

# 虾池浮游植物初级生产力的研究

阎喜武 何志辉

(大连水产学院养殖系, 116023)

**摘 要** 用黑白瓶测氧法对辽宁省庄河青堆水产公司虾池整个养殖期间(5~9月)浮游植物初级生产力进行研究。虾池浮游植物的初级生产力为  $(5.45 \pm 2.36) \text{ g O}_2 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , 日 P/B 系数为 2.39(0.67~6.66), 浮游植物对太阳有效辐射的利用率为 0.78(0.24~2.18)%, 浮游植物毛产量到虾产量的转化效率为 7.41%; 回归分析表明, 浮游植物生物量和太阳有效辐射量是决定虾池浮游植物初级生产力大小的主要因子。磷是虾池营养盐的第一限制因子, 氮是第二限制因子。

**关键词** 虾池, 浮游植物, 生物量, 叶绿素, 初级生产力

虾池浮游植物不仅是养殖前期对虾的直接饵料和中后期的间接饵料, 而且是整个养殖期间水中氧气的主要供应者。浮游植物初级生产力不仅决定虾池的氧气状况, 还直接或间接地影响虾池的其它生物学和化学过程。因此, 研究虾池浮游植物初级生产力的大小及影响因素, 无论从理论上了解虾池生态系特点, 还是在实践上指导养虾生产都具有十分重要的意义。

## 1 方法

试验于 1991 年 5 月 27 日~9 月 15 日在庄河青堆水产公司的四个虾池进行(表 1)。初级生产力用黑白瓶测氧法测定。每 1~2 周采样一次, 采样点和挂瓶地点相同, 位于远离进水口的环沟处。黑白瓶分四层悬挂水中, 黑白瓶体积为 150 mL, 挂瓶深度一般为透明度的 0.5、1、2、3 倍, 每层黑瓶、白瓶各挂 2 个。其中, 上两层装的是从表层(0.2~0.5 m)采的水样, 下两层装的是从底层(距底 0.2~0.5 m)采的水样。采样时固定初始溶氧。挂瓶 24 h 后用 Winkler 法测定溶氧变化量。此外, 还测定水温、透明度并记录天气状况。

表 1 虾池的基本状况及水化学

Table 1 General situation and hydrochemistry in the shrimp ponds

池号	3 号池	8 号池	19 号池	28 号池
面积(公顷)	3.20	5.33	7.13	4.93
底 质	泥	泥	泥	沙
盐 度	$13.4 \pm 1.4$	$20.2 \pm 2.4$	$22.9 \pm 2.5$	$23.8 \pm 2.5$
总无机氮(mg/L)	$0.405 \pm 0.329$	$0.370 \pm 0.278$	$0.525 \pm 0.309$	$0.478 \pm 0.369$
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (mg/L)	$0.008 \pm 0.006$	$0.018 \pm 0.024$	$0.011 \pm 0.006$	$0.013 \pm 0.008$
pH	$8.92 \pm 0.41$	$8.66 \pm 0.22$	$8.45 \pm 0.26$	$8.48 \pm 0.28$
透明度(m)	$0.33 \pm 0.05$	$0.36 \pm 0.05$	$0.37 \pm 0.08$	$0.43 \pm 0.11$

注:水化学数据由刘长发提供。虾池平均水深 6 月 15 日以前为 1.2 m, 以后为 1.5 m。虾池水温:6 月为 27~29℃;7 月为 28~30℃;8 月为 29.5~31.5℃;9 月低于 27℃

收稿日期:1995-12-04

## 2 结果

四个虾池毛初级生产量以3号池最高,28号池最低(表2)。四个虾池总平均( $5.45 \pm 2.36$ )  $\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,极值为1.54~10.29  $\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

四个虾池的呼吸量也以3号池最高,28号池最低。四个池总平均( $3.36 \pm 1.79$ )  $\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,极值1.28~8.85  $\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

毛产量与呼吸量的比值(P/R)则以3号池最低,28号池最高。四个池总平均为1.67。呼吸量约占毛产量的60%,群落净产量约占40%。

表2 虾池浮游植物的初级生产力及有关参数

Table 2 Primary production of phytoplankton and interrelated parameters in the shrimp ponds

