

# 河口区中国对虾幼虾中间培育池 水化学状况

臧维玲 戴习林 朱正国 张建达

(上海水产大学水产养殖系, 200090)

徐桂荣 李士华

(上海市漕泾对虾养殖公司, 201507)

**提 要** 本文报道了杭州湾畔中国对虾幼虾中间培育池的水化学状况。1993年4~5月全培育期内池水有效氮( $N_t$ )含量丰富,  $N_t$ 平均为1.47mg/l, 其中氨氮占59%, 亚硝酸氮占1%, 硝酸氮占40%。有效磷基本未检出。化学耗氧量( $COD_{Mn}$ )11.9mg/l, 可溶性有机物耗氧量占86%以上。pH为9.15。溶解氧收大于支, 水呼吸耗氧平均约占虾池总耗氧量61%, 底质耗氧约占31%, 虾呼吸耗氧约占8%。幼虾瞬时耗氧速率与溶氧量、体长和体重间存有良好相关性。据观测结果与多年生产状况, 认为河口沿岸幼虾中间培育池放苗密度在225万尾/公顷内, 采取在放苗时约27cm水位基础上, 每隔2~3天添加10~15cm水量, 最终水位达1.00m的管理方式较为合理。

**关键词** 中国对虾, 幼虾, 有效氮, 耗氧, 瞬时速率

为提高中国对虾(*Penaeus chinensis*)养成的成活率, 要准确掌握养成池中的尾数, 以便合理确定投饵与减轻虾池污染程度。一些养殖场首先将出池苗经中间培育到2~3cm, 再准确计数移入养成池养殖。但目前中间培育幼虾成活率不够高, 且不稳定, 而有关中间培育池水质状况与管理技术的报道也较为鲜见。上海市金山县漕泾对虾养殖公司近些年幼虾中间培育成活率逐年提高。1993年5千万尾苗种经约一个月的培育, 成活率平均在55%以上, 最高可达70%。该公司多年来已积累了丰富的幼虾中间培育经验和可供参考的方法与技术。本文较深入地观测与研究了该公司幼虾中间培育池的水化学状况与管理措施以及溶解氧收支平衡状态等。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样时间与采样塘

1993年4~5月选取分属于3个分场的3个中间培育池与供给海水的3个贮水河为采样测定点。放苗前的营养盐等测定水样取自排水口处表层(0.2m)与底层(离池底0.1m)。放苗后, 则取自虾池长边中点距岸1.0m处的表底层。池水产氧与耗氧测定的黑白瓶(各两只)挂于长边中点饵料台水深0.8~1.0m处表层(0.2m)与底层(离底0.1m)。虾池生产简况列于表

1与表2。

表1 1993年4~5月试验池基本情况  
Table 1 Basic states of test ponds during Apr.—May, 1993

塘号	长 (米)	宽 (米)	面积 (公顷)	放苗密度 (万尾/公顷)	成活率 (%)
8	293	31.9	0.93	180.24	68
24	344	48.8	1.66	120.48	56
34	254	59.0	1.50	112.0	60

表2 试验池生产管理简况  
Table 2 Productive management of test ponds

塘号	肥水时 水位 (厘米)	施用肥料				中间培育 天数 (天)
		尿素(千克/公顷/日期)		过磷酸钙(千克/公顷/日期)		
		第一次施肥	第二次施肥	第一次施肥	第二次施肥	
8	16	22.5/4.17	9.0/4.25	3.0/4.17		
24	20	30.0/4.17		3.75/4.17		
34	20	18.8/4.13	18.8/4.16	3.75/4.13	3.75/4.16	

塘号	肥水时 水位 (厘米)	放苗时 水位 (厘米/日期)	平均日 加水量 (厘米/日)	平均日 排水量 (厘米/日)	最终平 均水位 (厘米/日期)	投饵料总量		中间培育 天数 (天)
						小杂鱼 (千克/公顷)	颗粒料 (千克/公顷)	
8	16	28/4.27	4.0	2.0	100/5.25	532.1	54.3	34
24	20	26/4.23	4.5	3.0	100/5.25	468.2	74.4	35
34	20	26/4.21	4.2	2.6	100/5.22	477.9	58.3	38

## 1.2 测定方法

### 1.2.1 营养盐、溶解氧与化学耗氧量测定

有效氮与磷酸盐以比色法测定<sup>[5]</sup>。可溶性磷酸盐( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}_d$ )与可溶性化学耗氧量( $\text{COD}_d$ )水样经  $0.45\mu$  滤膜过滤后分别以比色法与碱性高锰酸钾法测定<sup>[5]</sup>。原水样总磷( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}_t$ )与化学耗氧量( $\text{COD}_t$ )与前者之差作为悬浮颗粒磷( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}_p$ )含量和颗粒有机物化学耗氧量( $\text{COD}_p$ )。溶解氧(DO)以叠氮化钠碘量法测定<sup>[6]</sup>。

### 1.2.2 幼虾瞬时效耗氧速率测定

5组不同体长幼虾(1.11~3.03cm)取自公司中间培育池,各组取20~40尾放入盛有澄清池水的3l三角烧瓶作耗氧测定。测定初始含氧量后,即以1cm液体石蜡封盖水面,瓶内插有导管,以备抽取测氧水样。试验中随虾活动状况按时取水测溶氧,特别注意测取50%昏迷与死亡时瓶水含氧量,用以分别表示虾的昏迷点(mg/l)与窒息点(mg/l)。触及侧卧受试虾有反应视为昏迷,无反应视为死亡。

