

# Intensive Ripening Technique and Its Some Problems of Broodstock, *Litopenaeus vannamei*

Qiongwu Lin\*, Shaojing Li

Department of Marine Biology Science and Technology, College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen Fujian

Email: [\\*qiongwulin@126.com](mailto:qiongwulin@126.com)

Received: May 5<sup>th</sup>, 2015; accepted: May 25<sup>th</sup>, 2015; published: May 28<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

*Litopenaeus vannamei* is the most important species of shrimp in China's shrimp farming. Although the artificial breeding technology has been wide popularization, its technical connotation and function mechanism are generally not well understood, and there are no consistent operation standards. The technical process and content, operating essentials and their advantages and disadvantages of two kinds of intensive ripening of broodstock, *Litopenaeus vannamei* was summarized and the problems present in the intensive ripening process of broodstock was proposed, based on some experience of engaging in studying on the reproductive ecology of shrimp broodstock and aquaculture production activities for years, investigations of current *Litopenaeus vannamei* nauplius hatchery industry. The problems are present in four parts: 1) how to improve the rate of mating; 2) nauplii have not metamorphosis and have metamorphosis without synchronization; 3) ovarian development differences between female shrimp individual in broodstock reproductive population; 4) the influence of broodstock consecutive spawns (spawning order) in the intensive ripening conditions on egg quality and larvae quality. Meanwhile, the causes, the research status, the negative impact and the treatment strategies of these problems were analyzed and discussed in detail.

## Keywords

*Litopenaeus vannamei*, Broodstock, Intensive Ripening, Mating Rate, Fecundity

---

\*通讯作者。

# 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) 亲虾集约促熟技术及其若干问题的探讨

林琼武\*, 李少菁

厦门大学海洋与地球学院, 海洋生物科学与技术系, 福建 厦门

Email: [qiongwulin@126.com](mailto:qiongwulin@126.com)

收稿日期: 2015年5月5日; 录用日期: 2015年5月25日; 发布日期: 2015年5月28日

## 摘要

凡纳滨对虾是我国对虾养殖最重要的经济种类。尽管目前其人工繁养殖技术已推广普及, 但是业界普遍存在着对其技术内涵和作用机理不甚了解, 操作规范不一。本文以笔者多年来在凡纳滨对虾亲虾促熟的实验观察和幼体繁育生产实践为基础, 结合对目前凡纳滨对虾幼体繁育业的深入调查研究, 详细地概述了凡纳滨对虾亲虾两种集约促熟技术的技术内容、工艺流程和操作要领, 及其优缺点, 并提出亲虾集约促熟过程存在的问题: 1) 交配率低; 2) 无节幼体不变态和发育不同步; 3) 对虾亲虾繁殖群体中不同个体卵巢发育差异; 4) 亲虾产卵次数与卵子和幼体质量关系。文中还就这些问题的成因和处理对策进行分析和讨论。

## 关键词

凡纳滨对虾, 亲虾, 集约促熟, 交配率, 产卵力

## 1. 引言

从上世纪七十年代至今, 我国的对虾养殖业在经历了诸多磨难之后已经发展为渔业经济的支柱产业[1]。凡纳滨对虾的引种加快了我国养殖虾业的复苏, 并在全国范围内再次掀起对虾养殖热潮。凡纳滨对虾引种的成功, 标志着我国对虾养殖业再度辉煌, 其特点是: 由面积 - 产量 - 经验型向集约 - 效益 - 生态型转化; 由北方的靠海低位池以中国明对虾为主向南方的临海以凡纳滨对虾为主的转化[2]。2010年, 我国对虾总产量134.8万吨, 其中海水养殖对虾73.3万吨, 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)占绝对优势, 高达73%, 日本囊对虾(*Marsupenaeus vanamei*)7%、斑节对虾(*Penaeus monodon*)6%、中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)产量 < 6%, 其它种类7%; 淡水对虾养殖61.5万吨, 仅有凡纳滨对虾一种[3]。目前我国对虾养殖中, 不管是养殖面积、养殖规模、养殖产量(单位产量), 还是养殖效益凡纳滨对虾都是名列第一。

切除眼柄技术在对虾研究中的应用首推Zeleny[4], 随着对虾养殖业的不断发展, 该技术得到广泛的应用和不断完善。目前, 切除眼柄作为对虾促熟技术的正面效应已充分得到全世界学界和业界的认可, 已成为对虾繁殖生产实践中一项的常规技术, 对虾科(Penaeidae)的6个属都有相关应用的报道[5]-[20]。尽管目前其人工繁养殖技术已推广普及, 但是业界普遍存在着对其技术内涵和作用机理不甚了解, 操作规范不一。本文主要概述凡纳滨对虾亲虾集约促熟技术的工艺流程和操作要领, 提出亲虾集约促熟过程存在的一些问题, 对这些问题的成因和处理对策进行分析和讨论, 以期丰富海产虾蟹生殖生态学的基础

