

# 生存密度和饵料对中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)争胜行为和生长性能的影响\*

秦 浩 李玉全

(青岛农业大学 海洋科学与工程学院 青岛 266109)

**提要** 为探讨生存密度和饵料对中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)争胜行为和生长性能的影响,实验采用中国明对虾仔虾为材料,设置 300 尾/m<sup>2</sup> (DL)、600 尾/m<sup>2</sup> (DA)、1200 尾/m<sup>2</sup> (DH)3 个密度梯度,鲜活卤虫和人工配合饵料 2 种饵料及饱喂(FF)、少喂(LF)、不喂(NF)3 个投喂丰度,测定中国明对虾的体长增长、存活率,以及投喂前、投喂时、投喂后对虾之间的争斗行为等指标。结果表明,仔虾间的争胜行为随生存密度的升高而增加,生长和存活率逐渐降低;饵料种类和丰度能显著影响中国明对虾的争胜行为和生长性能( $P < 0.05$ )。结果显示,生存密度、饵料种类及丰度会影响中国明对虾的争胜行为,投喂鲜活饵料有利于提高存活率和生长速度。

**关键词** 中国明对虾; 生存密度; 饵料; 争胜行为; 生长性能

**中图分类号** S967 **doi:** 10.11693/hyh20140400095

中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)在分类学中归属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、枝鳃亚目(Dendrobranchiata)、对虾总科(Penaeoidea)、对虾科(Penaeidae)、明对虾属(*Fenneropenaeus*),主要分布于黄海、渤海和朝鲜半岛西部沿海,在我国东南沿海数量较少,是对虾中分布最北的一个物种,也是我国重要的海水经济增殖种类,与凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)和斑节对虾(*Penaeus monodon*)并称为世界三大养殖虾类。

李静等(2005)研究表明,饥饿是影响虾类摄食行为最重要的胁迫因子之一,随着饥饿时间的延长,日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)摄食行为减弱,摄食指数下降;沈辉等(2010)认为脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)摄食行为活跃,运动行为多样,在饥饿或个体较大差异条件下具有一定程度的相残行为,攻击频率不高;余魁英等(2012)对克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)与中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)混养条件下的行为进行观察和研究,认为若提供适

合的生境条件,虾蟹混养理论上可获得较好效益。

本实验拟探讨在不同生存密度、饵料种类及丰度条件下中国明对虾的争胜行为以及生长性能。张沛东等(2008)研究了中国明对虾仔虾的行为,但没有对密度以及饵料对其争胜行为进行研究。密度和饵料对中国明对虾争胜行为的研究国内外未见报道。本实验以中国明对虾“黄海 1 号”为实验对象,利用观察记录和统计分析的方法探讨生存密度、饵料种类及丰度对中国明对虾的争胜行为的影响,以期为中国明对虾养殖提供生物学研究和利用提供借鉴,为中国明对虾养殖提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验于 2013 年 4 月 23 日—5 月 30 日在山东昌邑海丰水产养殖有限责任公司进行,所用中国明对虾实验材料取来该公司车间培养的家系材料。仔虾选择同一发育时期的个体,体长( $12.37 \pm 1.16$ )mm。

\*国家自然科学基金项目,31101916 号;山东省现代农业产业技术体系虾蟹类创新团队,SDAIT-15-011 号;山东省自然科学基金项目,ZR2010CM060 号。秦浩,硕士生, E-mail: 365671711@qq.com

通讯作者:李玉全,博士,副教授,硕士生导师, E-mail: jiangfangqian@163.com

收稿日期:2013-09-12, 收修改稿日期:2013-11-05

**1.1.1 养殖环境** 0.54m × 0.36m × 0.28m 塑料水槽, 水温(23.0 ± 1.0)°C, 日常光照, pH 8.0 ± 0.3, 每天用充气泵连续充气, 日换水 1/3, 使用经沉淀、消毒、沙滤后的海水, 换水时吸取残饵及粪便, 观察时间: 7:00、8:00、9:00。

