

条石鲷的耗氧率与窒息点研究

孙中之¹ 徐永江¹ 韩兵² 李娟¹ 柳学周¹ 曲建忠³ 兰功刚³

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²青岛市渔业技术推广站, 266071)

(³青岛忠海水产有限公司, 266414)

摘要 2008年4~8月, 采用 Winkler 法研究了 70 日龄(平均全长 37.68mm, 平均体重 1.07g)和 105 日龄(平均全长 65.71mm, 平均体重 5.58g)的条石鲷在不同温度(15、20 和 25℃)、不同盐度(20、25 和 30)下的耗氧率、窒息点及耗氧率昼夜变化。结果表明, 105 日龄组的相对耗氧率明显低于 70 日龄组, 但个体耗氧量明显高于 70 日龄组; 耗氧率随幼鱼体重的增加而相对减少。盐度一定时, 温度升高, 相对耗氧率和个体耗氧量都随之增大。盐度对 70 日龄幼鱼组的耗氧率影响显著($P < 0.05$), 对 105 日龄幼鱼组影响不显著($P > 0.05$)。盐度 25 左右、温度 20~25℃ 时是条石鲷苗种培育和生长的最适盐度和最适温度。条石鲷在温度 15~25℃、盐度 20~30 下的窒息点为 1.602 1~2.953 8 mg O₂/L, 窒息点随着个体的增大而降低; 温度、盐度对条石鲷窒息点的影响均不显著($P > 0.05$)。条石鲷耗氧率的昼夜变化明显, 白天的耗氧率平均为 0.945 9mg O₂/g·h, 夜间平均为 0.272 7mg O₂/g·h, 白天的耗氧率是夜间的 3~5 倍, 条石鲷白天代谢旺盛并持续到夜间 22:00 左右。

关键词 条石鲷 耗氧率 窒息点 昼夜变化

中图分类号 S959.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)05-0027-07

Study on the oxygen consumption rate and asphyxiation point of rock bream *Oplegnathus fasciatus*

SUN Zhong-zhi¹ XU Yong-jiang¹ HAN Bing² LI Juan¹
LIU Xue-zhou¹ QU Jian-zhong³ LAN Gong-gang³

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²Qingdao Fishery Technology Expansion Station, 266071)

(³Zhonghai Fishery Corporation Limited of Qingdao, 266414)

ABSTRACT Studies on the oxygen consumption rate, its diurnal variation and asphyxiation point of rock bream *Oplegnathus fasciatus* at different salinities (20, 25, 30) and temperatures (15℃, 20℃, 25℃) were carried out in Qingdao Zhonghai Fishery Corporation, Ltd. from April to August, 2008. The experimental fish were divided into two groups: 70d-old group at an

国家 863 计划项目 (2006AA10A414)、中央公益性科研院所基本科研业务专项经费项目和农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室项目共同资助

收稿日期: 2008-09-09; 接收日期: 2008-12-09

作者简介: 孙中之(1956-), 男, 副研究员, 主要从事渔具材料、人工鱼礁、繁育生物学与增殖技术研究, E-mail: sunzz@ysfri.ac.cn.

Tel: (0532)85821672

average body weight of 1.07g and an average body length of 37.68 mm; 105d-old group at an average body weight of 5.59g and an average body length of 65.71 mm. The results showed that relative oxygen consumption rate of 105d-old fish was significantly higher than that of 70d-old fish, while the asphyxiation point of the former was lower. The oxygen consumption rate of rock bream decreased as their body weight increase. Both relative oxygen consumption rate and individual oxygen consumption increased with the rise of water temperature when salinity was unchanged. The effect of salinity on oxygen consumption rate of 70d-old fish was significant ($P < 0.05$) whereas it was not significant for 105d-old fish ($P > 0.05$). The optimum salinity for growth of rock bream was 25, and the optimum temperatures were 20~25 °C. The asphyxiation point of rock bream were between 1.602 1 mg O₂/L and 2.953 8 mg O₂/L at different temperatures and salinities and it decreased with the increase in body weight. Neither salinity nor temperature had significant effects on which ($P > 0.05$). The oxygen consumption rate of the young fish was 0.945 9 mg O₂/g. h in daytime, which was about 3~5 times higher than the nighttime. Rock bream showed high metabolism rate till 22:00pm.

