

# 饲料维生素 C 对花鲈(*Lateolabrax japonicus*) 幼鱼生长和免疫的影响\*

周立斌<sup>1,2</sup> 张 伟<sup>1</sup> 王安利<sup>1</sup> 马细兰<sup>2</sup> 张海发<sup>3</sup> 刘付永忠<sup>3</sup>

(1. 华南师范大学生命科学学院 广东省高等学校生态与环境科学重点实验室 广州 510631;

2. 惠州学院生命科学系 惠州 516007; 3. 广东省大亚湾水产实验中心 惠州 516081)

**提要** 采用单因子实验设计方法,进行了饲料中添加维生素 C 对花鲈幼鱼生长(增重率、存活率、特定生长率、饲料效率)、免疫反应(血清中溶菌酶活性和血清总补体活性)和组织中维生素 C 积累量影响的研究。结果表明,随着饲料中维生素 C 添加量由 0 提高到 98.9mg/kg,花鲈的增重率和特定生长率显著提高。以特定生长率为指标,花鲈最佳生长性能的饲料维生素 C 添加量为 103.0mg/kg 左右;饲料中维生素 C 添加量在 0—98.9mg/kg 时,花鲈幼鱼肌肉和肝脏中维生素 C 的积累量随饲料中维生素 C 的增加而显著增加( $P < 0.05$ ),花鲈幼鱼获得最大肝脏和肌肉中维生素 C 的积累量时,饲料中维生素 C 最低添加量为 97.2mg/kg 和 105.0mg/kg;花鲈幼鱼血清溶菌酶和总补体活性随着维生素 C 添加量的增加而显著升高,维生素 C 添加量达到 396.4mg/kg 时,血清溶菌酶和总补体活性较高。综上所述,花鲈生长和免疫的维生素 C 适宜添加量为 400mg/kg 左右。

**关键词** 花鲈, 维生素 C, 生长, 免疫, 组织积累

**中图分类号** S966.12

维生素 C 又名抗坏血酸,大多数的脊椎动物具有合成维生素 C 的能力,但灵长类、豚鼠和多数鱼类体内缺乏 L-2 古洛内酯氧化酶,不能合成维生素 C,必须从食物中获取(Wilson *et al.*, 1973; Fracalossi *et al.*, 2001)。已有的研究表明,维生素 C 是一种具有广泛生理和免疫作用的调节因子(Wilson *et al.*, 1973; Lim *et al.*, 1978),有明显的促生长、缓解应激状态和抵抗疾病的作用(Durve *et al.*, 1982; Navarre *et al.*, 1989; Montero *et al.*, 1999)。

花鲈(*Lateolabrax japonicus*)属鲈形目、鲈科、花鲈属,是我国南方沿海网箱养殖重要鱼类之一。当前花鲈的养殖主要以冰冻小杂鱼作为饵料,人工配合饲料的研究和开发严重滞后,花鲈维生素需要和替代蛋白源的研究已有一些报道(潘勇等, 2000; 杜震宇等, 2002; Ai *et al.*, 2007; Mai *et al.*, 2006),但对花鲈维

生素 C 营养需求的研究不多(Ai *et al.*, 2004),本实验通过在配合饲料中添加不同含量的维生素 C,研究维生素 C 对花鲈幼鱼生长、免疫和组织积累的影响,以期获得花鲈配合饲料中维生素 C 适宜添加量提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼及实验设计

实验于 2006 年 5—7 月在广东大亚湾水产实验中心进行,花鲈幼鱼购自大亚湾海区,先放入暂养池中用基础饲料(表 1)驯养 2 周,使其适应实验条件。实验分为 6 组,每组 3 个重复,将平均体重为(10.5 ± 1.0)g 的 360 尾花鲈幼鱼随机分在 18 个 1.5 × 1.0 × 1.0m<sup>3</sup> 的网箱中,每箱 20 尾,每组实验鱼初重差异不显著( $P > 0.05$ )。以维生素 C 多聚磷酸酯(罗氏公司提

\* 国家科技支撑计划课题, 2007BAD29B04 号; 广东省科技计划项目, 2007B020708013 号; 广东省重大科技兴海(兴渔)项目, A200501G01 号。周立斌, 博士, 副教授, E-mail: zlb@hzu.edu.cn

