

## 强壮藻钩虾对中国明对虾与日本囊对虾生长和抗病力的影响

韩永望<sup>1,2</sup>, 李健<sup>1\*</sup>, 李吉涛<sup>1</sup>, 何玉英<sup>1</sup>, 陈萍<sup>1</sup>, 戴芳钰<sup>1</sup>, 刘德月<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东 青岛 266071;

2. 中国海洋大学水产学院 山东 青岛 266003)

**摘要:**以强壮藻钩虾(以下简称钩虾)作为中国明对虾和日本囊对虾的天然饵料,以对虾人工配合饲料为对照研究钩虾对中国明对虾和日本囊对虾生长和抗病力的影响。对两种规格的中国明对虾[体质量分别为 $(0.33 \pm 0.0204)$  g 和 $(2.07 \pm 0.184)$  g,分别记为SF组和MF组]和日本囊对虾[体质量为 $(0.25 \pm 0.0181)$  g,记为SM组]分别投喂人工配合饲料和钩虾,养殖35 d。结果显示:(1)与人工配合饲料相比钩虾可以提高MF组和SM组对虾的特定生长率和SM组对虾的成活率;(2)钩虾可以显著提高SF组和SM组对虾血细胞总数( $P < 0.05$ );(3)钩虾可以显著提高3组对虾血清总蛋白含量( $P < 0.05$ )及SF组和SM组血蓝蛋白含量( $P < 0.05$ );(4)钩虾可以显著提高日本囊对虾溶菌酶活力( $P < 0.05$ );(5)钩虾可以显著提高FM组和SM组对虾酚氧化酶活力和超氧化物歧化酶活力( $P < 0.05$ );(6)钩虾可以显著性提高SF组和SM组对虾血清过氧化物酶相对活力( $P < 0.05$ );(7)对虾健康指标总得分与其感染WSSV后的100%致死时间关系密切,两者之间呈现一定的线性关系( $R^2 = 0.9489$ )。研究结果表明,钩虾与对虾人工配合饲料相比可以促进中国明对虾和日本囊对虾的生长及提高对虾抗病力。

**关键词:**中国明对虾;日本囊对虾;强壮藻钩虾;养殖;抗病力

**中图分类号:**S 966.1

**文献标志码:**A

中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)和日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)是我国对虾养殖的主要品种。由于受病害影响,从20世纪90年代初开始对虾产量急剧下降,近些年虽有恢复但根本问题仍未解决。对虾发病的主要原因可分为养殖环境的恶化<sup>[1]</sup>和病原的入侵<sup>[2]</sup>。王克行<sup>[3]</sup>在80年代初提出在对虾池中移植和繁殖底栖饵料生物的设想,底栖饵料生物不仅可以摄食养殖池中残饵改良养殖环境<sup>[4]</sup>,还为养殖动物提供动物性饵料。关于动物性饵料能够促进对虾生长的研究前人已有报道<sup>[5-9]</sup>。

本研究主要研究强壮藻钩虾(*Ampithoe valida*)对中国明对虾和日本囊对虾生长和抗病力的影响。钩虾在水产养殖中的重要作用已被证实,申志新等<sup>[10]</sup>研究发现青海淡水钩虾肌肉

必需氨基酸组成中蛋氨酸+胱氨酸的含量超过了FAO/WHO评估模式和全鸡蛋蛋白质评估模式中的含量,因此认为青海淡水钩虾可作为一种优质饲料。武云飞等<sup>[11]</sup>研究发现青海钩虾有利于罗非鱼两品系的生长和增色效果,此外刘艳春等<sup>[12]</sup>认为在对虾养殖池中投放合适比例的青苔、藻钩虾和日本囊对虾,可实现天然生态养殖,至日本囊对虾体长达6~8 cm前不用向养殖池投饵料。所以将强壮藻钩虾作为对虾天然饵料来研究其对对虾生长和抗病力的影响有着重大意义。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

强壮藻钩虾(下文简称钩虾)于2011年3—4

收稿日期:2011-12-26

修回日期:2012-04-27

资助项目:国家虾产业技术体系专项(CARS-47);公益性行业(农业)科研专项(201103034)