## 1.2 实验设计

**1.2.1 密度实验** 实验设置 300 尾/m<sup>2</sup> (DL)、600 尾/m<sup>2</sup> (DA)、1200 尾/m<sup>2</sup> (DH) 3 个密度梯度, 仔虾各处理分别用 PDL、PDA 和 PDH 表示, 实际放养分别为 20 尾、40 尾、80 尾, 每个梯度设 3 个平行样。

**1.2.2 饵料实验** 饵料种类为鲜活卤虫和人工配合饵料(虾片)2 种, 饵料丰度设饱喂(体重的 20%)、少喂(体重的 3%)和不喂 3 个处理。形成两因素三水平实验设计, 共 6 个处理, 分别为饱喂卤虫、少喂卤虫、不喂卤虫、饱喂虾片、少喂虾片、不喂虾片, 各处理设 3 个平行样, 每个平行样放入 35 尾仔虾个体。

## 1.3 实验管理与指标测定

选用鲜活的大卤虫投喂仔虾。卤虫投喂前用高锰酸钾浸泡 5min 并冲洗干净。将称量好的虾片于 150 目筛绢网内放在盛有海水的盆中反复揉搓后投喂。每个处理随机选择一个个体作为观察对象, 分别在投喂前 1h、投喂时、投喂后 1h 分别观察 10min, 记录争胜行为, 每周测定仔虾体长及存活率。争斗强度的标准参考李玉全等(2013)的方法。

## 1.4 数据处理与统计分析

平均优势指数(MD): 实验过程中总获胜次数与争斗总数(获胜次数+失败次数)的比值。

使用 SPSS17.0 作数据处理, 利用单因子方差分析(one-way ANOVA)比较分析不同处理间的差异,  $P < 0.05$  为显著水平,  $P < 0.01$  为极显著水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 生存密度对对虾生长和存活率的影响

从图 1 可以看出, 各处理组对虾表现出随养殖进程, 体长呈现逐渐增加的趋势。第 1 周 PDL、PDA、PDH 之间差异不显著( $P > 0.05$ ); 第 2 周 PDL 与 PDA 差异显著( $P < 0.05$ ), PDA 与 PDH 差异不显著( $P > 0.05$ ); 第 3 周, 放养密度为 PDL 时, 对虾体长平均增长速度最快, 与 PDH 处理差异显著( $P < 0.05$ ), 但与 PDA 处理间差异不显著( $P > 0.05$ )。在第 3 周测量对虾体长中, 表现为随生存密度的增加呈现出生长降低的趋势, PDL 与 PDA 差异显著( $P < 0.05$ ), PDH 与 PDA 差异显著( $P < 0.05$ )。

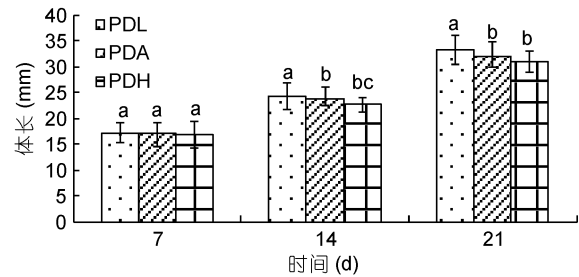


图 1 生存密度对中国明对虾体长的影响  
Fig.1 The effect of breeding density on body length in *F. chinensis*

从图 2 可以看出, 第 1 周 PDL、PDA、PDH 之间差异不显著( $P > 0.05$ ); 第 2 周 PDL 与 PDA 差异显著( $P < 0.05$ ), PDA 与 PDH 差异不显著( $P > 0.05$ ); 第 3 周 PDA 与 PDL 差异不显著( $P > 0.05$ ), PDA 与 PDH 之间差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 生存密度对争斗频率及平均优势指数(MD)的影响

表 1 为生存密度对仔虾间争斗总数的影响结果。投喂时对虾之间的争斗次数最多, 不同密度在投喂前、投喂时、投喂后对虾的争斗总数相互差异显著( $P < 0.05$ ), 表明不同生存密度下投喂时间对对虾的争胜行为会产生影响。