通讯作者: 王安利, 教授, E-mail: wanganl@snu.edu.cn

收稿日期: 2007-09-17, 收修改稿日期: 2007-11-18

供, 维生素 C 含量为 35.0%)作为维生素 C 添加源, 1—6 号实验饲料中维生素 C 按照 0(对照组)、50、100、200、400 和 2000mg/kg 添加(实际维生素 C 含量, 非维生素 C 多聚磷酸酯添加量), 以微晶纤维素为填充剂, 使各实验组饲料其他营养水平保持一致, 然后进行混合和粉碎, 使其能全部通过 0.45mm 的分析筛, 再用绞肉机制成直径 2.0mm 的软颗粒饲料, 在 50 烘箱中烘干, 置于 -10℃ 冰箱保存备用。通过实测(见 1.3.2)得各组饲料中维生素 C 含量为 0、49.3、98.9、197.5、396.4 和 1989.8mg/kg, 分别用 C<sub>0</sub>(对照组)、C<sub>49.3</sub>、C<sub>98.9</sub>、C<sub>197.5</sub>、C<sub>396.4</sub> 和 C<sub>1989.8</sub> 来表示。

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)  
Tab.1 Composition of basic diet and nutrition value  
(air-dry basis)

原料	含量(%)	原料	含量(%)
鱼粉	50.0	卵磷脂	2.5
豆粕	9.0	矿物质预混料 <sup>2)</sup>	2.0
酵母粉	3.0	维生素预混料 <sup>3)</sup>	2.0
小麦粉	25.7	营养成分	含量(%)
豆油	2.5	粗蛋白	43.74
鱼油	3.0	粗脂肪	12.61
添加剂 <sup>1)</sup>	0.3	粗灰分	10.78

1) 添加剂为甘氨酸和甜菜碱; 2) 矿物质预混料为每 kg 日粮中含: NaF 2mg、KI 0.8mg、CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 50mg、CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 10mg、FeSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 80mg、ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 50mg、MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 60mg、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1200mg、Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 3000mg、NaCl 100mg、zoelite 15450mg; 3) 维生素预混料为每 kg 日粮中含: 维生素 B<sub>1</sub> 25mg、核黄素 45mg、维生素 B<sub>6</sub>(盐酸吡哆辛) 20mg、维生素 B<sub>12</sub> 0.1mg、维生素 K<sub>3</sub> 10mg、肌醇 800mg、泛酸 60mg、烟酸 200mg、叶酸 20mg、生物素 1.20mg、维生素 A 32mg、维生素 D<sub>3</sub> 5mg、维生素 E 120mg、氯化胆碱 2500mg、乙氧基奎宁 150mg、次粉 18520mg

## 1.2 饲养管理

饲养水源为经过石英砂、活性炭水体净化装置处理后的海水; 水温 26.5—32.5℃ 左右, 露天养殖, 自然光照。水体溶氧(DO) 6mg/L, 盐度 28—29, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 0.8mg/L。水体处于微流水状态。

饲养实验前四周每天按照鱼体总重的 3.0%投喂, 后四周按 2.0%投喂, 同时参照前一天情况调整投喂量, 每天投喂两次(9:30, 16:30), 每次分 3 遍投喂, 每遍间隔时间为 10min。

## 1.3 指标测定

1.3.1 生长指标测定 经过八周的饲养之后, 对实验鱼生长性能指标等进行测定, 计算公式为:

$$\text{饲料效率}(FE, \%) = (W_t - W_0) / F \times 100\%$$

$$\text{成活率}(Survival, \%) = N_t / N_0 \times 100\%$$

$$\text{增重率}(WR, \%) = (\bar{W}_t - \bar{W}_0) / \bar{W}_0 \times 100\%$$

$$\text{特定生长率}(SGR, \%) = (\ln \bar{W}_t - \ln \bar{W}_0) / t \times 100\%$$

式中,  $W_t$  为  $t$  天后各组鱼体总重(g),  $W_0$  为初始时各组鱼体总重(g),  $t$  为饲养天数(d),  $F$  为  $t$  天内摄取的饲料量(g),  $\bar{W}_t$  为  $t$  天后各组鱼体平均体重(g),  $\bar{W}_0$  为初始时各组鱼体平均体重(g),  $N_t$  为  $t$  天后各组鱼总数(尾),  $N_0$  为初始各组鱼总数(尾)。

1.3.2 饲料中营养成分的测定 饲料中维生素 C、粗蛋白、粗脂肪、水分、粗灰分的测定按照国标 GB/T17816-1999、GB/T6432-1994、GB/T6433-1994、GB/T6435-1986、GB/T6438-1992 方法测定(中国饲料工业协会, 2002)。

1.3.3 血清免疫力的测定 血清样品的制备: 采用尾静脉抽血法, 取全血在室温下放置 1h, 再放置于 4℃ 过夜, 然后 2000r/min 离心 15min 以制成血清供免疫学指标的检测。