通讯作者:李健, E-mail: lijian@ysfri.ac.cn

月采集于山东省胶州湾并且人工养殖、繁殖以获得足够生物量[体长( $0.65 \pm 0.02$ ) cm]; 2 种规格中国明对虾, 初始体质量分别为( $0.33 \pm 0.0204$ ) g 和( $2.07 \pm 0.184$ ) g; 日本囊对虾初始体质量为( $0.25 \pm 0.0181$ ) g; 对虾人工配合饲料(蛋白含量为 45%)。

## 1.2 实验设计

将 24 个底面积为  $0.40 \text{ m}^2$ , 深为  $0.80 \text{ m}$  的圆柱形蓝桶(底部具排水孔)消毒并清洗干净后每 8 个桶为一组, 共分 3 组。第 1 组放养体质量为( $0.33 \pm 0.0204$ ) g 的中国明对虾并记为 SF (small *F. chinensis*) 组; 第 2 组放养体质量为( $2.07 \pm 0.184$ ) g 的中国明对虾并记为 MF (middle *F. chinensis*) 组; 第 3 组放养体质量为( $0.25 \pm 0.0181$ ) g 的日本囊对虾并记为 SM (small *M. japonicus*) 组。3 组对虾放养密度均为 20 尾/桶, 分别从每组中随机选取 4 个桶作为饲料组(使用人工配合饲料饲养对虾), 每组中剩余 4 个桶作为钩虾组(使用钩虾饲养对虾)。每天 06:00、12:00、18:00 和 24:00 各投喂一次且过量投喂(根据残饵、对虾胃饱满度等综合判断), 每天换水 1/3 去除残饵及粪便。养殖期间水温为  $27 \sim 29^\circ\text{C}$ , 盐度为( $18.8 \pm 0.41$ ), pH 为  $8.4 \sim 8.6$ , 溶氧不小于  $6.0 \text{ mg/L}$ , 养殖周期为 35 d。

养殖实验结束时分别从 SF、MF 及 SM 组中的钩虾组和饲料组中随机选取 30 尾对虾。将 SF、MF 及 SM 组中钩虾组的对虾分别命名为 I 组、III 组和 V 组, 饲料组的对虾分别命名为 II 组、IV 组和 VI 组, I 至 VI 组每组 3 个平行, 每个平行 10 尾对虾。饥饿 24 h 后从对虾第 4、5 腹节注射白斑病毒粗提液( $20 \mu\text{L}/\text{尾}$ ), 观察对虾在不同时间点的累积死亡率, 实验期间不投饵, 每天仅吸出对虾排出的粪便。

## 1.3 血清和白斑综合征病毒(WSSV)粗提液的制备

血清制备: 养殖结束后每组随机取 10 尾对虾, 使用一次性无菌注射器从对虾腹部血窦中抽取血淋巴,  $4^\circ\text{C}$  过夜,  $4^\circ\text{C}$  离心 10 min ( $5000 \text{ r/min}$ ),  $-20^\circ\text{C}$  保存备用。白斑综合征病毒(white spot syndrome virus, WSSV)粗提液制备: 取携带 WSSV 对虾(黄海水产研究所病研室惠赠)的鳃组织, 在 0.9% 生理盐水中研磨,  $5000$

$\text{r/min}$  离心 10 min 后再使用  $0.45 \text{ mm}$  的滤纸过滤上清液即得到 WSSV 的粗提液,  $-80^\circ\text{C}$  保存备用。

## 1.4 测量指标与方法

**特定生长率与成活率** 特定生长率(specific growth rate, SGR)按下式计算:  $\text{SGR} (\%/d) = 100(\ln W_1 - \ln W_0) / T$ ,  $W_0$ 、 $W_1$  分别代表实验开始和实验结束时对虾湿体质量,  $T$  为养殖天数。养殖实验结束时记录每组每个平行对虾的存活数, 存活率按下式计算:  $\text{存活率} (\%) = N_1 / N_0 \times 100\%$ ,  $N_0$  和  $N_1$  分别代表实验开始和实验结束时对虾的数目。

**血细胞数总数** 使用  $1.0 \text{ mL}$  的无菌注射器从对虾腹部血窦中抽取血淋巴, 用 10% 的福尔马林将血淋巴固定(血淋巴: 固定液 = 1:1), 混匀后使用血球计数板计数。

**血清总蛋白含量和血蓝蛋白含量** 血清总蛋白含量参考汪家政等<sup>[13]</sup>使用的考马斯亮蓝法求得。血蓝蛋白含量的测定参 Nickerson 等<sup>[14]</sup>的方法, 并稍作改进。取血清样品  $100 \mu\text{L}$ , 加入  $900 \mu\text{L}$  PBS 缓冲液, 在波长  $334 \text{ nm}$  下测定光密度值, 血蓝蛋白浓度 ( $\text{mg/mL}$ ):  $E_{334 \text{ nm}} = 2.30 \times \text{OD}_{334}$ 。