资料 and 解决生产实践问题提供参考。

## 2. 亲虾集约驯养与促熟

### 2.1. 亲虾集约驯养

驯养的条件为水温 25℃~26℃, 海水比重为 1.018~1.022, pH 7.8~8.5, 不间断微充气。室内遮光, 光强 < 1000 lx, 空气保持清新。促熟池面积 20~40 m<sup>2</sup>, 水深 40~60 cm。亲虾的选择年龄要大于 8 个月龄(最小性成熟年龄), 体魄健康、个体大小为 30~50 g/尾。亲虾驯养密度为 10~20 尾/m<sup>2</sup>。雌雄性比为 1:1。饵料以活沙蚕为主, 辅以贝类或乌贼, 日投喂量为亲虾体重的 10%~15%, 视摄食情况酌情增减, 早晚 (05:00~07:00 和 18:00~20:00) 各投喂一次。日换水量为 50% 以上, 换水和吸污同时进行, 吸污是软管借助水位落差自动虹吸, 去除水体中残饵、粪便、虾壳、尸体和其它沉淀物。注意把清污、换水、检查亲虾性腺发育和交配情况, 以及投喂等各项现场操作的时间合理安排、科学地结合起来, 尽量减少骚扰亲虾, 保持肃静。

### 2.2. 亲虾集约促熟与幼体繁育技术的工艺流程

目前盛行的促熟方法有两种: 即 I 雌雄亲虾同池促熟和 II 雌雄亲虾分池促熟。

I 雌雄亲虾同池促熟的方法如图 1。

II 雌雄亲虾分池促熟的方法如图 2。

两种促熟方法的优缺点见表 1。

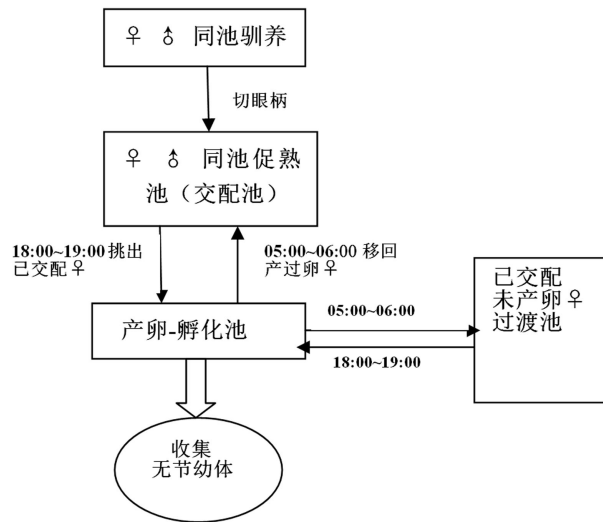
## 3. 亲虾促熟与幼体繁育过程中存在的问题

### 3.1. 交配率低

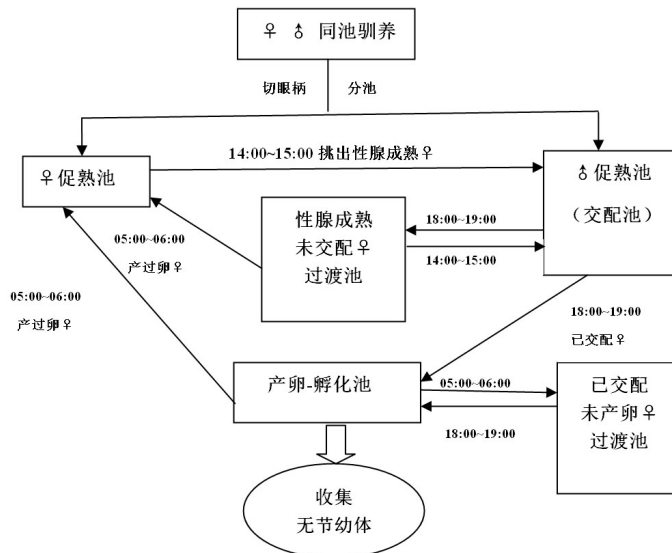
交配率是衡量亲虾促熟驯养技术水平的指标, 也是制约无节幼体产量的关键因素。目前, 凡纳滨对虾大规模商业性生产的交配率在 40%~60%。人们习惯上交配率是指当天卵巢成熟的雌亲虾受交配的比例, 这就意味着近 50% 的雌虾因没有交配只能产下无效的卵, 这不仅加大生产成本, 还污染水质。交配率低的主要表现为雄虾追尾成功率低, 雌接受精荚的位置不对, 精荚脱落等等。

