

49-54

长薄鳅耗氧率与窒息点的研究 Q959.468

邹桂伟 罗相忠 胡德高 潘光碧

(中国水产科学研究院长江水产研究所, 荆州 434000)

提 要 应用测定流水中溶氧量的方法, 测定了长薄鳅的耗氧率、耗氧量及窒息点。试验表明: 长薄鳅的耗氧率(Y')随鱼体重(W, g)的增加而降低, 而耗氧量(Y)则随体重增加而增大, 其关系式分别为: $Y' = 186.576 W^{-0.2943}$, $Y = 0.186 W^{0.7963}$ 。温度对长薄鳅的耗氧率有影响, 在 13-30℃ 范围内, 耗氧率随水温升高而逐渐增大。耗氧率的温度敏感区域是 13-23℃ 和 28-30℃, 而在 23-28℃ 范围内变化幅度较小, 标准代谢量变化也较少, 是长薄鳅生长的适宜温度。长薄鳅的耗氧率具有昼夜节律性, 耗氧高峰是在凌晨 2:00, 低谷是在下午 16:00 左右。其窒息点在小体重组(平均体重为 38-39g)为 0.94-1.06mg/L; 在大体重组(平均体重为 250-320g)为 0.62-0.70mg/L。

关键词 长薄鳅 耗氧率 窒息点

分类号 Q959.46

鱼类的耗氧量及其变动, 直接或间接地反映出它们的新陈代谢规律, 反映它们的生理、生活状况, 这对研究鱼类的能量代谢、指导养殖生产中的合理放养和确定适宜的供氧条件有着重要意义。因此, 自本世纪 50 年代, 国内学者就开展过白鲢、花鲢和草鱼耗氧率研究^[1], 其后, 又有许多学者相继进行了鲤鱼、罗非鱼、银鲫等鱼苗、鱼种及成鱼耗氧率的测定^[2-4], 为这些常规养殖鱼类的生产实践提供了科学的理论依据。但迄今为止还未见有关鳅科鱼类耗氧规律的报道。

长薄鳅 *Leptobotia elongata* (Bleeker) 在分类学上隶属鳅科、薄鳅属, 是所有鳅科鱼类中生长最快、个体最大的一种, 常见个体 0.25-0.4kg, 最大个体可达 3kg, 主要分布在我国长江中上游江段及其通江的湖泊、水库中^[5]。它的体型酷似鲨鱼, 身体两侧及鳍条上具有鲜艳夺目的花纹, 具有极高的观赏价值, 在国内、国际市场上享有盛誉, 是一种既可观赏又可食用的名优经济鱼类, 但由于长薄鳅的特殊生态环境, 造成池塘养殖进展缓慢, 至今池塘驯化养殖尚未成功。为使得这一名优鱼类尽快转向池塘人工养殖; 作者于 1995 年对长薄鳅的耗氧、临界窒息溶氧等与鱼体重、水温等的变化关系作了详细研究, 试图提供长薄鳅供氧条件的生理生态学依据。

1 材料和方法

试验鱼取自长江宜昌江段, 体长为 148.0-350.1mm, 体重为 38.56-503.5g。试验鱼在实验室的水族箱中驯养 7-10d, 试验前停食 3d, 使鱼处于饥饿状态, 所有试验鱼均为健康正常的个体。

试验用水是经过充分曝气的自来水, pH 值为 7.4-7.8, 溶氧量在 5mg/L 以上。

耗氧率与耗氧量的测定, 仿照黄玉瑶^[3]流水密封装置, 稍有改进。呼吸室规格分为 89.18L。

和 28.44L 两种,可完全密封并能方便地排出呼吸室内的空气.试验前,先将鱼放在水族箱中暂养数小时,让其排空粪便.后将鱼放入呼吸室内,慢慢升(或降)到预定温度,让鱼在该温度下适应 2-3h,待鱼呼吸平稳,活动自如后开始采样.每隔 1h 测定 1 次流入水与流出水中的溶氧量,连续测定 6-8 次.采水样时记录水温和测定 pH 值,并测定 1h 内流经各呼吸室的流量(L/h),以流入水与流出水溶氧量之差,求得 1h 内试验鱼所有消耗的氧量(mgO_2/L),最后称取试验鱼重量并计数,求得单位时间、单位重量鱼的耗氧率 [$\text{mgO}_2/(\text{kg}\cdot\text{h})$] 和平均每尾鱼单位时间内的耗氧量 [$\text{mgO}_2/(\text{h}\cdot\text{尾})$],计算公式如下:

$$\text{耗氧率} = \frac{\text{流入水溶氧量} - \text{流出水溶氧量}}{\text{鱼体总重量}} \times \text{流量}$$

$$\text{耗氧量} = \frac{\text{流入水溶氧量} - \text{流出水溶氧量}}{\text{试验鱼总尾数}} \times \text{流量}$$

