

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

Intenzivní chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS s různým světelným režimem

Diplomová práce

Autor: Bc. Dominik Boňko

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

Konzultant diplomové práce: Ing. Miroslav Blecha, Ph.D.

Studijní program a obor: Zemědělská specializace, Rybářství a ochrana vod

Forma studia: prezenční

Ročník: druhý

České Budějovice 2019

PROHLÁŠENÍ

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

V Českých Budějovicích

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především vedoucímu práce doc. Ing. Tomášovi Policarovi, Ph.D. za velkou trpělivost, odbornou pomoc a cenné rady při realizaci experimentu.

Velké poděkování patří také MSc. Oleksandrovi Malinovskymu za pomoc při statistickém hodnocení získaných dat.

Dále bych moc rád poděkoval pracovníkům Laboratoře intenzivní akvakultury a Experimentálního rybochovného pracoviště a pokusnictví za pomoc při sestavení odchovného recirkulačního akvakulturního systému, počítání plůdku při nasazení, průběžných přeloveních a ukončení pokusu.

V poslední řadě patří velké poděkování mé rodině, která mě po dobu studia finančně podporovala a motivovala.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybářství a ochrany vod
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dominik BOŇKO**
Osobní číslo: **V17N003P**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Rybářství a ochrana vod**
Název tématu: **Intenzivní chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*)
v RAS s různým světelným režimem**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

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

Okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) je novým perspektivním druhem intenzivní akvakultury, který pochází ze severní Ameriky, z oblasti od jižní Kanady až po Mexiko a Kubu. V současné době se v Evropě nejhojněji vyskytuje ve volných vodách a akvakulturních chovech Španělska a Francie. V ČR byl okounek pstruhový uměle vysazen Šustou v roce 1883 do rybníků na Třeboňsku. Avšak nikdy u nás nedošlo k výraznějšímu rozšíření tohoto druhu ve volných vodách či rybníční akvakultuře. Hlavním limitem pro výskyt tohoto druhu jsou naše klimatické podmínky, které neposkytují okounkovi optimální teplotní podmínky (28-30°C) pro jeho rychlý růst a efektivní reprodukci. Suboptimální teplotní podmínky nedovolí tomuto nepůvodnímu druhu stát se nebezpečným invazivním druhem volných vod střední Evropy. Z tohoto důvodu je bezproblémové v ČR podporovat a optimalizovat jeho intenzivní chov, řízenou reprodukci a odchov raných stádií v rybnících s cílem produkovat juvenilní ryby pro jejich adaptaci na peletovaná krmiva a podmínky intenzivních chovů. Cílem takového chovu je produkovat násadové či tržní ryby určené k vysazení do komerčních rybářských revírů či ke konzumaci ve specializovaných restauracích. Okounek pstruhový je totiž velmi oblíbený mezi sportovními rybáři pro svoji dravost a mezi konzumenty tržních ryb z důvodu vynikající organoleptické kvality svaloviny. Z těchto důvodů je možné v současnosti pozorovat rozvoj intenzivních chovů okouna pstruhového jak na americkém, tak i evropském kontinentu. Ovšem podmínky intenzivních chovů okounka pstruhového jsou stále ještě testovány a optimalizovány především z hlediska optimální teploty vody, počáteční hustoty obsádky, režimu osvětlení či frekvence aplikace peletovaných krmiv. Tyto podmínky akvakultury se totiž v současnosti zdají být nejdůležitějšími faktory, které ovlivňují efektivitu, popřípadě rentabilitu intenzivního chovu okounka pstruhového.

Cílem diplomové práce bude experimentálně odchovávat starší věkové kategorie okounka pstruhového adaptovaného na peletované krmivo a na kontrolované podmínky intenzivní akvakultury. V průběhu odchovu budou experimentální ryby o kusové hmotnosti vyšší než 20-30 gramů odchovávány v různých světelných podmínkách. Testován bude především vliv délky světelného dne na příjem a konverzi krmiva, růst (SGR), přežití a kondici odchovávaných ryb (FC). Na závěr diplomové práce bude zhodnocen realizovaný intenzivní chov okounka pstruhového a odhadnuta perspektiva tohoto druhu k dalšímu využití v rámci intenzivní akvakultury v ČR, potažmo v Evropě.

Diplomová práce bude řešena v rámci dvou výzkumných projektů NAZV (č. QK1710310 a č. QK1820354), které jsou v současné době řešeny v Laboratoři intenzivní akvakultury na VÚRH Vodňany (FROV JU).

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 20 stran)**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Konzultant diplomové práce: **Ing. Miroslav Blecha, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2019**


prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 10. ledna 2018

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- Coursey, A.R., Trushenski, J.T., Kohler, C.C., 2013. Alternative feeding strategies to maximize fish oil and fish meal sparing in largemouth bass culture while maintaining production performance and product value. *North American Journal of Aquaculture*, 75: 266 - 276.
- Dubský, K., 1982. Řízená reprodukce okounka pstruhového. *Živa*, 30 (3): 118.
- Dubský, K., Kouřil, J., Skácelová, O., 1982. Výtěr okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a odchov jeho plůdku. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 2: 13 - 25.
- Kilambi, R.V., Adams, J.C., Wickizer, W.A., 1978. Effect of cage culture on growth, abundance, and survival of resident largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35: 157 - 160.
- Kouřil, J., Klimeš, J., 1999. Rozmnožování a odchov násadového materiálu okounka pstruhového. *Edice Metodik (Metodika)*, VÚRH JU Vodňany, 60: 9 s.
- Park, J., Renukdas, N., Luna, T., Roy, L.A., 2015. The effects of biomass density on size variability and growth performance of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in a semi-closed recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46: 283 - 291.
- Petit, G., Beauchaud, M., Buisson, B., 2001. Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Research*, 2001, 32: 495 - 497.
- Petit, G., Beauchaud, M., Attia, J., Buisson, B., 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/ dark cycle (12L:12D) or exposed to continuous light. *Aquaculture* 228: 397 - 401.
- Tidwell, J.H., Webster, C.D., Coyle, S.D., Schulmeister, G., 1998. Effect of stocking density on growth and water quality for largemouth bass *Micropterus salmoides* grow out in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29: 79 - 83.
- Tidwell, J.H., Coyle, S.D., Bright, L.A., VanArnum, A., Yasharian, D., 2003. Effect of water temperature on growth, survival, and biochemical composition of largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34: 175 - 183.

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
2.1	Okounek pstruhový	12
2.1.1	Morfologie	12
2.1.2	Geografické rozšíření	13
2.1.3	Podmínky prostředí	15
2.1.4	Potrava a růst	16
2.1.5	Reprodukce	16
2.1.6	Chov	18
2.1.7	Intenzivní chov.....	19
2.1.8	Fotoperioda ovlivňující chov ryb.....	21
2.2	Metody využívající se k stanovení fyziologického stavu ryb.....	22
2.2.1	Hematologické vyšetření.....	22
2.2.2	Biochemické vyšetření	23
2.2.3	Oxidativní stres	26
3	METODIKA A MATERIÁL.....	28
3.1	Odchovný systém.....	28
3.2	Světelný režim	29
3.3	Původ experimentálních ryb	29
3.4	Nasazení do nádrží	30
3.5	Krmení ryb.....	30
3.6	Fyzikálně-chemické vlastnosti vody	31
3.6.1	Teplota vody	31
3.6.2	pH.....	31
3.6.3	Dusitany a amoniak.....	32
3.7	Odkalování, čištění a výměna vody v nádržích	32
3.8	Kontrolní měření a vážení ryb včetně vzorkování tkání	32
3.8.1	Průměrná kusová hmotnost (W v g).....	33
3.8.2	Průměrná celková délka a délka těla (TL a SL v mm).....	33
3.8.3	Procentické zastoupení hmotnostních skupin ryb.....	33
3.8.4	Přežití experimentálních ryb.....	34

3.8.5	Krmný koeficient	34
3.8.6	Specifická rychlost hmotnostního růstu	35
3.8.7	Fultonův koeficient	35
3.8.8	Somatické indexy	35
3.8.9	Hematologie	36
3.8.10	Biochemická analýza	38
3.8.11	Oxidativní stres	38
3.9	Vyhodnocení experimentu	39
4	VÝSLEDKY	40
4.1	Dosažená biomasa	40
4.2	Kusová hmotnost	41
4.3	Celková délka	41
4.4	Délka těla	41
4.5	Procentické zastoupení hmotnostních skupin ryb	42
4.6	Přežití experimentálních ryb	43
4.7	FCR	45
4.8	SWGR	45
4.9	Fultonův koeficient	45
4.10	Somatické indexy	46
4.11	Hematologické vyšetření	48
4.12	Biochemická analýza krve	50
4.13	Oxidativní stres	58
5	DISKUZE	65
6	ZÁVĚR	70
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
8	ABSTRAKT	82
9	ABSTRACT	83

1 ÚVOD

Historie okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v Evropě sahá až do konce 19. století, kdy byl přivezen ze Spojených států amerických. Jeho lov je zážitkem pro každého rybáře díky jeho agresivitě při útoku na nástrahu a mohutnými výskoky během souboje. Do českých rybníků byl přivezen a vysazen Šustou v roce 1889 (Berka, 1981).

V České republice se okounek pstruhový stal spíše raritou než rybou hojně se vyskytující ve volných vodách. Klimatické podmínky mu zde poskytují spíše suboptimální podmínky, tudíž není důvod se bát jeho neřízeného přemnožení a ohrožení původních druhů (Kavka, 1977). Pořád se ale jeví jako dobrý biomeliátor plevelných ryb hlavně v letním období (Molnár a Tögl, 1962; Berka, 1981).

Díky technologii poloumělého chovu lze produkovat dostatečné množství larev okounka pstruhového, které se dají úspěšně odchovávat v recirkulačních akvakulturních systémech (Kouřil a Klimeš, 1999). Jejich následnou adaptací na komerční suchá krmiva se otevírá prostor k využití těchto ryb v RAS. Cílem je kontinuální produkce násadových a tržních ryb v průběhu celého roku (Hanzlík, 2018).

Tyto uzavřené recirkulační systémy se budují na území celé České republiky a využívají se k chovu pstruha duhového (*Oncorhynchus mikiss*), sumce velkého (*Silurus glanis*) a úhoře říčního (*Anguilla anguilla*) (Kouřil a kol., 2008). V Západní Evropě je v recirkulačních systémech chován candát obecný (*Sander lucioperca*) a okoun říční (*Perca fluviatilis*) (Polícar a kol., 2014). Výhodou chovu ryb v RAS je možnost nastavení ideálních podmínek prostředí pro růst (Kouřil a kol., 2008).

Oproti všem zmíněným druhům ryb má okounek velké nároky na teplotu vody, proto je nutné jej chovat v recirkulačních systémech s oteplenou vodou (Tidwell a kol., 2003). Tyto systémy se na území ČR používají pro chov keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) nebo tilápie nilské (*Oreochromis niloticus*). Jako zdroj tepla mohou sloužit kotle na spalování různých paliv, tepelné výměníky nebo tepelné čerpadlo. Dále je možné použít solární energii. Je však doporučena její kombinace s jinými tepelnými zdroji. Tyto systémy jsou ale v podmínkách ČR nepříliš rentabilní (Kouřil a kol., 2008).

V ČR je v současnosti trendem budování bioplynových stanic produkující bioplyn, který je následně spalován v kogenerační jednotce za produkce elektrické energie. Na produkci elektrické energie je ovšem využito 30 - 40 % energie v bioplynu, zbytek energie je uvolněn pomocí tepla. Využití "odpadního" tepla ovlivňuje hospodaření

bioplynové stanice (Trojanová, 2017). Celkový počet bioplynových stanic v ČR je podle České bioplynové asociace v současné době 574. Pro akvakulturu je odpadní teplo velmi zajímavým zdrojem, který je možné použít k ohřevu vody v RAS.

Podmínky chovu okounka pstruhového v RAS ovšem nejsou zcela optimalizovány a stále probíhá testování nejdůležitějších faktorů chovu. Mezi tyto faktory se řadí teplota vody v odchovných nádržích, hustoty obsádky, světelný režim nebo frekvence krmení ryb granulovaným suchým krmivem (Bolliet a kol., 2001; Bright a kol., 2005; Migaud a kol., 2006; Park a kol., 2015, Petit a kol., 2003).

Cena násady okounka pstruhového v západní Evropě je 9,90 € včetně daně za jeden kus o délce 15 cm. Prodává se zde jako ryba do okrasných jezírek nebo násada do komerčních sportovních revírů (Fischgut Primus, 2019).

Okounek pstruhový je ryba ceněná v gastronomii díky vysoké kvalitě masa a jeho organoleptickým vlastnostem (Berka, 1981).

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Okounek pstruhový



Obr. 1 Okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) (Chytej.cz)

2.1.1 Morfologie

Okounek dorůstá průměrné délky 300 - 350 mm a hmotnosti kolem 1 kg. Jeho růst je velmi závislý na podmínkách prostředí, ve kterých žije. V optimálních podmínkách může dorůstat do kusové hmotnosti přes 6kg (Dubský a kol., 1982). Největší zdokumentovaný úlovek okounka pstruhového o hmotnosti 10,1 kg byl uloven na jezeře Montgomery ve státě Georgia v USA (Scott a Crossman, 1973).

Jeho hlavní dominantou je velká hlava, která může být i 44 % délky těla. Okounek má velmi široká ústa, která zasahují až za oko. Oko je velké. V poměru k tělu se velikost oka během života snižuje. Největší oko mají rané stádia (Scott a Crossman, 1973). Okounek má dvě hřbetní ploutve, které jsou od sebe oddělené. První hřbetní ploutev má 9 - 11 tvrdých paprsků a druhá hřbetní ploutev má 11 - 14 měkkých paprsků. Řitní ploutev má 2 - 3 tvrdé paprsky a 10 - 12 měkkých paprsků.

Tělo je pokryto ktenoidními šupinami. V postranní čáře se nachází 58 - 69 šupin. Nad postranní čarou se nachází 7 - 10 řad šupin a pod postranní čarou se nachází 12 - 17 řad šupin (Oliva, 1963; Scott a Crossman, 1973).

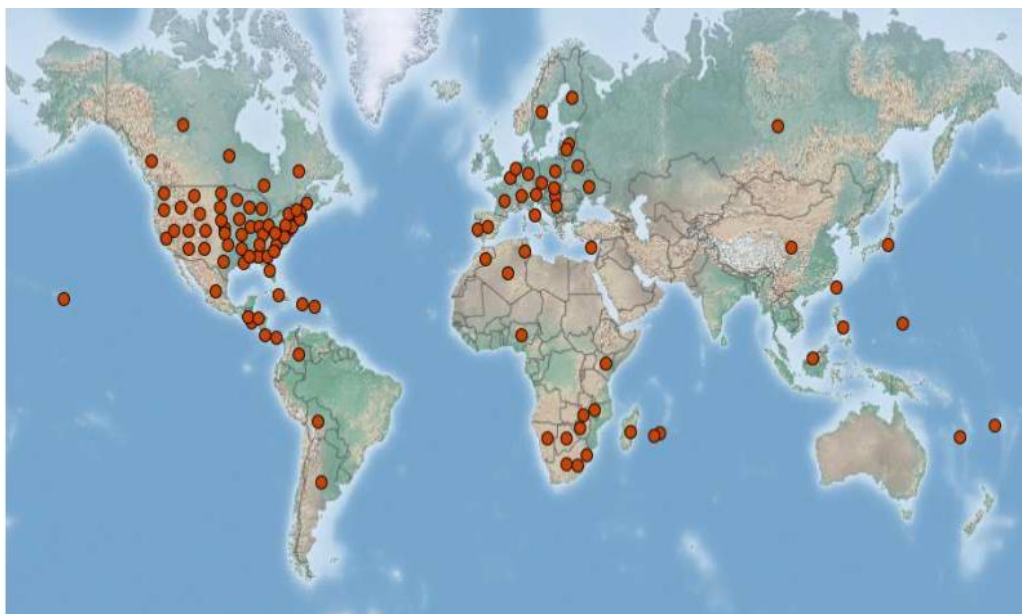
Zbarvení okounka pstruhového je závislé na podmínkách životního prostředí. Jedinci z průzračných vod bývají zbarveni tmavěji než jedinci z přikalených vod. Také přítomnost vodní vegetace má vliv na zbarvení (Scott a Crossman, 1973). Obecně se dá říct, že hřbet je zbarven do odstínů zelené, často se na hřbetě objevuje tmavé mramorování či tmavé drobné skvrny. Boky jsou zbarveny do světlejší zelené a plynně přechází až na světlou břišní část, která má bělavou až nažloutlou barvu. Středem těla často vede temný pruh. Ploutve jsou zbarveny podle barvy těla. Mladší vývojová stádia bývají zbarvené výrazněji (Borne, 1888; Oliva, 1963; Scott a Crossman, 1973).



Obr. 2 Detail hlavy a úst okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) (Chytej.cz)

2.1.2 Geografické rozšíření

V České republice je okounek pstruhový nepůvodním druhem. Jeho domovinou je Severní Amerika. Horní hranicí areálu výskytu je jih Kanady a spodní hranicí je sever Mexika. Vyskytuje se zde na mnoha jezerech (nejvýznamnější jsou Velká jezera, Temiskaming nebo Québec a jejich přítoky) a v povodí severoamerických řek např. řeka Mississippi (LeSueur, 1822).



Obr. 3 Geografické rozšíření okounka pstruhového (Hanzlík, 2018)

V Severní Americe žije rozvněž jeden poddruh a to *Micropterus salmoides floridanus*, který má větší počet šupin v postranní čáře a vyznačuje se rychlejším růstem (Hubbs a Lagler, 1958; Heidinger, 1976). V domovině je chován jako vedlejší dravá ryba (Baruš a Oliva, 1995). V teplých vodách jihovýchodu USA je okounek velmi žravý a je proto významným sportovním druhem (Berka, 1981). Produkuje se zde jako násadová ryba do komerčních revírů s režimem "Chyt' a pust'", kdy mají rybáři možnost odkupu největších ryb. Malá část produkce se prodává v podobě tržních ryb určených ke konzumu (Heidinger, 2000). Rovněž se používá jako biemeliorátor plevelných ryb (Berka, 1981).

Koncem 19. století proběhl import okounků pstruhových do Evropy. Chovatel Max von dem Borne přivezl 45 ryb z lokality Greenwoodlake u New Yorku v roce 1883. Dovoz do SRN ovšem přežilo jen 10 jedinců (Borne, 1888; Bade, 1902). Jsou to první okounci, kteří se chovali na evropském území a zároveň předci okounků pstruhových, které do České republiky přivezl J. Šusta v roce 1889 (Baruš a Oliva, 1995). Byly provedeny pokusy o vysazení okounka do volných vod, ale nikde se trvale neudržel (Frič, 1908). Produkce okounka v rybářských podnicích se speciálními rybochovnými objekty nedosahovala v historii velkého objemu. V rybníkářství dostahovala produkce okounka hodnot kolem 500 kg za rok (Kavka, 1977). V současnosti je chován v rybnících ve Vodňanech, Třeboni a Kardašově Řečici, jeho výskyt ve volných vodách je velmi vzácný (Dubský a kol., 1982; Kouřil a Kliměš, 1999).

Z evropských zemí se jeho chovu nejvíce věnuje Francie, Španělsko nebo Itálie (Kouřil a Klimeš, 1999; Heidinger, 1976). Tyto země se chovem okounka intenzivně zabývají a produkují jej jako násadu do oblíbených sportovních revírů a poslední dobou stoupá i poptávka po jeho mase (Melotti a kol., 2005). Roční produkce v Evropě se pohybuje kolem 70 tun. Největším producentem je Itálie, která ročně produkuje 60 tun (FAO 2018). V Itálii si trh žádá tržní rybu o hmotnosti 300 - 500 g (Melotti a kol., 2005).

Kromě Evropy byl okounek pstruhový dovezen také do Afriky a Jižní Ameriky (Heidinger, 1976).

Koncem 20. století byl úspěšně převezen do Číny, kde se v současnosti intenzivně chová hlavně v jižní části v provinciích Guangdong, Zhejiang a Jiangsu (Huang a kol., 2017). Okounek je zde úspěšně chován v polykultuře s omnivorními druhy ryb (karas stříbrný, *Carassius auratus gibelio*) nebo planktonofágy (tolstolobik bílý, *Aristichthys nobilis*; tolstolobec pestrý, *Hypophthalmichthys molitrix*) (Li a kol., 2019).

2.1.3 Podmínky prostředí

Okounek pstruhový preferuje stojaté vody. Vyhovují mu středně velká až velká jezera s dostatkem mělkých partií a vodní vegetace. Vyskytuje se také v pomalu tekoucích řekách. Ideální teplota vody je 26 - 28 °C. Jeho teplotní rozmezí je uváděno 10 - 32 °C. Pokud teplota vody klesne pod 10 °C, jeho potravní aktivita velmi klesá a úplně se zastaví, pokud teplota vody klesne pod 5 °C. Při příliš vysokých teplotách vody se jeho aktivita také zastavuje (Trautman, 1957; Scott a Crossman, 1973; Crossman, 1976; Kouřil a Klimeš, 1999).

Pro okounka je optimální pH vody 6,1 - 9,5 (Wiebe, 1931). Okounek vykazuje velkou odolnost proti zvýšeným hodnotám dusitanů ve vodě (Palachek a Tomasso, 1984). Letální koncentrace, při které za 48 hodin úhynu 50 % obsádky (48hLC50) je u okounka pstruhového 882 mg · l⁻¹ NO₂ a u okouna říčního 11.0 mg · l⁻¹ NO₂ (Kroupová a kol., 2013). Podle jiného zdroje je 96hLC50 pro okounka pstruhového 140 mg · l⁻¹ N-NO₂⁻ (Tidwell a kol., 2000). Oproti tomu pro candáta obecného je 120hLC50= 5,6 mg · l⁻¹ N-NO₂⁻ (Wuertz a kol., 2013).

Pro okounka pstruhového je LC50= 1,69 mg · l⁻¹ NH₄⁺ (Tidwell a kol., 2000). Oproti tomu pro okouna říčního je LC50= 0,35 mg · l⁻¹ NH₄⁺ (Ball 1967).

Okounek je teritoriální ryba, která se od svého teritoria příliš nevzdaluje. Jako úkryt mu slouží ponořená vodní vegetace, odkud útočí na kořist (Scott a Crossman, 1973).