KEY WORDS Rock bream *Oplegnathus fasciatus* Oxygen consumption rate
Asphyxiation point Diurnal variation

条石鲷 *Oplegnathus fasciatus* 属鲈形目 Perciformes、石鲷科 Oplegnathidae、石鲷属 *Oplegnathus* (张春霖等 1955; 朱元鼎 1985; 孟庆闻等 1995), 为温热带近海鱼类, 自然分布于太平洋和印度洋沿岸, 日本、韩国沿海均有分布, 我国主要分布在黄海、东海和台湾海峡。条石鲷是一种具有观赏价值和较高经济价值的名贵海水鱼类, 近年来在我国已开始养殖, 养殖前景广阔。目前, 国内外学者对条石鲷的自然产卵、胚胎发育、早期生长发育和人工繁育技术等进行了研究并取得了较大进展 (柳学周等 2008; 全汉锋等 2007; 王健鑫等 2006; 常抗美等 2005; 辛 俭等 2005; Katsuyasu *et al.* 1997, Koh *et al.* 1992; Yoshikoshi *et al.* 1990)。鱼类大多数代谢活动都和氧的利用有关, 耗氧率直接或间接地反映新陈代谢规律、生理和生活状况 (乔德亮等 2005)。国内外一些学者对某些鱼种的耗氧率和窒息点进行了研究报道 (闫茂仓等 2007a, b; 关 健等 2006; 乔德亮等 2005; 陈松波等 2004; 王 波等 2003; 王艺磊等 2002; 谢 刚等 2002; 张兆琪等 1997; 董存有等 1992; 郑建民等 1991, 王建明等 1984; 张中英等 1982; 黄玉瑞 1975; 陈宁生等 1955; Clausen 1936), 但国内关于条石鲷耗氧率及窒息点的研究尚未见报道。随着条石鲷苗种生产和工厂化养殖的不断扩大, 如何有效满足鱼类的最佳生长环境, 提高育苗成活率和养殖效率成为当前需要解决的问题之一。2008年4~8月, 笔者在条石鲷人工育苗过程中对其耗氧率、窒息点以及耗氧率昼夜变化进行了实验研究, 揭示幼鱼对溶解氧的耐受性及耗氧变化规律, 以期为人工苗种繁育和养殖提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验用条石鲷幼鱼取自青岛忠海水产有限公司人工培育的健康苗种。选取健壮活泼、个体差异相对较小的同批次鱼苗用于实验。实验前各实验组的鱼苗在不同温度、盐度梯度组中驯化 24 h, 使其适应实验温度和盐度, 期间停止投喂。驯化期间水中溶氧保持在 5mg O₂/L 以上, pH 值 8.0~8.2。实验用水盐度用自然海水加淡水或者海水品配制而成, 精密盐度计 (±1%) 标定后使用。实验用 10 000ml 广口瓶 (40 个) 作为呼吸室; 孵化池 (1.8m×1.8m×1.2m) (3 个) 作为水浴水槽, 自动控温仪控制试验温度 (±0.5°C)。

1.2 方 法 与 设 计

1.2.1 密闭静水耗氧率测定

将实验鱼分为两组:70日龄组(平均全长 $37.68\text{ mm}\pm 0.54\text{ mm}$,平均体重 $1.07\text{ g}\pm 0.14\text{ g}$, $n=40$)和105日龄组(平均全长 $65.71\text{ mm}\pm 0.39\text{ mm}$,平均体重 $5.59\text{ g}\pm 0.64\text{ g}$, $n=40$)。设置3个温度梯度:15、20和 25°C 。3个盐度梯度:20、25和30。70日龄组每组8尾,105日龄组每组6尾。将驯化后实验鱼放入10000 ml的广口瓶中,适应2h后,以液体石蜡封口,开始计时,每2h取水样固定待测。每个试验水平设置两次重复,实验结束后,从瓶中取出幼鱼,用滤纸吸干鱼体表面水分,用电子天平(精度 $1/1000\text{ g}$)称重和游标卡尺测量全长。

