

中国对虾育苗人工海水溶解 氧消长规律的初步研究*

臧维玲 方茂雷 姬宇新**

(上海水产学院)

水体中溶解氧的变化规律是对虾人工育苗中为人们所密切关注的水质问题之一。吴尚勳等^[4](1960)曾做过中国对虾从受精卵到无节幼体各期耗氧量的测定,而以后各期至今未发现有人作过测定,对于育苗中池水溶解氧的消长规律尚未见报道。为了进一步探讨并掌握对虾育苗过程中环境因子的变化规律,以达到科学地管理,保证育苗的顺利进行,我们在参加上海奉贤海水养殖场对虾育苗期间,就中国对虾(*Penaeus orientalis*)育苗人工海水溶解氧的消长规律作了初步研究,描述了池水耗氧速率的数学模式。

一、材料与方法

奉贤海水养殖场位于长江和钱塘江汇合处,自然海区盐度低,比重仅1.002—1.010,不宜育苗,因此育苗用水为奉贤盐场的盐卤与当地深井水配制而成。盐卤成份如表1。

表1 上海柘林盐场海水成份
(比重:1.0253)

成份	CaCO ₃	MgSO ₄	MgCl ₂	KCl	NaCl	Fe ₂ O ₃
含量 (克/千克)	0.117	2.541	3.302	0.518	30.182	0.003

1. 水样:实验水样为育苗池中的人工海水,虹吸出经80目筛绢过滤。所取幼体为水样池中所培育。

2. 水质分析:溶解氧测定用迭氮化钠-碘量法;pH测定用SJS-701型水质检测仪;有机物耗氧(COD)用碱性高锰酸钾法测定。

3. 水样的不同pH值用0.1NHCl和0.1N NaOH调节。

4. 水样不同溶解氧浓度调节:将池水充分曝气后,加入不同量的Na₂SO₃调之。

5. 池水耗氧速率的测定:从同一水样虹吸装满二个黑瓶,一瓶立即测定溶解氧初始浓度(C₀),另一瓶密封恒温t小时后测其余氧浓度(C_t)。池水平均耗氧速率以下式求得:

$$\bar{v} = \frac{C_0 - C_t}{t} \quad (\text{mg/L} \cdot \text{h}) \quad (1)$$

6. 对虾幼体耗氧量的测定:取同一水样虹吸装满二个黑瓶,其中一个盛有幼体,另一个仅有水样以作为对照。水样密封恒温t小时后测其含氧量。幼体耗氧量按下式计算:

$$U = \frac{(C_p - C_a)v}{M_t} \times 10^2 \quad (2)$$

或者:
$$U = \frac{C_p - C_a}{D_t} \times 10^2 \quad (3)$$

式中,U是幼体耗氧量(mg/100尾·h);C_p和C_a分别为t小时后盛有幼体和对照水样的含氧量(mg/L);M是水样中幼体总尾数;v是盛有幼体的黑瓶体积(L);t是时间间隔(h);D是水样中幼体的密度(尾/L)。

7. 池水中空气溶入和藻类光合作用产生氧量的测定:取同一水样放于两个黑瓶和一个白瓶内,密封黑白瓶各一个,白瓶置于光照下,另一黑瓶开口并置于黑暗条件下,恒温t小时后,分别测其余氧量。计算公式如下:

