

虾蟹亲体生殖生态学的研究

林琮武, 李少菁*, 王桂忠, 黄加祺, 艾春香, 陈学雷, 叶海辉

(厦门大学海洋与环境学院海洋学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 凡纳滨对虾、日本囊对虾和锯缘青蟹是我国海水养殖的重要种类. 本文概述了作者近年来有关凡纳滨对虾、日本囊对虾和锯缘青蟹亲体生殖生态学方面的部分研究结果.

关键词: 凡纳滨对虾; 日本囊对虾; 锯缘青蟹; 亲体; 生殖生态学

中图分类号: S 969.2

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006) S2-0201-04

凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 俗称白对虾, 主要分布在东太平洋沿岸的暖水区域. 属于开放性纳精囊类型的种类, 是当今世界养殖产量最高的三大对虾品种之一, 具有生长快, 抗逆性强, 尤其是对盐度适应范围广的特性, 深受业者欢迎. 目前, 在世界各地已掀起了白对虾养殖的热潮, 养殖规模迅速扩大, 不少地区已经取代了当地种^[1]. 在我国也不例外, 其养殖发展速度、范围、以及面积都是空前的. 日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 分布于我国黄海南部、台湾、南海北部沿岸浅水^[2], 虽属封闭性纳精囊类型, 但其结构较特殊, 外甲壳为环形突起形成一向前方开口的袋状物^[3,4], 是我国海水养殖的经济种类之一, 适宜温度为 18~28℃, 介于斑节对虾 (俗称草虾) (*Penaeus monodon*) 和中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 之间, 因此, 适宜在我国南方秋冬季和北方夏秋季养殖^[5]. 目前, 我国日本囊对虾的养殖南起海南北至辽宁均已形成大规模生产, 并日益扩大^[3]. 锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 俗称青蟹, 分布于广西至浙江沿岸^[2], 具有生长快、适应性强、耐干露、易运输、经济价值高等特点, 颇受青睐. 我国南方青蟹的养殖历史悠久, 近年来青蟹养殖热情高涨, 养殖面积日益扩大、产量不断增加, 养殖效益不断提高. 特别是近十多年来, 青蟹北移至河北、山东、辽宁等地驯养, 并获得成功, 更有力地推动了养蟹产业的形成与发展, 已成为我国海水养殖的重要品种之一.

凡纳滨对虾、日本囊对虾和锯缘青蟹在性征与繁殖方式上有典型的代表性. 凡纳滨对虾交配后精英粘

附于头胸部腹面, 日本囊对虾交配后精英储藏于纳精囊中, 产卵时也排出精子, 体外受精, 体外发育. 青蟹交配后精英储藏于母蟹体内的纳精囊中, 卵在产出过程中与纳精囊中排放出来的精子相遇受精, 再产出体外, 然后再抱回母体腹部的腹肢上孵化. 它们在生态习性上有很强的互补性, 使得可养殖的时间延长 (周年可养), 可养殖的范围扩大 (尤其是内陆淡水领域) 和可养殖种类的多样性提高, 它们一起扮演着我国海、淡水养殖的重要角色. 虾蟹亲体生殖生态学是研究虾蟹亲体的生殖过程、生殖行为与所处的环境条件相互作用规律. 其特点是面向水产, 面向生产, 研究的成果可以直接为生产提供科学依据, 促进水产养殖业的发展.

1 凡纳滨对虾亲虾亲体生殖生态学的研究

1.1 凡纳滨对虾亲虾驯养、促熟、产卵及无节幼体培育

亲虾全部从饲养 8 个月以上的池养虾中选留, 长途运输之前, 经过一段时间适应性驯养. 运输入池后, 经过 5~7 d 逐渐适应后进行眼柄切除手术. 驯养亲虾水泥池水深 60 cm 左右, 亲虾密度为 8~10 尾/m². 亲虾驯养技术路线为雌雄亲虾同池催熟→同池交配→挑出卵巢成熟的雌虾→已交配的和未交配的雌虾分开处理. 水温 (27±2)℃, 盐度 29±2, pH 7.8~8.5 全天不间断充气; 日换水量为总水量的 1/3~1/2, 日投饵量为亲虾体重的 10%~20% 或稍多, 视摄食情况酌情增减, 光线控制在弱光, 约 1 000 lx 并配有日光灯, 备阴雨天使用, 以确保追尾活动正常进行^[6].