池号	日期	毛产量	毛产量/呼吸量	P/B 值	补偿深度	透明度	补偿深度/透明度	K	利用率
3号池	06-02	4.05	1.19	0.92	0.54	0.25	2.16	1.85	0.74
	06-13	9.73	1.10	0.78	0.76	0.36	2.11	2.51	1.00
	06-21	9.50	1.28	0.95	1.08	0.38	2.84	2.26	1.12
	07-06	8.85	1.94	2.25	1.03	0.36	2.86	2.04	0.86
	07-17	3.48	1.21	2.65	0.44	0.36	1.22	1.42	0.80
	07-28	1.82	1.15	1.35	0.33	0.28	1.78	0.91	0.38
	08-07	3.50	2.10	2.00	0.78	0.30	2.60	1.10	0.42
	08-18	8.31	2.99	4.23	0.72	0.27	2.67	1.83	1.06
	09-03	7.11	1.60	1.33	0.35	0.40	0.88	0.92	1.82
8号池	06-02				0.64	0.40	1.60		0.58
	06-13	9.13	1.44	1.19	1.20	0.40	3.00	2.48	0.96
	06-21	3.81	1.19	1.67	0.59	0.40	1.48	1.55	0.44
	07-06	7.42	2.27	3.07	0.83	0.35	2.37	1.69	0.76
	07-17	5.79	1.56	1.96	0.63	0.30	2.10	1.40	0.90
	07-28	2.22	1.37	0.73	0.35	0.35	1.00	0.64	0.54
	08-07	5.05	1.64	2.15	0.62	0.25	2.48	1.57	0.54
	08-18	6.06	2.51	4.02	0.79	0.35	2.26	1.57	0.80
	09-03	4.35	2.34	2.63	0.64	0.40	1.60	0.99	0.90
19号池	06-02	7.97	1.13	1.92	0.52	0.48	1.08	2.09	1.82
	06-13	8.02	1.73	0.73	0.75	0.25	3.00	2.19	0.84
	06-21								
	07-06	4.18	1.48	2.04	0.39	0.45	0.87	0.93	0.46
	07-17	4.67	1.62	2.90	0.58	0.32	1.81	1.10	0.52
	07-28								
	08-07	4.91	2.36	2.99	0.71	0.34	2.09	1.15	0.46
	08-18	4.05	2.50	3.25	0.44	0.34	1.29	1.11	0.60
	09-03	1.54	1.20	1.40	0.31	0.40	0.78	1.31	0.24
28号池	06-02	6.83	2.40	6.66	1.20	0.65	1.85	1.76	2.18
	06-13	6.38	1.83	0.96	1.20	0.40	3.00	2.61	0.64
	06-21								
	07-06	2.54	1.57	1.49	0.60	0.50	1.20	1.25	0.26
	07-17	4.51	1.22	2.71	1.04	0.41	2.54	3.03	0.42
	07-28								
	08-07	4.75	1.65	5.32	0.76	0.30	2.53	1.75	0.48
	08-18	4.49	2.09	2.31	0.55	0.40	1.38	0.91	0.64
	09-03	3.82	1.84	4.07	0.60	0.38	1.58	1.29	0.66
$\bar{X}$		$5.45 \pm 2.32$	$1.72 \pm 0.51$	$2.34 \pm 1.40$					