2.1.4 Potrava a růst

Okounek pstruhový je svým tvarem těla a širokými ústy typický predátor. Je to všežravec lovcí samostatně i v hejnu. Je aktivní přes den a to především v ranních a večerních hodinách. Jako potrava mu slouží drobné rybky, obojživelníci (a jejich raná stádia) a korýši (zvláště pak raci). Nepohrdne ani náletovou potravou nebo hrubým zooplanktonem (Kilambi a kol., 1978; Dubský 1982; Kouřil a Klimeš, 1999). Okounek není kontinuální lovec, loví několikrát denně. V dobrých podmínkách je schopen zkonzumovat množství potravy odpovídající 3 - 9 % své hmotnosti (Lewis a kol., 1974). Během dne mají okounci pravidelnou potravní aktivitu, kdy v určitý čas preferují určitou potravu (Kouřil a Klimeš, 1999). Během odchovu v rybnících se může při nedostatku potravy nebo velké hustoty obsádky objevit kanibalismus (Cooper, 1937).

Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím růst je teplota vody (Rypel, 2009). S klesající teplotou klesá množství i preferovaná velikost potravy (Wright, 1970). Společně s teplotou vody ovlivňuje jeho potravní aktivitu i obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Při hodnotách pod $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ okounek neochotně přijímá potravu, což má za následek snížení konverze krmiva (Beamish, 1970; Kouřil a Klimeš, 1999).

Plůdek se zpočátku živí zooplanktonem nebo plůdkem ryb. Od velikosti 50 mm se začíná specializovat na konzumaci především menších druhů ryb. Při nedostatku potravy nebo malé hustotě obsádky je častý kanibalismus. Plůdek v prvním roce života v extenzivních podmínkách s dostatkem krmné ryby dosahuje délky těla $TL = 80 - 120$ mm a kusové hmotnosti kolem 7 - 25 g (Kouřil a Klimeš, 1999). V kontrolovaných podmínkách může dosahovat délky těla $TL = 70 - 350$ mm (Snow, 1961).

2.1.5 Reprodukce

Existuje několik způsobů řízeného rozmnožování okounka pstruhového. Prvním a nejjednodušším z nich je přirozený výtěr generačních ryb a následný odchov plůdku společně s generačními rybami. Druhou možností, jak lze rozmnožovat okounka, je cílený výtěr generačních ryb v připravených vytíracích rybníčcích a následné odebrání vytřených jiker či odstranění generačních ryb po rozplavání plůdku. Tato metoda je nejpoužívanější. Další možností je poloumělý výtěr, kdy se ke

generačním rybám přidávají přenosné výtěrové podložky. Jako substrát se používá písek s oblázky. Poslední možností je hormonálně indukovaný umělý výtěr generačních ryb (Dubský, 1982; Kouřil a Klimeš, 1999).

V klimatických podmínkách České republiky okounek pstruhový pohlavně dospívá ve třetím až pátém roce života. Mlíčáci dospívají rychleji než jikernačky. Pohlavní dimorfismus není na první pohled patrný. V období výtěru mají mlíčáci tmavší barvu těla (Scott a Crossman, 1973) a jikernačky mají zvětšenou dutinu břišní (Dubský, 1982). Před výtěrem mlíčáci pouštějí malé množství mlíčí při opatrné masáži dutiny břišní. V USA byla vyvinuta moderní metoda určení pohlaví ryb otoskopii (Kouřil a Klimeš, 1999).

K výtěru dochází v průběhu června při teplotě vody 17 - 18 °C v ranních hodinách nebo v noci (Kouřil a Klimeš, 1999). V praxi může být toto rozmezí i 17 - 25 °C (Dubský, 1982). Ještě před samotným výtěrem je nutná 2-3 týdenní adaptace ryb ve vodě o teplotě 16 - 18 °C. Před výtěrem si mlíčák buduje hnízdo v mělčích partiích rybníků s pískovým podložím. Hnízdo hlídá a pokouší se na něj přilákat jikernačku. Výtěr jednoho páru okounků trvá v krátkých intervalech přibližně jednu až dvě hodiny. Mlíčák své hnízdo neopouští a může se na něm vytřít s více jikernačkami. Taktéž jikernačka se může vytřít postupně na více hnízdech (Kouřil a Klimeš, 1999). Absolutní plodnost jikernaček je podle velikosti ryby 2 - 109 tisíc jiker (Dubský, 1982), relativní plodnost pak kolem 10 tisíc jiker . kg⁻¹. Barva jiker je proměnlivá (žluté, žlutohnědé či oranžové zbarvení) a jejich velikost se pohybuje od 1,3 do 1,8 mm po nabobtnání. Zpočátku jsou jikry velmi lepivé. Samec po výtěru zůstává po dobu 2 - 3 týdnů v blízkosti hnízda, které chrání před ostatními rybami. Mlíčák po výtěru se dá rozeznat podle toho, že intenzivně víří prsními ploutvemi. Tímto pohybem ploutví čistí jikry a přivádí k nim čistou vodu. Při dobré průhlednosti vody se tak dá určit, zda je pár vytřený či nikoli (Kouřil a Klimeš, 1999).

Během inkubace jiker je velmi důležité stabilní počasí a teplota vody. S klesající teplotou vody se stává, že mlíčák opustí hnízdo a o jikry se dál nestará. To má za následek zanášení jiker a ztrátu ochrany před ostatními rybami (Dubský, 1982; Kouřil a Klimeš, 1999).

Při teplotě 20 °C dochází k proříznutí úst po 192 hodinách po oplození. Ke kulení plůdku dochází po 240 hodinách po oplození a vstřebání žloutkového vajíčka je dokončeno po 312 hodinách od oplození jiker (Laurence, 1969). Po vstřebání

žloutkového váčku se larvy zvedají ode dna a začínají plavat ve sloupci (Kouřil a Klimeš, 1999). V tomto období přechází larvy na exogenní způsob výživy. V přirozených podmínkách dochází k úhynu 26 % vykulených larev z důvodu nezahájení exogenní výživy (Laurence, 1969). Nekrmící se larvy jsou méně aktivní a nedokáží se pohybovat při rychlosti vody nad $1,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (Laurence, 1972). Do několika dní dochází k úhynu larev, které nezahájily exogenní výživu. Larvy se intenzivně krmí během světlelné periody dne (Laurence, 1971a). V průběhu noci se larvy ukládají na dno nádrže. Larvy tím omezují svoji metabolickou a pohybovou aktivitu na minimum z důvodu šetření energie (Laurence, 1971b).

2.1.6 Chov

Odchov raných stádií může probíhat společně s generačními rybami v rybníčcích. Tato metoda se však zdá být nevhodná především kvůli nevyrovnanosti produkce. Generační ryby mohou na především juvenilních rybách způsobit velké ztráty. Druhou variantou je odchov plůdku ve speciálních malých rybníčcích, kam jsou po výtěru přemístěny hnízda s jikrami. Již při nasazení lze odhadnout počet jiker. Navíc lze provést i přelovení plůdku při vyčerpávání potravních zdrojů. Během přelovení plůdku se provádí i velikostní třídění. Poslední velmi moderní metodou je odchov plůdku v průtočných nebo recirkulačních akvakulturních systémech při použití zpočátku žábřonožky a následného přechodu na startérové krmné směsi (Kouřil a Klimeš, 1999).

V praxi se nejčastěji používá odchov v malých rybníčcích s přelovením. Rybníčky by měly mít dobrý zdroj vody, rozlohu $60 - 80 \text{ m}^2$ a hloubku $0,3 - 0,8 \text{ m}$. Ještě před nasazením generačních ryb do rybníčků je nutné vytvořit dobrou potravní základnu pro larvy. Vzhledem k malé velikosti larev je důležité velké množství drobného zooplanktonu. Nejdůležitější jsou vírníci, kteří slouží jako první potrava rozplavaných larev. Postupně začínají larvy konzumovat i větší zástupce zooplanktonu (větší perloočky a buchanky). Rostoucí larvy mají velkou spotřebu živé potravy. Proto je nutné pravidelně kontrolovat potravní zdroje. V případě vyčerpávání nabídky zooplanktonu lze dodávat do vody tříděný zooplankton, což je ale pracné a časově náročné. Za 3 - 4 týdny odchovu okounka pstruhového v rybnících je dosahováno tzv. rychleného plůdku o délce $TL = 20 - 25 \text{ mm}$. V tomto období lze přistoupit na odlov plůdku na plné vodě jemnou vatkou. Tímto způsobem se odloví většina obsádky. Jinou možností je nasazení rychleného plůdku z rybníka do průtočného systému a jeho

převedení na suché krmivo. Neslovené ryby se ponechávají v rybníčku a dál se přikrmují tříděným zooplanktonem po dobu dalších dvou týdnů do velikosti 30 - 40 mm. Odlovené ryby jsou přemístěny do jiného menšího mělkého rybníčku o rozloze 0,2 - 0,4 ha. Rybníček je třeba opět připravit napuštěním 2 - 3 týdny před vysazením a podpořit tvorbu planktonu přihnojením. Ryby se do připravených rybníčků sadí v hustotě 40 - 60 tis. ks·ha⁻¹. Je vhodné postupně přidávat krmnou rybu správné velikosti. Nejlépe se osvědčila střevlička východní (*Pseudorasbora parva*), jejíž plůdek má ideální velikost. Další její výhodou je několikanásobný výtěr během letního období. Za celé vegetační období je třeba počítat se spotřebou 8 - 10 kg krmných střevliček na tisíc chovaných okounků. Hmotnost ryb na podzim je 7 - 25g a délka těla 80 - 120 mm. Přežití může být při dodržení technologických postupů 60 - 90 % (Dubský a kol., 1982; Kouřil a Klimeš, 1999). K dosažení produkce okounka prstuhového o hmotnosti 500 gramů je v rybníčních podmínkách Severní Ameriky nutných minimálně 18 vegetačních měsíců (Tidwell a kol., 1998). V podmínkách České republiky by to bylo možné až po čtyřech až šesti letech odchovu v rybnících.

Velmi dobrých výsledků dosahuje i odchov larev ve žlabech v průtočném nebo recirkulačním akvakulturním systému. K rozkrmení larev se používá tříděný zooplanton nebo žábřonožka. Velmi důležité je plůdek pravidelně třídit podle velikosti (Dubský a kol., 1982). Jakmile larvy dosáhnou velikosti 20 - 25 mm, může se přistoupit k přikrmování startérovým krmivem a postupnému snižování množství živé potravy. Počáteční hustota larev by měla být 2,5 - 6,4 g · l⁻¹ neboli kg · m⁻³ (Snow, 1975). Flickinger a Langlois (1976) uvádějí, že počáteční obsádka může být až 48 g · l⁻¹ neboli kg · m⁻³. Během 14 dní by mělo 65 - 75 % larev přijímat suché krmivo (Heidinger, 1976). S rostoucí velikostí ryb se prodlužuje doba přechodu na suché krmivo. Mladší ryby začínají rychleji přijímat suché krmivo (Bondari, 2008).

2.1.7 Intenzivní chov

Výhodou intenzivního chovu je beze sporu eliminace vlivu počasí oproti extenzivnímu chovu. Pokles teplot pod teplotní optimum výrazně zpomaluje metabolismus a růst ryb (Carlson, 1973). Výhodná je i kombinace venkovního či rybníčního chovu s dobrými podmínkami prostředí a chovu v RAS při poklesu teploty vody ve venkovních nádržích. Díky recirkulačním akvakulturním chovům

se během zimního období dají indukovat mimosezónní výtěry, což následně vede ke kontinuální produkci tržních a násadových ryb (Heidinger, 2000).

Podle Díaze a kol. (2007) je ideální teplota pro chov okounka pstruhového 28,1 °C. Z experimentu Tidwella a kol. (2003) se jako nejprůzračnější teplota osvědčila 26 °C. V experimentu byly dále testovány teploty 20 a 32 °C. Při teplotě 32 °C se ryby chovaly daleko agresivněji než v nižších teplotách.

První teorie o hustotě obsádky okounka pstruhového v nádržích byla, že hustota nemá významný vliv na přežití a růst (Tidwell a kol., 1998). Tato teorie byla však vyvrácena. Doporučená hustota obsádky je 18 - 37 kg . m⁻³. Nejvyšší hustota by se však mohla v ideálním případě pohybovat až v rozmezí 100 - 120 kg . m⁻³ (Park a kol., 2015). Bylo prokázáno, že se zvyšující se hustotou obsádky stoupá množství nespotřebovaného krmiva (Petit a kol., 2001).

V podmínkách intenzivní akvakultury lze okounka pstruhového chovat v polykulturní obsádce např. s candátem obecným. V průběhu společného odchovu dochází k vyššímu využití prostoru nádrže. Candát je spíše rybou dolních partií nádrže a okounek pstruhový rád využívá spíše horní partie. Během polykulturního chovu byl zaznamenán vyšší růst candáta než v jeho monokultuře (Hanzlík, 2018).

Pro růst okounka pstruhového je důležitý obsah kvalitního proteinu v krmivu (Portz a kol., 2001). Produkce enzymů výrazně ovlivňuje možnosti použití různých krmiv. Pylorické přívěsky produkují trypsin a lipázy. Proteiny se vstřebávají primárně v žaludku a přední části střeva, lipidy se vstřebávají ve střevě (Beamish, 1972). Enzymy spojené s trávením karbohydrátů (jako amyláza, maltáza, laktáza) nebyly v trávícím traktu nalezeny (Sarbah, 1951).

Na FCR má pozitivní vliv obsah tuku v krmivu. Jako optimální se ukázal obsah 15 - 20 % tuku v krmivu. Nižší obsah tuku způsobuje vyšší FCR. (Bright a kol., 2005). Guo a kol. (2019) tvrdí, že ideální obsah tuku v krmivu je 18,42 %.

Nespornou výhodou chovu v intenzivním systému je odolnost okounka pstruhového proti zvýšeným hodnotám dusitanů a amoniaku (Tidwell a kol., 2000; Kroupová a kol., 2013).

2.1.8 Fotoperioda ovlivňující chov ryb

Fotoperioda plní nezastupitelnou úlohu v životě ryb. Ve volných vodách ovlivňuje fotoperioda především rozmnožování ryb. Práce Borga (1994) a Nagahamy (1994) potvrdily, že fotoperioda má vliv na produkci pohlavních hormonů a tím přímo ovlivňuje rozmnožování. Podle Migauda a kol. (2006) ovlivňuje fotoperioda v kombinaci s řízenou teplotou vody reprodukční cyklus a pohlavní dozrávání u okouna říčního. Tyto články vedly ke zvýšenému zájmu vědců o intenzivní chov okouna říčního. Později byla objevena metoda vedoucí k stimulaci a realizaci mimosezónních výtěrů pomocí řízené teploty a světelného režimu. Jansen a Fontaine (2008) úspěšně realizovali mimosezónní výtěry u okounovitých ryb. Zavedení mimosezónních výtěrů do produkční rybářské praxe je možnost, jak dosáhnout vyrovnané produkce ryb trvale chovaných v RAS během celého roku (Polícar a kol., 2014).

Bylo zjištěno, že u některých lososovitých ryb světlo přímo pozitivně ovlivňuje potravní aktivitu ryb. Johnsson a Björnsson (1994) a Björnsson (1997) zjistili u pstruha duhového spojitost mezi světlem a růstovými hormony, které pozitivně podporovaly potravní aktivitu. Bolliet a kol. (2001) publikovali článek, ve kterém shrnují dosavadní poznatky o závislosti denní doby na příjem krmiva u pstruha duhového.

Fotoperioda je společně s teplotou vody jedním z hlavních faktorů přirozeného pohlavního dospívání u ryb (Bromage a kol., 1992). Řízené oddálení pohlavního dospívání je důležitým faktorem v produkční akvakultuře (Bromage a kol., 1992; Jung, 2016). Oddálení pohlavního dozrávání chovaných ryb způsobuje zvýšení produkčních ukazatelů růstu (Taranger a kol., 1999)

Prodloužení světelné fáze u pstruha duhového (*Oncorhynchus mikiss*) způsobuje rychlejší růst, vylepšení produkčních ukazatelů a inhibici vývoje gonád (Noori a kol., 2015).

Fotoperioda souvisí také s produkcí hormonů. Melatonin je hormon ovlivňující nepřímo rozmnožování ryb a vývoj gonád. Jeho hladina v krvi má podíl na dozrávání jiker. Jeho aktivita je také spojována se světelnou periodou (Migaud a kol., 2010). Produkci melatoninu inhibuje jakákoli intenzita světla během noční fáze. Podle toho by se dalo usoudit, že konstantní osvětlení v noci by mělo inhibovat gonadosomatický index. Hladina kortizolu se však neliší. Umělé světlo v nočních hodinách může narušit některé fyziologické parametry, ale nezpůsobuje stres (Brüning a kol., 2015). Během noční periody je nejméně rušivé pro okouna modré světlo ve velmi nízké intenzitě.

Všechny barvy však způsobují snížení koncentrace melatoninu oproti úplné tmě. Kratší vlnové délky v noci jsou méně rušivé biologických rytmů okouna než delší vlnové délky. Bílé světlo může inhibovat reprodukční charakteristiky již při velmi nízkých světelných intenzitách (Brüning a kol., 2016).

U některých ostnoploutvých ryb jako například u okouna říčního byl zjištěn pozitivní vliv prodloužení světelného režimu na příjem krmiva a rychlost růstu (Jourdan a kol., 2000).

U okounka pstruhového se fotoperiodou zabývali někteří francouzští vědci. Okounek vykazuje vyšší aktivitu při kontinuálním osvětlení než při přírodním světelném režimu (Petit, 2001). Při kontinuálním osvětlení byla zjištěna vyšší rychlost růstu než při dvanáctihodinovém světelném režimu (Petit a kol., 2003). Avšak je nutné konstatovat, že rozsah dostupných prací není dostatečně široký a zmíněná práce byla založena pouze na dvou testovaných variantách osvětlení.

2.2 Metody využívající se k stanovení fyziologického stavu ryb

S routoucí poptávkou po rybách chovaných v recirkulačních akvakulturních systémech přichází i moderní komplexní metody vyšetření intenzivně chovaných jedinců. Cílem moderních metod je získání co největšího počtu informací za co nejmenšího poškození chovaných ryb. Běžným komplexním postupem je odběr krve ryb a náhledná analýza krevních elementů a biochemie krve (Velíšek a kol., 2011).

2.2.1 Hematologické vyšetření

K moderním metodám vyhodnocování experimentu patří hematologická analýza, která analyzuje množství krevních elementů. Tato metoda poskytuje údaje o zdravotním a fyziologickém stavu chovaných ryb (Celik, 2004). Pomocí hematologického vyšetření lze indikovat změny způsobené prostředím, výživou ale i rozdíly mezi samotnými chovanými rybami (rozdílné stáří nebo kondice) (Řehulka, 1997). Jedná se o metodu napomáhající prokázat účinnost krmiv při krmných testech. Dále se mohou použít k určení rozdílů mezi chovanými plemeny (Svobodová a kol., 1991; Kolářová a kol., 2007). Hematologické vyšetření se používá k indikaci stresu v průběhu odchovu ryb (Svobodová a kol., 2012). Výrazné změny při hematologickém vyšetření bývají následkem akutního působení toxických látek. Hematologické změny se dělí na specifické a nespecifické. Většinou se jedná o nespecifické změny (množství

hemoglobinu, erytrocytů, leukocytů nebo změna hodnoty hematokritu, středního objemu erytrocytu a střední barevné koncentrace). Typickým příkladem specifických změn je otrava dusitany, kdy jsou ryby postiženy methemoglobinemií (Svobodová a Máchová, 2003).

Měřenými parametry jsou hemoglobin, hematokrit, erytrocyty, leukocyty, MCH (hodnota hemoglobinu v erytrocytu), MCV (střední objem erytrocytu), MCHC (střední barevná koncentrace), lymfocyty, monocyty, neutrofilní granulocyty - tyčky a neutrofilní granulocyty - segment.

Hematologické výsledky může ovlivňovat různý zdroj tuku v krmivu. Statisticky významný vliv má na tvorbu lymfocytů a trombocytů, nemá vliv na hematokrit ani hemoglobin (Subhadra a kol., 2006).

2.2.2 Biochemické vyšetření

Biochemická analýza krve je další z možností hodnocení různých chovaných skupin ryb. Tělesná teplota ryb je závislá na životním prostředí, proto mají vysokou variabilitu ukazatelů biochemie krevní plazmy (Pravda a Paláčková, 1989). Výhodou biochemického vyšetření je mnoho získaných ukazatelů o stavu fyziologie organismu, které se dají indikovat při minimálním poškození chovaných ryb (Masopust, 2000; Velíšek a kol., 2011). Díky chovu za stabilních podmínek v RAS se dají vyloučit vlivy spojené se sezóností chovu v rybnících. Biochemické změny lze detekovat při akutních i chronických působeních toxických látek (Folmar, 1993; Gallardo a kol., 2003). Pomocí biochemických analýz a znalostí působení toxických látek lze v povrchových vodách zjistit otravy pesticidy (organofosfáty, karbamáty), cyanotoxiny nebo polycyklickými aromatickými uhlovodíky (Svobodová a Máchová, 2003). Podle analýzy lze určit míru stresové reakce. Nejdříve dochází ke změnám v hormonální aktivitě vyvolané neuro-endokrinním systémem. Typickým příkladem je koncentrace kortizolu a adrenalinu (Barton a Iwama, 1991). V další fázi dochází ke zvýšení koncentrace glukózy doprovázené zvýšením hodnot laktátu, celkových bílkovin nebo laktátu dehydrogenázy (LDH) (Wagner a kol., 1997).

Koncentrace glukózy je základní sledovanou hodnotou v krevní plazmě. Její koncentrace je spojena se svalovou aktivitou a stresem. Při vysoké svalové aktivitě stoupá její koncentrace až na 3,5 násobek normální koncentrace (Dubský a kol., 2003).

Glukóza ve zvýšených koncentracích 10–30 mmol . l⁻¹ indikuje stres. Velmi nízké hodnoty glukózy mohou být způsobeny selháním jater (Kolářová a Velíšek, 2012).

U některých druhů ryb může různá teplota způsobovat rozdíly mezi koncentrací glukózy v krevní plazmě. Dochází k tomu při reakci na stresovou situaci, kdy je ryba chována v teplotě vody, která se liší od optimálních hodnot (Sun a kol., 1992; Wagner a kol., 1997). Dále se biochemické vyšetření používá ke stanovení amoniaku v krevní plazmě (Svobodová a Máchová, 2003).

