

文章编号: 1674 - 5566(2010)06 - 0772 - 06

## 不同添加剂与组合对欧洲鳗生长和免疫力的影响

林建斌<sup>1</sup>, 朱庆国<sup>1</sup>, 梁萍<sup>1</sup>, 陈度煌<sup>1</sup>, 秦志清<sup>1</sup>, 艾春香<sup>2</sup>

(1. 福建省淡水水产研究所, 福建 福州 350002;

2. 厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

**摘 要:** 为研究开发鳗鱼高效环保型饲料添加剂, 选择中草药、酶制剂、半胱胺盐酸盐(CSH)及这3种添加剂的不同组合、不同配比, 添加到基础鳗料中, 投喂欧洲鳗, 试验时间均为8周, 观察不同添加剂与组合对欧洲鳗生长和免疫力的影响。结果表明: 中草药、酶制剂、CSH都具有提高欧洲鳗免疫力的作用( $P < 0.05$ ), 中草药、CSH还具有促生长作用( $P < 0.05$ ), 本试验中, 以中草药的效果最好; 3种添加剂的组合有显著的促生长和提高欧洲鳗免疫力的作用( $P < 0.05$ ), 试验组5号比对照组增重率提高31.67%, 饲料系数降低13.12% ( $P < 0.05$ ), 试验组6号比5号除增重率较低外, 饲料系数、蛋白质效率、免疫活性(溶菌酶、超氧化物歧化酶)两者差异不显著( $P > 0.05$ ), 考虑到添加成本和数量, 以试验组6号的组合较好。

**关键词:** 欧洲鳗; 饲料添加剂; 免疫力; 生长率; 饲料系数

中图分类号: S 963.1

文献标识码: A

## Effects of different feed additives and combinations on growth and non-specific immunity of European eel (*Anguilla anguilla*)

LIN Jian-bin<sup>1</sup>, ZHU Qing-guo<sup>1</sup>, LIANG Ping<sup>1</sup>, CHEN Du-huang<sup>1</sup>, QIN Zhi-qing<sup>1</sup>, AI Chun-xiang<sup>2</sup>

(1. Fujian Provincial Institute of Freshwater Fisheries, Fuzhou 350002, China;

2. College of Ocean and Environment, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to investigate the effects of adding Chinese herbal medicine, enzymes preparations, cysteamine on growth performance and non-specific immune function of *Anguilla anguilla*. *Anguilla anguilla* was fed with basal diet without or with adding Chinese herbal medicine, enzymes preparations, cysteamine and their combinations (the control, Groups 1 - 6) for 8 weeks. The results showed that Chinese herbal medicine and cysteamine had a significant positive effect on growth and the superoxide dismutase activities (SOD) and lysozyme activities of *Anguilla anguilla* ( $P < 0.05$ ), enzymes preparations only increased the SOD activities ( $P < 0.05$ ); the combinations of three additives had a significant positive effect on growth and the superoxide dismutase activities (SOD) and lysozyme activities of *Anguilla anguilla* ( $P < 0.05$ ). For Group 5, the rate of weight gain increased by 31.67%, feed conversion ratio reduced by 13.12% compared with the control group ( $P < 0.05$ ). The growth rate of Group 6 was lower than that of Group 5. There was no significant difference in the feed conversion ratio, protein efficiency and immunity (lysozyme, superoxide dismutase activities) between Group 5 and Group 6 ( $P > 0.05$ ). However, alkaline phosphatase (AKP) activities were not affected by all tested groups ( $P > 0.05$ ). Considering the cost and

收稿日期: 2010-03-29

基金项目: 农业部公益性行业科研专项 (nyhyzx07 - 043 - 14)

作者简介: 林建斌 (1966 - ), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事水产动物营养与饲料方面的研究。E-mail: linjb99@21cn.com

quantity of the additives, Group 6 was superior.

