

文章编号: 1004 - 7271(2007)02 - 0114 - 04

## 凡纳滨对虾瞬时耗氧速率和 体长及溶氧水平的关系

臧维玲<sup>1</sup>, 戴习林<sup>1</sup>, 罗春芳<sup>1</sup>, 汪秀铭<sup>1</sup>,  
施玉佳<sup>1</sup>, 徐桂荣<sup>2</sup>, 丁福江<sup>2</sup>

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090;  
2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

**摘要:**研究了在水温为 28 °C, 盐度为 5.5 的条件下, 凡纳滨对虾瞬时耗氧速率和体长及溶解氧水平的关系。共测定了 6 种不同体长(1.36 ~ 10.84 cm) 凡纳滨对虾的瞬时耗氧速率。结果表明, 凡纳滨对虾的瞬时耗氧速率  $V$  随时间的增加而降低, 两者之间存有良好的线性相关, 呼吸类型属于顺应型;  $V$  随水环境中溶解氧含量 DO 升高而增加,  $V$  与 DO 之间呈良好的线性相关;  $V$  随虾体长的增长而降低, 两者之间也具有良好的线性关系。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 瞬时耗氧速率; 体长; 溶解氧  
**中图分类号:** S 966.12; S 917      **文献标识码:** A

## The correlation between instantaneous rate of oxygen consumption of *Penaeus vannamei* and body length as well as dissolved oxygen level

ZANG Wei-ling<sup>1</sup>, DAI Xi-lin<sup>1</sup>, LUO Chun-fang<sup>1</sup>, WANG Xiu-ming<sup>1</sup>,  
SHI Yu-jia<sup>1</sup>, XU Gui-rong<sup>2</sup>, DING Fu-jiang<sup>2</sup>

(1. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;  
2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Company, Shanghai 201507, China)

**Abstract:** The correlation between instantaneous rate of oxygen consumption of *Penaeus vannamei* and body length as well as dissolved oxygen level was studied at water temperature 28 °C and salinity 5.5. Instantaneous rate of oxygen consumption of *Penaeus vannamei* with different body length (1.36 - 10.84 cm) was determined. The results were as follows: Instantaneous rate of oxygen consumption [ $V$ , mg/(g · h)] of *Penaeus vannamei* decreased with increasing time ( $t$ , h) and body length ( $L$ , cm) as well as decreasing dissolved oxygen content (DO, mg/L). There is correlation between  $V$  and  $t$ . The respiration type of *Penaeus vannamei* is the compliance type. There are linear correlations between  $V$  and DO,  $V$  and body length respectively.

**Key words:** *Penaeus vannamei*; instantaneous rate of oxygen consumption; body length; dissolved oxygen

收稿日期: 2006-05-16

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2003)第8-4号]

作者简介: 臧维玲(1938-), 女, 山东烟台人, 教授, 主要从事渔业水环境及其调控方面的研究。E-mail: wlzang@shfu.edu.cn

水环境中丰富的溶解氧含量是水生生物正常生长的必要条件,也是养殖生产获得成功的重要条件之一。通常,随着生物个体的增大,每一生物体的呼吸耗氧量也逐增。曾有资料报道了温度、盐度和溶氧量对某一体长凡纳滨对虾瞬时耗氧速率的影响<sup>[1-4]</sup>,也有关于凡纳滨对虾耗氧率与窒息点的报道<sup>[2,5]</sup>。了解生物体生长过程对溶解氧需求量的变化,可对养殖水环境进行合理的调控。例如若能了解虾类随体长增长对溶解氧消耗量的变化,便可了解不同体长虾类对溶氧量的需求情况。据此可合理地管理与调控养殖全过程中水环境中的溶解氧含量。这一点对于室内封闭式养殖尤为重要。因在室内封闭式养殖中,随养殖时间的延长,饲养生物逐步长大,同时水中残饵、粪便等物质的氧化分解耗氧量也日渐增强,为此必须据生物对溶氧量需求增加的演变情况以及水环境中耗氧因子的耗氧状况,采取相应措施,合理地调控水中溶解氧含量。本文研究了从养殖布苗的幼虾(1.36 cm)到成虾(10.84 cm)不同体长凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)的瞬时耗氧速率及其与体长、溶解氧含量的相关性,研究结果将为养殖生产水环境的溶解氧管理提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验用虾与试验用水