血清溶菌酶活性测定: 以 Sigma 提供的溶壁微球菌冻干粉为底物, 参照王雷等(1995)的方法。溶壁微球菌冻干粉称取 100mg 溶于 150ml 的 1/15mol/L、pH 6.4 的 PBS 缓冲液中, 摇匀, 放入冰箱; 用时再摇匀, 取 2ml 微球菌悬液放入试管中, 冰浴。加入 200 μl 血清混匀, 测  $A_0$  值。然后将试管放入 37℃ 水浴中 30min, 取出冰浴 10min, 于 570nm 测  $A$  值。

$$\text{活力 } U_L = (A_0 - A) / A_0$$

补体总活性测定: 根据补体能使溶血素致敏的绵羊红细胞发生溶血, 当致敏红细胞浓度恒定时, 溶血程度与补体量和活性呈正比例关系。将新鲜待测血清作不同稀释处理后, 与致敏红细胞反应, 测定溶血程度, 以 50%溶血时的最小血清量为判定终点, 测定补体溶血活性  $CH_{50}$ 。参照柳忠辉等(2002)的方法, 略作修改。

$$\text{血清总补体活性}(U) = 1/\text{血清用量} \times \text{稀释倍数}$$

1.3.4 组织中维生素 C 的测定 从每个网箱中取 3 尾花鲈, 解剖取得鱼体的肝脏和背部肌肉, 用于组织维生素 C 含量测定, 并称量每尾鱼肝脏和肌肉的重量, 整个操作过程均在冰盘上进行。组织维生素 C 的测定参照熊忠(2001)的方法, 略做修改, 称取 1—2g 组织在 2ml 1.84mol/L 三氯乙酸和等量蒸馏水和 0.5ml Folin B 试剂, 混合均匀 5min 后, 置高速离心机以 10000r/min 离心 5min, 取全部上清液放于 760nm 处测定吸光值, 然后由所作标准回归方程  $y = 0.01x + 0.01$  ( $R^2 = 0.9994$ ) 计算得出组织中维生素 C 的含量。

## 1.4 数据处理统计

实验数据采用 DPS v7.55 统计软件中单因素方差分析和最小显著差异法对花鲈幼鱼各项测定指标进行分析处理,  $P < 0.05$  即认为有显著性差异。所有的结果均以平均值  $\pm$  标准误来表示。图形处理以及回归方程计算用 Excel 进行。

## 2 结果

### 2.1 维生素 C 不同添加量对花鲈幼鱼生长和免疫的影响

经过八周饲养实验, 各实验组花鲈幼鱼增重率、饲料效率和特定生长率、成活率等指标列于表 2。从表 2 可以看出, 饲料中未添加维生素 C 组的增重率、饲料效率、特定生长率以及存活率显著低于维生素 C 添加组 ( $P > 0.05$ ), 当饲料维生素 C 添加量低于 98.9mg/kg 时, 花鲈幼鱼增重率、饲料效率、特定生长率都随着饲料中维生素 C 添加量的增加而增大, 且

差异显著 ( $P < 0.05$ ); 当饲料中维生素 C 添加量达到 98.9mg/kg 后, 增重率、饲料效率、特定生长率等生长指标基本不再变化, 随着维生素 C 添加量的提高其生长效果变化不显著 ( $P > 0.05$ ), 甚至还表现出了下降的趋势。

以维生素 C 添加量与特定生长率作回归直线, 通过折线法求得两条直线相交点值, 即花鲈幼鱼获得最高特定生长率时饲料中维生素 C 最低添加量为 103.0mg/kg(图 1)。成活率以对照组最低, 其余 5 个实验组成活率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

从表 2 可以看出, 饲料中未添加维生素 C 组的花鲈幼鱼血清溶菌酶和总补体活性显著低于维生素 C 添加组 ( $P < 0.05$ ), 花鲈幼鱼血清溶菌酶活力和总补体活性随着维生素 C 添加量的增加而升高。维生素 C 添加量在 49.3—197.5mg/kg 间时, 花鲈幼鱼的溶菌酶活力和总补体活性呈现一个平台期, 达到 396.4mg/kg 时, 与其他实验组相比有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

表 2 饲料维生素 C 添加量对花鲈幼鱼生长和免疫的影响  
Tab.2 Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of juvenile *L. japonicus*

