

·研究简报·

中国对虾产卵行为及精卵排放机制初探*

Research on spawning behavior and
spawning mechanism of *Penaeus chinensis*

孙修涛 李 健 王清印 张 岩 刘德月

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

Sun Xiutao Li Jian Wang Qingyin Zhang Yan Liu Deyue

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

关键词 中国对虾, 产卵习性, 产卵机制

Key words *Penaeus chinensis*, spawning behavior, spawning mechanism

成熟雌虾的产卵过程是对虾生活史中一个重要而特殊的生理阶段, 对这一过程的了解可以增强人们对于对虾繁殖过程的认识水平和调控能力。国外学者对十足目虾类各主要生理阶段的行为和习性已有许多报道^[1], 其中, 对日本对虾(*Penaeus japonicus*)^[2]和锐脊单肢虾(*Sicyonia ingentis*)^[3,4]的产卵行为做过较详细的记录。国内学者对中国对虾(*P. chinensis*)幼虾的摄食、运动、蜕皮等行为做过较细致的观察^[5-7], 但缺乏对其产卵行为较系统的报道, 对虾精卵排放机制的研究目前仍欠缺, 国内只见零星报道^[8]。国外的有关研究也只限于锐脊单肢虾^[9]等少数种类。本文就中国对虾的产卵习性作了较细致的观察, 对其精卵的排放机制做了初步探索, 以期丰富中国对虾繁殖生物学的研究结果。

1 材料和方法

实验于1996年对虾产卵季节在本所小麦岛基地进行, 使用的雌虾源自黄海。全部雌虾蓄养在水泥池中, 产卵前移到4个1 000 L黑色塑料胶桶中并遮光, 4个桶串联成自控水位的常流水形式, 常规方法管理, 投喂活沙蚕或新鲜鲜肉。保持自然水温, 所用海水均经过滤, 流量约2 000 L/d。实验开始时水温11~12℃, 结束时17~19℃。

实验观察采用CCD彩色摄像机、显微CCD摄录系统、录像机和监视器等器材, 将对虾产卵过程录制下来供进一步分析。游泳足的划动频率根据录像带记录资料测定。对虾步足在精卵排放过程中的作用的研究, 是分别将实验虾按不同组合将步足的末两节剪去, 在1 000 L黑色塑料桶中遮光蓄养, 待其自然产卵, 再分别计算产卵量、受精率和孵化率。

收稿时间: 1998-01-12

* 国家攀登计划B项目资助内容, 编号: PDB-6-2-3

2 结果

2.1 产卵行为

2.1.1 产卵前兆 海捕雌虾产卵前2 h开始出现心动加速现象, 其行为表现得比平时活跃, 开始沿桶底游泳, 时而起浮。即将产卵的雌虾时常作有力的弹跳动作, 这种动作在产卵季节的中后期较少见。临近产卵时, 开始上浮, 紧贴水面游泳, 背脊部分往往露出水面, 游泳速度较快并且不改变方向, 因此, 在直径较小的圆桶中表现为沿桶边急游, 游泳足的划动频率可达 (255 ± 6) 次/min。若时而浮起, 时而沉降, 起降不定, 则此虾多不能很快产卵。起浮游泳将要产卵的雌虾遇有较强光线或其他干扰时, 会潜到底层或暂停游泳, 但一般不影响产卵的启动。常可观察到在水底呈潜伏状态的雌虾也能启动产卵。此期间对虾心率可达110次/min以上。游泳时步足并拢于口器附近, 游泳足作快速划动。前兆性游泳的持续时间长短不一, 一般在数分钟至数十分钟之间。

2.1.2 产卵期间 多数对虾紧接前兆性起浮游泳启动产卵, 边游动边产卵, 步足并拢于口器附近, 游泳足快速划动, 划动频率为 (157 ± 12) 次/min, 明显低于产卵前游动期间的划动频率。卵子自第3步足基部左右两个产卵孔同时排出, 合并成一股灰绿色云雾状卵流, 随游泳足搅动的水流向后方散开, 并缓慢下沉, 此是心率达到最高, 约134次/min, 游泳足的划动频率70~80次/min。产卵一旦启动, 一般惊扰和光照不会中止产卵, 较强的惊扰或光照会使产卵虾由浮游状态下沉, 严重时对虾会静卧水底, 游泳足停止划动, 但可继续或断续产卵。静卧时产出的卵粒堆集在产卵孔下方粘连成块(片), 由于不能及时分散, 卵子的受精和发育皆受影响。将产卵雌虾置于烧杯中, 头部向下浸入海水内, 并有较强光

