

文章编号: 1000-0615(2007)04-0496-08

## 不同营养供给模式对中华绒螯蟹生长 及肝胰腺白化症发病率的影响

宋学宏<sup>1</sup>, 杨彩根<sup>1</sup>, 程建新<sup>2</sup>, 沈振华<sup>2</sup>, 吴林坤<sup>2</sup>, 蔡春芳<sup>1</sup>, 贡成良<sup>1</sup>

(1. 苏州大学生命科学学院, 江苏 苏州 215123;

2. 江苏省太湖渔业管理委员会, 江苏 苏州 215004)

**摘要:**采用正交设计法  $L_9(3^4)$  将水体水草覆盖率、活螺蛳投放量、饵料中动物性饵料比例、投饵方式等 4 个因子设计成 9 种不同营养供给模式, 对中华绒螯蟹生长指标及其肝胰腺白化症发病率进行比较研究。每个模式设 3 个重复, 以 540 只初始体重为每只  $(9.67 \pm 0.47)$  g 的二龄中华绒螯蟹为实验对象, 在东太湖中华绒螯蟹围养区的 27 个独立网围 ( $6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ) 中进行为期 240 d 的养殖实验。结果表明, 不同的营养供给模式显著影响中华绒螯蟹生长及其肝胰腺白化症发病率, 其中模式 4 的养殖效果最好, 肝胰腺白化症发病率最低。方差分析结果显示, 4 个因子对中华绒螯蟹生长及其肝胰腺白化症发病率影响作用顺序为: 水草覆盖率 > 动物性饵料比例 > 投饵方式 > 螺蛳投放量。将 4 个因子与养殖蟹肝胰腺白化症发病率、增重倍数、肥满度、回捕率、饵料系数等参数进行回归分析, 表明水体水草覆盖率、饵料中动物性饵料比例、投饵方式等因子与中华绒螯蟹肝胰腺白化症发病率及生长指标关系密切, 得出中华绒螯蟹养殖较适宜的营养供给模式为: 水草覆盖率为 73.95%、动物性饵料比例为 56.15% ~ 62.22%、投饵方式为全程投喂 7.5% ~ 5.0%、螺蛳投放量为  $5578.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 生长; 营养供给模式; 肝胰腺白化症

**中图分类号:** S 945

**文献标识码:** A

## Effects of different feeding models on growth of Chinese mitten crabs and their relation to its incidence of hepatopancreas albinism

SONG Xue-hong<sup>1</sup>, YANG Cai-gen<sup>1</sup>, CHENG Jian-xin<sup>2</sup>, SHEN Zhen-hua<sup>2</sup>,

WU Lin-kun<sup>2</sup>, CAI Chun-fang<sup>1</sup>, GONG Cheng-liang<sup>1</sup>

(1. School of Life Sciences, Suzhou University, Suzhou 215123, China;

2. Taihu Lake Fisheries Management Committee Jiangsu Province, Suzhou 215004, China)

**Abstract:** The orthogonal design method of table  $L_9(3^4)$  was adopted to construct nine different feeding models for Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) based on four factors, that is, the coverage of aquatic plants, the input of live snail, the ratio of animal based feed to total feed and different feed casting patterns, and their three

收稿日期: 2006-11-01

资助项目: 国家农业科技跨越计划项目“优质河蟹标准化生产体系示范”; 江苏省社会发展项目(BS2006021); 苏州市农业科技招标项目(ZN0308)

作者简介: 宋学宏(1963-), 女, 江苏南通人, 理学学士, 副教授, 主要从事水产动物疾病学教学与科研。Tel: 0512-65880178; E-mail: xuehongsong0943@sina.com

通讯作者: 贡成良, Tel: 0512-65880183, E-mail: clgong@hotmail.com

levels. 540 two-year old Chinese mitten crabs with initial body weight of  $(9.67 \pm 0.47)$  g were fed in 27 separate pens ( $6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ) in the raising areas of east Taihu Lake for 240 days following these feeding models with three replicates, and the effects of these feeding models on growth of Chinese mitten crab and their relation to its incidence of hepatopancreas albinism were comparatively analyzed. The results showed that different feeding models exerted significant effects on its growth and hepatopancreas albinism incidence. Among these feeding models, model IV produced the best raising results and brought the lowest incidence. The results from variance analysis indicated that the effects of the four factors on growth and albinism incidence were listed in the order of importance as: the coverage of aquatic plants > the ratio of animal based feed to total feed > the feed casting patterns > the input of live snail. A statistical regression analysis was conducted based on the four factors, together with parameters of albinism incidence, weight gain, fullness, capture rate, and feed conversion efficiency. The results confirmed that the coverage of aquatic plants, the ratio of animal based feed to total feed, and the feed casting patterns had close relations to the albinism incidence and growth of Chinese mitten crabs. It is suggested that the feeding model suitable for the raising of Chinese mitten crabs be characterized as follows: the coverage of aquatic plants was 73.95%, the animal based feed accounted for 56.15% – 62.22% of total, the feed was given during whole growth and developmental stages and in the amount of 7.5% – 5.0% of the crab weight, the amount of live snail input was  $5578.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ .

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; growth; feeding model; hepatopancreas albinism

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 是中国主要的水产经济养殖动物,江苏是中华绒螯蟹主要养殖区,苗种和成蟹生产占全国的一半以上,中华绒螯蟹养殖已成为当地农业的支柱产业。但是,从 2001 年起,太湖地区暴发了渔民称之为“白膏症”的中华绒螯蟹肝胰腺白化症,养殖者遭受巨大的经济损失。发病以雄性蟹为主,发病蟹肥满度显著低于健康雄蟹,病蟹在运输途中死亡率高。主要症状出现在蟹的肝胰腺,病蟹肝由正常的橘黄色变成淡黄或白色,肌肉松弛萎缩,病蟹胸腔积水,后期并发黑鳃病。自 2003 年开始,本课题组分别从流行病学、病理学、病原学以及水环境化学、生物因子等方面开展了全面、深入的调查研究,分析中华绒螯蟹肝胰腺白化症的发病诱因。研究发现,不良营养供给模式造成中华绒螯蟹营养不均衡、养殖水体环境胁迫等因素可能与肝胰腺白化症的发生有着密切的关系<sup>①</sup>。

本研究在全面调查的基础上,将水体水草覆盖率、活螺蛳的投放量、饵料中动物性饵料比例、投饵方式等 4 个可能引起中华绒螯蟹肝胰腺白化症的重要因子作为研究对象,进行正交试验,进一步探索中华绒螯蟹肝胰腺白化症的发病机理,为

制定科学的防治策略提供科学的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验地点

实验地点设在东太湖养殖区 8 区,该区常年平均水深为 1.17 m,换水周期约为 10 d。建造 27 个网围,东西向排列,规格为  $6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ,竹竿、铁丝、网片、石龙等构成;采用双层网片围隔,外层网衣用常规养蟹用的 9 股 7 号网,内层采用聚乙烯无结密眼网(60 目),使网围与外湖间可以进行水交换,但浮游生物很难通过,使养殖试验在半封闭的条件下进行。

### 1.2 实验方法和时间

按正交设计表  $L_9(3^4)$  将水体水草覆盖率、活螺蛳的投放量、饵料中动物性饵料比例、投饵方式等 4 个因子设计成 9 种不同的营养供给模式(表 1),每个模式设 3 个重复。种植的水草在 2 月份从外湖引进,选择蟹喜食又容易获得的品种:金鱼藻、聚草、伊乐藻,植株间距为 40 ~ 50 cm,种植面积的 3 个水平分别为网围的面积 的 70%、30%、0;在 3 月初投放活螺蛳,投放量 3 个水平分别为  $9\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、0;饵料中动物性

① 宋学宏,程建新,朱茂晓,等. 中华绒螯蟹肝胰腺白化症的病因研究,2006.

饵料比例水平分别为 100%、50%、0,其中动物性饵料为冰鲜海水鱼及少量新鲜淡水鱼,植物性饵料中玉米占 60%、小麦占 40%;投饵方式的 3 个水平为:①全程投喂,5 月底前投喂量均为体重的 7.5%,6 月后投喂体重的 5.0%。②全程投喂,投喂量均为体重的 5.0%。③5 月至 9 月中旬投喂,

投喂量均为体重的 5.0%。挑选体质健壮、体重每只(9.67 ± 0.47) g 的 540 只二龄蟹种进行实验,放养量为 6675 ind·hm<sup>-2</sup>(即网围 20 只),蟹种随机放入网围。饵料投喂每天 2 次,上午投 30%,下午 4~5 时为 70%。试验从 3 月 20 日开始,至 11 月 20 日结束(240 d)。

表 1 中华绒螯蟹饲养正交试验方案 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)

Tab.1 The orthogonal experimental design L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) for raising Chinese mitten crabs

模式 model	水草覆盖率(%) coverage of aquatic plants	螺蛳投放量(kg·hm <sup>-2</sup> ) input of live snail	动物性饵料比例(%) ratio of animal based feed to total feed	投喂方式 feed casting patterns
1	70	9000	0	5%,全程投
2	30	9000	100	5月底前为 7.5%,6月开始为 5.0%,全程投
3	0	9000	50	5.0%,5-9月投
4	70	4500	50	5月底前为 7.5%,6月开始为 5.0%,全程投
5	30	4500	0	5.0%,5-9月投
6	0	4500	100	5.0%,全程投
7	70	0	100	5.0%,5-9月投
8	30	0	50	5.0%,全程投
9	0	0	0	5月底前为 7.5%,6月开始为 5.0%,全程投