### 1.2.3 池水产氧量与耗氧量测定

将盛有表底层水的黑白瓶挂于相应水层,同时测取两水层的原始溶氧量,24小时后取瓶测定溶氧量。白瓶与黑瓶溶氧量之差为净产氧量,白瓶溶氧量与初始溶氧量之差为总产氧量,初

始溶氧量与黑瓶溶氧量之差为水呼吸耗氧量(水中化学物质氧化与生物呼吸的耗氧量)。培育池全水柱毛产氧量或净产氧量平均值( $Q$ ,  $\text{mg}/\text{l}\cdot\text{d}$ )按下式作近似计算:

$$Q = \frac{Q_{\text{表}} + Q_{\text{底}}}{2}$$

式中:  $Q_{\text{表}}$ 、 $Q_{\text{底}}$ 为表、底层水每日每  $l$  水体的毛产氧量或净产氧量。

#### 1.2.4 底质耗氧量测定

图 1 为自制漏斗式底质耗氧量测定器。测定器外壳为有机玻璃, 内有 A、B 黑瓶(系棕色滴瓶), 瓶盖为带胶头滴管, 以橡皮筋与瓶颈扣紧, A、B 瓶与搅拌尺均系有绳索用以开启瓶盖与搅拌水体。测定器外裹有黑布。测定时, 将测定器广口端置于池底(为使测定器底部与池底泥紧密接触, 可采用脚踩或挂重物法), 通过绳索打开 A 瓶注满水后, 滴管即由橡皮筋拉回盖紧瓶口。24 小时后同法将 B 瓶注满水(每次注水前以搅拌尺将器内水体搅拌均匀), 并取 A、B 瓶测定溶氧量, 底质耗氧量( $B_m$ ,  $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ) 计算公式如下:

$$B_m = (\text{DO}_A - \text{DO}_B) \bar{V} / S$$

式中:  $\bar{V}$ 、 $S$  分别为测定器体积和底面积。

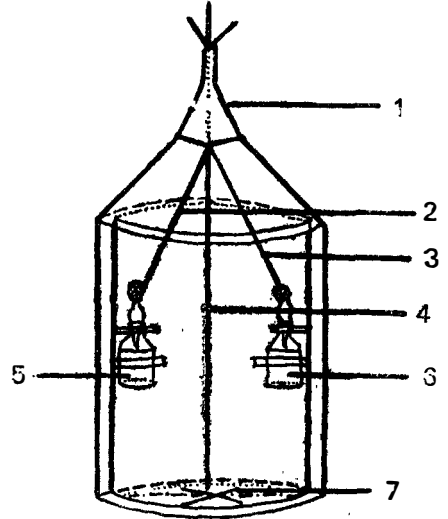


图 1 底质耗氧量测定器

Fig.1 Instrument for measuring consumed oxygen of bottom mud

1. 塑料漏斗; 2. A瓶绳索; 3. B瓶绳索; 4. 搅拌尺绳索; 5. A瓶; 6. B瓶; 7. 搅拌尺

## 2 结果与讨论

### 2.1 中间培育池水质状况与特点

#### 2.1.1 贮水河与试验池 pH 与营养盐变化

表 3 为 1993 年 4~5 月 8、24 与 34 号池及相应水源(1、2 与 3 号贮水河)pH、营养盐与有机物化学耗氧量的变化范围与平均值。

表 3 表明, 3 个贮水河 pH 均值波动范围为 8.42~8.62, 平均值为  $8.51 \pm 0.26$ , 3 个培育池 pH 平均值( $9.15 \pm 0.24$ )较贮水河高得多, 也超出养虾可适范围(7~8.6)<sup>(1)</sup>, 有关资料已对致使养成池 pH 值如此之高的原因作了说明<sup>[7]</sup>。中间培育池尚因药塘所撒漂白粉未能冲净而使其 pH 值又较公司养成池的 pH 值(约 8.98)为高<sup>[7]</sup>。可见, 降低河口区中间培育池与养成池的 pH 应引起重视, 其方法可参考有关资料<sup>[7]</sup>。

杭州湾水质含氮量丰富<sup>[2]</sup>, 致使公司的贮水河有效氮含量较高(2.19~2.61 $\text{mg}/\text{l}$ )。在整个培育期间, 5 月底 3 条贮水河有效氮总量较 4 月中旬放苗时增加 1 倍以上。但对于培育池, 尽管其残饵与虾的粪便逐日增加, 可有效氮量变化并不明显。如 8 号池, 放苗时有效氮量为 1.62 $\text{mg}/\text{l}$ , 5 月下旬疏苗时为 1.31 $\text{mg}/\text{l}$ , 主要因池水中浮游植物量较贮水河丰富, 有效氮被

