

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7083.2011.02.009

pH 值对厚颌鲂幼鱼的耗氧率及窒息点的影响

李代金¹, 黄辉¹, 谭德清^{2*}

(1. 西南大学荣昌校区水产系, 重庆荣昌 402460; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要:在密封式流水呼吸室内,对厚颌鲂 *Megalobrama pellegrini* 幼鱼在 pH 值分别为 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 和 8.5 试验用水条件下的耗氧率进行了测定。结果显示:厚颌鲂幼鱼耗氧率存在明显的昼夜变化,白天高于晚上,下午高于上午,夜间变化不大。不同 pH 值的平均耗氧率为 0.7135 mg/g·h,平均耗氧率最高是在 pH7.5 时,为 0.8665 mg/g·h,平均耗氧率最低是在 pH5.5 时,为 0.5397 mg/g·h。在密封式呼吸室内测定 pH 值在 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 和 8.5 试验用水条件下的厚颌鲂幼鱼的窒息点,分别为 1.3920、1.3067、1.1547、1.0683、1.0933、1.1733 和 1.2331 mg/L,平均窒息点为 1.2008 mg/L。

关键词: pH; 耗氧率; 窒息点; 厚颌鲂幼鱼

中图分类号: Q959.4; Q5 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2011)02-0178-04

Effects of pH on the Oxygen Consumption Rate and Ammonia Excretion Rate in Juvenile *Megalobrama pellegrini*

LI Dai-jin¹, HUANG Hui¹, TAN De-qing^{2*}

(1. Department of Fisheries, Rongchang Campus of Southwest University, Rongchang, Chongqing 402460, China;

2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 40072, China)

Abstract:The effect of different pH (5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, and 8.5) on oxygen consumption rate in juvenile *Megalobrama pellegrini* was measured in a sealed respiratory chamber. The results showed that the oxygen consumption rate (OCR) changed significantly during 24 hours, OCR during the daytime was higher than that at night, and higher in the afternoon than in the morning, but there was no significant difference during night time. The average OCR at different pH was 0.7135 mg/(g·h). The maximum average OCR was 0.8665 mg/(g·h) at pH 7.5, while the minimum average OCR was 0.5397 mg/(g·h) at pH 5.5. The asphyxial point (AP) of juvenile *Megalobrama pellegrini* was 1.3920, 1.3067, 1.1547, 1.0683, 1.0933, 1.1733, and 1.2331 mg/L at pH 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, and 8.5, respectively. The average AP was 1.2008 mg/L.

Key words: pH; oxygen consumption rate; asphyxial point; juvenile *Megalobrama pellegrini*

厚颌鲂 *Megalobrama pellegrini* 隶属于鲤科 Cyprinidae 鲃亚科 Culterinae 鲂属 *Megalobrama*, 俗称乌鳊, 仅分布于长江上游干流及支流中(丁瑞华, 1994; 陈宜瑜, 1998), 是长江上游江河中一种特有的经济鱼类, 也是长江上游名贵鱼类之一。pH 值是水生动物养殖中的重要因素之一, 当水的 pH 值变化超出适宜的范围时, 就会影响鱼类的新陈代谢、生长发育和呼吸等一系列生理过程, 甚至引起病变和死亡。水生动物耗氧率的高低不仅反映出动物在所处环境下的代谢强度和生理状况, 还直接影响到水中的溶氧状况。关于鱼类耗氧率和窒息点的测定, 国内外

学者进行了很多研究, 但对于厚颌鲂幼鱼在不同的 pH 值条件下的耗氧率及其窒息点未见报道, 本文研究了厚颌鲂幼鱼在不同的 pH 值条件下的耗氧率及其窒息点, 旨在为厚颌鲂的养殖环境选择及开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

试验鱼取自中国科学院水生生物研究所在四川省泸州市杨桥鱼种站的科研工作站人工繁殖的厚颌鲂幼鱼。选择鱼体健壮无损, 摄食正常的幼鱼为试

收稿日期: 2010-09-07 接受日期: 2010-09-27 基金项目: 中国长江三峡工程开发总公司生态与环境保护科研项目(0714091); 国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境项目(SX2007-019); 国家自然科学基金资助项目(50679095)

