

凡纳滨对虾亲虾驯养、促熟、产卵及无节幼体培育

林琮武¹, 艾春香¹, 李少菁^{1*}, 王桂忠¹, 陈学雷¹, 沈绿珠²

(1. 厦门大学海洋与环境学院, 2. 厦门大学统计系, 福建 厦门 361005)

摘要: 在水温 $27 \pm 2^\circ\text{C}$, 盐度 29 ± 2 ; pH 8.0~8.5, 光强 1 000 lx 的条件下, 对来自我国台湾的 1 300 对规格为 35~45 g/尾的凡纳滨对虾亲虾进行为期 73 d 的驯养、促熟、产卵及无节幼体培育试验. 结果表明, 整个试验过程中, 亲虾平均存活率为 99.458%, 波动区间[99.583%, 99.333%], 日产卵亲虾比例平均为 3.506%, 波动区间[3.89%, 3.123%], 雌虾单尾次日产无节幼体数量平均为 18.928%, 波动区间[19.691%, 18.164%]. 无节幼体的日产量随繁殖驯养的延长, 呈渐渐上升态势, 从 240 万尾(第 21 天)至 2 135 万尾(第 54 天)平均为 1 323 万尾. 此外, 试验发现近成熟的雌虾也能接受交配行为.

关键词: 凡纳滨对虾; 亲虾; 促熟; 交配; 无节幼体

中图分类号: S 969.2

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006)05-0688-04

凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) 曾译为南美白对虾、凡纳对虾和万氏对虾, 俗称白对虾或白虾, 属于开放性纳精囊类型的种类, 具有繁殖季节长、生长快、抗逆性强、盐度适应范围广、肉质鲜美和出肉率高等特性, 深受养殖业者的青睐. 目前, 在世界各地已掀起了凡纳滨对虾养殖的热潮^[1]. 在我国也不例外, 从沿海水域的海南至内陆湖泊的新疆均有养殖, 其养殖发展速度、面积、范围以及产量等均是空前的.

有关凡纳滨对虾人工繁殖生物学的研究时有报道^[2~8], 原被认为是繁殖难度最大的种类之一^[1], 目前其人工繁殖技术已有实质性的突破. 本文报道商业性批量育苗生产过程中凡纳滨对虾亲虾驯养、促熟、交配、产卵和无节幼体培育, 并报道该虾交配过的雌虾有小部分当天并没有产卵的现象, 旨在探讨亲虾生殖活动的规律性, 为进一步提高苗种质量、丰富甲壳动物生殖生物学内容提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 实验材料及实验地点

实验所用 3 批[2001 年 3 月 3 日 551 对(1 102 尾); 3 月 10 日 270 对(540 尾); 4 月 19 日 479 对(958 尾), 共计 1 300 对(2 600 尾)] 凡纳滨对虾亲虾(规格均为 35~45 g/尾)全部来自我国台湾, 采用低温(16°C 左右)水包装法运输至厦门市五通村厦门大学海洋生

物技术研发基地进行实验. 亲虾全部从饲养 8 个月以上的池养虾中选留, 运到试验地后在配套有供水、气温、电等设施, 面积为 30 m^2 ($5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2 \text{ m}$) 的室内水泥池中经过一段时间适应性驯养.

1.2 亲虾驯养与管理

亲虾驯养水泥池水深 60 cm 左右, 密度为 8~10 尾/ m^2 , 日常管理按商业性生产无节幼体的要求执行. 水质条件: 水温 $27 \pm 2^\circ\text{C}$, 盐度 29 ± 2 ; pH 8.0~8.5, 全天不间断充气; 日换水量为总水量的 $1/3 \sim 1/2$, 每日 09:00~10:00 之间吸污 1 次, 同时回收残饵. 饵料以活沙蚕为主, 配投牡蛎或乌贼, 日投饵量为亲虾体重的 10%~20% 或稍偏多, 视摄食情况酌情增减, 每日 09:00、15:00、20:00 各投饵 1 次, 大部分投洒于池子四周. 光线控制在弱光, 约 1 000 lx 左右, 并配有日光灯, 以备阴雨天使用, 确保追尾活动的正常进行.