1.2.2 密闭流水耗氧率昼夜变化测定

用10000 ml的广口瓶作为呼吸室,参照陈宁生等(1955)和王艺磊等(2002)的方法设置,呼吸器用橡皮塞密封后设进水管(插入瓶底部)和出水管(插入瓶口顶部),在进水口设置开关控制流水速度。封闭流水,观察昼夜耗氧率的变化。实验鱼全长 $63.87\text{ mm}\pm 5.90\text{ mm}$,体重 $4.78\text{ g}\pm 1.50\text{ g}$ ($n=15$)。实验水温 $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,盐度20。实验鱼放入呼吸器适应2h后,开始计时和测定进水口和出水口溶解氧,每隔2h取样1次。

1.2.3 窒息点测定

实验分组同1.2.1。以试验鱼出现半数死亡时的溶解氧含量作为窒息点。

1.2.4 溶解氧测定方法

溶解氧测定均采用Winkler法进行测定。实验数据处理:

$$(1) \text{ 封闭静水 } Q_0 = [V \times (A_1 - A_2)] / (W \times T)$$

$$Q_1 = [V \times (A_1 - A_2)] / (N \times T)$$

$$(2) \text{ 封闭流水 } Q_0 = [(B_1 - B_2) \times S] / W$$

$$Q_1 = [(B_1 - B_2) \times S] / N$$

式中, Q_0 为相对耗氧率($\text{mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$); Q_1 为个体耗氧量($\text{mg O}_2/\text{ind.} \cdot \text{h}$); V 为呼吸室容积(L); A_1 为实验开始时呼吸室水样溶解氧($\text{mg O}_2/\text{L}$); A_2 为某一时间后呼吸室水样溶解氧($\text{mg O}_2/\text{L}$); B_1 为水口溶解氧($\text{mg O}_2/\text{L}$); B_2 为出水口溶解氧($\text{mg O}_2/\text{L}$); W 为实验鱼体重(g); N 为实验鱼尾数(ind.); T 为测定时间(h); S 为呼吸室水流量(L/h)。

2 结果与分析

2.1 体重、温度和盐度对条石鲷耗氧率的影响

2.1.1 体重与耗氧率的关系

试验结果见表1。70日龄幼鱼组的相对耗氧率为 0.4522 ± 0.0302 ($\text{mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$) $\sim 1.2242 \pm 0.0472$ ($\text{mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$);105日龄幼鱼组的相对耗氧率为 0.2867 ± 0.0244 ($\text{mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$) $\sim 0.6661 \pm 0.0342$ ($\text{mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$)。70日龄幼鱼组的个体耗氧量为 0.5723 ± 0.1289 ($\text{mg O}_2/\text{ind.} \cdot \text{h}$) $\sim 1.2923 \pm 0.1326$ ($\text{mg O}_2/\text{ind.} \cdot \text{h}$);105日龄幼鱼组的个体耗氧量为 1.7200 ± 0.1743 ($\text{mg O}_2/\text{ind.} \cdot \text{h}$) $\sim 3.3313 \pm 0.1412$ ($\text{mg O}_2/\text{ind.} \cdot \text{h}$)。105日龄幼鱼组的相对耗氧率明显低于70日龄幼鱼组;而105日龄幼鱼组个体耗氧量明显高于70日龄幼鱼组。

