

文章编号: 1674-5566(2010)01-0034-07

几种天然饵料对清洁虾亲虾繁殖的影响

刘元英¹, 戴习林¹, 蔡生力¹, 臧维玲¹, 丁福江²

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201516)

摘要:采用6种天然饵料喂养清洁虾亲虾,分析其对亲虾性腺发育、繁殖性能以及受精卵质量的影响。性腺发育试验发现,投喂6种不同饵料亲虾性腺发育周期差异显著($P < 0.01$),最长的为鱼肉组(12.82 ± 1.91 d)最短的为卤虫无节幼体组(11.46 ± 1.76 d)卤虫无节幼体与桡足类组性腺指数、干物质含量及总蛋白质含量随着性腺发育显著增加($P < 0.01$),增加均在2倍左右。繁殖性能与受精卵质量结果表明,鱼肉组(3.357 ± 621) (粒/g)亲虾相对怀卵量最大,卤虫无节幼体组最小(1.829 ± 213) (粒/g);卤虫无节幼体 [(0.1109 ± 0.0163) mm³]组亲虾受精卵体积最大,乌贼组最小 [(0.0962 ± 0.0140) mm³];鱼肉组 [(37.33 ± 1.75) μg]的受精卵干重最大,虾肉组最小 [(31.00 ± 1.26) μg];桡足类组蛋白质绝对含量 [(367.17 ± 25.68) mg/g]在干物质中所占比例(72.34%)最高。此外,6个饵料组中所有亲虾在各抱卵周期内抱卵率与抱卵间期无显著差异。

关键词:清洁虾; 饵料营养; 性腺发育; 繁殖; 受精卵质量

中图分类号: S 966.1 **文献标识码:** A

Effect of several natural diets on reproduction of a marine ornamental shrimp *Lysmata amboinensis*

LIU Yuan-ying¹, DAI Xi-lin¹, CAI Sheng-li¹, ZANG Wei-ling¹, DING Fu-jiang²

(1. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Co., Shanghai 201516, China)

Abstract: This study has analysed the effect of six natural diets on gonadal development, reproductive performance and quality of zygote of a marine ornamental shrimp *Lysmata amboinensis*. The results of gonadal development show that there is a significant difference in development cycle of gonad with six diets ($P < 0.01$), shortest in treatment of *Artemia nauplius* [(11.46 ± 1.76) d] and longest in prawn meat [(12.82 ± 1.91) d]; GSI, dry matter and protein content from broodstocks fed *Artemia nauplius* and copepods increased significantly along with gonad development ($P < 0.01$), all increased by twice approximate. The results of reproductive performance and quality of zygote show that relative fecundity in treatment of Spanish mackerel (3.357 ± 621) eggs/g is most and least in *Artemia nauplius* (1.829 ± 213) egg/s; volume is maximal in treatment of *Artemia nauplius* [(0.1109 ± 0.0163) mm³] and minimum in *sepia* [(0.0962 ± 0.0140) mm³]; dry weight in treatment of Spanish mackerel [(37.33 ± 1.75) μg] is maximal and minimum in prawn meat

收稿日期: 2009-05-17

基金项目: 上海市教育委员会重点学科建设项目 (J50701); 上海市科委创新行动计划项目 (073919102)

作者简介: 刘元英 (1983-), 女, 硕士研究生, 专业方向为海洋生物生理生态学。E-mail: liuyuanyingchinese@163.com

通讯作者: 戴习林, E-mail: xklaf@shou.edu.cn

[(31.00±1.26) μg]; protein content(367.168 9 mg/g) and percentage composition in dry matter of zygote(72.34%) in treatment of copepods is maximal. Furthermore, there are no significant differences in incubating rate and incubating interval with six diets.