已有的研究表明, 影响亲虾交配活动的因素有亲虾性腺发育状况、水温、雌雄比例, 饲养密度、换水、光照和亲虾饲养环境[21]。于淋江等[22]以雌雄同池和分池驯养的方法研究比较其交配率的差异, 得出雌雄分池诱交的交配率 50.3%, 明显高于同池诱交的 35.3%, 并以此推论得出交配期内提高雄亲虾比例 (1:5 以上) 和延长交配时间可以提高交配率。刘文御[23]也发现提高雄亲虾比例可以提高交配成功率。刘永[24]报道加大换水量是提高亲虾交配率的主要手段, 日换水一次亲虾交配率只有 40%~52%, 平均 46%, 日换水二次亲虾交配率高达 76%~88%, 平均 79%。Chen、Luiz & Bueno 等[25] [26]报道纳精囊开放式对虾种类在手术后第 45~90 天是交配盛期, 在这前后交配率均很低。林琼武等[27] [28]采用“经产”亲虾对新亲虾的交配行为进行诱导和训练, 使交配盛期提前, 在术后第 18~20 天, 交配率就接近本实验的平均水平(61.8%), 第 38~44 天交配率达高峰期为 72.1%。

笔者认为应注意如下 3 方面: 1) 雌雄亲虾的性腺发育状况是促使交配行为发生和成功交配的生物学基础: 性腺发育良好的亲虾才有求偶的生理要求和交配行为的发生, 正如 Yano [29]所指出的只有成熟雌虾才能接受交配行为, 相对应的是, 只有成熟的雄虾才有追尾行为和完成交配的能力。可见, 雄虾性腺发育对提高交配率起着举足轻重的作用, 而现行虾蟹类生殖营养学研究重雌轻雄, 这对提高繁殖成功率不利, 应加强雄亲虾相关的研究力度, 以求实质性提高雄亲虾的交配能力。尽管以提高雄虾比例来提高交配率的方法能起一定的作用, 但不是解决问题的根本办法。2) 借鉴家禽培育成功的经验和技術, 对初次



**Figure 1.** The technological process for maturation-promoting technique route of *L. vanamei* in the form of male shrimps and female shrimps in the same pools and nauplii rearing  
**图 1.** 凡纳滨对虾亲虾♀♂同池促熟与幼体繁育技术工艺流程示意图



**Figure 2.** The technological process for maturation-promoting technique route of *L. vanamei* in the form of male shrimps and female shrimps in different pools and nauplii rearing  
**图 2.** 凡纳滨对虾亲虾♀♂分池促熟与幼体繁育技术工艺流程示意图

**Table 1.** Advantages and disadvantages for two kinds of intensive maturation-promoting technique of *L. vanamei* broodstock  
**表 1.** 凡纳滨对虾亲虾两种集约促熟方法的利弊

	♀♂亲虾同池促熟	♀♂亲虾分池促熟
操作简便性	操作简便，工作量小	操作较复杂，工作量大
交配率	相对雄虾比例小，不利于交配	相对雄虾比例大，有利于提高交配率
水质的问题	常有已交配雌虾“漏网”和未交配，已成熟雌虾在促熟池内“偷产卵”，造成水质污染	因已成熟雌虾移进交配池时都有计数，同时未交配，已成熟雌虾“偷产卵”只能发生在过渡池

生殖的亲虾进行交配行为的诱导和驯练雌雄亲虾交配行为的诱导是一条事半功倍的捷径。目前在繁育对虾无节幼体的生产活动中,通过光周期调控已经可以做到使亲虾每日交配和产卵的时间提前,并相对集中在较短时间内完成以满足生产上的需要。亲虾的交配效果也可以人为加予调控,即在初次参加繁殖活动亲虾群体中掺入大约5%的“经产”亲虾,这些具有丰富生殖经历的“经产”亲虾不仅有利于促进新亲虾性腺成熟,更重要的是给新亲虾在交配行为过程的“传、帮、带”的诱导作用和驯练示范,以此可提高交配效率,使交配率高峰期提前。3) 亲虾驯养环境的稳定是亲虾繁殖活动健康、安全进行的基本保障。亲虾驯养过程加大换水量能使驯养环境保持清新,这本无可非议,但是若换水量或操作动作过大,会造成池底和池壁的一些已经稳定生长的有益菌膜遭受破坏,反而会导致水质变化无常,使亲虾受胁迫,轻者生殖性能下降,常常导致无节幼体变态为第 I 期的蚤状幼体不开口摄食,重者危及亲虾本身的存亡。