**溶菌酶活力测定** 溶菌酶活力使用南京建成生物工程研究所研发的溶菌酶检测试剂盒中的空白对照法测定。

**血清酚氧化酶活力测定** 血清酚氧化酶活力采用改进的 Ashida<sup>[15]</sup>和雷质文等<sup>[16]</sup>的方法。以 L-多巴为底物, 在 96 孔酶标板进行。96 酶标板中的小孔内依次加血清  $10 \mu\text{L}$ ,  $0.1 \text{ mol/L}$  磷酸钾缓冲液( $\text{pH} = 6.4$ )  $200 \mu\text{L}$  和  $0.01 \text{ mol/L}$  L-多巴  $10 \mu\text{L}$ , 将酶标板放入酶标仪中震荡 4 次, 在  $490 \text{ nm}$  波长下每 2 分钟测一次吸光值。按每分钟增加 0.001 为一个酶活力单位计算。

**血清超氧化物歧化酶活力测定** 血清超氧化物歧化酶活力使用南京建成生物工程研究所的 SOD 试剂盒测定。

**血清过氧化物酶相对活力测定** 血清过氧化物酶(POD)相对活力  $A_{\text{POD}}$  的测定采用改进的史成银等<sup>[17]</sup>的方法在 96 孔酶标板中进行。酶标板的小孔中依次加  $20 \mu\text{L}$  血清和  $180 \mu\text{L}$  显色缓冲液( $7.3 \text{ g}$  柠檬酸和  $11.86 \text{ g}$  二水磷酸氢二钠用无菌水稀释至  $1 \text{ L}$ ) 在酶标仪中于  $490 \text{ nm}$  波长下测

定吸光值  $A_1$ 。再向酶标板小孔中加 20  $\mu\text{L}$  显色液(4 mg 邻苯二胺 4  $\mu\text{L}$  30% 过氧化氢,10  $\mu\text{L}$  显色缓冲液),置于酶标仪中摇匀后,避光显色 15 min,于 490 nm 波长下测吸光值  $A_2$ 。血清中  $A_{\text{POD}}$  以  $A_2 - A_1$  计算。

对虾健康指标总得分与其抗 WSSV 能力的关系 将对虾特定生长率、存活率及其免疫指标均作为其健康指标,规定当某个健康指标存在显著性差异时( $P < 0.05$ ),该指标相对较高者得 1 分,相对较低者为得 0。当该指标不存在显著性差异( $P > 0.05$ )时均得 0 分。最后分析健康指标总得分与对虾感染 WSSV 后 100% 致死时间的关系。

1.5 数据处理

使用 SPSS 15.0 软件对实验数据进行  $T$  检验。以  $P > 0.05$  为不存在显著性差异; $P < 0.05$  为存在显著性差异; $P < 0.01$  为差异极显著。

2 结果

2.1 特定生长率与成活率

对 SF 组中国明对虾分别投喂钩虾与人工配合饲料,前者的特定生长率稍低于后者,MF 组中国明对虾表现出相反的结果;对 SM 组日本囊对虾分别投喂钩虾和人工配合饲料,前者的特定生长率高于后者并达到了显著性差异( $P < 0.05$ )(图 1)。SF 组及 MF 组的中国明对虾分别摄食钩虾和人工配合饲料,其存活率之间差异不大;SM 组中日本囊对虾摄食钩虾的存活率要比摄食人工配合饲料高(图 2)。

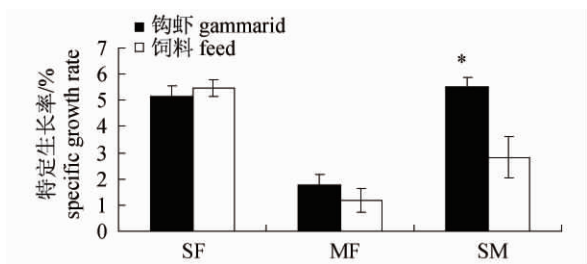


图 1 中国明对虾和日本囊对虾的特定生长率

\* 代表存在显著性差异。下同。

Fig.1 The specific growth rate of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

\* represents there is a significant difference. The same below.

