

文章编号: 1674-5566(2010)05-0685-07

# 鸭绿沙塘鳢耗氧率、氨氮排泄率与临界窒息点研究

李 军<sup>1</sup>, 骆小年<sup>1</sup>, 徐忠源<sup>2</sup>, 王晓光<sup>1</sup>, 宋文华<sup>1</sup>, 赵晓临<sup>1</sup>, 夏大明<sup>1</sup>, 郭 冰<sup>1</sup>

(1 辽宁省淡水水产科学研究院, 辽宁 辽阳 111000;

2 辽宁省新宾县红升水库管理所, 辽宁 新宾 113202)

**摘 要:** 用呼吸室法研究鸭绿沙塘鳢耗氧率(OCR)、氨氮排泄率和临界窒息点。结果表明:鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率存在明显的昼夜变化规律。在(13.5±0.5)℃下,大规格鸭绿沙塘鳢[(66.72±8.30)g]在0:30达到最大耗氧率[(0.207 0±0.005 1)mg/(g·h)]和最大氨氮排泄率[(0.004 0±0.001 3)mg/(g·h)],中规格鸭绿沙塘鳢[(15.63±4.78)g]分别在0:30和4:30达到最大耗氧率[(0.197 7±0.013 2)mg/(g·h)]和最大氨氮排泄率[(0.008 5±0.003 1)mg/(g·h)],小规格鸭绿沙塘鳢[(1.78±0.93)g]分别在20:30和8:30达到最大耗氧率[(0.410 9±0.252 6)mg/(g·h)]和最大氨氮排泄率[(0.027 9±0.006 6)mg/(g·h)];大、中和小规格鸭绿沙塘鳢的临界窒息点分别为0.13、0.16和0.29 mg/L,体重和临界窒息点呈负相关。鸭绿沙塘鳢的耗氧率和氨氮排泄率与温度(0~24℃)呈正相关;鸭绿沙塘鳢的耗氧率和氨氮排泄率与体重呈负相关。

**关键词:** 鸭绿沙塘鳢;耗氧率;氨氮排泄率;临界窒息点

**中图分类号:** S 912 **文献标识码:** A

## Studies on the oxygen consumption rate ammonia excretion rate and critical stifling point of *Odon tobutis ya luensis* W u

LI Jun<sup>1</sup>, LUO Xiao-nian<sup>1</sup>, XU Zhong-yuan<sup>2</sup>, WANG Xiao-guang<sup>1</sup>, SONG W eng-hua<sup>1</sup>,  
ZHAO Xiao-lin<sup>1</sup>, XIA Da-ming<sup>1</sup>, GUO Bing<sup>1</sup>

(1 Freshwater Fisheries Sciences Institute of Liaoning Province Liaoyang 111000, China;

2 Administration Department of Liaoning Hongsheng Reservoir Xinbin 113202, China)

**Abstract:** Oxygen consumption rate (OCR), ammonia excretion rate and critical stifling point of *Odon tobutis ya luensis* were measured. The results indicated that there were significant circadian rhythm of oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Odon tobutis ya luensis*. The peak OCR and the peak ammonia excretion rate of *Odon tobutis ya luensis* (66.72±8.30 g) were (0.207 0±0.005 1) mg/(g·h) and (0.004 0±0.001 3) mg/(g·h) at 0:30 in (13.5±0.5) °C, respectively. The peak OCR and the peak ammonia excretion rate of *Odon tobutis ya luensis* (15.63±4.78 g) were (0.197 7±0.013 2) mg/(g·h) at 0:30 and (0.008 5±0.003 1) mg/(g·h) at 4:30 in (13.5±0.5) °C, respectively. The peak OCR and the peak ammonia excretion rate of *Odon tobutis ya luensis* (1.78±0.93 g) were (0.410 9±0.252 6) mg/(g·h) at 20:30 and (0.027 9±0.006 6) mg/(g·h) at 8:30 in (13.5±0.5) °C, respectively. The critical stifling point of different body weight (66.72±8.30 g, 15.63±4.78 g and 1.78±0.93 g) were 0.13,

收稿日期: 2010-01-25

基金项目: 辽宁省重大、重点项目(2008203001); 抚顺市科学技术局项目(沙塘鳢驯养繁育技术研究)

作者简介: 李 军(1975-),男,工程师,从事水产种质资源方面的研究。E-mail: lj\_nwaf@nwsuaf.edu.cn

0.16 and 0.29 mg/L at  $(13.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , respectively. The significant negative relationship was demonstrated between the body weight and critical stifling point. A significant negative relationship was demonstrated between the body weight and the OCR and between the body weight and the ammonia excretion rate; however, the temperature ( $0\sim 24^\circ\text{C}$ ) and the OCR and the temperature and the ammonia excretion rate were positively correlated.