窒息点的测定系采用同一装置,将进出水同时切断,把试验鱼密封在呼吸室内,从死亡 1 尾时开始测定,直至全部窒息死亡.其间共计测定 3 次(即死亡 1 尾时溶氧,50% 死亡时溶氧,全部死亡时溶氧),用虹吸法取样,测定溶氧、pH 值和水温.

溶氧测定采用 Winker 氏法,pH 值用精密 pH 试纸比色测定.

2 结果

2.1 耗氧率与鱼体体重的关系

在水温 22-23℃ 时,对平均体长 $148.0 \pm 1.2\text{mm}$ 至 $350.1 \pm 7.1\text{mm}$ 、平均体重 $38.56 \pm 0.23\text{g}$ 至 $503.50 \pm 3.9\text{g}$ 范围内的长薄鳅,分 7 个体重组进行了鱼体大小与耗氧率关系的测定(表 1).由表 1 可见,长薄鳅的耗氧量随体重增加而增大,耗氧量与鱼体重成显著的正相关,关系式为: $Y = 0.186W^{0.7962}$ ($r = 0.9529$),式中 Y 代表耗氧量 [$\text{mg}/(\text{h}\cdot\text{尾})$],W 代表体重(g).长薄鳅耗氧率随体重增加而逐渐降低,耗氧率与体重成明显的负相关,关系式为 $Y' = 186.576W^{-0.2043}$ ($r = 0.8939$),式中 Y' 代表耗氧率 [$\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$],W 代表体重(g).

表 1 长薄鳅耗氧率与体重大小的关系¹⁾

Tab. 1 Correlation between oxygen consumption rate and body weight in *Leptobotia elongata*

实验鱼尾数 (尾)	平均体长 (mm)	平均体重 (g/尾)	平均耗氧量 [$\text{mg}/(\text{h}\cdot\text{尾})$]	平均耗氧率 [$\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$]
6	148.0 ± 1.2	38.56 ± 0.23	3.4075 ± 0.5183	88.37 ± 11.34
6	186.0 ± 0.8	55.24 ± 0.81	4.0412 ± 0.5602	73.16 ± 8.16
4	196.2 ± 1.4	77.50 ± 0.42	5.3898 ± 0.7774	69.55 ± 9.28
4	215.5 ± 1.5	110.50 ± 0.95	7.6223 ± 0.6356	68.98 ± 5.75
4	239.5 ± 1.7	182.50 ± 0.47	12.2727 ± 0.8563	67.25 ± 4.69
2	261.4 ± 1.4	250.62 ± 1.1	14.2904 ± 1.1903	57.02 ± 4.30
2	350.1 ± 7.1	503.50 ± 3.9	26.7886 ± 1.0845	53.20 ± 2.16

1) 水温 22-23℃; pH: 进水 7.7-7.8, 出水 7.4-7.6.

2.2 耗氧率与水温的关系

选用相近体重 110.5-122.5g 的长薄鳅,在水温 13-30℃ 范围内,选用 6 个试验组,进行温度对长薄鳅耗氧率与耗氧量影响试验,由表 2 和图 1 可见,耗氧率和耗氧量均与温度呈明显

的正相关,表现为外热动物的代谢类型.当水温低于 23℃ 或高于 28℃ 时,耗氧率与耗氧量变化较大,表明这两个区域是长薄鳅的温度敏感区,从标准代谢率水平的大幅度变化也可看出这一点.而在 23-28℃ 范围内,耗氧量和耗氧率增加幅度相对较小,标准化谢率的增幅也较小,表明长薄鳅在该温度区域内新陈代谢的异化作用上升较少,是有利于生长作用的适宜水温.