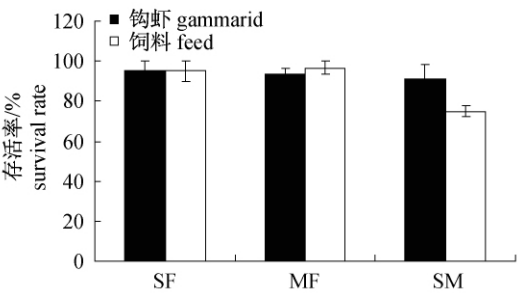


图 2 中国明对虾和日本囊对虾的存活率

Fig.2 The survival rate of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

2.2 对虾血细胞总数

SF 组的中国明对虾和 SM 组的日本囊对虾分别摄食钩虾和人工配合饲料,其血清中的血细胞总数差异较大且达到了显著性差异( $P < 0.05$ ),对 MF 组的中国明对虾分别投喂钩虾与人工配合饲料,其血清中血细胞总数差异不大( $P > 0.05$ )(图 3)。

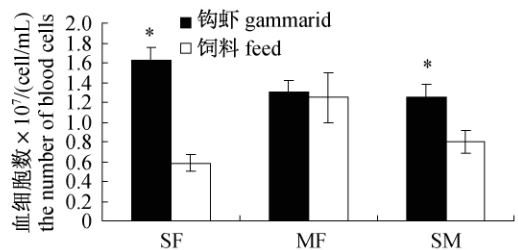


图 3 中国明对虾和日本囊对虾血清中血细胞数目

Fig.3 The number of blood cells of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

2.3 血清总蛋白与血蓝蛋白含量

SF 组、MF 组及 SM 组中的对虾分别摄食钩虾与对虾人工配合饲料,其血清总蛋白均达到了显著性差异( $P < 0.05$ );SF 组的中国明对虾与 SM 组的日本囊对虾分别摄食钩虾与人工配合饲料,其血清中血蓝蛋白含量差异较大且达到了显著性差异( $P < 0.05$ ),MF 组中血蓝蛋白不存在显著性差异( $P > 0.05$ )(图 4)。

2.4 溶菌酶活力

中国明对虾和日本囊对虾分别摄食钩虾和人工配合饲料,其血清溶菌酶活性,由图 5 可以看出 SF 组与 MF 组的中国明对虾在溶菌酶活性上不存在显著性差异( $P > 0.05$ ),SM 组的日本囊对虾在溶菌酶活性上存在显著性差异( $P < 0.05$ )。

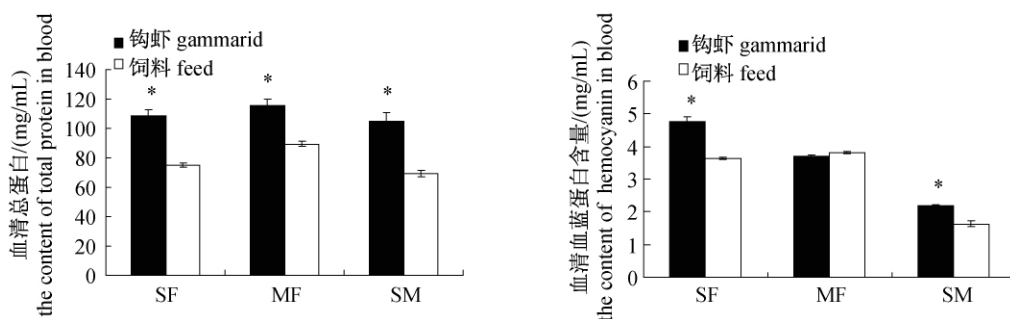


图4 中国明对虾和日本囊对虾血清总含量和血蓝蛋白含量

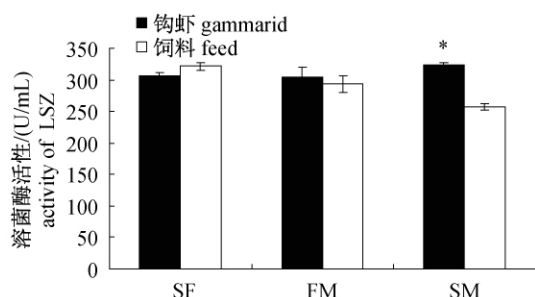
Fig. 4 The total protein and hemocyanin of blood of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