1.3 实验方法

(1) 促熟方法: 采用镊烫摘除单侧眼柄的外科手术, 结合遮光方法进行亲虾促熟. ♀ ♂亲虾按 1:1 的比例同池驯养, 入池 5~7 d 适应新的驯养环境, 亲虾稳定后做外科手术.

(2) 研究方法: 采用观察、记录的方法研究与亲虾生殖活动相关的生物学参数.

(3) 几个术语的说明: 亲虾单尾次日无节幼体日产量是指产卵亲虾当中平均每尾亲虾繁殖无节幼体的数量; 产卵亲虾比率是指当天产卵的亲虾数占当天存活亲虾总数的比例; 每天存活亲虾平均生产无节幼体产量指当天无节幼体数量/当天存活亲虾总数.

1.4 数据处理

收稿日期: 2005-07-28

基金项目: 福建省自然科学基金(B9910003)资助

作者简介: 林琮武(1957-), 男, 高级工程师.

* 通讯作者: seli@xmu.edu.cn; zoopecol@xmu.edu.cn

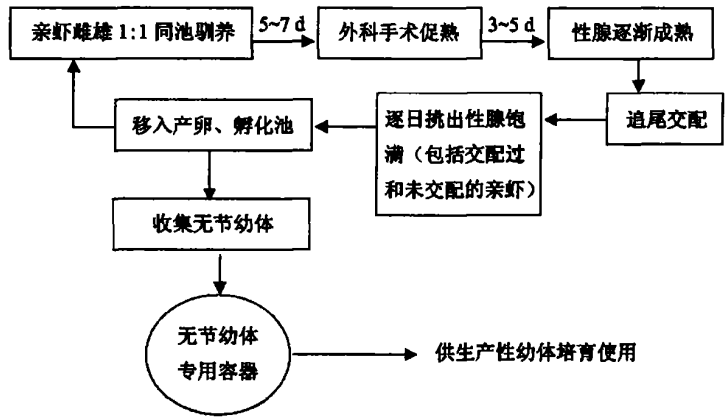


图 1 亲虾促熟的技术路线和生产性培育无节幼体的工艺流程

Fig. 1 The technological route of maturation of *L. vannamei* broodstock and technics process of nauplii rearing

以数理统计方法^[9] (区间预测法) 处理实验数据。以亲虾实验有限总体为研究对象归纳, 推导出内在的规律性, 并由此推知自然群体。

设 x 、 P_1 、 P_2 分别表示亲虾日存活率, 日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量。如果亲虾驯养天数为 1~73 d 的数据为样本, 可得亲虾日存活率, 日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量的样本平均数分别为 $\bar{X}$, $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, 抽样平均误差分别为: $S_{\bar{x}}$, $S_{\bar{P}_1}$, $S_{\bar{P}_2}$ 。由抽样理论可知, 样本平均数作为总体均值的估计, 因而总体亲虾日存活率的估计值为 $\hat{x} = \bar{x}$ 总体日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量的预测值为 $\hat{P} = \bar{P}_1$, $\hat{P} = \bar{P}_2$ 。设显著性水平为 $\alpha\%$, 那么亲虾日存活率, 日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量相应的预测区间分别为 $[\bar{x} - t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{x}}, \bar{x} + t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{x}}]$, $[\bar{P}_1 - t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{P}_1}, \bar{P}_1 + t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{P}_1}]$, $[\bar{P}_2 - t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{P}_2}, \bar{P}_2 + t_{\alpha/2}(n-1) \cdot S_{\bar{P}_2}]$, 取显著水平为 5%, 样本容量 n , 可得计算结果。

2 结 果

2.1 凡纳滨对虾亲虾在繁殖驯养过程中的存活、交配、产卵和无节幼体产量

凡纳滨对虾亲虾在 73 d 的繁殖驯养全过程中存活、交配产卵和无节幼体产量的结果见图 2、3。

从图 2、3 中可以看出, 在亲虾繁殖驯养的过程中, 其存活率较为稳定且较高, 曲线图显示很平缓, 刚入池 (2~3 d) 和术后 (7~9 d) 的亲虾日存活率分别为 97.4% (第 2 d) 和 97.8% (第 7 天), 之后亲虾存活率均在 99.5% 左右。无节幼体产量的波动从 240 万尾 (第 21 天) ~ 2 135 万尾 (第 54 天), 累计 70 124 万尾, 平均日产量为 1 323 万尾, 与产卵亲虾比例和亲虾单尾次

