

文章编号: 1674-5566(2014)04-0528-07

## 中草药对凡纳滨对虾生长、血淋巴非特异性免疫和肌肉成分的影响

刘波<sup>1</sup>, 冷向军<sup>1,2</sup>, 李小勤<sup>1,2</sup>, 柴仙琦<sup>1</sup>, 李乃顺<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306)

**摘要:** 为探索三黄(黄芪、黄芩、大黄, 简称三黄)等中草药在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)饲料中的应用效果, 分别在基础饲料(对照组)中添加1.0%三黄、2.0%三黄、2.0%杜仲三黄(1%杜仲+1%三黄)、2.0%复方一(主要成分为黄芪、淫羊藿、党参、大黄、黄芩等)和2.0%复方二(主要成分为黄芪、杜仲、金银花、白术、黄芩等), 饲喂平均体质量为(7.5±0.2)g的凡纳滨对虾42 d, 共6个处理组, 每个处理组设置4个平行。结果表明: 各处理组存活率均在96.3%以上, 且无显著差异( $P>0.05$ ); 2.0%杜仲三黄组(145.3%)、1.0%三黄组(143.8%)增重率均较对照组(124.5%)显著提高, 饲料系数显著降低( $P<0.05$ ); 与对照组相比, 各中草药添加组血淋巴非特异性免疫指标在不同程度上有所改善, 其中2.0%杜仲三黄组的血淋巴ALP、PO活力显著提高( $P<0.05$ ); 在溶藻弧菌(*Vibrio alginolyticus*)的攻毒实验中, 1.0%三黄组的死亡率较对照组显著降低( $P<0.05$ ); 2.0%杜仲三黄组肌肉胶原蛋白含量最高(0.30%), 较对照组提高42.86%( $P<0.05$ )。上述结果表明, 饲料中添加2.0%杜仲三黄、1.0%三黄, 可提高凡纳滨对虾增重率, 降低饲料系数, 其中1.0%三黄可提高虾体抗溶藻弧菌感染的能力, 添加2.0%杜仲三黄, 可增加虾体肌肉胶原蛋白含量。

**研究亮点:** 虾类病害不断爆发, 危害对虾养殖业, 导致抗生素等大量使用, 污染环境。为寻求一种环境友好型免疫添加剂, 本研究配制了以三黄为主的复方组成的中草药, 考察其对凡纳滨对虾生长、血淋巴非特异性免疫和肌肉成分的影响, 为三黄等中草药在凡纳滨对虾饲料中的合理应用提供科学依据。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 生长; 中草药; 非特异免疫; 肌肉成分

**中图分类号:** S 963.1; S 968.2

**文献标志码:** A

随着养殖规模的扩大和养殖环境的恶化, 虾类病害不断爆发。为防治虾类病害, 抗生素被大量使用, 导致环境污染及药物残留, 损害人类健康<sup>[1]</sup>。寻求有效的抗生素替代品成为饲料行业所关注的热点。中草药因其多功能性、天然性和安全性而受到重视。目前, 有关中草药在甲壳动物中应用的报道已见于凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)<sup>[2-3]</sup>、罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)<sup>[4-5]</sup>、斑节对虾(*Penaeus monodon*)<sup>[6-7]</sup>、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)<sup>[8]</sup>等, 这些研究表明, 中草药具有促进甲壳动物非特异免疫功能的作用。在已有的研究中, 中草药通常以单剂或复方的形式粉碎, 或煎熬后添加于

饲料中。常用的中草药有杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.)、黄芪(*Leguminosae*)、黄芩(*Radix scutellariae*)、大黄(*Rheum palmatum* L.)、金银花、党参、甘草、板蓝根等。杜仲具降血压、抗菌、抗病毒、增强机体非特异性免疫力, 并能对细胞免疫进行双向调节等功效<sup>[9]</sup>; 黄芪有增强机体免疫、保肝利尿、抗衰老、降压、抗菌等作用<sup>[10]</sup>; 黄芩有清热解毒、广谱抗菌等功能<sup>[11]</sup>; 大黄有攻积滞、清热泻火、凉血祛瘀、解毒等功效<sup>[12]</sup>, 将黄芪、黄芩和大黄配合使用, 简称“三黄”, 以发挥其功效的互补性, 这已在鱼病防治中得到应用。