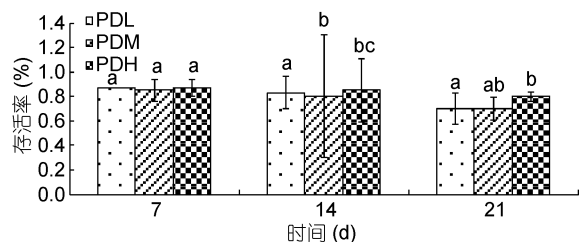


图 2 生存密度对中国明对虾存活率的影响  
Fig.2 The effect of stocking density on survival rate in *F. chinensis*

表 1 投喂时间对仔虾个体间争斗总数的影响

Tab.1 The effect of feeding time on total fight times between larvae

生存密度(尾/m <sup>2</sup> )	投喂前 1h	投喂时	投喂后 1h
300	52 ± 2.12 <sup>a</sup>	60 ± 2.25 <sup>a</sup>	51 ± 3.06 <sup>a</sup>
600	81 ± 2.01 <sup>b</sup>	112 ± 1.73 <sup>b</sup>	93 ± 2.55 <sup>b</sup>
1200	129 ± 4.74 <sup>c</sup>	165 ± 5.64 <sup>c</sup>	137 ± 2.76 <sup>c</sup>

同列数值后不同上标英文字母表示差异显著( $P < 0.05$ ), 下同

表 2 为生存密度对对虾间争斗平均优势指数的影响结果。从表 2 可以看出, 投喂前对虾的平均优势指数处理间均存在显著差异( $P < 0.05$ ); 投喂时和投喂后均表现为 PDA 与 PDL、PDH 间差异显著( $P < 0.05$ )。

表 2 仔虾个体间争斗平均优势指数  
Tab.2 Average advantage index between larvae

生存密度(尾/m <sup>2</sup> )	投喂前 1h	投喂时	投喂后 1h
300 (PDL)	0.48 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.00 <sup>a</sup>
600 (PDA)	0.57 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.01 <sup>b</sup>
1200 (PDH)	0.60 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.68 ± 0.02 <sup>a</sup>

### 2.3 饵料种类和投喂时间对争胜行为的影响

由表 3 可见, 卤虫处理组投喂时对虾的平均优势指数比投喂前和投喂后的平均优势指数高。投喂虾片的平均优势指数大于投喂卤虫的优势指数, 且投喂前、投喂时、投喂后平均优势指数相互差异显著。结果表明, 投喂时的争斗次数最多, 争斗频率最高。

### 2.4 饵料种类和丰度对生长速度和存活率的影响

卤虫和人工饵料不同丰度下对对虾生长速度的影响如表 4 所示。投喂卤虫与人工饵料, 仔虾间的增长幅度不同。饵料丰度间存在差异, 卤虫饵料组: 饱喂处理组对虾体长增长最快, 少喂处理次之, 不喂处理最慢且第 21 天时体长稍有下降。人工饵料组实验结果与卤虫组相似, 但仔虾生长速度均低于对应的

表 3 饵料种类和投喂时间对中国明对虾争胜行为的影响  
Tab.3 The effect of food types and feeding time on agonistic behavior in *F. chinensis*

饵料种类	平均优势指数	
卤虫	投喂前 1h	0.46 ± 0.10 <sup>c</sup>
	投喂时	0.51 ± 0.01 <sup>b</sup>
	投喂后 1h	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>
人工饵料	投喂前 1h	0.54 ± 0.01 <sup>c</sup>
	投喂时	0.59 ± 0.01 <sup>b</sup>
	投喂后 1h	0.46 ± 0.01 <sup>a</sup>