Key words: *Lysmata amboinensis*; diet nutrition; gonadal development; reproduction; quality of zygote

清洁虾 (*Lysmata amboinensis*) 隶属藻虾科, 鞭藻虾属, 体色艳丽, 并具有特殊的鱼类清洁行为, 因此颇受观赏养殖爱好者喜爱。近年来, 研究者已成功发现在人工环境下鞭藻虾属虾类的交配, 它为特殊的雄性先成熟的雌雄同体, 其性腺同时具有精巢与卵巢, 并能如雌虾繁殖一样, 在抱卵的同时行使雄性功能进行交配^[1]。目前的苗种主要来自天然捕捞, 尚未实现人工繁育。有关这一物种养殖水质及营养需求研究的报道甚少。

国内外研究发现, 营养是亲虾繁育的关键因素之一, 对亲虾性腺的发育起着重要作用^[2]。亲虾性腺成熟期间, 需要大量的营养物质来供其发育^[3]。有关鞭藻虾属虾类繁殖营养需求研究鲜有报道, 只有一些亲虾的饵料(富营养的新鲜和冰冻的卤虫无节幼体和成体、鱿鱼、贻贝、蛤、多毛目环节动物)在观赏虾繁殖中试用^[4], 但对于某些品种的虾来说, 每一种饵料的营养适宜度都是相互独立的。因此, 本次实验通过评价 6 种天然饵料卤虫成虫、鱼肉、虾肉、乌贼、卤虫无节幼体与桡足类对清洁虾亲虾卵巢发育、抱卵与受精卵质量的影响, 分析饵料蛋白与亲虾受精卵和卵巢发育阶段蛋白质含量的相互关系, 得出适合清洁虾亲虾繁殖营养需求的饵料。

1 材料与方法

1.1 试验用虾

试验所用清洁虾捕捞自东南亚, 购买自上海观赏鱼市场。试验前为幼虾, 体长为 (1.5±0.1) cm, 在实验室条件下, 投喂冰冻卤虫成虫 1 个月, 发育为成虾, 进入生殖期再用于试验。

1.2 养殖容器与水循环处理系统

亲虾养殖容器为 35 cm×50 cm×30 cm 的塑料水箱, 与水循环处理系统相连接构成养殖系统。水循环处理系统包括一个充分曝气的 250 L 的水槽(填加白瓷环、人造水草, 装有蛋白分离器)。养殖水通过 6 000 L/h 水泵, 经聚酯滤芯、10 μm 活性炭滤芯和 40W 的紫外消毒灯, 泵入 100 L 的

高位水箱(设有溢出口)中, 通过 PVC 管(φ=20 mm), 流入亲虾与幼体养殖容器。养殖容器中的水, 经滤网过滤, 由 PVC 管(φ=20 mm), 流回水箱(图 1)。

试验用水为盐卤与去氯自来水配制, 10×10⁻⁶ mg/L EDTA-Na₂ 络合重金属, 调节钙镁比, 维持 S=33±1。

1.3 试验设计与试验用饵料

试验采用冰冻卤虫成虫、鱼肉、虾肉、乌贼、卤虫无节幼体与桡足类 6 种饵料作为试验饵料, 每个饵料组设置 3 个重复(每个重复 1 对亲虾)。使用 10:1 VIE (Visible Implant Elastomer tags Northwest Marine Technology Inc) 将每对亲虾的其中一只做荧光标记以示区别, 分别投喂 6 种天然饵料。

1.4 养殖管理

试验从 2007 年 10 月开始, 至 2008 年 12 月。试验期间水循环处理系统持续运转, 每周更换聚酯滤芯与活性炭滤芯, 紫外消毒灯早晚各开启 1 h, 每隔 10 d 更换 10% 的试验用水, 维持 DO 为 (4.78±0.04) mg/L, NH₃-N₇ 在 (0.17±0.22) mg/L, NO₂⁻-N 在 (0.14±0.23) mg/L, 异养菌数 [(0.31±0.45)×10³] cfu/mL, 弧菌数 (17.69±17.41) cfu/mL。采用加热棒与冷水机控制水温在 (24.5±0.5)°C。用黑色塑料薄膜遮盖养殖系统, 光照强度控制在 500 lux 以下。

每天投饵 1~2 次, 第二天投喂前捞取残饵, 并将亲虾粪便虹吸排出。每天观察并记录虾的抱卵状况。

1.5 生物学指标

试验将两次抱卵之间的时间间隔作为一个性腺发育周期。抱卵间期为卵孵出后结束至下一次抱卵之前的时间间隔。根据文献资料以及预实验得到的亲虾性腺发育周期长短, 将处于抱卵当天、抱卵后第 3 d、抱卵后第 10 d 及生殖蜕皮当天的亲虾作为典型的性腺发育第 2~5 期亲