(1) 农业部水产司, 1989, 中国对虾养成技术规范。

表3 池水营养元素含量和  
Table 3 Contents of nutrient elements and oxygen

池号	日期 (月.日)	pH	NH <sub>3</sub> -N <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub> -N					
			mg/l	%	mg/l	%				
肥 水 河	1	4.17-5.24	8.27 <sup>5</sup> 8.62±0.37	9.07	0.378 <sup>5</sup> 0.854±0.357	1.21	39.0	0.016 <sup>5</sup> 0.022±0.005	0.029	1.0
	2	4.17-5.24	8.24 <sup>5</sup> 8.49±0.27	8.92	0.320 <sup>5</sup> 0.788±0.354	1.11	30.2	0.015 <sup>5</sup> 0.023±0.008	0.032	0.9
	3	4.17-5.24	8.23 <sup>5</sup> 8.42±0.13	8.57	0.080 <sup>5</sup> 0.639±0.470	1.20	28.0	0.003 <sup>5</sup> 0.015±0.021	0.023	0.7
	三肥水 河均值	4.17-5.24	8.51±0.26		0.760±0.394		32.2	0.020±0.011		0.8
虾 池	8	4.17-4.27	8.53 <sup>7</sup> 9.42±0.36	9.65	0.348 <sup>7</sup> 0.541±0.314	0.695	40.1	0 <sup>7</sup> 0.014±0.010	0.023	1.0
	8	5.7-5.24 表层	8.90 <sup>5</sup> 9.16±0.15	9.30	1.04 <sup>5</sup> 1.32±0.23	1.56	81.7	0 <sup>5</sup> 0.010±0.010	0.026	0.6
	8	5.7-5.24 底层	8.91 <sup>5</sup> 9.14±0.14	9.28	1.02 <sup>5</sup> 1.27±0.36	1.89	77.4	0.004 <sup>5</sup> 0.015±0.009	0.026	0.7
	8	5.7-5.24 表底层均值	9.15±0.15		1.30±0.30		79.5	0.012±0.010		0.7
	24	4.17-4.29	8.92 <sup>6</sup> 9.26±0.17	9.37	0.320 <sup>6</sup> 0.675±0.263	0.962	46.2	0.010 <sup>6</sup> 0.036±0.016	0.054	2.5
	24	5.7-5.24 表层	8.87 <sup>5</sup> 9.12±0.20	9.40	0.820 <sup>5</sup> 1.21±0.49	2.06	86.4	0 <sup>5</sup> 0.008±0.010	0.024	0.6
	24	5.7-5.24 底层	8.88 <sup>5</sup> 9.12±0.20	9.40	0.862 <sup>5</sup> 1.35±0.66	2.41	86.9	0 <sup>5</sup> 0.008±0.010	0.025	0.5
	24	5.7-5.24 表底层均值	9.12±0.20		1.28±0.58		86.6	0.008±0.010		0.5
	34	4.13-4.30	8.41 <sup>6</sup> 9.12±0.36	9.40	0.080 <sup>6</sup> 0.417±0.300	0.884	27.1	0.001 <sup>6</sup> 0.034±0.020	0.060	2.2
	34	5.7-5.24 表层	8.82 <sup>5</sup> 9.01±0.18	9.20	0.487 <sup>5</sup> 0.923±0.289	1.28	69.9	0.003 <sup>5</sup> 0.010±0.005	0.015	0.8
34	5.7-5.24 底层	8.80 <sup>5</sup> 9.00±0.17	9.20	0.500 <sup>5</sup> 1.05±0.57	1.89	73.1	0.003 <sup>5</sup> 0.008±0.004	0.013	0.5	
34	5.7-5.24 表底层均值	9.01±0.18		0.986±0.430		71.4	0.009±0.005		0.7	
三池均值		9.15±0.24		0.865±0.335		58.8	0.019±0.012		1.3	

注: COD<sub>2</sub> 与 COD<sub>6</sub> 分别为总有机物与可溶有机物化学耗氧量,

## 有机物耗氧量

## consumption of organics in ponds

NO <sub>3</sub> -N		有效氮总量(N <sub>t</sub> )	COD <sub>t</sub>	COD <sub>d</sub>	备 注
mg/l	%				
0.803 $\frac{5}{1.31 \pm 0.320}$ 1.57	60.0	1.20 $\frac{5}{2.19 \pm 0.640}$ 2.78	9.59		
0.975 $\frac{5}{1.80 \pm 0.500}$ 2.21	68.9	1.33 $\frac{5}{2.61 \pm 0.803}$ 3.26	10.12	6.43	
0.662 $\frac{5}{1.63 \pm 0.620}$ 2.21	71.3	0.772 $\frac{5}{2.28 \pm 0.980}$ 3.09	8.62	6.53	
1.58 ± 0.480	67.0	2.36 ± 0.810	9.45 ± 3.11	6.48	
0 $\frac{7}{0.795 \pm 0.666}$ 1.90	58.9	0.601 $\frac{7}{1.35 \pm 0.660}$ 2.52	10.75	10.18	4.17 施肥 4.27 放苗
0.005 $\frac{5}{0.324 \pm 0.286}$ 0.783	17.7	1.18 $\frac{5}{1.62 \pm 0.53}$ 2.35	10.7	9.57	5.7 投喂小杂鱼
0.032 $\frac{5}{0.359 \pm 0.324}$ 0.806	21.9	1.26 $\frac{5}{1.64 \pm 0.54}$ 2.49	12.1	10.50	
0.323 ± 0.234	19.8	1.64 ± 0.54	11.4	10.04	
0.474 $\frac{6}{0.748 \pm 0.227}$ 1.02	51.9	1.16 $\frac{6}{1.44 \pm 0.30}$ 2.00	13.0	12.4	4.17 施肥 4.27 放苗
0 $\frac{5}{0.183 \pm 0.310}$ 0.728	13.0	0.832 $\frac{5}{1.40 \pm 0.80}$ 2.81			5.7 投喂小杂鱼
0 $\frac{5}{0.196 \pm 0.314}$ 0.749	12.6	0.911 $\frac{5}{1.55 \pm 0.95}$ 3.18			
0.190 ± 0.312	12.9	1.48 ± 0.88	12.0	9.89	
0.115 $\frac{6}{1.09 \pm 0.84}$ 2.07	70.7	0.432 $\frac{6}{1.54 \pm 1.09}$ 2.62	13.5	12.2	4.13 施肥 4.21 放苗
0.213 $\frac{5}{0.386 \pm 0.164}$ 0.632	29.3	1.06 $\frac{5}{1.32 \pm 0.21}$ 1.55			5.7 投喂小杂鱼
0.209 $\frac{5}{0.379 \pm 0.122}$ 0.536	26.4	0.712 $\frac{5}{1.44 \pm 0.60}$ 2.32			
0.383 ± 0.143	27.9	1.38 ± 0.41	12.6	11.1	
0.588 ± 0.419	39.9	1.97 ± 0.65	11.9	10.3	

