

长丰鲢与鲢的耗氧率以及窒息点比较研究

罗相忠, 邹桂伟*, 梁宏伟, 沙航, 王丹

中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 武汉

Email: lxz@yfi.ac.cn, *zougw@yfi.ac.cn

收稿日期: 2020年11月19日; 录用日期: 2020年12月8日; 发布日期: 2020年12月15日

摘要

为进一步对长丰鲢的优良性状进行挖掘, 本文开展了长丰鲢和鲢的耗氧率与窒息点的比较研究。结果显示: 在水温 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围内, 体质量80~130 g、体长17.1~21.8 cm的长丰鲢和鲢的平均耗氧率分别为 $0.0875 \text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 和 $0.1251 \text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$; 长丰鲢和鲢耗氧率呈现昼夜节律变化。鲢的平均耗氧率明显高于长丰鲢($P < 0.05$)。水温 $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围, 长丰鲢和鲢的窒息点分别为 $0.21 \text{ mg}/\text{L}$ 和 $0.27 \text{ mg}/\text{L}$, 长丰鲢的窒息点明显低于鲢($P < 0.05$)。并分析了它们的耗氧率的昼夜变化规律以及窒息点的差异原因, 讨论了长丰鲢耗氧率与窒息点低于鲢的可能性原因。

关键词

长丰鲢, 鲢, 耗氧率, 窒息点

Studies on the Oxygen Consumption Rate and Asphyxiant Point of Changfeng Silver Carp and Silver Carp

Xiangzhong Luo, Guiwei Zou*, Hongwei Liang, Hang Sha, Dan Wang

Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan Hubei

Email: lxz@yfi.ac.cn, *zougw@yfi.ac.cn

Received: Nov. 19th, 2020; accepted: Dec. 8th, 2020; published: Dec. 15th, 2020

*通讯作者。

文章引用: 罗相忠, 邹桂伟, 梁宏伟, 沙航, 王丹. 长丰鲢与鲢的耗氧率以及窒息点比较研究[J]. 海洋科学前沿, 2020, 7(4): 182-187. DOI: 10.12677/ojfr.2020.74026

Abstract

In order to further excavate the fine characteristics of Changfeng silver car, the oxygen consumption rate and asphyxiant point of Changfeng silver carp and silver carp were studied preliminarily. The results showed that oxygen consumption rates of Changfeng silver carp and silver carp were 0.0875, 0.1251.5 mg/(g·h) (the water temperature was 25°C ± 0.5°C; fish bodylength was 17.1 - 21.8 cm; and body weight was 80 - 130 g) and there were an apparent difference on the oxygen consumptions of Changfeng carp and silver carp during the day and night. The average oxygen consumption rate of silver carp was significantly higher than that of Changfeng silver carp ($P < 0.05$). The suffocation points of Changfeng silver carp and silver carp were 0.21, and 0.27 mg/L (the average water temperature was 22.5°C ± 0.5°C). The suffocation point of Changfeng silver carp was significantly lower than that of silver carp ($P < 0.05$). The diurnal variation of oxygen consumption rate and the reasons for the difference of asphyxiation point were analyzed for Changfeng silver carp and silver carp. The possible reasons why oxygen consumption rate and asphyxiation point of Changfeng silver carp is lower than silver carp were also discussed.

