

# 池养脊尾白虾的繁殖、生长及其最大持续轮捕量的初步探讨

李 明 云

(浙江水产学院宁波分院, 315010)

**提 要** 池养脊尾白虾经过3个月生长可达性成熟,抱卵亲虾占总虾数比例为3.84%—16.71%,相对抱卵量平均值为512.72粒/克体重。本试验中池养脊尾白虾的体长、体重与月龄关系可用 von Bertalanffy 生长方程描述。在目前的轮捕条件下,3月龄的个体可供渔具选择,年总死亡率  $\phi = 0.6270$ ,轮捕死亡率  $E = 0.2744$ ,自然死亡率  $D = 0.3526$ 。若把首次轮捕月龄从3月龄提高到4月龄,轮捕强度控制在  $F = 1.40$ ,则产量可以比原来提高48.38%左右,且产量也能持续下去。

**关键词** 脊尾白虾,池塘养殖,繁殖,生长,最大持续轮捕量

脊尾白虾 *Exopelaeon carinicauda* (Holthuis)肉质细嫩、味美,是上等菜肴,还可加工干制成虾米,卵子可干制成虾子,性腺可干制成“虾脑”,是出口创汇佳品。它是一种广温、广盐、杂食性的中型经济虾类[刘瑞玉,1955],且易于养殖管理。产品销路好、成本低、收益高,目前已成为池塘单养和对虾塘第二季养殖的重要品种[李星云等,1991]。几年来,虾农根据脊尾白虾繁殖力高、繁殖季节长等特点,总结出了“一次放养、自繁自衍、多次轮捕”的养殖方法,这对于白虾均衡上市,提高产量和经济效益都具有重要意义。

目前脊尾白虾人工养殖尚缺乏科学技术指导,尤其是轮捕技术,盲目性大。为此笔者于1990年6月至1991年11月期间,在浙江鄞县新湾塘,对池养条件下的脊尾白虾进行了繁殖、生长及其最大持续轮捕量的初步探讨,为脊尾白虾“一次放养、自繁自衍、多次轮捕”等高产、高效技术措施提供理论依据。

## 一、材料与方 法

研究用材料取自张宽银白虾养殖池(5328m<sup>3</sup>)和养殖池中试验网箱。虾苗放养后,每月初对池中脊尾白虾生长情况进行测定,共计测定样本1196尾。对4cm以上白虾进行抱卵虾比例统计。卵子孵化率和幼体成活率试验在室外筛绢箱中进行,每天拉动筛绢箱数次,依靠天然饵料培育幼体。

张宽银白虾养殖池,1991年5月20日至5月30日,放养捕自自然海区的白虾苗种15.194kg,其中虾苗(0.5—0.8cm)3.06kg,约79560尾,抱卵白虾(6—8cm)2.73kg,约

500尾;其他规格 9.40kg, 常规管理。6月至11月每月轮捕一次, 养殖至12月, 干塘全部起捕。从10月和11月轮捕物中随机取样 20729尾。根据脊尾白虾苗种放养时的不同规格和相应出现的三次繁殖高峰, 采用“一个种群混合群体样本群体组成的划分”的方法〔刘子藩, 1992〕, 对样本进行分类。分类结果: 3月龄白虾 12997尾、4月龄 5393尾、5月龄 1983尾、6月龄以上 355尾。根据捕获的各月龄个体, 采用 Heincke 法计算存活率, 然后依据动态库模型〔华东师范大学等, 1982〕探讨最大持续轮捕量。

## 二、结 果

### (一) 池养脊尾白虾的繁殖特征

1. 性成熟情况及抱卵率 白虾苗在池塘内经过3个月生长, 大部分个体可达性成熟。参加生殖的雌体, 生物学最小体长为 4.12 cm, 抱卵个体最小体长为 4.61 cm, 最大体长达 9.0 cm。繁殖期间脊尾白虾的雌雄性比为 1.41:1。

池养脊尾白虾的抱卵率, 在不同时期有一定变化(表1), 其繁殖高峰出现在6月、8月和9月, 抱卵率分别为 11.12%、13.85%、16.71%。至11月份繁殖基本结束。

