené E₂ zjištěno, že zatímco 50 % samic vykazovalo morfologicky „normální“ průběh vaječnicků, u 48,3 % samic byly zjištěny deformity vaječnicků, často ve formě jejich mírného zaškrcení. Tyto drobné deformity jsou velmi pravděpodobně důsledkem působení E₂.

Ve fázi indukce monosexních populací byl do krmiva přimísen 17 α -methyltestosteron u 4 skupin ryb. Skupiny se lišily dávkou (30 nebo 50 mg.kg⁻¹) a dobou expozice této látky (30 nebo 60 dní). U všech skupin ošetřených MT bylo dosaženo podílu samic

převyšujícího 50 %. Nejvyšší úrovně maskulinizace a nejvyššího zastoupení neomales bylo zaznamenáno u skupin, kde byl MT aplikován po 60 dní, zejména pak u skupiny MT 30/60, kde bylo dosaženo poměru pohlaví 53,3 % jedinců s „normálními“ samčími gonádami, 10 % neomales a 11,7 % intersexuálních (hermafroditních) jedinců, zbylých 25 % bylo tvořeno jedinci s výrazně deformovanými samičími gonádami. Podobných výsledků bylo dosaženo také u skupiny MT 50/60 se zastoupením 8,3 % neomales a 10 % hermafroditních jedinců.

Výsledky indukce maskulinizace v této práci se významně liší od výsledků Demska-Zakęs a Zakęs (1997), kterým se podařilo dosáhnout indukce maskulinizace až 96,67 % a 3,33 % s dávkou MT 30 mg.kg⁻¹ při době expozice 21 dní. V námi provedeném experimentu byla stejná dávka použita po období 30 dní, přesto posun v poměru pohlaví nebyl pozorován a shodoval se s poměrem sledovaným u kontrolní skupiny. Z výsledků této práce a práce Demska-Zakęs a Zakęs (1997) vyplývá, že účinnost hormonálního ošetření není přímo závislá na délce periody expozice MT daným jedincům. Data naopak naznačují, že kritickými faktory úspěšné indukce monosexní populace pomocí steroidních hormonů je především správné načasování expozice hormonů ve vztahu k ontogenetickému vývoji a pohlavní diferenciaci jedinců.

U candáta obecného je popisován ranější nástup oogeneze oproti spermatogenezi (Zakęs a Demska-Zakęs, 1996). V této práci jako doposud jediné, byla u candáta sledována přímá maskulinizace i přímá feminizace, a to u ryb o stejné iniciační délce a hmotnosti. Za předpokladu, že by počátek spermatogeneze probíhal u candáta obecného později než počátek oogeneze, byla by vysvětlena v této práci dosažená vyšší úspěšnost maskulinizace skupin exponovaných MT po 60 dní oproti velmi nízkému či žádnému efektu, vyvolanému u skupin exponovaných MT po 30 dní. Tuto domněnku potvrzují výsledky Demska-Zakęs a Zakęs (1997), v jejichž studii byla úspěšná maskulinizace dosažena u jedinců s iniciační hmotností 2,24-2,30 g (tedy téměř dvojnásobná, oproti iniciační hmotnosti jedinců použitých v této práci). Autoři zároveň pokládají hmotnost jedinců za vhodnější nástroj k posouzení vhodnosti aplikace hormonálních steroidů než věk jedinců.

Důležitým faktorem bezpochyby zůstává výše dávky steroidního hormonu, zejména při použití MT. Tento názor podporují výsledky Demska-Zakęs a Zakęs (1997), kteří pozorovali nižší účinnost maskulinizace při vyšších dávkách MT 60 a 90 mg.kg⁻¹ a zaznamenali naopak vyšší výskyt hermafroditních a sterilních jedinců. Při indukci

feminizace pomocí E₂ naopak z výsledků této práce a výsledků Malison a kol. (1986) nelze vyšší dávky estrogenu E₂ považovat za zásadní.

Výsledky experimentu dále ukázaly vliv hormonů na rychlost růstu testovaných skupin candáta obecného. Byla pozorována retardace růstu všech skupin oproti kontrolní skupině. Pozorovaná růstová retardace byla vyšší zejména u skupin vystavených MT po 60 dní. Zatímco SGR kontrolní skupiny v období 54-114 byla 3,74 %, SGR u skupin MT 30/60 (3,44 %) a MT 50/60 (3,38 %) bylo signifikantně nižší. I během následující etapy 115-275 DPH byl pozorována nižší SGR skupin MT 30/60 (0,98 %) a MT 50/60 (1,05 %) oproti kontrolní skupině (1,24 %). Výrazně nižší SGR po období 115-275 DPH bylo dosaženo u skupiny E₂ 30/30.

Výsledky vyhodnocené u jedinců chovaných po celé období experimentu v RAS ukazují, že nejvyšší finální hmotnosti dosahovala kontrolní skupina. Významně nižší růst oproti všem ostatním skupinám naopak vykazovaly skupiny MT 50/60, tedy skupina ošetřená nejvyšší testovanou dávkou MT po nejdelší testovaný čas a také skupina E₂ 30/30. Nižší rychlost růstu jedinců candáta obecného ošetřených MT oproti kontrole pozorovali i Demska-Zakęs a Zakęs (1997) a na základě výsledků této práce tak lze potvrdit, že hormonální ošetření způsobuje zátěž organismu a vyvolává tak retardaci růstu takových ryb.

V experimentu byla rovněž porovnána vnitroskupinová rychlost růstu mezi oběma pohlavími uvnitř jednotlivých skupin. V experimentu nebyly pozorovány vyšší dosažené přírůstky samic oproti samcům na statisticky významné úrovni u téměř všech skupin, s výjimkou skupiny MT 30/30, tedy skupiny, u níž po hormonálním ošetření zůstal poměr pohlaví nepozměněn. Podobné dosažené přírůstky samic a samců byly rovněž pozorovány u kontrolní skupiny. Tyto výsledky jsou překvapivé, neboť Rougeot a kol. (2015) popisuje vyšší rychlost růstu samic okounovitých ryb. U candáta obecného však informace o rozdílech v rychlosti růstu mezi pohlavími po celou dobu intenzivního odchovu doposud chyběla a k dispozici jsou pouze dílčí a nepřímé informace. Demska-Zakęs a Zakęs (1998) u juvenilů candáta obecného o hmotnosti 20-55 g nepozorovali rozdíl v rychlosti růstu mezi oběma pohlavími. M'Hetli a kol. (2011) zaznamenali u volně se vyskytující populace vyšší zastoupení samic v populaci mezi jedinci o TL > 550 mm.

Výsledky této práce nepotvrdily rychlejší růst samic oproti samcům chovaných v intenzivních podmínkách RAS a mohou tak být námětem pro další studie.

V experimentální práci bylo v během fáze indukce monosexních populací pozorováno přežití jednotlivých skupin v rozmezí 92,66 % (MT 50/30) až 97,51 % (E₂ 30/30). Lze konstatovat, že nižší přežití u skupiny MT 50/30 byla způsobena vyšší mírou kanibalismu, dosahující téměř 4 % z počtu všech nasazených jedinců. Během jednotlivých etap chovu monosexních populací v RAS bylo až na výjimky pozorováno přežití skupin vyšší než 95 %. Tato výsledná data korelují s daty Demska-Zakęs a Zakęs (1997), kteří u candáta obecného rovněž uvádí vysokou úroveň přežití testovaných skupin bez závislosti na pohlaví nebo hormonálním ošetření pomocí MT. Výsledky této práce dokládají, že hormonální ošetření pomocí MT nebo E₂ nepůsobí na jedince letálně.

Výsledky ukazují nižší hodnotu Fultovova koeficientu u skupiny E₂ 30/30 ve věku 275 a 535 DPH. Ve stejném období byl u skupiny E₂ 30/30 zároveň pozorován značně vyšší FCR této skupiny oproti skupině kontrolní i oproti skupinám ošetřeným MT. Na základě těchto výsledků lze usuzovat na negativním působení 17 β -estradiolu na rybí organismus formou nižší stravitelnosti či využitelnosti předkládaných krmiv, následované růstovou retardací a horším výživným stavem. Z výsledků vyplývá, že tyto negativní důsledky působí na hormonálně ošetřené jedince spíše omezenou dobu, může i přesto růst těchto jedinců zaostávat.