饲料标号	C <sub>0</sub>	C <sub>49.3</sub>	C <sub>98.9</sub>	C <sub>197.5</sub>	C <sub>396.4</sub>	C <sub>1989.8</sub>
初重(g)	10.30 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	9.86 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	11.67 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	10.38 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>	10.07 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	10.91 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>
末重(g)	19.16 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	22.98 $\pm$ 2.35 <sup>a</sup>	32.79 $\pm$ 1.29 <sup>b</sup>	29.67 $\pm$ 0.97 <sup>b</sup>	29.00 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	29.85 $\pm$ 1.41 <sup>b</sup>
增重率(%)	86.00 $\pm$ 5.19 <sup>a</sup>	133.00 $\pm$ 2.08 <sup>b</sup>	181.00 $\pm$ 6.02 <sup>c</sup>	186.00 $\pm$ 3.06 <sup>c</sup>	188.00 $\pm$ 5.85 <sup>c</sup>	174.00 $\pm$ 9.86 <sup>c</sup>
饲料效率(%)	67.00 $\pm$ 3.06 <sup>a</sup>	81.00 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>	93.00 $\pm$ 4.73 <sup>c</sup>	93.00 $\pm$ 1.00 <sup>c</sup>	95.00 $\pm$ 6.66 <sup>c</sup>	92.00 $\pm$ 3.21 <sup>c</sup>
特定生长率(%)	0.48 $\pm$ 0.027 <sup>a</sup>	0.67 $\pm$ 0.025 <sup>b</sup>	0.81 $\pm$ 0.036 <sup>c</sup>	0.82 $\pm$ 0.017 <sup>c</sup>	0.83 $\pm$ 0.035 <sup>c</sup>	0.79 $\pm$ 0.015 <sup>c</sup>
成活率(%)	75.00 $\pm$ 5.0 <sup>a</sup>	93.33 $\pm$ 2.89 <sup>b</sup>	96.67 $\pm$ 2.89 <sup>b</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	96.67 $\pm$ 2.89 <sup>b</sup>	98.33 $\pm$ 2.89 <sup>b</sup>
溶菌酶活力(IU/ml)	1.20 $\pm$ 0.303 <sup>a</sup>	1.63 $\pm$ 0.017 <sup>b</sup>	1.61 $\pm$ 0.05 <sup>bc</sup>	1.63 $\pm$ 0.038 <sup>bc</sup>	1.74 $\pm$ 0.032 <sup>cd</sup>	1.80 $\pm$ 0.017 <sup>d</sup>
总补体活性(U/ml)	84.9 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	99.90 $\pm$ 2.80 <sup>b</sup>	99.10 $\pm$ 0.76 <sup>b</sup>	102.60 $\pm$ 1.46 <sup>b</sup>	118.50 $\pm$ 4.48 <sup>c</sup>	146.40 $\pm$ 1.78 <sup>d</sup>

注: 同一行中具不同字母标记的值表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

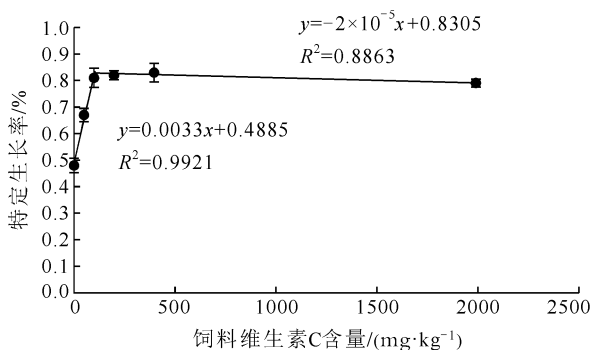


图 1 饲料维生素 C 对花鲈幼鱼特定生长率的影响

Fig.1 Effects of dietary vitamin C on specific growth rate of juvenile *L. japonicus*

### 2.2 维生素 C 不同添加量对花鲈幼鱼组织中维生素 C 含量的影响

维生素 C 不同添加量对花鲈幼鱼组织中维生素 C 含量的影响见图 2。由图 2 可知, 对照组组织中维生素 C 积累量最低, 各组肌肉和肝脏中维生素 C 积累量随着饲料中维生素 C 添加量的增加而升高, 且各实验组与对照组之间得差异性显著 ( $P < 0.05$ ), 饲料中维生素 C 添加量在 0—98.9mg/kg 时, 花鲈肌肉和肝脏中维生素 C 的积累量随饲料中维生素 C 的增加而显著增加 ( $P < 0.05$ ), 而饲料中维生素 C 添加量在达到 98.9mg/kg 之后, 其肝脏和肌肉中维生素 C 积累量变化不显著 ( $P > 0.05$ )。