虾^[5], 取各期性腺, 吸干水分, 称重并计算性腺指数。抱卵率、性腺指数与性腺干物质含量 (恒温干燥箱中 80℃ 烘干 2 h) 按如下公式^[6-7]计算。

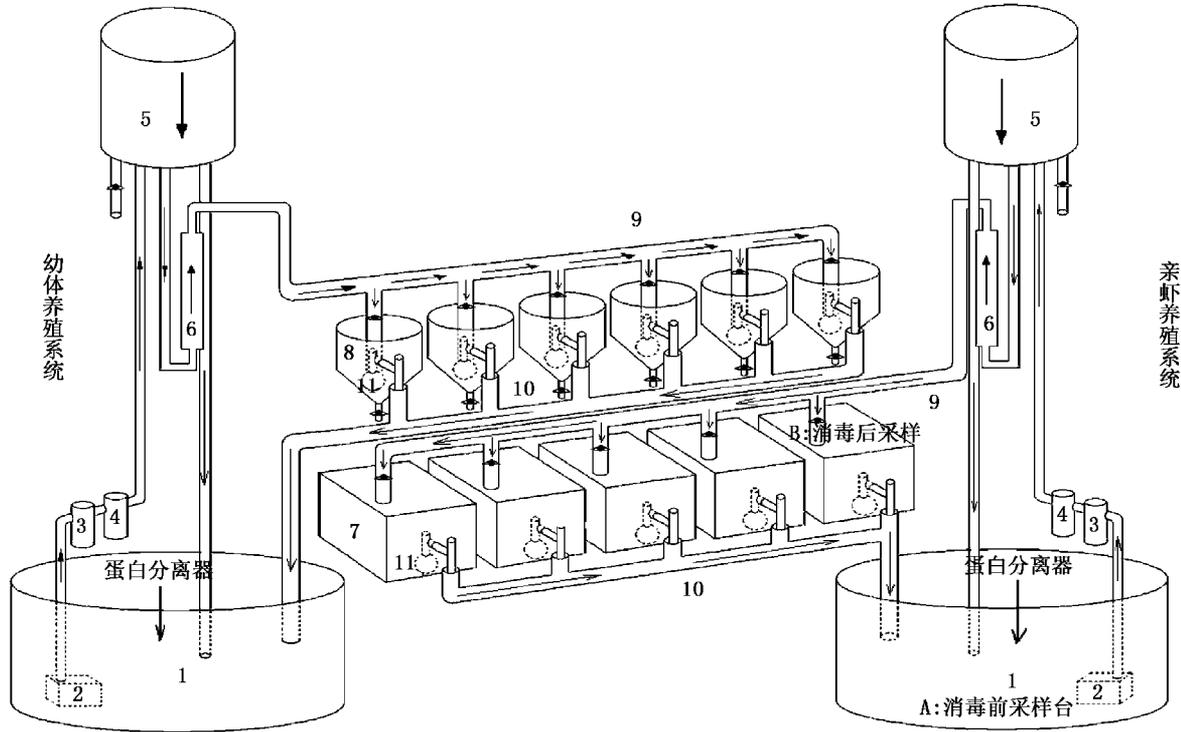


图 1 养殖系统

Fig 1 Rearing system

1. 水槽, 装有生物滤料; 2. 水泵; 3. 聚酯过滤筒; 4. 活性炭过滤筒; 5. 高位水槽; 6. 紫外消毒灯; 7. 亲虾养殖容器; 8. 幼体养殖容器; 9. 进水管; 10. 出水管; 11. 滤网; 箭头分别表示进出水流。

表 1 试验饵料来源与处理

Tab 1 Sources and treatment of diets for experiment

分组	饵料种类	来源	处理
AA	冰冻卤虫成虫	市售 产地广东省横岗镇	溶解、清洗、过滤
SM	鱼肉	市售冰鲜马鲛鱼	剥取鱼肉、搅碎, 制成小丸状
PM	虾肉	鲜活罗氏沼虾 上海申漕公司养殖	活虾去壳, 将虾肉剪成细小碎块
SE	乌贼	市售冰鲜乌贼	取胴部剪成细小碎块
AN	卤虫无节幼体	实验室孵化	卤虫休眠卵经 24h 孵化幼体过滤收集
CP	桡足类	天然捕捞 以桡足类为主	捕捞、清洗、过滤

$$R_I = \frac{N_{SIC}}{N_{SFD}} \times 100\% \quad (1)$$

$$G_{SI} = \frac{W_G}{W_B} \times 100\% \quad (2)$$

$$D_{MG} = \frac{D_{WG}}{W_{WG}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: R_I (rate of incubation) 为抱卵率; N_{SIC}