**Key words:** *Odontobutis yaluensis* Wu; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate; critical stifling point

鸭绿沙塘鳢 [*Odontobutis yaluensis* Wu, Wu et al. 1993], 别名塘鳢鱼、沙鳢、暗色杜父鱼、山胖头, 属于鲈形目 (Perciformes)、鰕虎鱼亚目 (Gobioidei)、塘鳢科 (Eleotridae)、沙塘鳢属 (*Odontobutis* Bleeker, 1874)<sup>[1]</sup>。沙塘鳢属在我国仅有 4 个种<sup>[2-3]</sup>, 其中鸭绿沙塘鳢种作为我国特有品种, 仅分布于辽河东部山区支流太子河、鸭绿江中下游及其支流、大洋河和辽东半岛碧流河。鸭绿沙塘鳢肉质鲜美, 深受人们的喜爱, 是一种名贵鱼类。目前, 鸭绿沙塘鳢作为一种新兴经济鱼类, 其养殖<sup>[4]</sup>、繁殖<sup>[5]</sup>、性腺<sup>[6]</sup>和消化系统发育<sup>[7]</sup>、苗种的形态<sup>[8]</sup>及盐度对其的影响<sup>[9]</sup>已有报道, 但其耗氧率 (OCR) 和氨氮排泄率的昼夜变化节律、临界窒息点以及温度、体重对耗氧率和氨氮排泄率的影响却未见报道。本文通过对鸭绿沙塘鳢的耗氧率、氨氮排泄率和临界窒息点进行的研究, 旨在丰富其呼吸生理学等基础理论知识, 了解其基础代谢水平和能量消耗, 同时为人工增养殖提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

鸭绿沙塘鳢采捕于辽宁省新宾县南太子河流域, 选取体质健康、生长良好, 无病、无伤、无畸形的鸭绿沙塘鳢为试验鱼, 试验鱼用滤纸吸干体表水分, 在天平上称体重, 并按体重分为大规格鸭绿沙塘鳢 (大规格)、中规格鸭绿沙塘鳢 (中规格) 和小规格鸭绿沙塘鳢 (小规格), 于水簇箱 (50 cm×30 cm×25 cm) 中暂养 3 d 各种不同规格鸭绿沙塘鳢生物学数据见表 1。正式试验前停食 1 d。试验用水为曝气 7 d 的自来水, pH 为 7.2±0.2, 氨氮值为  $(0.5518 \pm 0.0366)$  mg/L, 溶解氧不低于 7.0 mg/L。

表 1 鸭绿沙塘鳢生物学数据

Tab. 1 The biology data of *Odontobutis yaluensis* Wu

试验组	全长 (cm)	体长 (cm)	体重 (g)
大规格	15.92±0.72 <sup>A</sup>	13.40±0.95 <sup>A</sup>	66.72±8.30 <sup>A</sup>
中规格	10.48±1.21 <sup>B</sup>	8.71±1.05 <sup>B</sup>	15.63±4.78 <sup>B</sup>
小规格	5.28±1.04 <sup>C</sup>	4.25±0.86 <sup>C</sup>	1.78±0.93 <sup>C</sup>

注: 同列中标有不同的大写字母表示组间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 标有不同的小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 耗氧率和氨氮排泄率昼夜变化的测定

采用流水呼吸室法<sup>[10]</sup>, 试验鱼在呼吸室内适应至少 1 h 水温为  $(13.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , 待鱼处于自然状态时, 开始计时, 每 2 h 测定一次单位时间的水流量、呼吸室进出水的溶解氧, 每 4 h 测定一次进出水的氨氮值, 连续测量 24 h。按文献方法测定溶解氧<sup>[11]</sup>和氨氮值<sup>[12]</sup>, 参照公式计算耗氧率和氨氮排泄率, 同时设置平行组。呼吸室采用自制流水式的密封装置, 呼吸室的体积与试验鱼规格、数量相适应, 其中大规格呼吸室的体积为 12.4 L, 放大规格鸭绿沙塘鳢 3 尾; 中规格和小规格呼吸室的体积为 6.3 L, 放中规格和小规格鸭绿沙塘鳢各 6 尾, 试验中保持呼吸室出水口的溶解氧在 3.0 mg/L 以上。试验期间室内安静, 避免阳光直射, 受试鱼处于自然状态。试验结束后, 关闭进、出水口, 将鱼密封在呼吸室内, 待 50% 的试验鱼失去平衡、昏迷或濒临死亡时的溶解氧浓度作为临界窒息点。

耗氧率和氨氮排泄率的计算公式分别为

$$O_R = (A_0 - A_t) \times V / (W \times t) \quad (1)$$

$$N_R = (N_t - N_0) \times V / (W \times t) \quad (2)$$

式中:  $O_R$  和  $N_R$  分别为耗氧率和氨氮排泄率 [mg/(g·h)];  $A_0$  和  $A_t$  分别为进水口和  $t$  时刻出水口溶解氧的质量浓度 (mg/L);  $N_0$  和  $N_t$  分别为进水