Keywords

Changfeng Silver Carp, Silver Carp, Oxygen Consumption Rate, Asphyxiant Point

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长丰鲢是中国水产科学研究院长江水产研究所自 1987 年开始采用人工雌核发育、群选群育和分子标记辅助选择等技术方法历经 20 余年培育而成的鲢新品种, 该新品种 2010 年通过全国水产原种和良种审定委员会审定(证书编号: GS-01-001-2010), 成为中国“四大家鱼”第一个水产新品种[1] [2], 连续多年被列入国家农业农村部重点推广水产新品种之一, 已推广至全国 27 个省、市、自治区进行增、养殖, 产生了显著的经济、社会与生态效益。长丰鲢是由长江野生鲢性成熟群体中选择个体大、体质健壮的雌性鲢为母本, 用遗传灭活的兴国红鲤精子作激活源, 采用极体雌核发育方法, 人工诱导鲢异源雌核发育技术获得 F1 代, F1 代鱼苗培育至性成熟, 经选择进行第二次雌核发育, 并利用后代个体中出现的少量雄性个体构建出同型雌核发育后代的性别平衡群体, 结合分子标记辅助选择, 最终经连续 2 代雌核发育和 2 代群体选育成功培育出的具有生长快、体型好的长丰鲢新品种[2] [3]。为深入挖掘长丰鲢的优良性状, 更好地推广利用该水产新品种, 为水产养殖业的绿色、健康发展服务, 对其耐低氧性能进行剖析具有重要的意义。众所周知, 溶解氧和水温是水产动物养殖生产中至关重要的环境因子, 不同水温条件下鱼类的耗氧能直接或间接地反映其体内代谢规律、特点以及生理、生存状况。窒息点的高低直接反映鱼类耐低氧环境能力的强弱。鱼类耗氧率与窒息点的研究, 对池塘鱼类进行合理养殖、湖泊与水库的鱼类资源进行增殖、鱼类在水体里安全度夏与越冬、以及活鱼销售与运输等方面都具有指导意义[4]。国内外对于淡水和海水鱼类的耗氧率与窒息点已有了相关研究与报道, 如赤眼鲢[4]、湘云鲤[5]、翘嘴红鲌[6]、长薄鳅[7]、大口鲶[8]、浅色黄姑鱼[9]、白鲢和鳙[10]等, 主要研究方法有流水和静水封闭式呼吸室法。测量溶氧有传统的 Winkler 碘量法[11]、国标水质溶解氧的测定方法[12]以及溶氧仪测定法。本实验以长丰鲢

和鲢为研究对象, 分别测定其在特定温度下耗氧率与窒息点, 并对其相关数据进行比较分析, 从而为长丰鲢耐低氧性状的深入挖掘提供理论支撑与养殖实践指导依据。

2. 材料和方法

2.1. 实验材料

该实验于 2019 年 12 月 1 日至 12 月 30 日在中国水产科学院长江水产研究所试验场的农业农村部鲢遗传育种中心进行。实验组长丰鲢来源于该育种中心, 对照组鲢(长江水系)来源于该试验场。其中长丰鲢体质量 101 ± 18 g, 鲢 105 ± 23 g。实验鱼在试验前一周暂养在该育种中心养殖车间的玻璃纤维缸里, 并以网罩住以防其逃跑及跳跃。试验时选取个体健康、活泼、无伤痕、体色正常、体形完整的个体进行试验。

2.2. 实验条件

本实验用水均为曝气 3 d 的自来水, 水温控制在 $20^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$, pH 值 7.0 ± 0.2 , 溶解氧为 7.6~8.9 mg/L。

2.3. 实验方法

2.3.1. 耗氧率的测定

采用封闭静水式试验装置测定耗氧率, 整体参考陈宁生和施泉芳[10]设计, 呼吸室容积为 150 L。溶氧量的测定采用该育种中心购买的 HQ40d 溶解氧测定仪(美国哈希公司生产)进行测定。实验组长丰鲢与对照组鲢分为二组, 相同水温下设 3 个平行组。每组试验每个呼吸室投放 2 尾鱼。呼吸室溶氧始终保持在 5 mg/L 以上。实验开始前, 先让实验鱼在相应的其他呼吸室中适应 2~3 h, 待其呼吸平稳后开始试验。呼吸室水温由加热棒控温装置自动控制设置水温。耗氧率的测定, 水温设置为 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。试验时, 先用溶氧仪测定经过充分曝气的自来水注满水后的呼吸室溶氧, 再将鱼放入呼吸室后用双层塑料薄膜密封并加盖封口, 每 2 h 开盖从薄膜小孔伸入溶氧仪探头测定溶氧, 每次测定 3 次, 取其平均值, 连续测 24 h。试验结束后, 将呼吸室水体称重, 便于计算耗氧率。

