

文章编号: 1000-0615(2008)02-0223-06

中国明对虾、凡纳滨对虾仔虾的行为观察

张沛东¹, 张秀梅¹, 李 健², 孟庆武¹

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 在 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ 及高密度养殖环境条件下, 观察中国明对虾、凡纳滨对虾仔虾的摄食、自残、运动、间隔及攻击和防御行为, 并探讨充气对两种仔虾行为的影响。结果表明, 两种仔虾都偏好卤虫幼体。中国明对虾仔虾自残行为高发, 运动活跃, 间隔行为明显, 攻击频率高; 凡纳滨对虾仔虾自残现象少, 好静, 可忍受身体的相互接触, 攻击频率低。充气对两种仔虾的行为均有显著影响。

关键词: 中国明对虾; 凡纳滨对虾; 行为; 充气

中图分类号: Q 959.223; S 917

文献标识码: A

中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 和凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 属节肢动物门、甲壳纲、十足目、对虾科。其耐盐、耐温范围广, 抗环境变化能力强, 而且味道鲜美, 营养丰富, 因此是目前深受国际水产品市场和世界虾类养殖业者欢迎的养殖对象^[1-3]。随着对虾养殖规模的飞速发展, 高密度工厂化养殖模式越来越受到人们的重视。高密度工厂化养殖环境与对虾的自然生境存在很大差异, 在拥挤狭窄的空间里对虾特有的一些行为习性被约束, 从而会导致一些行为的缺失或行为的异常。动物的行为和功能与其生存、繁衍及适应环境的关系十分密切, 如果缺失某些维持行为, 就会影响动物对环境变化的调节与整合, 也就无法通过行为来维持其体内平衡。由此会导致机体应激反应的发生, 从而导致机体健康状况和免疫力的下降^[4]。迄今, 在高密度工厂化养殖环境中关于对虾行为生态学的报道还较少。因此, 笔者于 2004 年 5-6 月在实验室营造高密度工厂化养殖环境并进行了中国明对虾和凡纳滨对虾仔虾行为习性的观察研究, 旨在为对虾行为调

控提供资料。

1 材料和方法

1.1 实验用虾

实验用中国明对虾、凡纳滨对虾仔虾取自青岛胶南对虾养殖场, 体重分别为 (0.03 ± 0.004) g、 (0.02 ± 0.006) g, 各 500 尾左右。运回后, 分别在实验室大水槽中暂养 7 d。每日 09:00 和 18:00, 过量投喂海马牌幼虾饲料, 3 h 后吸取残饵和粪便。每日换水 1/3, 使用经沙滤, 紫外消毒的新鲜海水。

1.2 养殖环境

0.6 m × 0.3 m × 0.3 m 玻璃水槽, 10 个。水温 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$, 盐度 32.2 ~ 33.6, 光周期 14L:10D, pH 7.72 ~ 8.3, 每天用充气泵间隔充气, $\text{DO} > 5.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。日换水 1/2, 使用经沙滤, 紫外消毒的新鲜海水, 同时吸取残饵和粪便。

1.3 实验方法

暂养结束后, 选择两种仔虾健康活泼个体, 按照 $400 \text{ 尾} \cdot \text{m}^{-2}$ 的密度分别移入 5 个观察水槽, 在

收稿日期: 2006-11-28

资助项目: 国家科技攻关计划 (2004BA526B0201)

作者简介: 张沛东 (1975-), 男, 河北张家口人, 博士, 主要从事水生动物行为生理生态学研究。E-mail: zhangpdsg@hotmail.com

通讯作者: 张秀梅, E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

实验条件下驯化 5 d。驯化结束后,选取处于蜕皮间期的仔虾开始行为观察。各观察水槽中,仔虾的密度均保持在 $300 \text{ 尾} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。每日 07:00、12:00 和 17:00 分别均匀投喂海马牌幼虾饲料、卤虫幼体及卤虫幼体和配合饲料的混合,每次每槽的投喂量相同且过量,1 h 后吸出残饵和粪便。利用 $6\times$ 放大镜进行全天候观察,主要观察停气时仔虾的摄食、自残、运动、间隔、攻击和防御行为及充气对仔虾行为的影响。连续观察 10 d,记录结果并整理分析。

2 结果

2.1 摄食行为 (feeding behavior)