Amoniak je velmi sledovanou hodnotou. Jedná se o metabolit dusíkatých látek (především bílkovin). Amoniak vzniká při trávení potravy (Randall a Tsui, 2002). Jeho odbourání začíná v játrech, kde se váže na α -ketoglutarovou kyselinu. Tím vzniká kyselina glutamová, která je dále metabolizována na glutamin. Glutamin je krví přenesen do žaber, kde probíhá deaminace a vyloučení amoniaku z těla. Hladina amoniaku v krvi je velmi závislá na metabolismu (Kolářová a Velíšek, 2012). Produkci amoniaku významně ovlivňuje obsah proteinů v krmivu. Zvýšení obsahu proteinu o 5 % oproti optimální hodnotě vede k vyšší produkci amoniaku. Dále může zvýšení koncentrace amoniaku způsobit pouhé překrmění chovaných ryb (Cai a kol., 1996). Změna teploty způsobuje zvýšení exkrece amoniaku u candáta severoamerického (*Sander vitreus*) (Cai a Summerfelt, 1992). Zvýšené hodnoty indikují defekty metabolismu nebo selhání jater (Kolářová a Velíšek, 2012). Při otravě amoniakem dochází až k desetinásobnému zvýšení koncentrace amoniaku v krevní plazmě oproti normálním fyziologickým hodnotám (Svobodová a Máchová, 2003).

Další biochemickou hodnotou krve je laktát (sůl kyseliny mléčné), jehož zvýšená koncentrace prokazuje vysokou svalovou aktivitu v průběhu několika hodin. Koncentrace laktátu v krvi je dána tvorbou ve svalech a jeho odbouráváním v játrech (Schneiderka, 2004).

Triacylglyceroly (TRIG) jsou další ukazatel biochemického vyšetření. Jsou produkovány v játrech a transportovány krví (Colombo, 1994). Společně s mastnými kyselinami jsou zdrojem energie (Kalač a Špička, 2006).

Dalšími hodnotami jsou proteiny krevní plazmy. Patří mezi ně TP (koncentrace celkové bílkoviny), ALB (albumin) a GLOB (globuliny).

TP je koncentrace albuminu a globulinů, které tvoří krevní bílkoviny. Jednotlivé koncentrace albuminů a globulinů jsou stanovovány oddělením obou složek z krevní plazmy. Snížené hodnoty mohou indikovat poruchy jater a ledvin. Zvýšené hodnoty

indikují zánětlivé procesy (Walmsley a kol., 1992). Albumin tvoří podle druhu ryb 40 - 60 % bílkovin v krevní plazmě. Jeho syntéza probíhá v játrech, jeho hladinu v krvi určují játra společně s katabolismem tkání. Významně ovlivňuje udržování koloidně osmotického tlaku. Slouží také ke transportu produktů metabolismu a jiných látek. Zvýšení či snížení množství albuminu v krvi indikuje problémy jaterních nebo ledninných funkcí (Kolářová a Velíšek, 2012). Globuliny jsou rozdělené do několika frakcí a zvýšení jejich koncentrace indikuje momentální zánětlivé procesy (Kaplan a Pesce, 1989).

Další velkou skupinou v rámci biochemie krve jsou cytoplazmatické a mitochondriální enzymy. Do této skupiny patří AST (aspartát aminotransferáza), ALT (alanin aminotransferáza), CK (kreatinkináza) a LDH (laktát dehydrogenáza) a enzymy vázané na buněčnou membránu ALP (alkalická fosfatáza) (Kolářová a Velíšek, 2012).

Zvýšené hodnoty AST mohou indikovat svalové problémy nebo jaterní onemocnění. Jeho koncentrace v krvi bývají vyšší u juvenilních ryb (Folmar, 1993). Zvýšená koncentrace AST a ALT indikuje poškození jaterního parenchymu (membrány hepatocytu) (Jindra a kol., 1995). CK je enzymatický katalyzátor reverzibilní fosforylace kreatinu na kreatinfosfát, který je používán při svalových kontrakcích jako zdroj energie (Musil, 1991). U ryb je jeho zvýšení patrné až po několika hodinách podle kondice ryb. Dlouhodobá změna koncentrace může indikovat svalové problémy. LDH je soubor pěti tkáňově specifických isoenzymů. Pokud je stanovena aktivita, může to indikovat jaterní, kosterní nebo srdeční problémy. Výrazné zvýšení značí akutní poškození jater (Kolářová a Velíšek, 2012). ALP je enzym typický pro buněčné membrány žlučových cest, kde ovlivňuje transport. Dále plní roli při syntéze bílkovin a metabolismu glykogenu (Bhavan a Geraldine, 2001). Pokud dochází ke změnám koncentrace, může to indikovat problémy se žlučovým systémem. Dále může docházet k jeho zvyšování při hladovění (Kolářová a Velíšek, 2012).

Poslední sledovanou skupinou v rámci biochemie krve je koncentrace minerálů v krvi (vápník, hořčík, fosfor). Vápník je důležitý pro zdravý vývoj kostí a svaloviny. Je nenahraditelný pro svou enzymatickou aktivitu a vliv má také v osmoregulaci. Nízké koncentrace indikují onemocnění ledvin, jeho špatný metabolismus nebo onemocnění kostí. Hořčík má enzymatickou a nervovou funkci (při metabolismu acetylcholinu). Fosfor je nenahraditelný při metabolismu, tvorbě fosfolipidových membrán

a nukleových kyselin. Změny koncentrace nastávají při vážném poškození ledvin (Kolářová a Velíšek, 2012).

2.2.3 Oxidativní stres

Oxidativní stres působí na ryby především díky vlivu podmínek životního prostředí. Proto se tomuto faktoru v poslední době přikládá velký význam (Livingstone, 2001). Ve volných vodách oxidativní stres slouží i jako ukazatel přítomnosti různých toxických látek (Hofmanová a kol., 2000).

Indikace oxidativního stresu je založena na výskytu a množství volných radikálů. Volným radikálem se rozumí molekula nebo její část, která samostatně existuje a má vysokou reaktivitu způsobenou volným elektronem (Halliwell a Gutteridge, 2001). Pro fungování organismu jsou nejdůležitější radikály kyslíku a dusíku (Štípek a kol., 2000). Díky vysoké reaktivitě jsou tyto radikály schopny rychle reagovat s jinými molekulami, které se poté samy stávají radikálem díky přítomnosti zmíněného volného elektronu. Tento jev se může opakovat i několikrát po sobě (radikálový řetězec reakcí). Reaktivita volného radikálu klesá až při spojení s jiným radikálem volným elektronem (Halliwell a Gutteridge, 2001).

Produkce radikálů je naprosto přirozený jev. Produkované radikály mají vliv na některé fyziologické procesy. Rovnováhu mezi produkcí a odstraněním radikálů zajišťují antioxidantní látky. Při zvýšené tvorbě volných radikálů dochází k oxidativnímu stresu (Fiers a kol., 1999).

Důsledkem vysokého množství volných radikálů může dojít k oxidaci lipidů (lipidní peroxidaci), což má za následek tvorbu pro organismus toxických látek jako například látky ze skupin hydroperoxidů nebo aldehydů. Během oxidace dochází k degradaci polynenasycených mastných kyselin. Dalším následkem může být vážné poškození a možnost tvorby mutací deoxyribonukleové kyseliny (DNA) (Kovacic a kol., 2005). K obzvláště velkým poškozením dochází u mitochondrií poškozených oxidativním stresem a zvýšenou tvorbou volných radikálů (Finkel a Holbrook, 2000). Dlouhodobá zvýšená tvorba volných radikálů může vést až ke ztrátě funkce orgánů (Lushchak, 2011).

Hodnocené parametry vlivu oxidativního stresu lze rozdělit do dvou skupin a to na látky, které jsou přímo zapojeny do enzymatické antioxidantace (SOD- superoxidodismutáza; CAT- kataláza; GPx- glutathionperoxidáza;

GST- glutathion-S-transferáza) a na látky podílející se na obnovování buněčné funkce (GR- glutathionreduktáza) (Fiers a kol., 1999; Lushchak, 2011).

Test TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) stanovuje lipidní peroxidaci. Je to spektrofotmetrická metoda založená na reakci produktů lipidní peroxidace s kyselinou barbiturovou (TBA) (Lushchak a kol., 2005).

Katalázy (CAT) mají schopnost rozkládat peroxidy vodíku na kyslík. Rozklad je měřen pomocí poklesu absorbance vzorku s peroxidem vodíku v mikrokyvetách spektrofotometristicky při vlnové délce 240 nm (Aebi, 1984).

Superoxid dismutázy (SOD) jsou enzymy, které ve své struktuře obsahují iont kovu (měď, zinek, mangan nebo nikl). Samotná molekula kovu je zodpovědná za fungování enzymu. SOD mají hlavně detoxikační roli při odstraňování reaktivních superoxidových radikálů, které přeměňují na kyslík a peroxid vodíku (Ozturk-Urek a Tarhan, 2001). Stanovení superoxidů se provádí nitroblue tetrazoliem (NBT). Změna jeho barvy se měří spektrofotometricky při vlnové délce 560 nm (Ewing a Janero, 1995).

GSH je pojmenována podle tripeptidu glutathionu (γ -glutamylcysteinylglycin), který má podíl na eliminaci reaktivních forem kyslíku. GSH nese cysteinový zbytek s aktivní thiolovou skupinou a je zodpovědný za udržování thiolové rovnováhy. Velký význam má na stabilizaci oxidoredukčního prostředí v erytrocytech a při detoxikaci xenobiotik (Hwang a kol., 1992; Meredith a Reed, 1982).

Se stoupajícím množstvím karbohydrátů v krmivu se snižuje produkce antioxidantů v játrech okounka pstruhového. Produkce SOD, CAT, Gpx se snižuje se stoupajícím obsahem karbohydrátů v krmivu (Ma a kol., 2019). Podle Gua a kol., 2019 vysoké množství tuku (23 %) v krmivu způsobuje u okounka pstruhového oxidativní stres.

3 METODIKA A MATERIÁL

3.1 Odchovný systém

Experiment se uskutečnil ve Vodňanech v budově Experimentálního rybochovného pracoviště, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického (VÚRH), Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU). Doba odchovu byla stanovena na 16 týdnů. Odchovné nádrže byly kruhové s vypádaným dnem. Výška nádrže byla 0,55 m a výška vodního sloupce 0,45 m. Průměr nádrže byl 0,74 m. Barva nádrží byla světle šedá. Nádrže měly odtok uprostřed na dně a objem vody 193,5 litrů. Odtok byl chráněn mřížkou proti vniknutí a úniku ryb z nádrže. Nádrže byly součástí samostatného recirkulačního systému, který se dále skládal z dvou biologických filtrů a dvou retenčních nádrží. Jeden biofiltr byl skrápěný (objem 1,1 m³) a druhý byl ponořený s pohyblivým ložem (4,36 m³). Retenční nádrže měly objem 0,9 a 1,15 m³. Objem vody v celém systému byl 10,4 m³.

Nádrže byly z části kryty plexisklem, na kterém bylo umístěno světlo. Aby bylo zamezeno vyskakování ryb z nádrží a nedocházelo k negativnímu ovlivňování ostatních nádrží s různým světelným režimem, byly nádrže překryty černou tkaninou. Tkanina byla fixována ke stranám nádrží pomocí pevných kuliček (Obr. 4).

Umístění nádrží bylo přizpůsobeno experimentu a byly umístěny v pěti řadách.



Obr. 4 Odchovné nádrže používané na experimentální chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*)

3.2 Světelný režim

Každá z pěti řad v systému měla odlišný světelný režim. Světlo zajišťovalo LED akvarijní osvětlení Tommi LFL - CL 600 s příkonem 18 W a délkou osvětlení 60 cm. Osvětlení bylo umístěno nad každou nádrží. Světelný tok byl u hladiny všech nádrží nastaven v průměru na 115 - 130 luxů v každé nádrži. Jednotlivé světelné režimy byly nastaveny pomocí časovačů na 8, 12, 16, 20 a 24 hodin denně. Světelný režim začínal v 7:00 ráno, kdy se rozsvicovala provozní hala, kde byl experimentální systém umístěn. Schéma rozdělení světelného režimu podle světelného režimu je znázorněno na Obr. 5 a Obr. 6.

8 hodin	12 hodin	16 hodin	20 hodin	24 hodin
Nádrž č. 13	Nádrž č. 1	Nádrž č. 4	Nádrž č. 7	Nádrž č. 10
Nádrž č. 14	Nádrž č. 2	Nádrž č. 5	Nádrž č. 8	Nádrž č. 11
Nádrž č. 15	Nádrž č. 3	Nádrž č. 6	Nádrž č. 9	Nádrž č. 12

Obr. 5 Rozdělení nádrží podle světelného režimu

Nádrž č. 15	Nádrž č. 10	Nádrž č. 11	Nádrž č. 12
	Nádrž č. 9	Nádrž č. 8	Nádrž č. 7
	Nádrž č. 4	Nádrž č. 5	Nádrž č. 6
Nádrž č. 14	Nádrž č. 3	Nádrž č. 2	Nádrž č. 1
Nádrž č. 13			

Obr. 6 Schéma rozdělení nádrží podle délky osvětlení

3.3 Původ experimentálních ryb

Nasazené ryby byly vyprodukovány Laboratoří intenzivní akvakultury VÚRH FROV JU. Raný odchov ryb byl proveden v rybníce s pestrou nabídkou přirozené potravy. Ryby byly ve stáří 4 týdnů odloveny, přemístěny do odchovné haly a pomocí metody co-feedingu adaptovány na suché peletované krmivo podle metodiky uvedené v Hanzlík 2018. Ryby byly od této doby odchovávány v podmínkách recirkulačního

akvakulturního systému pomocí umělého peletovaného krmiva. Nejprve bylo rybám předkládáno krmivo z řady Inicio Plus od firmy Biomar. Později (v průběhu experimentu) bylo experimentálním rybám předkládáno krmivo z řady Europa od firmy Skretting.

3.4 Nasazení do nádrží

Nasazení probíhalo postupně od 31.1 do 8.2. 2018. Důvodem bylo efektivní zaběhnutí biologické filtrace. Do každé nádrže bylo nasazeno 120 kusů juvenilních ryb o celkové kusové délce $TL = 143,89 \pm 6,42$ mm a průměrné kusové hmotnosti $W = 33,22 \pm 4,68$ g, což bylo přibližně 4 kg na nádrž. Počáteční biomasa v nádržích byla $20,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

3.5 Krmení ryb

Krmení ryb probíhalo ručně každý den od 8:00 do 14:00 vždy jednou za 1 - 2 hodiny. Ve večerních hodinách byly ještě ručně dokrmovány skupiny s delším režimem osvětlení. Jednotlivé krmné dávky byly závislé na potravní aktivitě ryb. Denní krmná dávka byla stanovena na 40 gramů krmiva denně (1 % biomasy v nádržích).

Výrobce krmiva byla firma Skretting a konkrétní označení bylo R-2 Europa 15 F o velikosti 2 mm (Obr. 7). Krmivo obsahovalo 55 % proteinů, 16 % tuků, 10 % popelovin, 2,5 % vápníku, 1,4 % fosforu, 0,8 % sodíku a 0,6 % celulózy.

Krmivo bylo také obohaceno o vitamín A ($5\,000 \text{ IU} \cdot \text{kg}^{-1}$), vitamín D3 ($750 \text{ IU} \cdot \text{kg}^{-1}$), železo ($42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), jód ($2,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), měď ($5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), horčík ($16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a zinek ($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Jako antioxidant byl použit E 321 (BHT- butylhydroxytoluen) v množství $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Krmivo bylo plovoucí, což usnadňovalo práci při monitoringu potravního chování ryb v nádržích a při stanovení krmného koeficientu (FCR).

Nezkonsumované krmivo bylo z nádrží pravidelně odstraňováno. Byly počítány počítány nezkonsumované pelety na každou nádrž. Na začátku experimentu bylo jednotlivě zváženo 1000 kusů pelet. Z tohoto vážení byla zjištěna průměrná hmotnost jedné pelety. Bylo zaznamenáno množství nezkonsumovaných pelet, které bylo přepočítáno na hmotnost suché směsi a odečteno od hmotnosti celkového aplikovaného krmiva. Koeficient konverze krmiva (FCR) tedy udával skutečně zkrmené krmivo na přírůstek biomasy.



Obr. 7 Použité suché krmivo Skretting R-2 Europa 15 F o velikosti 2 mm

3.6 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

3.6.1 Teplota vody

Teplota vody byla stanovena na 25 °C, v průběhu experimentu však docházelo k mírným odchylkám způsobeným dopouštěním vody v nádržích. K měření množství rozpuštěného kyslíku a jeho koncentrace byl použit oxymetr YSI Pro ODO. Měření probíhalo 2x denně a to v 7:00 a v 15:00. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1 Stanovené hodnoty teploty vody v experimentálním recirkulačním akvakulturním systému pro odchovu okounka pstruhového při různé fotoperiodě

Ranní měření	°C
Průměrná teplota	24,7±0,36
Minimální teplota	22,8
Maximální teplota	25,4
Odpolední měření	°C
Průměrná teplota	24,74±0,38
Minimální teplota	23
Maximální teplota	25,5

3.6.2 pH

Měření pH probíhalo 2x denně pomocí přístroje WTW inoLab pH 720 s přesností na 0,001 pH. Při hodnotách nižších než 6,5 se do systému dávkovala jedlá soda (100 - 200

gramů na experimentální systém). K výraznému zvyšování hodnot nedocházelo. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 Stanovené hodnoty pH v experimentálním recirkulačním akvakulturním systému pro odchovu okounka pstruhového při různé fotoperiodě

	pH
Průměrná hodnota	6,79 ± 0,24
Minimální hodnota	6,03
Maximální hodnota	7,46

3.6.3 Dusitany a amoniak

Hodnoty byly stanovovány každý den ráno v 7:00. Stanovení amonných iontů bylo provedeno Nesslerovým testem (Seignetovi soli a Nesslerovo činidlo). Obsah dusitanů byl zjištěn pomocí kyseliny sulfanilové a činidla NED [N-(1-naftyl)-ethylendiamin-dihydrochlorid]. Výsledky obou stanovení se poté porovnaly v průsvitné plastové zkumavce s barevnou stupnicí. Podle barvy roztoku se stanovila kolorimetricky konečná hodnota. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 Stanovené hodnoty dusitanů a amoniaku v experimentálním recirkulačním akvakulturním systému pro odchovu okounka pstruhového při různé fotoperiodě

	NO ₂ (mg · l ⁻¹)	NH ₄ (mg · l ⁻¹)
Průměrná hodnota	0,11 ± 0,14	0,16 ± 0,08
Minimální hodnota	0	0,13
Maximální hodnota	0,75	0,645

3.7 Odkalování, čištění a výměna vody v nádržích

Každý den ráno v 7:00 bylo provedeno odkalení nádrží souběžně s čištěním stěn a dna nádrží. Doplnění vody do horní retenční nádrže probíhalo současně s odkalováním a čištěním. Teplota dopouštěné vody byla přibližně stejná jako voda v odchovných nádržích.

3.8 Kontrolní měření a vážení ryb včetně vzorkování tkání

Na začátku experimentu byly do nádrží nasazeny velikostně vyrovnané a vytríděné ryby. Z každé nádrže bylo biometricky změřeno a zváženo 35 kusů experimentálních

ryb. Během experimentu bylo třikrát provedeno kontrolní vážení biomasy a počítání ryb v nádržích vždy po čtyřech týdnech odchovu (28 dní). Vážení biomasy bylo provedeno plošinou vahou CAS PB s přesností vážení na 10 gramů. Manipulace s rybami byla co nejšetrnější. Během posledního vzorkování byla navíc ke stanovení biomasy stanovena celková kusová délka (TL), délka těla (SL) a kusová hmotnost (W) experimentálních ryb v jednotlivých nádržích. Z každé skupiny bylo biometricky změřeno 190 kusů ryb. Zároveň bylo z každé skupiny odebráno 6 kusů odchovaných ryb (z každé nádrže 2 kusy) pro získání tkání orgánů ryb (mozek, žábry, játra, slezina, ledvina, střevo, svalovina, gonády a tělní tuk). Vzorky tkání sloužily pro výpočet somatických indexů (gonadosomatický index, hepatosomatický index, spleenosomatický index) a analýzu oxidativního stresu (mozek, žábry, játra, svalovina, střevo, ledvina). Rybám byla odebrána krev pro biochemickou analýzu krve a hematologické vyšetření. Analyzované ryby byly usmrceny koupelí v silném roztoku hřebíčkového oleje.

3.8.1 Průměrná kusová hmotnost (W v g)

K vážení experimentálních ryb byla použita váha Kern ABT 220-5DM s přesností na 0,001 g.

K výpočtu byl použit vzorec:

$$\bar{W} = \frac{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n}{N} [g]$$

w - hmotnost jednotlivých experimentálních ryb

N - počet kusů experimentálních ryb

3.8.2 Průměrná celková délka a délka těla (TL a SL v mm)

Na měření délky ryb bylo použito vaničkové měřítko od firmy MariSource o délce 30 cm s přesností 1 mm.