耗氧率的计算为测定一昼夜鱼体每克体重所消耗的溶氧量。分别计算出每 2 h 每克鱼所消耗的溶氧量, 与一昼夜平均每 1 h 所消耗的溶氧量。

2.3.2. 窒息点测定

采用静水封闭式呼吸室测定其耗氧量, 呼吸室容积为 60 L 的白色带盖的塑料箱, 将装满曝气的自来水注入呼吸室, 根据鱼体规格大小分别投放 8~10 尾实验所需材料鱼, 用双层薄膜密封后加盖严实。呼吸室用加热棒控温, 为 2 组, 每组在鱼体同规格、同水温下设 3 个平行组, 并设一空白对照。测量时打开呼吸室盖板与薄膜伸入溶氧仪探头进行溶氧测定, 每次测定 3 次, 测定结果取平均值为准。以试验鱼出现半数侧卧、呼吸刚停止或接近停止时的水体溶解氧含量作为该种鱼的窒息点。分别测定其第一尾鱼死亡、半致死和全死时的水体的溶氧量。并同时观测其呼吸频率并观察鱼体活动表现。

2.3.3. 数据统计处理方法

实验所有测定数据按 Excel 数据处理软件进行统计分析, 分别取平均值与标准差。所有试验各组间统计的平均值用 F 检验法检验其差异显著性。

3. 结果与分析

3.1. 长丰鲢和鲢的耗氧率

长丰鲢和鲢的耗氧率见表 1 和图 1 所示。

Table 1. Theoxygen consumption rate of Changfeng silver carp and silver carp (water temperature $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)
表 1. 长丰鲢和鲢的耗氧率(水温 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

类别	耗氧率[mg/(g·h)]												平均耗氧率 [mg/(g·h)] 平均值 \pm 标准差
	时间	5:30	7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	
长丰鲢	0.053 ± 0.008	0.069 ± 0.011	0.078 ± 0.016	0.083 ± 0.014	0.089 ± 0.017	0.097 ± 0.015	0.122 ± 0.019	0.108 ± 0.012	0.101 ± 0.014	0.094 ± 0.013	0.082 ± 0.010	0.074 ± 0.007	0.0875
鲢	0.071 ± 0.014	0.094 ± 0.018	0.128 ± 0.020	0.138 ± 0.022	0.142 ± 0.017	0.153 ± 0.025	0.172 ± 0.027	0.146 ± 0.018	0.132 ± 0.016	0.120 ± 0.012	0.113 ± 0.011	0.092 ± 0.010	0.1251