试验在上海申漕特种水产开发公司进行。试验虾养殖池为公司卤虫卵孵化池(2.3 m<sup>3</sup>),池水温度利用池底热水管控制为(28 ± 1) °C,按常规投喂人工配合饲料饲养。幼虾经暂养 15 d 以上作试验用虾。试验时先后选取大小均匀、健壮的 6 种不同体长[(1.36 ± 0.14) ~ (10.84 ± 0.17) cm]幼虾进行瞬时耗氧速率测定。各组试验虾基本情况列于表 1。暂养与试验用水均以深井水添加浓缩海水将盐度调配成公司饲养水盐度(5.5)。

表 1 试验虾平均体长与体重

Tab. 1 The average body length and body weight

组别	1	2	3	4	5	6
体长(cm)	1.36 ± 0.14	3.17 ± 0.35	6.18 ± 0.33	7.06 ± 0.51	9.66 ± 0.278	10.84 ± 0.17
体重(g)	0.022 5	0.366	2.51 ± 0.42	4.09 ± 0.85	10.03 ± 1.4	15.65 ± 0.77
尾数	1 000	74	10	11	8	8

### 1.2 试验设备与方法

测定瞬时耗氧速率容器为细口玻璃瓶(20 L),测定时瓶内注入 17 L 试验用水,插入用以采取测定溶氧水样的玻璃导管,将瓶置于恒温为 28 °C 的水浴塑料箱中。瓶水经充分曝气后,按幼虾个体大小不同分别放入不同尾数(8 ~ 1 000 尾)的饲养虾,以液体石蜡封盖水面后即抽取水样,以碘量法<sup>[6]</sup>测定初始溶氧含量。试验中据瓶水含氧量与试验虾运动等情况适时取样测溶氧量。试验过程中仔细观察、记录虾的活动与死亡情况,以导管触碰侧卧或仰卧的虾,若无反应视为死亡。记录每次取水样时间,据各次取样时间及水体中溶氧量的减少量求得虾的耗氧量、瞬时耗氧速率及其与时间以及溶氧量之间的关系。

## 2 结果与讨论

### 2.1 瞬时耗氧速率与时间的关系

将各体长组凡纳滨对虾瞬时耗氧量( $W_0$ , mg/L)与相应时间( $t$ , h)作回归分析处理,可发现  $W_0$  与  $t$  之间具有良好的相关性,两者的相关方程见表 2。经显著性检验,各方程均在  $\alpha = 0.01$  水平相关显著。

将上述 6 组方程微分( $dW_0/dt$ ),可得 6 组不同体长凡纳滨对虾瞬时耗氧速率 [ $V$ , mg/(g · h)] 与时间( $t$ , h)的相关方程式:

第1组:  $V=0.7812t^{-0.1920}$  第2组:  $V=0.7096t^{-0.04640}$  第3组:  $V=0.5788t^{-0.02520}$   
 第4组:  $V=0.2016t^{-0.5252}$  第5组:  $V=0.3773t^{-0.1276}$  第6组:  $V=0.2480t^{-0.1234}$

表2 凡纳滨对虾瞬时耗氧量与相应时间的相关方程式

Tab.1 The correlation equations of the content of consumed oxygen of *Penaeus vannamei* and correspondent time

组号	样本数(n)	瞬时耗氧量与时间相关方程式	相关系数(r)
1	10	$W_o=0.9668t^{0.808}$	0.9970
2	6	$W_o=0.7441t^{0.9536}$	0.9849
3	16	$W_o=0.5938t^{0.9748}$	0.9942
4	10	$W_o=0.4245t^{0.4748}$	0.9105
5	13	$W_o=0.4325t^{0.8724}$	0.9949
6	12	$W_o=0.5938t^{0.9748}$	0.9966

据6组方程所作V与t的关系(图1)。图1显示,除第1组外,其余5组虾在前2h内,V随t的延长呈较明显降低。之后随着时间的延长缓慢递降,臧维玲等<sup>[1]</sup>曾指出,中国明对虾瞬时耗氧速率随着时间的变化也具此特点。这一现象的实质是因随着时间的延长水中不断降低含氧量所致。其中体长最小的第1组[(1.36±0.14)cm]V随t延长较其它组迅速地降低,此表明此种体长幼小虾的耐低氧能力甚弱,当水中溶氧量较低时,其生理活动强度随之较快降低,以致瞬时耗氧速率也较快随之降低。可见在生产中,对于幼虾或幼鱼养殖池水溶氧的管理应特别注意。从图1还可发现,除第1、第4组外,虾的瞬时耗氧速率随体长增长而逐渐下降。董双林等<sup>[7]</sup>也曾指出,日本沼虾的耗氧率随体重增加而降低。蒋静南等<sup>[8]</sup>对不同体长刀额新对虾耗氧率测定结果发现,其耗氧率也是随体长增长而下降;在试验的前2h第1组的V值高于其余5组,但由于第1组虾的耗氧速率以较快的速度随时间下降,以致约在2~6.5h的试验时间内,其V值低于第2组,约在6.5h以后,甚至低于第3组。按理第4组受试虾体长[(7.06±0.51)cm]低于第5组[(9.66±0.278)cm]与第6组[(10.84±0.17)cm],其V值应高于后两组,但图1明显显示,此组虾的瞬时耗氧速率却低于第5、第6两试验组。可能由于该组受试虾蜕壳后尚未能得以恢复正常的生理代谢作用所致。