**Key words:** *Anguilla anguilla*; feed additives; immunity; growth rate; feed coefficient

近几年来,由于鳗鱼药残及日本等国技术性贸易壁垒的影响,我国鳗鱼出口量连续下降,整个养鳗业陷入困境。药残问题主要是投入品(饲料、药物)的不规范使用引起的<sup>[1]</sup>,所以对鳗鱼环保型饲料与绿色添加剂的研究应用日益引起业界重视。绿色饲料添加剂是指可提高饲料的消化吸收率,使饲料营养更趋于全价平衡,更能充分满足养殖鱼的营养需要,从而提高饲料效率,减少污染排放,提高水产品质量的一类添加剂,亦称环保型饲料添加剂。对鳗鱼绿色添加剂的应用已有一些研究<sup>[2-7]</sup>,但是都是一些添加剂单独应用的试验结果,还缺乏系统性和可比性,对不同添加剂的配伍组合也缺乏研究。本试验针对现有鳗鱼饲料添加剂的特点,重点从高效、环保,对环境的污染、对机体免疫力的影响等角度出发,精心选择中草药、酶制剂及其他免疫添加剂等几种绿色添加剂进行试验,旨在为鳗鱼高效环保型饲料的配制提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验用 鱼

试验用欧洲鳗(*Anguilla anguilla*)购自龙岩长汀一家养鳗场,试验 1 平均体重为(10.62 ± 2.30) g,试验 2 平均体重为(18.10 ± 1.73) g。放入本所内的营养实验系统。

### 1.2 试验饲 料

基础料采用福州大昌盛饲料公司生产的鳗鱼黑仔料,其主要成分包括进口鱼粉、α-淀粉、啤酒酵母、大豆卵磷脂、维生素预混料、矿物质预混料等。试验饲料采用添加剂与基础饲料按一定比例混合均匀。半胱胺盐酸盐(CSH)由上海华扩达生化科技有限公司提供,酶制剂由武汉华扬生物股份有限公司提供,中草药组方为黄芪、党参、当归、何首乌、黄芩、神曲等,均购自当地药店。饲料的营养成分见表 1。

表 1 欧洲鳗基础配合饲料营养成分

Tab. 1 Proximate ingredients of basal diet for European eel

项目	水分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	钙 (%)	磷 (%)	粗灰分 (%)
基础饲料	5.92	51.56	4.92	3.36	2.31	15.34

#### 1.2.1 试验 1 饲料配制

试验组:1 号为基础料 + CSH(添加量 500 g/t,按推荐用量);2 号为基础料 + 酶制剂(植酸酶、中性蛋白酶、酸性蛋白酶添加量分别为 100 g/t、200 g/t、450 g/t,均按推荐用量);3 号为基础料 + 中草药(添加量 1%)。

对照组:4 号为基础料。

#### 1.2.2 试验 2 饲料配制

试验组:5 号为基础料 + CSH 500 g/t + 酶制剂(植酸酶 100 g/t、中性蛋白酶 200 g/t、酸性蛋白酶 450 g/t) + 中草药 1%;6 号为基础料 + CSH 500 g/t + 酶制剂(植酸酶 100 g/t、中性蛋白酶 200 g/t、酸性蛋白酶 450 g/t) + 中草药 0.4%。

对照组:7 号为基础料,同试验 1。

### 1.3 饲养管理

#### 1.3.1 试验 1

试验用鱼经过 15 d 的摄食驯养后,于 2008

年 6 月 25 日对鳗鱼分组进行生长对比试验。

试验在玻璃钢圆桶中进行,圆桶内径 80 cm,高度 70 cm,水深在 50 ~ 60 cm 之间,保持微流水状态。每个处理组设 3 个重复,每个重复 50 尾试验用鱼。

团状饲料每天投喂前制作。每天投喂 2 次,投喂时间一般为上午 7:00 - 7:30,下午 17:00 - 17:30。投饵率控制在 3% ~ 5%。平均水温 27.1 °C,DO > 5 mg/L。每天详细记录各桶的实际投喂量。每天检查桶内鳗鱼的活动情况。若有死亡,记录死亡数量和重量,每天定时测定水温(上下午各一次),3 d 测定一次溶氧。试验开始鳗鱼入桶和结束时分别进行盘点计数,测定体重,并抽样测定鱼体长。