### 1.3 样品采集与处理

养殖结束后,用地笼网捕获成蟹,游标卡尺测量蟹体长和体宽,电子天平称重,记录起捕数量、性别,并解剖检查中华绒螯蟹肝胰腺白化症的发病情况。

### 1.4 数据处理和统计分析

$$\text{肥满度}(\%) = W_i \times 100 \times L^{-3}$$

$$\text{回捕率}(\%) = N_i \times N_0^{-1} \times 100$$

$$\text{饵料系数} = F \cdot (W_i - W_0)^{-1}$$

式中:W<sub>i</sub>为收获时中华绒螯蟹体重,g;W<sub>0</sub>为放养时中华绒螯蟹体重,g;L为体长,cm;F为投入饵料量,g;N<sub>i</sub>为收获时的中华绒螯蟹数量,N<sub>0</sub>为放养量。

采用 SPSS13.0 for Windows 软件<sup>[1]</sup>对所得数据进行方差分析,若差异达显著,进行 Duncan 氏多重比较,显著性水平为 P < 0.05。用一次、二次模型拟合水草覆盖率、动物性饵料比例、螺蛳投放量与中华绒螯蟹肝胰腺白化症发病率、生长指标之间的相关关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同营养供给模式对中华绒螯蟹生长的影响

试验中各个模式的养殖蟹为 60 只(20 只 × 3 个重复),为期 240 d 的试验结果表明

(表 2),模式 4 中华绒螯蟹生长效果最好,即当水体水草覆盖率为 70%、活螺蛳的投放量为 4 500 kg·hm<sup>-2</sup>、动物性饵料为 50%、饵料投喂方式为 5 月前投喂量均为体重的 7.5%,6 月后到起捕为止投喂体重的 5.0%时,中华绒螯蟹的增重倍数、回捕率、雌雄蟹的肥满度均达到最高值;而模式 3、5、6、9 的养殖效果较差,其中模式 6、9 的中华绒螯蟹增重倍数、肥满度最低。

对试验结果进行有重复观察值的多因子方差分析并进行多重比较(表 3)。结果显示,养殖水体水草覆盖率对中华绒螯蟹的增重倍数、肥满度、回捕率的作用极大(P < 0.01),对饵料系数的影响也达到显著水平(P < 0.05),可判定为影响中华绒螯蟹生长的主要因子,其中 70%的覆盖率为最好;动物性饵料的对比对中华绒螯蟹增重倍数、雌蟹肥满度、饵料系数的作用也达极显著水平(P < 0.01),对雄蟹肥满度的作用达显著水平(P < 0.05),但对回捕率影响不大,其作用仅次于水草覆盖率,其中动物性饵料比例以 50% ~ 100%为好;投饵方式对饵料系数的影响达极显著水平(P < 0.01),对肥满度的影响也达显著水平(P < 0.05),但对增重倍数、回捕率影响不大,综合结果是第 1 种投饵方式为好;螺蛳的投放量仅对饵料系数的作用达显著水平(P < 0.05),投放

量以  $4500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为好,对其它指标影响不大。 序为:水草覆盖率 > 动物性饵料比例 > 投饵方式  
因此,4 个因子对中华绒螯蟹养殖效果的作用顺序 > 螺蛳投放量。