(number of shrimps incubated in same cycle) 为抱卵虾数 (尾); N_{SFD} (number of shrimps fed same diet) 为同饵料组虾总数 (尾); G_{SI} 为性腺指数 (%); W_G (weight of gonad) 为性腺重量 (g); W_B (weight of body) 为亲虾体重 (g); D_{MG} (dry matter of gonad) 为性腺干物质含量 (%); D_{WG} (dry weight of gonad) 为性腺干重 (g); W_{WG} (wet weight of

gonad)为性腺湿重(g)。

取适量受精卵吸干水分,在分析天平上称重并计数,计算单个卵湿重,测量受精卵长径(d_1)和短径(d_2),取100粒卵置于恒温烘干箱中,80℃烘干2h在称重的小离心管中,计算单个受精卵干重^[8],根据如下公式计算相对怀卵量与受精卵体积^[8]。

$$R_F = \frac{W_Z}{W_{SZ} \times W_B} \quad (4)$$

$$V_Z = \frac{1}{6} \times \pi \times d_1 \times d_2^2 \quad (5)$$

式中: R_F (relative fecundity)为相对怀卵量; W_Z 为全部受精卵质量(μg); W_{SZ} (weight of single zygote)为单个受精卵质量(μg); W_B (weight of body)为亲虾体重(g); V_Z (volume of zygote)为受精卵体积(mm^3); d_1 、 d_2 为长径、短径(mm)。

1.6 样品采集与保存

用镊子小心地将抱卵亲虾腹部的受精卵全部剥离,立即用于生物学指标测定,剩余的在液氮罐中保存。

挑选性腺处于2—5期亲虾称重,用镊子将头胸甲取下,小心将完整的性腺剥离称重,液氮罐中保存^[6]。

1.7 蛋白质测定

取投喂不同饵料亲虾受精卵各约0.1g加入5mL预冷的Tris-HCl缓冲液(0.5mol/L pH 7.0,4℃),冰浴匀浆,10000 r/min离心20min

(4℃),取上清液用作蛋白浓度测定^[9]。

取不同发育阶段性腺各0.1g处理方法与受精卵相同,离心后去除上层油脂,弃底部沉淀,取上清液用于蛋白质测定^[8]。

蛋白质测定使用BCA法^[10],紫外分光光度计中测定562nm波长下的吸光值A。根据以下公式计算蛋白质含量。

$$C_p = \frac{(12.454 \times A + 0.0908) \times 10}{W_s} \quad (6)$$

式中: C_p (protein content)表示蛋白质含量(mg/g); W_s (weight of sample)表示样品质量(g)。

1.8 数据分析

试验采用SPSS软件对数据进行显著性检验与多重比较分析。

2 结果

2.1 6种饵料对清洁虾亲虾性腺发育的影响

2.1.1 6种饵料对亲虾性腺发育周期的影响

实验室条件下,水温(24.5±0.5)℃,清洁虾性腺发育周期为(12.07±1.66)d(表2)。饵料实验发现,投喂6种不同饵料亲虾性腺发育周期差异极为显著($P < 0.01$)。性腺发育周期长短依次为PM组、AA组、SE组、SM组、AN组与CP组,最长的为PM组[(12.82±1.91)d],最短的为AN组[(11.46±1.76)d]。

表2 6种饵料对亲虾性腺发育周期的影响
Tab. 2 Developmental cycle of gonad with six diets

饵料	AA	SM	PM	SE	AN	CP	平均值
性腺发育周期(d)	12.51±1.94	11.81±1.91	12.82±1.91	12.32±1.42	11.46±1.76	11.51±1.02	12.07±1.66
饵料蛋白质含量(mg/g)	357.41	361.63	334.69	276.60	350.68	340.63	—