### 3.2. 幼体质量

幼体质量是指幼体的生理状况,培育期间(存活与生长)的生产性能和对逆境性(例如,实验处理应激,环境条件的变化,对病原体的抵抗力)。卵和无节幼体的质量主要取决于亲体的生理状况,也与盛行的产卵和孵化池的环境条件密切相关[30]。评价卵子和幼体质量的标准和方法大致可分为五类:生化,形态学,行为,生产产量和胁迫试验存活率[31]。Palacios 等[32] [33]提出一个包含有甘油三酯(Triglyceride, TG)浓度,孵化率和无节幼体体长的指数,这个指数受亲虾状况的影响,可作为一种幼体存活的预报标准。然而,目前在因亲虾卵子还没成为商品,其质量问题业界和学界都没引起重视,对虾无节幼体质量在生产实践中现场辨别的方法是根据大小、体色、游泳活力、趋光性和沉底性。一般认为无节幼体质量优者个体相对较大、体色为鲜艳的浅橘红色、活力好、趋光性强、不沉底。探索和制定评估幼体质量普通标准对研究和生产将都是很重要的事情。不过,在此只讨论与幼体生产性能有关的幼体不变态和幼体变态同步性的问题。

#### 3.2.1. 无节幼体不变态

无节幼体是卵黄营养的(Lecitotrophic),它们的发育取决于从母虾转移到卵子的生化贮备物质,是亲体状况的直接反应[30]。其贮备物质的初始水平和期间变化能够确定后期幼体的质量。目前,生产实践中常常遇到无节幼体不变态的问题,俗称“幼体不开口”或“不过料”,即不摄食,这种现象在斑节对虾和日本囊对虾也有之,但在纳精囊开放式的凡纳滨对虾最为突出。无节幼体出现不变态主要原因有:促熟环境参数不稳或激变,致使亲虾处于胁迫状态;现场操作不当和育苗用水处理不当。前两项问题存在于幼体繁育场,后者出在育苗场(在此不予讨论)。促熟环境有水温、盐度、pH、溶解氧、透明度、池底细菌膜等水质方面和光照强度、空气流通性等室内空间方面不稳或激变,以及促熟池与产卵池之间水质参数变化幅度太大,使亲虾处于胁迫状态下促熟;现场操作是指针对亲虾促熟过程的吸污、亲虾移池或并池促熟和挑出性腺成熟亲虾到产卵池,以及无节幼体收集过程等的操作不当都会造成亲虾和无节幼体的机械损伤和机体应激。

一旦无节幼体出现不变态的情况,应该认真细致地检查水质参数,并将其控制在适宜范围内,保持室内适宜光照强度和空气清新;现场操作要小心细致,确保给亲虾和无节幼体一个舒适、安静的促熟和孵化环境,不受机械损伤和环境激变应激。若能如此,问题自然迎刃而解。

#### 3.2.2. 幼体发育不同步

无节幼体变态的同步性是指无节幼体在较短时间内完成变态为蚤状幼体,它也是衡量幼体质量的指标之一。生产实践中幼体变态不同步的问题人们虽然只认为质量欠佳,还没有追究幼体厂家商品的经济

责任,但对厂家产品质量信誉和市场销售大打折扣,由此有可能导致幼体厂家生产的无节幼体滞销,甚至停产。更为严重的是,育苗场使用了变态不同步的无节幼体可能带来的经济损失远远超过幼体本身的经济价值。众所周知,目前对虾育苗业是属于高风险低利润的产业,产业的生产运作主要靠生产的规模和育苗的存活率,即规模效益来获取经济利益,由于幼体变态不同步,必然导致后面幼体发育不同步,这不仅给投饵技术增加难度,增加成本,而且也导致种苗规格参差不齐和育苗的存活率低,影响了种苗的市场销售和生产的经济利益。

上述导致无节幼体不变态的因素在影响程度上轻者就会造成无节幼体变态不同步。此外,造成无节幼体变态不同步的因素还有:不同亲虾来源即不同种群的亲虾它们对环境条件尤其是水温的要求不同,而把它们所产的卵置于同一环境条件下孵化;亲虾促熟池之间的水温可能不同,而在不同水温条件下促熟的亲虾被聚集在同一水温条件下产卵、孵化;亲虾卵巢成熟程度参差不齐,导致持续产卵时间跨度大,卵子孵化的时间长,幼体变态不同步;亲虾产卵、孵化的水温太低( $<25^{\circ}\text{C}$ ),也会导致持续产卵时间跨度大,卵子孵化的时间长,幼体变态不同步。

针对上述无节幼体变态不同步的原因,可以采取相应的措施:亲虾来源不同,分池产卵、孵化;统一亲虾促熟水温;从促熟池挑选到产卵池产卵的亲虾卵巢成熟度尽量一致;产卵、孵化水温控制在 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.3. 亲虾繁殖群体中个体间产卵力差异

亲虾自身的质量直接影响着无节幼体的产量和质量。亲虾在促熟过程中仅有高存活率和长使用寿命还不够,更重要的还要有高产卵力,才能有较高幼体产量。学界和业界都在努力寻找解决如何挑选高产卵力亲虾,淘汰“不产”或低产卵力的亲虾,这不仅是一个提高无节幼体产量的重要技术策略,更是高产卵力亲虾选择育种的努力目标。