图5 中国明对虾和日本囊对虾血清中溶菌酶活力

Fig. 5 Activities of LSZ of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

## 2.5 血清酚氧化酶活力

SF 组的中国明对虾在酚氧化酶活性上不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ ); MF 组的中明对虾在酚氧化酶活性上存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ); SM 组的日本囊对虾在酚氧化酶活性上差异极显著 ( $P < 0.01$ ) (图6)。SF 组不存在显著性差异可能由于中国明对虾幼虾捕食钩虾能力有限所致。

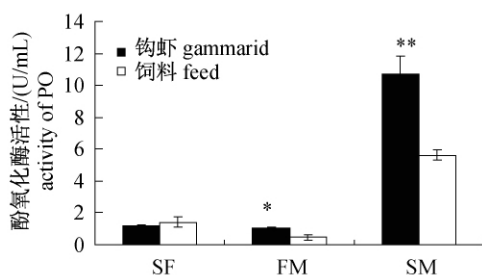


图6 中国明对虾和日本囊对虾血清酚氧化酶活力

\*\* 代表存在极显著性差异。下同。

Fig. 6 Activities of PO in *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

\*\* represents there is extremely significant difference. The same below.

## 2.6 血清超氧化物歧化酶活力

SF 组的中国明对虾与 SM 组的日本囊对虾在超氧化物歧化酶活性上存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ); MF 组的中国明对虾在超氧化物歧化酶活性上不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ ) (图7)。

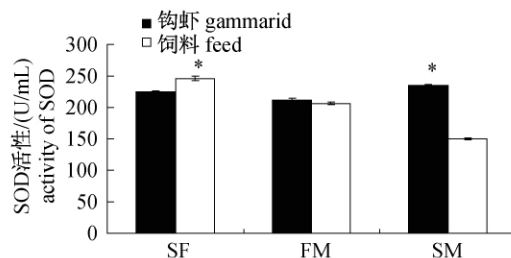


图7 中国明对虾和日本囊对虾血清超氧化物歧化酶活力

Fig. 7 Activities of SOD of *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

## 2.7 血清过氧化物酶相对活力

SF 组中国明对虾在过氧化物酶相对活力上存在极显著性差异 ( $P < 0.01$ ); MF 组中国明对虾在过氧化物酶相对活力上不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ ); SM 组日本囊对虾在过氧化物酶相对活力上存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ) (图8)。

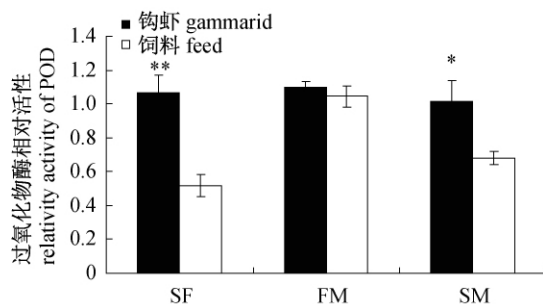


图8 中国明对虾和日本囊对虾血清过氧化物酶相对活力

Fig. 8 Activities of  $A_{POD}$  in *F. chinensis* and *M. japonicus* respectively

2.8 对虾感染 WSSV 的累积死亡率

第 I 组中国明对虾在 36 h 100% 致死,第 II 组中国明对虾在 24 h 时 100% 致死;第 III、IV 组中国明对虾在整个实验过程的累积死亡率的变化趋势比较一致,100% 致死时间均为 64 h;第 V 组的日本囊对虾的 100% 致死为 67 h,而第 VI 组的日本囊对虾在 24 h 时即 100% 致死。由此可以说明钩虾与人工配合饲料相比可以提高中国明对虾和日本囊对虾的幼虾抗 WSSV 能力,尤其是日本囊对虾的幼虾(图 9)。钩虾对中国明对虾幼虾阶段的作用要大于中期阶段。

2.9 中国明对虾和日本囊对虾健康指标总得分与其抗 WSSV 能力之间的关系

表 1 显示中国明对虾和日本囊对虾的健康指标总得分与其感染 WSSV 后 100% 致死时间,由表 1 中的数据可以看出第 I 组、II 组、V 组、VI 组

的健康指标总得分排序为 V > I > II > VI,100% 致死时间排序为 V > I > II = VI;第 III、IV 组健康指标总得分接近,100% 致死时间相同。由图 10 可以看出健康指标总得分与感染 WSSV100% 致死时间之间存在一定的线性关系( $R^2=0.9489$ )。