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

收稿日期: 2006-11-18

基金项目: 国家自然科学基金 (30300269), 福建省青年科技人才创新项目 (2003J018) 资助

作者简介: 林琮武 (1957-), 男, 高级工程师, 在职博士研究生.

* 通讯作者: zooneco@xmu.edu.cn

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,呈渐渐上升趋势,从240万尾(第21天)至2 135万尾(第54天)平均为1 323万尾。试验发现近成熟的雌虾也能接受交配行为^[6]。

1 2 凡纳滨对虾亲虾性腺成熟节律和交配率

雌虾术后卵巢成熟率分4期:iv期(1~9 d)入池适应术后效应期;㉔期(10~16 d)低成熟率期,㉕期(17~51 d)成熟率渐上升期,㉖(52~73 d)平稳期;雄虾精英形成率分3期:iv期(1~12 d)入池适应与术后效应期;㉔期(13~51 d)平缓上升期,㉕期(52~73 d)平稳期。在95%的概率保证程度下,雌亲虾卵巢成熟率为9 73%,波动区间9 14%~11 53%;雄虾精英形成率6 63%,波动区间5 87%~7 38%;平均交配率为61 43%,波动区间58 85%~64 00%。在繁殖过程中,雌虾卵巢再成熟时间间隔9 68 d可成熟的次数19 49次,雄虾精英再形成时间15 10 d可形成的次数12 50次^[7]。

1 3 凡纳滨对虾亲虾摄食强度和卵巢成熟率

雌雄同池催熟亲虾日摄食率为7 38%~19 20%,平均为14 25%,雌亲虾摄食强度为雄亲虾的1.51倍,而且随着驯养时间的延长,摄食强度差异呈上升趋势。在施眼柄切除术后卵巢发育成熟明显地加快,日均成熟率为3 74%~17 73%,平均为10 02%。于实验结束时,仍呈上升趋势^[8]。

1 4 凡纳滨对虾亲虾蜕壳节律和使用寿命

雌虾同池催熟亲虾的蜕壳规律可分为4个期:低蜕壳率期(1~5 d)、蜕壳率上升期(6~9 d)、蜕壳率高峰期(10~16 d)和蜕壳率平稳期(17~73 d);死亡规律可分3个期:运输应激期(1~3 d)、手术刺激期(6~8 d)、死亡率平稳期(9~73 d)。在95%的概率保证程度下,日蜕壳率为5 06%,波动区间[4 71%, 5 41%];平均蜕壳间期为19 76 d波动区间[21 23 18 48] d死亡率为0 53%,波动区间[21 23 18 48] d平均使用寿命为188 68 d波动区间[153 96 238 07] d^[9]。

2 日本囊对虾亲虾生殖生态学的研究

2 1 日本囊对虾亲虾无水低温活体运输技术

海捕亲虾放置于配有充气和降温设施的室内水泥池暂养和降温处理。降温的速率为1℃左右/h逐步降至15℃时暂停,并维持该温度,包装前的1 h再把水温降至11℃,这时亲虾静卧于池底处于休眠状态,包

装时在泡沫箱内铺上低温处理的木屑3~5 cm,再放上一层排列整齐的低温处理过的亲虾,一层木屑一层亲虾,表层以木屑装满箱为止,切忌留有空隙,以免运输过程由于抖动致使亲虾暴露,影响运输效果。箱内可根据需要搁置干冰。

对58批次,总数为16 234尾,体重为80~150 g/尾,产地为台湾和厦门的日本囊对虾亲虾长途运输效果进行了研究。结果表明,在温度14℃,运输时间24 h之内,空运死亡数为1 383尾,死亡率为8 52%。运输存活率为91 48%。

2 2 日本囊对虾亲虾的促熟驯养及其生殖性能的研究

亲虾促熟水深60 cm左右,亲虾密度为8~10尾/m²,水温(27±2)℃,盐度30±1, pH7.5~8.5,光强500 lx,全天不间断充气。日换水量为总水量的1/2~3/4,以水下手电筒于亲虾腹部可清晰地看到亲虾卵巢的轮廓,挑出性腺成熟的亲虾集中到产卵池产卵。日投量为亲虾体重的15%~25%,视摄食情况酌情增减,投喂时间为早晚各1次。促熟驯养过程无须搭配雄亲虾。采用镊烫摘除单侧眼柄外科手术,结合遮光、控温盐、调节酸碱度以及生殖营养调控等综合措施进行亲虾促熟。