试验时间为 8 周。试验结束时抽样测定鳗鱼免疫活力(免疫学指标)。

### 1.3.2 试验2

为了深入研究不同添加剂组合对鳗鱼生长和免疫力的影响,以期获得更好的促生长、提高免疫力的效果,于2008年9月10日,对试验1结束后的鳗鱼重新分组,进行不同添加剂组合对鳗鱼免疫力影响的试验。每个处理组设3个重复,每个重复40尾试验用鱼。试验时间8周,平均水温23.2℃,DO > 5 mg/L。其它试验条件、测定方法和饲养管理方法同试验一。

### 1.4 测定指标和方法

#### 1.4.1 生长性能

$$R_{WC} = (W_t - W_0) / W_0 \times 100 \quad (1)$$

$$R_{FC} = W_f / W_g \quad (2)$$

$$R_{PE} = [W_g / (W_f \times P_c)] \times 100 \quad (3)$$

$$R_s = Q_t / Q_0 \times 100 \quad (4)$$

$$K = W / L^3 \quad (5)$$

$$I_{VS} = W_v / W \quad (6)$$

式中: $R_{WC}$ 为增重率(%); $W_t$ 为试验结束鱼尾重(g); $W_0$ 为试验开始鱼尾重(g); $R_{FC}$ 为饲料系数; $W_f$ 为总投饵量(g); $W_g$ 为鱼体总增重量(g); $R_{PE}$ 为蛋白质效率(%); $P_c$ 为饲料蛋白质含量(%); $R_s$ 为成活率(%); $Q_t$ 为试验结束鱼体数; $Q_0$ 为试验开始鱼体数; $K$ 为肥满度; $W$ 为鱼体重(g); $L$ 为鱼体长(cm); $I_{VS}$ 为脏体比; $W_v$ 为内脏总重(g)。

#### 1.4.2 饲料营养成分

水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、钙和磷含量分别用GB6435-2006、GB6432-1994、GB6433-2006、GB6438-2007、GB/T6436-2002、GB/T6437-2002提供的方法测定。

#### 1.4.3 血清免疫指标

血清采样:每桶随机取鱼5尾,以尾静脉处抽血,3000 r/min离心2 min,取上层血清,冷冻,备用。

测定指标包括超氧化物歧化酶活力(SOD)、溶菌酶活力、碱性磷酸酶活力(AKP)。3种酶活力测定,均采用南京建成生物试剂盒法,计算方法参照试剂盒说明书。

### 1.5 数据统计分析

试验结果采用平均值±标准差表示,数据结果采用SPSS 11.5统计软件包处理,各组间差异用t检验,显著水平为 $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 试验1

不同添加剂对欧洲鳗生长的影响见表2。从表2可看出,试验组3号与对照组增重率、饲料系数、蛋白质效率差异显著( $P < 0.05$ ),试验组1号与对照组增重率差异显著( $P < 0.05$ ),试验组2号与对照组增重率差异不显著( $P > 0.05$ ),试验组1、2号与对照组饲料系数、蛋白质效率差异显著( $P < 0.05$ )。

不同添加剂对欧洲鳗解剖指标的影响见表3。从表3可看到,试验组与对照组肥满度、脏体比差异不显著( $P > 0.05$ )。

不同添加剂对欧洲鳗免疫力的影响见表3。从表3可看出,试验组1、2、3号与对照组AKP差异不显著( $P > 0.05$ ),试验组1、2、3号与对照组溶菌酶差异显著( $P < 0.05$ ),试验组1、3号与对照组SOD差异显著( $P < 0.05$ ),试验组2号与对照组SOD差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.2 试验2

不同添加剂组合对欧洲鳗生长的影响见表4。从表4可看出,试验组5、6号与对照组增重率、饲料系数、蛋白质效率差异显著( $P < 0.05$ ),试验组5号与6号增重率差异显著( $P < 0.05$ ),饲料系数、蛋白质效率差异不显著( $P > 0.05$ )。