口和  $t$  时刻出水口氨氮的质量浓度 ( $\text{mg/L}$ );  $V$  为  $t$  时间内流经呼吸室的水量 ( $\text{L}$ );  $W$  为鱼体重 ( $\text{g}$ );  $t$  为试验时间 ( $\text{h}$ )。

### 1.2.2 不同水温条件耗氧率和氨氮排泄率的测定

采用静水呼吸室法,设置 0、4、8、12、16、20 和  $24^\circ\text{C}$  7 个温度梯度组,温度误差在  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  内,试验鱼为中规格鸭绿沙塘鳢 [ $(15.37 \pm 5.47) \text{g}$ ],每组 6 尾,同时设置平行组。试验前采用逐级升温的方法使鱼适应试验水温(以  $1^\circ\text{C/h}$  的速度升至或降至设计温度)。实验装置为自制密封静水装置,呼吸室的体积 ( $6.3 \text{L}$ ) 与试验鱼规格、数量相适应,每个温度试验时间为 1 h 试验前后分别测定呼吸室内溶解氧和氨氮值(同 1.2.1 中溶解氧和氨氮测定方法)。

耗氧率和氨氮排泄率的计算公式分别为

$$O_R = (B_0 V_0 - B_1 V_1) / (W \times t) \quad (3)$$

$$N_R = (D_1 V_1 - D_0 V_0) / (W \times t) \quad (4)$$

式中:  $O_R$  和  $N_R$  分别为耗氧率和氨氮排泄率 [ $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ];  $B_0$  和  $B_1$  分别为试验前和试验后呼吸室内溶解氧的质量浓度 ( $\text{mg/L}$ );  $D_0$  和  $D_1$  分别为试验前和试验后呼吸室内氨氮的质量浓度 ( $\text{mg/L}$ );  $V_0$  和  $V_1$  分别为试验前和试验后呼吸室内水体积 ( $\text{L}$ );  $W$  为鱼体重 ( $\text{g}$ );  $t$  为试验时间 ( $\text{h}$ )。

### 1.3 数据的统计和分析

实验数据均表示为平均值  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ),显著性水平规定为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 不同规格鸭绿沙塘鳢 24 h 耗氧率变化

试验期间,受试鱼活动正常。不同规格鸭绿沙塘鳢 24 h 耗氧率测定表明(图 1),大、中和小规格鸭绿沙塘鳢的耗氧率存在明显的昼夜变化规律,波动规律基本一致,其中大规格的耗氧率随夜晚的来临升高,耗氧率在 0:30 达到最大值 [ $(0.207 0 \pm 0.005 1) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ];在早晨 4:30 时最低耗氧率为  $(0.035 1 \pm 0.004 7) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ;夜间 (20:30—8:30) 的耗氧率 [ $0.108 2 \pm 0.065 5 \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 高于白天 (8:30—20:30) 的耗氧率 [ $(0.074 4 \pm 0.015 6) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ],但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

中规格鸭绿沙塘鳢在 14:30 [ $(0.166 9 \pm 0.132 0) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ], 0:30 [ $(0.197 7 \pm 0.013 2) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 和 8:30 [ $(0.188 9 \pm 0.018 1) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 出现 3 个耗氧率高峰,耗氧率随夜晚的来临逐渐升高,在 0:30 达到最大值;在白天 10:30 达到最低耗氧率 [ $(0.082 0 \pm 0.008 8) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ];其夜间 (20:30—8:30) 的耗氧率 [ $(0.151 7 \pm 0.043 3) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 高于白天 (8:30—20:30) 的耗氧率 [ $(0.106 7 \pm 0.032 0) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ],差异显著 ( $P < 0.05$ )。

小规格鸭绿沙塘鳢的耗氧率具有一定的波动性,其波动性与中规格鸭绿沙塘鳢基本相同,在 14:30 [ $(0.317 4 \pm 0.271 0) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ], 20:30 [ $(0.410 9 \pm 0.252 6) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 和 8:30 [ $(0.295 5 \pm 0.176 2) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 出现 3 个耗氧率高峰,其中在 20:30 耗氧率达到最高;在早晨 4:30 达到最低耗氧率 [ $(0.058 8 \pm 0.035 4) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ];但小规格白天 (8:30—20:30) 的耗氧率 [ $(0.251 6 \pm 0.108 3) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] 高于夜间 (20:30—8:30) 的耗氧率 [ $(0.176 3 \pm 0.109 3) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ],但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