对来自我国台湾和福建厦门的15 318尾80~150 g尾的日本囊对虾进行为期349 d(3个年度)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,2004、2005和2006的3个年度8项生殖生产性能均值±SD分别如下:日死亡率(%):5 79±3 87, 6 67±3 59, 6 16±3 19;日蜕壳率(%):2 48±2 85, 3 80±4 23, 3 68±3 70;日产空率(%):9 70±4 34, 17 60±8 33, 16 80±6 25;日产空虾出数(10⁴尾):29 34±8 97, 34 09±11 77, 24 68±8 16;百尾虾日产量(10⁴尾):292 66±165 28, 607 92±309 42, 412 86±181 91;促熟系数:1 27, 1 65, 1 76;产空虾平均出数(10⁴尾):30 10, 34 81, 25 40;虾均产量(10⁴尾):38 12, 57 62, 44 55;亲虾生殖生产周期18~20 d;性腺成熟节律有三种模式:I型,“5-8-11”齿状单峰形,II型,“9-13”拱顶单峰形,III型,平缓单峰形;性腺再成熟过程周期4 d第1天:亲虾产空当天,第2天:日死亡率(%)为13 75±12 88,第3天:日再成熟率(%)为50 89±19 41,日蜕壳率(%)为9 29±20 23,日死亡率(%)为2 07±2 56,第4天:日再成熟率(%)12 61±3 91,日蜕壳率(%)为±6 25±10 55,日死亡率(%)为1 18±1 89,有6 09%的再促熟亲虾性腺没有再发育成熟的迹象。此外,根据亲虾性腺成熟节律构建了无节幼体日产量的预测预报模型。

2.3 日本囊对虾亲虾促熟驯养过程的蜕壳和死亡节律

在人工驯养条件下亲虾的繁殖周期为 15~20 d 蜕壳率变化可分为 5 期: 无蜕壳期, 低蜕壳率期, 蜕壳率上升期, 蜕壳率高峰期和蜕壳率锐减期。累计蜕壳率为 42%。亲虾的死亡情况相对较平缓, 于第 14 天之前死亡率为 3%~6%, 第 15 天开始上升, 至 17 d 最高达 18.7%。亲虾蜕壳前, 表观上甲壳失去光泽和光滑度, 手抓时感觉又粗糙又涩, 新壳于旧壳下依稀可见, 行为上出现烦躁不安, 不停地游动, 活动量明显增大^[10]。

3 锯缘青蟹亲蟹生殖生态学的研究

3.1 锯缘青蟹亲蟹促熟驯养的研究

多年来对锯缘青蟹亲蟹促熟驯养的研究表明, 在常温条件下, 厦门地区青蟹产卵期在 3 月中旬至 10 月中旬, 其中 4 月下旬至 6 月上旬, 出现第 1 次高峰, 7 月初至 9 月上旬出现第 2 次高峰。青蟹孵化期出现在 5 月初至 11 月初, 5 月中旬至 6 月中旬为第 2 次高峰期, 8 月中旬至 9 月中旬为第 2 次高峰。在人工受控条件下, 青蟹周年可以产卵抱卵和孵化。双侧切除眼柄与单侧切除眼柄相比, 虽能有促进亲蟹性腺成熟和产卵, 但抱卵蟹却有些行为异常, 尤其是在孵化前夕常常出现异常蜕壳而死亡。亲蟹的日摄食量随生殖活动而变化, 其变化幅度很大, 性腺已发育成熟的个体在产卵前一段时间摄食量比较低, 产卵前后则完全停止摄食。亲蟹对不同种类的杂鱼和贝类的喜食程度为贝类 > 鱼类, 而贝类中以缢蛏和牡蛎最受欢迎, 其次为花蛤、田螺、河蚬等。亦投喂凸壳肌蛤和锥螺, 却发现亲蟹很少摄食。怀卵量与其体重成正相关, 一般每尾亲蟹的抱卵量为 2.3~4.8 万粒/g^[11]。