凡纳滨对虾雌虾产卵力的个体差异的现象已有许多的研究报道。Palacios等[33]观测到在驯养的雌亲虾当中野生的亲虾有14%从不交配,池养的亲虾有28%从不交配,还有20%野生亲虾和34%池养亲虾产下不会孵化的卵(产下无效的卵)。Fabiola等[34]报道了106尾个体标记的雌虾与雄虾一起驯养于促熟槽,历经36天,雌虾大约一半(48%)的不产卵,18%产1次卵,15%产卵2次,11%产卵3次,8%产卵4次或4次以上。Palacios等[33]观察到雌亲虾群体中大约10%的个体贡献出无节幼体总产量的50%,取样的时间在第一周的亲虾有80%处于第一次产卵,1个月后有50%的亲虾是第一次或第二次产卵,而另50%的亲虾是处于第三、第四次产卵,到了接近90d还有一些亲虾仍处于第一次产卵;Bray等[35]认为亲虾生殖群体中不到25%的亲虾生产的无节幼体产量占总产量的70%;Palacios等[33]还提出1尾多次产卵的野生亲虾生产的无节幼体产量相当于30尾只产一次的野生亲虾生产的产量,同样6尾多次产卵的池养亲虾生产的无节幼体产量相当于仅产1次卵的91尾亲虾。亲虾群体中只有一小部分雌虾可以迅速再熟和重复产卵,在很大的程度上贡献出无节幼体总产量,其余的雌虾从来没有产卵或者生产低质量的卵[36]-[38]。

为什么在同样的促熟条件下一些亲虾只能产极少量的卵,而其它一些亲虾能产下量大质优的卵? Aquacop [39]认为血淋巴的蛋白含量可被用来作为预测产卵能力的指标。Palacios [33]发现不产卵的亲虾血淋巴的蛋白含量较低,但这些分析是在生殖周期末进行的,所以不能被作为预测指标。Palacios等[40] (2000b)比较了凡纳滨对虾重复产卵效果好的野生亲虾与重复产卵不好的养殖亲虾肝胰腺和卵巢中蛋白质的含量,发现前者的蛋白质含量明显高于后者,不产卵雌虾组织中的蛋白质含量最低,但其成因仍不清楚[30]。

在其他对虾种类这种“不产卵”的现象也有报道。吴会川[41]报道斑节对虾亲虾占总数的12.4%,尽管卵巢发育达到第IV期(成熟期),但由于自身吸收而未能产卵。笔者[17]也曾观察到日本囊对虾亲虾生殖群体中有5%左右个体“不产”。迄今,尚未查明识别亲虾产卵力高低的表观标记和亲虾“不产”现象

的形成机制。

### 3.4. 亲虾产卵次数对卵子和幼体质量的影响

影响卵子和幼体质量的亲体因素很多,有亲虾多次产卵、亲虾集约条件下长时间持续促熟导致的生殖疲劳、亲体的营养、亲体个体大小和亲体的来源(海捕与池养,不同对方种群)等等。

亲虾产卵次数对卵子和幼体质量的影响如何?至今众说纷纭。多数业者认为是有效果的,即通常所说的无节幼体“头好尾差”,学者也认为亲虾产卵次数对子代质量有影响。Jerry [42]认为亲虾多次产卵一些产量参数如受精率、亲虾每次产卵繁育的无节幼体数量等随之下降;Bray 等[35]受精率和无节幼体产量随产卵次数的增加而下降; Browdy & Samocha [43] [44] Hansford S & Marsden [5]、Palacios [33]认为每尾雌虾所产的第一批卵都是最好的,随后卵子质量会有所下降。还有许多学者先后分别以 GSI、HIS/肝胰腺中 TG、血淋巴和卵巢中蛋白质、产卵力、卵子可育成率、受精率、孵化率、蚤状的存活率、无节幼体产量等等参数为评判指标,研究了 *L. vannamei*、*L. stylirostris*、*P. monodon*、*P. kerathuru*、*P. indicus* 和 *M. japonicus* 在集约促熟条件下连续多次产卵导致生殖疲劳的结果[34]。