空气溶入氧平均速率 =

* 肖树旭副教授曾对本文及实验提出宝贵意见,特此致谢。

** 方茂雷、姬宇新为上海水产学院七八届毕业生。

$$\frac{C_a - C_t}{t} \text{ (mg/L} \cdot \text{h)} \quad (4)$$

藻类光合作用增氧平均速率 =

$$\frac{C_1 - C_t}{t} \text{ (mg/L} \cdot \text{h)} \quad (5)$$

式中, C_a 、 C_t 、 C_1 分别为 t 小时后开口黑瓶、密封黑与白瓶的含氧量 (mg/L); t 为时间间隔 (h)。

二、结果与讨论

(一) 主要理化因子对池水耗氧速率的影响

1. pH值: 实验表明, 当 pH 值在 7—9 之间时, 池水平均耗氧速率变化不大, 且在 7.5—8.2 时具有最大值 (如图 1 所示)。

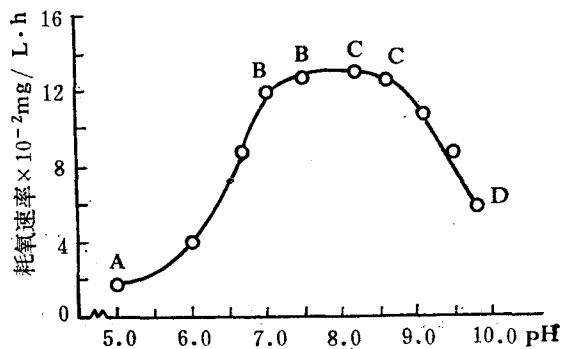


图 1 不同 pH 值下池水耗氧速率
 $T^\circ\text{C} = 22^\circ\text{C}$; $d = 1.020$; 原始氧
 7.3 mg/L (放置 10h); $\odot$ 为实
 测值。

由图 1 曲线可知, 在曲线 BC 段, 耗氧速率与 pH 值无关, 而在 AB 与 CD 段, 即 pH 值小于 7 而大于 8.5 时, 池水平均耗氧速率随 pH 的变化急剧下降。pH 在 7.5—8.2 为海水的正常 pH 范围, 也是一般海洋生物的最适 pH 条件, 对 pH 7—9 多数单细胞藻类也能适应^[1]。故实验结果是可以理解的。对虾幼体可适 pH 范围为 7.6—9.0^[2]。可见, 在对虾幼体最适 pH 范围内, 池水平均耗氧速率变化处于平稳状态, 且达最大值 (0.13 mg/L·h)。

2. 溶解氧浓度: 实验表明, 平均耗氧速率与溶解氧浓度有着显著的相关关系 (见图 2)。求得的溶解氧浓度与池水平均耗氧速率

之间的回归方程为:

$$\bar{v} = 0.1278e^{-0.8876/c} \quad (6)$$

式中, $\bar{v}$ 为池水平均耗氧速率 (mg/L·h); c 为池水溶解氧浓度 (mg/L); e 为自然对数底。

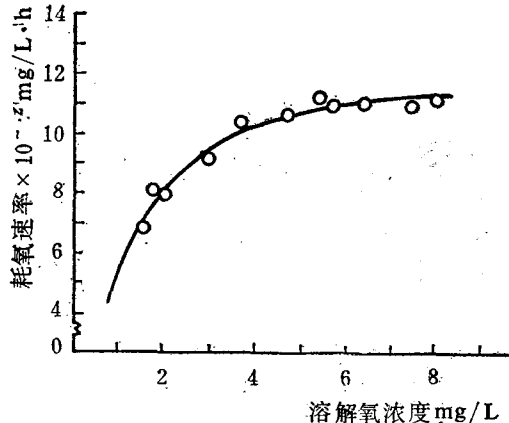


图 2 不同溶解氧浓度下池水耗氧速率
 $T^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$; $\text{pH} = 8.4$; $d = 1.020$ (放置
 6h); $\odot$ 为实测值; $\bar{v} = 0.1278e^{-0.8876/c}$ 。

随溶解氧浓度增加, 生物的呼吸作用加强, 有机物的分解反应也因此而加快, 池水耗氧速率随着增大。但当溶解氧浓度升至一定值, 生物的呼吸作用和有机物的分解反应几乎处于平衡状态, 因此池水的耗氧速率变化趋向平稳。图 2 表明, 溶解氧浓度对池水平均耗氧速率影响的临界值为 4 mg/L 左右。大于 4 mg/L, 平均耗氧速率趋向平稳状态; 小于 4 mg/L, 速率明显下降; 小于 2 mg/L 时, 速率则急剧下降。通常认为对虾幼体的耐氧下限为 4 mg/L 左右^[4]。可见, 在对虾幼体能够适应的溶解氧浓度范围内, 池水耗氧速率的变化已趋平稳。