照时,多数个体产卵不会立即停止。如果捕捉时惊虾过强,可中断产卵,但经过数分钟或数十分钟,多数雌虾可恢复产卵。若雌虾健康状况较差,则往往不能很快恢复产卵。雌虾产卵的持续时间一般为 3~10 min。

2.1.3 产卵后的恢复 多数雌虾产卵后沉底休息,少数雌虾会由于过度疲劳而侧倒,也有产过卵后即死的例子。心率经 2~4 h 逐渐降到正常水平。产过卵的雌虾经过数日的恢复,性腺能再次成熟并产卵。再次成熟的性腺较小,在腹部的部分常呈黄色,产卵量也少于首次产卵。

2.2 产卵前后卵巢和卵子的变化

对虾卵巢各部分中的卵子在产卵期间的游离程度最高,遇到海水后被激活的比例也最高。接近产卵的雌虾性腺外观黄绿色或黄褐色,第 1 腹节处卵巢边缘轮廓清晰且呈黄白色。此时解剖观察,卵巢呈绿灰色,有些个体第 2、3 腹节处的卵巢呈淡黄色。卵子仍然被滤泡细胞及结缔组织包被,因此不能游离。若撕开包被层,露出的虾卵遇海水可被激活而释放皮质棒,排出极体并举起孵化膜。剖开正在产卵雌虾的卵巢可见输卵管中充满了灰绿色卵子,各侧叶内卵粒疏松,一旦剖开输卵管或各侧叶的外膜,卵粒即可流出,遇到海水

即能激活。将卵子留在体腔组织上并暴露在空气中,室温下(23℃)可在 1 h 内保持被自然海水激活的能力。产过卵的卵巢呈淡黄色,外观似一厚囊。

2.3 步足和游泳足在产卵过程中的行为

经过现场观察和录像分析,在对虾产卵期间步足始终并拢于口器附近。游泳足在产卵期间划动有力,节奏感强。其主要作用是保持虾体的浮游状态,播散精卵,使精卵充分接触,防止卵子相互粘连。没有证据表明游泳足与精卵排放有直接关系。

2.4 步足在精卵排放中的作用

对虾产卵的同时即行从纳精囊中排精,然后在体外完成受精过程。因此,精卵的排放必需有一个完美的协调机制。为探讨步足在精卵排放过程中的作用,将步足末 2 节按不同组合剪去后,观察对产卵和受精的影响。试验分 3 种组合,分别是:试验 A,剪去 3、4、5 对步足末 2 节;试验 B,剪去 1、2、3 对步足末 2 节;试验 C,剪去所有步足的末 2 节。结果见表 1。从表中可以看出,试验各组的产卵量、受精率、孵化率皆在正常范围内,因此尚不能肯定步足末节参与了精卵排放过程的启动和协调。

表 1 剪去不同组合的步足末节对中国对虾产卵的影响

Table 1 Effects of pereopods on the spawning of *P. chinensis* after tip's cutting off

试验组别 groups	手术日期 test date	产卵日期 spawning date	水温/℃ water temperature	产卵量/ $\times 10^4$ fecundity	受精率/% fertilization rates	孵化率/% hatching rates
A1	1996-05-09	1996-05-10	16.0	65.3	93	81.0
A2	1996-05-09	1996-05-10	16.0	38.3	90	52.0
B1	1996-05-09	1996-05-12	17.3	74.3	95	96.0
B2	1996-05-20	1996-05-21	17.3	75.0	98	74.0
C1	1996-05-09	1996-05-15	16.4	88.9	97	74.2
C2	1996-05-15	1996-05-22	17.0	55.0	96	80.0
C3	1996-05-22	1996-05-23	17.5	84.0	88	50.0

3 讨论

3.1 关于产卵行为

中国对虾成熟雌虾的产卵行为与其它多数已知的虾类非常相似,如日本对虾^[2],锐脊单肢虾^[10]和斑节对虾(*P. monodon*)^[11]等。中国对虾成熟雌虾平时较少游动,尤其少见较快速的游动,而贴近水面连续游泳则是其产卵前的典型特征。临近产卵的个体多数有较大运动量的游泳,这从心率上也可看出,一般产卵前 2 h 内心率由平时的 75 次/min 左右逐渐加快到 110 次/min 以上^[12]。这种明显活跃的游泳行为发生在产卵前,可能与排卵的需要有关,游泳及弹跳或许只是排卵时肌肉运动的外在表现而已。

关于光线对对虾产卵的影响,一般认为黑暗有利于雌虾的性腺成熟和产卵。Pillai^[4]观察到锐脊单肢虾会受到黑暗的诱导在 30~45 min 内启动前兆性游泳及随后的产卵,且无论当时是白天还是晚上。作者在光线很暗(低于 50 lx)的实验室内将中国对虾蓄养在黑色塑料桶中并遮光,对虾产卵时间还是在夜晚,没有出现白天产卵的例子。说明中国对虾