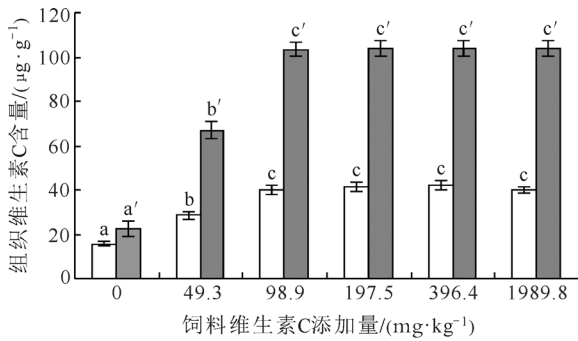


图2 饲料维生素C对花鲈幼鱼组织中维生素C含量的影响

Fig.2 Effect of dietary vitamin C on tissue vitamin C concentrations in juvenile *L. japonicus*

注:空白柱表示肌肉,阴影柱表示肝脏。图中具不同字母标记的值表示差异显著( $P < 0.05$ )

以维生素C添加量与肝脏中维生素C的积累量作回归直线,通过折线法求得两条直线相交点值,即花鲈幼鱼获得最大肝脏中维生素C的积累量时饲料中维生素C最低添加量为97.2mg/kg(图3);以维生素C添加量与肌肉中维生素C的积累量作回归直线,通过折线法求得两条直线相交点值,即花鲈幼鱼获得最大肌肉中维生素C的积累量时饲料中维生素C最低添加量为105.0mg/kg(图4)。

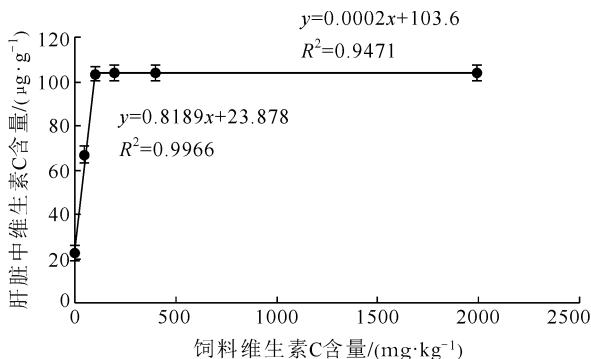


图3 饲料维生素C对花鲈幼鱼肝脏中维生素C含量的影响

Fig.3 Effects of dietary vitamin C on liver vitamin C concentrations in juvenile *L. japonicus*

### 3 讨论

#### 3.1 维生素C与花鲈生长的关系

维生素C既是一种具广泛生理功能的营养素,又是一种具免疫作用的免疫调节因子,有明显的抗感染作用,但许多鱼类自身不能合成维生素C,必须通过饲料或食物中获得。饲料中添加维生素C能显著增强花鲈(*Lateolabrax japonicus* Cuvier et Valenciennes) (Ai et al, 2004)、点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*

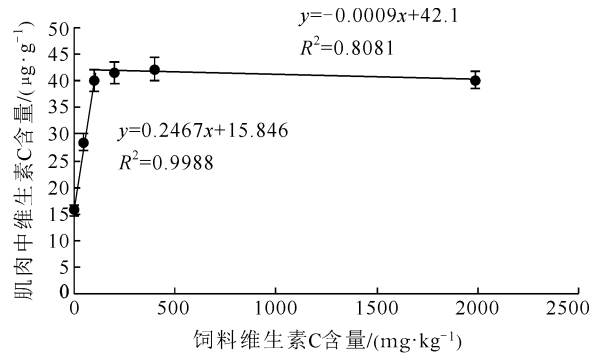


图4 饲料维生素C对花鲈幼鱼肌肉中维生素C含量的影响

Fig.4 Effects of dietary vitamin C on muscle vitamin C concentrations in juvenile *L. japonicus*

Schneider) (周歧存等, 2005)和大口黑鲈(*Micropterus salmoides* Lacépède) (谢一荣等, 2006)等海水鱼类的生长性能。从本实验结果可以得出,维生素C是花鲈幼鱼生长必不可少的营养素,维生素C对花鲈幼鱼各项生长指标影响的变化趋势基本一致。添加维生素C后,能明显提高花鲈幼鱼的增重率、饲料系数、特定生长率和成活率等;当维生素C添加量超过98.9mg/kg时,对花鲈幼鱼的生长性能并无显著影响,有些指标随着维生素C添加量的增加反而有所下降,但没有表现出显著性差异,这个结果与Ai等(2004)的研究结果相类似。另外,未添加维生素C的对照组和低剂量组未见有维生素C缺乏症产生。据Lee等(1998)报道,许氏平鲈(*Sebastes schlegeli* Higendorf)饲料在不添加维生素C的情况下,在12—16周时才表现出维生素C的缺乏症,本次实验中没有花鲈对维生素C的外表缺乏症状出现,究竟维生素C缺乏能否引起花鲈外表缺乏症状出现,还有待进一步做更长久的饲养实验才能证明。