2.1.2 温度、盐度与耗氧率的关系

从表1和图1a、b中看出,盐度一定时,随着温度的升高,70日龄幼鱼组和105日龄幼鱼组的耗氧率和个体耗氧量都随之升高,温度与耗氧率呈正相关关系。温度为 15°C 和 20°C 时对70日龄幼鱼组耗氧率影响显著($P < 0.05$); 15°C 时,温度对105日龄幼鱼组影响显著($P < 0.05$),而在 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时,温度对耗氧率的影响不显著($P > 0.05$),表明条石鲷的适宜生长水温应是 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。盐度对70日龄组的耗氧率影响显著($P < 0.05$),对105日龄组影响不显著($P > 0.05$),说明随着生长发育,条石鲷对盐度的适应范围变宽。从图1a和图1b看出,70日龄组幼鱼的最小耗氧率($0.4522 \pm 0.0302\text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$) 在温度 15°C 、盐度25的条件下;最大耗氧率($1.2242 \pm 0.0472\text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$) 在温度 25°C 、盐度30的条件下。105日龄幼鱼组的最小耗氧率($0.2867 \pm 0.0244\text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$) 亦为温度 15°C 、盐度25时,当温度 25°C 、盐度25时,耗氧率最大($0.6661 \pm 0.0342\text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$)。

表1 不同温度、盐度下条石鲷幼鱼的耗氧率

Table 1 Oxygen consumption rate of young rock bream at different temperatures and salinities

日龄 Days after hatching	温度 ($^{\circ}\text{C}$) Temperature	盐度 Salinity	平均体重 (g/ind.) Average weight	相对耗氧率 Q_r ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{h}$) Relative oxygen consumption rate	个体耗氧量 Q'_i ($\text{mgO}_2/\text{ind}\cdot\text{h}$) Individual oxygen consumption
70 日 龄	15	20	1.01 ± 0.10	0.59 ± 0.03	0.60 ± 0.15
		25	1.33 ± 0.06	0.45 ± 0.03	0.60 ± 0.15
		30	0.93 ± 0.05	0.92 ± 0.02	0.86 ± 0.13
	20	20	1.03 ± 0.11	1.08 ± 0.03	1.12 ± 0.18
		25	1.26 ± 0.02	0.69 ± 0.03	0.86 ± 0.14
		30	0.93 ± 0.11	0.95 ± 0.029	0.86 ± 0.14
	25	20	1.10 ± 0.10	0.94 ± 0.02	1.03 ± 0.12
		25	0.94 ± 0.11	0.68 ± 0.04	0.57 ± 0.13
		30	1.06 ± 0.04	1.22 ± 0.05	1.29 ± 0.13
105 日 龄	15	20	6.96 ± 0.54	0.39 ± 0.03	2.76 ± 0.10
		25	6.01 ± 0.17	0.29 ± 0.02	1.72 ± 0.17
		30	5.68 ± 0.10	0.30 ± 0.01	1.72 ± 0.14
	20	20	5.44 ± 0.16	0.44 ± 0.01	2.41 ± 0.19
		25	5.52 ± 0.12	0.42 ± 0.02	2.29 ± 0.13
		30	5.65 ± 0.32	0.59 ± 0.02	3.33 ± 0.14
	25	20	5.39 ± 0.38	0.53 ± 0.016	2.87 ± 0.19
		25	5.00 ± 0.63	0.67 ± 0.03	3.33 ± 0.13
		30	4.72 ± 0.59	0.63 ± 0.03	2.99 ± 0.15