凡纳滨对虾是我国养殖面积最大, 产量最高的虾类。目前, 尽管已有一些中草药应用于凡纳

收稿日期: 2013-11-09 修回日期: 2014-04-21

基金项目: 上海市农委“科技兴农”重点攻关项目(2009-6-6); 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 刘波(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产动物营养与饲料科学。E-mail: 835004538@qq.com

通信作者: 李小勤, E-mail: xqli@shou.edu.cn

滨对虾的报道<sup>[2-3]</sup>,但尚未见以“三黄”为主的复方中草药在凡纳滨对虾饲料中的应用。考虑到“三黄”在鱼类病害预防中的有效使用,本实验根据中医理论,以“三黄”为主要成分,制成多种复方中草药添加剂,以凡纳滨对虾为实验对象,研究中草药对其生长、非特异性免疫、消化酶及肌肉成分的影响,为中草药在虾类养殖中的合理应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验设计及饲料

实验共设 6 个处理组,每处理组有 4 个平行(每平行为一口网箱,规格 2.0 m × 1.2 m × 1.0 m),每个网箱放虾 40 尾,共 24 口网箱,随机置于 6 口水泥池中(5 m × 3 m × 1.2 m)。在基础饲料中分别加入 5 种复方中草药(表 1)。中草药粉碎过 60 目后,按各组所需剂量配合,各加水 800 mL 熬 2 h,渣液一同加入饲料混匀。所有饲料原料 60 目过筛后,按配方配合后混匀(添加中草药后,相应减少面粉比例,以保持配方平衡),加水 30% 后再混匀,以绞肉机制粒成直径 2 mm 的条状饲料,95 °C 后熟化 25 min,晾干,破碎成碎粒料后,于 4 °C 保存备用。基础饲料组成及主要营养指标见表 2。

表 1 实验分组及中草药组成  
Tab. 1 Groups of experiments and composition of Chinese medicinal herb

组别	主要成分	添加量
对照组		0.0%
1.0% 三黄组	黄芪、黄芩、大黄(1:1:1)	1.0%
2.0% 三黄组	黄芪、黄芩、大黄(1:1:1)	2.0%
2.0% 杜仲三黄组	杜仲、黄芪、黄芩、大黄(3:1:1:1)	2.0%
2.0% 复方一	黄芪(30%)、淫羊藿、党参、大黄、黄芩、甘草、当归、金银花、板蓝根、麦芽(后九种等比共占 70%) <sup>[13]</sup>	2.0%
2.0% 复方二	黄芪、杜仲、金银花、柴胡、白术、黄芩、板蓝根、茯苓、枸杞子、当归(2:1:1:1:1:1:1:1:0.5:0.5)	2.0%

### 1.2 实验动物和饲养管理

在上海东海农场购回凡纳滨对虾后,用基础饲料驯养一周,随机选取健康无病,规格一致,平均体质量为(7.5 ± 0.2) g 的对虾进行实验。养殖实验在上海海洋大学滨海特种养殖场进行,共 42 d。养殖期间,日投喂量为虾体质量的 3% ~ 5%,并根据采食及天气情况作适当调整,

各网箱保持基本一致的投饲量,投饲频率为 3 次/天(06:00, 12:00 及 18:00),昼夜不间断充气,每 4 天换水 1/3,水温为 24 ~ 29 °C,淡水,溶氧 > 4.5 mg/L,氨氮 ≤ 0.15 mg/L,亚硝酸盐 ≤ 0.15 mg/L。

表 2 基础饲料组成和主要营养指标  
Tab. 2 Basal diet composition and nutrition level %

原料	含量	原料	含量
国产鱼粉	23.00	维生素预混料 <sup>a</sup>	0.15
豆粕	20.00	氯化胆碱	0.60
花生粕	10.00	蜕壳素	0.10
肉骨粉	5.00	安定 C <sup>b</sup>	0.10
鲑鱼内脏粉	5.00	氯化钾	0.50
啤酒酵母	3.00	总计	100.00
面粉	26.55	成分分析	
鱼油	2.00	水分	6.8
磷酸二氢钙	2.00	灰分 <sup>c</sup>	11.5
大豆磷脂	1.50	粗蛋白质 <sup>c</sup>	39.0
微量矿物预混料 <sup>a</sup>	0.50	粗脂肪 <sup>c</sup>	6.6

注:a. 微量矿物预混料、维生素预混料参照 XIE 等<sup>[14]</sup>; b. 1 kg 安定 C 含有 150 g 维生素 C; c. 灰分、粗蛋白、粗脂肪均为干物质含量。