表 2 水温对长薄鳅耗氧率的影响¹⁾Tab 2 Effect of water temperature on the rate of oxygen consumption of *Leptobotia elongata*

水温 (℃)	实验鱼尾数 (尾)	平均体重 (kg/尾)	平均耗氧量 [mg/(h·尾)]	平均耗氧率 [mg/(kg·h)]	标准代谢率 ²⁾ [J/(kg ^{0.75} ·h)]
13	8	0.1105±0.0014	2.8305±0.1863	25.62±1.66	331.469±21.806
15	8	0.1105±0.0014	4.0248±0.3604	36.42±3.28	471.350±42.184
18	8	0.1105±0.0014	5.1214±0.3512	46.38±3.17	599.801±41.107
23	6	0.1105±0.0008	8.7278±0.4761	78.98±4.31	1022.123±55.726
28	5	0.1225±0.0011	9.8351±0.6274	80.29±5.12	1060.349±67.644
30	5	0.1225±0.0011	12.0728±0.5986	98.55±4.89	1301.634±64.539

1) 试验期间进出水平均 pH 值为 7.5-7.6;

2) 鳃耳值由耗氧量换算,即消耗 1mg 氧气相当于产热 20.097J;体重用 0.8 次方校正,以排除鱼体大小的干扰.

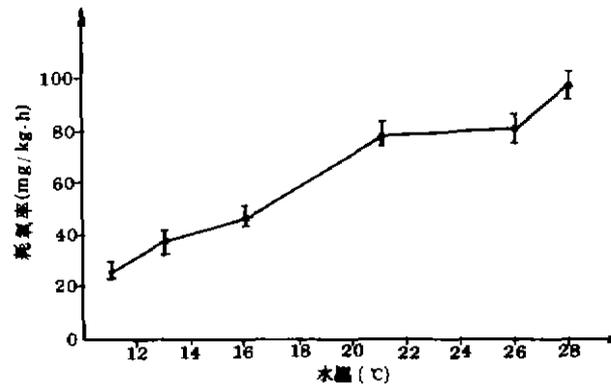


图 1 长薄鳅的耗氧率与水温的关系

Fig 1 Correlation between oxygen consumption rate and water temperature of *Leptobotia elongata*

2.3 窒息点与鱼体体重的关系

在平均水温为 22-24℃ 时,对平均体长分别为 148.0, 192.7, 225.5, 261.4, 312.8mm 的 5 组长薄鳅进行了窒息点试验,试验结果列如表 3. 由表 3 可见,长薄鳅的窒息点随着体重的增加而逐渐降低,也就是说个体越大,耐低氧能力越强.在最大体重组(320.0±2.8g)的耐低氧能力比最小体重组(38.0±0.2g)高 41.5%.长薄鳅的窒息点在小体重范围(38.0-59.0g)时为 0.94-1.06mg/L;在大体重范围(250.0-320.0g)时为 0.62-0.70mg/L.从表 3 还可以看出,当呼吸室内水中溶氧量为 0.70mg/L 左右时,大体重组的长薄鳅才刚开始死亡,而小体重组的长薄鳅几乎全部死亡.鱼类在窒息时的行为表现为:在呼吸室内焦躁不安,呼吸频率加快,到处乱窜,接近临界溶氧时,身体失去平衡,无力游动,最后翻肚死亡.

表 3 长薄鳅窒息点与鱼体体重的关系¹⁾Tab. 3 Correlation between asphyxiation point and body weight in *Leptobotia elongata*

平均体长 (mm)	平均体重 (g/尾)	试验鱼尾数 (尾)	临界溶氧量(mg/L)		
			窒息点	50%窒息	全部窒息
148.0±1.2	38.0±0.2	6	1.06±0.08	0.92±0.03	0.75±0.05
192.7±1.5	59.0±0.7	6	0.94±0.02	0.83±0.01	0.69±0.02
225.5±1.3	123.5±3.1	6	0.82±0.05	0.75±0.06	0.58±0.01
261.4±1.7	250.0±1.6	4	0.70±0.05	0.63±0.05	0.40±0.02
312.8±1.6	320.0±2.8	4	0.62±0.01	0.51±0.03	0.30±0.01

1) 水温 22-24℃; 2) 开始死亡 1 尾鱼时的溶解氧。

2.4 耗氧率的昼夜变化

在水温 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 时, 对 4 尾平均体重为 200g 的长薄鳅进行了耗氧率昼夜变化测定, 实验重复 3 次(图 2)。由图 2 可知, 长薄鳅的耗氧率存在着明显的昼夜变化, 耗氧高峰出现在 02:00 左右, 低谷出现在 16:00 左右, 高峰与低谷时的耗氧率差值为 $21\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。09:00-20:00 耗氧率变化较小, 而从 20:00 至次日 06:00, 变化较大。由此可见长薄鳅白天耗氧率较低, 夜间耗氧率较高, 说明其昼伏夜出, 这正为其生活在长江流水体中下层的生态习性所决定。