2.2 瞬时耗氧速率与溶氧量的关系

图2为6种体长虾瞬时耗氧速率[V,mg/(g·h)]与水中相应溶氧量(DO,mg/L)关系的散点图。图2表明,各体长虾的瞬时耗氧速率与水中溶氧量之间均存有良好的直线关系。相关系数为0.9347~0.9961,经显著性检验,各方程均在

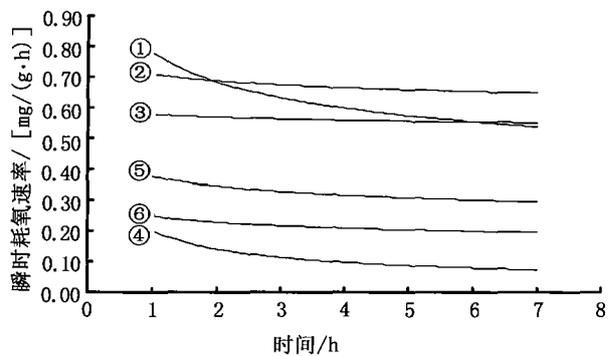


图1 不同体长凡纳滨对虾瞬时耗氧速率与时间的关系  
 Fig.1 The correlation between instantaneous rate of oxygen consumption of *Penaeus vannamei* and time

图中直线标号①~⑥表示体长为1.36~10.84cm的6个试验组。

①:  $V=0.7812t^{-0.1920}$ , ②:  $V=0.7096t^{-0.04640}$ ,  
 ③:  $V=0.5788t^{-0.02520}$ , ④:  $V=0.2016t^{-0.5252}$ ,  
 ⑤:  $V=0.3773t^{-0.1276}$ , ⑥:  $V=0.2480t^{-0.1234}$

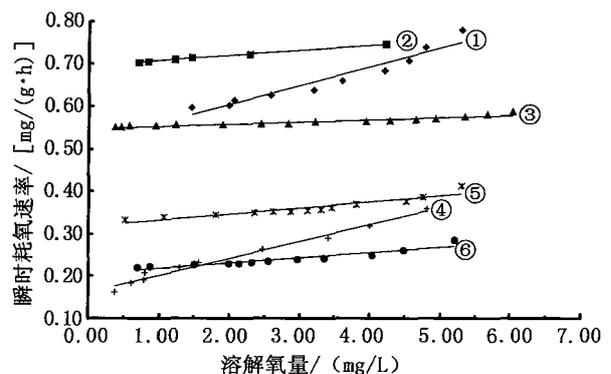


图2 不同体长凡纳滨对虾瞬时耗氧速率与溶氧量的关系

Fig.2 The correlation between instantaneous rate of oxygen consumption [V,mg/(g·h)] of *Penaeus vannamei* and dissolved oxygen content

图中直线标号①~⑥表示体长为1.36~10.84cm的6个试验组

$\alpha = 0.01$  水平相关显著。图 2 显示,各种体的长虾瞬时耗氧速率均随水中溶解氧含量的减少而明显降低,此与诸多报道的结论相一致。如臧维玲等<sup>[1]</sup>报道水温为 32 °C 时,中国明对虾瞬时耗氧速率随溶解氧含量降低而递减;在 27.5 ~ 30 °C 时测定刀额新对虾、中国明对虾、斑节对虾与日本对虾的耗氧速率<sup>[2]</sup>及在 26.9 ~ 35.5 °C 所测得的凡纳滨耗氧速率<sup>[4,5]</sup>均有此特点。但有些资料报道<sup>[3,4]</sup>,当在 25.5 °C 所测得的凡纳滨耗氧速率却随溶解氧含量的降低而升高。Fry<sup>[9]</sup>曾提出,鱼类耗氧速率随溶解氧含量增减而升降的呼吸类型属于顺应型。因此本试验的结果是凡纳滨对虾的呼吸类型属于顺应型,较多资料的报道较多种类对虾的呼吸型属于顺应型。王良臣等<sup>[10]</sup>指出,对虾的耗氧率常因个体大小、活动情况、水温与盐度的高低以及水中溶氧量的多少而变化,耗氧率随体重增大减少,随溶氧量的下降而增加。可见水生动物的耗氧速率与多种因素相关。从上述资料表明,对虾耗氧速率随溶解氧含量增减是升降还是增减尚需作更深入地研究。