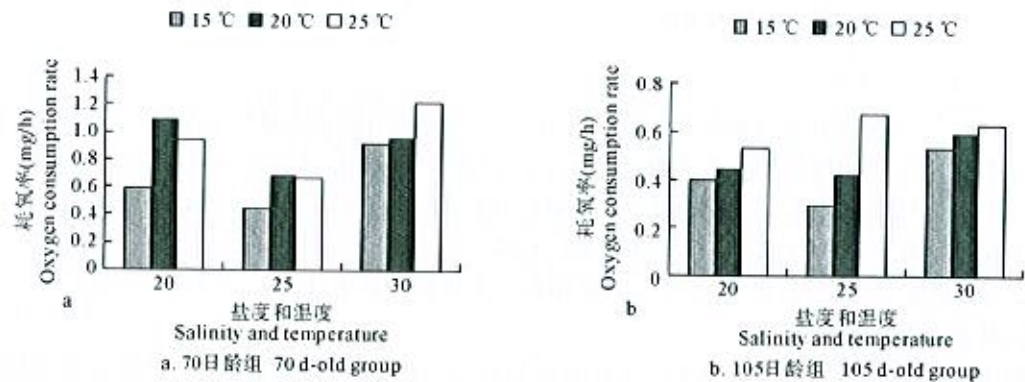


图1 不同温度和盐度下条石鲷的耗氧率

Fig. 1 Oxygen consumption rate of rock bream at different salinities and temperatures

2.2 条石鲷的窒息点

条石鲷幼鱼在不同温度、盐度下的窒息点为 $1.6021\sim 2.9538\text{ mg O}_2/\text{L}$, 其中70日龄组的窒息点为 $2.3384\sim 2.9538\text{ mg O}_2/\text{L}$; 105日龄组的窒息点为 $1.6021\sim 2.3385\text{ mg O}_2/\text{L}$; 105日龄组的窒息点低于70日龄组, 窒息点随着个体的增大而降低, 且在较短的时间内(2.6~5.5 h)到达窒息点; 70日龄组到达窒息点的

时间为 8~17.5 h(表 2)。

当呼吸室内水体溶解氧较高时,鱼在密闭静水呼吸室内自由游动,平静呼吸,随着时间推移,溶解氧含量下降,鱼开始急躁不安,上窜频繁,然后狂游几次,随之侧倒卧在瓶底,鳃盖张开,鳃丝充血,呼吸急促,数秒钟后呼吸停止。

表 2 不同水温、盐度下条石鲷幼鱼的窒息点

Table 2 Asphyxiation point of young rock bream at different temperatures and salinities

日龄 Days after hatching	水温(℃) Water temperature	盐度 Salinity	实验鱼数 Fish number	起始溶氧 (mg O ₂ /L) Initial DO	死亡 1 尾 溶氧 (mg O ₂ /L) DO at first death	1/2 死亡溶氧 (mg O ₂ /L) DO at 50% of mortality	1/2 死亡历时 (h) Time of half death	
70 日 龄	15	20	24	7.38	4.80	2.71	17.5	
		25	24	5.29	3.69	2.34	11	
		30	24	6.89	3.94	2.70	15	
	20	20	24	7.14	4.68	2.95	13.5	
		25	24	5.42	3.69	2.34	10	
		30	24	6.89	3.32	2.46	12	
		20	24	6.15	3.68	2.46	9	
		25	25	24	5.54	3.94	2.95	8
		30	24	6.65	3.69	2.83	8	
105 日 龄	15	20	18	6.28	3.08	1.85	5.5	
		25	18	5.17	2.58	2.09	3.5	
		30	18	6.40	3.45	2.34	4.5	
	20	20	18	6.52	2.34	1.72	5	
		25	18	5.45	1.72	1.60	3.2	
		30	18	6.67	2.09	1.72	4.2	
		20	18	5.78	2.10	1.97	2.8	
		25	25	18	5.45	1.99	1.70	2.8
		30	18	6.40	2.08	1.97	2.6	

2.3 耗氧率的昼夜变化

24 h 封闭流水实验观察昼夜耗氧率的变化试验结果见图 2。结果表明,条石鲷幼鱼耗氧率的昼夜变化明显,白昼(10:00~22:00)的平均耗氧率明显高于夜间(00:00~08:00)的耗氧率,14:00 和 22:00 时出现两个耗氧率峰值(1.085 6 mg O₂/g·h),白天的耗氧率平均为 0.945 9 mg O₂/g·h,而夜间的耗氧率平均为 0.272 7 mg O₂/g·h,白天的耗氧率是夜间的 3~5 倍,表明条石鲷白天代谢旺盛并持续到夜间 22:00 左右。封闭流水试验结束后,关闭进水口和出水口,计时观察,1h45min 后出现第 1 尾死亡,2h20min 后到达窒息点,窒息点溶解氧为 2.830 8 mg O₂/L。