3.2 锯缘青蟹亲蟹生殖过程的行为观察

青蟹生殖全过程依序可分为 4 个不同阶段, 即交配 (mating)、产卵 (spawning)、抱卵 (barring) 和孵化 (hatch)。

亲蟹交配过程大致可分为 (1) 择偶; (2) 追尾; (3) 交配; (4) 监护。雌蟹生殖蜕壳前夕, 行为显得烦躁不安, 或在水中不停地游动或于池底上攀爬, 以此引诱雄蟹, 更重要是在众多雄亲蟹中筛选、确定交配对象, 即择偶; 认可并接受雄亲蟹后, 行为较为亲昵, 开始“♀走 ♂随”的追尾活动, 直至蜕壳; 雌蟹生殖蜕壳开始, 于头胸部甲与腹甲的交接处横向裂开, 生殖蜕壳过程与一般的蜕壳基本相同, 惟一不同是此时有一只雄蟹埋伏于附近窥视着, 蜕壳完成后没有立即进行交配, 蜕壳至交配的时间间隙不定, 等雌蟹恢复行动能力才交配, 交配时, 雄蟹接近雌蟹, 于雌蟹身边作来

回摆动, 不时地以步足向上撑起身体, 并挑逗和协助雌蟹完成“面对面”地腹部打开, 双方都以步足支撑起身体, 螯足拥抱着对方, 雄蟹把精英插送进雌体纳精囊, 这段时间约 30 min 精英插送进雌体纳精囊意味着实质性交配完成, 但雄蟹不会马上离开, 仍作拥抱状, 有的仍是“面对面”, 有的交配后体位姿势改为雌体腹朝下雄蟹骑在其上亦是腹部朝下仍以步足撑起身体, 雄蟹以这种形式“监护”着雌蟹, 持续 1~2 d 或更长时间直到雌蟹有逃逸能力雄蟹才离开。

青蟹的产卵与抱卵: 驯养的亲蟹临产卵前行为有较大改变。常常可以观察到亲蟹频频钻出洞穴沿池壁攀爬和不停地划动游泳肢于水面游动。接近产卵时, 攀爬行为减少, 代之以步足撑起身体, 向后展开腹甲并轻轻颤动, 与此同时后两对步足不断地梳理腹部内侧腹肢刚毛, 这是亲蟹即将产卵的前兆; 亲蟹产卵时, 以步足向上撑起身体, 整个腹部向后平撑开, 卵由生殖孔产出, 堆集于腹部下, 尔后腹肢不停地搅动使卵粘附于内肢的刚毛, 并在水流的作用下外膜拉长形成卵柄, 该过程一直持续至腹部形成卵块。亲蟹在产卵的同时, 也排出少量的胶状物致使水面漂着絮状物, 且可闻到腥味。亲蟹产卵后, 常常张开腹部, 轻轻地煽动所抱的卵, 并以步足探入卵块中, 这种行为在临孵化时出现更为频繁。刚产的卵其色泽深浅不一, 有的呈鲜橙色, 有的则呈浅黄色, 随着胚胎发育其颜色也逐渐变为暗褐色直至灰黑色, 同时卵径也增大致使腹部卵块加大。亲蟹产过卵后即开始卵巢的发育, 在一年内可多次抱卵。

亲蟹的孵化多在 6 00~9 00 时之间, 而以 7 00 时左右最常见。即将孵化的抱卵蟹显得骚动不安, 不停地以螯足着地在水池中爬行, 腹部不断地向体后展开往上翘, 同时, 连续不断地划动游泳肢, 使其躯体急剧游动于水中。孵化时以前面步足支撑身体, 后两对步足则不断地撕扯腹部的卵块并有节奏地强力收缩腹部使幼体破膜而出, 在孵出一批幼体后亲蟹会略作歇息, 尔后重复上述步骤 3~4 次后幼体就基本全部孵出。亲蟹孵化时间长短不一, 但一般不超过 2 h 在繁殖季节初始及末期, 有的孵化过程会延续 2~3 d 晚间及白天亦断断续续有少量的幼体孵出, 但较大量幼体的孵化仍出现于清晨。在这种情况下, 孵化率较低。

3.3 底质对锯缘青蟹亲蟹抱卵的影响

在常温条件下, 亲蟹全部以 2 只/m² 密度, 不同底质设有: 水泥、塑料、3 cm 沙层、7 cm 沙层、12 cm 沙层和 20 cm 沙层, 进行实验。结果表明, 底质为水泥和塑料组亲蟹性腺发育虽能成熟, 但迟迟不能产卵, 抱卵, 最终有 50% 个体产下过熟的卵, 但不抱卵, 而“流产”,