K výpočtu průměrných délek plůdku byl použit vzorec:

$$\bar{L} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{N} [mm]$$

l - celková délka/ délka těla jednotlivých experimentálních ryb

N - počet kusů experimentálních ryb

3.8.3 Procentické zastoupení hmotnostních skupin ryb

Tento ukazatel udává, jak jsou ryby v jednotlivých skupinách rozstřelé. Byl vypočítán na konci experimentu z reprezentativního vzorku 190 kusů

experimentálních ryb z každé chované experimentální skupiny. Procentické zastoupení bylo vypočítáno pomocí vzorce:

$$PZ = \frac{N_w}{N_s} \cdot 100 [\%]$$

N_w - počet experimentálních ryb v dané hmotnostní skupině

N_s - počet experimentálních ryb v chované experimentální skupině

3.8.4 Přežití experimentálních ryb

Přežití experimentálních ryb bylo vyhodnoceno za celý experiment v procentech pomocí vzorce:

$$P = \frac{N_p}{N_n} \cdot 100 [\%]$$

N_p - počet experimentálních ryb na konci experimentu

N_n - počet experimentálních ryb na začátku experimentu

3.8.5 Krmný koeficient

Krmný koeficient (=FCR) byl počítán jak pro každé dílčí období odkrmu tak pro určení celkového krmného koeficientu za celý experiment. Vyjadřuje kolik bylo potřeba kilogramů krmiva na produkci jednoho kilogramu biomasy. Hmotnost nespotřebovaného krmiva se od krmné dávky odečítala. Z reprezentativního vzorku 500 kusů pelet se vypočítala hmotnost jednoho kusu pelety. Bylo zaznamenáno množství nespotřebovaných pelet, které bylo přepočítáno na hmotnost a odečteno od krmné dávky. K výpočtu krmného koeficientu byl použit vzorec:

$$FCR = \frac{w_k}{w_t - w_0} [kg \cdot kg^{-1} \text{ nebo } g \cdot g^{-1}]$$

w_k - hmotnost skutečně spotřebovaného krmiva za sledované období

w_t - hmotnost experimentálních ryb na konci sledovaného období

w_0 - hmotnost experimentálních ryb na začátku sledovaného období

3.8.6 Specifická rychlost hmotnostního růstu

Specifická rychlost hmotnostního růstu (=SWGR) byla počítána jak pro každé dílčí období odkrmu tak pro určení celkové rychlosti růstu za celý experiment. Vyjadřuje průměrný kusový procentický přírůstek za den v každém období nebo za celý experiment. K vyjádření specifické rychlosti hmotnostního růstu byl použit vzorec:

$$SWGR = \frac{\ln w_t - \ln w_0}{t} \cdot 100 [\% \cdot d^{-1}]$$

w_t - hmotnost experimentálních ryb na konci sledovaného období

w_0 - hmotnost experimentálních ryb na začátku sledovaného období

t - sledované časové období

3.8.7 Fultonův koeficient

Fultonův koeficient neboli koeficient vyživenosti (=FC) je ukazatel kondice ryb. Koeficient byl vypočten na konci experimentu pomocí vzorce:

$$FC = \frac{w}{SL^3} \cdot 100$$

w = hmotnost experimentálních ryb

SL = délka těla

3.8.8 Somatické indexy

Somatické indexy značí procentický podíl hmotnosti jednotlivých orgánů či částí těla na celkové hmotnosti ryby. Byly vypočítány somatické indexy gonád, jater, sleziny a perviscerálního tuku. Jednotlivé indexy byly počítány pomocí vzorců:

Gonadosomatický index

$$GSI = \frac{w_g}{w} \cdot 100 [\%]$$

w_g = hmotnost gonád

w = hmotnost ryby

Index perviscerálního tuku

$$IPT = \frac{w_{pvt}}{w} \cdot 100 [\%]$$

w_{pvt} = hmotnost perviscerálního tuku

w = hmotnost ryby

Hepatosomatický index

$$HSI = \frac{w_j}{w} \cdot 100 [\%]$$

w_j = hmotnost jater

w = hmotnost ryby

Spleenosomatický index

$$SSI = \frac{w_s}{w} \cdot 100 [\%]$$

w_s = hmotnost sleziny

w = hmotnost ryby

3.8.9 Hematologie

Odběr krve byl proveden punkcí ocasní cévy, která je umístěna pod páteří ryby. K samotnému odběru byla použita injekční stříkačka s objemem 1 ml. Jehla měla průměr 0,5 mm. Kvůli zamezení srážlivosti bylo do vnitřního prostoru stříkačky napipetováno 0,02 ml vodného roztoku sodné soli heparinu o koncentraci 5 000 MJ . ml⁻¹. Odebraná krev byla uložena do termoboxu s ledem.

Pro stanovení počtu erytrocytů (Er) byla část krve naředěna Hayemovým roztokem v poměru 1 : 200. Pro naředění bylo použito 4 975 μl Hayemova roztoku a poté přidáno 25 μl heparinizované krve. Po naředění byl vzorek 2 – 3 minuty promícháván. Stanovení počtu erytrocytů bylo provedeno v Bürkerově komůrce počítáním ve 20 obdélnících po celé délce komůrky.

Pro stanovení hemoglobinu (Hb) byla použita fotometrická kyanohemoglobinová metoda. Principem metody je uvolnění hemoglobinu z krve a jeho přeměna na kyanohemoglobin, který je mnohem stálejší. Používá se k tomu transformační roztok (v tomto případě roztok podle Kampena a Zijlstra). Kyanohemoglobin se poté stanoví v malé kyvetě o délce 1 cm fotometricky. Doporučená vlnová délka je 540 – 546 nm. Konečné množství hemoglobinu bylo poté určeno z kalibrační křivky.

K určení hematokritové hodnoty (PCV) byly použity kapilárky o délce 7,5 cm, které byly po dobu 3 minut umístěny do hematokritové odstředivky při 14 000 otáčkách za minutu. Výsledek byl odečten na hematokritovém měřidle.

Střední objem erytrocytu (MCV) byl vypočítán podle vzorce:

$$MCV = \frac{PCV \cdot 1000}{Er} [fl]$$

PCV= hematokritová hodnota

Er= počet erytrocytů

K výpočtu hemoglobinu erytrocytu (MCH) (průměrná koncentrace hemoglobinu v erytrocytech) byl použit vzorec:

$$MCH = \frac{Hb}{Er} [pg]$$

Hb= hodnota hemoglobinu

Er= počet erytrocytů

Střední barevná koncentrace (MCHC) udává koncentraci hemoglobinu v objemu erytrocytů. Vypočítá se podle vzorce:

$$MCHC = \frac{Hb}{PCV \cdot 1000} [l \cdot l^{-1}]$$

Hb= hodnota hemoglobinu

PCV= hematokritová hodnota

Pro stanovení počtu leukocytů byla část krve naředěna roztokem Natt- Herrick v poměru 1 : 200. Pro naředění bylo použito 4 975 µl roztoku Natt- Herrick a poté přidáno 25 µl heparinizované krve. Po naředění byl vzorek 2 - 3 minuty promícháván. Stanovení počtu erytrocytů bylo provedeno v Bürkerově komůrce počítáním ve 100 velkých čtvercích. Podle tvaru byl dále spočítán poměr lymfocytů, monocytů, neutrofilních granulocytů- tyček a neutrofilních granulocytů-segmentu ve vzorku.

Výsledky byly poskytnuty Laboratoří vodní toxikologie a ichthyopatologie VÚRH FROV JU.

3.8.10 Biochemická analýza

Pro biochemickou analýzu byla odebrána krev do plastových zkumavek ošetřených vodným roztokem sodné soli heparinu o koncentraci 5 000 MJ . ml⁻¹. Zkumavky byly uloženy do termoboxu s ledem. V laboratoři byly vzorky krve odstředěny ve zchlazené centrifuze po dobu 2 minut při 12 000 otáčkách za minutu. Po uplynutí času odstředění byla odsáta krevní plazma, která byla použita k analýze v biochemickém analyzátoru VETTEST 8008 (Medisoft international LTD). Výsledky byly poskytnuty Laboratoří vodní toxikologie a ichtyopatologie VÚRH FROV JU.

3.8.11 Oxidativní stres

Základní hodnotou je lipidní peroxidace, která byla stanovena pomocí TBARS testu (thiobarbituricacid reactive substances= látky které reagují s kyselinou thiobarbiturovou – TBS). Metoda TBARS pracuje na stanovení barevných aduktů vznikajících při reakci produktů lipidní peroxidace s TBA. Konečným produktem lipidní peroxidace jsou malondialdehydy (MDA), které jsou sekundárním lipidickým oxidačním produktem. MDA vznikají reakcí reaktivních forem kyslíku (ROS) s nenasycenými mastnými kyselinami. Právě schopnost MDA reagovat s TBA dává vzniku barevného komplexu, který byl následně spektrofotometricky měřen při vlnové délce 532 nm.

Metodou měření katalázy (CAT) je využití schopnosti CAT rozkládat peroxid vodíku na vodu a kyslík. Výsledek byl měřen spektrofotometricky poklesem absorbance směsi vzorku peroxidu vodíku v mikrokyvetách při vlnové délce 240 nm.

Metodou měření superoxiddismutázy (SOD) je její schopnosti inhibice reakcí řízených superoxidy. Superoxidy jsou stanovovány pomocí nitroblue tetrazolia (NBT). Reakcí se superoxidy mění na stabilní formazanový produkt, který je následně spektrofotometricky mikrodeskově měřen při vlnové délce 560 nm na základě poklesu jeho přeměny. SOD reaguje se superoxidy a inhibuje tím přeměnu NBT.

Metodou měření glutathionperoxidázy (GPx) je úbytek NADPH během určitého času s reakcí, která využívá jako kosubstrát redukovaný glutathion (GSH), který je pomocí GPx přeměněn na glutathion disulfid (GSSG). GSSG je redukován aktivitou GR, který tím zajišťuje konstantní hladinu GSH. Během reakce s NADPH za účasti GR byl měřen úbytek GSSG.

Glutathion-S-trasferáza (GST) působí jako katalyzátor reakce GSH s jinými látkami, byl měřen jeho úbytek.

Hodnota glutathionreduktázy (GR) byla stanovena úbytkem NADPH v reakci, kdy GR katalyzuje přeměnu oxidovaného glutathionu (GSSG) na redukovaný glutathion (GSH).

Výsledky byly poskytnuty Laboratoří vodní toxikologie a ichthyopatologie VÚRH FROV JU.

3.9 Vyhodnocení experimentu

Ke zpracování dat, tvorbě tabulek a grafů byl použit program Microsoft Excel. Pro statistické hodnocení dat byl použit program Statistica 13 (StatSoft, Inc.). Při hodnocení dat byl určen stupeň významnosti $p < 0.05$. Nejdříve byl proveden Shapirův- Wilkův test pro určení normálního rozdělení. Dále byla provedena jednosměrná analýza variance (one-way ANOVA) a Tuckého post-hoc test. Pokud data neměla normální rozdělení, byla provedena Kruskal- Wallis neparametrická analýza variance (non-parametric ANOVA). Výsledky všech hodnocených parametrů jsou uvedeny jako průměr hodnot a směrodatná odchylka (průměr \pm SD).

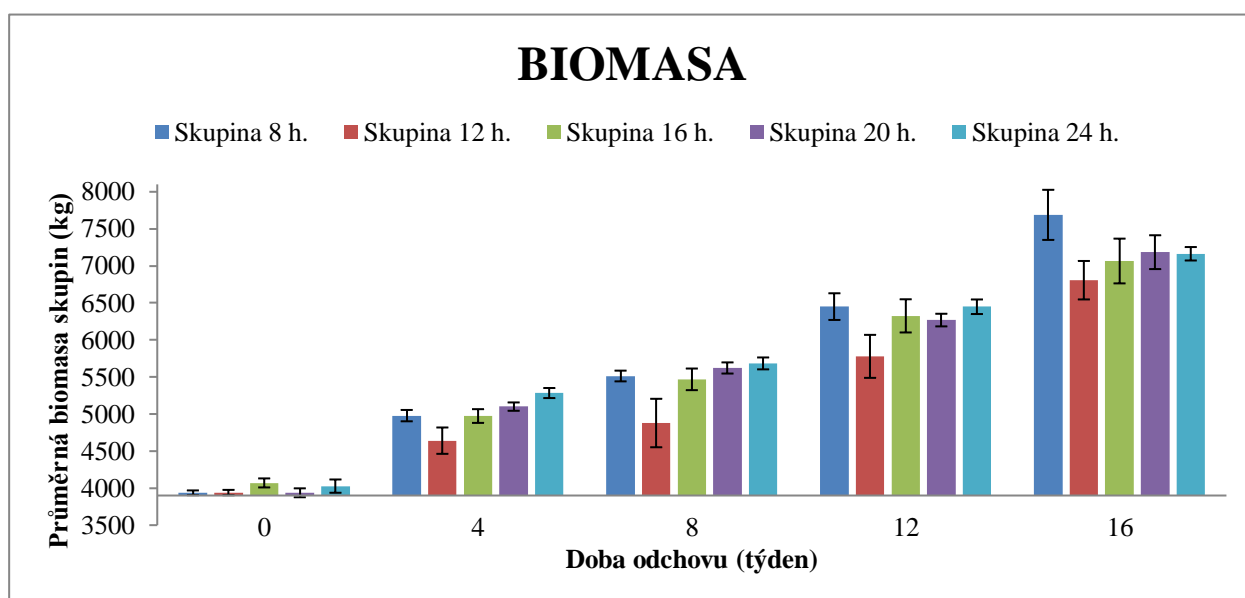
4 VÝSLEDKY

4.1 Dosažená biomasa

Nejvyšší konečné biomasy dosáhla skupina 8 hodin ($W = 7688,33 \pm 338,17$ g), rozdíl oproti ostatním skupinám byl i statisticky průkazný. Skupina 8 hodin měla nejvyšší směrodatnou odchylku, což značí, že experimentální ryby z této skupiny byly nejvíce rozrostené. Nejnižší hmotnost biomasy na konci pokusu měla skupina 12 hodin ($W = 6806,67 \pm 259,6$ g). Výrazně nejmenší směrodatnou odchylku měla skupina 24 hodin ($W = 7163,3 \pm 90,74$ g). Skupina 20 hodin měla konečnou biomasu v nádržích $W = 7185,0 \pm 228,2$ g. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4 a vyobrazeny v Grafu 1.

Tab. 4 Stanovené hodnoty celkové biomasy experimentálních ryb v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Nasazení	4. týden	8 týden	12.týden	16.týden
8hodin	3936,7 ± 32,2 a	4978,3 ± 76,5 a	5513,3 ± 72,3 a	6450,0 ± 180 a	7688,3 ± 338,2 a
12hodin	3940,0 ± 36,1 a	4640,3 ± 177,9 c	4878,3 ± 327 b	5778,0 ± 290,2 b	6806,7 ± 259,6 b
16hodin	4070,0 ± 60,8 a	4973,0 ± 92,8 a	5468,3 ± 146 a	6325,0 ± 224 a	7065,7 ± 302,0 b
20hodin	3936,7 ± 60,3 a	5100,0 ± 56,4 ab	5621,7 ± 75,2 a	6268,3 ± 85,2 ab	7185,0 ± 228,2 b
24hodin	4026,7 ± 89,6 a	5283,3 ± 67,9 b	5683,3 ± 80,2 a	6448,3 ± 98,3 a	7163,3 ± 90,7 b
test	F(4,10)= 3,3079	F(4,10)= 15,362	F(4,10)= 10,657	F(4,10)= 6,2802	F(4,10)= 4,6258
p	p= 0,05686	p= 0,00028	p= 0,00125	p= 0,00856	p= 0,02257



Graf 1 Stanovené hodnoty celkové biomasy experimentálních ryb v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

4.2 Kusová hmotnost

Nejvyšší průměrná kusová hmotnost ryb byla zjištěna u skupin 8 hodin ($W = 64,07 \pm 2,82$ g) a 24 hodin ($W = 60,03 \pm 1,05$ g), mezi kterými nebyl statisticky průkazný rozdíl. Nejnižší průměrnou kusovou hmotnost měla skupina 12 hodin ($W = 57,51 \pm 1,51$ g). Skupina 16 hodin měla průměrnou kusovou hmotnost $W = 58,88 \pm 2,52$ g. Poslední skupina 20 hodin měla průměrnou kusovou hmotnost $W = 59,88 \pm 1,9$ g. Mezi skupinami 8 hodin a 24 hodin a skupinou 12 hodin byl statistický rozdíl ve prospěch skupin 8 a 24 hodin. Skupina 8 hodin měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost, ale zároveň i největší směrodatnou odchylku. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5.

4.3 Celková délka

Nejvyšší průměrná celková kusová délka ryb byla zjištěna u skupiny 24 hodin ($TL = 180,77 \pm 11,69$ mm). Nejnižší průměrnou celkovou kusovou délku měla skupina 12 hodin ($TL = 174,57 \pm 7,23$ mm). Skupina 8 hodin měla průměrnou celkovou kusovou délku $TL = 180,03 \pm 8,5$ mm. Skupina 16 hodin měla průměrnou celkovou kusovou délku $TL = 177,93 \pm 8,03$ mm. Skupina 20 hodin měla průměrnou celkovou kusovou délku $TL = 179,2 \pm 10,6$ mm. Největší směrodatné odchylky měly skupiny 20 a 24 hodin. Mezi skupinami nebyl statistický rozdíl. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5.

4.4 Délka těla

Nejvyšší průměrná kusová délka těla byla zjištěna u skupiny 20 hodin ($SL = 150,83 \pm 9,3$ mm). Nejnižší průměrnou celkovou délku měla skupina 12 hodin ($SL = 146,37 \pm 5,8$ mm). Skupina 8 hodin měla průměrnou kusovou délku těla $SL = 150,53 \pm 7,81$ mm. Skupina 16 hodin měla průměrnou kusovou délku těla $SL = 147,63 \pm 6,83$ mm. Skupina 24 hodin měla průměrnou kusovou délku těla $SL = 149,57 \pm 10,16$ mm. Největší směrodatné odchylky měly skupiny 20 a 24 hodin. Mezi skupinami nebyl statistický rozdíl. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 Stanovené hodnoty průměrné hmotnosti, průměrné celkové délky a průměrné délky těla experimentálních ryb v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina	Hmotnost (g)	Celková délka (mm)	Délka těla (mm)
8hodin	64,07 ± 2,82 a	180,03 ± 8,5 a	150,53 ± 7,81 a
12hodin	57,51 ± 1,51 b	174,57 ± 7,23 a	146,37 ± 5,8 a
16hodin	58,88 ± 2,52 ab	177,93 ± 8,03 a	147,63 ± 6,83 a
20hodin	59,88 ± 1,9 ab	179,2 ± 10,6 a	150,83 ± 9,3 a
24hodin	60,03 ± 1,05 a	180,77 ± 11,69 a	149,57 ± 10,16 a
test	F(4,145)= 3,6818	F(4,145)= 2,0339	F(4,145)= 1,6793
p	p= 0,00692	p= 0,0927	p= 0,15792

4.5 Procentické zastoupení hmotnostních skupin ryb

Z grafu 2 vyplývá, že skupina 8 hodin byla na konci odchovu nejvíce rozrostlá, protože má zastoupení v nejvíce hmotnostních skupinách. Ostatní skupiny měly stejné zastoupení. Z grafu je patrné, že ve všech skupinách bylo nejvíce průměrných ryb o kusové hmotnosti od 46,01 do 70 gramů.

Ve skupině 8 hodin bylo 67,3 % průměrných jedinců, 5,3 % podprůměrných jedinců a 27,4 % nadprůměrných jedinců.

Ve skupině 12 hodin bylo 83,7 % průměrných jedinců, 6,3 % podprůměrných jedinců a 10 % nadprůměrných jedinců.

Ve skupině 16 hodin bylo 79,1 % průměrných jedinců, 8,3 % podprůměrných jedinců a 12,6 % nadprůměrných jedinců.

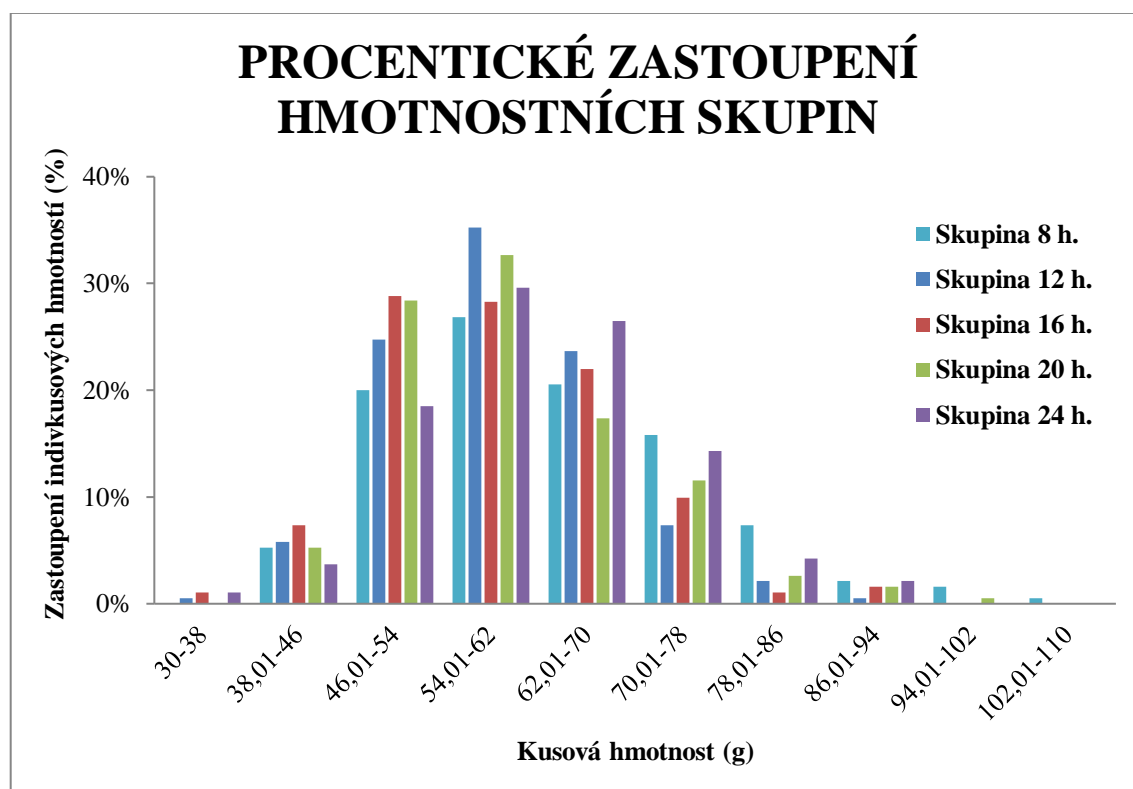
Ve skupině 20 hodin bylo 78,4 % průměrných jedinců, 5,3 % podprůměrných jedinců a 16,3 % nadprůměrných jedinců.

Ve skupině 24 hodin bylo 74,6 % průměrných jedinců, 4,8 % podprůměrných jedinců a 20,6 % nadprůměrných jedinců.

Procentické zastoupení průměrných ryb bylo 67,3 - 83,7 %. Skupiny 20 a 24 hodin měly nejvíce jedinců s průměrnou kusovou hmotností. Procentické zastoupení nadprůměrných ryb bylo 10 - 27,4 %. Skupina 8 hodin byla nejvíce rozrostená s nejvyšší průměrnou kusovou hmotností. Rychlejší tempo růstu a průměrná kusová hmotnost zvyšují i množství nadprůměrných jedinců s vyšší hmotností. Procentické zastoupení podprůměrných ryb bylo 4,8 - 8,3 %. Nejmenší procentické zastoupení podprůměrných ryb měla skupina 24 hodin, která měla také nejvíce nejmenších ryb. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 6 a vyobrazeny v Grafu 2 .