注:利用率指浮游植物对太阳有效辐射利用率(%);太阳有效辐射数据由大连气象台提供

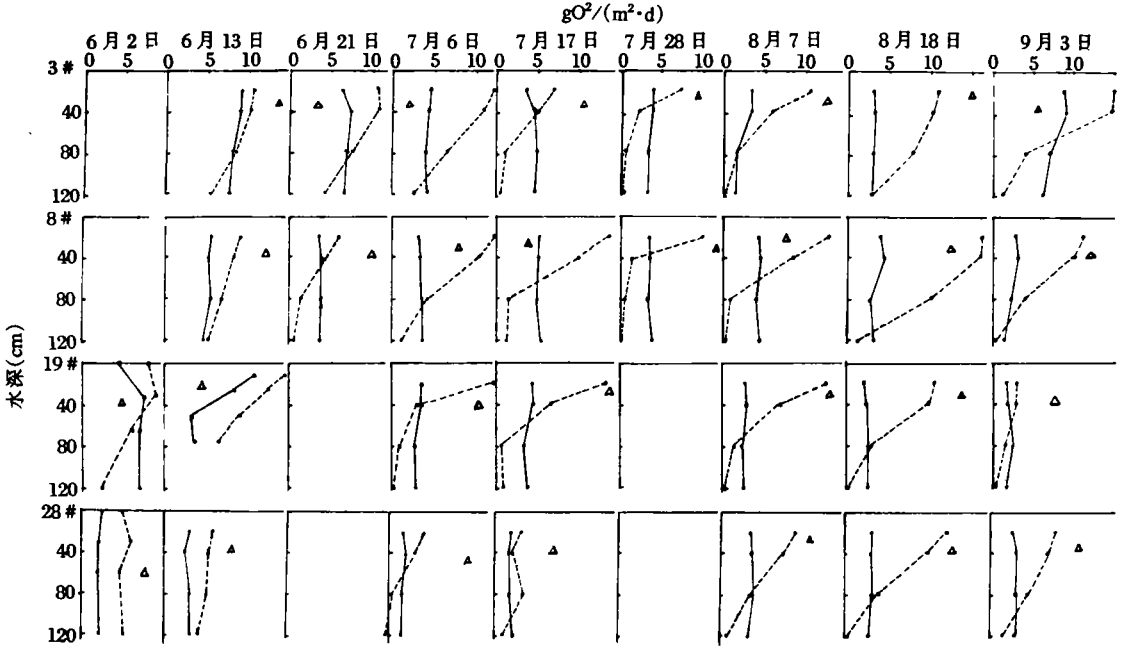


图1 初级生产量随深度的变化

Fig.1 The variation of primary production with depth

由图1可见,初级生产力随深度的增加而递减;晴天,由于表层出现光抑制,最高生产层通常约在0.5倍透明度处(6月2日的19号和28号池),阴天则位于表层。晴天,补偿深度为透明度的2.17(1.08~3.00)倍,阴天则为透明度的1.49(0.78~2.86)倍(表2)。图1中,6月2日的28号池,6月13日的8号、19号和28号池的毛产氧曲线和呼吸耗氧曲线没有交叉,说明补偿深度大于挂瓶水深。

Бульон[1983]指出,水柱日产量  $P_D$  ( $g O_2/(m^2 \cdot d)$ ) 和最高生产层生产量  $P_{max}$  ( $g O_2/(m^3 \cdot d)$ ) 之间有如下关系:  $P_D = K P_{max} \cdot SD$ 。SD为透明度(m),K为常数。据我们对虾池的测定,晴天  $K = 1.74(0.9 \sim 3.03)$ ,阴天  $K = 1.20(0.64 \sim 2.04)$ (表2)。前苏联湖泊K的平均值为  $0.9 \pm 0.3$ ,相比之下,所调查虾池的K值要高一些。

由图2可见,试验期间初级生产力变动很大。3号池在6月13日和8月18日有两个峰值,在6月2日、7月28日和9月3日有三个低谷;8号池在6月13日、7月6日和8月18日有三个峰值,低谷出现在6月2日、7月6日、7月28日和9月3日;19号峰值出现在6月13日和8月7日,低谷出现在7月6日和9月3日;28号池和19号池类似,所不同的是第一个峰值出现在6月2日。

P/R也有很大变动。3号池低值一个出现在6月13日,即浮游植物量最高时,另一个出现于7月28日,即浮游动物量达最大时[闫喜武1992],而最高值出现在8月18日,即以小型浮游植物(蓝球藻)占优势而又高温晴朗的天气。8号池P/R变动与3号池类似。19号和28号池P/R最低值分别出现在6月2日和7月17日,最高值分别出现在8月18日和6月2日。

### 3 讨论

#### 3.1 虾池初级生产力与其它水体的比较

虽然有关浮游植物初级生产力的研究国内外已积累了丰富的资料,但把不同水体的资料进行比较仍是有困难的,因为不同作者往往采用不同的方法,获得的结果难以对比,海洋初级生产力的测定多用放射碳法和叶绿素法,两者所测的都是浮游植物的净产量。Бульон 和 Черевосамбу[1986]提出,在贫营养和中营养型湖中,放射碳法测得的初级生产力平均为黑白瓶法的 75%;Winberg [1972]认为,浮游植物净产量约为毛产量的 80%。如按上述两作者的材料换算,并采用  $1 \text{ mg O}_2 = 0.3 \text{ mg C}$ ,统一用日产量( $\text{mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ )为单位,将不同作者和不同水体的材料列于表 3。可见,所调查虾池浮游植物的初级生产力与我国近海海区(渤海除外)和我国中营养型湖泊的初级生产力均处于同一水平,但低于我国施有机肥的高产鱼池和以色列施化肥为主的鱼池而高于其它各类水体。