表 2 不同营养供给模式对中华绒螯蟹生长的影响

Tab.2 The effects of different feeding models on growth of Chinese mitten crabs

模式 model	初始体重(g) initial body weight	终末体重(g) final body weight	增重倍数 multiple of weight gain	肥满度( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) fullness		回捕率(%) capture rate	饵料系数(FCR) feed conversion efficiency
				♂	♀		
1	9.58 ± 0.31	170.58 ± 8.3	17.85 ± 1.8 <sup>bc</sup>	60 ± 0.58 <sup>bc</sup>	49 ± 0.82 <sup>c</sup>	67.50 ± 4.17 <sup>ab</sup>	11.70 ± 1.10 <sup>d</sup>
2	9.92 ± 0.31	171.9 ± 5.9	17.37 ± 0.97 <sup>cd</sup>	60 ± 0.67 <sup>bc</sup>	49 ± 0.33 <sup>c</sup>	60.00 ± 0.00 <sup>bc</sup>	3.52 ± 0.12 <sup>ab</sup>
3	9.33 ± 0.12	156.75 ± 10.7	16.80 ± 1.7 <sup>de</sup>	58 ± 0.88 <sup>de</sup>	48 ± 0.33 <sup>cd</sup>	52.50 ± 0.00 <sup>c</sup>	6.1 ± 0.30 <sup>bc</sup>
4	9.33 ± 0.12	176.01 ± 2.3	18.86 ± 1.6 <sup>a</sup>	63 ± 0.67 <sup>a</sup>	51 ± 0.57 <sup>b</sup>	75.00 ± 4.07 <sup>a</sup>	6.16 ± 0.29 <sup>bc</sup>
5	9.83 ± 0.47	161.50 ± 3.3	16.34 ± 1.8 <sup>ef</sup>	59 ± 0.33 <sup>cd</sup>	48 ± 0.57 <sup>cd</sup>	62.50 ± 2.14 <sup>bc</sup>	8.30 ± 0.74 <sup>c</sup>
6	9.75 ± 0.41	152.40 ± 9.4	15.68 ± 0.9 <sup>f</sup>	56 ± 0.00 <sup>f</sup>	47 ± 0.33 <sup>d</sup>	62.50 ± 2.14 <sup>bc</sup>	3.64 ± 0.19 <sup>ab</sup>
7	9.75 ± 0.54	176.32 ± 3.6	18.13 ± 1.6 <sup>b</sup>	61 ± 0.00 <sup>b</sup>	53 ± 0.33 <sup>a</sup>	70.00 ± 2.13 <sup>ab</sup>	1.67 ± 0.02 <sup>a</sup>
8	10.08 ± 0.42	173.94 ± 8.9	17.32 ± 1.9 <sup>cd</sup>	59 ± 0.33 <sup>cd</sup>	48 ± 0.33 <sup>cd</sup>	62.50 ± 4.11 <sup>bc</sup>	6.74 ± 0.72 <sup>c</sup>
9	9.33 ± 0.31	147.61 ± 7.1	15.85 ± 1.9 <sup>f</sup>	57 ± 0.43 <sup>ef</sup>	47 ± 0.37 <sup>d</sup>	52.50 ± 4.11 <sup>c</sup>	17.33 ± 2.19 <sup>e</sup>

注:表格中所给数据为平均数及标准误,平均数后不同的上标表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Notes: The values given in the table are the average values and their standard errors of measured values. The superscripts behind the average values denotes significant difference ( $P < 0.05$ )

表 3 各营养因子对中华绒螯蟹生长指标的分析统计值

Tab.3 The statistical analysis for the effects of nutritional factors on growth of Chinese mitten crabs

营养因子 nutritional factors	增重倍数 multiple of weight gain	肥满度( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) fullness		回捕率(%) capture rate	饵料系数(FCR) feed conversion efficiency	
		♂	♀			
水草覆盖率(%) coverage of aquatic plants	level 70	18.28	61.2	51.0	70.83	6.511
	30	17.01	59.3	48.6	61.67	6.182
	0	16.11	56.7	47.3	55.83	9.023
	range	2.17	4.5	3.7	15.00	2.512
	better level	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
	variance analysis	P = 0.00	P = 0.00	P = 0.00	P = 0.00	P = 0.002
螺蛳投放量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) input of live snail	level 9000	17.34	59.3	48.8	60.00	7.107
	4500	16.96	59.0	48.7	66.67	6.032
	0	17.10	58.9	49.4	61.67	8.578
	range	0.38	0.4	0.6	6.67	2.546
	better level	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>
	variance analysis	P = 0.175	P = 0.591	P = 0.158	P = 0.092	P = 0.01
动物性饵料比例(%) percentage of animal based feed	level 100	17.06	59.0	49.7	64.17	2.942
	50	17.66	59.8	49.0	63.33	6.331
	0	16.68	58.4	48.2	60.83	12.443
	range	0.98	0.9	1.5	3.34	9.501
	better level	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>
	variance analysis	P = 0.00	P = 0.025	P = 0.010	P = 0.517	P = 0.00
投饵方式 feed casting patterns	level ①	17.36	59.9	49.4	62.50	9.002
	②	16.95	58.5	48.2	64.17	7.359
	③	17.09	59.1	49.2	61.67	5.356
	range	0.41	1.7	1.2	2.5	3.646
	better level	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
	variance analysis	P = 0.131	P = 0.005	P = 0.020	P = 0.697	P = 0.00
因子主次顺序 factors in the order of importance		P <sub>1</sub> A <sub>2</sub> F <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> F <sub>1</sub> A <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> A <sub>1</sub> F <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	P <sub>1</sub> S <sub>2</sub> A <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> F <sub>3</sub> P <sub>1</sub> S <sub>2</sub>