2.1.2 卤虫无节幼体与桡足类对亲虾性腺指数GSI的影响

图2为AN组与CP组性腺不同发育阶段的性腺指数。随着性腺的不断发育,性腺指数显著增加($P < 0.01$)^[3],约增加了2倍。T-test发现($t_{0.05} = 2.776$),除第Ⅲ期外($t = 5.091^{**}$),AN组与CP组亲虾的性腺在同一发育阶段,GSI没有显著差异。

2.1.3 卤虫无节幼体与桡足类对亲虾性腺蛋白质含量的影响

AN与CP组亲虾随着性腺的发育,性腺总蛋白质含量增加显著(图3),分别由(103.85±6.85)mg/g与(101.21±8.89)mg/g上升到(322.30±40.07)mg/g与(340.07±16.94)mg/g增加了2倍左右。经T-test发现,2个饵料组亲虾性腺在同一发育阶段,蛋白质含量无显著差异。

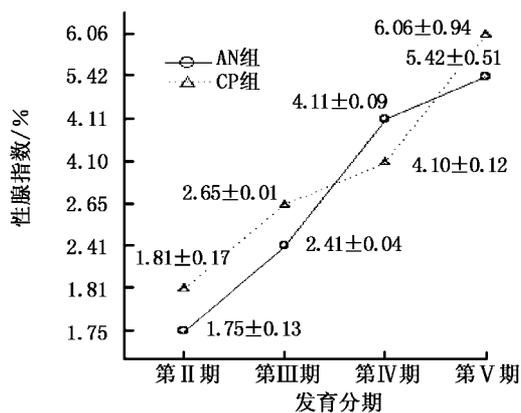


图 2 卤虫无节幼体与桡足类对亲虾性腺不同发育阶段性腺指数的影响

Fig 2 GSI in different developmental stages with *Artemia* nauplius and copepods

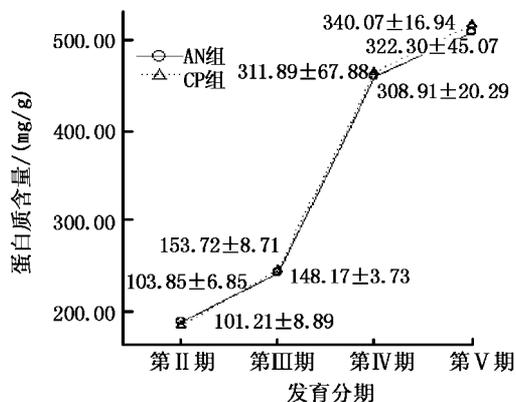


图 3 卤虫无节幼体与桡足类对亲虾性腺不同发育阶段总蛋白质含量的影响

Fig 3 Dry matter of gonad in different developmental stages with *Artemia* nauplius and copepods

图 4 为 AN 组与 CP 组亲虾的性腺各发育阶段干物质含量。从图 4 可以看出随着性腺的发育,干物质含量显著增加,分别由 18.86% ± 1.18% (AN) 与 18.44% ± 0.62% (CP) 增加到 51.02% ± 0.51% (AN) 与 51.91% ± 0.23% (CP),增加了近 2 倍。

2.2 6种饵料对清洁虾亲虾繁殖性能的影响

2.2.1 6种饵料对亲虾相对怀卵量的影响

由表 3 所示,6 个饵料组的亲虾相对怀卵量差异极为显著 ($P < 0.01$)。相对怀卵量大小依次为 SM、CP、PM、AA、SE 与 AN,其中以 SM 组亲虾相对怀卵量最大 (3357 ± 621) 粒/g AN 组最小

(1829 ± 213) 粒/g。LSD 多重比较发现,SM 和 CP 组亲虾相对怀卵量与 SE 和 AN 组亲虾相对怀卵量之间存在显著差异,AA 组与 SM 组,PM 组与 AN 组之间存在显著差异,其余两两之间并无显著差异。