表1 池养脊尾白虾抱卵率月变化  
Table 1 Monthly changes in berried rate of *E. carinicauda*  
in earthen ponds

日期(月.日)	6.4	7.1	8.5	9.1	9.30	11.8
总样本数(尾)	514	495	568	341	491	156
抱卵亲虾数(尾)	57	28	78	57	44	6
抱卵率(%)	11.12	5.29	13.85	16.71	9.16	3.84

注: 抱卵率 = 抱卵亲虾尾数/总样本数 × 100(%)。

2. 绝对抱卵量与相对抱卵量 池养脊尾白虾的绝对抱卵量与个体大小有关, 体长 8.61 cm 亲虾, 抱卵量达 3981 粒, 一般个体绝对抱卵量为 1500—2000 粒。池养脊尾白虾的绝对抱卵量( $X_{\text{粒}}$ )与体长( $L$ , cm)、体重( $W$ , g)之间关系呈直线相关, 其直线方程分别为:  $X_{\text{粒}} = 804.34L - 2988.628$ , ( $r = 0.9310$ );  $X_{\text{粒}} = 516.025W + 24.763$ , ( $r = 0.9450$ )。

从表2看, 在同一体长组中, 绝对抱卵量平均值, 随体重增加而有规律地增加; 但在同一体重组中, 绝对抱卵量平均值并不完全随体长增长而增加, 即有时表现为降低或时高时低的现象, 由此说明绝对抱卵量与体重关系最为密切。

池养脊尾白虾个体相对抱卵量(粒/克体重)范围为 310.53—767.93 粒/克体重, 平均 512.70 粒/克体重。

3. 卵子孵化率与幼体存活率 在水温为 16.4—24.2°C, 盐度为 20.8‰—24.7‰的条件下, 抱在腹部卵子的孵化所需时间为 15—18 天。卵子的孵化顺序, 从第 IV 游泳足一直向前依次进行。室外筛绢箱中两次试验平均孵化率为 25.82%。刚孵化出膜的蚤状幼体( $z_1$ ), 体长为 1.9—2.2 mm。室内试验平均孵化率为 74.4%。

表 2 绝对抱卵量(粒)与体长及体重关系  
 Table 2 Relationships between absolute number of berried eggs  
 and body length and body weight

体重(g)		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	各项平均值	
体长 (cm)	样本数 (尾)	7	10	18	10	12	2	5	2	5	6		2
5.0	5	815	1144									980	
5.5	20	798	1245	1515								1184	
6.0	18			1649	1725	1946						1773	
6.5	16				1558	1828	2020					1800	
7.0	5						2108	2208				2156	
7.5	5						2146	2248	3091			2498	
8.0	8								3130	3306		3218	
	2										3870	3870	
各项平均值		804	1195	1582	1642	1884	2020	2127	2228	3111	3306	3870	2209

在水温为 22.1—22.4°C, 盐度为 23.4‰—24.7‰ 的条件下, 蚤状第一期幼体, 经过 6 次蜕皮, 历时 11—13 天, 进入仔虾阶段。室外筛绢箱两次试验平均存活率为 6.40%。

## (二) 池养脊尾白虾的生长规律

1. 体长与体重关系 池养脊尾白虾的体重(W)对体长(L)的关系, 其回归方程为。  
 $W = 0.015984L^{3.948999}$  ( $r = 0.9650$ )。

由图 1 可见, 小个体脊尾白虾主要在于体长增长, 大个体脊尾白虾体重增加速度明显加快, 尤其是大于 5cm 的个体。

2. 肥满度与体长关系 从不同体长组的肥满度( $\frac{W \cdot 100}{L^3}$ )变化可以看出(表 3), 5.0 cm 以上的个体肥满度明显地高于 5.0 cm 以下个体, 5.0 cm 体长组为肥满度高低主要分界线。这和体重与体长关系中, 体长大于 5.0 cm 的个体, 其生长主要在于体重的增加相吻合。