**2.2 不同营养供给模式与中华绒螯蟹肝胰腺白化症发病率的关系** 养殖实验结束后,对所收获的成蟹解剖检查,发现部分蟹出现肝胰腺白化现象,症状与近年来养殖生产中出现的肝胰腺白化症一致,但不同营养供给模式的养殖蟹发病程度明显不同(图1),其中模式4的蟹肝胰腺白化症发病率最低( $P < 0.05$ ),雄蟹为6.67%,雌蟹为零,这一结果与模式4中华绒螯蟹生长效果最好的结果相吻合;其次是模式2,其防病效果与模式4差异不显著;发病率最高的为模式6(发病率雄蟹为38.89%,雌蟹为11.11%)( $P < 0.05$ ),其次为模式9。说明不同营养供给模式对中华绒螯蟹肝胰腺白化症起直接的作用。

同样,对试验结果进行有重复观察值的多因子方差分析并进行多重比较。结果显示,4个因子与雄蟹肝胰腺白化症的发病率关系密切,其中养殖水体水草覆盖率影响极大( $P < 0.01$ ),其次

为动物性饵料比例、投饵方式( $P < 0.05$ ),影响最小的是螺蛳投放量,未达到显著性水平。而这4种因子均对雌蟹的发病率无显著影响。表4可见,4个因子对中华绒螯蟹肝胰腺白化症的影响大小顺序也为:水草覆盖率 > 动物性饵料比例 > 投饵方式 > 螺蛳投放量。

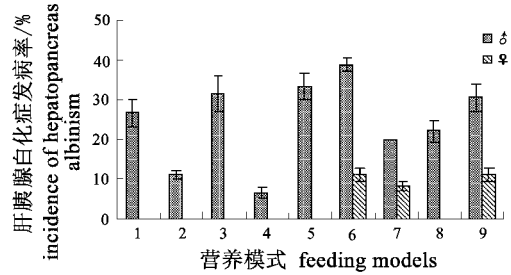


图1 不同营养供给模式对中华绒螯蟹肝胰腺白化症发病率的影响

Fig.1 The effects of different feeding models on the incidence of hepatopancreas albinism of Chinese mitten crabs

表4 各营养因子对中华绒螯蟹肝胰腺白化症影响的分析统计值  
Tab.4 The statistical analysis for the effects of nutritional factors on hepatopancreas albinism incidence of Chinese mitten crabs

营养因子 nutritional factors		肝胰腺白化率(%) incidence of hepatopancreas albinism	
		♂	♀
水草覆盖率(%) coverage of aquatic plants	level 70	17.778	2.778
	30	22.222	0
	0	33.704	7.407
	range	15.926	7.407
	better level	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
	variance analysis	P = 0.00	P = 0.326
螺蛳投放量(kg·hm <sup>-2</sup> ) input of live snail	level 9000	23.148	3.703
	4500	26.297	2.778
	0	24.260	3.703
	range	3.149	0.925
	better level	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
	variance analysis	P = 0.414	P = 0.976
动物性饵料比例(%) percentage of animal based feed	level 100	23.333	0
	50	20.186	3.703
	0	30.186	6.481
	range	10.000	6.481
	better level	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
	variance analysis	P = 0.02	P = 0.423
投饵方式 feed casting patterns	level ①	19.111	6.481
	②	29.260	0
	③	28.333	3.703
	range	9.222	6.481
	better level	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
	variance analysis	P = 0.03	P = 0.423
主次顺序 factors in the order of importance		P <sub>1</sub> A <sub>2</sub> F <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> A <sub>1</sub> F <sub>2</sub> S <sub>2</sub>

### 2.3 中华绒螯蟹养殖中较适宜的营养供给模式

在本试验范围内,4个因子与中华绒螯蟹生长指标及其肝胰腺白化症发病率有一定的相关关系。将表3、4中不同水平间差异显著的各因子与中华绒螯蟹生长指标及肝胰腺白化症发病率之间进行一次、二次模式回归发现:

中华绒螯蟹增重倍数( $Y_1$ )与水草覆盖率( $X_1$ )间呈线性关系,水草覆盖率较优水平为70%;与动物性饵料比例( $X_2$ )之间有近似于抛物线分布,回归方程为: $Y_1 = 14.872 + 2.977X_2 - 0.791X_2^2$ ,  $r = 0.3808$ ,  $p = 0.153$ ,当动物性饵料比例为56.15%时,增重倍数最高。

中华绒螯蟹肥满度( $Y_2$ )与水草覆盖率( $X_1$ )间呈线性关系,水草覆盖率较优水平为70%;与动物性饵料比例( $X_2$ )、投饵方式之间( $X_3$ )有近似于抛物线分布,回归方程分别为: $Y_2 = 56.1 + 3.9X_2 - 1.1X_2^2$ ,  $r = 0.355$ ,  $p = 0.468$ 、 $Y_2 = 0.641 - 0.055X_3 + 0.013X_3^2$ ,  $r = 0.3082$ ,  $p = 0.302$ ,当动物性饵料比例为62.22%时肥满度最高,而投饵方式为第2与第3种之间并接近第3种方式时肥满度最低。