作者简介: 李代金(1963~), 男, 实验师, 从事水产养殖及鱼病防治的教学和科研工作, E-mail: ldildi@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: dqtan@ihb.ac.cn

验鱼。将鱼运回实验室后暂养于 98 cm × 45 cm × 38 cm 的水族箱中 1 周,平均体长 5.0 ~ 5.5 cm,鱼体重 1.2 ~ 1.7 g,平均体重 1.45 g。试验在西南大学荣昌校区水产系实验室进行,试验前停食 2 d,实验用水为曝气 48 h 以上的自来水,水温 28 ~ 28.5℃。

1.2 实验方法

1.2.1 试验用水的 pH 值调节 试验用水的 pH 值用氢氧化钠和盐酸进行调节,将氢氧化钠和盐酸配制成 1:5 和 1:20 的两种浓度,pH 值采用 PHS-ZC 精密酸度计测定,先用高浓度 1:5 药品溶液调节试验用水到接近设计的 pH 值,再用低浓度 1:20 药液调节到设计的 pH 值。试验用水的 pH 值现配现用,每一取样时段末测定并校正 pH 值。

1.2.2 耗氧率测定 耗氧率测定参考关键等(2006)的实验方法,在自制的密封式流水呼吸室中进行。利用水位差使水流先从高位贮水缸流入中位的水位稳定器和呼吸室,最后流入低位的集水器。呼吸室为实验的主要部分,系玻璃制成的圆柱瓶,容积 500 mL。瓶口用带有长短两根玻璃管的橡皮塞塞紧,短玻璃管为进水,长玻璃管为出水,在进、出水玻璃管处装有可开关的三通管,用于实验过程中取水样。为减少气温的影响,将水位稳定器和呼吸室置于水浴槽进行温度控制(28 ~ 28.5℃),呼吸室主体用黑色塑料纸包住遮光,以排除光照对试验鱼的生理活动影响。将试验用水的 pH 值调节为 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 和 8.5 共 7 组,每组设 4 个实验,其中 1 个为空白实验,在实验过程中不放鱼,测量系统耗氧率;另外 3 个为重复实验,在实验过程中放鱼,测量实验鱼的耗氧率。在 3 个重复实验中,随机抽取 6 尾停食 2 d 的厚颌鲂幼鱼移入呼吸室,塞紧橡皮塞,开始放入某一选择 pH 值试验用水,待鱼适应 2 ~ 4 h,呼吸平稳、活动自如后,开始在呼吸室进出水管的三通管处采集进、出口水样。每 2 h 取样 1 次,取 3 份水样,用 Winkler 碘量法测定溶氧,取平均值。每一取样时段末测定 5 min 的流量值,同时在集水器处收集全部出水,以校正流量,使流量控制在 550 ~ 630 mL/h。高位贮水缸的试验用水用充气泵充气,使呼吸室进水的溶解氧在 8 mg/L 以上,同时监测出水当时的水温(水温 28 ~ 28.5℃,用水银温度计)。试验连续进行 24 h 以上。试验结束后,立即擦干鱼体表水分,测量体长和体重(精确至 0.01 g)。鱼体的耗氧率按下列公式计算:

$$\text{耗氧率}(\text{mg}/\text{g}\cdot\text{h}) = [(A_1 - A_2) - (B_1 - B_2)] \times V/W$$

式中: A_1 、 A_2 为放鱼实验进、出水口的溶氧量(mg/L), B_1 、 B_2 为空白实验进、出水口的溶氧量(mg/L), V 为单位时间的流量(L/h), W 为鱼体重(g)。