### 2.3 凡纳滨对虾瞬时耗氧速率与体长具相关性

为更深入地了解凡纳滨对虾瞬时耗氧速率与体长的关系,将我国渔业水质标准中所规定的养殖水中,连续 24 h 内 16 h 溶解氧量应大于 5 mg/L 这一界限值代入  $V$  与  $DO$  相关性的诸方程式,可得 6 种体长虾的瞬时耗氧速率  $V$ ,图 3 为将各组求得的  $V$  值与相应的体长所作的散点图。图 3 表明,凡纳滨对虾瞬时耗氧速率 [ $V$ , mg/(g·h)] 与体长 ( $L$ , cm) 具有良好的线性相关,相关方程式与相关系数 ( $R$ ) 如下:

$$V = 0.8529 - 0.053L, R = 0.9385$$

该方程式的斜率 (0.8529) 及图 3 均表明,凡纳滨对虾的瞬时耗氧速率随体长的增加以较快速率下降。由图 3 可知,当水中溶解氧为 5 mg/L 时,试验中最大虾 [(10.84 ± 0.17) cm] 的瞬时耗氧速率仅为最小者 [(1.36 ± 0.14) cm] 的 36.3%。虽然幼虾的瞬时耗氧速率高于大虾,但每尾虾的耗氧量随个体增大而增大,这一现象是一般动物的共同特点。

可见,在养殖中,特别是在室内的封闭式高密度养殖中,维持水中丰富的含氧量是养殖成功与否的关键。

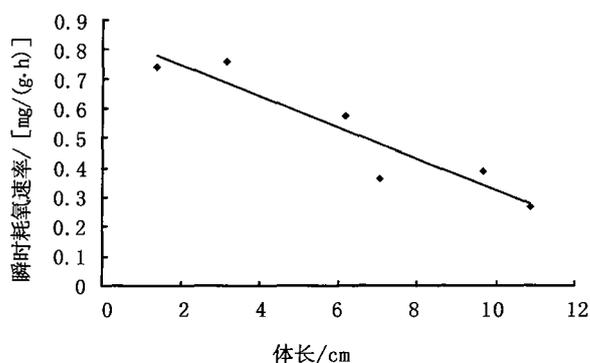


图 3 不同体长凡纳滨对虾瞬时耗氧速率与体长的关系

Fig. 3 The correlation between instantaneous rate of consumed oxygen of *Penaeus vannamei* and body length

### 参考文献:

- [1] 臧维玲,朱正国,戴习林,等. 中国明对虾瞬时耗氧率与海水比重计溶氧水平的关系[J]. 水产科技情报,1992,19(2):100-103.
- [2] Jiang J N. Study of oxygen consumption rate, CO<sub>2</sub> exhaust, respiratory quotient and tolerance to low dissolved oxygen in four shrimps species[J]. 湛江海洋大学学报,1999,19(1):10-16.
- [3] 崔莹,臧维玲,马海娟. 南美白对虾瞬时耗氧率与溶氧水平和海水盐度的相关关系[J]. 上海水产大学学报,2003,12(1):76-79.
- [4] 马海娟,臧维玲,崔莹. 温度对南美白对虾瞬时耗氧率与溶氧水平的影响[J]. 上海水产大学学报,2004,13(1):52-55.
- [5] 陈琴,陈晓汉,罗永巨. 南美白对虾耗氧率和窒息点的初步测定[J]. 水利渔业,2001,21(2):14-15.
- [6] 国家技术监督局. 海洋监测规范 海水化学要素观测 GB 1737.4—1998[S].
- [7] 董双林,诸南山,赖伟. 日本沼虾生理生态学研究:Ⅰ. 温度和体重对其代谢的影响[J]. 海洋与湖沼,1994,25(3):233-237.
- [8] 蒋静南,吴湛霞. 刀额新对虾耗氧率、呼吸商和窒息点研究[J]. 海洋渔业,1993,(2):63-66.
- [9] Fry F E H. The aquatic respiration of fish physiology of fishes [M]. New York: Academic Press, 1957:1-63.
- [10] 王良臣,刘修业. 对虾养殖[M]. 天津:南开大学出版社,1991:141-142.