投喂配饵后,中国明对虾仔虾反应积极,运动加快,步足表现探索行为。经触角多次接触后,部分仔虾用步足抱持配饵。同时观察到仔虾并不立即啃食,而是将配饵丢掉,然后又将其重新捕获,如此反复几次后才开始摄食。有时并不对同一颗粒配饵重复这种动作,丢掉后重新寻食,直至找到自己较为满意的颗粒,才开始啃食。与中国明对虾仔虾相比,凡纳滨对虾仔虾并未表现出积极的寻食行为,但进食行为明显强于中国明对虾仔虾。其一般分批摄食,这样就减少了身体接触的机会,从而避免相互攻击的发生。发现配饵后,其大都采用“仰游”的方式接近,用小触角频繁接触,或捕获,或离开,并不是每粒食物都采食。若捕获则迅速用步足抱持,部分仔虾有时一次抱持两粒。捕获后,仍采用“仰游”的方式游动一会儿,期间步足把食物传递给颚足,而大部分抱持两粒配饵的仔虾将其中的一粒丢掉,然后翻身静伏槽底或在水体中缓慢游动,开始啃食。大颚用于撕扯、切割及磨碎食物,小颚则用来协助抱持、咀嚼食物。

投喂卤虫幼体后,两种仔虾均表现出强烈的摄食行为,游动明显加快,大触角水平张开,颚足和步足呈“<”形排开,一旦大触角接触到食物,身体立即转向,迅速用步足或直接用颚足或两者并用将其捕获并立即送入口中,在游动中吞食。吞食后,仔虾马上又开始捕食,可观察到一部分仔虾拖着长长的粪便。由于摄食、运动强烈,攻击频率明显增加。

卤虫幼体和配饵一起投喂时,在最初 10 min 内,两虾均未表现出明显偏好,一旦发现食物,不论是卤虫幼体还是配饵,摄食行为都较为强烈,用

步足或颚足或两者兼用迅速捕获,马上送入口器。但 10 min 后,两虾都明显偏好卤虫幼体,大部分仔虾追逐、捕食卤虫幼体,即使感知到配饵,也只是接触几下,偶尔有抱持现象,但很少有进食行为。

2.2 自残行为 (cannibalism)

实验期间,未观察到凡纳滨对虾仔虾有明显的自残行为,而中国明对虾仔虾自残现象严重。一般是大个体虾残食小个体虾,首先,大个体虾用颚剑连续撞击小个体虾的眼睛(图 1-A),然后用步足紧紧抱住其头胸甲,从头部开始啃食(图 1-B),一般先咬断第 2 步足及其它胸足,再从颚剑开始取食头胸部,任其挣扎,其它大个体虾不时争抢。偶尔也观察到两只小个体虾一起攻击大个体虾,1 只负责头胸部,1 只在尾扇处攻击,大个体虾也只是任其摆布,有时抖动几下,但小个体虾马上又继续攻击。



图 1 中国明对虾仔虾的自残行为

Fig.1 Cannibalism of *Fenneropenaeus chinensis* postlarvae

2.3 运动行为 (locomotion behavior)

中国明对虾仔虾除一小部分静伏槽底外,大部分运动活跃,或在槽底巡行,或沿槽壁及槽角向上运动,或在水体中游动,活动力较强。游动时,第 2 触角轻轻抖动,颚足紧贴身体,步足时而张开,时而并拢,游泳足摆动频繁,尾扇张开一定的角度,起到维持身体平衡的作用。有时沿槽壁或槽角迅速游向水表层,游动一会儿,又沿槽壁或槽角返回,如此反复游上游下。而凡纳滨对虾仔虾则充分体现出好静的行为特性,喜静伏槽底或攀附在槽壁上。有时在槽底作间歇性巡行,有时也在中下水层间歇性游动。两种仔虾游动时常采用“仰游”的运动方式,腹部朝上,游泳足摆动频繁,步足轻微抖动,向前游动一会儿又将身体翻过来。很少观察到两虾的跳跃运动方式。

2.4 间隔行为 (spacing behavior)

个体间隔经常被看作是移动着的领域。中国明对虾仔虾间隔行为明显,间隔距离一般是其大

触角能接触到的范围。当它虾进入到一虾间隔距离内时,一旦发现,马上作出防御或战斗反应,行为发生明显变化,小触角张开并伸向前、上方,大触角呈水平状态并向上、后摆动,身体略呈弓形,尾扇最大限度张开,身体快速微微抖动。有时马上攻击,主要是用步足抓挠、撕扯或用颚剑撞击对方,有时只是对峙并不发生激烈的打斗行为。往往是个体和体弱仔虾避开以缓解紧张的间隔行为。