所调查虾池单位水面下浮游植物的毛产量与同一时间所接受的太阳有效辐射的百分比,即浮游植物对太阳能的利用率平均为 0.78%,低于我国高产鱼池但高于其它各类水体。

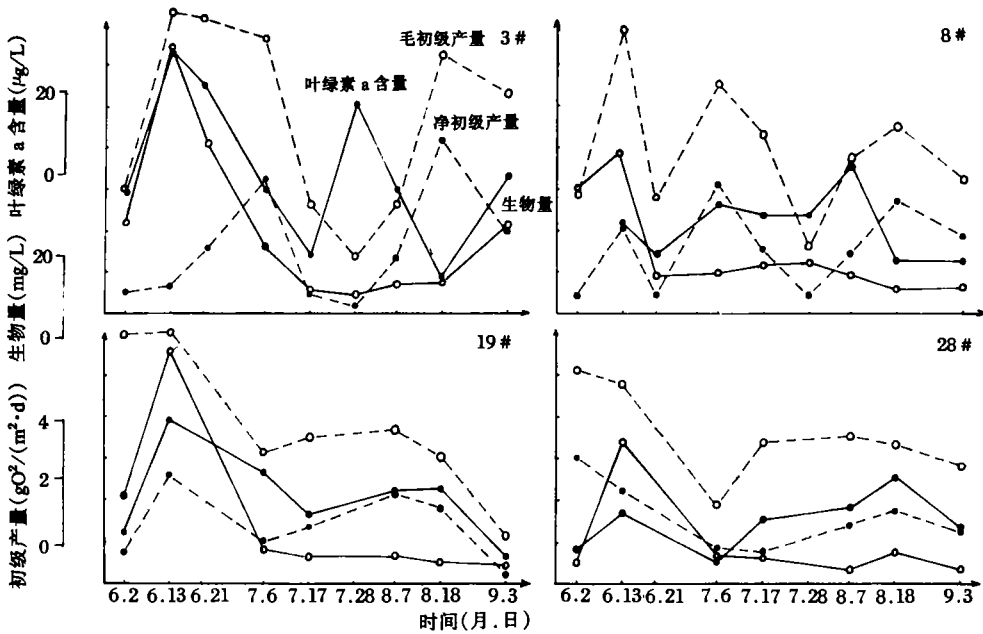


图 2 虾池中浮游植物生物量、叶绿素 a 含量、毛初级产量、净初级产量随时间的变化

Fig. 2 The time variation in biomass, chla, gross primary production and net primary production in the shrimp ponds

虾池浮游植物的 P/B 系数高达 2.34,远高于其它各类水体。水体 P/R 值反映了初级净产量和外来有机质量的大小。天然水体 P/R 值通常接近 1。我国高产鱼池由于投入大量有机肥料和人工饵料,P/R 值常小于 1,净产量常等于 0;国外施无机肥料鱼池 P/R 值一般在 1~2 之间,最高可达 4,净产量很高。P/R 过大表明水体中分解过程弱和物质循环速率不高,P/R 过

低则可能导致氧气状况恶化。所调查虾池 P/R 值平均为 1.67, 应该说是适中的。

表 3 世界不同水体浮游植物的初级生产力

Table 3 Primary production of phytoplankton in different waters in the world

水 体	P(mg C/(m <sup>2</sup> ·d))	P/B	光能利用率(%)	参 考
一般温带海域	375			郭玉洁等 1992
亚热带海域	125 ~ 250			郭玉洁等 1992
热带大洋	63 ~ 187			郭玉洁等 1992
南极海域	12 ~ 187			郭玉洁等 1992
北极海域	12 ~ 25			郭玉洁等 1992
大陆架	821			蔡福龙等 1989 年中译本
河 口	1145			蔡福龙等 1989 年中译本
上升流区	1477 ~ 1600			蔡福龙等 1989 年中译本
秘鲁上升流	1375 ~ 4375			Raymont 1960
台湾海峡	2178			杨 尧等 1988
胶州湾(6~10月)	1420			郭玉洁 1992
渤 海	178 ~ 677		0.15	吕培顶 1984
南 海	517 ~ 3360			范洁伟 1985
浙江上升流	2363			宁修仁等 1985
我国高生产力湖泊	1860 ~ 3719	0.40 ~ 0.74	0.25 ~ 0.31	何志辉 1987
我国高产鱼池	1860 ~ 3719	0.36 ~ 0.54	1.49 ~ 3.21	何志辉 1993
以色列养鲤池	2708 ~ 9969			Zur 1981
印度养植物食性鱼池	4923 ~ 11077			Morgan 1980