### 1.3 测定指标和方法

#### 1.3.1 生长性能

养殖结束并饥饿对虾 24 h 后,各网箱称重计数,计算以下指标:

$$R_{WG} = 100 \times (W_1 - W_0) / W_0 \quad (1)$$

$$F_{CR} = F_T / (W_1 - W_0 + W_D) \quad (2)$$

$$R_S = 100 \times N_S / N_T \quad (3)$$

式中: $R_{WG}$ 为增重率(%); $F_{CR}$ 为饲料系数; $R_S$ 为成活率(%); $W_0$ 为初体重(g); $W_1$ 为末体重(g); $W_D$ 为死虾体重; $F_T$ 为摄食量(g); $N_S$ 为成活尾数; $N_T$ 为总尾数。

#### 1.3.2 血淋巴非特异性免疫指标

养殖结束并饥饿对虾 24 h 后,各网箱取对虾 5 尾,于其头胸甲后插入围心腔取血淋巴(10% 草酸钠做抗凝剂),5 000 r/min 离心 10 min,取上清液于 -80 °C 冷冻备用,测定以下指标。

酚氧化酶(PO)参照 ASHIDA<sup>[15]</sup>的方法后进行,碱性磷酸酶(ALP)采用 AMP 缓冲液法(迈瑞),溶菌酶(LSZ)采用比浊法(南京建成),丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸(TBA)法(南京建成),超氧化物歧化酶(SOD)采用羟胺法(南京建成)。

#### 1.3.3 肌肉成分与组织蛋白酶

养殖结束并饥饿对虾 24 h 后,各网箱取对虾

5 尾,采集肝胰腺、胃、全肠(饥饿 24 h 后,肠内已无内容物)及肌肉, -80 °C 冷冻备用,测定以下指标。

肌肉水分采用 105 °C 烘干法(GB 6435—86),粗蛋白采用凯氏定氮法(GB/T 6432—94),灰分采用 550 °C 灼烧法(GB/T 6438—92),粗脂肪采用氯仿-甲醇法,肌肉胶原蛋白采用酸式羟脯氨酸法(南京建成)。组织蛋白酶采用福林-酚法,在 40 °C 下每分钟水解酪蛋白产生 1 微克酪氨酸,定义为 1 个蛋白酶活力单位(U/g)。

### 1.3.4 攻毒实验

养殖结束后,每网箱取对虾 10 尾,注射 30  $\mu$ L 溶藻弧菌液(750 nm 吸光度为 1.142,菌液浓度约  $10^7$  cfu/mL,菌液来至农业部渔业动植物病原库)于虾腹尾交接处,统计 96 h 的死亡尾数及

死亡率。

## 1.4 数据分析

实验数据用平均值  $\pm$  标准差(mean  $\pm$  SD)表示,并用 SPSS 17.0 软件对数据进行单因素方差统计分析,组间差异采用 Duncan 氏多重比较,显著水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长性能

由表 3 可知,各处理组存活率无显著性差异( $P > 0.05$ ),添加中草药各组增重率、饲料系数较对照组在数值上均有改善,其中 2.0% 杜仲三黄组(145.3%)、1.0% 三黄组(143.8%)增重率较对照组(124.5%)显著提高,饲料系数显著降低( $P < 0.05$ )。

表 3 中草药对凡纳滨对虾生长性能的影响

Tab. 3 Effects of dietary Chinese medicinal herb on growth performance of white shrimp

指标	对照组	1.0% 三黄组	2.0% 三黄组	2.0% 杜仲三黄组	2.0% 复方一	2.0% 复方二
初均重/g	7.5 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.1	7.5 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.2
末均重/g	16.9 $\pm$ 1.0	18.7 $\pm$ 0.3	18.4 $\pm$ 1.0	18.9 $\pm$ 0.8	17.7 $\pm$ 0.5	17.4 $\pm$ 0.9
增重率/%	124.5 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	143.8 $\pm$ 5.6 <sup>bc</sup>	140.0 $\pm$ 2.5 <sup>abc</sup>	145.3 $\pm$ 1.7 <sup>c</sup>	133.6 $\pm$ 6.8 <sup>abc</sup>	131.2 $\pm$ 12.6 <sup>ab</sup>
饲料系数	1.46 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	1.26 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.30 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>	1.25 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	1.36 $\pm$ 0.07 <sup>ab</sup>	1.42 $\pm$ 0.12 <sup>ab</sup>
存活率/%	99.2 $\pm$ 1.0	97.5 $\pm$ 0.0	98.3 $\pm$ 1.4	96.3 $\pm$ 1.8	98.8 $\pm$ 1.8	98.8 $\pm$ 1.8