然而,也有些报道认为其多次产卵对这些参数没有影响[10]。Palacios 等[32] [33]研究了卵子的生化组成和幼体的生产性能之间的关系,认为多次产卵不影响更后阶段幼体质量。Arcos 等[10]的研究结果证实,连续产卵,幼体至仔虾 I 期(PL1)幼体存活率或者蚤状幼体和仔虾 I 期应激耐受力检验都没有差异;雌虾每次产卵的产卵量和受精率与产卵次数无关;第四次或第四次以上产卵的卵子含有较高的蛋白质,脂肪,和 TG,这说明多次产卵不仅不影响生化物质往卵子转移,而且多次产卵的雌虾产出更高质量的卵子。Fabiola 等[34]提出卵子质量和雌虾的生理状态不受连续产卵的影响,具有多次产卵能力的雌虾可取得较大的生殖性能。第 1 次产的卵其生产参数和生化组成以及雌虾的一些形态特征可作为多次产卵能力的指标。Vazquez-Boucard 等[45]三次产卵的印度对虾雌虾卵巢中脂类和卵黄蛋白含量并没有减少。Palacios 等[32]在具有七次以上产卵能力的凡纳滨对虾雌虾卵巢的一般生化组成含量也没有减少。Arcos 等[10]认为具有多次产卵能力的雌虾肝胰腺生化组成不受影响,表明这些雌虾食物提供的能量能够满足性腺连续再成熟的需要。

笔者认为:亲虾的生殖力和生殖质量的各项参数都是经济性状,均属数量性状,易受环境影响。而人工促熟过程,亲虾处于不良驯养环境(包括人为的技术操作的影响)条件下不断地遭受其负选择。另一方面,亲虾在集约促熟条件下长时间持续促熟和连续多次产卵导致生殖疲劳。负选择和生殖疲劳的结果都会损坏亲虾所产卵子的质量和无节幼体质量,也是导致凡纳滨对虾种质退化因素之一。基于对虾养殖业的健康、可持续发展的需要,应开展凡纳滨对虾亲虾重复使用时间与其生殖质量的关系方面的科学研究,为确保亲虾生殖不受损坏的前提下,最大程度重复使用亲虾提供科学依据。

## 4. 结语

凡纳滨对虾是我国对虾养殖最重要的经济种类。

切除眼柄已成为对虾亲虾促熟的一项常规技术,而针对凡纳滨对虾切除眼柄促熟的技术内容和操作规程的报道尚未见到。

亲虾驯养的条件为水温 25℃~26℃,海水比重为 1.018~1.022, pH7.8~8.5,光强 < 1000 lx,不间断微充气。促熟池面积 20~40 m<sup>2</sup>,水深 40~60 cm。亲虾大于 8 个月龄,个体大小为 30~50 g/尾。密度为 10~20 尾/m<sup>2</sup>,性比为 1:1。以活沙蚕为饵料,日投喂量为亲虾体重的 10%~15%。日换水量为 50%以上。

目前盛行的促熟方法有两种:即雌雄亲虾同池促熟和雌雄亲虾分池促熟。雌雄亲虾同池促熟的工艺流程:♀, ♂ 同池驯养、切除眼柄、♀, ♂ 同池促熟、挑出已交配♀亲虾、产卵-孵化、收集无节幼

体；雌雄亲虾分池促熟的技术工艺流程：♀，♂同池驯养、切除眼柄、♀，♂分池促熟、挑出性腺成熟的♀亲虾到♂亲虾促熟池进行交配、挑出已交配♀亲虾、产卵-孵化、收集无节幼体。

亲虾促熟与幼体繁育过程中存在的问题如下：

交配率低：习惯上交配率是指当天卵巢成熟的雌亲虾受交配的比例。目前，大规模商业性生产的交配率在40%~60%。已有许多学者通过调整亲虾促熟的水温、日换水量、光照和雌雄比例、饲养密度，延长交配时间等措施来提高交配率，取得一点效果。笔者认为应注意如下3方面：1) 雌雄亲虾的性腺发育状况是促使交配行为发生和成功交配的生物学基础；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雌雄亲虾交配行为的诱导是一条事半功倍的捷径。3) 亲虾驯养环境的稳定是亲虾繁殖活动健康、安全进行的基本保障。

无节幼体不变态的成因：促熟环境不稳或激变和现场操作不当，致使亲虾处于胁迫状态、幼体受到机械损伤与环境激变应激。处理对策是严格把促熟环境控制在适宜范围内，确保给亲虾和无节幼体一个舒适、安静的促熟和孵化环境，不受机械损伤和环境激变应激。

无节幼体变态不同步的成因：不同亲虾来源即不同种群的亲虾它们对环境条件尤其是水温的要求不同，而把它们所产的卵置于同一环境条件下孵化；亲虾促熟池之间的水温可能不同，而在不同水温条件下促熟的亲虾被聚集在同一水温条件下产卵、孵化；亲虾卵巢成熟程度参差不齐，导致持续产卵时间跨度大，卵子孵化的时间长，幼体变态不同步；亲虾产卵、孵化的水温太低(<25℃)，也会导致持续产卵时间跨度大，卵子孵化的时间长，幼体变态不同步。针对上述无节幼体变态不同步的原因，可以采取相应的措施：亲虾来源不同，分池产卵、孵化；统一亲虾促熟水温；从促熟池挑选到产卵池产卵的亲虾卵巢成熟度尽量一致；产卵、孵化水温控制在26℃~28℃。