卤虫组。从体长增长量来看, 饵料丰度导致体长增长差异显著, 饱喂>少喂>不喂。

由表 5 可以看出, 卤虫实验组: 饱喂情况下, 仔虾的存活率最高, 且一直维持在较高水平; 少喂情况下, 存活率显著下降( $P<0.05$ ); 不喂情况下, 存活率变化趋势与少喂组相似, 但其下降幅度大于少喂组。人工饵料实验组: 无论饱喂、少喂还是不喂, 仔虾的存活率较低, 降幅为饱喂<少喂<不喂, 处理间差异显著( $P<0.05$ )。从总体情况看, 投喂卤虫组仔虾存活率显著高于对应的人工饵料组( $P<0.05$ )。

表 4 饵料种类和丰度对中国明对虾体长的影响  
Tab.4 The effect of food types and abundance on growth in *F. chinensis*

丰富度		7d	14d	21d	体长增长量
卤虫	饱喂	19.57 ± 2.15 <sup>a</sup>	25.87 ± 2.93 <sup>a</sup>	31.53 ± 1.89 <sup>a</sup>	16.38 ± 1.21 <sup>a</sup>
	少喂	19.25 ± 1.58 <sup>a</sup>	24.96 ± 2.70 <sup>a</sup>	29.80 ± 2.05 <sup>b</sup>	14.35 ± 1.16 <sup>b</sup>
	不喂	15.95 ± 1.34 <sup>b</sup>	17.70 ± 1.16 <sup>b</sup>	17.52 ± 1.77 <sup>c</sup>	2.37 ± 0.19 <sup>c</sup>
人工饵料	饱喂	17.38 ± 1.31 <sup>a</sup>	19.31 ± 1.86 <sup>a</sup>	19.74 ± 2.42 <sup>a</sup>	4.59 ± 0.35 <sup>a</sup>
	少喂	15.86 ± 1.55 <sup>b</sup>	17.72 ± 1.58 <sup>b</sup>	19.49 ± 1.31 <sup>a</sup>	4.34 ± 0.33 <sup>a</sup>
	不喂	15.46 ± 1.11 <sup>b</sup>	17.39 ± 1.37 <sup>b</sup>	17.31 ± 1.57 <sup>b</sup>	2.16 ± 0.08 <sup>b</sup>

表 5 饵料种类和丰度对中国明对虾存活率的影响  
Tab.5 The effect of food types and abundance on survival rate in *F. chinensis*

丰富度		7d	14d	21d
卤虫	饱喂	93.33 ± 0.58 <sup>a</sup>	93.33 ± 0.53 <sup>a</sup>	93.33 ± 0.52 <sup>a</sup>
	少喂	71.42 ± 1.00 <sup>b</sup>	50.48 ± 1.15 <sup>c</sup>	41.90 ± 1.15 <sup>d</sup>
	不喂	37.14 ± 1.73 <sup>d</sup>	12.38 ± 1.35 <sup>e</sup>	12.38 ± 1.25 <sup>e</sup>
人工饵料	饱喂	97.14 ± 0.00 <sup>a</sup>	81.90 ± 1.15 <sup>b</sup>	72.38 ± 2.05 <sup>c</sup>
	少喂	58.10 ± 0.58 <sup>d</sup>	41.90 ± 0.47 <sup>e</sup>	30.48 ± 0.07 <sup>f</sup>
	不喂	39.05 ± 0.58 <sup>e</sup>	9.52 ± 0.67 <sup>e</sup>	7.62 ± 1.34 <sup>e</sup>