注:同一行中平均数上标具不同字母者表示显著差异( $P < 0.05$ ),下同。

### 2.2 血淋巴非特异性免疫

由表 4 可知,2.0% 三黄组、2.0% 复方一、2.0% 复方二 MDA 含量较对照组显著降低,而

LSZ 活性较对照组显著提高( $P < 0.05$ );此外,2.0% 杜仲三黄组 ALP、PO 活性,2.0% 复方二 SOD、PO 活性均较对照组显著增加( $P < 0.05$ )。

表 4 中草药对凡纳滨对虾血淋巴免疫指标的影响

Tab. 4 Effects of dietary Chinese medicinal herb on hemolymph immune index of white shrimp

指标	对照组	1.0% 三黄组	2.0% 三黄组	2.0% 杜仲三黄组	2.0% 复方一	2.0% 复方二
超氧化物歧化酶/(U/mL)	51.63 $\pm$ 8.98 <sup>a</sup>	58.78 $\pm$ 9.68 <sup>ab</sup>	60.31 $\pm$ 6.96 <sup>ab</sup>	53.39 $\pm$ 7.27 <sup>ab</sup>	58.84 $\pm$ 8.58 <sup>ab</sup>	64.68 $\pm$ 2.27 <sup>b</sup>
溶菌酶/(U/mL)	18.61 $\pm$ 0.89 <sup>a</sup>	20.67 $\pm$ 2.71 <sup>ab</sup>	25.10 $\pm$ 4.03 <sup>b</sup>	21.71 $\pm$ 1.14 <sup>ab</sup>	25.69 $\pm$ 6.01 <sup>b</sup>	24.95 $\pm$ 4.60 <sup>b</sup>
丙二醛/(nmol/mL)	19.98 $\pm$ 5.18 <sup>b</sup>	19.38 $\pm$ 1.77 <sup>b</sup>	14.68 $\pm$ 3.12 <sup>a</sup>	19.41 $\pm$ 3.42 <sup>b</sup>	13.62 $\pm$ 1.42 <sup>a</sup>	15.44 $\pm$ 3.35 <sup>a</sup>
碱性磷酸酶/(U/L)	138.20 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>	137.70 $\pm$ 5.81 <sup>a</sup>	143.40 $\pm$ 2.08 <sup>ab</sup>	155.80 $\pm$ 7.92 <sup>b</sup>	141.90 $\pm$ 12.02 <sup>a</sup>	147.30 $\pm$ 9.76 <sup>ab</sup>
酚氧化酶/(U/mL)	62.25 $\pm$ 12.69 <sup>a</sup>	68.66 $\pm$ 14.52 <sup>ab</sup>	74.48 $\pm$ 11.49 <sup>ab</sup>	82.54 $\pm$ 17.82 <sup>b</sup>	77.40 $\pm$ 18.15 <sup>ab</sup>	80.03 $\pm$ 12.04 <sup>b</sup>

### 2.3 蛋白酶活性

由表 5 可知,1.0% 三黄组、2.0% 杜仲三黄组肠蛋白酶活性分别较对照组提高 387.0 U/g、392.0 U/g( $P < 0.10$ );2.0% 复方二组胃蛋白酶活性较对照组显著提高( $P < 0.05$ );各组肝胰腺蛋白酶活性无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 2.4 肌肉成分

由表 6 可知,2.0% 杜仲三黄组肌肉胶原蛋白含量最高(0.30%),较对照组提高 42.86% ( $P < 0.05$ );1.0% 三黄组的肌肉水分、粗蛋白质含量较对照组显著提高( $P < 0.05$ );各处理组在肌肉粗脂肪、粗灰分含量方面无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 5 中草药对凡纳滨对虾肝胰腺、肠和胃蛋白酶的影响

Tab. 5 Effects of dietary Chinese medicinal herb on digestive protease in hepatopancreas, intestines and stomach of white shrimp