Tab. 6 Procentické zastoupení hmotnostních skupin chovaných ryb při rozdílné fotoperiodě na konci experimentu

Kusová hmotnost (g)	Skupina 8 h.	Skupina 12 h.	Skupina 16 h.	Skupina 20 h.	Skupina 24 h.
30-38	0,0 %	0,5 %	1,0 %	0,0 %	1,1 %
38,01-46	5,3 %	5,8 %	7,3 %	5,3 %	3,7 %
46,01-54	20,0 %	24,7 %	28,8 %	28,4 %	18,5 %
54,01-62	26,8 %	35,3 %	28,3 %	32,6 %	29,6 %
62,01-70	20,5 %	23,7 %	22,0 %	17,4 %	26,5 %
70,01-78	15,8 %	7,4 %	9,9 %	11,6 %	14,3 %
78,01-86	7,4 %	2,1 %	1,0 %	2,6 %	4,2 %
86,01-94	2,1 %	0,5 %	1,6 %	1,6 %	2,1 %
94,01-102	1,6 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,0 %
102,01-110	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Celkem	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %



Graf 2 Procentické zastoupení hmotnostních skupin chovaných ryb při rozdílné fotoperiodě na konci experimentu

4.6 Přežití experimentálních ryb

Skupiny 8 hodin, 16 hodin, 20 hodin a 24 hodin dosáhly 100 % přežití na konci experimentu. Skupina 12 hodin dosáhla přežití 99,4 %. Experiment ukázal, že okounek

pstruhový je odolná ryba, která nemá v recirkulačním akvakurturním systému problémy s přežíváním a nemocemi. Jediné dva úhyny byly zaznamenány u jednoho malého kusu (Obr. 7) a jednoho kusu, který byl oproti jiným znevýhodněn (byl slepý na jedno oko) (Obr. 8). Průměrné a nadprůměrné ryby jsou schopny ubít malé a znevýhodněné kusy. Hodnoty přežití jsou uvedeny v Tab. 7 .

Tab. 7 Stanovené hodnoty přežití experimentálních ryb v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Přežití		Uhynulé ryby	
	ks	%	ks	%
8 hodin	360	100	0	0
12 hodin	358	99,4	2	0,6
16 hodin	360	100	0	0
20 hodin	360	100	0	0
24 hodin	360	100	0	0



Obr. 7 První uhynulý kus ze skupiny 12 hodin



Obr. 8 Druhý uhynulý kus ze skupiny 12 hodin

4.7 FCR

Nejnižšího krmného koeficientu dosáhla skupina 8 hodin (FCR= 0,94 ± 0,06), která se statisticky významně lišila od skupiny 12 hodin (FCR= 1,16 ± 0,08) a skupiny 16 hodin (FCR= 1,15 ± 0,12). Skupiny 20 hodin (FCR= 1,03 ± 0,08) a 24 hodin (FCR= 1,09 ± 0,02) se od jiných skupin statisticky nelišily. Nejmenší rozdíly mezi nádržemi v rámci jedné skupiny měla skupina 24 hodin. Naopak nejvyšší rozdíly vykazovala skupina 16 hodin. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 8.

4.8 SWGR

Nejvyšší rychlosti růstu dosáhla skupina 8 hodin (SWGR= 0,6 ± 0,04 % . den⁻¹), která se statisticky významně lišila od skupiny 12 hodin (SWGR= 0,49 ± 0,04 % . den⁻¹) a skupiny 16 hodin (SWGR= 0,49 ± 0,05 % . den⁻¹). Skupiny 20 hodin (SWGR= 0,54 ± 0,02 % . den⁻¹) a 24 hodin (SWGR= 0,51 ± 0,02 % . den⁻¹) se od jiných skupin statisticky nelišily a měly nejnižší směrodatné odchylky. Rychlost růstu jednotlivých nádrží byl v těchto skupinách nejvyrovnanější. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 8.

4.9 Fultonův koeficient

Statisticky nejvyšších hodnot dosahovala skupina 8 hodin (FC= 0,234 ± 0,001). Tato skupina se statisticky nelišila od skupiny 20 hodin (FC= 0,223 ± 0,014). Skupina 20 hodin měla navíc nejvyšší směrodatnou odchylku, což značí velkou nevyrovnanost mezi jednotlivými rybami. Nejnižšího koeficientu dosáhla skupina 12 hodin (FC= 0,214 ± 0,005). Skupina 16 hodin dosáhla hodnoty FC= 0,225 ± 0,007. Skupina 24 hodin dosáhla hodnoty FC= 0,224 ± 0,008. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8 Stanovené hodnoty konverze krmiva, rychlosti růstu a koeficientu vyživenosti v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	FCR	SWGR (% . den ⁻¹)	FC
8hodin	0,94 ± 0,06 a	0,6 ± 0,04 a	0,234 ± 0,001 a
12hodin	1,16 ± 0,08 b	0,49 ± 0,04 b	0,214 ± 0,005 c
16hodin	1,15 ± 0,12 b	0,49 ± 0,05 b	0,225 ± 0,007 b
20hodin	1,03 ± 0,08 ab	0,54 ± 0,02 ab	0,223 ± 0,014 abc
24hodin	1,09 ± 0,02 ab	0,51 ± 0,02 ab	0,224 ± 0,008 b
test	F (4,10)= 4,1257	F (4,10)= 4,9006	H (4,150)= 42,76822
p	p= 0,03146	p= 0,01896	p =0,0000

4.10 Somatické indexy

Gonadosomatický index jikernaček byl nejvyšší u skupiny 8 hodin (GSI= $1,32 \pm 0,04$ %), která měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Nejnižší gonadosomatický index jikernaček byl u skupiny 20 hodin (GSI= $0,86 \pm 0,12$ %). Gonadosomatický index u vyšetřených jikernaček potvrdil, že vývoj gonád je závislý spíše na hmotnosti a kondici chovaných ryb. S různou fotoperiodou nebyl prokázán žádný vliv.

Gonadosomatický index mlíčáků byl nejvyšší u skupiny 12 hodin (GSI= $0,43 \pm 0,37$ %), která měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Nejnižší gonadosomatický index jikernaček byl u skupiny 20 hodin (GSI= $0,04 \pm 0,01$ %). Gonadosomatický index vyšetřených mlíčáků také neprokázal žádnou korelaci s různou fotoperiodou.

Nejnižších gonadosomatické indexy měla experimentální skupina 20 hodin. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Stanovené hodnoty gonadosomatických indexů v závislosti na různé fotoperiodě při odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Gonadosomatický index ♀ (%)	Gonadosomatický index ♂ (%)
8hodin	$1,32 \pm 0,04$ a	$0,24 \pm 0,05$ a
12hodin	$1,08 \pm 0,14$ c	$0,43 \pm 0,37$ ab
16hodin	$0,97 \pm 0,16$ c	$0,13 \pm 0,04$ c
20hodin	$0,86 \pm 0,12$ c	$0,04 \pm 0,01$ c
24hodin	$1,22 \pm 0,02$ b	$0,26 \pm 0,08$ a
test	F(4,8)= 5,2338	F(4,12)= 9,8335
p	p= 0,02275	p= 0,00091

Nejvyšší index periviscerálního tuku měla experimentální skupina 8 hodin (IPT= $1,29 \pm 0,19$ %), která měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Nejnižší index periviscerálního tuku měla skupina 12 hodin (IPT= $0,44 \pm 0,34$ %), která se statisticky lišila od všech ostatních skupin. Nebyl zjištěn žádný rozdíl mezi skupinou 20 hodin (IPT= $1,04 \pm 0,45$ %) a 24 hodin (IPT= $1,05 \pm 0,40$ %), obě skupiny měly i velmi podobnou směrodatnou odchylku. Fotoperioda má vliv na index periviscerálního tuku. Vliv má především kontinuálnější příjem krmiva a dlouhá klidová temná fáze. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10 Stanovené hodnoty indexů perviscerálního tuku v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Index perviscerálního tuku (%)
8hodin	1,29 ± 0,19 a
12hodin	0,44 ± 0,34 c
16hodin	0,79 ± 0,19 b
20hodin	1,04 ± 0,45 ab
24hodin	1,05 ± 0,40 ab
test	F(4,25)=5,4952
p	p= 0,00258

Nejvyšší hepatosomatický index měla experimentální skupina 8 hodin (HSI= 1,35 ± 0,11 %), která měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Statisticky nejnižší hepatosomatický index a zároveň největší směrodatnou odchylku měla skupina 12 hodin (HSI= 0,68 ± 0,34 %). Se stoupající průměrnou hmotností stoupal i hepatosomatický index. Experiment na rozdílnou fotoperiodu statisticky prokázal, že na hepatosomatický index nemá fotoperioda vliv. Rozhoduje spíše kondiční stav a kusová hmotnost chovaných ryb. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 Stanovené hodnoty hepatosomatických indexů v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Hepatosomatický index (%)
8hodin	1,35 ± 0,11 a
12hodin	0,68 ± 0,30 b
16hodin	0,86 ± 0,09 b
20hodin	1,11 ± 0,17 ab
24hodin	1,21 ± 0,20 a
test	F(4,25)= 6,2977
p	p= 0,00120

Nejvyšší spleenosomatický index měla experimentální skupina 8 hodin (SSI= 0,07 ± 0,02 %), která měla nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Statisticky nejnižší spleenosomatický index měly skupiny 20 hodin (SSI= 0,04 ± 0,01 %) a 24 hodin (SSI= 0,04 ± 0,02 %). Rozdíly skupin byly statisticky neprůkazné. Vliv fotoperiody na slezinosomatický index nebyl prokázán. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12 Stanovené hodnoty spleenosomatických indexu v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Spleenosomatický index (%)
8hodin	0,07 ± 0,02 a
12hodin	0,05 ± 0,02 a
16hodin	0,06 ± 0,03 a
20hodin	0,04 ± 0,01 a
24hodin	0,04 ± 0,02 a
test	F(4,25)= 1,6846
p	p= 0,18500

4.11 Hematologické vyšetření

Jediný z měřených hematologických parametrů, kterým je hematokrit, měl statisticky rozdílné výsledky mezi experimentálními skupinami. Hodnota hematokritu pro skupinu 8 hodin byla $0,35 \pm 0,02 \text{ l} \cdot \text{l}^{-1}$, pro skupinu 12 hodin $0,33 \pm 0,02 \text{ l} \cdot \text{l}^{-1}$, pro skupinu 16 hodin $0,36 \pm 0,02 \text{ l} \cdot \text{l}^{-1}$, pro skupinu 20 hodin $0,33 \pm 0,03 \text{ l} \cdot \text{l}^{-1}$ a pro skupinu 24 hodin $0,36 \pm 0,01 \text{ l} \cdot \text{l}^{-1}$. Statisticky se lišily skupiny 8 hodin a 12 hodin. I když zde byl potvrzen statistický rozdíl, různé hodnoty nemají souvislost s rozdílnou fotoperiodou skupin. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 13.

Tab. 13 Stanovené hodnoty hematokritu v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Hematokrit ($\text{l} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	0,35 ± 0,02 a
12hodin	0,33 ± 0,02 b
16hodin	0,36 ± 0,02 ab
20hodin	0,33 ± 0,03 ab
24hodin	0,36 ± 0,01 ab
test	H(4,30)= 9,898831
p	p= 0,0422

Další měřené hematokritické parametry jako je hemoglobin, erytrocyty, leukocyty, MCH (hodnota hemoglobinu erytrocytu), MCV (střední objem erytrocytu), MCHC (střední barevná koncentrace), lymfocyty, monocyty, neutrofilní granulocyty - tyčky a neutrofilní granulocyty - segment. Skupina 8 hodin, která byla nejrychleji rostoucí, měla nejvyšší hodnotu hemoglobinu ($69,35 \pm 4,64 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) a také nejvyšší poměr

monocytů ($1,26 \pm 1,03$ %). Všechny tyto parametry neprokázaly žádnou statistickou souvislost s různou fotoperiodou během intenzivního odchovu juvenilních ryb okounka pstruhového v recirkulačním akvakulturním systému. Zmíněné výsledky jsou uvedeny v Tab. 14.

Tab. 14 Stanovené hodnoty ostatních hematologických ukazatelů v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	Hemoglobin ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Erytrocyty ($\text{T} \cdot \text{l}^{-1}$)	Leukocyty ($\text{G} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$69,35 \pm 4,64$ a	$1,87 \pm 0,23$ a	$12,62 \pm 2,69$ a
12hodin	$60,93 \pm 5,82$ a	$1,78 \pm 0,43$ a	$9,17 \pm 3,21$ a
16hodin	$64,81 \pm 2,93$ a	$1,85 \pm 0,26$ a	$10,52 \pm 2,54$ a
20hodin	$64,64 \pm 2,16$ a	$2,20 \pm 0,37$ a	$13,57 \pm 2,38$ a
24hodin	$62,73 \pm 2,13$ a	$1,76 \pm 0,19$ a	$12,27 \pm 1,02$ a
test	F(4,25)= 1,8640	F(4,25)= 1,6227	F(4,25)= 2,5306
p	p= 0,14824	p= 0,19972	p= 0,06568
Skupina↓	MCH (pg)	MCV (fl)	MCHC ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$37,49 \pm 3,68$ a	$192,04 \pm 36,88$ a	$198,77 \pm 21,62$ a
12hodin	$37,83 \pm 15,83$ a	$209,36 \pm 92,07$ a	$182,79 \pm 18,34$ a
16hodin	$35,75 \pm 4,49$ a	$197,27 \pm 34,41$ a	$182,74 \pm 11,92$ a
20hodin	$30,25 \pm 5,05$ a	$153,68 \pm 30,34$ a	$198,37 \pm 14,18$ a
24hodin	$35,90 \pm 2,83$ a	$205,85 \pm 25,29$ a	$175,49 \pm 10,73$ a
test	F(4,25)= 0,73077	F(4,25)= 0,98810	F(4,25)= 2,1499
p	p= 0,57949	p= 0,43211	p= 0,10429
Skupina↓	Lymfocyty (%)	Monocyty (%)	Neutrofilní granulocyty tyčky (%)
8hodin	$92,18 \pm 8,84$ a	$1,26 \pm 1,03$ a	$6,37 \pm 7,97$ a
12hodin	$96,05 \pm 1,65$ a	$0,67 \pm 0,47$ a	$3,29 \pm 1,70$ a
16hodin	$96,75 \pm 1,66$ a	$1,12 \pm 0,32$ a	$2,32 \pm 1,91$ a
20hodin	$97,92 \pm 0,89$ a	$0,42 \pm 0,34$ a	$1,17 \pm 0,55$ a
24hodin	$95,74 \pm 2,64$ a	$0,54 \pm 0,65$ a	$3,32 \pm 2,80$ a
test	F(4,25)= 1,2689	F(4,25)= 1,3710	F(4,25)= 1,1935
p	p= 0,30851	p= 0,27231	p= 0,33806
Skupina↓	Neutrofilní granulocyty segment (%)		
8hodin	$0,19 \pm 0,27$ a		
12hodin	$0,00 \pm 0,00$ a		
16hodin	$0,00 \pm 0,00$ a		
20hodin	$0,50 \pm 1,12$ a		
24hodin	$0,40 \pm 0,42$ a		
test	F(4,25)= 0,86077		
p	p= 0,50091		

4.12 Biochemická analýza krve

U skupiny 8 hodin byla zjištěna nejnižší koncentrace amoniaku $\text{NH}_3 = 236,17 \pm 18,27 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ a u skupiny 24 hodin byla zjištěna nejvyšší koncentrace $\text{NH}_3 = 655,5 \pm 54,86 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Skupina 12 hodin měla koncentraci amoniaku $\text{NH}_3 = 342,5 \pm 23,81 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Skupina 16 hodin měla koncentraci amoniaku $\text{NH}_3 = 352,67 \pm 22,87 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Skupina 20 hodin měla koncentraci amoniaku $\text{NH}_3 = 441,17 \pm 57,66 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Zjištěné koncentrace amoniaku ukázaly, že koncentrace amoniaku stoupá s prodlužující se fotoperiodou. S prodlužující se fotoperiodou stoupala i směrodatná odchylka. Skupiny 20 hodin a 24 hodin mají směrodatnou odchylku amoniku přibližně stejnou. S prodlužující se fotoperiodou dochází k větší reakci na stres. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 15.

Tab. 15 Stanovené hodnoty amoniaku v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	NH_3 ($\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$236,17 \pm 18,27$ a
12hodin	$342,50 \pm 23,81$ b
16hodin	$352,67 \pm 22,87$ b
20hodin	$441,17 \pm 57,66$ c
24hodin	$655,50 \pm 54,86$ d
test	$F(4,25) = 79,905$
p	$p = 0,00000$

Hodnoty kreatinkinázy (CK) byly ovlivněny fotoperiodou. Hodnota u skupiny 8 hodin byla $\text{CK} = 7,9 \pm 2,12 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$, hodnota se postupně zvyšovala a u skupiny 24 hodin byla nejvyšší $\text{CK} = 23,57 \pm 5,09 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$. Hodnota byla zvýšena o téměř 200 %. Skupina 12 hodin měla hodnotu $\text{CK} = 11,01 \pm 1,96 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$. Skupina 16 hodin měla hodnotu $\text{CK} = 14,55 \pm 1,14 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$. Skupina 20 hodin měla hodnotu $\text{CK} = 17,05 \pm 3,31 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$. Vliv fotoperiody je patrný, důvodem je především pohybová aktivita během světelné části odchovu. Okounek se během tmy ukládal na dno nádrže, kde nevydává téměř žádnou pohybovou aktivitu. Naopak během světelné fáze se okounek pohybuje aktivně u vodní hladiny a čeká na potravu. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 16.

Tab. 16 Stanovené hodnoty kreatinkinázy v závislosti na různé fotoperiodě při odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	CK ($\mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	7,90 ± 2,12 a
12hodin	11,01 ± 1,96 ab
16hodin	14,55 ± 1,14 bc
20hodin	17,05 ± 3,31 c
24hodin	23,57 ± 5,09 d
test	F(4,25)= 19,326
p	p= 0,0000

Hodnoty glukózy (GLU) v krvi se snižovaly s prodlužující se fotoperiodou. U skupiny 8 hodin byla její hodnota GLU= 1,84 ± 0,31 mmol . l⁻¹ a u skupiny 24 hodin byla její hodnota GLU= 1,08 ± 0,06 mmol . l⁻¹. Ve zvýšených hodnotách může množství glukózy indikovat stres, pro ryby by ale hodnota musela být nad 10 mmol . l⁻¹. Experimentální ryby byly v době ukončení pokusu před prvním ranním krmením. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 17.

Tab. 17 Stanovené hodnoty glukózy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	GLU (mmol . l ⁻¹)
8hodin	1,84 ± 0,31 ab
12hodin	1,62 ± 0,33 ab
16hodin	1,38 ± 0,21 bc
20hodin	1,27 ± 0,12 bc
24hodin	1,08 ± 0,06 c
test	F(4,25)= 8,1128
p	p= 0,00025

Hodnota laktátu (LAC, sůl kyseliny mléčné) se zvyšovala s prodlužující se fotoperiodou. U skupiny 8 hodin byla její hodnota LAC= 1,25 ± 0,17 mmol . l⁻¹ a u skupiny 24 hodin byla její hodnota LAC= 4,06 ± 0,69 mmol . l⁻¹. Rozdíl mezi těmito skupinami je více než trojnásobný. Navíc měla skupina 8 hodin nejmenší směrodatnou odchylku, ryby v ní tedy byly daleko vyrovnanější než v ostatních skupinách. Skupina 8 hodin se statisticky lišila od skupiny 16 hodin, skupiny 20 hodin a skupiny 24 hodin. Produkce laktátu souvisí se svalovou aktivitou. Během temné fáze

ryby nemají pohybovou aktivitu, ukládají se na dno nádrže a šetří tím energii. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 18.

Tab. 18 Stanovené hodnoty laktátu v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	LAC (mmol . l ⁻¹)
8hodin	1,25 ± 0,17 a
12hodin	1,93 ± 0,47 ab
16hodin	2,18 ± 0,50 b
20hodin	2,82 ± 0,42 b
24hodin	4,06 ± 0,69 c
test	F(4,25)= 24,281
p	p= 0,0000

Koncentrace bílkovin krevní plazmy (TP), kterou tvoří albimin a globuliny, byla statisticky rozdílná u skupin 16 hodin a 20 hodin. Nejnižší koncentrace dosáhla zmiňovaná skupina 20 hodin (TP= 21,50 ± 1,38 g . l⁻¹) a nejvyšší koncentrace dosáhla skupina 16 hodin (TP= 26,67 ± 0,47 g . l⁻¹). Ostatní skupiny se v této hodnotě statisticky nelišily. Výrazně zvýšené či snížené hodnoty mohou indikovat problémy jater či ledvin, zvýšené hodnoty pak indikují zánětlivé procesy v organismu. Avšak rozdíly mezi skupinami nejsou tak velké, aby se dalo uvažovat o zdravotních problémech chovaných experimentálních ryb. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 19.

Tab. 19 Stanovené hodnoty bílkovin krevní plazmy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	TP (g . l ⁻¹)
8hodin	23,83 ± 1,34 a
12hodin	24,00 ± 2,08 a
16hodin	26,67 ± 0,47 ab
20hodin	21,50 ± 1,38 ac
24hodin	23,33 ± 3,14 a
test	F(4,25)= 4,7286
p	p= 0,00558

Koncentrace globulinů (GLOB) v krevní plazmě byla nejvyšší u skupiny 16 hodin a to GLOB= 25,00 ± 0,81 g . l⁻¹. Naopak nejnižší hodnoty vykazovala skupina 20 hodin,

kteřá měla koncentraci globulinů $GLOB = 20,17 \pm 1,06 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Obě tyto skupiny se od sebe statisticky lišily a měly také nejnižší směrodatnou odchylku. Ostatní skupiny měly statisticky neprůkazné rozdíly. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 20.

Tab. 20 Stanovené hodnoty globulinů v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	GLOB ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$22,00 \pm 1,29 \text{ a}$
12hodin	$22,83 \pm 2,11 \text{ a}$
16hodin	$25,00 \pm 0,81 \text{ ab}$
20hodin	$20,17 \pm 1,06 \text{ ac}$
24hodin	$22,00 \pm 3,31 \text{ a}$
test	$F(4,25)=4,0433$
p	$p=0,0157$

Nejvyšší koncentraci alkalické fosfatázy (ALP) měla skupina 8 hodin ($ALP = 0,30 \pm 0,14 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$). Nejnižší koncentraci měla skupina 8 hodin ($ALP = 0,09 \pm 0,04 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$). Jeho koncentrace byla ovlivněna spíše růstem a potravní aktivitou ryb. S různou fotoperiodou nebyla prokázána žádná spojitost. Se zvyšující se hmotností se zvyšovala koncentrace alkalické fosfatázy ALP, která plní roli při transportu látek, metabolismu glykogenu nebo syntéze bílkovin. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 21.