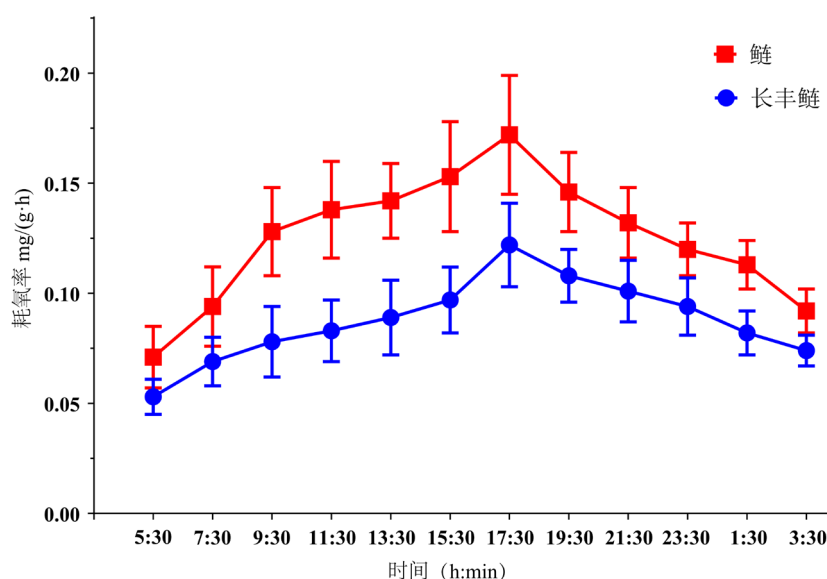


Figure 1. Diurnal variation of Changfeng silver carp and silver carp (water temperature $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

图 1. 水温 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 下长丰鲢和鲢的耗氧率昼夜变化

从表 1 和图 1 可看出, 在 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 水温下, 长丰鲢与鲢耗氧率呈现昼夜变化规律, 清晨 5:30 至傍晚 17:30, 耗氧率逐渐随时间变化增加, 傍晚 17:30 至翌日 5:30, 耗氧率则随时间推移逐渐递减, 下半夜 3:30 至清晨 5:30 间耗氧率相对较低。长丰鲢和鲢两种鱼在晨 5:30 时左右耗氧率最低, 分别为 0.053、0.071 mg/(g·h); 傍晚 17:30 时耗氧率达峰值, 长丰鲢和鲢分别为 0.122、0.172 mg/(g·h)。一昼夜平均耗氧率长丰鲢和鲢分别为 0.0875 、 0.1251 mg/(g·h)。即长丰鲢较鲢的平均耗氧率低 30.1%, 呈显著性差异($P < 0.05$)。

3.2. 长丰鲢与鲢的窒息点

在封闭静水条件下测量了长丰鲢与鲢的窒息点, 其测量分析统计结果见表 2 所示。

从表 2 中可看出在水温 $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 体重 80~130 g 的长丰鲢和鲢的窒息点分别为 0.19~0.23 mg/L、0.24~0.30 mg/L。鲢窒息点比长丰鲢高 28.57%, 长丰鲢较鲢更耐低氧环境。

3.3. 实验鱼机体反应

实验鱼在密闭静水呼吸室内适应后, 实验开始时自由游动, 平静呼吸, 鳃盖开闭呼吸频率(41~52)次/min。水体溶解氧含量随试验鱼呼吸运动时间延长而不断下降, 达呼吸临界点时, 鱼群开始显示急躁不安, 上

窜频繁, 试图浮到水面呼吸空气。其个体在水中连续急游数次, 然后侧卧在容器底面, 鳃盖和嘴的开闭频率加快。连续数次之后, 试验鱼侧卧在水底, 呼吸频率减慢, 为(27~35)次/min, 后逐渐减少直至呼吸停止。不同个体鱼窒息时间稍有不同。

Table 2. The asphyxiant point of Changfeng silver carp and silver carp (water temperature $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

表 2. 长丰鲢和鲢的窒息点(水温 $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

种类	体长(cm)	体质量(g)	溶解氧(mg/L)		
			第一尾死亡	半数死亡	全部死亡
长丰鲢	17.8~20.7	85~120	0.51 ± 0.02	0.21 ± 0.02	0.18 ± 0.01
鲢	17.5~21.6	80~130	0.59 ± 0.03	0.27 ± 0.03	0.22 ± 0.02