不同添加剂组合对欧洲鳗解剖指标的影响见表5。从表5可看到,试验组与对照组肥满度、脏体比差异不显著( $P > 0.05$ )。

不同添加剂组合对欧洲鳗免疫力的影响见表5。从表5可看出,试验组5、6号与对照组AKP差异不显著( $P > 0.05$ ),试验组5、6号与对照组溶菌酶、SOD差异显著( $P < 0.05$ ),试验组5号与6号溶菌酶、SOD差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 2 不同添加剂对欧洲鳗生长的影响

Tab. 2 Effects of different feed additives on growth of European eel

组别	平均始重(g)	平均末重(g)	增重率(%)	成活率(%)	饲料系数	蛋白质效率(%)
1	10.45 ± 0.45	18.13 ± 1.23	73.49 ± 4.21 <sup>a</sup>	97	1.33 ± 0.36 <sup>ab</sup>	145.83 ± 3.96 <sup>ab</sup>
2	10.67 ± 0.36	18.06 ± 0.70	69.25 ± 3.67 <sup>ac</sup>	96	1.36 ± 0.10 <sup>a</sup>	142.61 ± 4.12 <sup>a</sup>
3	10.53 ± 0.42	19.25 ± 1.03	82.81 ± 5.70 <sup>b</sup>	98	1.26 ± 0.15 <sup>b</sup>	153.93 ± 4.69 <sup>b</sup>
4	10.40 ± 0.52	17.16 ± 0.93	65.00 ± 3.06 <sup>c</sup>	98	1.45 ± 0.31 <sup>c</sup>	133.76 ± 4.53 <sup>c</sup>

注:同一列的平均值中具不同上标字母者表示差异显著( $P < 0.05$ ),以下各表同此。

表 3 不同添加剂对欧洲鳗解剖指标、免疫力的影响

Tab. 3 Effects of different feed additives on dissection index and immunity of European eel

组别	肥满度	脏体比	碱性磷酸酶 AKP (金氏单位/100mL)	溶菌酶 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	超氧化物歧化酶 SOD( $\text{U}/\text{mL}$ )
1	0.485 ± 0.078 <sup>a</sup>	0.048 ± 0.010 <sup>a</sup>	7.48 ± 0.89 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.31 <sup>a</sup>	154.30 ± 16.32 <sup>a</sup>
2	0.496 ± 0.096 <sup>a</sup>	0.049 ± 0.009 <sup>a</sup>	7.26 ± 0.51 <sup>a</sup>	2.36 ± 0.55 <sup>a</sup>	140.79 ± 10.31 <sup>b</sup>
3	0.545 ± 0.101 <sup>a</sup>	0.049 ± 0.007 <sup>a</sup>	6.70 ± 0.36 <sup>a</sup>	2.65 ± 0.69 <sup>a</sup>	150.89 ± 17.56 <sup>a</sup>
4	0.465 ± 0.093 <sup>a</sup>	0.049 ± 0.010 <sup>a</sup>	6.95 ± 0.96 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.23 <sup>b</sup>	139.12 ± 12.69 <sup>b</sup>

表 4 不同添加剂组合对欧洲鳗生长的影响

Tab. 4 Effects of different combinations of feed additives on growth of European eel

组别	平均始重(g)	平均末重(g)	增重率(%)	成活率(%)	饲料系数	蛋白质效率(%)
5	18.30 ± 0.89	32.67 ± 1.63	78.52 ± 3.41 <sup>a</sup>	100	1.35 ± 0.16 <sup>a</sup>	145.83 ± 3.96 <sup>a</sup>
6	18.53 ± 0.73	31.83 ± 0.87	71.75 ± 2.63 <sup>b</sup>	100	1.42 ± 0.10 <sup>a</sup>	136.58 ± 4.85 <sup>a</sup>
7	18.67 ± 1.25	29.80 ± 1.03	59.63 ± 4.70 <sup>c</sup>	100	1.56 ± 0.15 <sup>b</sup>	124.33 ± 4.27 <sup>b</sup>