Tab. 21 Stanovené hodnoty alkalické fosfatázy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	ALP ($\mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$0,30 \pm 0,14 \text{ a}$
12hodin	$0,09 \pm 0,04 \text{ b}$
16hodin	$0,13 \pm 0,04 \text{ b}$
20hodin	$0,19 \pm 0,03 \text{ ab}$
24hodin	$0,29 \pm 0,05 \text{ a}$
test	$F(4,25)=7,8499$
p	$p=0,0003$

Alanin aminotransferáza (ALT) indikuje poškození jaterního parenchymu. Nejvyšších hodnot dosáhla u skupiny 20 hodin ($ALT = 0,09 \pm 0,03 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$), která byla

jako jediná statisticky odlišná od ostatních skupin. Nejnižších hodnot dosahovala u skupiny 8 hodin ($ALT = 0,04 \pm 0,01 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$). Rozdíl mezi skupinami je však hodně malý, proto nelze předpokládat poškození jaterních buněk u skupiny se zvýšenou hodnotou. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 22.

Tab. 22 Stanovené hodnoty alanin aminotransferázy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	ALT ($\mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$0,04 \pm 0,01$ a
12hodin	$0,05 \pm 0,01$ a
16hodin	$0,05 \pm 0,01$ a
20hodin	$0,09 \pm 0,03$ b
24hodin	$0,05 \pm 0,02$ a
test	$F(4,25) = 6,2517$
p	$p = 0,00125$

Hodnoty aspartát aminotransferáza (AST) byly nejvyšší u skupiny 12 hodin ($AST = 0,25 \pm 0,14 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$) a 24 hodin ($AST = 0,25 \pm 0,11 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$), obě skupiny se statisticky liší od skupiny 8 hodin. Nejnižších hodnot dosáhla skupina 8 hodin ($AST = 0,03 \pm 0,01 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$). Skupiny 16 hodin ($AST = 0,22 \pm 0,14 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$) a 20 hodin ($AST = 0,21 \pm 0,11 \mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$) dosáhly výsledků, které jsou statisticky nelišící se od ostatních skupin. Velmi nízká hodnota u skupiny 8 hodin svědčí tomu, že tato skupina neměla žádné svalové ani metabolické problémy. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 23.

Tab. 23 Stanovené hodnoty aspartát aminotransferázy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	AST ($\mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$0,03 \pm 0,01$ a
12hodin	$0,25 \pm 0,14$ b
16hodin	$0,22 \pm 0,14$ ab
20hodin	$0,21 \pm 0,11$ ab
24hodin	$0,25 \pm 0,11$ b
test	$F(4,25) = 3,3463$
p	$p = 0,02519$

Statisticky neprůkazné rozdíly mezi hodnotami albuminu (ALB) svědčí o dobré kondici chovaných ryb všech experimentálních skupin. Nejvyšších hodnot dosáhla skupina 8 hodin ($ALB = 1,83 \pm 0,69 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Naopak nejnižších hodnot dosáhly skupiny 12 hodin ($ALB = 1,33 \pm 0,47 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) a 24 hodin ($ALB = 1,33 \pm 0,47 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 24.

Tab. 24 Stanovené hodnoty albuminu v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

Skupina↓	ALB ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	$1,83 \pm 0,69 \text{ a}$
12hodin	$1,33 \pm 0,47 \text{ a}$
16hodin	$1,50 \pm 0,50 \text{ a}$
20hodin	$1,67 \pm 0,47 \text{ a}$
24hodin	$1,33 \pm 0,47 \text{ a}$
test	$F(4,25) = 0,85$
p	$p = 0,50711$

Nejvyšších hodnot koncentrace vápníku (Ca) dosáhla skupina 16 hodin ($Ca = 1,80 \pm 0,11 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Naopak nejnižších hodnot dosáhla skupina 12 hodin ($Ca = 1,64 \pm 0,11 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Statistický rozdíl mezi testovanými skupinami nebyl prokázán. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 25.

Nejvyšší koncentrace hořčíku (Mg) dosáhla skupina 8 hodin ($Mg = 1,56 \pm 0,24 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Naopak nejnižších hodnot dosáhla skupina 20 hodin ($Mg = 1,48 \pm 0,15 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Skupiny se od sebe statisticky nelišily. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 25.

Nejvyšší koncentrace fosforu (PHOS) dosáhla skupina 12 hodin ($PHOS = 2,99 \pm 0,43 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Naopak nejnižších hodnot dosáhla skupina 24 hodin ($PHOS = 2,79 \pm 0,43 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Skupiny mezi sebou neměly statisticky průkazné rozdíly. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 25.

Tab. 25 Stanovené hodnoty vápníku, hořčíku a manganu v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

Skupina↓	Ca (mmol . l ⁻¹)	Mg (mmol . l ⁻¹)	PHOS (mmol . l ⁻¹)
8hodin	1,78 ± 0,36 a	1,56 ± 0,24 a	2,85 ± 0,14 a
12hodin	1,64 ± 0,11 a	1,50 ± 0,33 a	2,99 ± 0,43 a
16hodin	1,80 ± 0,11 a	1,53 ± 0,29 a	2,90 ± 0,61 a
20hodin	1,67 ± 0,30 a	1,48 ± 0,15 a	2,89 ± 0,24 a
24hodin	1,76 ± 0,20 a	1,49 ± 0,21 a	2,79 ± 0,43 a
test	F(4,25)= 0,41502	F(4,25)= 0,9742	F(4,25)= 0,15444
p	p= 0,79616	p= 0,98233	p= 0,95920

Triacylglyceroly (TRIG) v krevní plazmě plní roli zásoby energie. Nejvyšších hodnot dosáhla skupina 24 hodin (TRIG= 3,55 ± 0,32 mmol . l⁻¹). Naopak nejnižší hodnotu měla skupina 20 hodin (TRIG= 3,22 ± 0,42 mmol . l⁻¹). Všechny skupiny byly statisticky nelišící se. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 26.

Tab. 26 Stanovené hodnoty triacylglycerolů v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

Skupina↓	TRIG (mmol . l ⁻¹)
8hodin	3,47 ± 0,33 a
12hodin	3,39 ± 0,31 a
16hodin	3,44 ± 0,42 a
20hodin	3,22 ± 0,42 a
24hodin	3,55 ± 0,32 a
test	F(4,25)=0,57324
p	p= 0,68455

Hodnoty laktát dehydrogenázy (LDH) byly nejvyšší u skupiny 20 hodin (LDH= 19,56 ± 0,60 μkat . l⁻¹). Nejnižších hodnot dosáhla skupina 16 hodin (LDH= 18,84 ± 1,03 μkat . l⁻¹). Statistický rozdíl mezi testovanými skupinami nebyl prokázán. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 27.

Tab. 27 Stanovené hodnoty laktát dehydrogenázy v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

Skupina↓	LDH ($\mu\text{kat} \cdot \text{l}^{-1}$)
8hodin	19,22 ± 0,99 a
12hodin	19,14 ± 1,16 a
16hodin	18,84 ± 1,03 a
20hodin	19,56 ± 0,60 a
24hodin	19,39 ± 0,70 a
test	F(4,25)= 0,43421
p	p= 0,78259

4.13 Oxidativní stres

Měřené parametry TBARS, SOD, GSH a GST měly v rámci některých orgánů statisticky rozdílné výsledky (v tabulkách označeno *). Další měřené parametry byly CAT, GPx a GR, které ovšem nevykazovaly statisticky rozdílné výsledky.

Hodnoty TBARS se statisticky průkazně zvyšovaly s fotoperiodou v mozku, žábřách a v játrech. V mozku měla nejnížší hodnotu skupina 8 hodin (TBARS= $0,46 \pm 0,13$ nmol . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (TBARS= $1,9 \pm 0,46$ nmol . mg⁻¹ proteinu). Se zvyšující se hodnotou se zvyšovala i směrodatná odchylka hodnot. V žábřech měla nejnížší hodnotu skupina 8 hodin (TBARS= $0,32 \pm 0,11$ nmol . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (TBARS= $0,79 \pm 0,13$ nmol . mg⁻¹ proteinu). Také v játrech měla nejnížší hodnotu skupina 8 hodin (TBARS= $1,15 \pm 0,43$ nmol . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (TBARS= $4,81 \pm 1,01$ nmol . mg⁻¹ proteinu). TBARS je spojen s lipidní peroxidací, což je důsledek oxidativního stresu. Obecně se při vyšší fotoperiodě zvyšovala hodnota TBARS, a tím byl prokázán vyšší oxidativní stres. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 28.

Tab. 28 Stanovené hodnoty TBARS v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

Skupina↓	TBARS (nmol . mg ⁻¹ proteinu)		
	MOZEK *	ŽÁBRY *	JÁTRA *
8hodin	$0,46 \pm 0,13$ a	$0,32 \pm 0,11$ a	$1,15 \pm 0,43$ a
12hodin	$0,78 \pm 0,21$ ab	$0,47 \pm 0,06$ ab	$1,60 \pm 0,40$ ab
16hodin	$1,02 \pm 0,22$ bc	$0,63 \pm 0,07$ bc	$2,41 \pm 0,70$ b
20hodin	$1,35 \pm 0,31$ c	$0,73 \pm 0,08$ c	$4,34 \pm 0,60$ c
24hodin	$1,90 \pm 0,46$ d	$0,79 \pm 0,13$ c	$4,81 \pm 1,01$ c
test	F(4,25)= 18,935	F(4,25)= 21,724	F(4,25)= 30,256
p	p= 0,0000	p= 0,0000	p= 0,0000
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	$0,86 \pm 0,30$ a	$0,50 \pm 0,21$ a	$0,91 \pm 0,11$ a
12hodin	$0,76 \pm 0,22$ a	$0,63 \pm 0,13$ a	$0,94 \pm 0,14$ a
16hodin	$0,75 \pm 0,26$ a	$0,51 \pm 0,19$ a	$0,98 \pm 0,08$ a
20hodin	$0,81 \pm 0,27$ a	$0,46 \pm 0,08$ a	$0,92 \pm 0,13$ a
24hodin	$0,92 \pm 0,12$ a	$0,49 \pm 0,12$ a	$0,86 \pm 0,12$ a
test	F(4,25)=0,43539	F(4,25)= 0,92649	F(4,25)=0,74295
p	p= 0,78175	p= 0,46437	p= 0,57179

Hodnoty superoxiddismutázy (SOD) byly statisticky odlišné v ledvinách experimentálních skupin. V jiných orgánech nebyla statistická rozdílnost skupin prokázána. Nejnižší hodnotu měla skupina 8 hodin (SOD= $0,08 \pm 0,04$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (SOD= $0,22 \pm 0,07$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu). Statisticky se lišily jenom tyto dvě skupiny. Nebyl tedy prokázán vliv různé fotoperiody při odchovu okounka pstruhového na hodnoty superoxiddismutázy. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 29.

Tab. 29 Stanovené hodnoty superoxiddismutázy (SOD) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS

	SOD (nmol NBT . min ⁻¹ . mg ⁻¹ proteinu)		
Skupina↓	MOZEK	ŽÁBRY	JÁTRA
8hodin	$0,17 \pm 0,04$ a	$0,35 \pm 0,10$ a	$0,40 \pm 0,16$ a
12hodin	$0,20 \pm 0,10$ a	$0,27 \pm 0,12$ a	$0,31 \pm 0,13$ a
16hodin	$0,15 \pm 0,06$ a	$0,32 \pm 0,05$ a	$0,29 \pm 0,13$ a
20hodin	$0,17 \pm 0,05$ a	$0,27 \pm 0,10$ a	$0,30 \pm 0,09$ a
24hodin	$0,12 \pm 0,08$ a	$0,32 \pm 0,10$ a	$0,38 \pm 0,17$ a
test	F(4,25)= 0,79927	F(4,25)= 0,66562	F(4,25)= 0,69830
p	p= 0,53707	p= 0,62179	p= 0,60035
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY *
8hodin	$0,20 \pm 0,08$ a	$0,34 \pm 0,30$ a	$0,08 \pm 0,04$ a
12hodin	$0,18 \pm 0,05$ a	$0,28 \pm 0,04$ a	$0,22 \pm 0,07$ b
16hodin	$0,17 \pm 0,08$ a	$0,26 \pm 0,07$ a	$0,13 \pm 0,04$ ab
20hodin	$0,18 \pm 0,04$ a	$0,30 \pm 0,11$ a	$0,19 \pm 0,05$ ab
24hodin	$0,19 \pm 0,06$ a	$0,31 \pm 0,10$ a	$0,14 \pm 0,10$ ab
test	F(4,25)= 0,15217	F(4,25)= 0,17093	F(4,25)= 3,6973
p	p= 0,96025	p= 0,95122	p= 0,01694

Hodnoty γ -glutamylcysteinylglycinu (GSH) se statisticky lišily mezi experimentálními skupinami pouze v játrech. V jiných orgánech nebyla statistická rozdílnost skupin prokázána. Nejnížší hodnoty měly skupiny 12 hodin (GSH= $6,9 \pm 0,81$ nmol . mg⁻¹ proteinu) a 8 hodin (GSH= $7,44 \pm 0,69$ nmol . mg⁻¹ proteinu). Tyto skupiny byly statisticky totožné a lišily se od všech ostatních skupin. Naopak nejvyšší hodnoty měly skupiny 20 hodin (GSH= $11,3 \pm 1,1$ nmol . mg⁻¹ proteinu) a 24 hodin (GSH= $12,43 \pm 1,37$ nmol . mg⁻¹ proteinu). Tyto dvě skupiny byly statisticky stejné a lišily se od ostatních skupin. Poslední skupina 16 hodin byla statisticky odlišná od všech ostatních skupin (GSH= $9,28 \pm 0,73$ nmol . mg⁻¹ proteinu). Byl tedy prokázán vliv oxidativního stresu v játrech chovaných ryb při prodlužující se fotoperiodě. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 30.

Tab. 30 Stanovené hodnoty γ -glutamylcysteinylglycinu (GSH) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

	GSH (nmol GSH . mg ⁻¹ proteinu)		
Skupina↓	MOZEK	ŽÁBRY	JÁTRA *
8hodin	7,41 ± 0,98 a	2,44 ± 0,51 a	7,44 ± 0,69 a
12hodin	7,20 ± 0,58 a	2,25 ± 0,62 a	6,90 ± 0,81 a
16hodin	6,64 ± 1,26 a	2,04 ± 0,65 a	9,28 ± 0,73 b
20hodin	6,13 ± 1,03 a	2,22 ± 0,69 a	11,30 ± 1,10 c
24hodin	5,94 ± 0,41 a	2,54 ± 0,69 a	12,43 ± 1,37 c
test	F(4,25)= 2,5089	F(4,25)= 0,46720	F(4,25)= 29,967
p	p= 0,06742	p= 0,75919	p= 0,0000
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	2,00 ± 0,41 a	1,80 ± 0,49 a	5,77 ± 0,45 a
12hodin	1,83 ± 0,56 a	1,70 ± 0,23 a	5,62 ± 0,52 a
16hodin	1,82 ± 0,33 a	1,75 ± 0,41 a	5,59 ± 0,67 a
20hodin	1,88 ± 0,40 a	1,54 ± 0,38 a	5,81 ± 0,91 a
24hodin	2,05 ± 0,30 a	1,67 ± 0,34 a	5,32 ± 1,45 a
test	F(4,25)= 0,32560	F(4,25)= 0,32011	F(4,25)= 0,23863
p	p= 0,85811	p= 0,86180	p= 0,91381

Hodnoty glutathion-S-transferázy (GST) se statisticky lišily v mozku a játrech. V jiných orgánech nebyla statistická rozdílnost skupin prokázána. V mozku měly nejnižší hodnoty skupiny 8 hodin (GST= $1,76 \pm 0,6$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu) a skupina 12 hodin (GST= $1,91 \pm 0,44$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu), které se statisticky nelišily. Nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (GST = $4,25 \pm 0,51$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu), která se ovšem statisticky nelišila od skupiny 16 hodin (GST= $3,32 \pm 0,67$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu) a 20 hodin (GST= $3,75 \pm 0,47$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu). V játrech měla nejnižší hodnotu také skupina 8 hodin (GST= $5,09 \pm 0,72$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu), která se statisticky nelišila od skupiny 12 hodin (GST= $5,76 \pm 0,5$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu), ale od ostatních skupin se statisticky lišila. Nejvyšší hodnotu měla skupina 24 hodin (GST = $7,33 \pm 0,9$ nmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu). Díky těmto hodnotám byl tedy prokázán vliv oxidativního stresu v mozku a játrech na odchovávaných ryb při prodlužující se fotoperiodě. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 31.

Tab. 31 Stanovené hodnoty glutathion-S-transferázy (GST) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

	GST (nmol . min ⁻¹ . mg ⁻¹ proteinu)		
Skupina↓	MOZEK *	ŽÁBRY	JÁTRA *
8hodin	$1,76 \pm 0,60$ a	$1,83 \pm 0,80$ a	$5,09 \pm 0,72$ a
12hodin	$1,91 \pm 0,44$ a	$1,80 \pm 0,28$ a	$5,76 \pm 0,50$ ab
16hodin	$3,32 \pm 0,67$ b	$1,85 \pm 0,41$ a	$6,06 \pm 0,71$ b
20hodin	$3,75 \pm 0,47$ b	$1,85 \pm 0,94$ a	$7,26 \pm 0,67$ bc
24hodin	$4,25 \pm 0,51$ b	$1,80 \pm 0,49$ a	$7,33 \pm 0,90$ bc
test	F(4,25)= 20,991	F(4,25)= 0,00682	F(4,25)= 9,3006
p	p= 0,0000	p= 0,9999	p= 0,00010
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	$1,49 \pm 0,37$ a	$0,16 \pm 0,06$ a	$2,72 \pm 0,39$ a
12hodin	$1,90 \pm 0,46$ a	$0,17 \pm 0,07$ a	$2,40 \pm 0,25$ a
16hodin	$1,95 \pm 0,40$ a	$0,16 \pm 0,06$ a	$2,58 \pm 0,66$ a
20hodin	$1,98 \pm 0,41$ a	$0,16 \pm 0,06$ a	$2,83 \pm 0,73$ a
24hodin	$1,66 \pm 0,39$ a	$0,17 \pm 0,05$ a	$2,92 \pm 0,48$ a
test	F(4,25)= 1,3591	F(4,25)= 0,04311	F(4,25)= 0,74903
p	p= 0,27632	p= 0,99624	p= 0,56797

Hodnoty katalázy (CAT) nebyly statisticky odlišné v žádné odebrané tkáni. V žádné tkáni nebyla zaznamenána změna hodnot v souvislosti s prodlužující se fotoperiodou. V mozku měla nejvyšší hodnotu skupina 20 hodin (CAT= 0,61 ± 0,21 $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu), která však měla vysokou směrodatnou odchylku a od ostatních skupin se nelišila. V žábrech měla nejvyšší hodnotu skupina 24 hodin (CAT= 0,27 ± 0,28 $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu), která však měla také nejvyšší směrodatnou odchylku a od ostatních skupin se také nelišila. V játrech měla nejvyšší hodnotu skupina 8 hodin (CAT= 2,59 ± 0,87 $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu) a nejnižší hodnotu měla skupina 12 hodin (CAT= 2,05 ± 0,71 $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu). Zvýšené hodnoty skupiny 8 hodin souvisejí spíše s rychlejším růstem ryb. Ve střevě měla nejnižší hodnotu katalázy skupina 8 hodin (CAT= 0,47 ± 0,18 $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu). Ostatní skupiny měly hodnotu zvýšenou, což ale nebylo statisticky průkazné. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 32.

Tab. 32 Stanovené hodnoty katalázy (CAT) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

	CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteinu)		
Skupina↓	MOZEK	ŽÁBRY	JÁTRA
8hodin	0,51 ± 0,17 a	0,23 ± 0,07 a	2,59 ± 0,87 a
12hodin	0,46 ± 0,23 a	0,20 ± 0,05 a	2,05 ± 0,71 a
16hodin	0,47 ± 0,14 a	0,21 ± 0,07 a	2,23 ± 0,67 a
20hodin	0,61 ± 0,21 a	0,22 ± 0,12 a	2,46 ± 0,40 a
24hodin	0,44 ± 0,23 a	0,27 ± 0,28 a	2,31 ± 0,41 a
test	F(4,25)= 0,57378	F(4,25)= 0,20287	F(4,25)= 0,52593
p	p= 0,68418	p= 0,93420	p= 0,71763
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	0,15 ± 0,10 a	0,47 ± 0,18 a	0,43 ± 0,10 a
12hodin	0,19 ± 0,09 a	0,53 ± 0,15 a	0,49 ± 0,13 a
16hodin	0,17 ± 0,05 a	0,54 ± 0,08 a	0,56 ± 0,21 a
20hodin	0,19 ± 0,05 a	0,52 ± 0,07 a	0,55 ± 0,13 a
24hodin	0,21 ± 0,07 a	0,52 ± 0,19 a	0,40 ± 0,1 a
test	F(4,25)= 0,37465	F(4,25)= 0,18847	F(4,25)= 1,2455
p	p= 0,82448	p= 0,94219	p= 0,31742

Hodnoty glutathionperoxidázy (GPx) nebyly statisticky odlišné v žádné odebrané tkáni. V žádné tkáni nebyla zaznamenána změna hodnot v souvislosti s prodlužující se fotoperiodou. V játrech měla nejnižší hodnotu skupina 8 hodin (GPx= 5,08 ± 0,68 mU . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 12 hodin (GPx= 5,80 ± 0,43 mU . mg⁻¹ proteinu). Statistický rozdíl nebyl prokázán. Ve střevě měla nejnižší hodnotu skupina 8 hodin (GPx= 1,13 ± 0,11 mU . mg⁻¹ proteinu) a nejvyšší hodnotu měla skupina 12 hodin (GPx= 1,64 ± 0,42 mU . mg⁻¹ proteinu). Ani zde však nebyl statistický rozdíl. Zvýšení hodnot bylo způsobené spíše rozdílným růstem ryb než prodlužující se fotoperiodou. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 33.