由以上结果可以得出,各种不同规格的鸭绿沙塘鳢的耗氧率具有一定的昼夜变化规律。

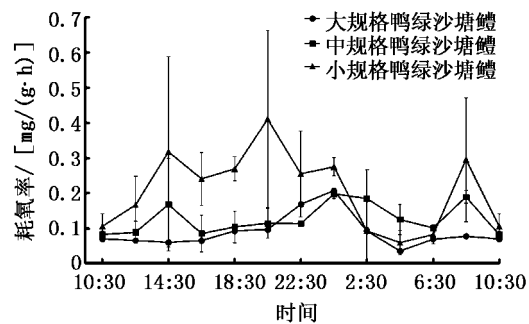


图 1 鸭绿沙塘鳢 24 h 耗氧率变化

Fig 1 Diurnal changes of oxygen consumption rate of *Odontobutis yaluensis* in 24 h

### 2.2 不同规格鸭绿沙塘鳢 24 h 氨氮排泄率变化

由图 2 可知,大、中和小规格鸭绿沙塘鳢的氨氮排泄率存在明显的昼夜变化规律,其中大规格鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率随夜晚的来临升高,排氮量增大,在 0:30 达到最大值 [ $(0.004 0 \pm 0.001 3) \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ];在 16:30 其排氮量最小,最低氨氮排泄率为  $(0.001 7 \pm 0.000 7) \text{mg}/$

(g·h); 夜间 (20:30—8:30) 的氨氮排泄率 [(0.0034 ± 0.0008) mg/(g·h)] 高于白天 (8:30—20:30) 的氨氮排泄率 [(0.0025 ± 0.0008) mg/(g·h)], 但无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

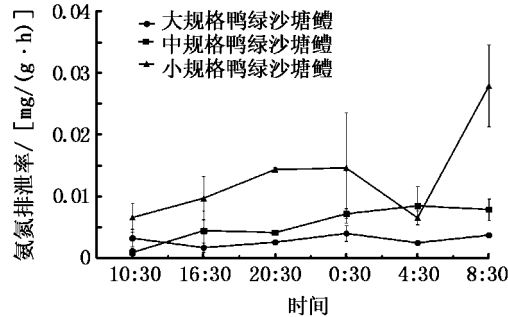


图 2 鸭绿沙塘鳢 24 h 氨氮排泄率变化

Fig 2 Diurnal changes of ammonia excretion rate of *Odontobutis yaluensis* in 24 h

中规格鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率随夜晚的来临升高, 排氮量增大, 在 4:30 达到最大值 [(0.0085 ± 0.0031) mg/(g·h)]; 在 10:30 其排氮量最小, 最低氨氮排泄率为 (0.0009 ± 0.0006) mg/(g·h); 其夜间 (20:30—8:30) 的氨氮排泄率 [(0.0078 ± 0.0006) mg/(g·h)] 高于白天 (8:30—20:30) 的氨氮排泄率 [(0.0032 ± 0.0019) mg/(g·h)], 极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

小规格鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率在 8:30 达到最大值 [(0.0279 ± 0.0066) mg/(g·h)]; 在 4:30 其排氮量最小, 最低氨氮排泄率为 (0.0065 ± 0.0011) mg/(g·h); 其夜间 (20:30—8:30) 的氨氮排泄率 [(0.0164 ± 0.0108) mg/(g·h)] 高于白天 (8:30—20:30) 的氨氮排泄率 [(0.0102 ± 0.0039) mg/(g·h)], 但无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

由以上结果可以得出, 各种不同规格的鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率具有一定的昼夜变化规律。

### 2.3 温度对鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率的影响

由图 3 可见, 水温与鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率有密切的关系。鸭绿沙塘鳢的耗氧率随温度 (0~24℃) 的增加而增加, 呈正相关; 在 0℃ 和 24℃ 时耗氧率分别为 (0.0542 ± 0.0090) mg/(g·h) 和 (0.3921 ± 0.0772) mg/(g·h)。与耗氧率相同, 氨氮排泄率也随温度 (0~24℃) 的增加而增加, 呈正相关; 其在 20℃ 以下, 氨氮排泄率增加量较小, 而在 20℃ 以上, 氨氮排泄率增加量较大; 在 0℃ 和 24℃ 时氨氮排泄率分别为 (0.0023 ± 0.0015) mg/(g·h) 和 (0.0272 ± 0.0137) mg/(g·h)。