中华绒螯蟹的回捕率( $Y_3$ )与水草覆盖率( $X_1$ )间呈线性关系,水草覆盖率较优水平为70%。

饵料系数( $Y_4$ )与动物性饵料比例( $X_2$ )、投饵方式( $X_3$ )之间呈线性关系,动物性饵料比例为100%、投饵方式为第3种时饵料系数较小;与水草覆盖率( $X_1$ )、螺蛳投放量( $X_4$ )之间有近似于抛物线分布,回归方程分别为: $Y_4 = 10.01 - 5.084X_1 + 1.585X_1^2$ ,  $r = 0.2702$ ,  $p = 0.402$ 、 $Y_4 = 11.801 - 6.504X_4 + 1.810X_4^2$ ,  $r = 0.2214$ ,  $p = 0.544$ ,当水草覆盖率为49.74%、螺蛳投放量为5578.05 kg·hm<sup>-2</sup>时,饵料系数最低。

中华绒螯蟹的肝胰腺白化症( $Y_5$ )与水草覆盖率( $X_1$ )、动物性饵料比例( $X_2$ )及投饵方式( $X_3$ )之间有近似于抛物线分布,回归方程分别为: $Y_5 = 20.371 - 6.112X_1 + 3.519X_1^2$ ,  $r = 0.6213$ ,  $p = 0.003$ 、 $Y_5 = 39.629 - 22.869X_2 + 6.574X_2^2$ ,  $r = 0.3860$ ,  $p = 0.143$ 、 $Y_5 = -11.113 + 34.262X_3 - 7.038X_3^2$ ,  $r = 0.5550$ ,  $p = 0.012$ ,当水草覆盖率为73.95%、动物性饵料比例为62.2%时白化症发病最低,而投饵方式为第2与第3种之间并接近第3

种方式时,白化症发病率最高。

综合以上结果,本试验中中华绒螯蟹养殖较适宜的营养供给模式为:水草覆盖率为73.95%、动物性饵料比例为56.15%~62.22%,投饵方式为全程投喂7.5%~5.0%、螺蛳投放量为5578.05 kg·hm<sup>-2</sup>,此时,中华绒螯蟹生长效果最好,能有效防止肝胰腺白化症的发生;而投饵方式为只在5~9月投喂5%者,虽然饵料系数最低,但中华绒螯蟹的肥满度最低,肝胰腺白化症发病率最高。

## 3 讨论

### 3.1 营养不均衡是中华绒蟹肝胰腺白化症的直接诱因

近年来,中华绒蟹肝胰腺白化症在许多养蟹地区出现,河蟹养殖产量低、品质严重下降,失去商品价值,经济损失惨重,严重制约了这些地区河蟹养殖业的发展。流行病学、病原学研究表明该病的发生与病原生物关系不大,不良投饵模式造成中华绒蟹营养不均衡,加之养殖水体环境胁迫可能是中华绒蟹肝胰腺白化症的主要病因<sup>①</sup>;病理组织学研究发现,中华绒蟹肝胰腺白化症符合生理病害的特征,饲养过程中饵料品种搭配比例不适合、夏天海水鱼的投喂量过大、养殖水体中水草缺乏等因素造成饲料动、植物蛋白比及能量蛋白比严重失衡,从而引发中华绒蟹肝胰腺白化症<sup>[2]</sup>。本实验将水草覆盖率、动物性饵料比例、螺蛳的投喂量、投饵方式等4个因子设计的正交试验,养殖结果复制出了肝胰腺白化症的主要症状及发病特征,其中模式6的中华绒蟹发病率最高,为38.89%,其次为模式3、5、9,分别为31.67%、33.33%、30.56%;而模式4发病率最低,为6.67%,说明这4个因子与中华绒蟹肝胰腺白化症的发生关系密切,因而印证了调查分析及病理研究的结果,饲料营养不均衡是中华绒蟹肝胰腺白化症的直接诱因。回归分析结果显示,4个因子对肝胰腺白化症的影响作用顺序为:水草覆盖率>动物性饵料比例>投饵方式>螺蛳投放量。

实际上,不良投饵模式造成饲料动植物蛋白比及能量蛋白比严重失衡、微量元素及维生素缺乏,引发中华绒蟹肝胰腺白化症。中华绒蟹的食性是杂食性偏动物性,只喂植物性饵料(模式9),或只投少量螺蛳(模式5),其蛋白质、脂质等营养要素含量太低,不能满足中华绒蟹生长的