在水产动物营养研究中,肝脏和肌肉中维生素C积累量是一个衡量维生素C需要量的重要指标(张玲等, 2003),据Lee等(1998)和周歧存等(2005)报道,许氏平鲈和点带石斑鱼肌肉和肝脏中维生素C积累量也都与饲料维生素C添加量呈正相关关系,与上述结果类似,本次实验中饲料中维生素C在一定范围时,肝脏中维生素C的积累会随饲料中维生素C的增加而升高,但当饲料中维生素C添加量高于98.9mg/kg时,肌肉和肝脏中维生素C含量变化不明显,这时组织中维生素C积累量可能就达到肝脏和肌肉储存的饱和浓度,并且通过折线法得知,花鲈幼鱼获得最大肝脏和肌肉中维生素C的积累量时饲料中维生素C

最低添加量为 97.2mg/kg 和 105.0mg/kg。根据本次结果还可以得出, 肌肉中维生素 C 积累量比肝脏中维生素 C 积累量少, 说明维生素 C 在花鲈体内各组织中的分布和积累是不同的, 肝脏由于是维生素 C 的主要代谢场所, 所以其维生素 C 积累量远比肌肉中积累量高, 其具体代谢机理还有待进一步研究。

### 3.2 维生素 C 与花鲈免疫反应的关系

溶菌酶是一种低分子量、不耐热的碱性蛋白, 主要来源于吞噬细胞。据 Marja 等(1992)报道, 在一定程度上, 血清中溶菌酶活力变化与循环系统中白细胞数目变化相一致, 白细胞数目多, 溶菌酶活力就增加, 二者呈正相关。秦启伟等(2000)的研究也表明饲料中添加维生素 C 能显著提高青石斑鱼(*Epinephelus awoara* Temminck et Schlegel)血清中的溶菌酶活性。本次实验发现饲料中添加维生素 C 能显著提高花鲈幼鱼血清中溶菌酶活性, 当维生素 C 添加量达到 49.3mg/kg 时, 就能显著增强溶菌酶活性; 而 Ai 等(2004)的研究则是要达到 489.0mg/kg 才能显著增强溶菌酶活性。这可能是鱼体生长阶段、生理状态和饲养环境不同而造成的, 本实验中, 溶菌酶活性随着饲料中维生素 C 添加量的增加而升高, 表明维生素 C 具有激活花鲈幼鱼溶菌酶活性的功效。

补体是一种非常重要的非特异性体液免疫因子。国内外有关维生素 C 与鱼类免疫机制之间的关系研究表明, 在饵料中添加维生素 C 可以明显地影响鱼类补体的抗体依赖性溶血活动, 维生素 C 对补体的可能作用机制是参与羟脯氨酸和羟赖氨酸的形成, 补体的经典激活途径 C1 复合体的 C1q 在化学结构上有大量的羟脯氨酸和羟赖氨酸残基, 因而适量的维生素 C 可激活补体活性。Li 等(1985)、Hardie 等(1991)和秦启伟等(2000)用高剂量的维生素 C 分别投喂斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus* Rafinesque)、大西洋鲑(*Salmo salar* Linnaeus)和青石斑鱼, 均发现鱼体血清中补体活性明显提高。本实验结果与上述研究相似, 添加维生素 C 的各组花鲈幼鱼血清补体活性显著高于不添加维生素 C 组(C<sub>0</sub>), 血清补体活性随饲料维生素 C 水平的增加而增加, 且呈显著性差异, 表明在饲料中添加维生素 C 可以明显地影响花鲈幼鱼补体的抗体依赖性溶血活动, 饲料中维生素 C 缺乏或不足都会影响花鲈幼鱼非特异性免疫功能下降。