表 5 不同添加剂组合对欧洲鳗解剖指标、免疫力的影响

Tab. 5 Effects of different combinations of feed additives on dissection index and immunity of European eel

组别	丰满度	脏体比	碱性磷酸酶 AKP (金氏单位/100mL)	溶菌酶 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	超氧化物歧化酶 SOD( $\text{U}/\text{mL}$ )
5	0.529 ± 0.079 <sup>a</sup>	0.058 ± 0.008 <sup>a</sup>	7.50 ± 0.92 <sup>a</sup>	2.78 ± 0.81 <sup>a</sup>	171.32 ± 10.66 <sup>a</sup>
6	0.518 ± 0.092 <sup>a</sup>	0.061 ± 0.012 <sup>a</sup>	7.02 ± 1.01 <sup>a</sup>	2.63 ± 0.55 <sup>a</sup>	165.79 ± 13.31 <sup>a</sup>
7	0.521 ± 0.107 <sup>a</sup>	0.061 ± 0.010 <sup>a</sup>	7.21 ± 0.96 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.69 <sup>b</sup>	145.12 ± 12.75 <sup>b</sup>

### 3 讨论

半胱胺是半胱胺酸脱羧的产物和辅酶 A 的组成部分,是动物体内的生命活性物质。在动物新陈代谢过程中具有调控营养物质代谢,促进蛋白质合成,减少脂肪沉积,促进生长、提高饲料效率、改善肉质等作用<sup>[8-9]</sup>。林浩然等<sup>[2]</sup>报道,用半胱胺盐酸盐(CSH)含量分别为 270 mg/kg 和 1 350 mg/kg 的鳗鱼饲料投喂体重为 13 ~ 17 g 的日本鳗(*Anguilla japonica*),相对增重比对照组增加 62.3% ~ 77.9%,饲料系数比对照组降低 4.1% ~ 8.8%。石和荣等<sup>[10]</sup>报道饲料中投喂 CSH,试验组黄鳍鲷(*Sparus latus*)鱼种的相对生长率、垂体生长激素含量、肝脏胰岛素样生长因

子、mRNA 水平均显著高于对照组,CSH 能促进黄鳍鲷生长激素的合成和胰岛素样生长因子基因的表达,从而促进鱼的生长。本试验中添加 CSH 的试验组 1 号比对照组相对增重率提高 13.06%,饲料系数降低 8.28%,SOD、溶菌酶活力与对照组差异显著( $P < 0.05$ )。

酶制剂具有改善消化系统功能,促进饲料消化吸收,促进鱼类摄食和生长,提高饲料效率的作用。王纪亭等<sup>[11]</sup>报道,选用体重为(31.51 ± 0.43) g 的草鱼分别添加不同梯度水平的木聚糖酶、 $\beta$ -葡聚糖酶、淀粉酶、蛋白酶为主的复合酶制剂,与对照组相比,饲料中添加 600、900 mg/kg 的复合酶制剂后,显著提高了草鱼的相对增重率、特定生长率、饲料转化效率等生长性能指标

( $P < 0.05$ ),显著提高了草鱼血液中白细胞的吞噬活性( $P < 0.05$ )和血清杀菌能力( $P < 0.01$ )。陈建明等<sup>[12]</sup>发现,饲料中使用0.1%~0.3%的中性蛋白酶制剂能显著促进青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)鱼种的生长和降低饲料系数。黄锋等<sup>[13]</sup>报道,在异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)的配合饲料中添加复合酶制剂不仅可以提高异育银鲫的增重率和特定生长率,还可以提高异育银鲫血清、脾脏、肝胰脏和头肾SOD和溶菌酶的活性,提高机体的免疫力。本试验中,添加酶制剂的试验组2号与对照组相对增重率差异不显著( $P > 0.05$ ),饲料系数降低6.21%,SOD活力与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ),溶菌酶活力差异显著( $P < 0.05$ )。