与中国明对虾仔虾相比,凡纳滨对虾仔虾的间隔行为不明显。虽然在槽底静伏的仔虾喜聚集在一起,但很少有相互攻击现象。即使在槽底巡行的仔虾相遇,一般也只是用触角相互接触一下或用颚剑相互撞击一下,便各自爬离,很少发生强烈的攻击行为。

2.5 攻击和防御行为 (attacking and defence behavior)

中国明对虾仔虾的攻击与防御行为明显强于凡纳滨对虾仔虾,主要表现在攻击频率高、攻击力强、防御反应强烈等方面。

两虾的攻击和防御方式基本一致。大体可分为以下几类:(1) 一虾静止不动,另一虾向其慢慢游动(图 2-A),快接触到时,迅速用颚剑撞击其虾体,受攻击虾或向后退几步,或迅速向后弹跳。(2) 两虾都游动,在水中相遇,或用步足相互抱住、撕扯(图 2-B),或一上一下用步足相互抓挠(图 2-C),打斗一会儿两虾都迅速向后弹跳离开。(3) 两虾都在槽底巡行,一前一后,后虾突然用步足抓挠前虾的尾肢(图 2-D),有时也窜到前虾的上面用步足环抱前虾的头胸部(图 2-E),被攻击虾快速抖动身体或向前迅速爬行,后虾弹跳离开。若两虾正面相遇,一般用颚剑相互撞击(图 2-F),有时只是用触角接触几下,便各自向后退几步或游开。攻击行为大部分都发生在个体相异的两虾之间。攻击中,大个体虾明显占优势,一般是小个体虾迅速向后弹跳或离开以避让大个体虾。也观察到有些大个体虾在槽底“横冲直撞”,与之相遇的虾纷纷向后弹跳防御。

2.6 充气对仔虾行为的影响

观察表明,充气对两种对虾仔虾的行为均有较强影响。充气能增加仔虾的摄食机会。充气时,水体上、下翻动,使饵料和仔虾均匀分布,从而增加仔虾的摄食机会。对配饵和卤虫幼体均表现

出较强的捕食行为。游速明显加快,颚足和步足配合使用,呈<形,小触角频繁摆动,一旦发现食物,马上用颚足和步足抱持,随即送至口器,在游动中吞食。

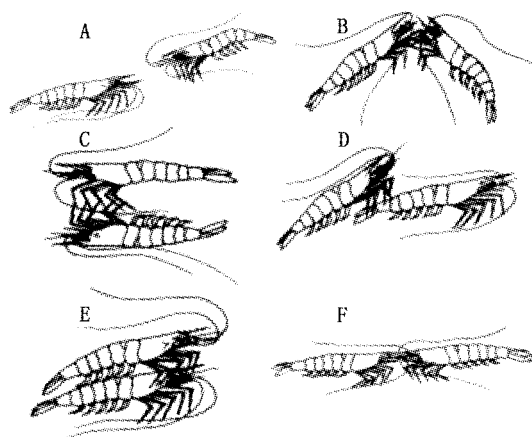


图 2 两种仔虾的攻击行为

Fig. 2 Attacking behavior of the two species

充气还能减少仔虾的自残行为。充气状态下,仔虾均匀分布,避免在局部水体高度集中,从而减少相互残食的机会。

充气也能增强仔虾的运动行为。充气状态下,两种仔虾的运动行为都很活跃。游泳足摆动频率明显加快,活动力很强。大部分仔虾迎流游动,有时亦随水流浮动,身体上下翻滚。迎流游动时,两虾一般是沿槽壁和壁角向上游动,游到水表层后,横向沿槽壁游动,然后又沿槽壁向下游至槽底,继续顺着槽壁和壁角向上游动,如此反复。仔虾游至水表层后,偶尔有在水体中快速向前游动的现象,有时虾体呈现旋转状态。

充气亦能降低仔虾的间隔行为和攻击行为。充气状态下,虽然中国明对虾仔虾在大触角范围内仍不容它虾存在,但攻击力明显减弱。而且由于分布均匀,降低了相互间身体接触的机会,从而使两种仔虾的攻击频率明显减少。同时发现,两种仔虾的攻击力也因充气而显著减弱,一般只是互相轻微抓挠或对撞几下,即各自游去。