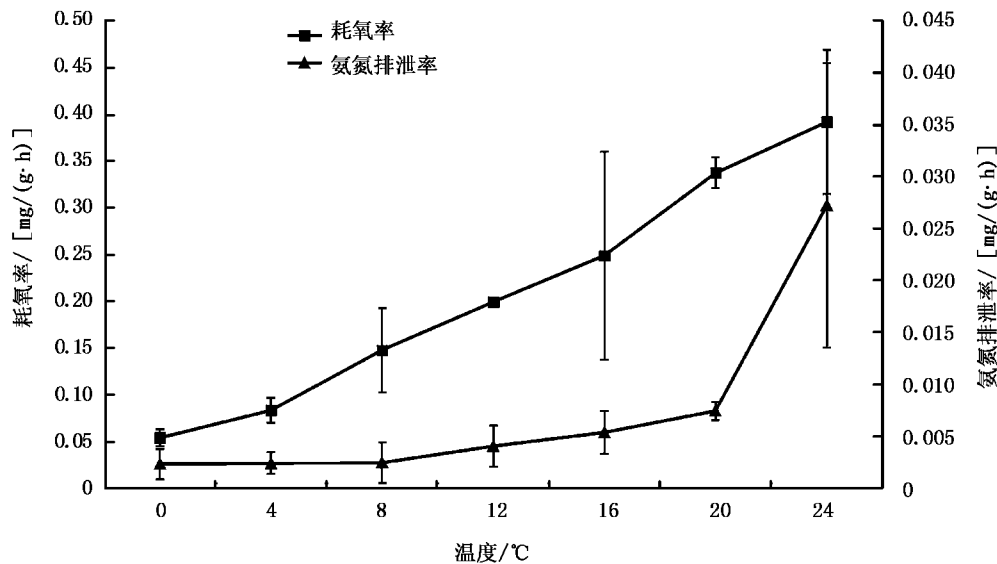


图 3 温度对鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率影响

Fig 3 Effect of oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Odontobutis yaluensis* in different temperatures

## 2.4 体重对鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率影响

由表 2 可知,不同规格的鸭绿沙塘鳢耗氧率随体重的增加而减少,体重与耗氧率呈负相关;大规模鸭绿沙塘鳢的耗氧率 [ $(0.0913 \pm 0.0487) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]与中规格鸭绿沙塘鳢的耗氧率 [ $(0.1292 \pm 0.0432) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]无显著差异 ( $P > 0.05$ );但与小规格鸭绿沙塘鳢耗氧率 [ $(0.2140 \pm 0.1110) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]相比,大和中规格鸭绿沙塘鳢耗氧率均与小规格耗氧率有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

由不同规格的鸭绿沙塘鳢的氨氮排泄率比较可知,鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率随体重的增加而减少,体重与氨氮排泄率呈负相关;大规模鸭绿沙塘鳢的氨氮排泄率 [ $(0.0029 \pm 0.0009) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]与中规格鸭绿沙塘鳢的氨氮排泄率 [ $(0.0055 \pm 0.0029) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]无显著差异 ( $P > 0.05$ );但与小规格鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率 [ $(0.0133 \pm 0.0080) \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]相比,大与小规格鸭绿沙塘鳢氨氮排泄率相比有极显著差异 ( $P < 0.01$ ),中规格与小规格氨氮排泄率有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

表 2 不同规格鸭绿沙塘鳢的耗氧率和氨氮排泄率

Tab. 2 The oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Odonobutis yaluensis* Wu

试验组	体重 (g)	耗氧率 [ $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]	氨氮排泄率 [ $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ]
大规模	66.72 $\pm$ 8.30 <sup>A</sup>	0.0913 $\pm$ 0.0487 <sup>A</sup>	0.0029 $\pm$ 0.0009 <sup>A</sup>
中规格	15.63 $\pm$ 4.78 <sup>B</sup>	0.1292 $\pm$ 0.0432 <sup>A</sup>	0.0055 $\pm$ 0.0029 <sup>A/Ca</sup>
小规格	1.78 $\pm$ 0.93 <sup>C</sup>	0.2140 $\pm$ 0.1110 <sup>B</sup>	0.0133 $\pm$ 0.0080 <sup>Cb</sup>

## 2.5 鸭绿沙塘鳢窒息过程和临界窒息点测定

呼吸室密闭之前,呼吸室出水口的溶氧均高于 3.0 mg/L,3 种不同规格鸭绿沙塘鳢在呼吸室内处于自然状态,静卧实验装置底部,大和中规格鸭绿沙塘鳢的呼吸频率分别为 (59 $\pm$ 2)和 (77 $\pm$ 10)次 /m in。随呼吸室内溶氧的消耗,大和中规格鸭绿沙塘鳢呼吸频率逐渐减慢,试验 5.5 h 时大和中规格鸭绿沙塘鳢的呼吸频率分别为 (23 $\pm$ 4)和 (25 $\pm$ 6)次 /m in;伴随呼吸频率的进一步降低,最后均出现 50% 试验鱼失去平衡、昏迷、濒临死亡,测定大、中和小规格鸭绿沙塘鳢的

临界窒息点分别为 0.13、0.16 和 0.29 mg/L;体重和临界窒息点呈负相关;在试验 5.5 h 时,大规模鸭绿沙塘鳢受试鱼未见上下游动等异常现象,但其体色变浅;少数中和小规格鸭绿沙塘鳢有上下游动等异常现象。