V experimentu byl zaznamenán nejen předpokládaný vyšší gonadosomatický index samic oproti samcům, data rovněž ukazují vyšší GSI jedinců všech skupin chovaných po období 536-728 DPH v sádce oproti jedincům chovaným v období 536-752 v RAS. Tato data potvrzují, že přirozené podmínky sádky, zejména teplotní a světelný režim měli spolu s přirozenou výživou zásadní vliv na vyšší GSI těchto jedinců (zejména samic a jsou tak v souladu se studiemi Zakęs a Szczepkowski (2004), Kestemont a Henrotte (2015). Data zároveň ukazují signifikantně nižší GSI samic skupin MT 30/60 a MT 50/60 ve věku 728 DPH, jejichž příčinou je s největší pravděpodobností nižší zastoupení samic v těchto populacích.

V experimentu byl u většiny skupin zaznamenán významně vyšší viscerosomatický index u jedinců všech skupin, chovaných v období 536-752 DPH v podmínkách RAS oproti jedincům chovaným v období 536-728 DPH v sádce. Podobný výsledek je charakteristický pro řadu druhů ryb, chovaný v intenzivních podmínkách RAS.

6 Závěr

Z výsledků realizovaného experimentu jsme zjistili, že námi použitým hormonálním ošetřením chovaných juvenilních ryb candáta obecného bylo úspěšně dosaženo:

1. Téměř 100 % fenotypového poměru u samic v populaci perorálně v krmivu ošetřené feminizačním steroidem - 17 β -estradiolem v dávce 30 mg.kg⁻¹ po dobu 30 dní jedincům candáta obecného o TL = 51,2 mm, W = 1,23 g ve věku 54-84 DPH. Jedná se o první evidenci dosažení téměř celosamičí populace pomocí přímé feminizace u candáta obecného.
2. Až 75 % zastoupení jedinců s výskytem samčí pohlavní tkáně, ze kterých 21,7 % bylo tvořeno jedinci, jejichž testikulární sperma by molo možné využít k produkci celosamičí populace u skupiny ošetřené MT dávkou 30 mg.kg⁻¹ po 60 dní.

Dále bylo v diplomové práci zjištěno, že:

3. Hormonálním ošetřením vznikají na gonádách makroskopicky znatelné změny v pohlaví jedinců candáta obecného, může se jednat nejen o neomales, ale také o intersexuální (hermafroditní) jedince nesoucí fenotypové známky obojího pohlaví.
4. Výsledky této práce spolu s výsledky jiných autorů naznačují, že kritickým faktorem úspěšné indukce monosexní populace pomocí steroidních hormonů je především správné načasování expozice hormonů ve vztahu k ontogenetickému vývoji a pohlavní diferenciaci jedinců.
5. Hormonální ošetření u jedinců může způsobovat dočasnou retardaci růstu oproti kontrolním neošetřeným jedincům. Nižší růstové parametry byly pozorovány při použití 17 α -methyltestosteronu i 17 β -estradiolu, a to zejména v období příjmu zmíněných hormonů a krátce po něm, tedy u jedinců do věku 275 DPH a kusové hmotnosti přibližně 90 g.
6. V literatuře často uváděnou vyšší rychlost růstu samic candáta obecného oproti samcům experiment nepotvrdil. Růst skupiny přímo feminizované 17 β -estradiolem byl nižší oproti kontrolní skupině. Zároveň nebyl zjištěn významný rozdíl mezi růstem samic a samců candáta obecného v kontrolní, hormony neošetřené skupině.

7 Seznam odborné literatury

- Abdolmalaki, S., & Psuty, I. (2007). The effects of stock enhancement of pikeperch (*Sander lucioperca*) in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 64(5), 973-980.
- Abi-Ayad, S. M. A., Boutiba, Z., Mélard, C., & Kestemont, P. (2004). Dynamics of total body fatty acids during early ontogeny of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish physiology and Biochemistry*, 30, 129-136.
- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Polícar, T., ... & Kozák, P. (2012). Aquaculture the Czech Republic in 2012: modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquac Eur*, 37(2), 5-14.
- Albasa, A. R. H., Hakim, R. R., & Setyono, B. (2019). Masculinization of Rainbow Fish (*Melanotaenia boesemani*) through immersion the larvae with extract of Bee Honey Resin as a natural substance with different doses. *IJOTA (Indonesian Journal of Tropical Aquatic)*, 2(1), 33-39.
- Anderson, J. L., Asche, F., Garlock, T., & Chu, J. (2017). Aquaculture: Its role in the future of food. In *World agricultural resources and food security* (Vol. 17, pp. 159-173). Emerald Publishing Limited.
- Andrews, C. (1990). The ornamental fish trade and fish conservation. *Journal of fish Biology*, 37, 53-59.
- Aquapri A/S. (2017). Responsibly farmed Zander. www.aquapri.dk/our-products/zander.
Navštíveno: 5. 3.2023. Odkaz v textu: Aquapri A/S, (2017).
- Ariyanto, D., Robisalmi, A., & Larasati, A. K. (2012). Propolis, the alternative natural material for sex reversal in tilapia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 7(2), 87-94.
- Asoh, K., & Shapiro, D. Y. (1997). Bisexual juvenile gonad and gonochorism in the fairy basslet, *Gramma loreto*. *Copeia*, 22-31.
- Aussanasuwannakul, A., Kenney, P. B., Weber, G. M., Yao, J., Slider, S. D., Manor, M. L., & Salem, M. (2011). Effect of sexual maturation on growth, fillet composition, and texture of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on a high nutritional plane. *Aquaculture*, 317(1-4), 79-88.
- Balik, Í., Çubuk, H., Karaşahin, B., Özkök, R., Uysal, R., & Alp, A. (2006). Food and feeding habits of the pikeperch, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), population from Lake Eğirdir (Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 30(1), 19-26.

- Balon, E. K., Momot, W. T., & Regier, H. A. (1977). Reproductive guilds of percids: Results of the paleogeographical history and ecological succession. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34, 1910–1921.
- Baruš, V., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Libosvářský, L., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Oliva, O., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Ráb, P., Špinar, Z., Švátora, M., & Vostradovský, J. (1995). Mihulovci – *Petromyzontes* a ryby - *Osteichthyes* (ilustroval Miriam Baradlaiová). *Academia*, Praha, 698 s.
- Beardmore, J. A., Mair, G. C., & Lewis, R. I. (2001). Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Reproductive biotechnology in finfish aquaculture*, 283-301.
- Bert, T. M., Crawford, C. R., Tringali, M. D., Seyoum, S., Galvin, J. L., Higham, M., & Lund, C. (2007). Genetic management of hatchery-based stock enhancement. *Ecological and genetic implications of aquaculture activities*, 123-174.
- Blazquez, M., Carrillo, M., Zanuy, S., & Piferrer, F., (1999). Sex ratios in offspring of sex-reversed sea bass and the relationship between growth and phenotypic sex differentiation. *Journal of Fish Biology*, 55, 916–930.
- Blecha, M., Flajshans, M., Lebeda, I., Kristan, J., Svacina, P., & Policar, T. (2016a). Triploidisation of pikeperch (*Sander lucioperca*), first success. *Aquaculture*, 462, 115-117.
- Blecha, M., Samarin, A. M., Křišťan, J., & Policar, T. (2016b). Benefits of hormone treatment of both sexes in semi-artificial reproduction of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Czech Journal of Animal Science*, 61(5), 203-208.
- Bódis, M., Kucska, B., & Bercsenyi, M. (2007). The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture international*, 15(1), 83-90.
- Brown, E. E., Baumann, H., & Conover, D. O. (2014). Temperature and photoperiod effects on sex determination in a fish. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 461, 39-43.
- Brykov, V. A. (2014). Mechanisms of sex determination in fish: Evolutionary and practical aspects. *Russian Journal of Marine Biology*, 40, 407-417.
- Budd, A. M., Banh, Q. Q., Domingos, J. A., & Jerry, D. R. (2015). Sex control in fish: approaches, challenges and opportunities for aquaculture. *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(2), 329-355.
- Bull, J. J. (1983). Evolution of sex determining mechanisms. *The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.*, 316 pp.