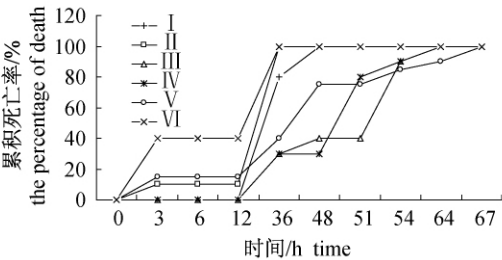


图 9 中国明对虾和日本囊对虾感染 WSSV 累积死亡率

Fig.9 The percentage of death of *F. chinensis* and *M. japonicus* which were infected by WSSV

表 1 中国明对虾和日本囊对虾的免疫指标与其抗 WSSV 能力之间的关系

Tab.1 The relationship of healthy index and resistance to WSSV for *F. chinensis* and *M. japonicus*

指标 item	SF		MF		SM	
	I	II	III	IV	V	VI
特定生长率 SGR	0	0	0	0	1	0
存活率 survival rate	0	0	0	0	0	0
总蛋白 total protein	1	0	1	0	1	0
血细胞 blood cells	1	0	0	0	1	0
血蓝蛋白 hemocyanin	1	0	0	0	1	0
溶菌酶 LSZ	0	0	0	0	1	0
酚氧化酶 PO	0	0	1	0	1	0
超氧化物歧化酶 SOD	0	1	0	0	1	0
过氧化物酶相对活力 A <sub>POD</sub>	1	0	0	0	1	0
合计 total	4	1	2	0	8	0
对虾 100% 致死时间/h the time for 100% death	36	24	64	64	67	24

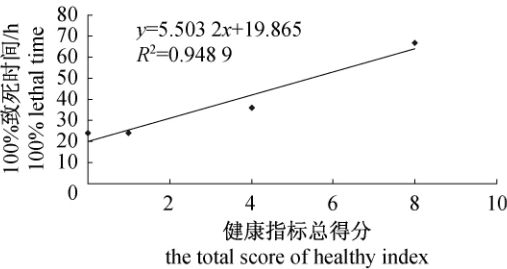


图 10 健康指标得分与 100% 致死时间回归曲线

Fig.10 Regression curve between healthy index and 100% lethal time

3 讨论

SF 组中钩虾组的特定生长率低于饲料组, MF 组中钩虾组的特定生长率高于饲料组。推测其原因可能在于中国明对虾幼虾捕食钩虾的能力相对较低。故使用钩虾作为中国明对虾天然饵料时应注意对虾在幼虾阶段能否捕食到足够的钩虾,必要时应投喂少量人工配合饲料。SM 组钩虾组特定生长率高于饲料组说明日本囊对虾幼虾具有良好捕食钩虾的能力。总体来说钩虾作为一种天然饵料可以促进对虾的生长,尤其是日本囊

对虾。与董世瑞等<sup>[18]</sup>、胡贤德等<sup>[19]</sup>和王平等<sup>[20]</sup>认为天然动物性饵料比人工配合饲料更能促进对虾的生长结果相一致。

SF 组、MF 组及 SM 组中的对虾分别摄食钩虾和人工配合饲料后,对虾在血细胞总数、血蓝蛋白含量和过氧化物酶相对活力这些指标上均表现出相同的变化趋势即 SF 组和 MF 组在这些指标上存在显著性差异( $P < 0.05$ ),MF 组在这些指标上不存在显著性差异( $P > 0.05$ )。此外,钩虾还可以显著提高中国明对虾和日本囊对虾血清总蛋白含量。这说明钩虾与人工配合饲料相比可以显著提高中国明对虾和日本囊对虾幼虾的免疫力,这一结果与林少琴等<sup>[21]</sup>以蚯蚓投喂小鼠和王妮等<sup>[22]</sup>以蝇蛆投喂对虾均可以提高生物体的免疫机能相似。SF 组的中国明对虾在所测的 7 个免疫指标中有 5 个指标表现出显著性差异( $P < 0.05$ );MF 组的中国明对虾有 2 个指标表现出显著性差异( $P < 0.05$ );SM 组中日本囊对虾在 7 个指标上全部表现出显著性差异( $P < 0.05$ )。这也充分说明钩虾与人工配合饲料相比可以显著提高日本囊对虾的免疫力,其次是小规格的中国明对虾,对中等规格的中国明对虾影响较小。根据日本囊对虾钩虾组与饲料组在生长与抗病指标上产生显著差异可能由于饵料营养的不同造成对虾体质的差异<sup>[23]</sup>。