## 3 讨论

### 3.1 鸭绿沙塘鳢的昼夜节律

鱼类代谢活动与水中溶解氧的浓度有关,耗氧率和氨氮排泄率可直接或间接地反映新陈代谢规律、生理和生活状况,是反映鱼类能量代谢的重要指标。鱼类的标准代谢水平是指鱼在静止、禁食状态下不受干扰时的最低代谢强度。耗氧率通常可以代表代谢率,近似标准代谢值。水生动物体中的氮化合物主要以氨的形式排泄<sup>[13]</sup>,研究证明其对水生动物的呼吸功能<sup>[14]</sup>和耗氧率<sup>[15]</sup>均有影响。鱼类耗氧率是研究鱼类能量代谢的重要参数,同时也是生产中的重要参考参数<sup>[16-17]</sup>。

鱼类在不同的发育时期,其不同的摄食习性和生活环境有着结构和生理上的适应性,其代谢规律不同。有关鱼类的耗氧率和氨氮排泄率的研究较多<sup>[18]</sup>,鱼类的昼夜耗氧节律主要有:日均耗氧高于夜均耗氧、日均耗氧低于夜均耗氧和日均耗氧与夜均耗氧相似 3 种类型。本试验结果表明,大和中规格鸭绿沙塘鳢夜间耗氧率与氨氮排泄率均高于白天,最大耗氧率与最大氨氮排泄率也出现在夜间,属于日均耗氧低于夜均耗氧类型,昼夜节律明显。耗氧率在一定程度上反映了生物的能量代谢水平,耗氧率升高表明生物体机体需要氧气量增加,能量代谢作用加强,一般为鱼类摄食或活动旺盛<sup>[19]</sup>,与试验中观察到鸭绿沙塘鳢成鱼在白天相对较静止,夜间活动和进食较频繁,具有潜伏式捕食的习性一致<sup>[20]</sup>。稚幼鱼日均耗氧率高于夜均耗氧率,最大耗氧率出现在夜间,可知其在白天和夜里活动旺盛,这可能与其饵料丰富(稚幼鱼多以浮游动物,昆虫幼虫为食<sup>[1]</sup>)及发育时期相适应。在目前鱼类的代谢与饵料研究方面,Muir 等证明了饵料与夏威夷汤鲤 (*Kuhlia sandvicensis*) 的耗氧有关<sup>[21]</sup>,Jobling 在实验中研究鳎 (*Pleuronectes platessa*) 的能量代谢与饵料有关<sup>[22]</sup>,Lucas 也得出饵料与斑马鱼 (*Brachydanio rerio*) 代谢有关<sup>[23]</sup>。

本实验中,测得鸭绿沙塘鳢的耗氧率和氨氮排泄率具有明显的昼夜变化规律。各种不同规格鱼最高耗氧率均在夜间,与耗氧率相对应,其氨氮排泄率也在夜里达到最大(小规格除外);其中大规格鸭绿沙塘鳢[(66.72±8.30)g]与朱永安<sup>[24]</sup>报道的沙塘鳢(受试鱼捕自长江中上游支流中,48.25g)昼夜节律基本一致;其中与沙塘鳢夜间的耗氧率[0.0844 mg/(g·h)]相比,大规格鸭绿沙塘鳢夜间的耗氧率[(0.1082±0.0655)mg/(g·h)]略高;大规格鸭绿沙塘鳢出现最高耗氧率时间(0:30)与沙塘鳢的最高耗氧率出现时间(23:30)相同,但大规格鸭绿沙塘鳢的最高耗氧率[(0.2070±0.0051)mg/(g·h)]高于沙塘鳢的最高耗氧率[0.1002 mg/(g·h)];大规格鸭绿沙塘鳢白天的耗氧率[(0.0744±0.0156)mg/(g·h)]与沙塘鳢白天的耗氧率[0.0724 mg/(g·h)]相近;大规格鸭绿沙塘鳢最低耗氧率出现时间(4:30)与沙塘鳢的最低耗氧率出现的时间(9:30)不同,同时大规格鸭绿沙塘鳢的最低耗氧率[(0.0351±0.0047)mg/(g·h)]低于沙塘鳢的最低耗氧率[0.0524 mg/(g·h)],出现此现象的原因可能是试验用鱼的种和发育时期不同有关,也可能与研究条件不同有关。

在研究中还发现,大规格的最大耗氧率出现时间(0:30)和最大氨氮排泄率时间(0:30)相同,而中规格最大耗氧率出现时间(0:30)与中规格最大氨氮排泄率出现时间(4:30)并不在同一时间,具有一定的滞后性;同时,中规格最低耗氧率出现时间(10:30)和小规格的最低耗氧率出现时间(4:30)却与中规格最低氨氮排泄率出现时间(10:30)和小规格的最低氨氮排泄率出现时间(4:30)均在同一时间。因此在规模化养殖过程中,应考虑不同规格鸭绿沙塘鳢的耗氧率和氨氮排泄率的昼夜节律,对不同规格的鸭绿沙塘鳢进行分级饲养,科学化养殖。