- Bull, J. J. (1985). Sex determining mechanisms: an evolutionary perspective. *Experientia*, 41, 1285-1296.
- Burkhardt-Holm, P. (2010). Endocrine disruptors and water quality: a state-of-the-art review. *International journal of water Resources Development*, 26(3), 477-493.
- Bye, V. J., & Lincoln, R. F. (1986). Commercial methods for the control of sexual maturation in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 57(1-4), 299-309.
- Cerda, J., Bobe, J., Babin, P. J., Admon, A., & Lubzens, E. (2008). Functional genomics and proteomic approaches for the study of gamete formation and viability in farmed finfish. *Reviews in Fisheries Science*, 16(sup1), 56-72.
- Conover, D. O. (2004). Temperature-dependent sex determination in fishes. *Temperature-dependent sex determination in vertebrates*, 11, 20.
- Conover, D. O., & Fleisher, M. H. (1986). Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 43(3), 514-520.
- Craig, J. F. (2000). Percid fishes: Systematics, ecology and survival. 352 pp.
- Dadras, H., Blecha, M., Malinovskyi, O., Flajšhans, M., Lebeda, I., Křišťan, J., & Policar, T. (2021). Triploidization in pikeperch (*Sander lucioperca*) induced by cold shock. *Aquaculture*, 533, 736236.
- Demska-Zakęś, K., & Zakęś, Z. (1995). Sex differentiation in pikeperch, *Stizostedion lucioperca* [L.]. *Archiwum Rybackie*, 3(1), 51-57.
- Demska-Zakęś, K., & Zakęś, Z. (1997). Effect of 17 α -methyltestosterone on gonadal differentiation in pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. *Aquaculture research*, 28(1), 59-63.
- Demska-Zakęś, K., & Zakęś, Z. (1998). Tempo wzrostu a rozwój układu rozrodczego sandacza, *Stizostedion lucioperca* [L.]. *Komunikaty Rybackie*, (2), 1-3.
- Demska-Zakęś, K., Kowalska, A., & Zakęś, Z. (2003). The development of the swim bladder of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) reared in intensive culture. *Fisheries & Aquatic Life*, 11(1), 45-55.
- Devlin, R. H., & Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208(3-4), 191-364.
- Dhont, J., Dierckens, K., Støttrup, J., Van Stappen, G., Wille, M., & Sorgeloos, P. (2013). Rotifers, *Artemia* and copepods as live feeds for fish larvae in aquaculture. *Advances in aquaculture hatchery technology* (pp. 157-202). Woodhead Publishing.

- Dil, H. (2008). The European market of the pikeperch for human consumption. *Proceeding of Percid Fish Culture from Research to Production. Universitaires de Namur, Bruxelles, Belgium*, 15-16.
- Dubský, K., Kouřil, J., & Šrámek, V., (2003). *Obecné rybářství*. Informatorium Praha, 308 s
- Dungel, J., & Řehák, Z., (2005). Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. *Academia*, Praha, 181 s.
- Dvořák, P., Pyszko, M., Velíšek, J., Dvořáková Líšková, Z., & Andreji, J., (2014). Anatomie a fyziologie ryb. FROV JU, Vodňany, s. 189
- Elvira, B., & Almodóvar, A. (2001). Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *Journal of fish Biology*, 59, 323-331.
- Emefe, O., & Sorhue, U. G. (2014). Gynogenesis: An effective way of controlling fish population and increasing profit in aquaculture.
- FAO. (2007). Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fish. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Version 2.3.2000. Capture production: Quantities 1950^2005.
- FAO. (2012). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. www.fao.org/fishery/en/statistics/global-aquaculture-production/query/en. Accessed 8 November 2012.
- FAO. (2012–2016). Cultured Aquatic Species Information Programme. *Sander lucioperca*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Zakezs, Z. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sander_lucioperca/en. Accessed 16 November 2016.
- FAO. (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp. <https://www.fao.org/3/i5555e/i5555e.pdf>.
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>.
- Feiner, Z. S., & Höök, T. O. (2015). Environmental biology of percid fishes. *Biology and culture of percid fishes: principles and practices*, 61-100.
- Fernando, A. A., & Phang, V. P. E. (1994). Freshwater ornamental fish aquaculture in Singapore. *Singapore Polytechnic*.
- Flynn, S. R., & Benfey, T. J. (2007). Effects of dietary estradiol-17 β in juvenile shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, Lesueur. *Aquaculture*, 270(1-4), 405-412.

- Fontaine, P., Gardeur, J. N., Kestemont, P., & Georges, A. (1997). Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system. *Aquaculture*, 157(1-2), 1-9.
- Fontaine, P., Gardeur, J. N., Kestemont, P., & Georges, A. (1997). Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system. *Aquaculture*, 157(1-2), 1-9.
- Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., & Wang, N. (2008). Percid fish culture. *From research to production. Presses Universitaires de Namur, Belgium.*
- Fopp-Bayat, D. (2007). Verification of meiotic gynogenesis in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) using microsatellite DNA and cytogenetical markers. *Journal of Fish Biology*, 71, 478-485.
- Fopp-Bayat, D., Hliwa, P., & Ocalewicz, K. (2018). Presence of gynogenetic males suggests a female heterogamety in sterlet *Acipenser ruthenus* L. *Animal reproduction science*, 189, 110-118.
- Fopp-Bayat, D., Kolman, R., & Woznicki, P. (2007). Induction of meiotic gynogenesis in sterlet (*Acipenser ruthenus*) using UV-irradiated bester sperm. *Aquaculture*, 264(1-4), 54-58.
- Foresti, F. (2000). Biotechnology and fish culture. *Hydrobiologia*, 420, 45-47.
- Fuentes-Silva, C., Soto-Zarazúa, G. M., Torres-Pacheco, I., & Flores-Rangel, A. (2013). Male tilapia production techniques: A mini-review. *African journal of Biotechnology*, 12(36).
- Gapasin, R., Bombeo, R., Lavens, P., Sorgeloos, P., & Nelis, H. (1998). Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin C: effects on milkfish (*Chanos chanos*) larval performance. *Aquaculture*, 162(3-4), 269-286.
- Grozea, A., Bănăţean-Dunea, I., Cean, A., Korbuly, B., Bura, M., Osman, A., & Părău, D. (2009). Genetical inactivation of pikeperch (*Sander lucioperca*) sperm using UV irradiation. *Lucrări Ştiinţifice-Zootehnie şi Biotehnologii, Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară a Banatului Timişoara*, 42(2), 40-46.
- Grunina, A. S., Recoubratsky, A. V., Tsvetkova, L. I., & Barmintsev, V. A. (2006). Investigation on dispermic androgenesis in sturgeon fish. The first successful production of androgenetic sturgeons with cryopreserved sperm. *International Journal of Refrigeration*, 29(3), 379-386.
- Hamza, N., Mhetli, M., & Kestemont, P. (2007). Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33, 121-133.