指标	对照组	1.0% 三黄组	2.0% 三黄组	2.0% 杜仲三黄组	2.0% 复方一	2.0% 复方二
肝胰腺蛋白酶	4 318.4 ± 152.4	5 022.9 ± 110.3	5 667.7 ± 692.1	5 710.1 ± 1 007.6	5 166.2 ± 1 474.7	5 623.9 ± 726.1
胃蛋白酶	176.3 ± 28.8 <sup>ab</sup>	129.9 ± 17.1 <sup>a</sup>	172.9 ± 38.3 <sup>ab</sup>	178.8 ± 56.1 <sup>ab</sup>	196.1 ± 15.0 <sup>bc</sup>	235.0 ± 56.1 <sup>c</sup>
肠蛋白酶	1 050.8 ± 163.2 <sup>ab</sup>	1 437.8 ± 251.6 <sup>b</sup>	1 277.6 ± 50.7 <sup>ab</sup>	1 442.8 ± 267.4 <sup>b</sup>	1 215.9 ± 171.7 <sup>ab</sup>	907.5 ± 56.1 <sup>a</sup>

表 6 中草药对凡纳滨对虾肌肉成分的影响

Tab. 6 Effects of Chinese medicinal herb on muscle composition of white shrimp

指标	对照组	1.0% 三黄组	2.0% 三黄组	2.0% 杜仲三黄组	2.0% 复方一	2.0% 复方二
水分	75.57 ± 0.08 <sup>b</sup>	75.35 ± 0.08 <sup>a</sup>	75.64 ± 0.03 <sup>b</sup>	75.51 ± 0.07 <sup>b</sup>	75.28 ± 0.09 <sup>a</sup>	75.36 ± 0.08 <sup>a</sup>
灰分	1.44 ± 0.07	1.39 ± 0.01	1.36 ± 0.01	1.34 ± 0.01	1.38 ± 0.01	1.35 ± 0.01
粗脂肪	1.24 ± 0.07	1.24 ± 0.13	1.20 ± 0.13	1.22 ± 0.14	1.23 ± 0.18	1.17 ± 0.09
粗蛋白	21.73 ± 0.15 <sup>a</sup>	22.39 ± 0.08 <sup>b</sup>	21.83 ± 0.78 <sup>ab</sup>	21.31 ± 0.07 <sup>a</sup>	21.42 ± 0.15 <sup>a</sup>	21.33 ± 0.20 <sup>a</sup>
胶原蛋白	0.21 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.30 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.23 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.06 <sup>ab</sup>

## 2.5 攻毒死亡率

肌肉注射溶藻弧菌 96 h 后,各组死亡率见表 7。各中草药添加组的攻毒后死亡率均较对照组

降低,其中 1.0% 三黄组、2.0% 杜仲三黄组的死亡率较对照组分别降低了 46.7% ( $P < 0.05$ )、33.3% ( $P < 0.10$ )。

表 7 中草药对凡纳滨对虾溶藻弧菌攻毒后死亡率的影响

Tab. 7 Effects of dietary Chinese medicinal herb on death rate of white shrimp after being challenged by *Vibrio alginolyticus*

指标	对照组	1.0% 三黄组	2.0% 三黄组	2.0% 杜仲三黄组	2.0% 复方一	2.0% 复方二
攻毒死亡率/%	75.0 ± 7.1 <sup>b</sup>	40.0 ± 17.3 <sup>a</sup>	56.7 ± 11.5 <sup>ab</sup>	50.0 ± 16.3 <sup>ab</sup>	65.0 ± 7.1 <sup>ab</sup>	55.0 ± 7.1 <sup>ab</sup>

## 3 讨论

### 3.1 中草药对凡纳滨对虾生长的影响

在凡纳滨对虾饲料中添加 0.2%、0.8% 黄芪、板蓝根等复方中草药,虾体增重率较对照组显著提高了 10.80%、15.06%<sup>[3]</sup>;在饲料中添加 2.0% 玄参、薏苡仁等复方中草药饲喂中国明对虾,改善了饲料表观消化率,显著提高了虾体特定生长率<sup>[16]</sup>;在饲料中添加 0.1%、0.2% 大黄蒽类提取物,促进了罗氏沼虾生长,降低了饲料系数<sup>[4]</sup>;用含姜油酮 1、2.5、5 mg/kg 饲料饲喂凡纳滨对虾,显著促进了虾体生长<sup>[17]</sup>。不同中草药的添加剂量不同,其作用效果与养殖品种、养殖对象大小及基础饲料组成等有关。本实验中所配中草药以三黄为主要成分,各添加组较对照组增重率均有所改善,其中添加 2.0% 杜仲三黄、1.0% 三黄,显著提高了凡纳滨对虾增重率,降低了饲料系数。可见中草药有促进凡纳滨对虾生