吸收所致。由表 3 还发现,投喂小杂鱼后,池水总氨—氮( $\text{NH}_3\text{—N}_t$ )量急剧增加,占有有效氮的百分数增加 1 倍左右,3 个池的  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  量均为有效氮量的 70% 以上。此与贮水河  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  量仅为有效氮的 32% 差异更大。值得注意的是,在整个培育间,70% 的水样中  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  含量均超过有关资料报道的安全值(0.6mg/l)<sup>(2,3)</sup>,即使贮水河,其  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  量也超过安全值。特别是在 pH 值较高的情况下,分子氨( $\text{NH}_3\text{—N}_m$ )的百分含量也较高。可见,在河口区,要提高幼虾的成活率,应注意控制池水的 pH 值,并维持适量的浮游植物,以降低  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  量。

长江口与杭州湾水域磷酸盐缺乏,<sup>[2,3]</sup>故公司贮水河与虾池水磷酸盐含量也极低,在整个试验期间,仅两次测出水中  $\text{PO}_4^{3-}\text{—P}$  含量(约 0.01mg/l)。池水中  $N/P$  比值应维持 15(16):1 左右,以繁殖既可降低  $\text{NH}_3\text{—N}$  含量又可作为浮游动物饵料的浮游植物,而浮游动物又可供幼虾食用。若按公司放苗前施用的过磷酸钙量计算,池水  $N/P$  比值高达 84,与胡明辉等认为的长江口藻类生长所要求的  $N/P$  比值最适范围为 8~30(最佳 18)相差甚远<sup>[3]</sup>。因此类似该公司水质状况的河口沿岸养虾场,应适当调整氮肥与磷肥用量比,增加磷肥量,少施或不施氮肥。也可将鸡粪盛于蛇皮袋悬吊于进水口处,该公司有的培育池曾试用此法产生了一定的效果。

#### 2.1.2 肥水后营养盐含量变化

由观测发现,在放苗前的肥水期,8 号池在肥水后的 3 天内有效氮总量由 1.20mg/l 增至最大值(2.52mg/l),7 天内  $\text{NH}_3\text{—N}_t$  量一直呈上升趋势,施肥后的第 2 天,磷酸盐又无法检出。其他两池情况基本相同。此表明,施肥 3 天后因光合作用所消耗的无机氮量超过施肥等补充的有效氮,致使水中有效氮总量逐日递减,至放苗后,特别是投喂小杂鱼后,各池有效氮总量均有提高。如前所述,肥水前池水有效氮总量已达 1.20mg/l 以上,故建议这类地区虾池的施肥应随水质测定情况调整施肥种类与比例。

#### 2.1.3 有机物化学耗氧量

试验池与贮水河化学耗氧量列于表 3。3 条贮水河  $\text{COD}_t$  均值为  $9.45 \pm 2.11\text{mg/l}$ ,其中  $\text{COD}_a$  占 69%。培育池的  $\text{COD}_t$  均高于贮水河,平均值(11.9mg/l)为贮水河相应值的 126%,也以  $\text{COD}_a$  为主(占  $\text{COD}_t$  的 82% 以上)。公司养成池  $\text{COD}_t$  值(17.4mg/l, 1990, 9~10 月)显著高于培育池,其  $\text{COD}_p$  与  $\text{COD}_a$  近似相等<sup>[7]</sup>。显然,河口区虾池有机物含量为此之高,与河口水有机物含量较高密切相关。为减轻池水污染程度,应严加控制此类地区放养密度与投饵量。

#### 2.1.4 水化学指标的昼夜变化

表 4 为 8 号池水质指标昼夜变化测定值,表明虾池水温、pH 与溶解氧具有昼夜同步变化的特点。溶氧丰富,最大饱和度达 149%。因昼夜温差较明显,水位浅(<1.0m),表底层水交换良好,故各指标水层差异不明显。还可发现,日落前溶氧量一直呈上升趋势,表明白天的增氧作用超过耗氧作用。可见,公司对中间培育池所采用的添加与排换水量与时间得当,池中浮游植物光合作用较强,池水可维持丰富的含氧量,饱和度通常在 85% 以上。

(2) 同本文脚注(1);

(3) 臧维玲等,1991,  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  与  $\text{NH}_3\text{—N}$  对中国对虾的毒性作用,

表 4 试验池水质指标昼夜变化  
Table 4 Day and night changes of water quality criteria in test ponds

日期 (月.日)	时间	水层	水温 (°C)	pH	NH <sub>3</sub> -N <sub>i</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	溶氧量 (mg/l)
5.12	6:00	表	21.1	9.24	1.21	0.019	0.355	8.36
		底	21.1	9.24	1.05	0.014	0.365	8.35
5.12	15:30	表	25.2	9.50	1.00	0.008	0.238	11.4
		底	24.8	9.50	1.49	0.010	0.200	11.4
5.12	18:15	表	25.5	9.58	1.36	0.004	0.127	11.9
		底	25.4	9.58	1.21	0.007	0.190	11.9
5.13	0:30	表	24.1	9.23	1.06	0.008	0.094	10.2
		底	24.1	9.25	1.20	0.008	0.092	10.1
5.13	6:00	表	23.3	9.19	1.17	0.004	0.005	9.31
		底	23.4	9.18	1.25	0.007	0.032	9.25