- Hamza, N., Ostaszewska, T., & Kestemont, P. (2015). Development and functionality of the digestive system in percid fishes early life stages. *Biology and culture of percid fishes: principles and practices*, 239-264.
- Hanel, L., (1997). Klíč k určování ryb a mihulí. *EkoCentrum*, Brno, s. 85.
- Hanel, L., Lusk, S., (2005). Ryby a mihule České republiky. Rozšíření a ochrana. *Český svaz ochránců přírody*, Vlašim, s. 448
- Hayes, T. B. (1998). Sex determination and primary sex differentiation in amphibians: genetic and developmental mechanisms. *Journal of experimental zoology*, 281(5), 373-399.
- Helfman, G. S. (2007). *Fish conservation: a guide to understanding and restoring global aquatic biodiversity and fishery resources*. Island Press.
- Hermelink, B., Wuertz, S., Trubiroha, A., Rennert, B., Kloas, W., & Schulz, C. (2011). Influence of temperature on puberty and maturation of pikeperch, *Sander lucioperca*. *General and Comparative Endocrinology*, 172(2), 282-292.
- Hickley, P., & Chare, S. (2004). Fisheries for non-native species in England and Wales: angling or the environment? *Fisheries management and ecology*, 11(3-4), 203-212.
- Hishida, T. O. (1965). Accumulation of estrone-16-C14 and diethylstilbestrol-(monoethyl-1-C14) in larval gonads of the medaka *Oryzias latipes*, and determination of the minimum dosage of estrogen for sex reversal. *General and Comparative Endocrinology*, 5(2), 137-144.
- Hokanson, K.E.F. (1977). Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1524–1550
- Holčík, J., & Mihálik, J., (1971). Sladkovodní ryby. vydání 1. *Praha Artia*, 133 s.
- Hunter, G. A., & Donaldson, E. M. (1983). Hormonal sex control and its application to fish culture. *Fish physiology* (Vol. 9, pp. 223-303). Academic Press.
- Hunter, G. A., Donaldson, E. M., Goetz, F. W., & Edgell, P. R. (1982). Production of all-female and sterile coho salmon, and experimental evidence for male heterogamety. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111(3), 367-372.
- Hussain, M. G. (1998). Manipulation of chromosomes in fish: review of various techniques and their implications in aquaculture.
- Chakraborty, S. B., Molnár, T., & Hancz, C. (2012). Effects of methyltestosterone, tamoxifen, genistein and Basella alba extract on masculinization of guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(12), 048-052.
- Choat, J. H., & Robertson, D. R. (1975). Protogynous hermaphroditism in fishes of the family Scaridae. *Intersexuality in the animal kingdom*, 263-283.

- Ihssen, P. E., McKay, L. R., McMillan, I., & Phillips, R. B. (1990). Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: cytogenetic and fisheries applications. *Transactions of the American Fisheries Society*, 119(4), 698-717.
- Imentai, A., Gilannejad, N., Martínez-Rodríguez, G., López, F. J. M., Martínez, F. P., Pěnka, T., Dzyuba, V. Dadras, H., & Policar, T. (2022). Effects of first feeding regime on gene expression and enzyme activity in pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Frontiers in Marine Science*, 9, 864536.
- Imentai, A., Rašković, B., Steinbach, C., Rahimnejad, S., Yanes-Roca, C., & Policar, T. (2020). Effects of first feeding regime on growth performance, survival rate and development of digestive system in pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture*, 529, 735636.
- Jankun, M., Mochol, M., & Ocalewicz, K. (2014). Conventional and molecular cytogenetics of the pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 45(6), 1084-1089.
- Jarmolowicz, S., Demska-Zakeš, K., & Zakeš, Z. (2014). Impact of butyl benzyl phthalate on development of the reproductive system of European pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Acta Veterinaria Hungarica*, 62(3), 397-407.
- Jiroušek, B. (1998). Josef Šusta, nestor českého rybníkářství. *Historický obzor*, 9 (1/2), s. 33-34
- Jonathan, L. D. (2020). Copepods as first exogenous feed during intensive larvae culture of pikeperch *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) in RAS (Doctoral dissertation, Ghent University).
- Kahilainen, K. K., Teacher, A. G., Kähkönen, K., Vinni, M., Lehtonen, H., & Merilä, J. (2011). First record of natural hybridization and introgression between pikeperch (*Sander lucioperca*) and perch (*Perca fluviatilis*). *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 48, No. 1, pp. 39-44). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Káldy, J., Patakiné Várkonyi, E., Fazekas, G. L., Nagy, Z., Sándor, Z. J., Bogár, K., Kovács, G., Molnár, M., Lázár, B., Goda, K., Gyöngy, Z., Ritter, Z., Nánási, P., Horváth, Á., & Ljubobratović, U. (2021). Effects of Hydrostatic Pressure Treatment of Newly Fertilized Eggs on the Ploidy Level and Karyotype of Pikeperch *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758). *Life*, 11(12), 1296.
- Kavumpurath, S., & Pandian, T. J. (1994). Masculinization of fighting fish, *Betta splendens* Regan, using synthetic or natural androgens. *Aquaculture research*, 25(4), 373-381.
- Kestemont P, & Mélard C (2000) Chapter 11: Aquaculture. In: Craig JF (ed) Percid fishes. Systematics, ecology and exploitation. Blackwell Science, Oxford, pp 191–224

- Kestemont, P., & Henrotte, E. (2015). Nutritional requirements and feeding of broodstock and early life stages of Eurasian perch and pikeperch. *Biology and culture of percid fishes: Principles and practices*, 539-564.
- Kestemont, P., Xu. Xueliang, N. Hamza, J. Maboudou and I. Imorou Toko, (2007). Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture*, 264 (1–4): 197–204.
- Khendek, A., Chakraborty, A., Roche, J., Ledoré, Y., Personne, A., Policar, T., Żarski, D., Mandiki, R., Kestemont, P., Milla, S., & Fontaine, P. (2018). Rearing conditions and life history influence the progress of gametogenesis and reproduction performances in pikeperch males and females. *Animal*, 12(11), 2335-2346.
- Kikuchi, K., & Hamaguchi, S. (2013). Novel sex-determining genes in fish and sex chromosome evolution. *Developmental Dynamics*, 242(4), 339-353.
- Kindschi, G. A., & Barrows, F. T. (1993). Survey of swim bladder inflation in walleyes reared in hatchery production ponds. *The Progressive Fish-Culturist*, 55(4), 219-223.
- Kokurewicz, B. (1969). The influence of temperature on the embryonic development of the perches: *Perca fluviatilis* (L.) and *Lucioperca lucioperca* (L.). *Zool. Pol*, 19(1), 47-67.
- Komen, H., & Thorgaard, G. H. (2007). Androgenesis, gynogenesis and the production of clones in fishes: a review. *Aquaculture*, 269(1-4), 150-173.
- Kopp, D., Cucherousset, J., Syväranta, J., Martino, A., Céréghino, R., & Santoul, F. (2009). Trophic ecology of the pikeperch (*Sander lucioperca*) in its introduced areas: a stable isotope approach in southwestern France. *Comptes Rendus Biologies*, 332(8), 741-746.
- Křišť'an, J., Alavi, S. M. H., Stejskal, V., & Policar, T. (2013). Hormonal induction of ovulation in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) using human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRH analogue. *Aquaculture International*, 21, 811-818.
- Kucharczyk, D., Targońska, K., Kwiatkowski, M., Krejszeff, S., Łuczyński, M.J., Szkudlarek, M., Szczerbowski, A., Kujawa, R., Mamcarz, A., Gomulka, P., & Kestemont, P., (2007). In: Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A. (Eds.), Artificial reproduction of pikeperch. *University of Olsztyn*, Olsztyn, Poland, pp. 81.
- Lappalainen, J., Dörner, H., & Wysujack, K. (2003). Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.))—a review. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(2), 95-106.
- Lee, Y. H., Du, J. L., Yueh, W. S., Lin, B. Y., Huang, J. D., Lee, C. Y., Lee, M. F., Lau, E. L., Lee, F. Y., Morrey, C., Nagahama, Y., & Chang, C. F. (2001). Sex change in the protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*: a review in gonadal development, estradiol, estrogen receptor, aromatase activity and gonadotropin. *Journal of experimental Zoology*, 290(7), 715-726.