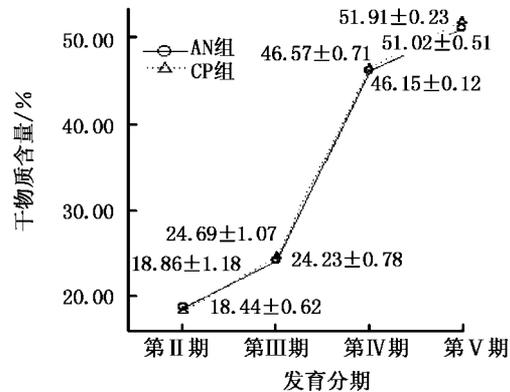


图 4 卤虫无节幼体与桡足类对亲虾性腺不同发育阶段干物质含量的影响

Fig 4 Effect of *Artemia* nauplius and copepods on dry matter of gonad in different developmental stages

2.2.2 不同饵料对抱卵率与抱卵间期的影响

6 个饵料组中所有亲虾在各抱卵周期内抱卵率均为 100%,抱卵间期在 1.62~2.00 d 无显著差异。

2.3 6种饵料对清洁虾亲虾受精卵质量的影响

2.3.1 对受精卵体积、长径与短径的影响

表 4 为投喂 6 种不同饵料亲虾受精卵体积、长径、短径、干重与总蛋白质含量。6 个饵料组亲虾受精卵体积差异极显著 ($P < 0.01$),大小依次为 AN、CP、PM、AA、SM 与 SE,其中 AN 组受精卵体积最大 [$(0.1109 \pm 0.0163) \text{mm}^3$],SE 组最小 [$(0.0962 \pm 0.0140) \text{mm}^3$]。LSD 多重比较发现,PM 组与 AA 组、AA 组与 SE 组和 SM 组以及 SM 组与 SE 组亲虾的相对怀卵量之间并不显著差异,其余的两两之间存在显著差异。

6 个饵料组亲虾受精卵长径差异极显著 ($P < 0.01$)。大小依次为 AN、CP、AA、PM、SM 和 SE,其中以 AN 组亲虾受精卵长径最大 [$(0.6789 \pm 0.0395) \text{mm}$],SE 组最小 [$(0.6283 \pm 0.0363) \text{mm}$]。LSD 多重比较发现,PM 组与 SM 组,AN 组与 CP 组亲虾受精卵长径之间并无显著差异,其余两两之间均存在显著差异。

表 3 6种饵料对亲虾相对怀卵量的影响

Tab. 3 Relative fecundity of *Lysmata amboinensis* broods fed six diets

饵料	AA	SM	PM	SE	AN	CP
相对怀卵量(粒/g)	2 456±409 ^b	3 357±621 ^a	2 754±371 ^{ab}	2 113±455 ^{bc}	1 829±213 ^{bc}	3 032±648 ^a
抱卵率(%)	100	100	100	100	100	100
抱卵间期(d)	1.92±0.98	1.92±1.23	1.62±0.80	2.00±1.52	1.73±1.12	1.81±0.90
饵料蛋白质含量(mg/g)	357.41	361.63	334.69	276.60	350.68	340.63

表 4 6种不同饵料对亲虾受精卵体积、长径、短径、干重与蛋白质含量的影响

Tab. 4 Volume, major axis, minor axis, dry weight and total protein content of zygote with six diets

饵料	AA	SM	PM	SE	AN	CP
体积(mm ³)	0.098 1±0.015 9 ^c	0.096 7±0.020 9 ^{cd}	0.101 1±0.022 0 ^c	0.096 2±0.014 0 ^d	0.110 9±0.016 3 ^a	0.106 5±0.020 0 ^b
长径(mm)	0.661 1±0.036 7 ^b	0.640 5±0.051 4 ^{cd}	0.649 7±0.058 3 ^c	0.628 3±0.036 3 ^d	0.678 9±0.039 5 ^a	0.672 1±0.045 2 ^a
短径(mm)	0.530 5±0.031 0 ^d	0.533 3±0.041 6 ^{cd}	0.541 6±0.038 4 ^{bc}	0.539 3±0.027 1 ^c	0.557 2±0.029 2 ^a	0.547 3±0.037 6 ^b
干重(μg)	33.83±0.98 ^b	37.33±1.75 ^a	31.00±1.26 ^d	32.83±1.17 ^{bc}	34.50±1.05 ^b	37.17±1.33 ^a
蛋白质含量(mg/g)	266.78±21.62 ^c	316.49±11.35 ^b	315.27±25.35 ^b	285.75±28.72 ^b	314.26±12.21 ^b	367.17±25.68 ^a
蛋白质/干物质(%)	53.41±2.16	63.10±1.13	66.44±2.53	54.15±1.22	64.06±2.87	72.34±2.56
饵料蛋白质含量(mg/g)	357.41	361.63	334.69	276.60	350.68	340.63