近几年来,由于中草药具有来源广泛、资源丰富、效果明显,较少抗药性和药物残留,副作用小等特点,越来越受到人们关注<sup>[14]</sup>。中草药含有多种免疫活性物质,具有促进水产动物生长、降低饲料系数、提高免疫力、防病、诱食等功用。吴德峰等<sup>[3]</sup>在饲料中添加党参、白术、茯苓、甘草、神曲、山楂、当归等12味中草药饲养欧洲鳗,试验组比对照组增重明显。刘华忠等<sup>[15]</sup>用党参、黄芩、黄芪等6种中草药制成复方中草药以0.5%、1.0%、1.5%配比添加到饲料中,添加1.0%、1.5%的中草药能显著增强彭泽鲫(*Carassius auratus pengzesis*)的生长性能( $P < 0.05$ ),试验组和对照组的相对增重率分别为117.41%、113.73%和98.54%,饲料系数比对照组分别提高了5.29%、13.66%和12.33%。罗日祥<sup>[16]</sup>将中药制剂添加到虾料中,结果表明某些中药制剂能激发中国对虾(*Penaeus chinensis*)免疫系统的功能,诱导血凝素活力,溶菌活力升高,提高机体的非特异性免疫功能。孟晓林等<sup>[17]</sup>用添加杜仲的饲料,饲喂规格为( $37 \pm 3$ )g的草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)鱼种,经过60d的饲养,添加0.15%杜仲纯粉显著提高了草鱼的增重率( $P < 0.05$ ),降低了饲料系数( $P < 0.05$ ),4%杜仲叶粉组、0.15%杜仲叶粉组显著提高了草鱼的SOD、溶菌酶活性( $P < 0.05$ )。本试验中,添加中草药的试验组3号比对照组增重率提高27.40%,饲料系数降低13.10%,SOD、溶菌酶活性与对照组差异显著( $P < 0.05$ )。3种添加剂中,

中草药的促生长和提高免疫力的效果最好。

现在用中草药作为饲料添加剂时,剂量往往偏大,因此,饲料的适口性有时也会受到影响。除了寻求用量小、效果好的中草药作为饲料添加剂外,主要应对某些中草药进行提取和精制,以尽量减少用量。中草药作为饲料添加剂的种类和配方虽然报道很多,然而功能综合复杂,很少是精专方剂,今后还有待进一步研究。

绿色添加剂是配制高效环保型饲料的核心,是生产无公害水产品的关键,其主要包括酶制剂、寡糖类、中草药、活菌制剂等。迄今为止,对不同品种绿色添加剂的组合、配伍对水产动物生长和免疫力影响的研究仍很少。在本试验中,通过对3种添加剂的组合,试验组5号、6号比对照组增重率分别提高31.67%和20.33%,饲料系数分别降低13.46%和8.97%,与单一品种添加的试验组1、2、3号相比,促生长效果有提高,SOD、溶菌酶活性有较大增强。试验组6号比5号除增重率较低外,饲料系数、蛋白质效率、免疫力指标两者差异不显著( $P > 0.05$ ),考虑到添加成本和添加量的减少,以试验组6号的组合较好。但是,对这几组添加剂组合的合适添加量及不同配伍是否可取得更好的促生长、提高免疫力的效果,还有待进一步深入研究。

SOD和溶菌酶是反映动物非特异性免疫功能的重要生理指标<sup>[18-20]</sup>。SOD是重要的抗氧化酶之一,有消除自由基、预防生物分子损伤的作用,是需氧有机体清除 $O_2^-$ 、保护机体免受损伤的关键酶,其活性与生物的免疫水平关系密切。溶菌酶可水解革兰氏阳性细胞壁中粘肽的乙酰氨基多糖并使之裂解后被释放出来,形成一个水解酶体系,破坏和消除侵入体内的异物<sup>[20]</sup>。碱性磷酸酶(AKP)是一种膜结合蛋白,在体内可直接参与磷酸基团的转移和代谢生理过程,与维持体内适宜的钙磷比有关,并在免疫反应中起作用<sup>[21]</sup>。在本研究中,中草药、CSH、酶制剂及其不同组合均可显著提高欧洲鳗血清SOD、溶菌酶活性,说明这3种添加剂及其组合具有改善欧洲鳗非特异性免疫功能的作用,但是试验组与对照组的AKP均差异不显著,这点与冷向军等<sup>[22]</sup>用杜仲叶对草鱼血清非特异性免疫指标影响的研究结果一致,其原因尚待进一步探究。