长的作用,其机理可能是中草药含有抗菌、滋补等活性成分,可调节肠道菌群平衡,提高饲料利用率,从而促进虾体生长。如,黄芪含黄酮、多糖、皂甙、氨基酸、亚油酸、生物碱、胆碱等成分<sup>[10]</sup>;黄芩含有黄酮、黄酮醇、苯乙醇糖甙、挥发油及葡萄糖等成分<sup>[11]</sup>;大黄含有大黄酸、大黄素和大黄酚等蒽醌类衍生物<sup>[18]</sup>。以 10 mg/kg 黄芩黄酮添加到爱拔益加肉仔鸡饲料中,可提高其体增重<sup>[19]</sup>。在克氏原螯虾料中添加 0.40% ~ 0.80% 黄芪多糖,可促进蛋白合成,提高其生长率<sup>[20]</sup>。用含 1.0% ~ 2.0% 大黄蒽醌提取物的饲料饲喂建鲤,可提高鱼体增重率、饲料转化率,改善肠道菌群平衡<sup>[21]</sup>。本实验中,在 2.0% 三黄组,未能观察到虾体生长性能的进一步改善,可能与三黄添加量过高影响了饲料适口性有关。

### 3.2 中草药对凡纳滨对虾非特异性免疫力的影响

在凡纳滨对虾饲料中添加 0.2% 黄芪、板蓝

根等复方中草药,可提高虾体非特异性免疫酶活性<sup>[22]</sup>;在罗氏沼虾的研究中,在饲料中添加 0.05%~0.20% 大黄蒽醌类提取物,可提高血淋巴溶菌酶、碱性磷酸酶、超氧化物歧化酶活性<sup>[4]</sup>,添加 0.1%、0.2% 大黄蒽醌类提取物可显著提高肝胰腺 HSP 70 mRNA 的含量<sup>[23]</sup>,添加 1% 黄芩、黄芪、大黄等复方中草药,可显著提高溶菌酶、酚氧化酶活力,提高对嗜水气单胞菌攻毒后的免疫保护率<sup>[5]</sup>;以含 0.5% 黄芪多糖(含量 40%)的饲料饲喂鲤,也改善了其机体非特异免疫性能<sup>[24]</sup>。中草药改善机体非特异免疫性能的机理与其活性成分调节免疫因子的释放和细胞的吞噬能力有关。以含 4% 黄芪等复方中草药的饲料饲喂草鱼,血清溶菌酶、超氧化物歧化酶活性显著提高,吞噬细胞吞噬能力显著增强,嗜水气单胞菌攻毒免疫保护力显著提高<sup>[25]</sup>。本实验中,2.0% 杜仲三黄组 ALP、PO 免疫酶活性显著改善,1.0% 三黄组( $P < 0.05$ )溶藻弧菌攻毒死亡率显著降低,可能与其含有的绿原酸、黄酮、多糖等活性成分有关;而 2.0% 三黄组、2.0% 杜仲三黄组较对照组无显著影响,可能中草药剂量达 2.0% 后对非特异性免疫起了抑制作用,具体原因有待进一步研究。

### 3.3 中草药对凡纳滨对虾肌肉成分及蛋白酶活性的影响

用黄芪、当归、陈皮、金银花、板蓝根和连翘六味中草药粉碎后饲喂凡纳滨对虾,提高了肌肉鲜味氨基酸(天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)含量<sup>[26]</sup>;肉鸡摄食含 1.0% 金银花、何首乌、山楂、白术、泽泻、柴胡等复方中草药的饲料后,肌肉系水力、嫩度、色度显著提高<sup>[27]</sup>;仔猪摄食含 2.0% 金银花、黄芪、何首乌、陈皮、麦芽、山楂等为主要成分的复方中草药饲料后,肌肉大理石纹评分、眼肌面积均较抗生素(土霉素 100 mg/kg 饲料)组显著改善<sup>[28]</sup>。本实验表明,2.0% 杜仲三黄组肌肉胶原蛋白含量较对照组显著提高( $P < 0.05$ ),可能与该复方中含杜仲有关。已有研究表明,杜仲叶饲喂草鱼可提肌肉高胶原蛋白含量<sup>[29]</sup>,而胶原与肌肉硬度、品质密切相关。

在饲料中添加 1.0% 大黄、柴胡等复方中草药饲喂石斑鱼<sup>[30]</sup>,添加 1%、2%、4% 玄参、薏苡仁等复方中草药<sup>[31]</sup>,0.4% 黄芪、板蓝根等复方中草药<sup>[3]</sup>饲喂凡纳滨对虾,均显著提高了肝胰腺蛋