3. 温度: 实验温度范围为 15—36°C, 池水平均耗氧速率随温度的变化曲线示于图 3。在 15—30°C 范围内, 池水平均耗氧速率随温度升高而明显上升, 30—36°C 则趋向平衡, 几乎以等速率消耗溶解氧。

根据 15—36°C 的温度范围所求得的池水平均耗氧速率与温度之间的回归方程为:

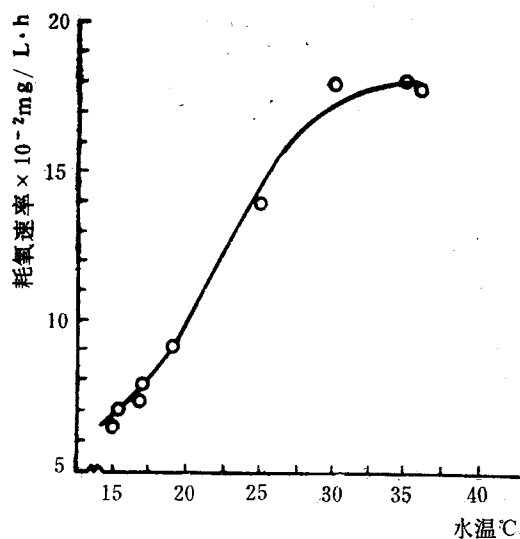


图3 不同温度下池水耗氧速率
 $\text{pH}=\infty.5$; $d=1.020$; 原始氧 7.5mg/L (放置 10h); $\bar{v}=0.0568+\frac{0.1265}{1+885.5e^{-0.3066t}}$;
 ○为实测值。

$$\bar{v}=0.0568+\frac{0.1265}{1+885.5e^{-0.3066t}} \quad (7)$$

式中, $\bar{v}$ 为池水平均耗氧速率 ($\text{mg/L}\cdot\text{h}$); t 为水温 ($^{\circ}\text{C}$); e 为自然对数底。

在实验温度范围内, 由 (7) 式计算值或据实值均可发现池水在不同温度范围内平均耗氧速率的变化是不均匀的。按 (7) 式求得的池水平均耗氧速率变化率可知, 耗氧速率增加最快的区间为 $18-26^{\circ}\text{C}$, 几乎为邻近区间的两倍 (见表2)。

对虾受精卵和幼体各发育阶段的适温范围为 $18-25^{\circ}\text{C}$ [2], 可见在对虾幼体适温范围内, 池水平均耗氧速率增加最快。

实验池水中, 主要生物为小新月菱形藻和原生动物, 它们是池水的主要耗氧因子。另外, 池水中有有机物和细菌的含量也较高。在适温范围内, 机体的呼吸作用通常随温度的升高而增

表2 不同温度范围内池水耗氧速率平均变化率

温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	15—18	18—26	26—30	30—36
平均变化率 ($10^{-2}\text{mg/L}\cdot\text{h}^{\circ}\text{C}$)	0.500	0.864	0.480	0.143

表3 中国对虾幼体耗氧量

发育期	受精卵	胚芽期	膜内N	N ₁	N ₂₋₃	N ₄₋₅	N ₆	Z ₁	Z ₁₋₂	Z ₂₋₃	M ₁₋₂	M ₂₋₃	P ₁₋₄	P ₅₋₇
水温 ($^{\circ}\text{C}$)					17.5	17.5	17.5	17	16	18	18	18	18	18
耗氧量	$\mu\text{g}/100\text{尾}\cdot\text{h}$				1.63	2.46	3.34	3.9	12.6	27.6	38.7	50.7	138.3 168.0	389.5 470.6
	相当于 $\mu\text{l}/100\text{尾}\cdot\text{h}$				1.14	1.72	2.34							
	吴值 (19°C) $\mu\text{l}/100\text{尾}\cdot\text{h}$			0.43	0.43	0.61	0.82	1.21	1.68	2.20				
递增率 (%)		0	41.9	34.4	47.6	50.9	28.0	16.8	223.1	119.0	40.2	31.0		