需要,因而表现为肥满度小,代谢紊乱,肝胰腺发生病变,这与江洪波等<sup>[3]</sup>的研究结果相符,缺乏脂质营养使幼体肝胰腺细胞的线粒体等细胞器损伤,脂肪滴明显减少;当饲料中添加 $\omega-3$ HUFA等脂质营养能明显提高中华绒螯蟹幼体存活率<sup>[4]</sup>。但也并非摄入的动物性饵料越多越好,当100%是动物性饵料(模式6)时,中华绒螯蟹摄入过量的动物性蛋白质、脂肪。高能、高蛋白增加了肝胰腺的消化压力,同时,摄入大量动物蛋白引起B族维生素相对缺乏而抑制肝胰腺胰蛋白酶活性<sup>[5]</sup>,因而出现了肝胰腺病变;未经消化的蛋白质以粪便的形式排入水体,污染水质,这时水体又没有水草,只有少量螺蛳,自净能力低,水质恶化又反过来促使肝胰腺白化症的发生,如果水体有一定量的水草和螺蛳(第2、7模式),水质得到改善,发病率就低(分别为11.11%、20%)。又因雄蟹抢食能力远强于雌蟹,表现在雄蟹在动物性饵料比例为50%时肥满度最高,发病率最低,雌蟹则在动物性饵料比例为100%时肥满度最高,发病率最低(表3)。因而在临床上动物性饵料比例高、水草少的网围表现为雄蟹肝胰腺白化症发病率远高于雌蟹的现象。

**3.2 水草在中华绒螯蟹养殖中的作用及其适宜覆盖率** 在养殖中华绒螯蟹的网围和池塘中必须种植一定的水草,这一点无论是研究者还是养殖者已达成共识。本试验中,当网围中没有水草时(模式3、6、9),无论水体中投放多少螺蛳,动物性饵料比例为多少、投饵方式如何,中华绒螯蟹生长情况均较差,而且肝胰腺白化症发病率均很高,说明水草在中华绒螯蟹养殖中是必不可少的。中华绒螯蟹养殖中水草的直接作用是作为中华绒螯蟹的饵料<sup>[6]</sup>,尤其在动物性饵料缺乏的初秋,中华绒螯蟹摄入的水草量较大<sup>[7]</sup>,当养殖水体中水草覆盖率为30%、动物性饵料为零时(模式5),从7月中旬开始不断有水草被咬断,到8月底水草覆盖率不到10%。其次,水草上着生的藻类对蟹类具有重要的营养意义<sup>[8]</sup>,藻类可提供丰富的微量元素、维生素、不饱和脂肪酸<sup>[9]</sup>,本实验中水草覆盖率为70%(模式1、4、7)时,中华绒螯蟹生长和抗病能力(肝胰腺白化症的发病率低)均强于其它模式( $P < 0.05$ ),说明水草及其着生藻类促进了

中华绒螯蟹的营养平衡。水草另一个重要作用是为中华绒螯蟹提供优良的栖息、脱壳、隐蔽场所,降低软壳蟹被残食的机率,提高其成活率。本试验发现当水草覆盖率为70%时,蟹的回捕率显著高于其它组( $P < 0.01$ )。水草覆盖率为中华绒螯蟹肝胰腺白化症的发病率及生长指标的回归分析结果显示,养殖水体水草适宜覆盖率为73.95%。值得一提的是水草净化水质的能力很强,能降低氨、氮对中华绒螯蟹的危害,增加水体透明度,稳定pH值,为中华绒螯蟹生长提供优质的生态环境,从而促进了中华绒螯蟹的生长和发育,增强体质,抵抗疾病<sup>②</sup>。

### 3.3 中华绒螯蟹的营养需求与适宜的营养供给模式

中华绒螯蟹的食性为杂食性,偏肉食性。在湖泊围栏养殖区以底层群落为食,包括水生大型植物、藻类、原生动物、轮虫、节肢动物、环节动物、软体动物、鱼类和颗粒碎屑<sup>[10]</sup>。对天然饵料选择性研究表明中华绒螯蟹更喜食动物性饵料,在动物性饵料及淀粉性饲料充足的条件下对水草的摄食比例不高<sup>[11]</sup>。对中华绒螯蟹营养需求研究表明,配合饲料中蛋白质含量为40%~44%时,具有促增重、生长率高的效果<sup>[12]</sup>。近年来中华绒螯蟹网围养殖以鱼肉、玉米、小麦等天然饵料为主,配合饲料的使用率不高。根据这一特点,本试验也采用天然饵料,探讨营养供给模式与中华绒螯蟹生长及肝胰腺白化症发生率之间的关系。统计分析后发现,能使蟹生长性能最好,肝胰腺白化症发生率最低的适宜营养供给模式为:水草覆盖率为73.95%、动物性饵料比例为56.15%~62.22%、投饵方式为全程投喂7.5%~5.0%、螺蛳投放量为5578.05 kg·hm<sup>-2</sup>。