## 参考文献:

- [1] 吴成业,叶玫,刘智禹. 鳗鲡的药物残留状况与控制措施[J]. 福建水产,2006,(3):28-31.
- [2] 林浩然,张皎. 半胱胺盐酸盐对鳗鱼生长性能的影响[J]. 饲料广角,2005,(11):34-36.
- [3] 吴德峰,林树根,王寿昆. 中草药饲料添加剂对欧鳗养殖效果的影响[J]. 福建农业大学学报,2001,30(1):95-98.
- [4] 朱小明,章军,刘少萍. 免疫增强蓝藻作为日本鳗鲡黑仔饲料添加剂研究[J]. 福建农业学报,2005,20(4):233-237.
- [5] 林娟娟,杨金先,陈强. 3种饲料添加剂对欧洲鳗生长性能的影响[J]. 福建畜牧兽医,2009,31(5):3-5.
- [6] 王广军,谢骏,胡隐昌. 中草药添加剂对日本鳗鲡生长和非特异性免疫效应的研究[J]. 淡水渔业,2008,38(6):38-41.
- [7] 许民强,邬成华. L-肉碱对日本鳗鲡生长性能的影响[J]. 水产科技情报,1997,24(5):223-225.
- [8] 朱建津,乐国伟,施用晖. 半胱胺的生物学作用及应用[J]. 中国饲料,2005,(24):22-23.
- [9] Kwork R S, Cameron J L, Faller D V. Effects of cysteamine administration on somatostatin biosynthesis and levels in rat hypothalamic action [J]. Endocrinol, 1992, 131(6):2999-3009.
- [10] 石和荣,张为民,刘晓春. 半胱胺盐酸盐和 LHRH-A 对黄鳍鲷生长激素分泌的影响[J]. 海洋学报,2005,27(3):147-153.
- [11] 王纪亭,万文菊,康明江. 复合酶制剂对草鱼生长性能、饲料养分消化率及免疫力的影响[J]. 大连水产学院学报,2009,24(5):417-422.
- [12] 陈建明,叶金云,许尧兴. 饲料中添加中性蛋白酶对青鱼生长、消化及鱼体组成的影响[J]. 水生生物学报,2009,33(4):726-731.
- [13] 黄锋,张丽,周艳萍,等. 复合酶制剂对异育银鲫生长、SOD和溶菌酶活性的影响[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):96-100.
- [14] 林建斌. 中草药添加剂在水产养殖中的研究和应用[J]. 饲料工业,2000,21(9):5-8.
- [15] 刘华忠,罗萍,刘定忠. 复方中草药对彭泽鲫促生长作用的研究[J]. 水利渔业,2004,24(1):56-57.
- [16] 罗日祥. 中药活性制剂对中国对虾免疫活性物的诱导作用[J]. 海洋与湖沼,1997,28(6):573-578.
- [17] 孟晓林,冷向军,李小勤. 杜仲对草鱼种生长和血清非特异性免疫指标的影响[J]. 上海水产大学学报,2007,16(4):329-333.
- [18] Orfio J, Esteban M A, Meseguer J. Effect of high dietary intake of vitamin C on non-specific immune response of gilthead seabream [J]. Fish Shellfish Immunol, 1999,9:429-435.
- [19] Marsdan M J, Freeman L C, Cox D, et al. Nonspecific immunoresponses in families of Atlantic salmon, *Salmo salar*, exhibiting differential resistance for furunculosis [J]. Aquaculture, 1996,146:1-16.
- [20] 叶丹,连宾. 溶菌酶及其应用[J]. 贵州科学,2003,21(3):67-70.
- [21] Robertsen B. Modulation of the non-specific defence of fish by structurally conserved microbial polymers [J]. J Fish & Shellfish Immunology, 1999,9:269-290.
- [22] 冷向军,孟晓林,李家乐. 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.