## 2.2 幼虾瞬时耗氧速率的特点

### 2.2.1 瞬时耗氧速率( $V$ , mg/g.h)与时间( $t$ , h)的关系

将各体长(重)组幼虾耗氧量( $W_0$ , mg/g)与相应时间( $t$ , h)作回归分析处理,得 $W_0$ 与 $t$ 的相关方程如下:

$$\begin{aligned}
 W_{01} &= 1.908t^{0.559} & n &= 10 & r &= 0.9845 & (\bar{L}_1 &= 1.11 \pm 0.05\text{cm}, & \bar{W}_1 &= 0.010 \pm 0.002\text{g}) \\
 W_{02} &= 0.950t^{0.489} & n &= 8 & r &= 0.9432 & (\bar{L}_2 &= 1.73 \pm 0.02\text{cm}, & \bar{W}_2 &= 0.051 \pm 0.013\text{g}) \\
 W_{03} &= 1.027t^{0.461} & n &= 8 & r &= 0.9454 & (\bar{L}_3 &= 2.22 \pm 0.21\text{cm}, & \bar{W}_3 &= 0.101 \pm 0.025\text{g}) \\
 W_{04} &= 0.725t^{0.581} & n &= 7 & r &= 0.9568 & (\bar{L}_4 &= 2.56 \pm 0.15\text{cm}, & \bar{W}_4 &= 0.165 \pm 0.076\text{g}) \\
 W_{05} &= 0.827t^{0.597} & n &= 11 & r &= 0.9793 & (\bar{L}_5 &= 3.03 \pm 0.23\text{cm}, & \bar{W}_5 &= 0.302 \pm 0.076\text{g})
 \end{aligned}$$

经显著性检验,各方程均在 $\alpha=0.01$ 水平上显著。

将上述诸方程微分( $dW_0/dt$ )可得各体长组虾的瞬时耗氧速率( $V$ , mg/g.h)与时间( $t$ , h)的相关方程:

$$\begin{aligned}
 V_{t1} &= 1.066t^{-0.441}, & V_{t2} &= 0.465t^{-0.511}, & V_{t3} &= 0.473t^{-0.539} \\
 V_{t4} &= 0.422t^{-0.429}, & V_{t5} &= 0.494t^{-0.403}
 \end{aligned}$$

此 5 方程的相关系数  $r$  即上述相应方程的相关系数  $r$ 。

由  $V$  与  $t$  关系图(图 2)可知,瞬时耗氧速率随时间的延长逐步递减。

### 2.2.2 瞬时耗氧速率与溶氧量的关系

$V$  与相应水样中含氧量(DO, mg/l)的散点图(图 3)表明, $V$  与 DO 之间存有良好的直线关系,5 个体长组的相关方程如下:

$$\begin{aligned}
 V_{L1} &= 0.100 + 0.174\text{DO} & n &= 10 & r &= 0.9785 \\
 V_{L2} &= 0.0791 + 0.119\text{DO} & n &= 7 & r &= 0.9755 \\
 V_{L3} &= 0.0196 + 0.113\text{DO} & n &= 7 & r &= 0.9973 \\
 V_{L4} &= 0.165 + 0.0749\text{DO} & n &= 7 & r &= 0.9927 \\
 V_{L5} &= 0.179 + 0.0600\text{DO} & n &= 9 & r &= 0.9548
 \end{aligned}$$

由图 3 可发现,各组  $V$  均随 DO 减少而逐渐递减。本试验再次证明了中国对虾的呼吸型

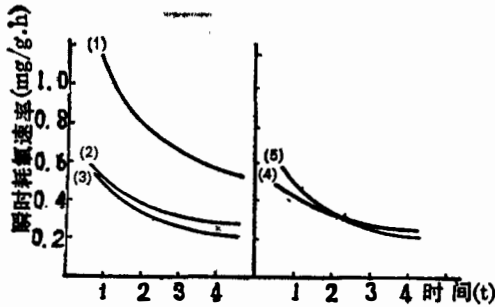


图2 幼虾瞬时耗氧速率与时间的关系

Fig.2 Correlation between instantaneous rate of juvenile oxygen consumption and time

(1)~(5)相应于幼虾体长  $\bar{L}_1 \sim \bar{L}_5$

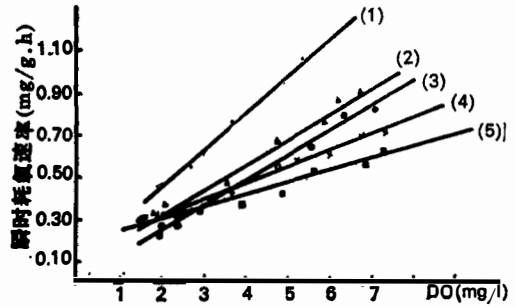


图3 幼虾瞬时耗氧速率与溶氧量的关系

Fig.3 Correlation between instantaneous rate of juvenile oxygen consumption and dissolved oxygen

(1)~(5)相应于幼虾体长  $\bar{L}_1 \sim \bar{L}_5$

属于 Fry 氏<sup>[8]</sup>的顺应型观点。臧维玲等(1992)对中国对虾耗氧研究曾提出这一看法<sup>[6]</sup>。通常认为,当水中溶氧量大于 4 (或 5)mg/l 时,鱼虾等的各种生命阶段和生活过程均处于正常状态<sup>[8,9](4)</sup>, 而本试验所获得的 5 种体长组幼虾只有当溶解氧量高于 3.79mg/l 时,瞬时耗氧速率才随体长(重)的增加而递减(见图 3), 此结果与上述看法相吻合。