注: N₁ 以前耗氧量递增率由吴尚勳测得, 简称吴值; N₁ 以后由本实验结果求得。

强, 耗氧速率加大。小新月菱形藻生长繁殖的适温是 $15-25^{\circ}\text{C}$ 。但实验结果, 在低于 30°C 时, 池水平均耗氧速率随温度的增加而增加,

到 36°C 时仍未出现下降。这可能是光合作用的最高适温要比呼吸作用相应值低。当温度升高到光合作用最适点以上时, 代谢作用便受阻,

生长繁殖被抑制,不利于机体营养物质的积累,但呼吸作用还在随温度的增加而增加^[3]。温度升高有利于有机物的分解。当温度升到30℃时,池水中某些生物的呼吸作用可能较大程度地受到抑制,使池水平均耗氧速率变化趋于平缓。

(二) 对虾幼体耗氧量

由实验测知,对虾幼体平均耗氧量随生长发育的进行明显增加(见表3)。

表中所列我们的结果与N₁值相比,相应部分基本一致。表3表明,无节幼体的耗氧量均很少,因这时幼体尚无口器和消化器官,靠自身卵黄营养;个体和活动能力也很小,营漂浮生活,故代谢活动较弱,耗氧量不多。蚤状I期虽开始摄食,但因口器刚形成,消化系统也不完善,摄食能力差,仅滤食些浮游藻类,活动能力仍较弱,故耗氧量也不多。当幼体进入蚤状II期,消化系统进一步完善,开始捕食浮游动物,耗氧量显著增加。因此从蚤状I期到II期,耗氧递增率出现一个突跃(见图4)。因稚虾期所取样的发育期相差较大,故未计算其耗氧递增率。同时从实测值也可发现幼体进入仔虾期的耗氧量也是急剧增加。可见,仔虾的机体机能已相当强,代谢活动更加强化。

(三) 静止条件下育苗池水溶解氧的收支情况

表4 静止条件下育苗池水溶解氧收支情况

项 目 发 育 期	耗 氧 (mg/L·h)		增 氧 (mg/L·h)		幼体密度 (万尾/m ³)	备 注
	幼 体	池 水	光 合 作 用	空 气 溶 入		
N	0.0012—0.0033	0.060—0.120	0.175—0.305	0.03	100	光强: 3000— 5000Lux 藻类密度: 5—30 万个细胞/ml
Z ₁	0.0039					
Z ₂₋₃	0.0138	0.090—0.160			50	pH: 8.4—8.5
M	0.0078—0.0101		20		COD: 6.8—12.3	
P ₁₋₄	0.0159	0.100—0.200	0.332		10	初始氧 (对空气溶 入氧实验): 7.1—7.5mg/L
P ₅₋₇	0.0442					

从表4可知,池水耗氧是育苗过程中溶解氧的主要消耗者,而光合作用是主要增氧因子,通过水体表面气体交换的溶解氧增加率是十分缓慢的。当池水具有一定数量的藻类并予以光照的情况下,幼体密度以无节期和蚤状I期为100万尾/m³,蚤状II、III期为50万尾/m³,糠虾期为20万尾/m³,稚虾期为10万尾/m³计算,溶解氧的收入量均大于支出。

三、结 语

1. 在温度、pH、溶解氧浓度三种主要理化因子中,温度是影响育苗池水耗氧的主要因

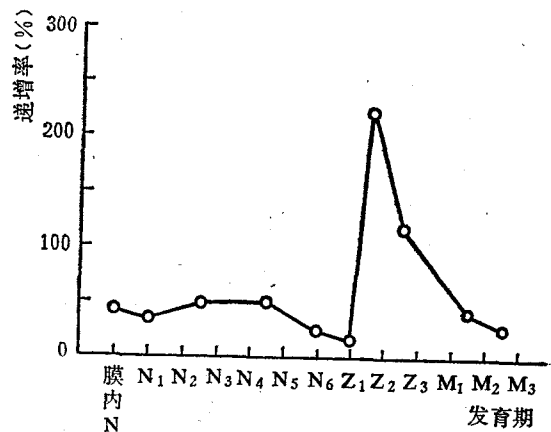


图4 幼体各期耗氧量递增率
(水温: 16℃—18℃)