4. 讨论

4.1. 长丰鲢与鲢的耗氧率的昼夜变化

鱼的耗氧率是鱼体内代谢的反映, 不同时间段耗氧率的高低间接反映了鱼在这个时间段的新陈代谢水平。一般认为鱼类耗氧率昼夜节律性变化有 3 种类型: ① 日间高于夜间, 这些鱼白天进食活动较频繁, 属于“昼出夜伏型”; ② 日间低于夜间, 这些鱼属于“昼伏夜出型”; ③ 日间与夜间相似, 日间和夜间均可进食, 耗氧率无明显的节律性[13]。Clausen [14]认为这种变化可能代表着鱼类在自然环境中的活动代谢周期, 耗氧多的时期一般为鱼类进食或活动旺盛时期。本试验中, 长丰鲢与鲢在白天的平均耗氧率均高于夜间的平均耗氧率, 长丰鲢与鲢的耗氧率具有明显的昼夜节律变化, 属于“昼出夜伏型”。与大口鲈[8]、半刺厚唇鱼[15]“昼伏夜出型”等相反, 与黑尾近红鲌同一规格的鱼种在相同的水温条件下白天(7:00~18:00)平均耗氧率与夜间(19:00~翌日 6:00)平均耗氧率无显著差异($P > 0.05$) [16], 也不尽相同。长丰鲢与鲢在凌晨 5:30 至傍晚 17:30 时, 耗氧率随时间推进逐渐递升, 在 17:30 达到最高峰; 随后在午夜 3:30 耗氧率达到最低值, 呈现出逐渐下降的趋势。总体来看, 夜 3:30 与凌晨 5:30 耗氧率相对较低, 下午 17:30 达高峰。这与后半夜与凌晨, 水体溶氧相对较低; 在白天日出后水体通过浮游生物光合作用产生氧气, 从而逐渐增加水体溶解氧量相关。因此, 鱼类活动与摄食也更为频繁, 这或许是鱼类适应该水环境变化的结果, 呈现出水生生物独有的生物钟现象或生活节律。

4.2. 长丰鲢与鲢的耗氧率

长丰鲢比鲢的平均耗氧率低 30.01%, 呈显著性差异($P < 0.05$)。这可能与长丰鲢采用的异源灭活的兴国红鲤精子有关, 其雌核发育个体整合了兴国红鲤的遗传物质[17], 而鲤相比较鲢更耐受低氧, 从而表现出长丰鲢较鲢相对更耐低氧。还可能是与其体型相关, 长丰鲢较鲢体型上表现为, 体高, 背厚, 更丰满。相对其活动能力不如鲢, 表现在其基础代谢上较鲢要低。鱼类的耗氧率与其代谢水平呈正相关, 因而长丰鲢耗氧率比鲢低是有一定依据的。

4.3. 长丰鲢与鲢的窒息点

一般普遍认为同一品种鱼类, 水温越低, 鱼类窒息点相应越低[16]; 水层越低, 其窒息点也相对更低, 更能耐低氧环境。这在活鱼运输中普遍采用相对低温期进行运输, 提高活体成活率是有一定科学道理的。低温时其活动与基础代谢能力也降低。运输或养殖时其载鱼量或容纳量可相对多一些。长丰鲢窒息点(0.21 ± 0.02 mg/L)较鲢窒息点(0.27 ± 0.03 mg/L)要低 22.2%。这也印证了长丰鲢更耐低氧水环境。本试验鲢窒

息点(0.27 ± 0.03 mg/L)与陈宁生、施琮芳[10]先前所测鲢的测量结果也相符合。长丰鲢在运输与饲养阶段都较鲢有比较优势,这在生产与运输实践中也充分证明了其优势,长丰鲢作为滤食性鱼类新品种,特别是在新时代现代渔业绿色发展中是不可或缺的,有广阔的应用前景。

4.4. 采用封闭静水式呼吸室并使用溶氧仪测定耗氧率可行性分析

通常鱼类耗氧率测定多采用流水封闭式呼吸室装置,并用传统的 Winkler 碘量法[11]、国标水质溶解氧的测定方法[12]来测定耗氧率。其要求注入呼吸室的水体流量尽可能保持一致,还要求贮水容器水位尽可能平衡,但一般不易做到,且贮水容器水体溶氧也在不断变化中;且呼吸室溶解氧的传统方法测量时间也更长。本试验采用静水密闭式呼吸室,使用溶氧仪测定,快捷方便,测量结果相对准确。