亲虾群体中个体间产卵能力差异很大，只有一小部分雌虾可以迅速再熟和重复产卵，在很大的程度上贡献出无节幼体总产量，其余的雌虾从来没有产卵或者生产低质量的卵。斑节对虾和日本囊对虾种类小部分亲虾“不产卵”的现象。迄今，尚未查明识别亲虾产卵力高低的表观标记和亲虾“不产”现象的形成机制。

多数学者认为亲虾产卵次数对卵子和幼体质量是有影响的，但也有一些报道认为影响不大。笔者认为：亲虾的生殖力和生殖质量的各项参数均属数量性状，易受环境影响。在集约促熟条件下，亲虾长时间持续促熟和连续多次产卵将会导致生殖疲劳，同时，亲虾也在不断地接受不良环境的负选择作用，随之将发生一些可遗传的不利变异，最终必将导致种质退化。因此，应开展凡纳滨对虾亲虾重复使用的时间量度与其生殖质量的关系方面的科学研究。

## 基金项目

福建省科技计划重点项目(2012N0030)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 王清印, 李健, 孔杰等 (2008) 从产量到质量—对虾养殖业发展的必由之路. 第六届世界华人虾蟹养殖研讨会论文集摘要集, 9-12.
- [2] 王吉桥 (2003) 南美白对虾生物学研究与养殖. 海洋出版社, 北京.
- [3] 唐东东 (2010) 对虾内销市场容量为200万t. 当代水产, 4, 44-47.
- [4] Zeleny, C. (1905) Compensatory regulation. *Journal of Experimental Zoology*, 2, 1-102.
- [5] Hansford, S.W. and Marsden, G.E. (1995) Temporal variation in egg and larval productivity of eyestalk ablated spawners of the prawn *Penaeus monodon* from Cook Bay, Australia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26, 396-400.



- [6] Millamena, O.M., Pudadera, R. and Catacutan, M.R. (1993) Tissue lipid content and fatty acid composition during ovarian maturation of ablated *Penaeus monodon*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **45**, 120-125.
- [7] 王红勇 (1989) 摘除眼柄诱导斑节对虾成熟产卵的研究. *海洋科学*, **5**, 53-57.
- [8] 林汝榕, 何进金, 丘虎三 (1990) 诱导池养斑节对虾的性腺发育与产卵. *水产学报*, **4**, 277-285.
- [9] Gendrop-Funes, V. and Valenzuela-Espinoza, E. (1995) Unilateral ablation of *Penaeus stylirostris* (Stimpson). *Cienc. Mar.*, **21**, 401-413.
- [10] Arcos, F.G., Ibarra, A.M., Vazquez-Boucard, C., et al. (2003) Hemolymph metabolic variables in relation to eyestalk ablation and gonad development of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, **34**, 749-755.
- [11] Chu, K.H. and Chow, W.K. (1992) Effects of unilateral versus bilateral eye-stalk ablation on moulting and growth of the shrimp, *Penaeus chinensis* (Osbeck, 1765) (Decapoda, Penaeidea). *Crustaceana*, **62**, 225-233.
- [12] Makinouchi, S. and Honculada-Primavera, J. (1987) Maturation and spawning of *Penaeus indicus* using different ablation methods. *Aquaculture*, **62**, 73-81.
- [13] Yano, I. (1984) Induction of rapid spawning in kuruma prawn, *Penaeus japonicus*, through unilateral eyestalk enucleation. *Aquaculture*, **40**, 265-268.
- [14] 林越纠 (1995) 日本对虾人工性腺催熟的初步试验. *海洋科学*, **6**, 13-15.
- [15] 严正凜 (1995) 日本对虾卵巢促熟技术研究. *热带海洋*, **2**, 47-51.
- [16] 林琮武 (2000) 日本对虾亲虾驯养过程蜕壳和死亡规律的实验研究. *海洋科学*, **10**, 9-11.
- [17] 林琮武, 黄加祺, 周文理 (2001) 日本对虾亲虾性腺多次成熟利用的研究. *海洋学报*, **4**, 141-145.
- [18] Choy, S.C. (1987) Growth and reproduction of eyestalk ablated *Penaeus canaliculatus* (Olivier, 1811) (Crustacea: Penaeidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **112**, 93-107.
- [19] Lumare, F. (1979) Reproduction of *Penaeus kerathurus* using eyestalk ablation. *Aquaculture*, **18**, 203-214.
- [20] Rosas, C., Fernandez, I., Brito, R. and Daz-Iglesia, E. (1993) The effect of eyestalk ablation on the energy balance of the pink shrimp, *Penaeus notialis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **104**, 183-187.
- [21] 王克行 (1997) 虾蟹类增殖学. 中国农业出版社, 北京.
- [22] 于淋江, 于奎杰, 张乃禹 (2001) 南美白对虾人工繁殖技术的初步研究. *海洋与湖沼*, **5**, 575-578.
- [23] 刘文御 (1999) 白虾专著. 行政院农业委员会水产实验所, 高雄, 1-32.
- [24] 刘永 (2002) 凡纳对虾人工繁殖的初步研究. *湛江海洋大学学报*, **4**, 19-23.
- [25] Chen, F., Reid, B. and Arnold, C.R. (1991) Maturing spawning and egg collection of the white shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculate system. *Journal of the World Aquaculture Society*, **22**, 167-172.
- [26] Luiz, S. and Bueno, S. (1990) Maturing and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Brukenroad, 1936, under large scale rearing conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, **21**, 170-179.
- [27] 林琮武, 艾春香, 李少菁, 王桂忠, 陈学雷, 沈绿珠 (2006) 凡纳滨对虾亲虾性腺成熟节律和交配率. *中国水产科学*, **4**, 579-584.
- [28] 林琮武, 艾春香, 李少菁, 王桂忠, 陈学雷, 沈绿珠 (2006) 凡纳滨对虾亲虾驯养、促熟、产卵及无节幼体培育. *厦门大学学报*, **5**, 688-691.
- [29] Yano, I. (1995) Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **193**, 113-118.
- [30] Racotta, I.S., Palacios, E. and Ibar, A.M. (2003) Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, **227**, 107-130.
- [31] Racotta, I.S., Palacios, E., Hernandez-Herrera, R., Bonilla, A., Perez-Rostro, C.I., et al. (2004) Criteria for assessing larval and postlarval quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931). *Aquaculture*, **233**, 181-195.
- [32] Palacios, E., Ibarra, A.M., Ramirez, J.L., Portillo, G. and Racotta, I.S. (1998) Biochemical composition of eggs and nauplii in white Pacific shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone), in relation to the physiological condition of spawners in a commercial hatchery. *Aquaculture Research*, **29**, 183-189.
- [33] Palacios, E. and Racotta, I.S. (1999) Spawning frequency analysis of wild and pond-reared Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* broodstock under large-scale hatchery condition. *Journal of the World Aquaculture Society*, **30**, 180-191.
- [34] Arcos, F.G., Ibarra-Ana, M., Palacios, E., Vazquez-Boucard, C. and Racotta, I.S. (2003) Feasible predictive criteria for reproductive performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Egg quality and female physiological condition. *Aquaculture*, **228**, 335-349.