1.2.3 窒息点测定 呼吸室为 1 L 玻璃瓶,将试验用水的 pH 值配制为 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 和 8.5 共 7 组,每组设 3 个重复实验,每个实验在呼吸室中放置 6 尾幼鱼。密封后开始计时,并观察窒息过程。当幼鱼 100% 死亡(全死)时,立即用虹吸法取 3 份水样,用 Winkler 碘量法测定水中的溶氧,取平均值。100% 死亡时 3 个重复实验的溶氧平均值即为窒息点。试验结束后,擦干鱼体表水分并测定体长和体重。

2 结果与分析

2.1 pH 值对厚颌鲂幼鱼耗氧率的昼夜变化

厚颌鲂幼鱼在不同 pH 值条件下,耗氧率的测定结果见图 1 和表 1。可以看出,厚颌鲂幼鱼的耗氧率有明显的昼间(7:00 ~ 19:00)和夜间(19:00 ~ 7:00)变化规律,昼间高于夜间,下午高于上午。pH 值为 5.5、6.0、8.5 与其余各组昼间的平均耗氧率差异显著($P < 0.05$);pH 值为 5.5 与 7.0、7.5 夜间的平均耗氧率差异显著($P < 0.05$)。

pH 值在 7.5 时,平均耗氧率最高,为(0.8665 ± 0.281)mg/g·h;pH 值在 5.5 时,平均耗氧率最低,为(0.5397 ± 0.204)mg/g·h;平均耗氧率大小顺序为:pH7.5 > pH7.0 > pH6.5 > pH8.0 > pH6.0 > pH8.5 > pH5.5。pH 值为 6.5、8.0 与各组的平均耗氧率差异均不显著($P > 0.05$);pH 值为 7.0 时与 5.5、8.5 之间的平均耗氧率差异显著($P < 0.05$);pH 值为 7.5 时与 5.5、6.0、8.5 之间的平均耗氧率差异显著($P < 0.05$);pH 值为 5.5、6.0、6.5、8.0、8.5 之间的平均耗氧率差异不显著($P > 0.05$)。

pH 值为 5.5、6.0、8.5 时,厚颌鲂幼鱼在昼夜间有 2 个耗氧高峰,两个高峰时的平均耗氧率分别为 0.8221、0.9085、0.8743 mg/g·h,昼间平均耗氧率分别为(0.6575 ± 0.146)、(0.7453 ± 0.127)、(0.7219 ± 0.158)mg/g·h,夜间平均耗氧率分别为(0.3748 ± 0.156)、(0.4334 ± 0.01)、(0.4337 ± 0.066)mg/g·h,日平均耗氧率分别为(0.5397 ± 0.204)、(0.6154 ± 0.189)、(0.6018 ± 0.193)mg/g·h。

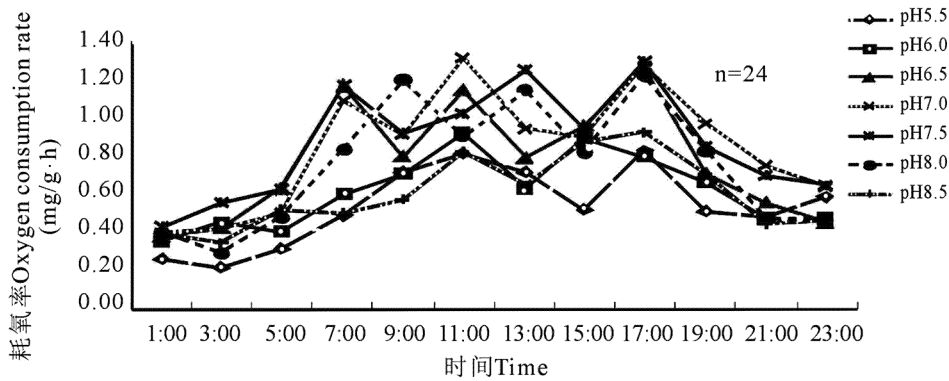


图 1 不同 pH 值对厚颌鲂幼鱼昼夜耗氧率的影响
Fig. 1 Effect of pH on oxygen consumption rate in diurnal of juvenile *M. pellegrini*

pH 值为 6.5、7.0、7.5、8.0 时,厚颌鲂幼鱼在昼夜间有 3 个耗氧高峰,3 个高峰时的平均耗氧率分别为 1.1921、1.2254、1.2039、1.1866 mg/g·h,昼间平均耗氧率分别为 (0.9758 ± 0.219)、(1.056 ± 0.173)、(1.0624 ± 0.174)、(0.9919 ± 0.185) mg/g·h,