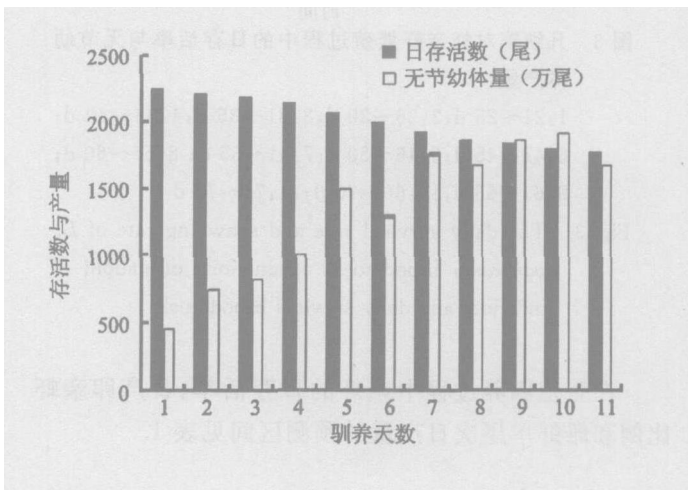


图 2 凡纳滨对虾亲虾繁殖过程中存活与无节幼体产量
1: 21~25 d; 2: 26~30 d; 3: 31~35 d; 4: 36~40 d;
5: 41~45 d; 6: 46~50 d; 7: 51~55 d; 8: 56~60 d;
9: 61~65 d; 10: 66~70 d; 11: 71~73 d

Fig. 2 The survival ind. of *L. vannamei* broodstock and production of nauplii during the reproduction

无节幼体产量成正相关关系。随着繁殖驯养日期后延, 这两个指标都呈上升态势, 亲虾单尾次产量曲线的走势很平缓, 开始时处于较低水平 (8×10^4 尾/每尾亲虾)。大约经过 10 d 后就达平均水平, 为 18.93×10^4 尾/每尾亲虾。产卵亲虾比例的波动幅度较大, 从 1.376% (第 21 天) ~ 5.894% (第 54 天), 平均为 3.506%。

本试验中当天交配雌虾累计数为 3 745 尾次, 而当天产卵数累计为 3 645 尾次, 即 97.04% 的亲虾当天产卵, 还有 2.96% 当天没有产卵, 但是第 2 天就会全部产空。交配过的亲虾在产卵过程中没有出现死亡现象。

2.2 亲虾繁殖驯养过程日存活率, 日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量的预测区间

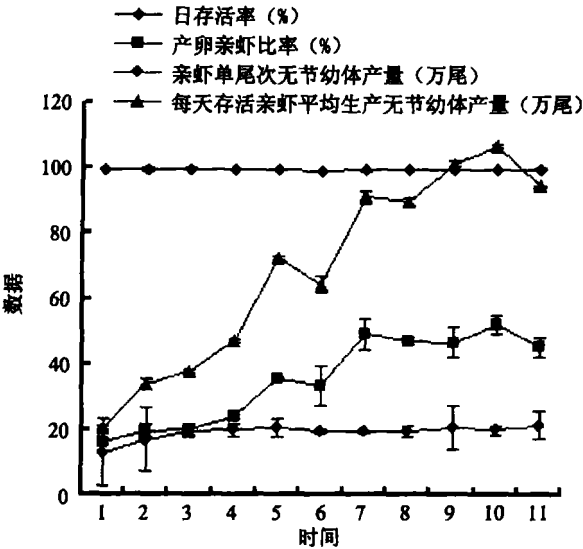


图3 凡纳滨对虾亲虾繁殖过程中的日存活率与无节幼体产量
1: 21~ 25 d; 2: 26~ 30 d; 3: 31~ 35 d; 4: 36~ 40 d;
5: 41~ 45 d; 6: 46~ 50 d; 7: 51~ 55 d; 8: 56~ 60 d;
9: 61~ 65 d; 10: 66~ 70 d; 11: 71~ 73 d