## 3 讨论

### 3.1 生存密度对中国明对虾争胜行为的影响

实验发现, 投喂前对虾多停留在养殖箱底部游动, 偶尔游至水面, 短暂停留后返回底部。高密度养殖条件下对虾间的争斗性明显强于低密度处理, 且

争斗不强烈, 基本属于争斗的第一至第三阶段(李玉全等, 2013); 投喂时对虾均游到水面捕食, 对虾会用螯肢抓住卤虫, 当活力旺盛的卤虫被抓住时会用力挣扎, 部分对虾选择放弃, 再去寻找下一个目标, 这与尚玉昌(2001)研究的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的观点一致。且经常会发生两尾甚至多尾对虾争抢同一条卤虫的现象,在觅食过程中对虾之间引起的争斗比较强烈,明显强于投喂前;投喂 1h 后,大部分对虾已饱食静止于底部,偶尔于底部游动,少数未饱食的对虾依然频繁游动,争斗比较频繁。对虾同类相残的机制尚不清楚,Moksnes(1998)研究了螃蟹相残,华元渝等(1998)研究了暗纹东方鲀苗种同类相残,邹桂伟等(2001)研究了大口鲈苗种同类相残,均认为饥饿是导致鱼类和甲壳类自相残杀最为主要的诱因。本实验发现,生存密度对中国明对虾的争斗性行为具有一定的影响,生存密度越高对虾之间的争斗性越强烈,打斗次数越多,这与王克行(1997)所做的凡纳滨对虾实验结果相似。从仔虾实验得知,随生存密度增大,对虾的行为增强,这与衣萌萌等(2012)的实验结果类似。投喂时间不同对虾的争胜行为也不同,投喂时对虾间的争胜行为最强烈。

### 3.2 饵料种类和丰度对中国明对虾争斗性行为的影响

对克氏原螯虾的研究表明,随着饥饿程度的增加,克氏原螯虾摄食量减少,运动比率下降(余魁英等,2012)。本实验结果表明,投喂时对虾的平均优势指数高于投喂前和投喂后,但增加不显著;从实验结果得知,中国明对虾投喂卤虫比投喂人工饵料争胜强烈;饱喂组的争斗程度高于饥饿组,饥饿组的对虾运动减缓。有关于对虾对饵料种类的选择,Schwamborn 等(2000)、Chu 等(1986)对对虾的食性研究认为,对虾为杂食性动物或机会主义杂食者。但有研究表明,对虾对食物表现出偏好性和选择性。Heales 等(1996)、Kapiris(2004)、Nunes 等(1996)、Nunes 等(1997)研究表明,自然生境中,大部分对虾的食性都是偏向于肉食性。本实验结果表明,中国明对虾喜食卤虫幼体,卤虫幼体与人工饵料引起对虾的争胜行为有区别,投喂卤虫能增加对虾的体质。

### 3.3 生存密度和饵料对中国明对虾生长和存活率的影响

生存密度的增大导致对虾的存活率降低,这与兰国宝等(2003)对凡纳滨对虾的生长实验结果相同。卢静等(2000)研究表明,密度过大会发生自残导致成活率降低。生存密度增加,对虾体长增长变慢,这与李玉全等(2005)的实验结果一致。实验发现,饵料种类会影响对虾生长速度和存活率。投喂卤虫的中国明对虾比投喂人工配合饵料的中国明对虾的生长速度快,而且体长的增长幅度大。这一试验结果与张乃禹

等(1983)的研究结果相符合。投喂卤虫的对虾个体大小与投喂人工配合饵料的对虾个体差异显著( $P<0.05$ ),这与胡贤德等(2009)的研究相符合。投喂卤虫处理对虾的存活率比投喂虾片的存活率高,在实际生产中需要配合一定量的人工饵料与鲜活卤虫搭配投喂。