### 参考文献:

- [1] 薛薇.SPSS统计分析方法及应用[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 宋学宏,朱茂晓,王永玲,等.中华绒螯蟹肝胰腺白化症组织病理变化[J].水产学报,2007,31(2):257-263.
- [3] 江洪波,陈立侨,周忠良,等.脂质营养对中华绒螯蟹幼体肝胰腺超微结构的影响[J].动物学研究,2001,22(1):64-68.

②程建新,宋学宏,吴林坤,等.养殖水环境对中华绒螯蟹不同营养供给模式的响应,2006.

- [4] 陈立侨,江洪波,周忠良,等.  $\omega$ -3HUFA 对中华绒螯蟹幼体存活率及体脂脂肪酸组成的影响[J]. 水产学报, 2000,24(5):448-452.
- [5] 艾春香,陈立侨,温小波. 虾蟹类维生素营养的研究进展[J]. 浙江海洋学院学报, 2001,20:51-58.
- [6] Halat K M, Resh V H. The Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*): implications for the freshwater habitats of the San Francisco Bay and Delta Ecosystem. Abstract from the sixth international zebra mussel and other aquatic nuisance species conference [C]. Dearborn, Michigan, 1996.
- [7] 金 刚,李钟杰,谢 平. 草型湖泊河蟹养殖容量初探[J]. 水生生物学报, 2003,27(4):345-351.
- [8] Jensen G C, Asplen M K. Omnivory in the diet of juvenile dungeness crab, *Cancer magister* Dana [J]. J Exp Mar Bio Eco, 1998,226(2):175-182.
- [9] 陈明耀. 生物饵料培养[M]. 北京:中国农业出版社, 1995.
- [10] 金 刚,谢 平,李钟杰. 湖泊放流二龄河蟹的食性[J]. 水生生物学报, 2003,27(2):140-146.
- [11] 朱晓鸣,崔奕波,光寿红. 河蟹对三种天然饵料的选食性及消化率[J]. 水生生物学报, 1997,21(1):94-96.
- [12] 钱国英,朱秋华. 中华绒螯蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量[J]. 中国水产科学, 1999,6(3):61-65.

## 新书介绍

### 《世界金枪鱼渔业渔获物物种原色图鉴》

由戴小杰、许柳雄等主编、海洋出版社出版的《世界金枪鱼渔业渔获物物种原色图鉴》一书,是在上海市重点学科建设项目和中国渔业协会远洋渔业分会的支持下,根据作者多年海上从事金枪鱼渔业实践期间拍摄鱼类照片,并参照联合国粮农组织的鱼类学资料和其他资料编著的。本书收录了鱼类 124 种,其中鲭科鱼类 59 种、剑鱼科鱼类 1 种、旗鱼科鱼类 11 种、软骨鱼类 35 种、其他鱼类 28 种。这些鱼类主要分布在 300 米以内的大洋上层海域,是金枪鱼渔业的主要捕捞对象和兼捕品种。介绍的每一种鱼类包括其名称、外形特征、习性、分布和渔业状况,并配以彩图。同时,为适应金枪鱼生产和水产品贸易的需求,分别列出了学名、异名、日文名、英文名、法文名和西班牙文名,以便读者查阅。该图鉴可为从事金枪鱼生产、贸易和市场营销人员,科研人员、游钓爱好者提供有关金枪鱼和类金枪鱼的基础知识。

全书共 266 页,进口铜版纸彩色印刷,精装本,定价为 80 元,另加挂号邮寄费为定价的 15%。

需要者可直接汇款到《水产学报》编辑部,地址:上海市军工路 334 号上海水产大学 48 信箱,邮编:200090。

### 《东海经济虾蟹类》

由宋海棠、俞存根等编著、海洋出版社出版的《东海经济虾蟹类》一书,介绍了东海主要经济虾蟹类和常见种共 90 种。其中虾类 40 种,隶属于 14 科 28 属;蟹类 50 种,隶属于 13 科 32 属。对各类的学名、中外文名称、地方名、形态特征、分布和渔场、生物学特性、生态习性、资源和渔业作简要的叙述,并附有各种的原色照片。书中还编入东海虾蟹类的资源概况,是一本学术性与实用性相结合,内容较为全面的参考书,具有形象直观、简明扼要的特点。适合水产加工、外贸企业、水产院校、水产科技和渔业工作者阅读。