3 讨论

3.1 条石鲷幼鱼耗氧率、窒息点与其他鱼类比较

条石鲷幼鱼相对耗氧率为 0.286 7~1.224 2 mg O₂/g·h、窒息点为 1.602 1~2.953 8 mg O₂/L;真鲷耗氧

率为 $0.285 \sim 1.524 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ 、窒息点为 $2.56 \sim 3.17 \text{ mg O}_2/\text{L}$ (董存有等 1992); 王艺磊等(2002)报道真鲷的耗氧率为 $0.1606 \sim 0.3505 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$; 郑建民等(1991)报道黑鲷的耗氧率为 $0.872 \sim 1.735 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$; 张兆琪等(1997)报道牙鲆的耗氧率为 $0.110 \sim 0.684 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ 、窒息点为 $0.64 \sim 1.32 \text{ mg O}_2/\text{L}$; 王波等(2003)报道犬齿牙鲆的耗氧率平均为 $0.1001 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ 、窒息点为 $0.747 \text{ mg O}_2/\text{L}$; 关健等(2006)报道半滑舌鳎的耗氧率为 $0.131983 \sim 1.000412 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ 、窒息点为 $1.0 \sim 2.1 \text{ mg O}_2/\text{L}$ 。将条石鲷的耗氧率、窒息点与其他常见养殖鱼类真鲷、黑鲷和牙鲆、犬齿牙鲆、半滑舌鳎进行比较可以看出: 在条件基本相同的情况下, 与真鲷、黑鲷的耗氧量及窒息点稍有差异, 但差异不大; 其明显高于牙鲆、犬齿牙鲆和半滑舌鳎的耗氧率及窒息点; 说明游动性鱼类需要的耗氧量较大, 并且窒息点也高于游动性较小的鲆鳎类。鱼类的耗氧率和窒息点具有种间和种内差异, 鱼类的呼吸代谢与个体大小、生存环境、生活方式、代谢类型及生理状况等多种因素有关, 因此很难做定量比较, 只能做定性的分析比较。

3.2 体重对耗氧率的影响

耗氧率是直接或间接反映鱼类新陈代谢规律、代谢水平、生理及生活状况的主要标志因素之一, 鱼类活动及摄食旺盛, 其耗氧率就大。一般研究认为, 鱼类耗氧量与体重呈正相关, 耗氧率与体重呈负相关, 在同种鱼中, 个体小的鱼耗氧率相对较高, 而个体大的鱼则相反, 这一规律在幼鱼阶段特别明显(乔德亮等 2005; 张中英等 1982)。关于鱼类相对耗氧率随个体体重的增加而减小的现象, 国内外学者有不同的解释。主要解释为: (1) 体重小的鱼和体重大的鱼相比较, 小鱼的鳃相对面积比大鱼的大, 因此小鱼耗氧率比大鱼高(王建明等 1984)。(2) 在鱼体内直接影响和维持生命的多种组织如脑、鳃、肝、肾、生殖腺、肝胰腺、肠道和内脏等, 它们每克湿重每分钟的耗氧率比较高, 而其他非直接维持生命的组织如骨骼、肌肉和脂肪等, 它们的耗氧率比较低。在以上两类组织中, 幼鱼阶段第一类组织的比例较高, 随着鱼体的生长第一类组织的比例逐步减小, 第二类组织的比例逐渐增大。个体小的鱼高耗氧率组织占的比例较大, 而个体大的鱼低耗氧率组织占的比例较大。因此, 在同种鱼中个体小的鱼耗氧率相对较高, 而个体大的鱼耗氧率相对较低(谢刚等 2002; 张中英等 1982)。(3) 控制活动代谢的酶总量的增长通常小于原生质的增长, 因此小鱼的代谢活动要比大鱼旺盛(黄玉瑶 1975)。本实验测得的结果表明, 105 日龄幼鱼组个体耗氧量明显高于 70 日龄幼鱼组, 105 日龄组幼鱼的相对耗氧率明显低于 70 日龄幼鱼组, 条石鲷幼鱼的个体越大, 个体耗氧量越大, 相对耗氧率较小, 耗氧率随幼鱼体重的增加而相对减少。个体耗氧量随个体体重的增加而增大, 呈正相关; 相对耗氧率随体重的增加而减少, 呈负相关。关于体重对条石鲷幼鱼耗氧率的影响原因, 作者倾向于上述第(2)种解释。