3. 一般生长型 因为池养脊尾白虾近似等比生长, 生长指数  $b \approx 3$ , 所以其生长特性可用 von Bertalanffy 生长方程拟合[李思发, 1989], 进而求算各生长参数, 求算结果,  $L_{\infty} = 10.5$  cm,  $k = 0.1412$ ,  $t_0 = -0.54$ ,  $W_{\infty} = 18.30$  g, 生长拐点  $t_r = 7.3$ 。则池养脊尾白虾体长、体重与月龄关系式分别为:  $L_t = 10.5[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]$ ;  $W_t = 18.30[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]^3$ (图 2)。

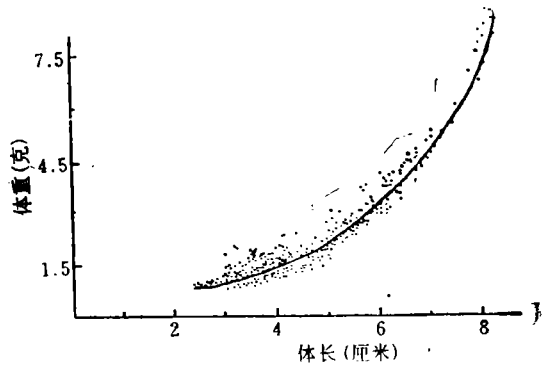


图 1 脊尾白虾体长与体重相关曲线

Fig. 1 Relationship between body length and weight of *E. carinicauda*

表3 脊尾白虾不同体长组肥满度比较  
Table 3 Changes in the condition factor of various length groups of *E. carinicauda*

体长组(厘米)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	
样本数(尾)	100	100	100	110	103	62	50	24	29	12	12
肥满度	1.475	1.477	1.441	1.402	1.588	1.518	1.554	1.584	1.544	1.543	1.605

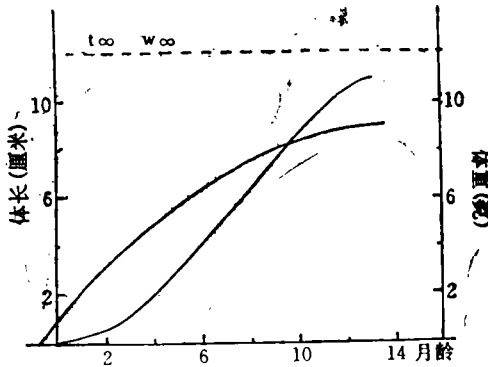


图2 脊尾白虾的体长、体重生长曲线

Fig. 2 Growth curve of body length and body weight of *E. carinicauda*

### (三) 最大持续轮捕量的初步探讨

1. 首次轮捕月龄值 从池养脊尾白虾轮捕样品中月龄组成来看, 3月龄后个体可被轮捕的网具捕获。因此, 以3月龄为池养脊尾白虾首次捕捞月龄值, 以  $t_0$  表示首次捕捞月龄, 则  $t_0 = 3$ , 计算存活率应从3月龄开始。

2. 总死亡系数( $z$ )和总死亡率( $\phi$ ) 依据 Heincke 法, 用轮捕获得的白虾各月龄组的数量资料, 估算月总存活率( $s$ ), 并据此计算  $z$  和  $\phi$  值。

$$s = 1 - \frac{c_t}{\sum_{j=0}^{\infty} c_{t+j}}, \quad \text{则 } z = -\ln s; \quad \phi = 1 - s$$

$c_t$ ——首次捕捞月龄渔获尾数;

$c_{t+j}$ ——首次捕捞月龄以上的渔获尾数。

已知  $c_t = 12997$ ,  $\sum_{j=0}^{\infty} c_{t+j} = 20729$ , 代入上式则得  $s = 0.3730$ ,  $z = 0.9862$ ,  $\phi = 0.6270$ 。

3. 自然死亡系数( $M$ )和自然死亡率( $D$ ) 根据 von Bertalanffy [1938] 生长方程提供的参数, 采用 Рыкащов [李恩发, 1989] 的公式求算极限月龄( $T_{\max}$ ):

$$T_{\max} = \left[ \lg \frac{1 - e^{-k(t_{0+1} - t_0)}}{1 - e^{-k(t_0 - t_0)}} \right]^{-1},$$