### 3.3 花鲈幼鱼饲料中最适维生素 C 含量的确定

多数养殖鱼类对维生素 C 的最适生长需要量为 50—100mg/kg 饲料, 以增重率和特定生长率为指标,

点带石斑鱼维生素 C 的适宜需要量为 70mg/kg(周歧存等, 2005), 条石鲷(*Oplegnathus fasciatus* Temminck et Schlegel)则为 12mg/kg(Wang *et al*, 2003)。本实验中, 维生素 C 添加量达到 98.9mg/kg 饲料时, 花鲈幼鱼的增重率、饲料系数、特定生长率和成活率都有显著性的提高, 而以特定生长率为指标, 通过折线法可知花鲈幼鱼生长性能最佳的饲料维生素 C 需要量是 103.0mg/kg 左右; 而从组织维生素 C 积累量来看, 当饲料中维生素 C 添加量高于 98.9mg/kg 时, 花鲈幼鱼肌肉和肝脏中维生素 C 含量增加不明显, 并且通过折线法可知, 花鲈幼鱼获得最大肝脏和肌肉中维生素 C 的积累量时饲料中维生素 C 最低添加量为 97.2mg/kg 和 105.0mg/kg。从免疫方面考虑, 不同养殖鱼类对饲料维生素 C 的最适免疫需要量不同(Dabrowski *et al*, 2001; Montero *et al*, 1999), 以血清皮质醇含量、溶菌酶活力和补体活性为指标, 金头鲷(*Sparus aurata* L.)摄食维生素 C 含量为 250mg/kg 的饲料时, 耐密集和抗病力较强, 摄食含量为 500—300mg 维生素 C 的饲料时, 头、肾白细胞的吞噬活性、呼吸爆发活力较强(Mulero *et al*, 1998; Ortuno *et al*, 2001); 大西洋鲑饲料维生素 C 含量达 3000mg/kg 时, 抗体形成和补体活性均有显著性提高(Hardie *et al*, 1991)。本实验中, 从溶菌酶活性和总补体活性等判据来看, 花鲈幼鱼免疫力在一定范围内随维生素 C 增加而提升: 在饲料维生素 C 含量为 1989.8mg/kg 时, 花鲈幼鱼血清中溶菌酶活性和总补体活性与其他实验组相比有显著性差异, 从经济成本结合各免疫力指标可以认为, 饲料维生素 C 为 396.4mg/kg 时就可使花鲈幼鱼获得较强的抗病力。综上所述, 花鲈幼鱼生长性能最佳的饲料维生素 C 需要量是 100mg/kg 左右, 获得较强的抗病力的饲料维生素 C 需要量是 396.4mg/kg。因此, 作者认为, 为减少病害带来的损失, 在疾病多发季节应适当提高饲料维生素 C 含量, 建议在原有的基础上再增加到 400mg/kg 左右。

### 参 考 文 献

- 王 雷, 李光友, 毛远兴, 1995. 中国对虾血淋巴中的抗菌、溶菌活力与酚氧化酶活力的测定及其特性研究. 海洋与湖沼, 3(2): 179—185
- 中国饲料工业协会, 2002. 饲料工业标准汇编. 北京: 中国标准出版社, 70—92
- 杜震宇, 刘永坚, 郑文晖等, 2002. 三种脂肪源和两种降脂因子对鲈生长、体营养成分组成和血清生化指标的影响. 水产学报, 26(6): 542—550