3.3 昼夜变化对耗氧率的影响

条石鲷幼鱼的昼夜节律变化对耗氧率影响显著。许多学者研究发现, 鱼类代谢水平的昼夜变化分为 3 种类型: (1) 白天耗氧率大于夜间; (2) 夜间耗氧率大于白天; (3) 昼夜差异不明显(王波等 2003, 张兆琪等 1997)。条石鲷属于第(1)种类型, 白天的耗氧率是夜间的 3~5 倍, 14:00 和 22:00 时出现两个耗氧率峰值 ($1.0856 \text{ mg O}_2/\text{g} \cdot \text{h}$), 耗氧率峰值出现时间与真鲷基本相似(董存有等 1992)。另外, 本试验用鱼为人工培育苗种, 白天早、中、晚 3 次投喂, 白天因摄食消化等活动耗氧高, 晚 22:00 后, 苗种摄入食物以消化过半, 耗氧降低。Clausen(1936)认为鱼类耗氧率有规律的昼夜变化, 代表鱼类在自然环境中的活动周期, 耗氧率高时表

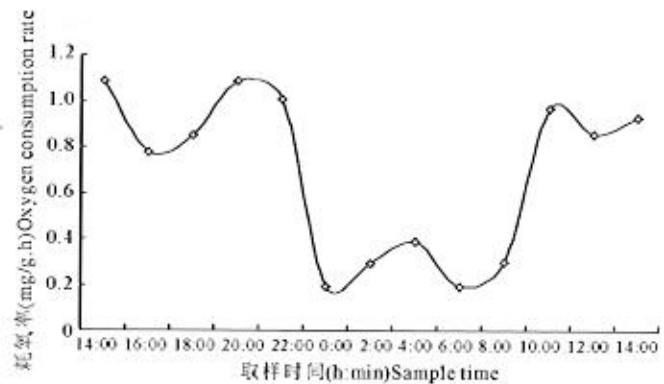


图2 条石鲷幼鱼耗氧率的昼夜变化

Fig. 2 Diurnal variation of oxygen consumption rate of young rock bream

示鱼类进食或进行其他活动。条石鲷的呼吸生理具有昼夜变化特性,其原因可能是该物种的长期演化而自然形成的特性;条石鲷耗氧率的昼夜变化说明,其主要在白天活动旺盛和进食,且代谢高峰持续到夜间 22:00 前后。实验中亦观察到,条石鲷白昼不停地游动,到了夜间,大多数个体呈悬浮状态,活动量大大减少。条石鲷夜间活动量小可能是夜间耗氧率较低的原因之一。耗氧率昼夜变化的实验结果与条石鲷摄食规律基本吻合,因此可以根据其变化规律合理安排投喂。