白酶、肠蛋白酶活性。本实验中,1.0% 三黄组、2.0% 杜仲三黄组肠蛋白酶活性有提高趋势。中草药促进蛋白酶活性,可能与其含有机酸、芳香油活性成分,能促进消化液分泌有关,具体机理还待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] MARTINEZ J L. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants [J]. *Environmental Pollution*, 2009, 157 (11): 2893–2902.
- [2] LIN Z H, LI J Z, CHEN Q Y. Effect of dietary traditional Chinese medicines on apparent digestibility coefficients of nutrients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone [J]. *Aquaculture*, 2006, 253 (1): 495–501.
- [3] 文国樑,林黑着,李卓佳,等. 饲料中添加复方中草药对凡纳滨对虾生长、消化酶和免疫相关酶活性的影响 [J]. *南方水产科学*, 2012, 8(2): 58–63.
- [4] LIU B, GE X P, HE Y H. Effects of anthraquinones extracted from *Rheum officinale* Bail on the growth, non-specific immune response of *Macrobrachium rosenbergii* [J]. *Aquaculture*, 2010, 310 (1): 13–19.
- [5] 张耀武,陈万光,李文辉,等. 复方中草药制剂对罗氏沼虾生长和非特异性免疫功能的影响 [J]. *淡水渔业*, 2008, 38 (6): 42–45.
- [6] BALASUBRAMANIAN G, SARATHI M, VENKATESAN C, et al. Oral administration of antiviral plant extract of *Cynodon dactylon* on a large scale production against White spot syndrome virus (WSSV) in *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture*, 2008, 279 (1/4): 2–5.
- [7] CITARASU T, SIVARAM V, IMMANUEL G, et al. Influence of selected Indian immunostimulant herbs against white spot syndrome virus (WSSV) infection in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* with reference to haematological, biochemical and immunological changes [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2006, 21 (4): 372–384.
- [8] 刘丽平,薛晖,周刚. 复方中草药对中华绒螯蟹免疫因子的影响 [J]. *南京师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 31 (1): 109–113.
- [9] 李欣,刘严,朱文学,等. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33 (10): 378–382.
- [10] 索贞,任敏,周好田. 黄芪的化学成分及现代药理 [J]. *现代医院*, 2005, 5 (9): 85–86.
- [11] 迟戈夫,丁丽,常丽敏. 目前国内黄芩药理研究进展 [J]. *内蒙古民族大学学报: 自然科学版*, 2005, 20 (2): 207–209.
- [12] 马迪,唐阁. 大黄免疫功能的研究进展 [J]. *中医药学刊*, 2006, 24 (8): 1505–1507.
- [13] 郭文婷,李健. 中草药制剂对凡纳滨对虾生长及血淋巴中免疫因子的影响 [J]. *饲料工业*, 2005, 26 (6): 6–10.
- [14] XIE F J, ZENG W P, ZHOU Q C, et al. Dietary lysine

- requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2012, 358/359: 117 - 118.
- [15] ASHIDA M. Purification and characterization of pre-phenoloxidase from hemolymph of the silkworm *Bombyx mori* [J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1971, 144(2): 749 - 762.
- [16] 叶建生. 中草药制剂对中国明对虾幼虾生长及表观消化率的影响[J]. *湖南农业科学*, 2012(11): 113 - 115.
- [17] CHANG Y P, LIU C H, WU C C, et al. Dietary administration of zingerone to enhance growth, non-specific immune response, and resistance to *Vibrio alginolyticus* in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2012, 32(2): 284 - 290.
- [18] 唐铭坚, 谭礼萍, 刘争红, 等. 大黄的药理活性研究进展 [J]. *中国热带医学*, 2012, 12(7): 886 - 889.
- [19] 梁英, 任成财, 姜宁, 等. 黄芩黄酮对肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(8): 1409 - 1414.
- [20] 洪徐鹏, 夏思瑶, 唐嘉苒, 等. 黄芪多糖对克氏原螯虾生长和非特异性免疫指标的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2013, 22(4): 571 - 576.
- [21] 刘波, 葛鹏彪, 周群兰, 等. 大黄蒽醌提取物对饲养建鲤生长的影响[J]. *动物学杂志*, 2007, 42(5): 141 - 148.
- [22] 林黑着, 李卓佳, 陆鑫, 等. 复方中草药饲喂时间对凡纳滨对虾消化和免疫酶活性的影响[J]. *饲料工业*, 2011, 32(2): 11 - 14.
- [23] 刘波, 明俊超, 谢骏, 等. 大黄蒽醌提取物对罗氏沼虾高温下抗氧化能力与热应激蛋白 70 基因表达的影响[J]. *水产学报*, 2010, 34(6): 972 - 980.
- [24] YIN G J, ARDO L, THOMPSON K D, et al. Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Ganoderma lucidum*) enhance immune response of carp, *Cyprinus carpio*, and protection against *Aeromonas hydrophila* [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2009, 26(1): 140 - 145.
- [25] 李超, 张其中, 杨莹莹, 等. 不同剂量复方中草药免疫增强剂对草鱼生长性能和免疫功能的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(4): 534 - 540.
- [26] 汤菊芬, 陆志款, 彭卫正, 等. 复方中草药对凡纳滨对虾生长、肌肉营养成分和抗病力的影响[J]. *饲料工业*, 2008, 29(20): 23 - 26.
- [27] 李宁川, 金美东, 王金玉. 复方中草药对京海黄鸡生产性能和肉品质的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(7): 119 - 122.
- [28] 徐小波, 胡荣, 瞿永前. 中草药添加剂对猪育肥性能和肉质的影响[J]. *江苏农业学报*, 2012, 28(3): 571 - 574.
- [29] 冷向军, 孟晓林, 李家乐, 等. 杜仲叶对草鱼生长、血清非特异性免疫指标和肉质影响的初步研究[J]. *水产学报*, 2008, 32(3): 434 - 440.
- [30] 孔江红, 刘襄河, 谢钦铭. 复方中草药对斜带石斑鱼生长性能及消化酶活性的影响[J]. *饲料工业*, 2011, 32(14): 30 - 33.
- [31] 叶建生, 马牲, 王兴强, 等. 中草药制剂对凡纳滨对虾生长和消化酶活性的影响[J]. *中国海洋大学学报*, 2007, 7(37): 151 - 154.

## Effect of Chinese medicine herb on growth, hemolymph non-specific immunity and muscle composition of *Litopenaeus vannamei*

LIU Bo<sup>1</sup>, LENG Xiang-jun<sup>1,2</sup>, LI Xiao-qin<sup>1,2</sup>, CHAI Xian-qi<sup>1</sup>, LI Nai-shun<sup>1</sup>

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In the present study, Chinese medicine herbs were formulated and supplemented in diets to feed *Litopenaeus vannamei* to evaluate the effects on growth, digestive protease activities, hemolymph nonspecific immunity, and muscle composition of shrimp. Six diets were prepared, including basal diet, basal diet added with 1.0% ARR (1/3 *Leguminosae*, 1/3 *Radix scutellariae*, 1/3 *Rheum palmatum* L.), 2.0% ARR, 2.0% EARR (1/2 *Eucommia ulmoides* + 1/2 ARR), 2.0% compound A (including *Leguminosae*, *Epimedium sagittatum*, *Radix scutellariae*, *Rheum palmatum* L., etc.) and 2.0% compound B (including *Leguminosae*, *Eucommia ulmoides*, Honeysuckle flower, *Atractylodes macrocephala*, etc.). Shrimps with average body weight of (7.5 ± 0.2) g were fed the six diets for 42 days. Results showed that all groups presented high survival rates (above 96.3%) and there were no significant differences among groups ( $P < 0.05$ ). Shrimp fed diet with addition of 2.0% EAAR (145.3%, 1.25), 1.0% AAR (143.8%, 1.26) had significantly higher weight gain and significantly lower FCR than shrimp fed control diet (124.5%, 1.46),  $P < 0.05$ . Compared with control group, hemolymph non-specific immunity indexes were improved by the addition of herbs at varying degree, and 2.0% EARR group had significantly higher activities of hemolymph ALP and PO than those of control group. The death rate of shrimp at 96 h after being challenged by *Vibrio alginolyticus* decreased by the addition of 1.0% ARR ( $P < 0.05$ ) in diet compared with control group. Shrimp of 2.0% EARR group had the highest muscle collagen content (0.30%), and was 42.86% higher than that of control group ( $P < 0.05$ ). Results above showed that the addition of 2.0% EARR and 1.0% ARR in diet of white shrimp could improve WGR, reduce FCR, and the addition of 1.0% ARR could enhance resistance against infection with *Vibrio alginolyticus*, and the addition of 2.0% EARR could significantly improve muscle collagen content.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; growth; Chinese medicine herb; non-specific immunity; muscle composition