- Lepič, P., Buřič, M., Hajíček, J., & Kozák, P. (2017). Adaptation to pelleted feed in pikeperch fingerlings: learning from the trainer fish over gradual adaptation from natural food. *Aquatic Living Resources*, 30, 8.
- Liew, W. C., & Orbán, L. (2014). Zebrafish sex: a complicated affair. *Briefings in functional genomics*, 13(2), 172-187.
- Liu, S., Zhang, Y., Zhou, Z., Waldbieser, G., Sun, F., Lu, J., Zhang, J., Jiang, Y., Zhang, H., Wang, X., Rajendran, K. V., Khoo, L., Kutuktas, H., Peatman, E., & Liu, Z. (2012). Efficient assembly and annotation of the transcriptome of catfish by RNA-Seq analysis of a doubled haploid homozygote. *BMC genomics*, 13(1), 1-18.
- Ljubobratović, U., Péter, G., Horváth, Z., Źarski, D., Ristović, T., Percze, V., ... & Rónyai, A. (2017). Reproductive performance of indoor-reared pikeperch (*Sander lucioperca*) females after wintering in outdoor earthen ponds. *Aquaculture Research*, 48(9), 4851-4863.
- Lusk S., Baruř, & V., Vostradovský, J., (1992). Ryby našich vod. *Praha Academia*, 239 s
- Malinovskiy, O., Veselý, L., Blecha, M., Křiřřan, J., & Policar, T. (2018). The substrate selection and spawning behaviour of pikeperch *Sander lucioperca* L. broodstock under pond conditions. *Aquaculture Research*, 49(11), 3541-3547.
- Malison, J. A., & Garcia-Abiado, M. A. R. (1996). Sex control and ploidy manipulations in yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum*). *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 189-194.
- Malison, J. A., Held, J. A., Procarione, L. S., & Garcia-Abiado, M. A. R. (1998). Production of monosex female populations of walleye from intersex broodstock. *The Progressive fish-culturist*, 60(1), 20-24.
- Malison, J. A., Kayes, T. B., Best, C. D., Amundson, C. H., & Wentworth, B. C. (1986). Sexual differentiation and use of hormones to control sex in yellow perch (*Perca flavescens*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(1), 26-35.
- Malison, J. A., Kayes, T. B., Held, J. A., & Amundson, C. H. (1990). Comparative survival, growth, and reproductive development of juvenile walleye and sauger and their hybrids reared under intensive culture conditions. *The Progressive Fish-Culturist*, 52(2), 73-82.
- Manan, H., Hidayati, A. N., Lyana, N. A., Amin-Safwan, A., Ma, H., Kasan, N. A., & Ikhwanuddin, M. (2022). A review of gynogenesis manipulation in aquatic animals. *Aquaculture and Fisheries*, 7(1), 1-6.
- Manor, M. L., Weber, G. M., Salem, M., Yao, J., Aussanasuwannakul, A., & Kenney, P. B. (2012). Effect of sexual maturation and triploidy on chemical composition and fatty acid

- content of energy stores in female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 364, 312-321.
- Martin-Robichaud, D. J., Peterson, R. H., Benfey, T. J., & Crim, L. W. (1994). Direct feminization of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) using 17β -oestradiol-enriched *Artemia* as food. *Aquaculture*, 123(1-2), 137-151.
- Mei, J., & Gui, J. F. (2015). Genetic basis and biotechnological manipulation of sexual dimorphism and sex determination in fish. *Science China Life Sciences*, 58, 124-136.
- Mélard, C., Kestemont, P., & Grignard, J. C. (1996). Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 175-180.
- M'hetli, M., Ben Khemis, I., Hamza, N., Turki, B., & Turki, O. (2011). Allometric growth and reproductive biology traits of pikeperch *Sander lucioperca* at the southern edge of its range. *Journal of Fish Biology*, 78(2), 567-579.
- Ministerstvo zemědělství. (2021). Víceletý národní strategický plán pro akvakulturu pro léta 2021–2030.
www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fdokumenty_ke_stazeni%2Fopr2021%2Fzakladni_informace%2Fprogramove_dokumenty%2F1644840883924.pdf. 178 s.
- Moore, A. (1996). Use of semen extenders for walleye. *Walleye culture manual*, 51-53.
- Mousavi-Sabet, H., & Ghasemnezhad, H. (2013). Masculinization, mortality and growth rates of swordtail *Xiphophorus hellerii* (Poeciliidae) affected by methyltestosterone. *Poeciliid Research*, 3(1), 7-13.
- Müller, T., Bódis, M., Urbányi, B., & Bercsényi, M. (2011). Comparison of Growth in Pike-Perch (*Sander lucioperca*) and Hybrids of Pike-Perch (*S. lucioperca*) × Volga Pike-Perch (*S. volgensis*).
- Murata, R., Karimata, H., Alam, M. A., & Nakamura, M. (2009). Gonadal sex differentiation in the Malabar grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture*, 293(3-4), 286-289.
- Musil, J., & Kouřil, J. (2006). Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech*.
- Nagięć, M. (1977). Pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in its natural habitats in Poland. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34(10), 1581-1585.
- Nakamura, M., & Nagahama, Y. (1989). Differentiation and development of Leydig cells, and changes of testosterone levels during testicular differentiation in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 7, 211-219.

- Nakamura, M., & Takahashi, H. (1973). Gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*, with special regard to the time of estrogen treatment effective in inducing complete feminization of genetic males. *北海道大學水産學部研究彙報*, 24(1), 1-13.
- Nakamura, M., Kobayashi, Y., Miura, S., Alam, M. A., & Bhandari, R. K. (2005). Sex change in coral reef fish. *Fish Physiology & Biochemistry*, 31.
- Nakamura, M., Nozu, R., Nakamura, S., Higa, M., Bhandari, R. K., Kobayashi, Y., Horiguchi, R., Komatsu, T., Kojima, Y., Murata, R., Soyano, K., Ogawa, S., Hirai, T., Matsubara, H., Tokumoto, T., Kobayashi, T., Kagawa, H., Adachi, S., Yamauchi S., & Nagahama, Y. (2022). Morphological and physiological studies on sex change in tropical fish: Sexual plasticity of the ovaries of hermaphroditic and gonochoristic fish. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 24(1), 5-17.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. H. 2016. Fishes of the World. *John Wiley & Sons*, P. vi, 19(20), 23-752.
- Oliva, O. (1953). K systematice našich okounovitých ryb (Percidae). *Věstník Královské společnosti českých nauk, třída matematicko-přírodovědecká* 1952., (9): 1-19.
- Oliva, O., Skořepa, V., Stoklosowa, S. (1968). Myodome in teleosts *Clupea harengus*, *Osmerus eperlanus*, *Perca fluviatilis*, *Stezostedion lucioperca*, *Lophius piscatorius*. *Věstník Československé Společnosti Zoologické*, 32 (4): 377-389.
- Ostaszewska, T., (2005). Developmental changes of digestive system structures in pike-perch (*Sander lucioperca* L.), *Electronic Journal of Ichthyology*, 2, pp. 65-78
- P. Matschie, A. Reichenow, G. Tornier & P. Pappenheim (1909): Mammalia, Aves, Reptilia, Amphibia, Pisces. In: Brauer, A. (Hrsg.): Die Süßwasserfauna Deutschlands. Eine Exkursionsfauna. Heft 1, *Gustav Fischer Verlag*, Jena, S. 206
- Pandian, T. A., & Koteeswaran, R. (1998). Ploidy induction and sex control in fish. *Hydrobiologia*, 384, 167-243.
- Pandian, T. J. (2011). Sex determination in fish. *CRC press*.
- Pandian, T. J., & Kirankumar, S. (2003). Androgenesis and conservation of fishes. *Current Science*, 917-931.
- Pandian, T. J., & Sheela, S. G. (1995). Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138(1-4), 1-22.
- Parés Casanova, P. M., & Cano, L. (2014). Geometric morphometric assessment of shape sexual dimorphism in Pikeperch (*Sander lucioperca*). *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 2014, vol. 3, num. 1, p. 148-152.