式中,  $k=0.1412$ ,  $t_c=3$ ,  $t_0=-0.54$ , 经计算得  $T_{max}=12.4548$ 。

计算结果的极限月龄 12.4548, 与池中脊尾白虾的最大实际月龄基本相符。

以 12.5 月为 1000 个个体中的最大月龄, 按种群数量与月龄的关系式  $N_t = R_0 e^{-Mt}$ , 求得自然死亡系数  $M=0.5546$ , 则自然死亡率  $D = M/Z \cdot \phi$ , 将  $Z=0.9862$ ,  $M=0.5546$ ,  $\phi=0.6270$  代入上式, 求得  $D=0.3526$ 。

4. 轮捕死亡系数( $F$ )和轮捕死亡率( $E$ ) 月总死亡系数( $Z$ )为自然死亡系数( $M$ )与轮捕死亡系数( $F$ )之和, 所以,  $F = Z - M$ , 月轮捕死亡率( $E$ )为:  $E = F / (M + F) \cdot (1 - s)$ , 求得  $F=0.4316$ ,  $E=0.2744$ 。

5. 轮捕对生殖群体数量的影响 假定每一世代的原始数量恒定, 且自然死亡是均匀分布的。以 1000 个个体作为世代开始的数量, 以  $R_0$  表示, 已知池养脊尾白虾性成熟月龄  $t_0=3$ , 存活率  $s=0.3730$ , 那么, 3 月龄以上生殖种群相对数量将以  $s$  减少, 且因不同的轮捕强度, 其递减的幅度也有所不同, 3 月龄以上的成熟白虾数为:

$$A = R_0 s^2 + R_0 s^3 + R_0 s^4 + R_0 s^5 + R_0 s^6,$$

依照上式, 分别计得各种轮捕强度及轮捕月龄下的生殖群体数量(表 4)。

表 4 轮捕对种群数量的影响

Table 4 Effect of catch rotation on the population number

生殖群体数量(尾) 轮捕强度	月龄					
	1	2	3	4	5	6
0.05	626	658	691	709	718	723
0.11	526	586	655	692	712	721
0.19	419	506	613	672	702	718
0.28	327	433	574	652	694	714
0.43	221	339	522	626	682	712
0.67	121	239	466	596	668	707
1.40	23	95	385	551	644	698
2.00	6	48	358	535	636	694

由表 4 可见, 在同一轮捕月龄下, 生殖群体的相对数量, 随着轮捕强度的增大而减少; 在同一轮捕强度下, 生殖群体的相对数量, 随着最小轮捕月龄的增大而增多。按经验, 在轮捕强度  $F=0.43$  的情况下, 根据格雷厄姆提出的“维持最大持续产量的资源水准约等于原始水准的二分之一左右”的 S 型曲线理论, 轮捕 1 月龄、2 月龄白虾, 显然是不合适的, 因其生殖群体的相对数量分别只有 221 尾和 339 尾, 约只占原始水准的  $\frac{1}{5}$  和  $\frac{1}{3}$ 。

6. 轮捕对产量的影响 采用动态库模型〔华东师范大学等, 1982〕, 在某特定轮捕强度和最小轮捕月龄条件下, 各月龄组轮捕量总和(尾数)为:

$$c = \sum_{t=t_0}^{\infty} F R_0 e^{-[F(t-t_0)+Mt]},$$

式中  $R_0$  为世代开始的数量,  $t$  为月龄,  $t_0$  为各种首次轮捕月龄,  $F$  为捕捞死亡系数,  $M$  为自然死亡系数。轮捕月产量( $y$ )为:

$$y = \sum_{t=t_0}^{\infty} F R_0 e^{-[F(t-t_0)+Mt]} \cdot \bar{W}_t,$$

式中  $\bar{W}_t$  为某特定月龄组的实测平均体重。

将世代开始的相对数量  $R_0 = 1000$  尾, 分别以  $F = 0.05, 0.11, 0.19, 0.28, 0.43, 0.67, 1.40, 2.0$ ;  $t_0 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ ;  $\bar{W}_t = 0.038, 0.420, 1.125, 2.450, 3.518, 4.285, 5.167, 6.200, 6.932$  g, 代入上式, 求得不同轮捕强度及各种首次轮捕月龄下的产量(表 5)。