## 参 考 文 献

- 王克行, 1997. 虾蟹类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 60—61
- 卢 静, 李德尚, 2000. 对虾池的放养密度对浮游生物群落的影响. 水产学报, 24(3): 240—246
- 兰国宝, 阎 冰, 廖思明, 2003. 南美白对虾集约化养殖产量与密度关系研究. 水产养殖, 24(4): 38—39
- 华元渝, 陈亚芬, 钱林峰, 1998. 暗纹东方鲀苗种同类相残的研究. 水生生物学报, 22(2): 195—197
- 衣萌萌, 于赫男, 林小涛等, 2012. 密度胁迫下凡纳滨对虾的行为与生理变化. 暨南大学学报, 33(1): 81—86, 110
- 李 静, 马 牲, 2005. 饥饿对日本囊对虾幼体发育、摄食及存活的影响. 海洋湖沼通报, (2): 61—65
- 李玉全, 孙 霞, 2013. 水生动物的争胜行为. 动物学研究, 34(3): 214—220
- 李玉全, 李 健, 王清印等, 2005. 溶解氧含量和养殖密度对中国对虾生长的影响. 中国水产科学, 12(6): 751—756
- 余魁英, 季鹏飞, 鲍玉婷等, 2012. 克氏原螯虾与中华绒螯蟹混养条件下的行为观察. 安徽农业科学, 40(7): 4032—4035
- 邹桂伟, 罗相忠, 潘光碧, 2001. 大口鲈苗种同类相残的研究. 中国水产科学, 8(2): 55—58
- 沈 辉, 万夕和, 许 璞等, 2010. 脊尾白虾的行为学观察研究. 海洋科学, 34(10): 53—56, 61
- 张乃禹, 林如杰, 曹登官等, 1983. 中国对虾的摄食量、生长率的初步研究. 海洋与湖沼, 14(5): 482—487
- 张沛东, 张秀梅, 李 健等, 2008. 中国明对虾、凡纳滨对虾仔虾的行为观察. 水产学报, 32(2): 223—228
- 尚玉昌, 2001. 行为生态学. 北京: 北京大学出版社, 30—31
- 胡贤德, 孙成波, 丁树军等, 2009. 不同饵料对斑节对虾(*Penaeus monodon*)幼虾的生长及对 WSSV 敏感性的影响. 海洋与湖沼, 40(3): 296—301
- Chu K H, Shing C K, 1986. Feeding behaviour of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia nauplii*. Aquaculture, 58: 175—184
- Heales D S, Vance D J, Lonragan N R, 1996. Field observation of moult cycle, feeding behaviour, and diet of small juvenile tiger prawns *Penaeus semisulcatus* in the Embley River, Australia. Mar Ecol Prog Ser, 145: 43—51
- Kapiris K, 2004. Feeding ecology of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda: Penaeidae) from the Ionian Sea (Central and Eastern Mediterranean Sea). Sci Mar, 68(2): 247—256
- Moksnes P O, 1998. Predation on postlarvae and juveniles of the

- ore crab *Carcinus maenas* importance of shelter, size and cannibalism. Marine Ecology Progress Series, 166: 211—225
- Nunes A J P, Gesteira T C V, Goddard S, 1997. Food ingestion and assimilation by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semiintensive culture in NE Brazil. Aquaculture, 149(1—2): 121—136
- Nunes A J P, Goddard S, Gesteira T C V, 1996. Feeding activity patterns of the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semiintensive culture in NE Brazil. Aquaculture, 144(5): 371—386
- Schwamborn R, Griaes M M, 2000. Feeding strategy and daily ration of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus durarum*) in a south Florida seagrass bed. Mar Biol, 137(1): 139—147

## THE EFFECTS OF STOCKING DENSITY AND FOOD ON AGONISTIC BEHAVIOR AND GROWTH PERFORMANCE IN *FENNEROPENAEUS CHINENSIS*

QIN Hao, LI Yu-Quan

(College of Marine Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

**Abstract** This study was aimed to investigate the effects of stocking density and food on agonistic behavior and growth performance of *Fenneropenaeus chinensis*. Post larvae of *F. chinensis* were used. Three stocking densities (300, 600 and 1200 ind/m<sup>2</sup>), two food types (living artemia, artificial food) and three food abundance (full food, less food and no food) were designed. Agonistic behavior were observed and recorded 1 hour before feeding, during feeding and 1 hour after feeding, body length and survival rate were determined once a week. The results showed that agonistic behavior of post larval increased and growth performance gradually decreased with increasing stocking density. Food types and abundance affected the agonistic behavior, growth and survival rate ( $P < 0.05$ ). The results revealed that stocking density, food types and abundance influence the agonistic behavior of *F. chinensis*. It is helpful to improve larvae growth and survival rate with living artemia as food.

**Key words** *Fenneropenaeus chinensis*; stocking density; food; growth performance; agonistic behavior