- Pěnka, T., Malinovskyi, O., Imentai, A., Kolářová, J., Kučera, V., & Policar, T. (2023). Evaluation of different feeding frequencies in RAS-based juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) aquaculture. *Aquaculture*, 562, 738815.
- Pérez-Bote, J. L., & Roso, R. (2012). Growth and length–weight relationships of *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) in the Alcántara Reservoir, south-western Spain: Comparison with other water bodies in Eurasia. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(2), 264-268.
- Persson, A., & Brönmark, C. (2002). Foraging capacity and resource synchronization in an ontogenetic diet switcher, pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Ecology*, 83(11), 3014-3022.
- Péter, G., Lukić, J., Alvestad, R., Horváth, Z., Nagy, Z., Rónyai, A., Bársony, P., & Ljubobratović, U. (2023). Nursing of pike-perch (*Sander lucioperca*) in Recirculating Aquaculture System (RAS) provides growth advantage in juvenile growth phase. *Animals*, 13(3), 347.
- Peterka, J., Matěna, J., & Lipka, J. (2003). The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International*, 11, 337-348.
- Philipsen, A., (2008). Excellence Fish: production of pikeperch in recirculating system. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production, *Universitaires de Namur*, Belgium, p. 67.
- Piferrer, F. (2001). Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture*, 197(1-4), 229-281.
- Piferrer, F., & Guiguen, Y. (2008). Fish gonadogenesis. Part II: molecular biology and genomics of sex differentiation. *Reviews in Fisheries Science*, 16(sup1), 35-55.
- Piferrer, F., & Lim, L. C. (1997). Application of sex reversal technology in ornamental fish culture. *Aquarium Sciences and Conservation*, 1, 113-118.
- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J. C., Flajšhans, M., Haffray, P., & Colombo, L. (2009). Polyploid fish and shellfish: production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 293(3-4), 125-156.
- Piferrer, F., Ribas, L., & Díaz, N. (2012). Genomic approaches to study genetic and environmental influences on fish sex determination and differentiation. *Marine biotechnology*, 14, 591-604.
- Polcar, T., Bláha, M., Křišťan, J., & Stejskal, V. (2011). Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *Edice Metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, 110, 46.
- Polcar, T., Blecha, M., & Křišťan, J., (2016). Hromadný poloumělý výtěr candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému. *Edice Metodik (Technologická řada)*, FROV JU, Vodňany, 163.

- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., & Vaniš, J. (2014). Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). *Edice metodik (Ověřená technologie), FROV JU*, 141, 46.
- Polícar, T., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Pěnka, T., & Kolářová, J. (2021). Optimalizovaná reprodukce a efektivní chov candáta obecného (*Sander lucioperca*) zajišťující produkci kvalitních násadových a tržních ryb. *Edice metodik FROV JU*, Vodňany, 187, 66 s.
- Polícar, T., Schaefer, F. J., Panana, E., Meyer, S., Teerlinck, S., Toner, D., & Żarski, D. (2019). Recent progress in European percid fish culture production technology—tackling bottlenecks. *Aquaculture International*, 27, 1151-1174.
- Pospišil, O., (1998). Svět ryb. *Ottovo nakladatelství*, Praha, s. 16.
- Purdom, C. E. (1992). Genetics and fish breeding (Vol. 8). *Springer Science & Business Media*.
- Pyanov, D., Delmukhametov, A., & Khrustalev, E. (2014). Pike-perch farming in recirculating aquaculture systems (RAS) in the Kaliningrad region. In *9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being"* (p. 315).
- Ráb, P., Roth, P., Mayr, B. (1987). Karyotype study of eight species of European percid fishes (Pisces, Percidae). *Caryologia*, 40: 307-318.
- Raikova-Petrova, G., & Živkov, M. (1998). Maturity, spawning and sex ratio of pike perch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in two Bulgarian reservoirs as compared to other European habitats. *Journal of Applied Ichthyology*, 14(1-2), 31-35.
- Recoubratsky, A. V., Grunina, A. S., Barmintsev, V. A., Golovanova, T. S., Chudinov, O. S., Abramova, A. B., Panchenko, N. S., & Kupchenko, S. A. (2003). Meiotic gynogenesis in the stellate and Russian sturgeons and sterlet. *Russian Journal of Developmental Biology*, 34, 92-101.
- Ribeiro, F., Gante, H. F., Sousa, G., Filipe, A. F., Alves, M. J., & Magalhaes, M. F. (2009). New records, distribution and dispersal pathways of *Sander lucioperca* in Iberian freshwaters. *Cybium*, 33(3), 255–256.
- Ridha, M. T. (2011). Evaluation of monosex culture of GIFT and non-improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in recirculating tanks. *International Aquatic Research (Islamic Azad University, Tonekabon Branch)*, 3(3).
- Rónyai, A. (2007). Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 38(11), 1144-1151.
- Rougeot, C. (2015). Sex and ploidy manipulation in percid fishes. *Biology and culture of percid fishes: Principles and practices*, 625-634.

- Rougeot, C., Jacobs, B., Kestemont, P., & M elard, C. (2002). Sex control and sex determinism study in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*, by use of hormonally sex-reversed male breeders. *Aquaculture*, 211(1-4), 81-89.
- Rougeot, C., Ngingo, J. V., Gillet, L., Vanderplasschen, A., & M elard, C. (2005). Gynogenesis induction and sex determination in the Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 243(1-4), 411-415.
- Rubin, D. A. (1985). Effect of pH on sex ratio in cichlids and a poeciliid (Teleostei). *Copeia*, 1985(1), 233-235.
- Ruuhij arvi, J., & Hyv arinen, P. (1996). The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 185-188.
- Sadovy, Y., & Colin, P. L. (1995). Sexual development and sexuality in the Nassau grouper. *Journal of Fish Biology*, 46(6), 961-976.
- Saillant, E., Fostier, A., Haffray, P., Menu, B., & Chatain, B. (2003). Saline preferendum for the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae and juveniles: effect of salinity on early development and sex determination. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287(1), 103-117.
- Saoud, I. P., Davis, D. A., Roy, L. A., & Phelps, R. P. (2005). Evaluating the benefits of size-sorting tilapia fry before stocking. *Journal of Applied Aquaculture*, 17(4), 73-85.
- Sarameh, S. P., Falahatkar, B., Takami, G. A., & Efatpanah, I. (2012). Effects of different photoperiods and handling stress on spawning and reproductive performance of pikeperch *Sander lucioperca*. *Animal Reproduction Science*, 132(3-4), 213-222.
- Shapiro, D. Y. (1979). Social behavior, group structure, and the control of sex reversal in hermaphroditic fish. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 10, pp. 43-102). Academic Press.
- Scheerer, P. D., Thorgaard, G. H., Allendorf, F. W., & Knudsen, K. L. (1986). Androgenetic rainbow trout produced from inbred and outbred sperm sources show similar survival. *Aquaculture*, 57(1-4), 289-298.
- Schlumberger, O., & Proteau, J. P. (1996). Reproduction of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in captivity. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 149-152.
- Scholz, S., & Kl iver, N. (2009). Effects of endocrine disrupters on sexual, gonadal development in fish. *Sexual development*, 3(2-3), 136-151.
- Schultheis, C., B ohne, A., Schartl, M., Volff, J. N., & Galiana-Arnoux, D. (2009). Sex determination diversity and sex chromosome evolution in poeciliid fish. *Sexual Development*, 3(2-3), 68-77.

- Snyder, S. A., Westerhoff, P., Yoon, Y., & Sedlak, D. L. (2003). Pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disruptors in water: implications for the water industry. *Environmental engineering science*, 20(5), 449-469.
- Specziár, A., Bercsényi, M., & Müller, T. (2009). Morphological characteristics of hybrid pikeperch (*Sander lucioperca* female × *Sander volgensis* male) (Osteichthyes, Percidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 55(1), 39-54.
- Strüssmann, C. A., & Nakamura, M. (2002). Morphology, endocrinology, and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. *Fish physiology and biochemistry*, 26, 13-29.
- Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Szczepkowska, B., & Piotrowska, I. (2011). Effect of size sorting on the survival, growth and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) larvae during intensive culture in RAS. *Czech Journal of Animal Science*, 56(11), 483-489.
- Szkudlarek, M. (2004). *Factors influencing the rearing effectiveness of zander, Sander lucioperca (L.) larvae under recirculation system conditions* (Doctoral dissertation, PhD thesis, Inland Fisheries Institute, Olsztyn, Poland).
- Szkudlarek, M., & Zakęś, Z. (2007). Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquaculture International*, 15, 67-81.
- Tao, W., Yuan, J., Zhou, L., Sun, L., Sun, Y., Yang, S., Li, M., Zeng, S., Huang, B., & Wang, D. (2013). Characterization of gonadal transcriptomes from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reveals differentially expressed genes. *PloS one*, 8(5), e63604.
- Taranger, G. L. (1993). *Sexual maturation in Atlantic salmon, Salmo salar L.; aspects of environmental and hormonal control*. University of Bergen.
- Terofal, F., 1997. Průvodce přírodou. Sladkovodní ryby. *Ikar*, Praha, s. 287.
- Thorgaard, G. (1986). Chromosome manipulation and markers in fishery management. *Population genetics and fishery management*, 319-331.
- Thorgaard, G. H., Scheerer, P. D., Hershberger, W. K., & Myers, J. M. (1990). Androgenetic rainbow trout produced using sperm from tetraploid males show improved survival. *Aquaculture*, 85(1-4), 215-221.
- Tielmann, M., Schulz, C., & Meyer, S. (2016). Self-grading of larval pike-perch (*Sander lucioperca*), triggered by positive phototaxis. *Aquacultural Engineering*, 72, 13-19.
- Tönißen, K., Pfuhl, R., Franz, G. P., Dannenberger, D., Bochert, R., & Grunow, B. (2022). Impact of spawning season on fillet quality of wild pikeperch (*Sander lucioperca*). *European Food Research and Technology*, 248(5), 1277-1285.