还有 50% 因性腺“过熟”死亡。3 cm 沙层组, 亲蟹虽能完全正常抱卵, 但其抱卵量占所产卵的近 1/2 还有 1/2 多的卵“流产”。7 cm 沙层组, 12 cm 沙层组和 20 沙层组的亲蟹均能正常产卵和抱卵, 组间没有差异。实验还发现, 池底提供遮避物或于沙中掺入少量的泥, 能使亲蟹减少烦躁不安的行为, 亲蟹一般多藏于遮避物或埋栖于沙中。实验还发现老化的泥沙底质亲蟹也很难产卵、抱卵, 而且, 异常死亡增多

4 展 望

经过几年的试验、研究已初步摸清了受控条件下凡纳滨对虾、日本囊对虾和锯缘青蟹亲体的生殖性能和生产性能, 以及生殖过程的行为规律, 与此同时, 又经历了生产实践反复地检验、修正与完善, 在此基础上, 构建了虾蟹促熟技术的新模式。下一步拟开展虾蟹 (主要是日本囊对虾) 亲体状况与幼体 (或子代) 质量关系的研究。研究的内容有: 亲体状况包括年龄、大小、种群、促熟的季节, 促熟过程的时间和连续产卵等, 幼体 (或子代) 质量包括形态、行为、生化组成、生理状况、养殖生产性能 (存活与生长) 和抗逆性 (实验处理应激, 环境条件的变化, 对病原体的抵抗力) 以及遗传特性。目的是通过本项研究, 以提高虾蟹亲体促熟的产量和养殖经济效益, 确保虾蟹幼体 (或子代) 的质量不受影响, 并研究虾蟹亲体生殖性能与遗传变异的相关性, 为我国虾蟹养殖的健康持续发展提供科学依据。

参考文献:

- [1] 张伟权. 南美白对虾全人工授精技术研究 [J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(4): 428–431.
- [2] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布 [M]. 北京: 海洋出版社, 1994: 549.
- [3] 王克行. 虾蟹类增殖养殖学 [M]. 北京: 农业出版社, 1999.
- [4] 刘瑞玉. 关于对虾类 (属) 学名的改变和统一问题 [C] // 甲壳动物学论文集第四集. 北京: 科学出版社, 2003: 106–116.
- [5] 蔡心一, 苏永全. 改进养殖环境, 养好日本对虾 [M] // 虾类的健康养殖. 北京: 海洋出版社, 1998: 50–55.
- [6] 林琼武, 艾春香, 李少菁, 等. 凡纳滨对虾亲虾驯养、促熟、产卵及无节幼体培育 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(5): 688–691.
- [7] 林琼武, 艾春香, 李少菁, 等. 凡纳滨对虾亲虾性腺成熟节律和交配率 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(4): 579–584.
- [8] 林琼武, 王桂忠, 李少菁, 等. 南美白对虾亲虾摄食强度和卵巢成熟率 [J]. 台湾海峡 (增刊), 2003, 22: 59–63.
- [9] 林琼武, 艾春香, 王桂忠, 等. 凡纳滨对虾亲虾蜕壳节律和使用寿命的研究 [C] // 甲壳动物学论文集第四集. 北京: 科学出版社, 2003: 329–34.
- [10] 林琼武. 日本囊对虾亲虾促熟驯养过程的蜕壳和死亡节律 [J]. 海洋科学, 2000, 24(10): 9–11.
- [11] 林琼武, 李少菁, 王桂忠, 等. 锯缘青蟹亲蟹驯养的研究 [J]. 福建水产, 1994(1): 13.

Study on Reproductive Ecology of Shrimp and Crab Broodstock

LI N Q iong-wu, LI Shao-jing*, WANG Gu-zhong

HUANG Jia-qi, AI Chun-xiang, CHEN Xue-lei, YE Ha-hui

(Dept of Oceanography, College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract *Litopenaeus vannamei*, *Marasupeneus japonicus* and *Scylla serrata* are important species in marine culture in China. This paper summarizes some of the research results on reproductive ecology of broodstock of *Litopenaeus vannamei*, *Marasupeneus japonicus* and *Scylla serrata* achieved by author in recent years.

Key words *Litopenaeus vannamei*; *Marasupeneus japonicus*; *Scylla serrata*; broodstock; reproductive ecology