表 5 轮捕对产量的影响  
Table 5 Effect of catch rotation on yield

产量(g) 轮捕强度	月龄								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.05	51.88	53.43	48.66	39.69	32.67	18.37	10.91	6.15	2.43
0.11	93.87	101.87	96.35	81.48	56.68	38.40	24.01	12.76	5.34
0.19	124.40	146.78	145.66	124.54	90.99	60.69	38.98	22.04	9.22
0.28	143.35	180.03	186.52	168.23	123.39	84.32	53.77	30.54	13.59
0.43	149.45	211.44	235.54	223.57	167.14	114.51	76.93	43.92	20.87
0.67	136.78	241.64	293.38	293.09	223.43	158.54	106.91	68.43	32.51
1.40	103.92	297.00	415.98	456.32	366.59	260.81	177.95	123.57	67.93
2.00	88.174	345.50	505.78	594.06	479.08	339.52	241.81	162.66	97.05

从表 5 可以看出, 在恒定的首次轮捕月龄下, 产量随着轮捕强度增大而增大。在 0.05, 0.11, 0.19 轮捕强度下, 2 月龄轮捕产量最高, 分别为 53.43 g、101.87 g、146.8 g, 2 月龄后产量则逐渐下降; 在 0.28, 0.43, 0.67 轮捕强度下, 3 月龄轮捕产量最高, 分别为 186.52 g、235.54 g、293.38 g, 而 3 月龄以后轮捕产量则下降; 在 1.40, 2.0 轮捕强度下, 4 月龄轮捕产量最高, 分别为 456.32 g 和 594.06 g, 而 4 月龄以后轮捕产量则有较大幅度减少。以上结果究竟以那种组合轮捕为好? 通过对自然死亡率 ( $D$ ), 轮捕强度 ( $F$ ), 个体生长, 成熟速度, 生殖群体和补充群体数量变动以及经济效益等方面综合考虑, 是不难确定轮捕的最佳组合。

综合观察一下表 4 和表 5, 很明显, 可以通过变更轮捕强度和轮捕月龄来增加生殖群体的总数量和提高产量。例如以轮捕强度 0.05、3 月龄为最小轮捕月龄, 与以轮捕强度 0.11、4 月龄为最小轮捕月龄的生殖群体数量相近, 分别为 691 尾和 692 尾, 两者净差 1 尾, 但后一种组合的产量 (81.48 g), 比前一种组合的产量 (48.66 g) 增加 40.28%, 以轮捕强度为 0.43、3 月龄为最小轮捕月龄的产量 235.54 g, 与以轮捕强度为 0.67、5 月龄为最小轮捕月龄的产量 223.43 g, 两者相差无几, 而后一种组合的生殖群体相对数量 668 尾, 要比前一种组合 522 尾增加 21.85%。

从池养脊尾白虾的生长规律来看, 生长 4 个月左右体长达 5~6 cm 的个体, 虾体肥壮, 商品价值高, 所以捕捞 4 月龄个体经济效益高于 3 月龄个体; 再从池养脊尾白虾繁殖规律看, 6 月至 9 月份平均抱卵率为 11.23%, 平均孵化率为 25.80%, 幼体存活率为 6.4%。因为目前捕捞的白虾主要个体为 4.0—5.5 cm, 抱卵量平均值按 1000 粒计算, 则补充 1000 尾仔虾需亲虾 538 尾  $\left( \frac{1000}{1000 \times 25.8\% \times 6.42\% \times 11.23\%} \right)$ 。要保持产量的

持续性和稳定性, 生殖群体的相对数量, 必须保持理论计算水平以上的前提下, 确定轮捕强度和最小轮捕月龄, 由此而得到的最大的总轮捕量, 才能保持产量的持续性。据此不难得出, 凭经验确定的轮捕组合 ( $F=0.43$ 、 $t_0=3$ ), 不但生殖群体相对数量 522 尾少于理论计算水平, 而且没有达到最大轮捕产量, 所以这种组合并不合理。若把最小轮捕月龄改为 4 月龄, 轮捕强度提高为 1.4, 可把原组合的 235.54 g 产量提高到 456.32 g, 增产幅度达到 48.38%, 而生殖群体相对数量 551 尾也高于理论计算水平, 所以能保持轮捕量的持续性。