由图 10 可以看出对虾感染 WSSV 后 100% 致死时间与其健康指标总得分之间存在良好线性关系( $R^2 = 0.9489$ )。分析 100% 致死时间可得摄食钩虾的日本囊对虾 > 摄食钩虾的中国明对虾 > 摄食饲料的中国明对虾 = 摄食饲料的日本囊对虾,故表现为中国明对虾和日本囊对虾摄食钩虾有助于提高自身抗病力。王妮等<sup>[22]</sup>认为蝇幼在提高对虾抗杆状病毒感染过程中发挥的重要作用,此外董世瑞等<sup>[18]</sup>和胡贤德等<sup>[19]</sup>发现不同饵料组中的对虾感染 WSSV 后的成活率表现出显著性差异这些结论均与本研究结果相似。

目前在水产养殖过程中常被用作对虾天然饵料的有蚯蚓、沙蚕和卤虫等。刘石林等<sup>[5-6]</sup>使用蚯蚓和沙蚕饲养中国明对虾发现蚯蚓和沙蚕均可以提高中国明对虾的生长率。单独投喂蚯蚓对虾成活率不受影响,血细胞数目、抗菌酶活力及酚氧化酶活力均得到显著提高;单独投喂沙蚕对虾成活率下降并且上述各项免疫指标不存在显著性差

异。故刘石林等<sup>[5]</sup>认为蚯蚓比沙蚕更适合做中国明对虾的天然饵料。王彩理等<sup>[24]</sup>研究卤虫对中国明对虾生长的影响时指出卤虫可以提高对虾的生长率但其易受环境、气候的影响不易在水体中稳定存在,难以满足鱼虾育苗的需要。本研究将钩虾作为中国明对虾和日本囊对虾的天然饵料,发现钩虾不仅可以提高对虾的生长、免疫指标和抗病力而且钩虾适应性比较强,在养殖池中繁殖速度快,能够形成对虾稳定的天然饵料。

#### 参考文献:

- [1] 孙舰军,丁美丽. 氨氮对中国对虾抗病力的影响[J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(1): 267-272.
- [2] 刘萍,孔杰,孟宪红,等. 白斑综合征病毒(WSSV)在对虾养殖过程中传播途径的调查[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 9-12.
- [3] 王克行. 解决大面积养虾饲料的一点设想[C]. 全国海水养殖增殖发展途径学术会议论文报告汇编, 1980: 200-203.
- [4] 张天时,孔杰,刘萍,等. 饵料和养殖密度对中国对虾幼虾生长及存活率的影响[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 41-47.
- [5] 刘石林,刘鹰,杨红生,等. 双齿围沙蚕与赤子爱胜蚓对凡纳滨对虾生长和免疫指标的影响[J]. 中国水产科学, 2006, 13(4): 561-565.
- [6] 刘石林,刘鹰,陈慕雁,等. 投喂蚯蚓对中国明对虾生长及生化组成的影响[J]. 中国水产科学, 2008, 15(1): 145-153.
- [7] 郑伟,董志国,王兴强,等. 投喂蝇蛆对中国明对虾生长及生化组成的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(4): 187-192.
- [8] 张明凤,吴小琴,王健. 培养蚊子幼虫作为日本对虾鲜活饵料的研究[J]. 福建畜牧兽医, 2000(1): 04-05.
- [9] 毕庶万,时吉营,刘爱东,等. 沙蚕在养殖中的作用[J]. 现代渔业信息, 1995, 10(4): 25-28.
- [10] 申志新,王国杰,唐文家,等. 青海淡水钩虾的营养分析及评价[J]. 青海农牧业, 2010(1): 34-39.
- [11] 武云飞,韩风进,江涛,等. 青海钩虾配合饲料对罗非鱼两品系生长效果的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(2): 199-205.
- [12] 刘艳春,苑春亭,蒋万钊,等. 藻钩虾在池塘生态养殖中的利用[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24(1): 28-28.
- [13] 汪家政,范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 42-47.
- [14] Nickerson K W, van Hold K E. A comparison of molluscan and arthropod hemocyanin in circular