夜间平均耗氧率分别为 (0.4898 ± 0.102)、(0.5441 ± 0.011)、(0.5921 ± 0.103)、(0.4245 ± 0.081) mg/g·h,日平均耗氧率为 (0.7733 ± 0.304)、(0.8427 ± 0.307)、(0.8665 ± 0.281)、(0.7555 ± 0.326) mg/g·h。

表 1 不同 pH 值下厚颌鲂幼鱼的平均耗氧率 (mg/g·h)
Table 1 Average oxygen consumption of juvenile *M. pellegrini* in different pH (mg/g·h)

时段 Period	pH5.5	pH6.0	pH6.5	pH7.0	pH7.5	pH8.0	pH8.5
昼间	0.6575 ± 0.146 ^a	0.7453 ± 0.127 ^a	0.9758 ± 0.219 ^b	1.0560 ± 0.173 ^b	1.0624 ± 0.174 ^b	0.9919 ± 0.185 ^b	0.7219 ± 0.158 ^a
夜间	0.3748 ± 0.156 ^a	0.4334 ± 0.01 ^{ab}	0.4898 ± 0.102 ^{ab}	0.5441 ± 0.011 ^b	0.5921 ± 0.103 ^b	0.4245 ± 0.081 ^{ab}	0.4337 ± 0.066 ^{ab}
日均	0.5397 ± 0.204 ^a	0.6154 ± 0.189 ^{ab}	0.7733 ± 0.304 ^{abc}	0.8427 ± 0.307 ^{bc}	0.8665 ± 0.281 ^c	0.7555 ± 0.326 ^{abc}	0.6018 ± 0.193 ^a

注:上标中不含相同字母的数值间存在显著差异 ($P < 0.05$)
Notes: Values with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$)

2.2 不同 pH 值厚颌鲂幼鱼的窒息点

呼吸室中最初的溶解氧均在 8 mg/L 以上,将呼吸室置于控温 (28℃) 水浴槽中,鱼在密封的呼吸室中均能平静呼吸,游动自如。随着水体中溶氧的消耗,鱼体开始躁动不安,呼吸频率加快。水中溶氧进一步减少时,鱼开始烦躁地上蹿下跳,肌肉出现颤抖,上下颌不断急促开合,慢慢地侧卧于瓶底,之后呼吸频率逐渐减慢,直至死亡。厚颌鲂幼鱼在不同 pH 值条件下全致死的溶氧浓度见表 2。由表 2 可知,厚颌鲂幼鱼窒息点最高的 pH 值为 5.5,溶氧浓度为 (1.3920 ± 0.115) mg/L,最低的 pH 值为 7.0,溶氧浓度为 (1.0683 ± 0.045) mg/L,平均窒息点为 1.2008 mg/L。pH 值为 6.5、7.0、7.5、8.0、8.5 之间的平均窒息点差异均不显著 ($P > 0.05$),pH 值为 5.5 时与 pH 值为 6.0、8.0 之间的平均窒息点差异不显著 ($P > 0.05$),但与其他各组的平均窒息点差异显著 ($P < 0.05$)。

表 2 不同 pH 值厚颌鲂幼鱼的窒息点
Table 2 The asphyxial point for the juvenile *M. pellegrini* in different pH

pH	实验鱼尾数 Fish number	平均体重 Average body weight (g)	全死溶氧 Do. of all death (mg·L ⁻¹)
5.5	6	1.41 ± 0.14	1.3920 ± 0.115 ^c
6.0	6	1.52 ± 0.12	1.3067 ± 0.046 ^{bc}
6.5	6	1.42 ± 0.16	1.1547 ± 0.112 ^{ab}
7.0	6	1.47 ± 0.11	1.0683 ± 0.045 ^a
7.5	6	1.49 ± 0.18	1.0933 ± 0.046 ^a
8.0	6	1.54 ± 0.15	1.1733 ± 0.122 ^{abc}
8.5	6	1.48 ± 0.19	1.2331 ± 0.114 ^{ab}