### 三、小 结

1. 池养脊尾白虾仔虾经过 3 个月生长, 可达性成熟, 参加生殖的雌体生物学最小体长为 4.12 cm。抱卵亲虾比例变动在 3.84%—16.71%。

2. 池养脊尾白虾的绝对抱卵量与个体大小的关系式为  $X_{\text{♀}} = 804.34L - 2988.628$ ;  $X_{\text{♀}} = 516.025W + 24.763$ 。相对抱卵量平均值为 512.70 粒/克体重; 抱在腹部卵子的平均孵化率为 25.80%。

3. 池养脊尾白虾, 体长与体重的关系为  $W = 0.015984L^{2.44996}$ 。体长、体重与月龄的关系分别为  $L_t = 10.5[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]$ ;  $W_t = 18.30[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]^2$ 。其肥满度 5.0 cm 以上个体大于 5.0 cm 以下个体。

4. 池养脊尾白虾的月总死亡率为 0.6270, 自然死亡率为 0.3526, 捕捞死亡率为 0.2744。

5. 比较不同轮捕强度和不同最小轮捕月龄对产量和生殖群体相对数量的影响, 以及考虑生态效益和经济效益。如果把最小轮捕月龄增大至 4 月龄、轮捕强度提高为 1.4, 总产量可望提高 48.38%, 并能保持轮捕量的持续性。

本项研究得到张宽银同志大力协作。孙仲本、周国平同志参加了部分研究, 在此一并致以谢忱。

### 参 考 文 献

- [1] 刘子藩, 1992。一个种群混合群体样本群体组成的划分。海洋渔业, 14(6):246-250。
- [2] 刘瑞玉, 1955。中国北部经济虾类, 48-49。科学出版社(京)。
- [3] 华东师范大学等, 1982。动物生态学(下册), 304-308。人民教育出版社(京)。
- [4] 李明云等, 1991。对虾塘综合养殖高产技术, 41-51。浙江科学技术出版社(杭州)。
- [5] 李思发, 1989。淡水鱼类种群生态学, 31-42, 177。农业出版社(京)。
- [6] Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hera. Biol.*, 10(2): 181-213.

**AN APPROACH TO THE REPRODUCTION AND GROWTH OF  
SHRIMP *EXOPELAEMON CARINICANDA* CULTURED  
IN EARTHEN PONDS WITH REFERENCE TO ITS  
MAXIMUM SUSTAINING YIELD ON  
CATCH ROTATION**

Li Mingyun

(Zhejiang Fisheries College, Ningbo Branch, 315010)

**ABSTRACT** The reproduction and growth of *Exopelaeomon carinicauda* (Holthuis) cultured in earthen ponds with reference to its maximum sustaining yield on catch rotation have been conducted. The shrimp can reach first maturity after 3 months of culture. The percentage of berried females against to total number of shrimp was 3.84—16.71%. The mean relative fecundity was 512.70 eggs/g. The relationship between the age ( $t$ , month) and the body length ( $L$ , cm) can be expressed by the equation  $L_t = 10.54[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]$ . The weight ( $W$ , g)-age ( $t$ , month) relationship can be described as  $W_t = 18.30[1 - e^{-0.1412(t+0.54)}]^3$ . The total mortality of *E. carinicauda* for pond culture was calculated to be 0.6270 (including natural mortality of 0.3526 and catching mortality 0.2744). At present the age class in the harvest is mainly three-month old. In such a case it would be difficult to maintain the maximum sustaining yield. If the catchable age class can be shift to four-month old and the fishing effort is controlled to 1.40, 48.38% increment in total yield might be expected and the primary relative abundance of the reproductive population can be maintained in a stable state.

**KEYWORDS** *Exopelaeomon carinicauda*, pond culture, reproduction, growth, maximum sustaining yield on catch rotation