- 张玲, 孙修勤, 2003. 鱼类免疫促进剂——维生素 C 和维生素 E. 高技术通讯, 10: 102—106
- 周歧存, 刘永坚, 麦康森等, 2005. 维生素 C 对点带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 生长及组织中维生素 C 积累量的影响. 海洋与湖沼, 36(2): 152—158
- 柳忠辉, 吕昌龙, 2002. 免疫学常用实验技术. 北京: 科学出版社, 48—56
- 秦启伟, 吴灶和, 周永灿等, 2000. 饵料维生素 C 对青石斑鱼的非特异性免疫调节作用. 热带海洋, 19(1): 58—63
- 谢一荣, 吴锐全, 谢骏等, 2006. 维生素 C 对大口黑鲈生长与非特异性免疫的影响. 南方水产, 2(3): 40—45
- 熊忠, 2001. Folin B 光度法测定动物组织中的维生素. 科技通报, 17(3): 31—32
- 潘勇, 王福强, 刘焕亮, 2000. 花鲈配合饲料中鱼粉与豆粕适宜比例的研究. 大连水产学院学报, 15(3): 157—163
- Ai Q H, Mai K S, Zhang C X *et al*, 2004. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 242: 489—500
- Ai Q H, Mai K S, Zhang W B *et al*, 2007. Effects of exogenous enzymes (phytase, non-starch polysaccharide enzyme) in diets on growth, feed utilization, nitrogen and phosphorus excretion of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology, 147(2): 502—508
- Dabrowski K, Ciereszko A, 2001. Ascorbic acid and reproduction in fish: endocrine regulation and gamete quality. Aquaculture Research, 32: 623—638
- Durve V S, Lovell R T, 1982. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can J Fish Aquat Sci, 39: 948—951
- Fracalossi D M, Allen M E, Yuyama L K *et al*, 2001. Ascorbic acid biosynthesis in Amazonian fishes. Aquaculture, 192: 321—332
- Hardie L J, Fletcher T C, Secombes C J, 1991. The effect of dietary vitamin C on the immune response of the Atlantic salmon *Salmo salar* L.. Aquaculture, 95(2): 201—214
- Lee K J, Kim K W, Bai C, 1998. Effects of different dietary levels of L-ascorbic acid on growth and tissue vitamin C concentration in juvenile Korean rockfish. Aquaculture Research, 29(4): 237—244
- Li Y, Lovell R T, 1985. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. J Nutr, 115(1): 123—131
- Lim C, Lovell R T, 1978. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Journal of Nutrition, 108: 1137—1146
- Mai K S, Zhang L, Ai Q H *et al*, 2006. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 258: 535—542
- Marja M, Antti S, 1992. Changes in plasma lysozyme and blood leucocyte levels of hatchery-reared Atlantic Salmon and sea trout during parr-smolt transformation. Aquaculture, 106: 75—78
- Montero D, Marrero M, Izquierdo M S *et al*, 1999. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) juveniles subjected to crowding stress. Aquaculture, 168: 269—278
- Mulero V, Esteban M A, Meseguer J *et al*, 1998. Effects of in vitro addition of exogenous vitamins C and E on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) phagocytes. Veterinary Immunology and Immunopathology, 185—199
- Navarre O, Halver J, 1989. Disease resistance and humoral antibody production in rainbow trout fed high levels of vitamin C. Aquaculture, 79: 207—221
- Ortuno J, Cuesta A, Esteban M A *et al*, 2001. Effects of oral administration of high vitamin C and E dosages on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. Veterinary Immunology and Immunopathology, 167—180
- Wang X J, Kin K W, Bai S C *et al*, 2003. Effect of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Aquaculture, 215: 203—211
- Wilson R P, Poe W E, 1973. Impaired collagen formation in the scorbutic channel catfish. Journal of nutrition, 103: 1359—1364

## EFFECTS OF DIETARY VITAMIN C ON GROWTH AND IMMUNITY OF JUVENILE JAPANESE SEABASS *LATEOLABRAX JAPONICUS*

ZHOU Li-Bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, WANG An-Li<sup>1</sup>, MA Xi-Lan<sup>2</sup>, ZHANG Hai-Fa<sup>3</sup>, LIUFU Yong-Zhong<sup>3</sup>

(1. College of Life Science, South China Normal University, Key Laboratory of Ecology and Environmental Science in Guangdong Higher Education, Guangzhou, 510631; 2. Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou, 516007; 3. Guangdong Daya Bay Fisheries Development Center, Huizhou, 516081)

**Abstract** The effects of dietary vitamin C on growth performance (growth rate, feed efficiency ratio, specific growth rate, and survival rate), and immunity (lysozyme activity and total complement activity) of juvenile Japanese seabass *Lateolabrax japonicus* were studied with the extension to the vitamin C accumulation and distribution in different organs or tissues of the fish. Six iso-nitrogenous and iso-energetic diets were formulated in gradient level of vitamin C at 0, 49.3, 98.9, 197.5, 396.4 and 1989.8mg/kg diet, and fed the fish twice a day (07:30 and 16:30) for 8 weeks in 18 floating net cages (1.5×1.0×1.0m<sup>3</sup>) containing 20 fish [initial weight: (10.5±1.0)g]. The growth performance of the fish fed with the vitamin C enriched diets was significantly better than that of the control ( $P<0.05$ ). The growth rate and specific growth rate increased significantly with increasing dietary vitamin C from 0 to 106.6mg/kg, the best, so did the vitamin C concentrations in organs of the fish ( $P<0.05$ ), especially in liver and muscle. Beyond 98.9mg/kg of vitamin C ( $P>0.05$ ), no significant differences were observed in the performance. The vitamin C concentration reached maximum value in liver and muscle at 97.2 and 105.0mg/kg, respectively. The vitamin C enriched feed also enhanced the lysozyme activity and total complement activity of serum significantly with increasing dietary content, and reached maximal level at 396.4mg/kg. Therefore, in our practice, 400 mg/kg of dietary vitamin C was the best.

**Key words** Japanese seabass *Lateolabrax japonicus*, Vitamin C, Growth, Immune response, Tissue concentration