注:上标中不含相同字母的数值间存在显著差异 ($P < 0.05$)
Notes: Values with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 耗氧率的昼夜变化

鱼类耗氧率的昼夜变化代表着鱼类在自然环境中的活动状况,高耗氧率代表着鱼类进食或进行其他行为活动 (Clausen, 1936)。一般认为鱼类代谢水平的昼夜变化有 3 种类型:第一种是白天高于夜间,

这些鱼白天比夜间活动频繁,需较多的溶氧,如鲤鱼 *Cyprinus carpio*、白鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鳙鱼 *Aristichthys nobilis* (黄玉瑶, 1975); 第二种是夜间高于白天,这些鱼日均耗氧低于夜均耗氧,夜间活动频繁,如梭鲈 *Stizostedion lucioperca* (周志峰等, 2006)、大口鲶 *Silurus meridionalis* (罗相中等, 1997); 第三种是昼夜差异不明显,这些鱼白天和夜间耗氧差异不显著,如胭脂鱼 *Myxocyprinus asiaticus* (潘莹等, 2007)、鳊鱼 *Elopichthys bambusa* (万松良等, 2008)。本试验结果表明,在相同温度条件下,不同的 pH 值厚颌鲂幼鱼的代谢水平属于第一种类型,白天耗氧率处于较高的水平,夜间耗氧率较低,表明厚颌鲂鱼种白天进食和其他活动较频繁,需较多的溶氧量,夜间则相对较静止。因此,在厚颌鲂养殖生产中,应根据厚颌鲂鱼种昼夜变化规律和生产实际情况,设计合理的投食方案,在耗氧率较高的时段投食,有利于厚颌鲂鱼苗的摄食、生长和减少饲料浪费。

3.2 pH 值对耗氧率的影响

鱼类对水环境 pH 值均有一定的适应范围。环境 pH 值对鱼类生长、发育及代谢强度有很大影响,当 pH 值大于或小于一定范围时,鱼类的活动、摄食、代谢及其生长受到抑制 (王武, 2000)。吴常文等 (2005) 对杂交鲟 *Huso huso* ♀ × *Acipenser baeri* ♂ 研究表明,一定 pH 值的范围内杂交鲟耗氧率是随外界 pH 值的变化而变化的, pH 值越高杂交鲟耗氧率就越大,反之耗氧率就降低。在本试验中,当 pH 值在 5.5 ~ 7.5 时,厚颌鲂幼鱼的平均耗氧率随着 pH 值的升高而增加, pH 在 7.5 ~ 8.5 时,平均耗氧率随着 pH 值的升高而减少,与上述结果相似。pH 值为 6.5 和 8.0 时与各组的平均耗氧率差异均不显著 ($P > 0.05$); pH 值为 7.0、7.5 与 5.5、6.0、6.5、8.0、8.5 之间的平均耗氧率差异显著 ($P < 0.05$)。但这能否说明厚颌鲂幼鱼适宜的 pH 值为 6.5 ~ 8.0, 最适 pH 值为 7.0 ~ 7.5, 还有待进一步研究。