- dichroism and absorption spectra [J]. Comparative Biochemistry Physiology-Part B: Biochemistry & Molecular Biology, 1971, 39(4): 855–872.
- [15] Ashida M. Purification and characterization of pro-phenoloxidase from hemolymph of the silkworm *Bombyx mori* [J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1971, 144(2): 749–762.
- [16] 雷质文, 黄捷, 杨冰, 等. 感染白斑综合症病毒 (WSSV) 对虾相关因子的研究 [J]. 中国水产科学, 2001, 8(4): 46–51.
- [17] 史成银, 黄捷, 宋晓玲. 对虾皮下及造血组织坏死杆状病毒单克隆抗体的 ELISA 快速检测 [J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 116–118.
- [18] 董世瑞, 高焕, 孔杰, 等. 不同饵料对中同对虾幼虾生长及感染 WSSV 存活率影响 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 52–58.
- [19] 胡贤德, 孙成波, 丁树军, 等. 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 [J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(3): 296–301.
- [20] 王平, 孙成波, 庄健进, 等. 5 种饵料对日本囊对虾早期生长及感染 WSSV 存活率的影响 [J]. 热带生物学报, 2010, 1(4): 371–375.
- [21] 林少琴, 邹开煌. 蚯蚓 OY-4 对荷瘤小鼠免疫功能及抗氧化酶的影响 [J]. 海峡药学, 2002, 14(1): 10–12.
- [22] 王妮, 冯江, 王振堂, 等. 对虾爆发性流行病的群体感染及投喂蝇幼的抗病机制研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 728–730.
- [23] 殷禄阁. 日本对虾饵料的应用 [J]. 饲料研究, 1988(3): 26–28.
- [24] 王彩理, 腾瑜, 乔向英, 等. 卤虫虾片对水体 pH 值的影响 [J]. 海洋水产研究, 2003, 24(1): 56–59.

## Effects of *Ampithoe valida* on growth and anti-disease ability of the *Fenneropenaeus chinensis* and *Marsupenaeus japonicus*

HAN Yong-wang<sup>1,2</sup>, LI Jian<sup>1\*</sup>, LI Ji-tao<sup>1</sup>, HE Yu-ying<sup>1</sup>, CHEN Ping<sup>1</sup>, DAI Fang-yu<sup>1</sup>, LIU De-yue<sup>1</sup>

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** In this paper shrimps of *Fenneropenaeus chinensis* with the body weight of (0.33 ± 0.020 4) g (SF group) and (2.07 ± 0.184) g (MF group) respectively and *Marsupenaeus japonicus* with (0.25 ± 0.018 1) g (SM group) were fed with gammarid *Ampithoe valida* to determine the effects of gammarid on growth and anti-disease ability of the shrimps. The results were as follows: (1) Compared with shrimp pellet feed gammarid can improve SGR of shrimps in MF and SM groups and can improve survive rate of shrimps in SM group too. (2) Gammarid can raise the total number of blood cells of shrimps in SF and SM groups significantly ( $P < 0.05$ ). (3) Gammarid can improve total protein level in blood of three shrimp groups significantly ( $P < 0.05$ ) and can also improve hemocyanin of shrimps in SF and SM groups significantly ( $P < 0.05$ ). (4) Gammarid can improve activity of LSZ of *M. japonicus*. (5) Gammarid can improve activity of PO and SOD of shrimps in MF and SM groups significantly ( $P < 0.05$ ). (6) Gammarid can improve the relative activity of POD of shrimps in SF and SM groups significantly ( $P < 0.05$ ). (7) There is a linear relationship between the total score of healthy index and the time during which shrimps were all killed by WSSV ( $R^2 = 0.948 9$ ). The results show that: Gammarid can improve growth and anti-disease ability of the *F. chinensis* and *M. japonicus* compared with pellet feed and the best time for gammarid as nature food is when the shrimps are larvae.

**Key words:** *Fenneropenaeus chinensis*; *Marsupenaeus japonicus*; *Ampithoe valida*; culture; anti-disease ability

**Corresponding author:** LI Jian. E-mail: lijian@ysfri.ac.cn