- Tsaparis, D., Lecocq, T., Kyriakis, D., Oikonomaki, K., Fontaine, P., & Tsigenopoulos, C. S. (2022). Assessing genetic variation in wild and domesticated pikeperch populations: implications for conservation and fish farming. *Animals*, *12*(9), 1178.
- Turan, F., Çek, Ş., & Atik, E. (2006). Production of monosex male guppy, *Poecilia reticulata*, by 17 α -methyltestosterone. *Aquaculture Research*, *37*(2), 200-203.
- Turesson, H., Persson, A., & Brönmark, C. (2002). Prey size selection in piscivorous pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) includes active prey choice. *Ecology of Freshwater Fish*, *11*(4), 223-233.
- Tyler, C. R., Sumpter, J. P., & Witthames, P. R. (1990). The dynamics of oocyte growth during vitellogenesis in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biology of Reproduction*, *43*(2), 202-209.
- Úřední věstník Evropské unie. (2003). Směrnice evropského parlamentu a rady 2003/74/ES. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0074&from=EN>.
- Van Der Laan, R., Eschmeyer, W. N., & Fricke, R. (2014). Family-group names of recent fishes. *Zootaxa*, *3882*(1), 1-230.
- Van Mechelen, J., (2008). Viskweekcentrum Valkenswaard: extensive vs intensive production of pikeperch juveniles. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production, *Universitaires de Namur*, Belgium, p. 46.
- Volff, J. N., & Schartl, M. (2001). Variability of genetic sex determination in poeciliid fishes. *Genetica*, *111*, 101-110.
- Wolf, F., (1928). Biologie a hospodářský význam candáta obecného. *Zprávy výzkumných ústavů zemědělských*, Praha, *35*, 68 pp.
- Yamamoto, T. O. (1953). Artificially induced sex-reversal in genotypic males of the medaka (*Oryzias latipes*). *Journal of Experimental Zoology*, *123*(3), 571-594.
- Yamamoto, T. O. (1969). Sex differentiation. *Fish physiology*, *3*, 117-175.
- Yamamoto, Y., Hattori, R. S., Patiño, R., & Strüssmann, C. A. (2019). Environmental regulation of sex determination in fishes: Insights from Atheriniformes. *Current topics in developmental biology*, *134*, 49-69.
- Yamazaki, F., 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, *33*: 329-354.
- Yanes-Roca, C., Holzer, A., Mraz, J., Veselý, L., Malinovskyi, O., & Policar, T. (2020). Improvements on live feed enrichments for pikeperch (*Sander lucioperca*) larval culture. *Animals*, *10*(3), 401.

- Yanes-Roca, C., Mráz, J., Born-Torrijos, A., Holzer, A. S., Imentai, A., & Policar, T. (2018). Introduction of rotifers (*Brachionus plicatilis*) during pikeperch first feeding. *Aquaculture*, 497, 260-268.
- Zakęs, K., & Demska-Zakęs, Z. (1996). Effect of diets on growth and reproductive development of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), reared under intensive culture conditions. *Aquaculture Research*, 27(11), 841-845.
- Zakęs, Z., & Szczepkowski, M. (2004). Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International*, 12, 11-18.

8 Příloha

Příloha 1: Přehled naměřených hodnot fyzikálně-chemických parametrů vody u testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) v průběhu indukce zvratu pohlaví. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol. TAN – celkový amoniakální dusík (N-NH₃ + N-NH₄⁺).

Fyzikálně chemické parametry vody během fáze indukce monosexních populací candáta obecného						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
Teplota (°C)	22,68 ± 0,73	22,70 ± 0,73	23,02 ± 0,69	23,02 ± 0,69	23,55 ± 0,71	22,97 ± 0,72
O₂ (%)	137,83 ± 35,95	138,85 ± 30,39	137,53 ± 28,73	137,93 ± 31,22	116,17 ± 15,73	132,98 ± 26,11
pH	6,68 ± 0,25	6,67 ± 0,25	6,60 ± 0,26	6,56 ± 0,23	6,89 ± 0,36	6,78 ± 0,24
TAN (mg.l⁻¹)	0,76 ± 0,73	0,74 ± 0,64	0,54 ± 0,47	0,66 ± 0,81	0,26 ± 0,16	0,58 ± 0,48
N-NO₂ (mg.l⁻¹)	0,69 ± 0,25	0,67 ± 0,24	0,79 ± 0,24	0,80 ± 0,26	0,32 ± 0,17	0,64 ± 0,22

Příloha 2: Přehled naměřených hodnot fyzikálně-chemických parametrů vody během experimentu u testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) v podmínkách RAS ve stáří 115-275 DPH. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol.

Fyzikálně chemické parametry vody během první etapy chovu testovaných skupin v RAS ve věku 115-275 DPH						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
Teplota (°C)	20,65 ± 1,75	20,65 ± 1,75	20,65 ± 1,75	20,65 ± 1,75	20,65 ± 1,75	20,65 ± 1,75
O₂ (%)	118,86 ± 14,22	119,46 ± 13,89	120,25 ± 15,88	121,17 ± 14,76	119,53 ± 15,50	119,01 ± 15,98
pH	6,92 ± 0,12	6,92 ± 0,12	6,92 ± 0,12	6,92 ± 0,12	6,92 ± 0,12	6,92 ± 0,12
TAN (mg.l⁻¹)	0,46 ± 0,18	0,46 ± 0,18	0,46 ± 0,18	0,46 ± 0,18	0,46 ± 0,18	0,46 ± 0,18
N-NO₂	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,14

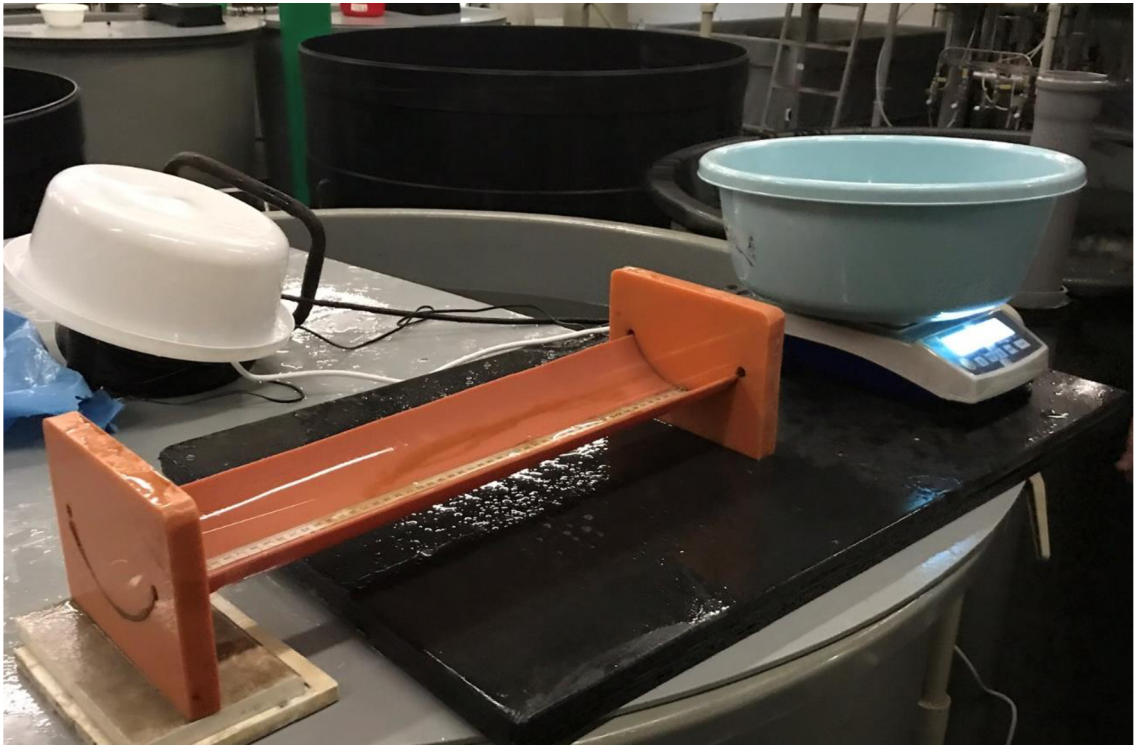
Příloha 3: Přehled naměřených hodnot fyzikálně-chemických parametrů vody během experimentu u testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) v podmínkách RAS ve stáří 276-535 DPH. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol.