3 讨论

3.1 仔虾的食性及觅食

对虾的食性被广泛研究。一般称对虾为杂食性动物或机会主义杂食者^[5-8]。但很多研究也表

明,对虾对食物表现出偏好性和选择性。自然生境中,大部分对虾^[9-12]的食性都是偏向于肉食性。但养殖条件下,对虾的食性受环境的影响较大。如,半精养养殖环境中,小褐美对虾^[13-14](*Farfantepenaeus subtilis*)偏向于肉食性,而斑节对虾^[15](*Penaeus monodon*)喜食植物性食物;饲养于野外土池中的红额角对虾^[16](*Penaeus stylirostris*)偏好配合饵料,对动物性饵料反应一般。本实验结果表明,中国明对虾、凡纳滨对虾仔虾均喜食卤虫幼体。因此,在生产实践中,应采取配饵和动物性饵料相结合的投喂策略。

两种仔虾在配饵和卤虫幼体混合投喂时的摄食行为符合动物觅食对策的重要经济原则—将饥饿风险降至最小^[17]。刚投喂时,仔虾仍处于饥饿状态,饥饿风险较大,此时,任何有利于增加能量储备的食物都会减少它的饥饿风险,因此对食物的选择就会大大下降;相反,摄食一段时间后,饥饿风险减小,动物对食物往往就会进行选择和挑剔,以便最大限度地提高能量摄取率。

3.2 仔虾自残行为的调控

许多甲壳动物特别是在早期阶段都存在自残现象。自残行为(cannibalism)不仅是影响自然界甲壳动物分布密度的主要因素,也是制约育苗产量的瓶颈之一,因此引起国内外学者的高度重视。陈学雷等^[18]研究发现,日本囊对虾仔虾的自残率随饵料密度的上升而下降,随放养密度的增大而上升,不同体长混养时自残现象严重,暗光环境能诱发自残行为的发生。本实验结果显示,在高密度养殖条件下中国明对虾仔虾的自残现象较严重,而凡纳滨对虾仔虾未观察到明显的自残行为。表明中国明对虾仔虾的放养密度不宜过高,但凡纳滨对虾仔虾完全可以高密度养殖。王克行^[19]也发现,人工培养下的中国明对虾在仔虾时期即有明显的自残行为,有时在蚤状幼体时期即可观察到同类相残的现象。对虾同类相残的机制尚不清楚,但有研究证实,饥饿是导致鱼类和甲壳类自相残杀的最为主要的诱因^[20-22]。养殖密度过大可能也是诱发相互残食的主要因子^[19,22],如高密度养殖条件下对虾自残行为高发,可认为是由于密度增大,使个体间相遇概率增加,从而造成攻击

行为的频次或攻击时间增加。不同大小个体混养也会促进同类相残的发生^[18,22]。本实验也发现,中国明对虾仔虾的自残行为大部分都是发生在个体大小存在差异的两虾之间,其中大个体仔虾明显占有优势。

虽然对虾同类相残的机制尚不清楚,但根据其他学者和本实验的结果以及生产实践经验,我们认为可以采取如下措施降低仔虾的自残率:1)保持适当的放养密度;2)采取合理的投喂策略;3)保证一致的放养规格;4)掌握最优的充气原则。

本文承蒙黄国强博士、李文涛博士热情指导,在此表示衷心感谢。

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,1990,14(3):69-73.
- [2] 于春霞,王维娜,王安利.中国对虾的研究进展[J].河北大学学报(自然科学版),2001,21(4):455-460.
- [3] Tacon A J. Aquaculture production trends analysis[C]. FAO Fisheries Circular,2003,2(886):5-29.
- [4] 陆承平.动物保护概论[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [5] Dall W, Hill B J, Rothlisberg P C, et al. The biology of the Penaeidae[J]. Mar Biol,1990,27.
- [6] Bailey-Brock J H, Moss S M. Penaeid taxonomy, biology and zoogeography[M]//Fast A W, Lester L J, eds. Marine shrimp culture: principles and practices. Developments in aquaculture and fisheries science,23. Elsevier Science Publisher B. V., The Netherlands. 1992:9-27.
- [7] Brito R, Chimal M E, Gaxiola G, et al. Growth, metabolic rate, and digestive enzyme activity in the white shrimp *Litopenaeus setiferus* early postlarvae fed different diets[J]. J Exp Mar Biol Ecol,2000,255:21-36.
- [8] 纪成林,陈光辉.中国对虾养殖新技术[M].北京:金盾出版社,1997.
- [9] Schwamborn R, Griaes M M. Feeding strategy and daily ration of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus durarum*) in a south Florida seagrass bed[J]. Mar Biol,