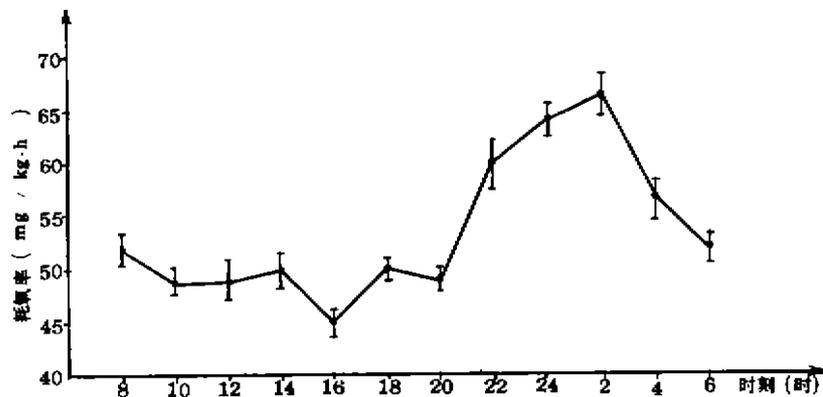


图 2 长薄鳅耗氧率的昼夜变化

Fig. 2 Daily changes of oxygen consumption rate in *Leptobotia elongata*

3 讨论

水体中溶解氧是鱼类生存和生长的重要条件之一。鱼类大多数代谢活动都与氧的利用有关, 鱼类的耗氧率在一定程度上反映了它的代谢水平。耗氧率随个体长大而下降, 是鱼类普遍存在的现象。何大力^[7]研究认为, 鱼体直接维持生命的多种组织, 如肾脏、脑、鳃等, 它们每克(湿重)每分钟耗氧量较高; 非直接维持生命的多种组织如骨骼、肌肉等, 每克每分钟耗氧量较低。两类组织在鱼的生长过程中所占比例不同, 幼鱼以第一类组织所占比例较高, 而骨骼、肌肉所占比例较少; 随着个体的生长发育, 第二类组织相对增长较快, 所占比例逐渐升高。因此幼鱼的耗氧率较高, 而个体较大的同种鱼类耗氧率则相对较低。但耗氧量却正好相反, 它是随着体重增加而增大, 黄玉瑶^[3]在研究鲤鱼、白鲢等的耗氧量与体重的关系时, 求得 b 值为 $0.84 -$

0.91; Brett^[8]在测定虹鳟的呼吸代谢率时,求得 b 值为 0.8; 大谷和示俟得出鲤鱼的 b 值为 0.67. 本文测得长薄鳅耗氧量与体重关系式中的 b 值为 0.7962, 与 Brett 的结果相近. 上述结果表明不同鱼类的耗氧规律存在着差异.

温度也是水体中一个重要的环境因子, 鱼类耗氧率的变化与水温密切相关. 试验结果表明, 无论是耗氧率还是耗氧量, 均随水温升高而增大, 并不受鱼体大小的影响. 当水温升到 30℃ 时, 长薄鳅耗氧率最高, 标准代谢率也达到最大值 1301.63J/(kg^{0.8}h), 与 13℃ 时相比, 增加近 3 倍多, 说明温度对鱼类的新陈代谢活动起着重要作用. 但在 23-28℃ 范围内, 耗氧率和标准代谢率变化不大, 表明长薄鳅比较适合在此温度区域内生长和生活, 这与它常年生活在奔流不息的长江水域天然生态水温较接近, 因此在生产实践中应尽量创造出这样一个温度区, 以使长薄鳅健康正常生长. 由于长薄鳅的最高忍耐水温只有 32℃, 故本实验没有进行 30℃ 以上水温对耗氧率影响试验.

研究鱼类的窒息点, 弄清鱼类对水中溶氧的最低需求量, 在养殖生产实践中是非常重要的. 本实验测得小体重长薄鳅的窒息点为 0.94-1.06mgO₂/L, 这比相近体重和水温条件下兴国红鲤的窒息点 0.25-0.32mgO₂/L 要高得多, 比草鱼、鳊鱼的窒息点 0.47-0.78mgO₂/L 也要高^[5], 这表明长薄鳅个体耐低氧能力较差, 对水中溶氧要求较高, 也许这是长薄鳅难以驯化的原因之一. 因此养殖生产上应对长薄鳅保证充足的溶氧量, 尤其是小规格的鱼种, 应经常加注氧量充足的新水, 以满足其正常生长发育所需耗氧量.