总之, 虾池是具有较高的浮游植物初级生产力、太阳能转换效率以及很高的 P/B 系数和适中的 P/R 值的人工生态系。这些特征是由所调查虾池本身的特点决定的。首先, 放虾(6月15日)前施无机肥, 放虾后人工投饵并经常注排水, 不断补充营养物质, 不断更新水质; 其次, 池较浅, 透明度较大, 产氧层相对较深, 补偿深度与水深之比达(0.63 ~ 0.71):1; 另外, 虾池处于海淡水交汇处可能也起一定的作用。

### 3.2 初级生产力与生态因子的关系

#### 3.2.1 浮游植物现存量

虾池浮游植物生物量(B)和叶绿素 a 含量(chla)与毛产量之间存在显著正相关, 前者的相关性高于后者:

$$B(\text{mg/L}) = -8.739 + 4.576 P_G(\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})), r = 0.651, P < 0.01, n = 32$$

$$\text{chla}(\text{mg/m}^3) = 7.198 + 2.656 P_G(\text{g O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})), r = 0.466, P < 0.01, n = 30$$

现存量是生产量的物质基础, 一般情况下现存量大生产量也高, 但现存量超过一定范围, 由于自荫作用反而使生产量降低。这种关系还受到浮游植物种类组成的影响。四个虾池中, 3号池浮游植物量最高, 以个体较大的甲藻为主, P/B 值最低。28号池生物量最低, 小型藻类占较大比例, P/B 值也最大。3号和8号池 P/B 系数最大值出现在以蓝球藻占优势的8月18日; 19号和28号池 P/B 系数最大值出现在6月2日, 当时水较浅(约0.8 m)且刚开始施肥。P/B 系数最低值, 四个虾池中有三个出现在6月13日, 即生物量达最大时, 显然是浮游植物的自荫作用限制了光合作用。

比较四个虾池毛初级产量、净初级产量和生物量结果的平均值可发现, 毛初级产量随生物量的增高而增大, 净初级产量则相反。此外, 当生物量高于 20 mg/L 或低于 5 mg/L 时, 初级净

产量均呈下降趋势。从本试验结果看,在养虾中后期,为保证水层最大产氧,浮游植物量应控制在 5~20 mg/L 范围内。

### 3.2.2 光照

太阳辐射强度和透明度对浮游植物初级生产力有重要影响。本试验结果,阴天的初级生产力平均为晴天的 75%;单位水面下太阳辐射强度与毛初级产量之间存在显著正相关( $r = 0.435$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 30$ )(图 3),但透明度与毛初级产量之间相关不显著( $r = 0.051$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 31$ )。原因在于,虾池浮游植物通常以甲藻占绝对优势,鞭毛藻类的垂直移动极为明显,晴天下午常趋于底层,加上风力的变化,因而采样瞬时的透明度难以反映全天透明度的真实状况。

### 3.2.3 温度、营养盐、pH 和盐度

温度主要影响光合作用的暗反应。此外,还可通过控制水中营养盐的溶解度,离解或分解速度等理化过程而间接影响浮游植物的初级生产力。

相关分析表明,虾池的水温和浮游植物初级生产力相关不显著( $r = -0.097$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 32$ )。这是因为试验期间水温波动不大(21.0~31.5℃),其对浮游植物初级生产力的影响不明显或被其它因素的影响掩盖了。

海洋中通常氮是浮游植物生长的第一限制因子,磷是第二限制因子,淡水情况正好相反。所调查虾池的毛初级产量与磷酸盐和总无机氮含量之间相关均不显著:

$$P_G(\text{gO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})) = 5.969 - 0.0491\text{PO}_4^{3-} - \text{P}(\text{mg/L}), r = -0.294, P < 0.05, n = 28$$

$$P_G(\text{gO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})) = 5.575 - 0.603 \sum \text{N}(\text{mg/L}), r = 0.090, P < 0.05, n = 29$$