### 2.2.3 瞬时耗氧速率与体长和体重的关系

据  $V_L$  与 DO 的相关方法求得在试验条件下饱和溶氧量 (8.39mg/l) 时的瞬时耗氧速率与体长和体重分别作的散点图(图 4)表明,  $V$  与  $L$  和  $W$  之间具良好的直线关系, 相关方程如下:

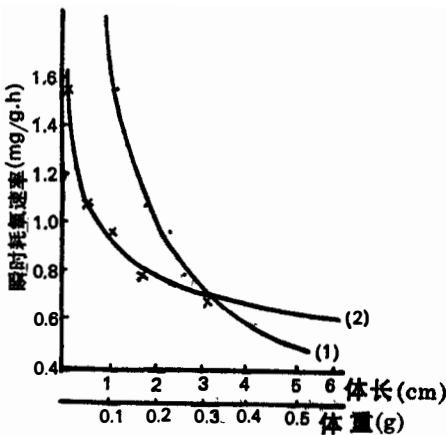


图4 幼虾瞬时耗氧速率与体长和体重的关系

Fig.4 Correlation between instantaneous rate of oxygen consumption and length weight of juvenile (1)  $V$  与  $L$  关系曲线; (2)  $V$  与  $W$  关系曲线

$$V_L = 1.711L^{-0.803} \quad n=5 \quad r=0.9917$$

$$V_W = 0.525W^{-0.340} \quad n=5 \quad r=0.9936$$

由图 4 可知,在饱和溶氧量条件下,  $V$  随  $L$  与  $W$  的增加而降低。即幼虾体重(长)不断增加,其单位体重的耗氧量随之下降,但每尾虾耗氧量并没下降。从以下估算也可以发现这一特点。以 24 号塘为例,分析在溶氧量一定时间每尾幼虾耗氧量随体重增加变化情况。按饱和溶氧量时  $V$  与  $L$  的相关方程分别推算 1.00 与 3.00 厘米(相应体重  $W$  据表 8 中 24 号池体长体重相关方程推算)时的日耗氧量 ( $W_0$ , mg/p.d), 计算公式如下:

$$W_0 = V \times W \times 24$$

式中:  $V$  为相应体长幼虾在饱和溶氧量时瞬时耗氧速率,  $W$  为该体长虾的相应体重。计算结果为: 当  $L=1.00$ cm 时,  $W_0=0.31$ mg/p.d;  $L=3.00$ cm 时,  $W_0=4.89$ mg/p.d。显然,随虾的

(4) 同本文脚注(1),



生长, 每尾虾因耗氧速率下降而减少的那部分耗氧量远小于因体重增加而增大的那部分耗氧量。据表 1 放苗密度可进一步推算出 24 号池放苗早期 (体长为 1.00cm) 至疏苗时 (体长为 3.00cm) 虾池的每公顷水面所载虾耗氧量的变化:

$$\frac{W_{O_2}}{W_{O_1}} = \frac{W' \times n_2}{W_0 \times n_1} = \frac{4.89 \times 120.48 \times 56\%}{0.31 \times 120.48 \times 85\%} = 10.39$$

式中:  $n_1$  与  $n_2$  分别为放苗早期 ( $L=1.00\text{cm}$ , 成活率为 85%) 与疏苗时 ( $L=3.00\text{cm}$ , 成活率 56%) 每公顷虾池所载虾平均数。上述计算表明, 疏苗时虽幼虾数量较早期减少了 29%, 但全池虾总耗氧量仍高于约一个月前相应值的 9.39 倍。由此可知, 随着幼虾的生长, 池水总耗氧量也逐日增高, 因此在养成期间, 特别是夏季高温季节更应注意维持水中丰富的溶氧量。该公司由于在中午, 特别是夜间能合理而适时使用增氧机等原因, 故近几年未曾因缺氧而发生虾事故。

#### 2.2.4 不同体长(重)幼虾的昏迷点与窒息点

各种体长幼虾昏迷点与窒息点测定值列于表 5。由表 5 可知, 幼虾的昏迷点与窒息点随体长增加而逐步降低, 两种数值亦极为接近。5 组体长幼虾出现浮头时的溶氧量范围为 2.39~4.76mg/l, 可见, 幼虾中间培育池水溶氧量不能低于 5mg/l。

表 5 不同体长幼虾的昏迷点与窒息点  
Table 5 Comatose points and stifling points of juvenile with different body length and body weight

体长(cm)	1.11	1.73	2.22	2.56	3.03
昏迷点(mg/l)	1.93	1.69	1.58	1.24	1.22
窒息点(mg/l)	1.90	1.61	1.48	1.22	1.20

## 2.3 培育池溶解氧收支平衡状态

### 2.3.1 培育池各水层毛产氧量与水呼吸耗氧量

表 6 为试验池测定的部分结果, 各池的每水层毛产氧量均高于水呼吸耗氧量。又因中间培育期间, 各池透明度与养成池相接近 (约 3cm), 但前者水位 (约 0.8~1.0m) 较后者 (约 1.5m) 低, 故培育池表底层毛产氧量无养成池的显著差异<sup>[7]</sup>

表 6 试验池的产氧量与水呼吸耗氧量  
Table 6 Oxygen production and oxygen consumption of "water breathing" in test ponds