关于鱼类耗氧率的昼夜节律性问题, 不同的研究者得出的结论不同. Oya 和 Kimate 的实验结果表明, 幼鲤的耗氧率具有昼夜节律性; 费鸿年^[9]测定鲢鱼的耗氧率后指出: 鲢鱼呼吸生理的昼夜变化不受环境日光的影响; Clausen^[10]认为鱼类的耗氧率日夜间呈有规律的变化, 这种变化代表着鱼类在自然环境中的活动周期, 耗氧大的时期表示进食或者进行其它活动的时期. 本实验结果表明, 长薄鳅的耗氧率存在昼夜节律性, 从耗氧高峰与低谷时的耗氧量来看, 差别明显, 说明长薄鳅有明显的生理活动周期. 此外, 从本文结果得知, 长薄鳅一天中耗氧最大值是在 02:00 左右, 此时正是池塘中溶氧量较低的时刻, 因此, 在池养条件下养殖长薄鳅时, 夜里需注意及时增氧, 以满足代谢高峰时期所需要的氧量, 保证长薄鳅正常摄食和进行必要的生理活动.

致谢 本所计算机室的林康生副研究员帮助数据处理, 华中农业大学水产学院 96 届研究生梁拥军参加部分试验工作, 在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 陈宁生, 施球芳. 草鱼、白鲢和花鲢的耗氧率. 动物学报, 1955, 7(1): 43-58
- 2 叶奕佐. 鱼苗、鱼种耗氧率、能需量、窒息点及呼吸系数初步报告. 动物学报, 1959, 11(2): 112-135
- 3 黄玉璠. 鲤鱼、白鲢、鳊鱼的鱼苗、鱼种耗氧量研究. 动物学报, 1975, 21(1): 78-88
- 4 张中英等. 尼罗罗非鱼耗氧率的初步研究. 水产学报, 1982, 6(4): 369-377
- 5 仇潜如等. 主要淡水养殖鱼类种质研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 100-106
- 6 中国科学院水生生物研究所, 上海自然博物馆. 中国淡水鱼类原色图集. 上海: 上海科学技术出版社, 1982
- 7 何大力译. 鱼类生理学. 上海: 上海科学技术出版社, 1955
- 8 Brett J R. Some consideration in the study of respiratory metabolism in fish, particularly salmon. *J Fish Res Bd Can.* 1962, 19

(6):1025-1038

9 费鸿年译. 鱼类生理学. 北京: 科学出版社, 1962. 82-105

10 Clausen R G. Oxygen consumption in fresh water fishes. *Ecol.*, 1936, 17(2):216-226

The Asphyxiation Point and Oxygen Consumption Rate in *Leptobotia elongata* (Bleeker)

Zou Guiwei Luo Xiangzhong Hu Degao Pan Guangbi

(Changyang Fisheries Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Jinzhou 434000)

Abstract

The oxygen consumption rate and asphyxiation point of *Leptobotia elongata* (Bleeker) are studied by Krogh's method. The oxygen consumption rate (Y') of the fish decreases with the body weight increasing, while oxygen consumption (Y) increases with the body weight (W) increasing under water temperature 22-23°C. The regression line may be represented by the following equations respectively: $Y' = 186.576 W^{-0.2043}$ and $Y = 0.186 W^{0.7962}$. The water temperature affects rate of oxygen consumption in *Leptobotia elongata*, it increases gradually with water temperature rising at 13-30°C. Changes of oxygen consumption rate are bigger at the ranges of low temperature (13-23°C) and high temperature (28-30°C), but amount of increase in oxygen consumption rate and metabolism is relatively lower under water temperature 23-28°C.

Daily fluctuation of the oxygen consumption rate was also observed in the experiment. The oxygen consumption rate was the highest at 2:00 a. m., the lowest at 4:00 p. m. Asphyxiation point of the fish is 0.94-1.06mg/L when the body weight of the fish is 38-59g, 0.62-0.70mg/L when body weight is 250-320g.

Key Words *Leptobotia elongata* (Bleeker), oxygen consumption rate, asphyxiation point