Fig. 3 The daily survival rate and spawning rate of *L. vannamei* broodstock, productions of nauplii of individual and daily survival broodstock

在繁殖驯养过程中亲虾的日存活率、日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量的预测区间见表 1。

3 讨论

凡纳滨对虾自引进到我国之后,经广大科技工作者共同攻关,实现了在人工养殖条件下亲虾完成自然交配、产卵和孵育无节幼体的目标,这为苗种生产解决了一大难题。亲虾驯养一般采用雌雄同池和分池驯养的方法:前者♀♂同池驯养,促熟、交配,交配过的雌虾移入产卵、孵化池;后者♀♂分池驯养,促熟,再把卵巢成熟的雌虾移入雄虾促熟池进行交配,接着再把交配过雌移入产卵、孵化池。♀♂同池驯养操作较为简便,有利亲虾存活,而♀♂分池驯养的优点是在交配时能够提高雄亲虾的比例,交配率较高。本试验采取同池驯

养获得了亲虾平均交配率 61.43%,与于琳江等的研究结果有差异,他们试验发现同池驯养的交配率(35.3%)明显低于分池驯养(50.3%)^[5],这可能与亲虾驯养技术和条件不同有关。

本试验中观察到在当天交配过的雌虾,还有 2.96%的亲虾当晚没有产卵,而推迟到第 2 天晚上才产卵,这表明接近成熟的雌虾也能接受交配行为,这一现象与 Yano^[10]提出的只有成熟的雌虾才能接受交配行为的观点不一致。未交配的或者已交配过的成熟雌虾,精英脱落,均能产卵,但卵不能受精,这表明凡纳滨对虾亲虾性腺成熟均能产卵,与交配引为的刺激无关。精子与卵的相结合具有选择性,即精英的精子只与交配的雌虾所产的卵受精。刘永也报道过类似的结果^[7]。从图 2 和图 3 可以明显看到,随亲虾繁殖时间的延长,每天产卵的亲虾数比率呈渐渐增大趋势,从 1.612%~5.204%;亲虾单尾无节幼体日产量也呈平缓增加,从 12.82~21.16 万尾;由于亲虾存活数每天以 0.5%左右的比例递减,而无节幼体日产量则呈上升趋势。

交配率是决定无节幼体产量的关键因素^[2,5,7],提高交配率有助于增加无节幼体产量。于琳江等^[5]认为在交配时间内按雄虾比例(1□5 以上)^[11]和延长交配时间可以提高交配率。刘永^[7]报道日换水一次交配率为 40%~52%,平均 46%,日换水 2 次交配率高达 76%~88%,平均 79%。笔者认为提高亲虾交配率应注意:1)亲虾性腺发育状况是促使交配行为发生和完成的生物学基础;2)借鉴家禽培育成功的经验和技能,对初次生殖的亲虾进行交配行为的诱导和训练;3)亲虾驯养环境的稳定是新虾繁殖活动健康、安全进行的基本保障。目前对交配率的定义只是指在生殖活动中,卵巢成熟的雌虾接受交配的比例,而精英形成的雄虾每天总数是多少,其中有多大比例用于当日交配,这就不得而知。本实验的平均日交配率为 61.43%,波动区间[58.85%~64.00%],表明每天卵巢成熟的雌虾还有 38.57%未接受雄虾交配,不仅不能有效地用于生产,而且还有造成污染、败坏水质的可能。若雄虾精英

表 1 凡纳滨对虾亲虾繁殖驯养过程日存活率、日产卵亲虾比例和雌虾单尾次日产量的预测区间

Tab. 1 Predicated area of daily survival rate and daily spawning rate of *L. vannamei* broodstock and daily nauplii production of every spawned broodstock

	样本容量	样本	抽样平均	样本平均	变异系数	区间预测	区间预测
	<i>n</i>	标准差	误差	数据		上限	下限
亲虾日存活率(%)	64	0.510	0.064	99.458	0.005	99.583	99.333
日产卵亲虾比例	53	1.424	0.196	3.506	0.406	3.890	3.123
雌虾单尾次日产量(万尾)	53	2.835	0.389	18.928	0.150	19.691	18.164

形成和交配与雌虾一样, 则真正交配率为: $\frac{1}{2} \times 61.43\% = 30.715\%$.