塘号	日期 (月、日)	透明度 (cm)	毛产氧量(mg/l·d)		净产氧量(mg/l·d)		水呼吸耗氧量(mg/l·d)		全水柱平均毛产 氧量(mg/l·d)	全水柱平均净产 氧量(mg/l·d)
			表层	底层	表层	底层	表层	底层		
8	5.11	36	6.87	6.44	4.77	4.59	2.10	1.85	6.66	4.68
	5.24	36	4.50	3.86	1.99	1.47	2.51	2.39	4.18	1.73
24	5.12	38	6.91	4.91	2.82	1.43	4.09	3.48	5.91	2.13
	5.25	36	4.47	3.67	2.99	1.67	2.48	1.00	4.07	2.33
34	5.12	38	3.52	2.00	2.02	0.20	1.50	1.80	2.76	1.11
	5.22	39	4.93	2.81	3.29	0.91	1.64	1.90	3.87	2.10

### 2.3.2 虾池全水柱毛产氧量与耗氧量

水柱的毛产氧量与水呼吸耗氧量( $Q_{\text{水柱}}$ ,  $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )按下式计算:

$$Q_{\text{水柱}} = (Q_{\text{表}} + Q_{\text{底}}) / 2 \times \text{水深}$$

式中:水深为 0.8m。所得数据列于表 7。

由于该公司历年较重视清淤,且养殖时间短,故试验池底质耗氧为  $0.42 \sim 1.17 \text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  (见表 7),特别是 8 号池因改建而将底质作过较大翻动,使其底质耗氧明显低于其他池,这正是该池虽放苗密度 ( $180.24$  万尾/公顷) 高于其他两池却获得高成活率 (68%) 的主要原因之一。

表 7 试验池每平方米水柱日产氧量与日耗氧量

Table 7 Gross oxygen daily production and total oxygen daily consumption of water column in each square meter of test ponds

塘号	日期 (月·日)	水柱毛产氧量		水柱水呼吸耗氧量		底质耗氧量		虾呼吸耗氧量		水柱总耗氧量 $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$
		$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$	%	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$	%	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$	%		
8	5.11	5.32	1.58	75.1	0.42	19.9	0.105	5.0	2.11	
	5.24	3.34	1.96	67.8	0.60	20.8	0.328	11.4	2.89	
24	5.12	4.73	3.03	71.3	1.02	24.0	0.201	4.7	4.25	
	5.25	3.26	1.39	48.2	1.17	40.5	0.327	11.3	2.89	
34	5.12	3.01	1.32	51.0	1.05	40.5	0.220	8.5	2.59	
	5.22	3.10	1.42	50.0	1.17	41.1	0.254	8.9	2.84	

### 2.3.3 中间培育池溶解氧收支平衡

据  $V$  与  $DO$  之关系,可分别推算出 3 个试验池在整个幼体培育期间的平均溶氧量条件下  $V$  与  $L$  的相关方程:

$$8 \text{ 号池: } DO = 9.89 \text{mg/l} \quad V_{L8} = 2.014L^{-0.884} \quad r = 0.9911, \quad n = 5$$

$$24 \text{ 号池: } DO = 9.96 \text{mg/l} \quad V_{L21} = 2.031L^{-0.832} \quad r = 0.9875, \quad n = 5$$

$$34 \text{ 号池: } DO = 9.62 \text{mg/l} \quad V_{L31} = 1.962L^{-0.827} \quad r = 0.9888, \quad n = 5$$

据挂黑白瓶日期所测幼虾体长与体重,按下式计算每  $\text{m}^2$  虾池所载虾耗氧量  $W_o$  ( $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ) (见表 7):

$$W_o = V_L \times n \times W \times 24 \times 10^{-3}$$

式中:  $V_L$  为一定体长幼虾瞬时耗氧速率;  $n$  为据生产经验及最终成活率所估算的测定时每  $\text{m}^2$  虾池载虾尾数;  $W$  为每尾虾体重。

表 7 表明,各池水柱毛产氧量均高于水柱总耗氧量(水呼吸耗氧量+虾呼吸耗氧量+底质耗氧量),显示中间培育池总耗氧量完全可由水中藻类光合作用产氧量供给。同时也说明了,由于公司放苗密度 ( $110 \sim 220$  万尾/公顷) 在文中前所提及的规范要求范围内 ( $150 \sim 225$  万尾/公顷),同时其所采取的在放苗水位 ( $26 \sim 28 \text{cm}$ ) 基础上,每隔 2~3 天添加  $10 \sim 15 \text{cm}$  水量,最终水位达约  $1.0 \text{m}$  的管理方法较为合理(见表 2)。在整个培育期的水质监测中,溶解氧量均达到规范要求(高于  $4 \text{mg/l}$ ),因而使得中间培育池溶解氧基本处于收大于支的良好状态。

表 7 表明,水呼吸为培育池的主要耗氧因子,为总耗氧量的  $48.2\% \sim 75.1\%$ ,其次为底质

耗氧占 19.9%, 虾呼吸耗氧仅占 4.7%~11.4%。在成虾与成鱼养成池中, 通常是鱼与虾的呼吸耗氧仅次于水呼吸耗氧, 而底质耗氧最低<sup>(4)(5)</sup>。

据表 7 中毛产氧量与总耗氧之差均大于虾呼吸耗氧, 可见, 如能进行较好清淤, 将底质耗氧控制在 24% 以内(如 8 号和 24 号塘), 则公司放苗密度可提高至规范要求的上限(225 万尾/公顷)。

#### 2.3.4 幼虾生长状况

将试验期间所监测的各试验池幼虾体长与体重作统计处理, 所获得的相关方程如下:

$$8 \text{ 号池: } W=6.7 \times 10^{-3} L^{3.8505} \quad n=6 \quad r=0.9979 \quad (1)$$

$$24 \text{ 号池: } W=7.5 \times 10^{-3} L^{3.3202} \quad n=6 \quad r=0.9983 \quad (2)$$

$$34 \text{ 号池: } W=8.2 \times 10^{-3} L^{3.2140} \quad n=6 \quad r=0.9937 \quad (3)$$