3.3 pH 值对窒息点的影响

鱼类在生活水域中,过高和过低 pH 值的水体均能刺激鱼类的鳃和皮肤的感觉神经,影响呼吸运动,使鱼类从水中摄氧的能力降低 (赵维信等, 1992)。本试验测得体重在 1.3 ~ 1.7 g 的厚颌鲂幼鱼,在温度为 28℃, pH 值为 5.5 ~ 8.5 的窒息点为 1.0683 ~ 1.3920 mg/L。pH 值的降低或升高对厚颌鲂幼鱼的窒息点均有影响。pH 值为 7.0 时窒息点最低为 1.0667 mg/L, 显著高于草鱼 *Ctenopharyng-*

odon idellus (0.24 mg/L)、鳊鱼 (0.19 mg/L)、白鲢 (0.26 mg/L)、青鱼 *Mylopharyngodon piceus* (0.63 ~ 0.89 mg/L) (陈宁生, 施琼芳, 1955; 叶奕佐, 1959) 等我国传统养殖的“四大家鱼”; 也高于中华倒刺鲃 *Barbodes sinensis* (0.47 mg/L)、白甲鱼 *Varicorhinus simus* (0.70 mg/L)、翘嘴鲌 *Culter alburnus* (0.43 ~ 0.57 mg/L)、黄颡鱼 *Pseudobagrus fulvidraco* (0.75 mg/L) 等江河鱼类 (孙宝柱等, 2010), 低于梭鲈 (1.3920 ~ 1.7650 mg/L)、真鲷 *Pagrosomus major* (1.55 ~ 1.65 mg/L) (董存有, 张金荣, 1992; 周志峰等, 2006)。厚颌鲂幼鱼的窒息点高于多数养殖鱼类,对水体的溶氧要求较高,因此在生产实践中,要密切注意水质的变化、鱼种的放养和运输密度的掌握。

4 参考文献

- 陈宁生, 施琼芳. 1955. 草鱼、白鲢和花鲢的耗氧率[J]. 动物学报, 7(1): 34 ~ 37.
- 陈宜瑜. 1998. 中国动物志硬骨鱼纲鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社: 200 ~ 208.
- 丁瑞华. 1994. 四川鱼类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社: 238 ~ 240.
- 董存有, 张金荣. 1992. 真鲷窒息点与耗氧率的初步测定[J]. 水产学报, 16(1): 75 ~ 79.
- 关键, 柳学周, 马学坤, 等. 2006. 半滑舌鳎幼鱼耗氧率和窒息点的研究[J]. 海洋水产研究, 27(2): 80 ~ 86.
- 黄玉瑶. 1975. 鲤鱼、白鲢、鳊鱼的耗氧率[J]. 动物学报, 21(1): 78 ~ 87.
- 罗相中, 邹桂伟, 潘光碧. 1997. 大口鲶耗氧率和窒息点初步研究[J]. 淡水渔业, (9): 3 ~ 5.
- 潘莹, 唐文乔, 张饮江. 2007. 胭脂鱼幼鱼的耗氧率及窒息点研究[J]. 淡水渔业, 37(6): 48 ~ 51.
- 孙宝柱, 黄浩, 曹文宣, 等. 2010. 厚颌鲂和圆口铜鱼耗氧率与窒息点的测定[J]. 水生生物学报, 34(1): 88 ~ 93.
- 万松良, 汪亮, 万珊, 等. 2008. 鳊鱼种耗氧率与窒息点的初步研究[J]. 水产科学, 27(6): 276 ~ 278.
- 王武. 2000. 鱼类增养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社: 53 ~ 75.
- 吴常文, 朱爱意, 赵向炯. 2005. 海水养殖杂交鲟耗氧量、耗氧率和窒息点的研究[J]. 浙江海洋学院学报, 24(6): 100 ~ 104.
- 叶奕佐. 1959. 鱼苗、鱼种耗氧率、需氧量、窒息点及呼吸系数的初步报告[J]. 动物学报, 11(2): 117 ~ 135.
- 赵维信. 1992. 鱼类生理学[M]. 北京: 高等教育出版社: 8 ~ 98.
- 周志峰, 凌去非, 陈罗明, 等. 2006. 梭鲈夏花鱼种耗氧率和窒息点的研究[J]. 水利渔业, 26(4): 10 ~ 11.
- Clausen RG. 1936. Oxygen consumption in freshwater fishes[J]. Ecology, 17(2): 216 ~ 226.