Tab. 33 Stanovené hodnoty glutathionperoxidázy (GPx) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

	GPx (mU . mg ⁻¹ proteinu)		
Skupina↓	MOZEK	ŽÁBRY	JÁTRA
8hodin	1,58 ± 0,22 a	6,19 ± 1,43 a	5,08 ± 0,68 a
12hodin	1,86 ± 0,38 a	5,97 ± 0,62 a	5,80 ± 0,43 a
16hodin	2,05 ± 0,50 a	6,03 ± 1,00 a	5,38 ± 0,67 a
20hodin	1,91 ± 0,24 a	6,34 ± 1,07 a	5,28 ± 0,85 a
24hodin	1,87 ± 0,46 a	6,45 ± 1,01 a	5,29 ± 0,91 a
test	F(4,25)= 1,0246	F(4,25)=0,18798	F(4,25)= 0,67119
p	p= 0,41389	p= 0,94245	p= 0,61811
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	1,93 ± 0,37 a	1,13 ± 0,11 a	2,82 ± 0,45 a
12hodin	1,79 ± 0,17 a	1,64 ± 0,42 a	2,76 ± 0,26 a
16hodin	1,72 ± 0,46 a	1,53 ± 0,50 a	2,68 ± 0,35 a
20hodin	1,91 ± 0,25 a	1,24 ± 0,36 a	2,88 ± 0,30 a
24hodin	1,97 ± 0,34 a	1,22 ± 0,37 a	2,93 ± 0,24 a
test	F(4,25)= 0,50330	F(4,25)= 1,7343	F(4,25)=0,44903
p	p= 0,73361	p= 0,17398	p= 0,77209

Hodnoty glutathionreduktázy (GR) nebyly statisticky odlišné v žádné odebrané tkáni mezi rybami z jednotlivých skupin. V žádné tkáni nebyla zaznamenána změna hodnot v souvislosti s prodlužující se fotoperiodou. V mozku měly nejnižší hodnoty skupiny 8 hodin (GR= $0,29 \pm 0,06$ mmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu) a skupina 24 hodin (GR= $0,3 \pm 0,07$ mmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu) s nejmenšími směrodatnými odchylkami. Rozdíl ovšem nebyl statisticky průkazný. V játrech měla zvýšenou hodnotu skupina 20 hodin (GR= $0,22 \pm 0,35$ mmol . min⁻¹ . mg⁻¹ proteinu), která ale měla vysokou směrodatnou odchylku a rozdíl nebyl statisticky průkazný. Ostatní skupiny měly hodnotu zvýšenou, což ale nebylo statisticky průkazné. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 34.

Tab. 34 Stanovené hodnoty glutathionreduktázy (GR) v závislosti na různé fotoperiodě při intenzivním odchovu okounka pstruhového v RAS.

GR (nmol NADPH . min ⁻¹ . mg ⁻¹ proteinu)			
Skupina↓	MOZEK	ŽÁBRY	JÁTRA
8hodin	0,29 ± 0,06 a	0,30 ± 0,10 a	0,11 ± 0,07 a
12hodin	0,38 ± 0,16 a	0,22 ± 0,05 a	0,13 ± 0,06 a
16hodin	0,50 ± 0,16 a	0,27 ± 0,08 a	0,11 ± 0,02 a
20hodin	0,46 ± 0,26 a	0,24 ± 0,08 a	0,22 ± 0,35 a
24hodin	0,30 ± 0,07 a	0,25 ± 0,07 a	0,11 ± 0,06 a
test	F(4,25)= 1,8247	F(4,25)= 0,60189	F(4,25)= 0,39892
p	p= 0,15560	p= 0,66479	p= 0,80750
Skupina↓	SVALOVINA	STŘEVO	LEDVINY
8hodin	0,21 ± 0,08 a	0,16 ± 0,13 a	0,35 ± 0,07 a
12hodin	0,20 ± 0,05 a	0,16 ± 0,06 a	0,36 ± 0,11 a
16hodin	0,23 ± 0,09 a	0,15 ± 0,08 a	0,36 ± 0,08 a
20hodin	0,25 ± 0,07 a	0,16 ± 0,08 a	0,38 ± 0,11 a
24hodin	0,23 ± 0,06 a	0,14 ± 0,07 a	0,34 ± 0,06 a
test	F(4,25)= 0,47290	F(4,25)= 0,05133	F(4,25)= 0,14430
p	p= 0,75515	p= 0,99474	p= 0,96384

5 DISKUZE

O chovu okounka pstruhového v intenzivních podmínkách bylo napsáno poměrně málo článků. Ohledně vlivu fotoperiody na jeho chov ještě méně. Petit (2001) ve svém experimentu zjistil, že s prodlužující se fotoperiodou stoupá aktivita okounka pstruhového. Následoval další experiment, kdy Petit a kol. (2003) zkoumali vliv fotoperiody na růst okounka pstruhového. Experiment byl realizován v laboratorních podmínkách. Okounek byl odchováán v akváriích o objemu 15 litrů. Byl zde použit plůdek okounka pstruhového o hmotnosti 3,5g. Hustota obsádky byla 3,5 kg . m⁻³. Teplota vody byla 20 ± 2 °C. Experiment obsahoval pouze dva režimy osvětlení a to 12 a 24 hodin denně se třemi opakováními. Ryby byly krmeny ručně jednou denně 2 hodiny po rozsvícení světla v množství 2 % aktuální biomasy. Během experimentu bylo odstraňováno nespoteřované krmivo. Výsledkem experimentu bylo, že plůdek chovaný při fotoperiodě 24 hodin roste rychleji než při 12 hodinách. Důvodem však byl vyšší příjem krmiva, protože skupina 12 hodin měla velký podíl nespoteřovaného krmiva (22,02 ± 9,9 %).

Prodloužením fotoperiody u lososovitých ryb dochází k výraznému zrychlení růstu a inhibici vývoje gonád oproti přirozené fotoperiodě (Noori a kol., 2015). U sivena amerického (*Salvenilus fontinalis*) dochází během 28 týdnů při prodloužení fotoperiody ke zvýšení růstu, snížení gonadosomatického indexu a ke snížení agresivity chovaných ryb. Vliv světelného režimu na hodnoty gonadosomatického indexu u okounka pstruhového nebyl statisticky potvrzen touto diplomovou prací. Pravděpodobně v případě dlouhodobějšího testu by mohl být zaznamenán prokazatelnější rozdíl.

Vliv osvětlení na růstové vlastnosti a stres okounovitých ryb už byl prokázán v několika člancích. Jourdan a kol. (2000) zjistili, že prodloužení fotoperiody u okouna říčního má pozitivní vliv na příjem krmiva a rychlost růstu.

V této práci věnující se chovu okounka pstruhového při rozdílné fotoperiodě se vliv fotoperiody na růst a příjem krmiva prokázal také. Jako nejlepší se ukázal osmihodinový světelný režim. Jako nejméně vhodná se ukázal světelný režim 12 hodin světla a 12 hodin tmy.

Dále je také třeba provést další experimenty na intenzitu světla a na jeho barevné spektrum. Tyto faktory jsou často opomíjené, ale mohou mít vliv na efektivitu chovu. U některých příbuzných ryb byly tyto experimenty již provedeny. Fotoperioda, světelný

režim a barevné spektrum významně ovlivňuje růst a přežití například larev mořského okouna (*Dicentrarchus labrax*) (Villamizar a kol., 2009). Luchyari a kol. (2006) zjistili, že juvenilní candáti obecní preferují během odchovu nízkou intenzitu světla. Během odchovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) fotoperioda ovlivňuje fyziologii a stres (Baekelandt a kol., 2019). U okouna říčního se jako nejméně rušivé jeví modré světlo ve velmi nízkých intenzitách. Bílé světlo bylo ve všech intenzitách velmi rušivé (Brüning a kol., 2016). Je ovšem otázkou, jestli by nízká intenzita během odchovu okounka pstruhového světla neovlivnila příjem potravy. Bílé osvětlení 115 - 130 luxů se jevílo velmi dobré a chované ryby velmi ochotně přijímaly krmivo. Experiment na intenzitu světla a jeho barevné spektrum by mohl v budoucnu zefektivnit chov okounka pstruhového v RAS.

Podle Tidwella a kol. (1998) nemá hustota obsádky v rybnících význaný vliv na růst chovaných ryb. Pozdější testy ukázaly, že tento parametr mít může vliv na produktivitu v recirkulačním akvakulturním systému. Watts a kol. (2016) ve svém experimentu zjistili, že pokud jsou ryby chovány v příliš husté obsádce, zvyšuje se tím jejich agresivita, což má za následek nižší přežití. V této práci byla nejvyšší hustota obsádky 10,2 kg · m⁻³, která měla přežití 90,7 %. Hustota obsádky 5,1 kg · m⁻³ měla přežití 98,7 %. Park a kol. (2015) zkoumaly vliv hustoty obsádky 15, 20, 25, 30, 35 a 40 kg · m⁻³ a dosáhly přežití 95 - 96,8 %. Během experimentu této diplomové práce byly experimentální juvenilní ryby chovány při hustotě 20,6 kg · m⁻³ na začátku experimentu až na konečnou hustotu 33,7 - 41,6 kg · m⁻³. U všech chovaných experimentálních skupin se přežití pohybovalo na excelentní úrovni 99,4 - 100 %. Z doložených výsledků je patrné, že správná hustota obsádky je závislá na více faktorech. Zajímavým poznatek bylo, že okounek pstruhový roste při nižších hustotách obsádky mnohem vyrovnaněji co se týče hmotnosti a délky. Při optimalizaci podmínek pro chov by se okounek pstruhový mohl chovat v hustotách 100 - 120 kg · m⁻³ (Park a kol., 2015).

Vlivem různé fotoperiody na koeficient konverze krmiva se doposud zabývalo pouze pár autorů. V experimentech Petita (2001) a Petita a kol. (2003), které se věnují mimo jiné i vlivu fotoperiody, byly použity příliš malé ryby o hmotnosti 3,5 g a teplota vody byla nízká (20 °C). Proto do následující tabulky nebyly zahrnuty. Pro porovnání výsledků můžou sloužit dvě studie, ve kterých byl odchováván okounek za jiným

účelem, ale s podobnými podmínkami a hmotností nasazených ryb. Jsou to experimenty Tidwella a kol. (2003) a Courseyho a kol. (2013). Výsledky jsou zobrazeny v Tab. 35.

Tab. 35 Tabulka porovnávací výsledky různých autorů, kteří zkoumali růst okounka pstruhového v RAS

Parametry	Tidwell a kol. (2003)	Coursey a kol. (2013)	Boňko (2019)
Hmotnost plůdku (g)	9,1 ± 1,9	16 ± 0,5	33,22 ± 4,68
Teplota vody (°C)	26	23	24,7
FCR	1	1,3 - 2,21	0,94 - 1,16
SGR (% . den ⁻¹)	2	nehodnoceno	0,49 - 0,6
Přežití (%)	97,7	83 - 98	99,4 - 100

Při srovnání jsem ve svém experimentu dosáhl nejvyššího přežití a nejnižšího FCR vůbec. Poměrně nízké SGR v porovnání s Tidwellem a kol. (2003) mohlo být způsobené nízkou krmnou dávkou nebo vysokou příbuzností chovaných ryb. V případě optimalizace techniky krmení a přesně stanovené vyšší krmné dávky by mohl okounek pstruhový předčít jiné chované okounovité ryby a stát se tak velmi atraktivní chovanou rybou v recirkulačních akvakulturních systémech. Podle Lewise a kol. (1974) je okounek pstruhový schopný zkonsumovat 3 - 9 % své hmotnosti denně.

Moje osobní zkušenost s okounkem pstruhovým ve volných vodách pochází z jedné štěrkovny na Jižní Moravě. Je zde velmi čistá voda a okounci zde mají dobré podmínky pro růst. Dosahují zde velkých rozměrů a postupem času jsem měl možnost zpozorovat několik faktorů jejich chování ve volných vodách. Byl zpozorován i přirozený výtěr. Jsou často viděni v párech nebo malých skupinkách. Jejich potravní aktivita je závislá na denní době a je velmi krátká. Jen málo kdy se vidí, aby okounek lovil více než půl hodiny. V letním období je aktivní v ranních a podvečerních hodinách. Na jaře a na podzim, kdy okounek nemá ideální teplotu vody se krmí jednou denně. Není to tedy kontinuální lovec a je schopný najednou pozřít velké množství potravy. Tento fakt byl ověřen při sportovním rybolovu, kdy bylo na prut uloveno několik kusů během jejich krátké potravní aktivity. Tyto ryby měly tak plná břicha, že dokonce během zdolávání vyvrhly část obsahu žaludku. Tento poznatek může vést k myšlence dalšího experimentu, kdy by bylo rybám v podmínkách recirkulačního akvakulturního systému předkládáno krmivo ve větších dávkách 2 až 3 krát denně ve množství 3 % biomasy

nebo i více. V experimentu této diplomové práce byly experimentální ryby schopny najednou pozřít celou 1 % krmnou dávku (zvláště ryby ze skupiny 8 hodin).

Někteří autoři se také zabývali vlivem různých faktorů na somatické indexy. Nejvíce zmiňovaný je vliv teploty vody na hepatosomatický a liposomatický index. Přímým vlivem fotoperiody na somatické indexy se ovšem nikdo nezabýval. Heidinger a Crawford (1977) tvrdí, že se zvyšující se teplotou se snižuje hepatosomatický index (HSI) u okounka pstruhového. Tidwell a kol. (2003) při svém experimentu zjistili totéž, výsledky však byly statisticky neprůkazné. Coursey a kol. (2013) dosáhly ve svém experimentu $HSI = 1,67 - 2,2$. Tento experiment byl zaměřen na vliv nahrazení rybí moučky a rybího oleje drůbežími produkty. Výsledky však opět nebyly statisticky průkazné.

Keembiyehetty a Wilson (1998) zjistili, že u produkčního křížence mořčáka stříbřitého (*Morone chrysops*) a mořčáka pruhovaného (*Morone saxatilis*) se při stoupající teplotě zvyšuje ukládání viscerálního tuku (26.7 a 32.2 C), což je způsobené nižším výdajem energie při vyšších teplotách. Morris a kol. (1999) udávají ideální teplotu pro chov produkčního křížence mořčáka stříbřitého a mořčáka pruhovaného 25 - 27 °C.

Podle Tidwella a kol. (2003) se obsah viscerálního tuku u okounka pstruhového se stoupající teplotou vody snižuje a zvyšuje se obsah tuku v játrech. Celkový obsah tuku se se stoupající teplotou snižuje. Okounek pstruhový tedy vykazuje opačný trend než některé jiné chované okounovité ryby.

Tento experiment na rozdílnou fotoperiodu statisticky prokázal, že na procentický podíl jater (HSI) nemá fotoperioda vliv, ale rozhoduje spíše kondiční stav a hmotnost odchovávaných ryb. $HSI = 0,68 - 1,35$ přímo koreloval s průměrnými individuálními hmotnostmi ryb. Dá se tedy předpokládat, že na HSI má vliv především hmotnost ryb a jejich zdravotní stav. Tato práce dále naznačila, že fotoperioda nemá vliv na procentický podíl perviscelárního tuku, podíl stoupá se rostoucí hmotností a kondičním stavem chovaných ryb. Na procentický podíl pohlavních orgánů (GSI) má větší vliv hmotnost a kondice chovaných ryb než rozdílná fotoperioda. Dalším vlivem na všechny zmíněné hodnoty může být i přítomnost "nadřazených" jedinců, kteří zaujímají přední místo v hierarchii v nádrži. Tito jedinci bývají větší než ostatní jedinci a mohou mít více vyvinuté pohlavní orgány.

Pokus Hanzlíka (2018) na polykulturní obsádce okounka pstruhového a candáta obecného naznačil možné využití okounka pstruhového jako doplňkové ryby do stávajících intenzivních chovů candáta obecného. Tento způsob společného chovu při teplotě vody 22,5 °C vyhovuje spíše candátovi a neposkytuje okounkovi pstruhovému ideální podmínky pro růst. Při zvýšení teploty vody na 25°C hrozí nižší přežití a horší zdravotní stav candátů. Teplotní optimum pro chov candáta obecného v RAS je 22 až 23 °C (Policar a kol., 2014). Ideální teplotou vody pro intenzivní chov okounka pstruhového je 26 až 28,1 °C (Tidwell a kol., 2003; Díaz a kol., 2007). Při nižší teplotě se u okounka pstruhového snižuje rychlost růstu (Tidwell a kol., 2003). Během experimentu s různou fotoperiodou byla průměrná teplota vody 24,6 °C. Můžeme se domnívat, že zvýšením teploty vody o 2 až 3 °C se dá dosáhnout ještě lepších produkčních výsledků u chovaných experimentálních ryb.

Tidwell a kol. (2003) zjistili, že při stoupající teplotě stoupá u okounka pstruhového agresivita ryb a stres. Tato práce prokázala, že při prodlužující se fotoperiodě také stoupá stres ryb, ale nebyla zaznamenána rostoucí agresivita chovaných ryb. Ryby byly ve všech nádržích klidné a bez problémů snášely všechny nezbytené manipulace. Na krmení reagovaly povyjetím k hladině. Jejich chování bylo spíše skupinové než individuální, ale ve všech nádržích se nacházely nadprůměrné ryby, které se protlačily blíž k hladině a krmily se jako první. Avšak po nakrmení se tyto ryby klesaly do sloupce a uvolnily místo pro menší kusy. Dalo by se také uvažovat o použití pomalu klesajícího krmiva, které se používá pro krmení opatrných druhů ryb.

6 ZÁVĚR

Prokázalo se, že různá fotoperioda během odchovu juvenilního okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v recirkulačním akvakulturním systému má průkazný vliv na některé produkční, biochemické a stresové ukazatele.

Jako nejvýhodnější se ukázala fotoperioda 8 hodin světla a 16 hodin tmy. Tato skupina měla statisticky nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost. Dále měla nejvyšší konverzi krmiva a nejvyšší rychlost růstu. Díky krátké fotoperiodě měla tato skupina nejnižší hodnoty některých biochemických parametrů krevní plazmy indikující nižší stres a nejnižší parametry oxidativního stresu. Nejkratší doba osvětlení je také nejvýhodnější z energetického hlediska ryb, jelikož experimentální ryby z této skupiny měly největší zásobu tělního tuku.

Osmihodinová doba osvětlení přináší dále výhodu úspory elektrické energie v dlouhodobém provozu produkčního recirkulačního akvakulturního systému.

Jako nejméně vhodná se ukázala fotoperioda 12 hodin světla a 12 hodin tmy, která měla nejhorší produkční ukazatele. Nejvíce stresovaná byla skupina s kontinuálním osvětlením.

Vysoké přežití experimentálních ryb svědčí o možnostech bezproblémového chovu okounka pstruhového při hustotě obsádky $41,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Minimální mortalita intenzivně odchovávaného okounka pstruhového značí o tom, že se jedná o velmi odolnou rybu, která se skvěle hodí do recirkulačního akvakulturního systému. Okounek pstruhový může být považován za nový potenciálně vhodný produkční druh určený pro českou intenzivní akvakulturu.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Aebi, H., 1984. Catalase In vitro. *Meth. Enzymol.* 105, pp. 121 – 126.
- Bade, E., 1902. Die mitteleuropäischen Süßwasserfische. Bd. II. Berlin, 176 pp.
- Baekelandt, S., Mandiki, S.N.M., Schmitz, M., Kestemont, P., 2019. Influence of the light spectrum on the daily rhythms of stress and humoral innate immune markers in pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture*, 499, pp. 358 – 363.
- Barton, B.A., Iwama, G.K., 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Ann. Rev. Fish. Dis.*, 1, pp. 3 – 26.
- Baruš, V., Oliva, O., 1995. *Mihulovci a ryby 2*. Academia Praha, 698 s.
- Ball, I.R., 1967. The relative susceptibilities of some species of freshwater fish to poisons - I. Ammonia. *Wat. Res.*, 1, pp. 767 – 775.
- Bearnish, F. W. H., 1970. Oxygen consumption of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in relation to swimming speed and temperature. *Can. J. Zool.*, 48(6), pp. 1221 – 1228.
- Bearnish, F. W. H., 1972. Ration, size and digestion in largemouth bass, *Micropterus salmoides* Lacepede. *Can. J. Zool.*, 50(2), pp. 153 – 164.
- Berka, R., 1981. Okounek pstruhový jako perspektivní ryba. *Bul. VÚRH Vodňany*, s. 53 – 55.
- Bhavan, P.S., Geraldine, P., 2001. Biochemical stress responses in tissues of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* on exposure to endosulfan. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 70, pp. 27 – 41.
- Björnsson, B.T., 1997. The biology of salmon growth hormone: from daylight to dominance. *Fish Physiol. Biochem.*, 17, pp. 9 – 24.
- Bolliet, V., Azzaydi, M., Boujard, T., Effects of Feeding Time on Feed Intake and Growth. In: Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M. (Eds.), *Food Intake in Fish*. Blackwell Science, Oxford, pp. 233 – 249.
- Bondari, K., 2008. Training and Growth of Artificially Fed Largemouth Bass in Culture Tanks. *Aquaculture Research*, 14(3), pp. 145 – 149.
- Borg, B. 1994. Androgens in teleost fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 109C, pp. 219 – 245.
- Borne, M., 1888. *Der Schwarzbarsch und der Forellenbarsch, zwei americanische Fische in Deutschland*. G. Neumann, Neudamm, 35 pp.

- Bright, L. A., Coyle, S., Tidwell, J.H., 2005. Effect of Dietary Lipid Level and Protein Energy Ratio on Growth and Body Composition of Largemouth Bass *Micropterus salmoides*. Journal of the World Aquaculture Society 36 (1), pp. 129 – 134.
- Bromage, N., Randall, C., Davies, B., McAndrew, B., 1992. The control of reproduction in salmonid fish. Icelandic Agricultural Sciences 6, pp. 11 – 23.
- Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Torsten, P., Kloas, W., 2015. Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress. The Science of the total environment. 511 (C), pp. 516 – 522.
- Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Kleiner, W., Kloas, W., 2016. Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. The Science of the total environment. 543 (A), pp. 214 – 222.
- Cai, Y., Summerfelt, R., 1992. Effects of temperature and size on oxygen consumption and ammonia excretion by walleye. Aquaculture. 104, pp. 127 – 138.
- Cai, Y., Wermekirchen, J., Adelman, I., R. , 1996. Ammonia excretion rate indicates dietary protein adequacy for fish. The Progressive Fish-Culturist, 58, pp. 124 – 127.
- Carlson, A. R., 1973. Induced Spawning of Largemouth Bass [*Micropterus salmoides* (Lacépède)]. Transactions of the American Fisheries Society, 102 (2), pp. 442 – 444.
- Celik, E. S., 2004. Blood chemistry (electrolytes, lipoprotein and enzymes) values of black scorpion fish (*Scorpaena porcus*) in the Dardanelles. Turkey. J. Biol. Sci., 4(6), pp. 716 – 719.
- Colombo, J. P., 1994. Klinisch-chemische Urindiagnostik. Labofile-Verlagsgemeinschaft, Rotkreuz Schweiz, 153 pp.
- Cooper G.P., 1937. Food habits, rate of growth and cannibalism of young largemouth bass (*Aplites salmoides*) in state-operated ponds in Michigan during 1935. Transactions of the American Fisheries Society. 66, pp. 242 – 266.
- Coursey, A.R., Trushenski, J.T., Kohler, C.C., 2013. Alternative feeding strategies to maximize fish oil and fish meal sparing in largemouth bass culture while maintaining production performance and product value. North American Journal of Aquaculture, 75, pp. 266 – 276.