Fyzikálně chemické parametry vody během první etapy chovu testovaných skupin v RAS ve věku 276-535 DPH						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
Teplota (°C)	19,62 ± 3,82	19,56 ± 3,77	19,56 ± 3,77	19,56 ± 3,77	19,31 ± 3,93	19,31 ± 3,93
	110,89 ±	108,92 ±	109,15 ±	108,97 ±	109,21 ±	106,74 ±
O₂ (%)	15,57	15,63	14,48	14,64	14,89	14,11
pH	6,97 ± 0,16	6,97 ± 0,16	6,97 ± 0,16	6,97 ± 0,16	6,97 ± 0,16	6,97 ± 0,16
TAN (mg.l⁻¹)	0,61 ± 0,20	0,61 ± 0,20	0,61 ± 0,20	0,61 ± 0,20	0,61 ± 0,20	0,61 ± 0,20
N-NO₂⁻	0,26 ± 0,13	0,26 ± 0,13	0,26 ± 0,13	0,26 ± 0,13	0,26 ± 0,13	0,26 ± 0,13

Příloha 4: Přehled naměřených hodnot fyzikálně-chemických parametrů vody během experimentu u testovaných skupin candáta obecného *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) v podmínkách RAS ve stáří 536-752 DPH. Použité zkratky: MT = 17 α -methyltestosteron; E₂ = 17 β -estradiol.

Fyzikálně chemické parametry vody během první etapy chovu testovaných skupin v RAS ve věku 536-752 DPH						
	MT 30/30	MT 50/30	MT 30/60	MT 50/60	E ₂ 30/30	kontrola
Teplota (°C)	20,45 ± 1,31	20,45 ± 1,31	20,45 ± 1,31	20,45 ± 1,31	20,45 ± 1,31	20,45 ± 1,31
	120,73 ±	120,73 ±	120,73 ±	120,73 ±	120,73 ±	120,73 ±
O₂ (%)	17,33	17,33	17,33	17,33	17,33	17,33
pH	6,94 ± 0,13	6,94 ± 0,13	6,94 ± 0,13	6,94 ± 0,13	6,94 ± 0,13	6,94 ± 0,13
TAN (mg.l⁻¹)	0,67 ± 0,26	0,67 ± 0,26	0,67 ± 0,26	0,67 ± 0,26	0,67 ± 0,26	0,67 ± 0,26
N-NO₂⁻	0,23 ± 0,10	0,23 ± 0,11	0,23 ± 0,12	0,23 ± 0,13	0,23 ± 0,14	0,23 ± 0,15

Příloha 5: Biometrické stanoviště, zahmující digitální váhu a měřící korýtko.



Příloha 6: Testování jedinci v zotavovací nádobě naplněné vodou z RAS s provzdušováním za účelem jejich opětovného zotavení po anestezi.



9 Abstrakt

Cílem této práce bylo indukovat monosexní populace candáta obecného metodou přímé maskulinizace a přímé feminizace za účelem změny pohlaví a vyhodnocení produkčních parametrů a tělesných indexů ošetřených skupin candátů. K přímé maskulinizaci byl použit 17 α -methyltestosteron v dávce 30 nebo 50 mg.kg⁻¹ po dobu 30 nebo 60 dní. K přímé feminizaci byl použit 17 β -estradiol v dávce 30 mg.kg⁻¹ krmiva po dobu 30 dní. K experimentu byli použiti jedinci candáta obecného o TL = 51,52 \pm 4,19 mm a W = 1,23 \pm 0,26 g, FC = 0,9 \pm 0,3.

V experimentu se pomocí přímé feminizace podařilo dosáhnout poměru pohlaví 98,3:1,7 % ve prospěch samic. Jedná se tak o první záznam téměř celosamičí populace, indukované pomocí 17 β -estradiolu. Nejvyšší úroveň maskulinizace testovaných jedinců byla dosažena u skupiny vystavené 17 α -methyltestosteronu v dávce 30 mg.kg⁻¹ krmiva po dobu 60 dní. V této populaci bylo zjištěno 75 % jedinců s výskytem samčí pohlavní tkáně, ze kterých 21,7 % bylo tvořeno jedinci, jejichž testikulární sperma by bylo možné využít k produkci celosamičí populace. U skupin ošetřených 17 α -methyltestosteronem po dobu 60 dní byla pozorována přítomnost „neomales“ a intersexuálních (hermafroditních) jedinců.

Experiment odhalil, že použití hormonů 17 α -methyltestosteronu a 17 β -estradiolu může dočasně způsobit růstovou supresi, a to zejména v období expozice jedinců těmto hormonům a krátce po něm. Letálně však na jedince v námi aplikovaných dávkách nepůsobí. Vyšší rychlost růstu samic candáta obecného nebyla v testu potvrzena. Samice ošetřené 17 β -estradiolem nevykázaly vyšší hmotnostní přírůstky oproti kontrolní skupině. Významný rozdíl v dosažené finální hmotnosti nebyl pozorován mezi oběma pohlavími v kontrolní skupině na konci experimentu.

Klíčová slova: candát obecný, monosexní populace, maskulinizace, feminizace, 17 α -methyltestosteron, 17 β -estradiol, poměr pohlaví, růst

10 Abstract

The aim of this study was to induce monosex populations of pikeperch using the method of direct masculinization and direct feminization in order to change sex and evaluate the production parameters and body indices of the treated groups of pikeperch. For direct masculinization, 17 α -methyltestosterone was used at a dose of 30 or 50 mg.kg⁻¹ for 30 or 60 days. For direct feminization, 17 β -estradiol was used at a dose of 30 mg.kg⁻¹ feed for 30 days. Individuals of pikeperch with TL = 51.52 \pm 4.19 mm and W = 1.23 \pm 0.26 g, FC = 0.9 \pm 0.3 were used for the experiment.

In the experiment, direct feminization achieved a sex ratio 98.3 % of females and 1.7 % of males. This is the first record of an almost all-female population induced with 17 β -estradiol. The highest level of masculinization of the tested individuals was achieved in the group exposed to 17 α -methyltestosterone at a dose of 30 mg.kg⁻¹ feed for 60 days. In this population, 75 % of individuals with male genital tissue were found, of which 21.7 % were individuals whose testicular sperm could be used to produce an all-female population. In groups treated with 17 α -methyltestosterone for 60 days, the presence of "neomales" and intersex (hermaphrodite) individuals was observed.

The experiment revealed that the use of the hormones 17 α -methyltestosterone and 17 β -estradiol can temporarily cause growth suppression, particularly during and shortly after exposure of individuals to these hormones. However, it does not have a lethal effect on individuals in the doses we applied. The higher growth rate of pikeperch females was not confirmed in the test. Females treated with 17 β -estradiol did not show higher weight gains compared to the control group. A significant difference in the achieved final weight was not observed between both sexes in the control group at the end of the experiment.

Keywords: pikeperch, monosex population, masculinization, feminization, 17 α -methyltestosteron, 17 β -estradiol, sex ratio, growth