- [35] Bray, W.A., Lawrence, A.L. and Leung-Trujillo, J.R. (1990) Reproductive performance of ablated *Penaeus stylirostris* fed a soy lecithin supplement. *Journal of the World Aquaculture Society*, **20**, 19A.
- [36] McGovern, K.M. (1988) Management strategies for *Penaeus vannamei* broodstock. *Journal of the World Aquaculture Society*, **19**, 51.
- [37] Wyban, J. and Sweeney, J.N. (1991) Intensive shrimp production technology: The Oceanic Institute shrimp Manual. Oceanic Institute, Honolulu, 158.
- [38] Cavalli, R.O., Scardua, M.P. and Wasielesky, J.W. (1997) Reproductive performance of different sized wild and pond-reared *Penaeus paulensis* females. *Journal of the World Aquaculture Society*, **28**, 260-267.
- [39] Aquacop, A. and Le Moullac Gilles, D.D. (1991) Modélisation de la résistance aux chocs de salinité des postlarves de *Penaeus vannamei*. *Aquatic Living Resources*, **4**, 169-173.
- [40] Palacios, E., Ibarra, A.M. and Racotta, I.S. (2000) Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pond-reared *Penaeus vannamei* broodstock. *Aquaculture*, **185**, 353-371.
- [41] 吴会川 (1996) 斑节对虾人工繁殖的生理生态研究. *南海水产研究*, **12**, 73-76.
- [42] Jerry, D.R., Preston, N.P., Crocos, P.J., Keys, S., Meadows, J.R.S. and Li, Y. (2006) Application of DNA parentage analyses for determining relative growth rates of *Penaeus japonicus* families reared in commercial ponds. *Aquaculture*, **254**, 171-181.
- [43] Browdy, C.L. and Samocha, T.M. (1985) The effect of eyestalk ablation on spawning, molting and mating of *Penaeus semisulcatus* de Haan. *Aquaculture*, **49**, 19-29.
- [44] Browdy, C.L. and Samocha, T.M. (1985) Maturation and spawning of ablated and nonablated *Penaeus semisulcatus* De Haan. *Journal of the World Aquaculture Society*, **16**, 236-249.
- [45] Vazquez-Boucard, C.G., Patrois, J. and Ceccaldi, H.J. (2004) Exhaustion of lipid reserves in the hepatopancreas of *Fenneropenaeus indicus* broodstock in relation to successive spawning. *Aquaculture*, **236**, 523-537.