这说明,虾池浮游植物初级生产力的大小主要受营养盐周转率的影响。但采用生物实验法所做的实验表明,与对照组相比,单加磷酸盐( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )或磷酸盐和铵盐( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )合加时,产氧量均有明显增加(后者增加幅度更大),而单加铵盐产氧量没有明显增加(表 4);虾池的氮磷比平均为 39(20~51):1,远高于浮游植物光合作用所需的氮磷比(10~15):1。这说明虾池磷是比氮更重要的限制因子。原因可能在于:淡水的注入,带进了较丰富的氮源;人工饵料中蛋白质的分解矿化能提供较丰富的无机氮。

pH 和盐度也是影响初级生产力大小的因子。相关分析表明,虾池浮游植物的毛初级产量和 pH 之间存在显著正相关( $r = 0.584$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 31$ ),而与盐度之间相关不显著( $r = -0.096$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 31$ )。这是因为光合作用吸收  $\text{CO}_2$ ,导致 pH 升高。

为了找出影响初级生产力的主要显著因子,把初级生产力和各环境因子采用计算机处理,进行多元逐步回归。由于在逐步回归中单个因子的作用变小,为了保留较多因子,采用较低显著性水平(0.1),结果如下: $P_G = 0.098B + 0.089\varphi + 1.658$ ,  $r = 0.790$ ,  $n = 28$ ,  $F_B > F_\varphi > F_{0.1}$ 。

上式说明,浮游植物生物量和太阳辐射强度是影响虾池浮游植物初级生产力大小的两个最主要因子。

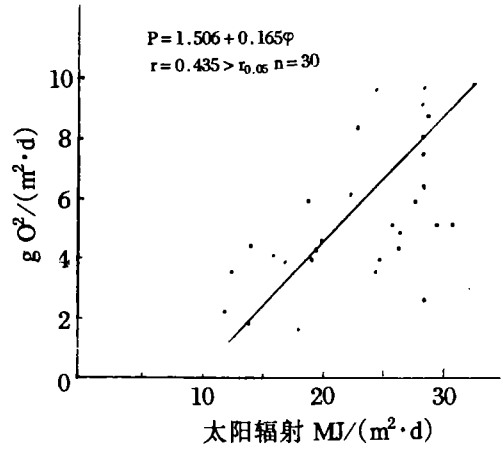


图 3 浮游植物毛产量和太阳有效辐射之间的关系

Fig.3 Relationship of gross primary production of phytoplankton to solar effective radiation

表 4 添加营养盐对浮游植物产氧量的影响

Table 4 The effect of adding nutrient on oxygen production of phytoplankton

试验日期(挂瓶时间)	天气	试验池塘	加 $\text{KH}_2\text{PO}_4$	加 $\text{NH}_4\text{Cl}$	产氧量增加(%)	备注
8月20日(24 h)	晴	3#		+	10.3	
			+	+	54.7	
			+	+	82.0	
8月22日(24 h)	晴	3#		+	24.5	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 添加量为 0.067 ~ 0.13 mg/L
			+	+	32.6	
			+	+	43.0	
9月6日(8 h)	晴	5#	+	+	没增加	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 添加量为 0.67 ~ 1.33 mg/L
					2.5	
		4#	+	+	没增加	$\text{NH}_4^+$ -N
		1#	+	+	28.1	
					9.3	
		8#	+	+	没增加	
9月11日(8 h)	多云转晴	19#	+	+	没增加	
					21.0	
		2#	+	+	没增加	

### 3.3 虾池能量转化效率

一般将经济动物产量和初级产量的能量百分比看作太阳能在渔业生态系统转化效率的主要指标。虾池浮游植物初级毛产量到虾产量的转化效率平均为 7.41(5.89 ~ 8.90)%, 高于天然水域但低于多品种混养鱼池。

天然水域一般以渔获量代表鱼产量, 并且外来有机质作用较小, 因此, 能量转化效率有限。虾池生物生产过程的特点和养鲤池相似, 两者均以人工饵料为主要能源, 初级生产力都是通过底栖动物到渔产量。但虾池采取纳潮的方式引进沙蚕, 沙蚕的生产力高于养鱼池中摇蚊幼虫和水蚯蚓的生产力, 所以能量转化效率也高于养鲤池。在鲤和草食性鱼类混养条件下, 鲤主要利用人工饵料, 初级生产力为鲢鳙直接利用并提供几乎一半的鱼生产力。在高密度多品种放养条件下, 能量得到最充分利用, 转化效率也较高。在虾池中, 初级生产力主要是间接被利用并且只提供了大约 30% 的虾产量[周一兵 1995], 能量转化效率自然难与混养鱼池相比。