子。

2. 对虾幼体所需的pH、溶解氧浓度和温度范围与池水高耗氧速率的条件基本一致,且pH7.6—9时,池水耗氧处于平衡状态,最大值达0.13mg/L·h。溶解氧浓度大于4mg/L时,池水耗氧速率变化趋向平稳;小于4mg/L时,明显下降;小于2mg/L时,急剧下降。平均耗氧速率与溶解氧浓度之间的回归方程为 $\bar{v} = 0.1278e^{-0.8876/c}$ 。池水温度在18—26℃之间时,耗氧速率增加最快,其平均变化率为邻近区间的1.7—1.8倍。平均耗氧速率与池水温度之间的回归方程为

$$\bar{v} = 0.0568 + \frac{0.1265}{1 + 885.5e^{-0.3066t}}$$

3. 对虾幼体的耗氧量随着发育期的进行明显增加,到Z₂期出现耗氧增加率的突跃。到P期耗氧也出现急剧上升现象。

4. 池水是对虾育苗中溶解氧的主要消耗者,其中藻类呼吸又是引起池水耗氧的主要因子。静止条件下,藻类的光合作用是溶解氧增加的主要因子。空气的溶入增氧是十分缓慢的。因此在对虾育苗期间,池水应育有适量的藻类,这对于保证饵料供应和维持池水一定的

含氧量、消除氨-氮是一可靠的措施。

5. 本实验在使用活生物饵料情况下测得池水耗氧量小于增氧量,但在对虾育苗期间,仍应给池水充气,这不仅可保证池水含有丰富的溶解氧,以供给池水与幼体耗氧需要,而且有利于虾苗摄食、生长发育及池中有机物的氧化分解,保持良好的水质。

6. 在对虾幼体适温范围内,池水虽然耗氧速率随温度的上升而增加,但育苗期间,最好使池水维持适温的上限,因在适温范围内提高温度可加速幼体及池中生物的生长繁殖。

参 考 文 献

- [1] 湛江水产专科学校主编, 1980。海洋饵料生物培养。农业出版社, 40—58页。
- [2] 国家水产总局黄海水产研究所, 1981。对虾人工养殖。科学出版社, 26—40页、46—50页。
- [3] 南京农学院等主编, 1980。植物学。上海科学技术出版社, 273—279页。
- [4] 张伟权等, 1980。影响对虾幼虫成活原因的初步商榷 II。理化环境因子对受精卵和各期幼虫的影响。海洋湖沼通报 2: 41—48。

PRELIMINARY STUDY ON THE RISE AND DECLINE OF THE DISSOLVED OXYGEN IN ARTIFICIAL SEAWATER FOR NURTURING PRAWN (*PENAEUS ORIENTALIS*) SEEDS

Zang Weiling, Fang Maolei and Ji Yuxin

(Shanghai Fisheries College)

Abstract

The changing mean velocities of the expended oxygen in artificial seawater used for nurturing prawn seeds are determined at pH (5.0—9.8), concentrations (1.56—7.98mg/L) of the dissolved oxygen and temperatures (15—36℃). The result shows that the expended oxygen is the highest, 0.13mg/L·h, if pH is most suitable. A correlation exists between the mean velocities of the expended oxygen, the concentration of the dissolved oxygen and the temperatures, and the regression equations are $\bar{v} = 0.1278e^{-0.8876/c}$ (mg/L·h), $\bar{v} = 0.0568 + \frac{0.1265}{1 + 885.5e^{-0.3066t}}$ (mg/L·h) respectively. The mean velocity of the expended oxygen tends to be stable if concentration of the dissolved oxygen and temperature are suitable.

The amount of expended oxygen in each larvae stage is determined, with the Z₂ and P stages being the highest.