### 3.2 水温、体重对鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率影响

鱼类体温随水温的变化而变化,从而影响鱼体内的新陈代谢,水温与耗氧率之间的密切关系早已为许多学者证实<sup>[25-26]</sup>,在一定范围内,水温与耗氧率呈正相关,与耗氧率相对应,其氨氮排泄率也随体温的增加而增加,呈正相关,与本研究得出水温和耗氧率、氨氮排泄率关系一致。

但王佳喜<sup>[27]</sup>等研究得出,在适宜范围内,美国大口胭脂鱼的耗氧量与水温不呈正相关,而是呈规律性变化。

研究证明鱼的耗氧率与体重呈负相关<sup>[28]</sup>,本研究中也得出鸭绿沙塘鳢耗氧率与体重呈负相关,与耗氧率相对应,氨氮排泄率均与体重呈负相关。有研究证明:鱼体维持生命的多种组织(肾、脑、生殖腺、鳃、肠等)每克(湿重)每分钟的耗氧量较高;而非直接维持生命的多种组织(骨骼、肌肉、脂肪等)每克(湿重)每分钟耗氧量较低,稚幼鱼以第一类组织所占比例高,而成鱼以第二类组织所占比例高,第一类组织所占比例则相对低,由此得出,稚幼鱼相对耗氧率较大。同时鱼类耗氧率变化规律与鱼体生长发育也相关,在胚胎和幼鱼阶段,经组织分化、器官形成,发育生长迅速,新陈代谢旺盛,对水中溶氧需求量大,因而耗氧率也大<sup>[28]</sup>,这也解释了大规格鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率均低于小规格鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率的研究结论。