参 考 文 献

- 王 波,李继强,曹志海,孙庆霞,左言明,朱明远,毛兴华. 2003. 犬齿牙鲆幼鱼呼吸耗氧率的研究. 海洋科学进展, 21(3):325~330
- 王艺磊,张子平,张殿鹏,林利民,洪惠馨. 2002. 真鲷耗氧率的初步研究. 集美大学学报(自然科学版), 7(3):193~197
- 王建国,张玉书. 1984. 水温、鱼重对白鲫耗氧率影响的研究. 北京水产, 1:6~8
- 王健鑫,石 戈,李 鹏,刘美英,王日昕. 2006. 条石鲷消化道的形态学和组织学. 水产学报, 30(5):618~626
- 乔德亮,李思发,凌去非,殷建国,蔡晓琴,李岩平,何智杰. 2005. 白斑狗鱼耗氧率和窒息点研究. 上海水产大学学报, 14(2):202~206
- 全汉锋,肖治中. 2007. 条石鲷人工繁育技术研究. 台湾海峡, 26(2):295~300
- 关 健,柳学周,马学坤,孙中之,马 钰. 2006. 半滑舌鲷幼鱼耗氧率和窒息点的研究. 海洋水产研究, 27(2):80~86
- 朱元鼎. 1985. 福建鱼类志(下卷). 福州:福建科学技术出版社, 254~255
- 同茂仓,单乐州,邵鑫斌,蔡雪良,林志华,谢起浪. 2007a. 温度及体重对鲢鱼幼鱼耗氧率和排氮率的影响. 热带海洋学报, 26(1):44~49
- 同茂仓,单乐州,邵鑫斌,胡利华,蔡雪良,林志华. 2007b. 盐度和 pH 值对鲢鱼耗氧率和氮氮排泄率的影响. 台湾海峡, 26(1):85~91
- 张中英,胡 玫,吴福煌. 1982. 尼罗罗非鱼耗氧率的初步研究. 水产学报, 6(4):369~378
- 张兆琪,张美昭,李吉清,郑春波. 1997. 牙鲆鱼耗氧率、氮排泄率与体重及温度的关系. 青岛海洋大学学报, 27(4):483~489
- 张春霖,成庆泰,郑葆珊,李思发,郑文莲,王文滨. 1955. 黄渤海鱼类调查报告. 北京:科学出版社, 153~155
- 辛 俭,薛利建,毛国民,於海滨. 2005. 条石鲷的胚胎发育观察. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 24(1):31~36
- 陈宁生,施全芳. 1955. 草鱼、白鲢和花鲢的耗氧率. 动物学报, 7(1):43~58
- 陈松波,陈伟兴,范兆廷. 2004. 鱼类呼吸代谢研究进展. 水产学杂志, 17(1):82~89
- 孟庆闻,苏锦祥,缪学祖. 1995. 鱼类分类学. 北京:中国农业出版社, 734~756
- 郑建民,李加儿,区又君. 1991. 黑鲷 *Sparus macrocephalus* (Basilewsky) 稚鱼耗氧率的初步研究. 海洋通报, 10(4):47~51
- 柳学周,徐永江,王妍妍,吕永谦,曲建忠. 2008. 条石鲷的早期生长发育特征. 动物学报, 54(2):332~341
- 常抗美,毛建平,吴剑锋,张科杰. 2005. 条石鲷胚胎及仔稚鱼的发育. 上海水产大学学报, 14(4):401~405
- 黄玉瑶. 1975. 鲤鱼、白鲢、鳊鱼的鱼苗、鱼种耗氧率的研究. 动物学报, 21(1):78~87
- 董存有,张金荣. 1992. 真鲷窒息点与耗氧率的初步测定. 水产学报, 16(1):75~79
- 谢 刚,许淑英,祁宝嵩,叶 星. 2002. 卷口鱼耗氧规律的研究. 大连水产学院学报, 17(2):89~94
- Clausen, R. G. 1936. Oxygen consumption in freshwater fishes. Ecology, 17(2):216~226
- Katsuyasu, T., Motoaki, Y., Kenji, H. et al. 1997. Effects of feeding β -carotene supplemented rotifers on survival and lymphocytes proliferation reaction of fish larvae [Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and Spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*)]. Hydrobiologia, 358: 313~316
- Koh, J. N., and Kim, Y. U. 1992. Embryonic development and morphology of larvae and juveniles of parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). Bulletin of National Fisheries University of Pusan (Natural Sciences), 32(2):29~45
- Yoshikoshi, K., and Inoue, K. 1990. Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). J. Fish Dis. 13: 69~77