为了提高虾池初级生产力的转化效率, 应在虾池中混养能直接滤食浮游植物的经济贝类, 有些生产单位实际上已这么做了。在鱼类混养的高产池中, 鲢鳙产量通常达初级毛产量的 5% ~ 15%, 即使按低值 5% 计算, 那么混养贝类的虾池中, 可额外获得约 6.60kg/公顷的贝产量。

阎喜武同志现在辽宁省海洋水产研究所工作, 本文为其读硕士生期间所作论文。

## 参 考 文 献

- 宁修仁等. 1985. 浙江沿岸上升流区叶绿素 a 和初级生产力的分布特征. 海洋学报, 7(6): 751 ~ 761.
- 吕培顶. 1984. 渤海水域叶绿素 a 的分布及初级生产力的估算. 海洋学报, 6: 90 ~ 96.
- 阎喜武. 1992. 庄河青堆虾池的浮游生物. 大连水产学院学报, 7(4): 9 ~ 24.
- 何志辉. 1987. 中国湖泊、水库的初级生产力及其能量转化效率. 水产科学, 6(1): 24 ~ 30.
- 何志辉. 1993. 吉林镇赉养鱼场鱼池生态系的分析. 水产学报, 17(1): 24 ~ 35.
- 杨 尧等. 1988. 叶绿素 a 的分布和初级生产力的估算. 福建海洋研究所: 台湾海峡中、北部海洋综合调查报告. 北京: 科学出版社. 244 ~ 259.
- 周一兵等. 1995. 虾池中日本刺沙蚕的次级生产力研究. 水产学报, 19(2): 140 ~ 150.
- 范洁伟. 1985. 南海海区浮游植物初级生产力. 中科院南海水产研究所: 南海海区综合调查报告. 北京: 科学出版社. 317 ~ 331.
- 郭玉洁等. 1992. 胶州湾的初级生产力. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社. 110 ~ 125.
- 蔡福龙等译. 1989. 近岸水域生态学. 北京: 海洋出版社.
- Morgan N C. 1980. Secondary production. In: Lecren E D, Lowe-McConnell R H, eds. The functioning of freshwater ecosystems. London: Cambridge University Press. 247 ~ 338.
- Raymont J E. 1980. Plankton and productivity. In: Ryther J H, Yentsch C S, eds. The Oceans. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press. 489.
- Winberg G G. 1972. General characteristics of freshwater ecosystems based on Soviet IBP studies. In: Lecren E D, Lowe-McConnell R H, eds. The functioning of freshwater ecosystems. London: Cambridge University Press. 481 ~ 491.
- Zur O. 1981. Primary production in intensive fish ponds and a complete organic balance in the ponds. Aquaculture, 23: 197 ~ 210.
- Бульон В В. 1983. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Изд. Наука, Л. Ленинград.
- Бульон В В, Церовсамбу С. 1986. Сравнение двух методов определения первичной продукции планктона. Гидробиол. журн., 22(2), 79 ~ 82.

## STUDIES ON PRIMARY PRODUCTION OF PHYTOPLANKTON IN SHRIMP PONDS

YAN Xi-Wu, HE Zhi-Hui

(Aquaculture Department of Dalian Fisheries College, 116023)

**ABSTRACT** The primary production of phytoplankton in the shrimp ponds of Qing-Dui Fisheries Cooperation in Zhuanghe County was studied in dark-white bottle method from May to September, 1991. Gross primary production is  $(5.45 \pm 2.36) \text{ gO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , P/B ratio is 2.39 (0.67 ~ 6.66), the utilizing rate of solar irradiance of phytoplankton is 0.78 (0.24 ~ 2.18)%, the translation efficiency of primary production to shrimp production is 7.41%. Regression analysis showed that biomass of phytoplankton and density of solar irradiance were main factors affecting primary production. Phosphorus is more important than nitrogen in limiting primary production.

**KEYWORDS** Shrimp pond, Phytoplankton, Biomass, Chlorophyll, Primary production