6个饵料组亲虾受精卵短径差异极显著($P < 0.01$)。大小依次为 AN、CP、PM、SE、SM 和 AA,其中以 AN[(0.557 2±0.029 2)mm]组受精卵短径最大,AA[(0.530 5±0.031 0)mm]组最小。LSD多重比较发现,CP组与 PM组,PM组与 SE组,SE组与 SM组以及 SM组与 AA组亲虾受精卵短径之间,并无显著差异,其余两两之间存在显著差异。

2.3.2 对受精卵蛋白质含量的影响

6个饵料组的亲虾受精卵干重、蛋白质含量与蛋白质/干物质比例差异极为显著(表 4, $P < 0.01$)。干重大小依次为 SM、CP、AN、AA、SE 与 PM,其中以 SM组受精卵干重最大[(37.33±1.75)μg],PM组最小[(31.00±1.26)μg]。LSD法多重比较发现,SM组与 CP组,AN组与 AA组以及 AA组与 SE组亲虾受精卵干重之间并无显著差异,其余两两之间存在显著差异。

受精卵蛋白质含量大小依次为 CP、SM、PM、AN、SE 与 AA,其中以 CP组亲虾蛋白质含量最高[(367.17±25.68)mg/g],AA组最小[(266.78±21.62)mg/g]。LSD多重比较发现,CP组亲虾受精卵蛋白质含量与其余 5个饵料组之间存在显著差异,其余各组两两之间不存在显著差异。

受精卵蛋白质/干物质比例(%)以 CP组最

高[(72.34±2.56)%],AA组最低[(53.41±2.16)%]。

3 讨论

3.1 对清洁虾亲虾性腺发育的影响

Harrison等^[11]指出,在亲虾性腺发育与繁殖期间,亲虾对蛋白质的需求可能高于养成阶段,因为在这期间,亲虾体内将发生大量的生物合成。本次试验分析了卤虫无节幼体与桡足类对性腺指数、性腺干物质含量与蛋白质含量的影响。结果发现,2个饵料组亲虾性腺指数、干物质含量与蛋白质含量均增加了 2倍左右。

清洁虾亲虾性腺发育阶段,选用优质蛋白源的饵料十分重要。Marsden等^[12]在斑节对虾亲虾营养需求研究中指出,饵料中蛋白质含量达到 50%即可满足亲虾的蛋白质需求。本次试验选用的 6种天然饵料卤虫成虫、鱼肉、虾肉、乌贼、卤虫无节幼体与桡足类的蛋白质含量(干重)分别为 54.24%、58.83%、56.40%、48.08%、61.12%与 59.77%,除乌贼蛋白质含量略低外,其余饵料均可满足清洁虾亲虾性腺发育的蛋白质需求,其中卤虫无节幼体与桡足类是最好的蛋白源。

饵料中适度的蛋白质含量不仅对亲虾性腺

发育与繁殖有利,对于亲虾繁殖之后的恢复也十分重要。通过分析6种饵料蛋白质含量与性腺发育周期之间的相关性($R = -0.2812$)发现明饵料蛋白质含量越高,性腺发育周期越短。本次试验以AN与CP组的亲虾性腺发育周期最短,由此表明,在亲虾孵化幼体后投喂卤虫无节幼体与桡足类,较其它4种饵料更适合性腺的恢复。

3.2 对清洁虾亲虾繁殖性能的影响

投喂适合的饵料才有利于亲虾性腺成熟与抱卵。通过分析饵料蛋白质含量与亲虾相对怀卵量相关性,结果发现饵料蛋白质含量与亲虾相对怀卵量呈正相关($R = 0.4004$),这说明饵料蛋白质含量高,亲虾的相对怀卵量也高。结合方差分析结果表明,SM组与CP组的亲虾相对怀卵量较其余4个饵料组大。这表明在清洁虾亲虾性腺发育早期阶段,投喂桡足类与鱼肉有利于卵母细胞的分裂增加,且桡足类的效果最好最好。