- 2000,137(1):139-147.
- [10] Chu K H, Shing C K. Feeding behaviour of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia nauplii* [J]. Aquaculture, 1986,58:175-184.
- [11] Heales D S, Vance D J, Lonragan N R. Field observation of moult cycle, feeding behaviour, and diet of small juvenile tiger prawns *Penaeus semisulcatus* in the Embley River, Australia [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1996, 145:43-51.
- [12] Kapisir K. Feeding ecology of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda: Penaeidae) from the Ionian Sea (Central and Eastern Mediterranean Sea) [J]. Sci Mar, 2004,68(2):247-256.
- [13] Nunes A J P, Goddard S, Gesteira T C V. Feeding activity patterns of the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil [J]. Aquaculture, 1996,144(5):371-386.
- [14] Nunes A J P, Gesteira T C V, Goddard S. Food ingestion and assimilation by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil [J]. Aquaculture, 1997,149(1-2):121-136.
- [15] Focken U, Groth A, Coloso R M, et al. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive pond system in the Philippines [J]. Aquaculture, 1998,164: 105-116.
- [16] Hernandez-Llamas A, Magallon-Barajas F J, Lechuga-Deveze C H, et al. Growth potential of juvenile *Penaeus stylirostris* in earthen ponds receiving chemical and organic fertilizers, and pelleted feed [J]. Aquaculture Engineering, 1995,14(4):317-330.
- [17] 尚玉昌. 行为生态学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [18] 陈学雷, 林琼武, 李少菁, 等. 日本对虾仔虾相残的实验研究 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2003,42(3):358-362.
- [19] 王克行. 虾蟹类增殖养殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [20] Moksnes P O. Predation on postlarvae and juveniles of the ore crab *Carcinus maenas* importance of shelter, size and cannibalism [J]. Marine Ecology Progress Series, 1998,166:211-225.
- [21] 华元渝, 陈亚芬, 钱林峰. 暗纹东方鲀苗种同类相残的研究 [J]. 水生生物学报, 1998,22(2):195-197.
- [22] 邹桂伟, 罗相忠, 潘光碧. 大口鲶苗种同类相残的研究 [J]. 中国水产科学, 2001,8(2):55-58.

Observation of behavior in *Fenneropenaeus chinensis* and *Litopenaeus vannamei* postlarvae

ZHANG Pei-dong¹, ZHANG Xiu-mei¹, LI Jian², MENG Qing-wu¹

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: In this decade, the production of penaeids using the traditional open pond method decreased seriously due to disease that spread via seawater. In order to prevent the introduction of pathogenic micro-organisms from seawater, industrial shrimp farming system was rapidly constructed. With the continued development of industrial shrimp farming, there is an increasing need to improve our knowledge of behavioral ecology of penaeid shrimps cultured in high-density farming system. The aim of the present study is to observe the feeding, cannibalism, locomotion, spacing, attacking and defence of *Fenneropenaeus chinensis* and *Litopenaeus vannamei* postlarvae cultured in high-density environment at $(22 \pm 1) ^\circ\text{C}$. The effects of aeration on behavior of *F. chinensis* and *L. vannamei* postlarvae were also investigated. The results indicated that *F. chinensis* and *L. vannamei* postlarvae both showed preference for juvenile *Artemia*. *F. chinensis* postlarvae appeared frequently cannibalism, active, obvious spacing and high-frequently attacking. *L. vannamei* postlarvae appeared less cannibalism, less active, unobvious spacing and low-frequently attacking. Furthermore, aeration had a significant effect on the behavior responses of two species. These behavioral strategies will further develop our understanding of the behavioral ecology of penaeid shrimps as well as define the optimal conditions for their high-density aquaculture and design the feeding regimes in these species.

Key words: *Fenneropenaeus chinensis*; *Litopenaeus vannamei*; behavior; aeration