与通常人们所公认的对虾正常发育的体重与体长公式<sup>(1)</sup>

$$W=1.49 \times 10^{-2} L^{2.8925} \quad (4)$$

经比较发现公司试验池幼虾的体长在培育期末的范围内(约 3cm)与其相对应的幼虾体重, 均小于(4)式所求得值。此主要由于公司投饵量偏低(见表 2), 导致幼虾肥满度不够, 致使体长与体重不能达到(4)式的相关性。

## 3 结 语

### 3.1 漕泾对虾养殖公司幼虾中间培育池水化学与水质管理主要特点

#### 3.1.1 有效氮与有机物含量丰富

$N_t=2.47 \pm 0.65 \text{ mg/l}$ , 其中  $\text{NH}_3-N_t\%=58.8$ ,  $\text{NO}_2^- - N\%=1.3$ ,  $\text{NO}_3^- - N\%=40.0$ ,  $\text{PO}_4^{3-} - P$  基本未检出。据此应减少肥水的氮肥量, 增加磷肥量。pH 偏高, 平均为 9.15, 因此应特别注意放苗前池水碱性的降低处理。有机物化学耗氧量平均为 11.9mg/l, 其中可溶性有机物耗氧量占 86% 以上。

#### 3.1.2 溶解氧丰富, 溶氧量收大于支

在整个培育期间, 溶解氧通常饱和度达 85% 以上, 约在 90% 的时间内, 溶解氧处于饱和与过饱和状况。池水柱毛产氧量高于总耗氧量, 水呼吸为主要耗氧因子(平均占 61%), 其次为底质耗氧, 约占 31%, 虾呼吸耗氧仅约占 8%。

### 3.2 幼虾瞬时耗氧速率与溶氧量、体长和体重之间均存有良好相关性

体长与体重之间虽也存有相关性, 但由于投饵量不足, 幼虾丰满度不够, 故尚应适当增加投饵量。

### 3.3 放苗密度与水位

当底质耗氧控制在池水总耗氧的 24% 以内和放苗密度为 225 万尾/公顷以内, 在放苗水位约为 27cm 基础上, 每隔 2~3 日添加 10~15cm 水量, 最终水位达约 1.00m, 此种培育方式对河口沿岸幼虾中间培育是较合适的。

(5) 臧维玲等, 1991。河口区中国对虾池溶解氧收支平衡。

## 参 考 文 献

- [1] 王良臣等, 1991. 对虾养殖, 138—140. 南开大学出版社(津).
- [2] 全国海岸带办公室《海水化学调查报告》编写组, 1990. 中国海岸带和海洋资源综合调查专业报告集(海水化学调查报告), 86—96; 193—198. 海洋出版社(京).
- [3] 胡明辉等, 1989. 长江口浮游植物生长的磷酸盐限制. 海洋学报, 11(4):439—443.
- [4] 雷衍之等, 1983. 无锡河埭口高产鱼池水质研究 I. 水化学和初级生产力. 水产学报, 7(3):185—199.
- [5] 臧维玲, 1991. 养鱼水质分析, 44—58; 90—96. 农业出版社(京).
- [6] 臧维玲等, 1992. 中国对虾瞬时耗氧速率与海水比重和溶解氧水平的相关. 水产科技情报, 19(4):100—103.
- [7] ———, 1992. 河口区中国对虾池水化学状况. 上海水产大学学报, 1(3—4):111—119.
- [8] Alabaster, J. S. and R. Leayd, 1983. *Water Quality Criteria for Freshwater*, 127—130. Printed in England by the University Press, Cambridge.
- [9] New, M. B., 1982. *Giant Prawn Farming*, 271—273. Elsevier Scientific Publishing. Printed in the Netherlands.

## HYDROCHEMISTRY IN ESTUARY POND FOR MIDDLE CULTURE OF *PENAEUS CHINENSIS* JUVENILE

Zang Wei-ling, Dai Xi-lin, Zhu Zheng-guo and Zhang Jian-da

(Department of Aquaculture, SFU, 200090)

Xu Gui-rong and Li Shi-hua

(Cao Jin Prawn Culture Corporation, Shanghai 201507)

**ABSTRACT** Hydrochemistry in the estuary pond for middle culture of *Penaeus chinensis* juvenile was studied from April to May in 1993. The results are summarized as follows:

1. Contents of effective nitrogen (Nt) in the pond water were rich. Nt content reached 1.47 mg/l in average, in which  $\text{NH}_3\text{-Nt}$  amounting to 59%;  $\text{NO}_2\text{-N}$  1%;  $\text{NO}_3\text{-N}$  40%, but phosphorus content was hardly detected. The chemical oxygen consumption ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) was 11.9 mg/l, in which  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  of soluble organic matter amounting to 86%. The pH was 9.15.

2. The quantity of oxygen dissolved in the pond water was more than that consumed. The content of totally consumed oxygen in the pond water averaged 1.78 g/m<sup>2</sup>.d, in which "water breathing" accounted for 61% of the total oxygen consumption in the pond, the juvenile breathing 8%; the bottom mud 31%.

3. There was a well correlation between the instantaneous rate of juvenile oxygen consumption and the dissolved oxygen, body length and weight.

4. Based on the above hydrochemical determinations as well as the juvenile production for the past five years, the stocking density of  $2.25 \times 10^6$  postlarvae per hectare in 27cm water depth and adding 10—15cm water to the pond every 3—4 days for management were more reasonable.

**KEYWORDS** *Penaeus chinensis*, juvenile, effective nitrogen, consumed oxygen, instantaneous rate