凡纳滨对虾全人工繁育技术虽已获得成功, 但其负面的隐忧也已初现端倪: 盲目的发展养殖, 产量增加了, 优良性状严重退化了, 效益大大降低了, 尤其是在养殖季节集中的 7、8、9 三个月, 市场价位很低, 在 6~8 元/斤, 养殖利润很低, 这与高投入、高风险的对虾养殖业是不协调的, 再度致使这一刚复苏的产业处于非常脆弱的状态. 更令人担忧的是凡纳滨对虾人工繁殖技术成功后, 人们从养殖虾中选留亲虾的做法, 无疑是在进行不良养殖条件下的负选择, 世代延续, 垂直累积, 即良种在变异、遗传和长期适应中, 接受这种不良生态因子的负选择而退化^[12], 导致亲本质量日渐下降. 现在整个养殖业中普遍存在着没有正确掌握人工繁殖技术和超大剂量施药的不良行为又加速了种质退化. 因此, 现在凡纳滨对虾的养殖病害日渐严重, 这应引起人们足够的重视, 以免重蹈 1993 年对虾养殖的覆辙.

参考文献:

- [1] 张伟权. 世界重要养殖品种——南美白对虾生物学简介[J]. 海洋科学, 1990(3): 69–72.
- [2] 蔡生力, 戴习林, 臧维玲, 等. 南美白对虾的性腺发育交配、产卵和受精[J]. 中国水产科学, 2002, 9(4): 336–339.

- [3] 林琼武, 艾春香, 王桂忠, 等. 凡纳滨对虾亲虾蜕节律和使用寿命的研究[C]// 甲壳动物学论文集(第4集). 北京: 科学出版社, 2003: 329–334.
- [4] Chen P, Peid B I, Arnold C R. Maturing spawning and egg collection of the white shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculate system[J]. J. world Aquacult. Soc., 1991, 22(3): 167–172.
- [5] 于淋江, 于奎杰, 张乃禹. 南美白对虾人工繁殖技术的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 575–578.
- [6] 林治术. 南美白对虾渤海湾全人工繁殖技术研究[J]. 海洋科学, 1997, 21(6): 143–144.
- [7] 刘永. 凡纳对虾人工繁殖的初步研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(4): 19–23.
- [8] Luiz S, Bueno S. Maturing and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Bru Kenroak, 1936, under large scale rearing conditions[J]. J. world Aquacult. Soc., 1990, 21(3): 170–179.
- [9] 王美今. 经济预测与决策[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1997.
- [10] Yano I. Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp[J]. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1995, 193: 113–118.
- [11] 刘文御. 白虾专辑[M]. 高雄: 行政院农业委员会水产实验所, 1999: 1–32.
- [12] 吴仲庆. 水产生物遗传育种学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2000.

Studies on the Domestication, Maturation, Spawning of *Litopenaeus vannamei* Broodstock and Nauplii Rearing

LIN Qiong-wu¹, AI Chun-xiang¹, LI Shao-jing^{1*},
WANG Gu-zhong¹, CHEN Xue-lei¹, SHEN Lu-zhu²
(1. College of Oceanography and Environment Science, Xiamen University,
2. Department of Statistics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the domestication, maturation, spawning of 1 300 pairs of pond reared *Litopenaeus vannamei* broodstock from Taiwan with body weight of 35~45 g/ind. and nauplii rearing for 73d under water temperature of $27 \pm 2^\circ\text{C}$, salinity of 29 ± 2 , pH 7.8~8.5 and light of 1 000 lx. The results showed that the daily average survival rate of the broodstock was 35.06%, fluctuation interval was [99.583%, 99.333%]; the daily nauplii average production of every spawned broodstock was 18.93×10^4 ind., fluctuation interval was [19.69×10^4 ind., 18.16×10^4 ind.]; the daily nauplii average production was $1 323 \times 10^4$ ind., increasing from 246×10^4 ind.(21th d)– $2 135 \times 10^4$ ind.(54th d) during the experiment. In addition, it was reported that the near matured female can accept the mating of the male and mated female had not been observed died during the spawning.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; broodstock; maturation; spawning; nauplii