- Crossman, E. J., 1976. Quetico fishes. ROM, The Quetico Foundation, Toronto. 84 pp.
- Díaz, F., Re, A.D., Gonzáles, R., Sánchez, N., Leyva, G., Valenzuela, F., 2007. Temperature preference and oxygen consumption of the largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacépède) acclimated to different temperatures. *Aquaculture Research*, 38, pp. 1387 – 1394.
- Dubský, K., 1982. Řízená reprodukce okounka pstruhováno. *Živa* 30(3), 118s.
- Dubský, K., Kouřil, J., Skácelová, O., 1982. Výtěr okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a odchov jeho plůdku. *Bul. VÚRH Vodňany*, 2, s. 13 – 25.
- Ewing, J.F., Janero, D.R., 1995. Microplate superoxide dismutase assay employing a nonenzymatic superoxide generator. *Anal. Biochem.* 8, pp. 232 – 243.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. *Obecné rybářství*, Praha, 299 s.
- FAO, 2018. Fishery and Aquaculture Statistic. Global production by production source 1950 – 2016 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2018. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- Fiers, W., Beyaert, R., Declercq, W., Vandenabeele, P., 1999. More than one way to die: apoptosis, necrosis and reactive oxygen damage. *Oncogene*. 18, pp. 7719 – 7730.
- Finkel, T., Holbrook, N.J., 2000. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*. 408, pp. 239 – 247.
- Fischgut Primus, 2019. Kontakt. Fischgut Primus - Online Shop Fischlando by Fischgut Primus [online]. Dostupné z: <https://shop.fischgut-primus.de/fische/besatzfische/219/forellenbarsch-ca.-15-cm>
- Flickinger, S.A., Langlois, D.L., 1976. Feeding artificial diets to smallmouth bass and to largemouth bass, Presented at the American Fisheries Society, National Fish Culture Workshop, Springfield, Missouri, 12 pp.
- Folmar, L.C., 1993. Effects of chemical contaminants on blood chemistry of teleost fish: a bibliography and synopsis of selected effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 12, pp. 337 – 375.
- Frank, S., 1962. The biology of the largemouth black bass (*Micropterus salmoides*). *Věst. čs. Společ. zool.*, 26 (3), pp. 240 – 243.
- Frič, A., 1908. *České ryby a jejich cizopasnici*. 2. vyd. vl. nákladem (komise F. Řivnáč). Praha. 78 s.

- Gallardo, M. Á., Sala-Rabanal, M., Ibarz, A., Padrós, F., Blasco, J., Fernández-Borràs, J., Sánchez, J., 2003. Functional alterations associated with “winter syndrome” in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 223(1), pp. 15 – 27.
- Guo, J.L., Zhou, Y.L., Zhao, H., Chen, W.Y., Chen, Y.J., Lin, S.M. 2019. Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and oxidative status of largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*, 506, pp. 394 – 400.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., 2000. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press, Oxford, 888 pp.
- Hanzlík, P., 2018. *Adaptace a intenzivní chov okounka pstruhového (Micropterus salmoides) v porovnání s intenzivním chovem candáta obecného (Sander lucioperca)*. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 66 s.
- Heidinger, R.C., 1976. Synopsis of biological data on the largemouth bass *Micropterus salmoides* Lacépede, 1802. *FAO Fisheries Synopsis*, č. 115. 85 pp.
- Heidinger, R. C., Crawford, S. D., 1977. Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34, pp. 633 – 638.
- Heidinger, R. C., 2000. A white paper on the status and needs of largemouth bass culture in the north central region. North Central Regional Aquaculture Center, 11 pp.
- Hofmanová, J., Machala, M., Kozubík, A., 2000. Epigenetic mechanisms of the carcinogenic effects of xenobiotics and in vitro methods of their detection. *Folia Biol.* 46, pp. 165 – 173.
- Huang, D., Wu, Y., Lin, Y., Chen, J., Karrow, N., Ren, X., Wang, Y., 2017. Dietary protein and lipid requirements for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48, pp. 782 – 790.
- Hubbs, C. L., Lagler, K. F., 1958. *Fishes of the Great Lakes region*. 2. vyd., Cranbrook Inst. Sci., Bull. 26, 213 s.
- Hwang C., Sinsky A. J., Lodish H.F., 1992. Oxidized redox state of glutathione in the endoplasmic reticulum. *Science* 257, pp. 1496 – 1502.
- Jansen, H., Fontaine, P., 2008. Recent improvements in the control of the percid reproductive cycle. In: Fontaine, P, Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds),

- Percid Fish Culture - From Research to Production, Proceeding of abstracts and short communications of the workshop, Namur, Belgium, pp. 19 – 22.
- Jindra, A., Kovacs, P., Psenak, M., Sipal, Z., 1995. Biochémiá. Molekulárnobiologické a farmaceutické aspekty. Osveta n.p., Martin., s. 13 – 19.
- Johnsson, J.I., Björnsson, B.T., 1994. Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*). Anim. Behav., 48, pp. 177 – 186.
- Jourdan, S., Fontaine, P., Boujard, T., Vandeloise, J., Gardeur, J. N., Anthouard, M., Kestemont, P., 2000. Influence of daylength on growth, heterogeneity, gonad development, sexual steroids and thyroids levels and N and P budgets in *Perca fluviatilis*. Aquaculture. 186, pp. 253 – 265.
- Jung, J., 2016. Optimalizace technologie fotostimulace pro oddálení pohlavní zralosti u sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*). Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav akvakultury, 103 s.
- Kalač, P., Špička, J., 2006. Složení lipidů sladkovodních ryb jejich význam v lidské výživě. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 57s.
- Kaplan, L.A., Pesce, A.J., 1989. Clinical Chemistry. CV Mosby Company, St. Louis, 186 pp.
- Kavka, V., 1977. Okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) na Státním rybářství, odštěpný závod Hluboká nad Vltavou. Čs. rybníkářství, 1977 (1), s. 14 – 15.
- Keembiyehetty, C. N., Wilson, R. P., 1998. Effect of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops* X *Morone saxatilis*) fed diets containing different energy/protein ratios. Aquaculture 166, pp. 151 – 162.
- Kilambi, R.V., Adams, J.C., Wickizer, W.A., 1978. Effect of cage culture on growth, abundance, and survival of resident largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 35, pp. 157 – 160.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, J., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Plačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Elimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L., 2007. Anestetika pro ryby, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Edice metodik č. 77, 19 s.
- Kolářová, J., Velíšek, J., 2012. Stanovení a vyhodnocení biochemického profilu krve ryb. Edice Metodik, VÚRH Vodňany, 135, 56 s.

- Kouřil, J., Klimeš, J., 1999. Rozmnožování a odchov násadového materiálu okounka pstruhového. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Edice metodik č. 60. 9 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Edice metodik č. 87, 40 s.
- Kovacic, P., Pozos, R.S., Somanathan, R., Shangari, R., O'Brien, P.J., 2005. Mechanism of mitochondrial uncouplers, inhibitors, and toxins: focus on electron transfer, free radicals, and structure activity relationships. *Curr. Med. Chem.* 5, pp. 2601 – 2623.
- Kroupová, H., Stejskal, V., Kouřil, J., Máchová, J., Piačková, V., Zusková, E., 2013. A wide difference in susceptibility to nitrite between Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lac.). *Aquaculture International*, 21 (4), pp. 961 – 967
- Laurence, G. C., 1969. The energy expenditure of largemouth bass larvae, *Micropterus salmoides*, during yolk absorption, *Trans. Am. Fish. Soc.*, 98(3), pp. 398 – 405.
- Laurence, G. C., 1971a. Digestion rate of larval largemouth bass. *N.Y. Fish Game Journal*, 18(1), pp. 52 – 56.
- Laurence, G. C., 1971b. Feeding and bioenergetics of largemouth bass larva (*Micropterus salmoides*). Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, 132 pp.
- Laurence, G. C., 1972. Comparative swimming abilities of fed and starved largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *J. Fish. Biol.*, 4(1), pp. 73 – 78.
- LeSueur, C.A., 1822. Descriptions of the five new species of the genus Chichla of Cuvier. *J. Acad. Nat. Sci. Phila.*, (2), pp. 214 – 221.
- Lewis, W. M., Jr. a kol, 1974. Food intake of the largemouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 103(2), pp. 277 – 280.
- Li, Y., Qin, J., Zheng, X., Wang, Y., 2019. Production performance of largemouth bass *Micropterus salmoides* and water quality variation in monoculture, polyculture and integrated culture. *Aquaculture Research*, 50, pp. 423 – 430.

- Livingstone, D., 2001. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 42, pp. 656 – 666.
- Luchyari, A., de Morais Freire, A.F., Koskela, J., Pirhonen, J., 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research*, 37, pp. 1572 –1577.
- Lushchak, V.I., Bagnyukova, T.V., Husák, V.V., Luzhna, L.I., Lushchak, O.V., Storey, K.B., 2005. Hyperoxia results in transient oxidative stress and an adaptive response by antioxidant enzymes in goldfish tissues. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 37, pp. 1670 – 1680.
- Lushchak, V.I., 2011. Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comp. Biochem. Physiol. C.* 153, pp. 175 – 190.
- Ma, H.J., Mou, M.M., Pu, D.CH., Lin, S.M., Chen, Y.J., Luo, L., 2019. Effect of dietary starch level on growth, metabolism enzyme and oxidative status of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*, 498, pp. 482 – 487.
- Masopust, J., 2000. *Clinical biochemistry*. Karolinum Praha, 429 s.
- Melotti, P., Roncarati, A., Dees, A., Vicenzi, R., 2005. Largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lacépède): results of farming trials. *Italian Journal of Animal Science*, 4, pp. 589 – 590.
- Meredith M. J., Reed D. J. 1982. Status of the mitochondrial pool of glutathione in the isolated hepatocyte. *J. Biol. Chem.*, 257, pp. 3747 – 3753.
- Migaud, H., Wang, N., Gardeur, J. N., Fontaine, P., 2006. Influence of photoperiod on reproductive performances in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 252(2-4), pp. 385 – 393.
- Migaud, H., Davie, A., Taylor, J. F., 2010. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *Journal of Fish Biology*, 76, pp. 27-68.
- Molnár, G., Tögl, I., 1962. Relation Between Water Temperature and Gastric Digestion of Largemouth Bass (*Micropterus salmoides* Lacepède). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 19(6), pp. 1005-1012.
- Morris, J.E., Kohler, C.C., Mischke, C.C., 1999. *Pond Culture of Hybrid Striped Bass in the North Central Region*. NCRAC Publication, Iowa State University. 107, 6 pp.

- Musil, J., 1991. Základy biochemie chorobných procesů. Avicenum, Praha, 321 s.
- Nagahama, Y., 1994. Endocrine control of gametogenesis in fish. *The International Journal of Developmental Biology* 38 (2), pp. 217 – 229.
- Noori, A., Amiri, B. M., Mirvaghefi, A., Rafiee, G., Neitali, B. K., 2015. Enhanced growth and retarded gonadal development of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following a long-day photoperiod. *Aquaculture Research*, 46 (10), pp. 2398 – 2406.
- Oliva, O., 1963. Kruhoústí a ryby Čech. Habil. práce, Zool. úst. UK, Praha. 584 s.
- Ozturk-Urek, R., Tarhan, L., 2001. The purification and characterization of superoxide dismutase from chicken liver. *Comp. Biochem. Phys.*, 128, pp. 205 – 212.
- Palachek R. M., Tomasso, J. R., 1984. Toxicity of Nitrite to Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*), Tilapia (*Tilapia aurea*), and Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). Evidence for a Nitrite Exclusion Mechanism. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, pp. 1739 – 1744.
- Park, J., Renukdas, N., Luna, T., Roy, L.A., 2015. The effects of biomass density on size variability and growth performance of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in a semi-closed recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46, pp. 283 – 291.
- Petit, G., 2001. Comportement, croissance et sécrétion hypophysaire de l'hormone de croissance chez le black bass *Micropterus salmoides* en alternance jour/nuit ou en lumière continue. PhD Theses, Université Jean Monnet, Saint-Étienne, France. 199 pp.
- Petit, G., Beauchaud, M., Buisson, B., 2001. Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Research*, 2001, 32, pp. 495 – 497.
- Petit, G., Beauchaud, M., Attia, J., Buisson, B., 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/ dark cycle (12L:12D) or exposed to continuous light. *Aquaculture* 228, pp. 397 – 401.
- 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, FROV JU Vodňany*, 141, 46 s.

- Portz, L., Cyrino, J.E.P., Martino, R.C., 2001. Growth and body composition of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels. *Aquaculture Nutrition*, 7 (4), pp. 247 – 254.
- Pravda, D., Paláčková, J., 1989. Vybrané hematologicko-biochemické parametry pstruha duhového (*Salmo gairdneri* Rich.) v průmyslových chovech ryb. In: Chov lososovitých ryb. Sborník referátů z konference, ČSVTS při VÚRH a SRŠ ve Vodňanech, s. 264 – 267.
- Randall, D. J., Tsui, T. K., 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin* 45 (1-12), pp. 17-23.
- Rypel, A. L. 2009. Climate–growth relationships for largemouth bass *Micropterus salmoides* across three southeastern USA states. *Ecology of Freshwater Fish.*, 18, pp. 620 – 628.
- Řehulka, J., 1997. Haematological parameters in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in cage culture. *Živoč.Výr.* 47, s. 159 – 164.
- Sarbahi, D.S., 1951. Studies of the digestive tracts and the digestive enzymes of the goldfish, *Carassius auratus* (Linnaeus) and the largemouth black bass, *Micropterus salmoides* (Lacepède). *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 100(3), pp. 244 – 257.
- Scott, W. B., Crossman, E. J., 1973. *Freshwater fishes in Canada*. Bull. 184, Fish. Res. Bd. Canada, 966 pp.
- Schneiderka, P., 2004. *Kapitoly z klinické biochemie*. Karolinium, Praha, 365 s.
- Snow, J. R., 1961. Forage fish preference and growth rate of largemouth black bass fingerlings under experimental conditions. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Gane. Fish. Comm.*, 15, pp. 303 – 313.
- Snow, J. R., 1975. Hatchery propagation of the black basses, In *Black bass biology and management, 1975* edited by H. Clepper, Washington, D.C., Sport Fishing Institute, pp. 344 – 356.
- Subhadra, B., Lochmann, R., Rawles, S., Chen, R., 2006. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture*, 255, pp. 210 – 222.
- Sun, L.T., Chen, G.R., Chang, C.F., 1992. The physiological responses of tilapia exposed to low temperatures. *J. Therm. Biol.*, 17, pp. 149 – 153.

- Svobodová, Z., Pravda, D., Paláčková, J., 1991. Unified methods of haematological examination of fish. Methods No. 20, Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodnany, Czech Republic, 31 pp.
- Svobodová, Z., Máchová, J., 2003. Cizorodé látky ve vodním prostředí a problematika sledování jejich účinků. Sb. Referátů z 11. konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí, VÚRH JU Vodňany, Aquachemie Ostrava, s. 275 – 278.
- Svobodová, Z., Pravda, D., Modrá, H., 2012. Methods of haematological examination of fish. Edition of practical handbooks, USB FFPW 122, 38 s.
- Štípek, S., a kol., 2000. Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci. Grada Publishing, Praha, 320 s.
- Taranger, G.L., Haux, C., Hansen, T., Stefansson, S.O., Bjornsson, B.T., Walther, B.T., Kryvi, H., 1999. Mechanisms underlying photoperiodic effects on age at sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture 177, pp. 47 – 60.
- Tidwell, J.H., Webster, C.D., Coyle, S.D., Schulmeister, G., 1998. Effect of stocking density on growth and water quality for largemouth bass *Micropterus salmoides* grow out in ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 29, pp. 79 – 83.
- Tidwell, J. H., Coyle, S. D., Woods, T. A., 2000. Species Profile Largemouth Bass. SRAC Publication. 722: 4 pp.
- Tidwell, J. H., S. D. Coyle, L. A. Bright, A. Van Arnum, and D. Yasharian. 2003. Effect of water temperature on growth, survival, and biochemical composition of largemouth bass *Micropterus salmoides*. Journal of the World Aquaculture Society 34, pp. 175 – 183.
- Trautman, M. B., 1957. The fishes of Ohio. Ohio St. Univ. Press, Baltimore. 683 pp.
- Trojanová, L., 2017. Bioplynové stanice v České republice: nové trendy a regionální specifika. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 116s.
- Velíšek, J., Stará, A., Li, Z. H., Silovská, S., Turek, J., 2011. Comparison of the effects of four anaesthetics on blood biochemical profiles and oxidative stress biomarkers in rainbow trout. Aquaculture, 310 (3), pp. 369 – 375.
- Villamizar, N., García-Alcazar, A., Sánchez- Vázquez, F.J., 2009. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. Aquaculture, 292 (1-2), pp. 80 – 86.

- Wagner, E.J., Bosakowski, T., Intelmann, S., 1997. Combined effects of temperature and high pH on mortality and the stress response of rainbow trout after stocking. *Transact. Am. Fisher. Soc.*, 126, pp. 985 – 998.
- Walmsley, R.N., Watkinson, L.R., Koay, E.S.C., 1992. Cases in chemical pathology – a diagnostic approach. World Scientific, pp. 125 – 136.
- Watts, Ch., Bright, L.A., Coyle, S., Tidwell, J., 2016. Evaluation of Stocking Density during Second-Year Growth of Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*, Raised Indoors in a Recirculating Aquaculture System. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(4), pp. 538 – 542.
- Wiebe, A. H., 1931. Notes on the exposure of several species of fish to sudden changes in the hydrogen concentration of the water and to an atmosphere of pure oxygen. *Trans. Am. Fish. Soc.*, (61), pp. 216 – 224.
- Wright, L.D., 1970. Forage size preference of the largemouth bass, *Prog. Fish - Cult.*, 32(1), pp. 39 – 42.
- Weurtz, S., Schulze, S.G.E., Eberhardt, U., Schulz, C., Schroeder, J. P., 2013. Acute and chronic nitrite toxicity in juvenile pike-perch (*Sander lucioperca*) and its compensation by chloride. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 157(C), pp. 352 – 360.

8 ABSTRAKT

Okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) patří mezi druhy ryb, které nemají v České republice významnou pozici mezi chovanými druhy ryb. Poslední dobou ale přichází do popředí trend budování recirkulačních systémů s oteplenou vodou. Chov v takových podmínkách otevírá možnosti zavedení nových teplomilných druhů ryb mezi které okounek pstruhový rozhodně patří. Obecnými podmiňujícími faktory jeho úspěšného chovu jsou teplota a čistota vody, vhodná krmná směs a správná hustota obsádky.

Tato práce se zabývá dalším faktorem, který se podílí nejen na úspěšnosti chovu, ale i na provozních nákladech systému. Jedná se o vliv fotoperiody během chovu. Během experimentu byly vytvořeno pět experimentálních skupin podle doby svícení (8, 12, 16, 20 a 24 hodin světla denně) se třemi opakováními. Experiment trval 16 týdnů. Průměrná teplota vody byla 24,6 °C. Počáteční hustota obsádky byla u všech nádrží totožná (20,6 kg · m⁻³). Nasazené ryby měly průměrnou hmotnost 32,6 ± 2,1 gramů. Krmná dávka byla stanovena na 1% biomasy denně. Jako krmivo byla použita plovoucí suchá krmná směs Skretting R-2 Europa 15 F o velikosti 2 mm. Krmivo obsahovalo 55 % proteinu a 16 % tuku. Ryby byly krmeny ručně.

Všechny skupiny vykazovaly během experimentu vysoké přežití (99,4 - 100 %). Nejlepších výsledků dosáhla skupina 8 hodin, která měla nejnižší konverzi krmiva (FCR= 0,94 ± 0,06) a nejvyšší rychlost růstu (SWGR= 0,6 ± 0,04 % · den⁻¹). Skupina 8 hodin dále vykazovala nejvyšší průměrnou individuální kusovou hmotnost ryb (W= 64,07 ± 2,82 g). Naopak jako nejhorší se jevila skupina 12 hodin, která měla nejnižší průměrnou individuální hmotnost 57,51 ± 1,51 g, rychlost růstu (SWGR= 0,49 ± 0,04 % · den⁻¹) a nejnižší konverzi krmiva (FCR= 1,16 ± 0,08). Tyto dvě skupiny se ve většině produkčních ukazatelů významně statisticky lišily.

Index perviscerálního tuku rostl společně s biomasou. Čím delší byla fotoperioda, tím vyšší byl obsah amoniaku a laktátu v krevní plazmě. Naopak se snižoval obsah glukózy. Delší fotoperioda také ovlivňovala vyšší tvorbu antioxidantních látek.

Klíčová slova: okounek pstruhový, RAS, fotoperioda, růst, plůdek, přežití

9 ABSTRACT

Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) is one of the species of fish that don't have a significant position among the species of fish bred in Czech Republic. However the trend of building aquaculture recirculation systems with warm water comes to the fore. Breeding in these conditions opens up the possibility of introducing new kinds of thermophilic fish species. Largemouth bass definitely belongs to this group. The general factors of successful breeding of largemouth bass are the temperature and purity of the water, the suitable-composed diet and the correct stocking density.

This work studies another factor that not only participates in the success of the breeding, but also has influence on the energy expenses of the aquaculture system. It is the effect of photoperiod during breeding. Five experimental groups with three repetitions were created according to the time of lighting (8, 12, 16, 20 and 24 hours of light a day). The experiment lasted 16 weeks. The average water temperature was 24,6 °C. The initial stocking density for all tanks was 20.6 kg · m⁻³. Fish had an initial average weight of 32.6 ± 2.1 grams. The feed ration was set up at 1% of biomass per day. As a diet were used a floating dry pellets Skretting R-2 Europa 15 F of 2 mm. The feed contained 55 % protein and 16 % fat. Fish were fed manually by hand.

All groups showed high survival during the experiment (99.4 - 100 %). The best results were achieved by a group of 8 hours with the highest feed conversion (FCR = 0.94 ± 0.06) and the highest growth rate (SWGR = 0.6 ± 0.04 % · day⁻¹). The average individual fish weight of the 8 hour group at the end of the experiment was 64.07 ± 2.82 g. On the other hand, group of 12 hours was the worst with the lowest average individual weight (W= 57.51 ± 1.51 g), growth rate (SWGR = 0.49 ± 0.04 % · day⁻¹) and the lowest feed conversion (FCR = 1.16 ± 0.08). These two groups were significantly different in most production indicators.

The plevisceral fat index grew with biomass. The longer the photoperiod, the higher the plasma and ammonia content of lactate. In contrast, glucose content decreased. A longer photoperiod also influenced the higher production of antioxidants.

Key words: largemouth bass, RAS, photoperiod, growth, juvenil, survival