3.3 对清洁虾受精卵质量的影响

Palacios等^[13]通过观察成熟凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)成熟卵巢的蛋白质含量,发现亲虾与成熟卵巢的蛋白质含量高低可能与亲虾的受精卵质量有关。因此,为了保证亲虾的繁殖能力,必须挑选能够满足亲虾蛋白质需求的饵料。试验发现,饵料蛋白质含量与受精卵体积、干重及蛋白质含量成正相关($R = 0.3034, 0.4520, 0.1872$),这说明投喂蛋白质含量相对较高饵料的亲虾,其受精卵体积、干重及蛋白质含量也相对较高。结合受精卵体积方差分析结果可见,AN与CP组的亲虾受精卵体积最大,SM与CP组的受精卵干重最大,CP组蛋白质绝对含量与在干物质中所占比例最高。由此可见,CP在卵母细胞体积增大与蛋白质的积累上较其它饵料最好^[11],同时也说明,适度的饵料蛋白质含量,更有利于提高亲虾受精卵的质量。

试验结果表明,清洁虾亲虾性腺早期发育阶段,卵母细胞分裂增加,这一时期应选用鱼肉或桡足类作为亲虾饵料。本次试验仅分析了饵料蛋白质对清洁虾亲虾繁殖的影响,未分析其它生化成分包括脂肪酸及氨基酸等的影响,而试验结果发现,卤虫无节幼体、桡足类及鱼类在提高受精卵质量上各有优势,这可能与3种饵料的其它

生化成分组成、含量以及各生化成分的相互作用有关。因此在卵母细胞营养物质积累时期,应交替使用这3种饵料,以满足亲虾繁殖期间,对各种营养素的需求。

参考文献:

- [1] Zhang L. Mating recognition in a simultaneous hermaphroditic shrimp *Lysmata wurdemanni* (Caridea: Hippolytidae) [J]. *Animal Behaviour* 2006, 71: 1191-1196.
- [2] 周发林, 马之明, 黄建华, 等. 4种斑节对虾亲虾饵料蛋白质的营养价值评价 [J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(4): 11-13.
- [3] Mourente G, Rodriguez A. Variation in the lipid content of wild-caught females of the marine shrimp *Penaeus kerathrus* during sexual maturation [J]. *Mar Biol* 1991, 110: 21-28.
- [4] Butler T H. Growth, reproduction and distribution of pandalid shrimps in British Columbia [J]. *Journal of the Fisheries Research Board Canada* 1964, 21: 1403-1452.
- [5] Calado A. A rearing system for the culture of ornamental decapod crustacean larvae [J]. *Aquaculture* 2006, 218: 329-339.
- [6] 燕飞, 李艳芹, 黄建华, 等. 日本沼虾卵巢发育特征及其蛋白质的变化 [J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2001, 21(4): 411-414.
- [7] 黄建华, 周发林, 林黑着, 等. 池塘养殖斑节对虾卵巢发育过程中的脂肪酸组成及变化 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4): 341-346.
- [8] Zhang D, Lin J, LeRoy Creswell. Mating Behavior and Spawning of the Banded Coral Shrimp *Stenopus hispidus* in the Laboratory [J]. *Journal of Crustacean Biology* 1998, 8: 18(3), 511-518.
- [9] 穆淑梅, 康现江, 李彦芹, 等. 日本沼虾卵黄磷蛋白生化性质分析 [J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(5): 71-75.
- [10] Smith P K, Krohn R I, Hermanson G T, et al. Measurement of protein using bicinchoninic acid [J]. *Anal Biochem* 1985, 76-85.
- [11] Harrison K E. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review [J]. *Shellfish Res* 1990, 9(9): 1-28.
- [12] Marsden G E, McGuren J J, Handsford S W, et al. A moist artificial diet for prawn broodstock: Its effect on the reproductive performance of wild caught *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture* 1997, 149: 145-156.
- [13] Palacios E, Ibarra A M, Racotta I S, et al. Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pond-reared *Penaeus vannamei* broodstock [J]. *Aquaculture* 2000, 185: 353-371.