呼吸室用定制的玻璃容器或有机玻璃容器带盖制成,加满水后使用双层薄膜(开有小孔)覆盖水面再加盖可阻止空气进入水体引起溶氧误差。测量时只需开盖后从薄膜小孔伸入探头测量即可,测完马上加盖封闭,操作简便可行。水体溶氧在密闭呼吸室中消耗量,更能真实地说明试验鱼在其中运动与代谢呼吸所需的溶氧量;并与自然水体如静水池塘环境相一致,更能说明其基础耗氧。当然要保持测量更加精准、高效,还有待于更进一步的革新测试装置,改进测量方式或方法。

基金项目

1) 国家“十三五”大宗淡水鱼产业技术体系项目(CARS-45-01), 2) 国家重点研发计划“淡水鱼类抗病与抗逆性状形成的分子机理”(2018YFD0900302)。

参考文献

- [1] 梁宏伟, 李忠, 罗相忠, 等. 长丰鲢与长江鲢形态差异与判别分析[J]. 水生生物学报, 2014, 39(5): 1059-1064.
- [2] 邹桂伟. 长丰鲢新品种适用养殖技术[J]. 科学养鱼, 2011(11): 46-47.
- [3] 邹桂伟, 潘光碧, 汪登强, 等. 人工雌核发育鲢的遗传多样性及异源遗传物质整合的 RAPD 分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(2): 180-185.
- [4] 杨凯, 高银爱, 袁勇超, 等. 赤眼鳟耗氧率、排氨率和窒息点的初步研究[J]. 淡水渔业, 2017, 47(5): 9-13.
- [5] 刘飞, 张轩杰, 刘筠. 湘云鲤耗氧率和溶氧临界窒息点[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2000, 23(3): 72-75.
- [6] 朱华平, 黄樟翰, 谢刚, 等. 翘嘴红鲌鱼苗耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 水利渔业, 2003, 23(4): 10-11.
- [7] 邹桂伟, 罗相忠, 胡德高, 等. 长薄鳊耗氧率与窒息点的研究[J]. 湖泊科学, 1998, 10(1): 49-54.
- [8] 罗相忠, 邹桂伟. 大口鲈耗氧率与窒息点的初步研究[J]. 淡水渔业, 1997(3): 21-23.
- [9] 李加儿, 刘士瑞, 区又君, 等. 浅色黄姑鱼幼鱼耗氧率、排氨率及窒息点的初步研究[J]. 海洋学报: 中文版, 2008, 30(5): 165-170.
- [10] 陈宁生、施琮芳. 草鱼、白鲢和花鲢的耗氧率[J]. 动物学报, 1955, 7(1): 43-57.
- [11] Yan, M.-C., Shan, L.-Z., Xie, Q.-L., et al. (2008) Influence of Temperature, Salinity and Body Weight on Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of *Oplegnathus fasciatus* Juvenile. *Advances in Marine Science*, **26**, 486-496.
- [12] 国家环境保护局. 水质溶解氧的测定碘量法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1987: 124-129.
- [13] 白东清, 于建盛, 杨广, 等. 丁鲷耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 水利渔业, 2007, 27(4): 24-25, 39.
- [14] Clausen, R.G. (1936) Oxygen Consumption in Fresh Water Fishes. *Ecology*, **17**, 216-226.
<https://doi.org/10.2307/1931461>
- [15] 秦志清, 樊海平, 薛凌展, 等. 半刺厚唇鱼的耗氧率与窒息点[J]. 福建农业学报, 2017, 32(10): 1072-1076.
- [16] 李清, 王贵英, 白晓慧, 等. 黑尾近红鲌鱼种耗氧率和窒息点的研究[J]. 淡水渔业, 2017, 47(1): 91-96.
- [17] 周裕华, 邹桂伟, 梁宏伟, 等. 人工雌核发育鲢近交 F2 微卫星变异分析[J]. 淡水渔业, 2007(4): 30-33.