### 3.3 鸭绿沙塘鳢临界窒息点

现有报道中,体重与鱼类临界窒息点主要有:体重与鱼类临界窒息点呈正相关类型,即鱼类临界窒息点随体重增加而增加<sup>[29]</sup>;体重与鱼类临界窒息点呈负相关类型,即鱼类临界窒息点随体重增加而减小<sup>[27]</sup>两种类型。本研究得出的鸭绿沙塘鳢临界窒息点与体重的结论与文献报道沙塘鳢体重与临界窒息点结论一致<sup>[24]</sup>,即体重与临界窒息点呈负相关。本研究得出,在(13±0.5)℃水温条件下,不同规格鸭绿沙塘鳢[(1.78~66.72)g]的临界窒息点为0.29~0.13 mg/L,与相近体重和相近水温条件相比,低于半滑舌鳎(14℃,体重31.29~63.34g)临界窒息点(0.83~0.87 mg/L)<sup>[30]</sup>、史氏鲟(10~15℃,体重9.86~10.50g)临界窒息点(1.00~1.15 mg/L)<sup>[31]</sup>、美国金鳟(13℃,体重1.74~2.54g)临界窒息点(1.22 mg/L)和道氏虹鳟(13℃,体重1.80~5.07g)临界窒息点(1.55 mg/L)<sup>[32]</sup>,说明鸭绿沙塘鳢对低溶氧的耐受能力较强。虽然用室内呼吸室法测得的耗氧率可以反映鱼类新陈代谢规律、生理和生活状况,但仅可做为实际生产中的参考数据<sup>[33]</sup>,与池塘养殖条件还有一定的差别<sup>[34-35]</sup>,因此有必要对鸭绿沙塘鳢耗氧率和氨氮排泄率做进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 解玉浩,李文宽,解涵. 东北地区淡水鱼类[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2007, 399—401.
- [2] 伍汉霖,吴小清,解玉浩. 中国沙塘鳢属鱼类的整理和一新种的叙述[J]. 上海水产大学学报, 1993, 2(1): 52—61.
- [3] 任岗,章群. 中国沙塘鳢属鱼类线粒体 12S rRNA 基因序列分析[J]. 水生生物学报, 2007, 31(4): 473—478.
- [4] 蒋云峰,王小一,史建国. 鸭绿沙塘鳢的池塘养殖技术初探[J]. 渔业致富指南, 2007, 20: 45—46.
- [5] 王声权,巴桂香,史建国,等. 鸭绿沙塘鳢人工繁殖技术的研究[J]. 北京水产, 2006, (1): 10—12.
- [6] 王吉桥,史建国,姜玉声,等. 鸭绿沙塘鳢繁殖习性的观察及性腺发育周期的组织学研究[J]. 水产科学, 2008, 27(8): 379—385.
- [7] 王吉桥,徐丽,李文宽,等. 鸭绿沙塘鳢消化系统发育的组织学观察[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(1): 98—105.
- [8] 王吉桥,许重,程骏驰,等. 鸭绿沙塘鳢仔鱼、稚鱼和幼鱼的形态观察[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(2): 207—212.
- [9] 王吉桥,程骏驰,许重,等. 盐度对鸭绿沙塘鳢幼鱼存活和生长的影响[J]. 水产学杂志, 2007, 20(1): 1—8.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 18654. 8—2008. 养殖鱼类种质检验, 第 8 部分: 耗氧率与临界窒息点的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008, 1—5.
- [11] 国家环境保护局. GB/T 7489—1987. 水质溶解氧的测定碘量法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987, 124—129.
- [12] 国家环境保护总局,水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002, 276—281.
- [13] Colt J E, Armstrong D A. Nitrogen toxicity to crustaceans fish and molluscs[C]// Allen L J Kinney E C. Proceedings of Bio-Engineering Symposium for Fish Culture Washington Fish Culture Section of the American Fisheries Society (FCS Publication 1), Bethesda Maryland 1981; 34—47.
- [14] Knoph M B. Gill ventilation frequency and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to high ammonia levels in seawater[J]. Water Res 1996, 30(4): 837—842.
- [15] Smart G. Investigations of the toxic mechanisms of ammonia to fish—gas exchange in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) exposed to acutely lethal concentrations[J]. J Fish Biol 1978, 12: 93—104.
- [16] Cho C Y, Bureau D P. Development of bioenergetic models and the Fish-PFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture[J]. Aquat Living Resour 1998, 11: 199—210.
- [17] Kaushik S J. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids[J]. Aquat Living Resour 1998, 11(4): 211—217.
- [18] 乔德亮,李思发,凌去非,等. 白斑狗鱼耗氧率和窒息点研究[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(2): 202—206.
- [19] Clausen R G. Oxygen consumption in freshwater fishes[J]. Ecology 1936, 17(2): 216—226.
- [20] 徐忠源,王新荣,骆小年,等. 不同开口饵料对鸭绿沙塘鳢仔鱼生长性能的影响[J]. 水产学杂志, 2010, 23(1): 28—31.
- [21] Muir B S, Nimi A J. Oxygen consumption of the euryhaline fish *Aholehole* (*Kuhlia sandvicensis*) with reference to salinity, swimming and food consumption[J]. J Fish Res Board Can 1972, 29: 67—77.
- [22] Jobling M, Davies P S. Effects of feeding on metabolic rate and the specific dynamic action in plaice *Pleuronectes platessa* L. [J]. Fish Biol 1980, 16: 629—638.
- [23] Lucas M C, Priede I G. Utilization of metabolic scope in relation to feeding and activity by individual and grouped zebrafish *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan) [J]. J Fish Biol 1992, 41: 175—190.
- [24] 朱永安,王南明,杨德先. 沙塘鳢耗氧率与窒息点的测定[J]. 内陆水产, 2005, (9): 35—36.
- [25] 顾若波,徐钢春,闻海波. 花鱼骨耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(1): 118—122.
- [26] 张兆琪,张美昭,李吉清,等. 牙鲆鱼耗氧率、氮排泄率与体重及温度的关系[J]. 青岛海洋大学学报, 1997, 27(4): 483—489.
- [27] 王佳喜,胡少华,黄珍,等. 美国大口胭脂鱼苗种耗氧率和窒息点试验[J]. 淡水渔业, 1997, 27(6): 7—9.
- [28] 罗相忠,邹桂伟,潘光碧. 大口鲶耗氧率与窒息点的初步研究[J]. 淡水渔业, 1997, 27(3): 21—23.
- [29] 陈琴,章太卓,徐夏声. 黄颡鱼耗氧率与窒息点的初探[J]. 内陆水产, 2001, 26(3): 9—11.
- [30] 王资生,黄金田,彭斌. 半滑舌鳎耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 水产科学, 2004, 23(4): 3—7.
- [31] 宋苏祥,刘洪柏,孙大江,等. 史氏鲟稚鱼的耗氧率和窒息点[J]. 中国水产科学, 1997, 4(5): 100—103.
- [32] 牟振波,徐革锋,黄金善,等. 金鳊和道氏虹鳟耗氧率和窒息点的比较研究[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(3): 345—349.
- [33] Jobling M. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes—a short review[J]. J Fish Biol 1981, 18: 385—400.
- [34] Fivelstad S, Bergheim A, Kloften H, et al. Water flow requirements in the intensive production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): growth and oxygen consumption[J]. Aquacult Eng 1999, 20: 1—15.
- [35] Yager T K, Summerfelt R C. Effects of fish size and feeding frequency on metabolism of juvenile walleye[J]. Aquacult Eng 1993, 12: 19—36.