雌虾的产卵时间主要受生物节律控制,短时间内改变光照强度并不能很快改变其夜间产卵习性。此外,一旦开始产卵,较强的灯光也不会终止其产卵。

3.2 排卵与产卵

对于输卵管变绿(已排卵)并有产卵前游泳行为,但在 50 min 内仍没有产卵的雌虾,Pillai 等^[4]用镊子触动其产卵孔时能立即引起产卵,而 50 min 内陆续自行产卵的个体只占 37.5%。这说明不同个体的排卵产卵间隔时间是不同的,而且这种机械刺激能立即结束排卵至产卵的过渡。有趣的是不论这种刺激施加于两个产卵孔的哪一个,均会导致两孔一齐产卵。为了解自然产卵的中国对虾是否也需要这种刺激以及这种刺激的来源,我们用镊子拨动起浮对虾的产卵孔没观察到导致产卵的例子。将雌虾剪掉不同组合的步足的末 2 节,单独培养,结果几天内都能自然产卵,所有录像资料,特别是从产卵雌虾腹面录制的资料均未观察到步足辅助产卵的情况,这与 Clark 等^[9]报道的结果不尽一致。此外,产卵过程中步足始终并拢于头胸部腹面附近,与日本对虾相

似^[2]。因此, 可以认为中国对虾的排卵和产卵是由内部机制(如内分泌)启动的。考虑到对虾产卵与光照周期有关, 内分泌的作用更加明显。经过 2 年的观察和研究, 我们认为中国对虾的排卵和产卵之间的间隔时间很短, 或者排卵的同时启动产卵, 因为通过观察和解剖, 已经起浮并符合产卵前兆的对虾输卵管内没有卵子, 只有正在产卵的对虾输卵管内才充满卵子, 体外观察隐约可见第 3 步足基节内部的产卵孔呈绿色, 但不象锐脊单肢虾那样明显^[4]。

3.3 雌虾对精子排放的调控

Hudinaga^[2]观察到日本对虾在产卵时, 经由第 4 对步足基部的 1 对小孔排出精子。蔡难儿等^[8]为获取未受精的卵子, 采用毒杀法和堵塞法来杀灭雌虾纳精囊中的精子或阻止其排精, 并未影响雌虾产卵; 锐脊单肢虾产卵过程中精子的排放与其步足的有节奏运动有关系, 进一步研究发现用物理手段阻止其第 4 对步足的活动, 会使受精率降低到 10%^[4]。综上所述, 可以推测雌虾对精子排放的调控是通过步足, 尤其是第 4 对步足基部的自主或本能肌肉运动(如挤压纳精囊内精荚)来实现的, 这一点尚有待进一步观察。

参 考 文 献

- 1 Dall W, 等. 对虾生物学. 陈楠生, 等译. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992.
- 2 Hudinaga M. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. Jpn J Zool. 1942, 10: 305~393
- 3 Anderson S L, et al. Multiple spawning and molt synchrony in a free spawning shrimp (*Sicyonia ingentis*: *Penaeoidea*). Biol Bull, 1985, 168: 377~394
- 4 Pillai M C, et al. Induced spawning of the Decapod Crustacean *Sicyonia ingentis*. Biol Bull, 1988, 174: 181~185
- 5 王安利, 等. 中国对虾行为的观察. 海洋科学, 1993, 4: 16~18
- 6 陈楠生. 中国对虾摄食行为的化学感觉生理学研究 I. 海洋科学, 1995, 6: 32~37
- 7 陈楠生. 中国对虾摄食行为的化学感觉生理学研究 III. 海洋科学, 1996, 2: 61~67
- 8 蔡难儿, 等. 中国对虾受精生物学研究. 海洋与湖沼, 1997, 28 (3): 271~277
- 9 Clark W H Jr, T-I Chen, M C Pillai, et al. The biology of gamete activation and fertilization in *Sicyonia ingentis* (Penaeoidea); Present knowledge and future directions. Bull Inst Zool, Academia Sinica(台湾), Monograph, 1991, 16: 553~571
- 10 Clark W H Jr, et al. The control of gamete activation and fertilization in the marine penaeidae, *Sicyonia ingentis*. Adv Invert Reprod, 1984, 3: 459~471
- 11 Motoh H. Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon* in the Philippines. In: Tech Rep, No. 7. Philippines: SEAFDC: 1981
- 12 孙修涛, 李 健, 王清印, 等. 中国对虾雌虾的心率及有关因素的影响. 海洋与湖沼, 1999, 30(2): 161~166