

文章编号:1000-0615(2009)01-0095-08

饲料维生素E添加量对花鲈生长、组织中维生素E 积累量和免疫指标的影响

周立斌^{1,2}, 张伟¹, 王安利¹, 张海发³, 刘付永忠³

(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, 广东 广州 510631;

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

摘要:采用单因子试验设计方法,进行了饲料中添加维生素E对花鲈生长(增重率、存活率、特定生长率、饲料效率)、组织中维生素E积累量和免疫指标(血清中溶菌酶活性和总补体活性)影响的研究,设计了5个不同维生素E水平(0.6、24.7、49.0、98.8、198.2 mg/kg)的等氮等能饲料,对花鲈进行为期8周的生长实验,每个水平含3个重复,每个养殖单元放养初始体重为10.1 g左右的花鲈20尾。饲养试验在海水网箱(1.5 m×1.0 m×1.0 m)中进行。结果表明:饲料中未添加维生素E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E添加组,随着饲料中维生素E添加量由0.6提高到49.0 mg/kg时,花鲈的增重率和特定生长率显著提高,以增重率和特定生长率为指标,花鲈最佳生长性能的饲料维生素E添加量为60.5 mg/kg左右;对鱼体生物学指标的分析表明,饲料中维生素E添加量达到49 mg/kg时能显著影响鱼体的肝体比指数,鱼体水分、粗脂肪不受饲料中维生素E添加水平的影响,然而对鱼体粗蛋白含量的影响显著;随着饲料中维生素E添加量由0.6提高到49.0 mg/kg时,花鲈肌肉和肝脏中维生素E的积累量显著升高,但当维生素E添加量达到49.0 mg/kg后,肌肉和肝脏中维生素E的积累量变化不显著;饲料中未添加维生素E组的花鲈血清溶菌酶和总补体活性显著低于维生素E添加组,花鲈血清溶菌酶和总补体活性随着维生素E添加量的增加而显著升高,饲料维生素E添加量达到98.8 mg/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E适宜添加量为60.5~98.8 mg/kg。

关键词:花鲈;维生素E;生长;组织中维生素E积累量;免疫

中图分类号:S 966.12

文献标识码:A

维生素E作为一种重要的营养成分对鱼类生长和繁殖起重要作用,长期投喂缺乏维生素E的饲料,鱼类表现为体重减轻、性腺成熟度低、红细胞脆性降低等特点。维生素E能提高鱼体的抗病力^[1-2],维生素E的缺乏导致鱼类免疫反应降低^[3-4]。另外维生素E与鱼类的免疫过程直接相关,维生素E的缺乏可导致凝集能力、吞噬能力、血清补体活力等免疫反应下降^[5],并且在养殖鱼类饲料中补充维生素E对维持鱼类正常免疫功能,促进对病原体的抵抗力是必需的^[6]。

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^[7-11],但对花鲈维生素E营养需求的研究不多,Chou等^[12]曾报道了饲料中维生素E对花鲈的产卵性能和卵质的影响。本试验通过在配合饲料中添加不同剂量的维生素E,研究维生素E对花鲈生长、组织中维生素E积累量和免疫力的影响,以期为

收稿日期:2008-01-12 修回日期:2008-09-29

资助项目:国家科技支撑计划课题(2007BAD29B04);广东省科技计划项目(2007B020708013);广东省重大科技兴海(兴渔)项目(A200501G01)

通讯作者:王安利, E-mail: wanganl@scnu.edu.cn

花鲈饲料配制和疾病防治提供依据。

1 材料与方

1.1 试验鱼及实验设计

试验于2006年5-7月在广东大亚湾水产试验中心进行,花鲈购自大亚湾海区,先放入暂养池中用基础饲料(表1)驯养2周,让其适应试验条件。试验分为5组,每组含3个重复,将平均体重为(10.1±0.5)g的300尾花鲈随机分在15个1.5m×1.0m×1.0m的网箱中,每箱20尾,每组试验鱼初重差异不显著($P > 0.05$)。以维生素E醋酸酯(罗氏公司提供)作为维生素E添加源,1~5号试验饲料中维生素E按照0(对照组),25,50,100和200mg/kg(实际维生素E含

量,非维生素E醋酸酯添加量)添加,以微晶纤维素为填充剂,使各试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,50℃烘箱中烘干,置于-10℃冰箱保存备用。通过实测得各组饲料中维生素E含量为0.6、24.7、49.0、98.9、198.2mg/kg,分别用E₀(对照组)、E₂₅、E₄₉、E₉₉和E₁₉₈来表示。

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, NH₄⁺-N≤1.8mg/L。水体处于微流水状态(水体交换率每日4次)。

表1 基础饲料组成及营养水平
Tab.1 Composition of the basal diet and nutrition level

原料 ingredients	百分率 percent	营养成分 nutrition composition	水平 level
鱼粉 white fish meal	50	干物质 dry matter	91.27
豆粕 soybean meal	9	粗蛋白 crude protein	43.74
酵母粉 beer yeast	3	粗脂肪 crude lipid	12.61
小麦粉 wheat meal	25.7	粗灰分 crude ash	10.78
豆油 soybean oil	2.5		
鱼油 fish oil	3		
添加剂 ^a attractant	0.3		
卵磷脂 lecithin	2.5		
矿物质预混料 ^b mineral premix	2		
维生素预混料 ^c vitamin premix	2		

注:a. 添加剂:甘氨酸,甜菜碱;b, c 参考文献[9]推荐的花鲈复合矿物质和复合维生素,略作修改;
b. 每kg日粮中微量元素预混料含:NaF,2mg;KI,0.8mg;CoCl₂·6H₂O,50mg;CuSO₄·5H₂O,10mg;FeSO₄·H₂O,80mg;ZnSO₄·H₂O,50mg;MnSO₄·H₂O,60mg;MgSO₄·7H₂O,1200mg;Ca(H₂PO₃)₂,3000mg;NaCl,100mg;zoelite,15450mg.
c. 每kg日粮中维生素预混料含:维生素B₁,25mg;核黄素,45mg;维生素B₆(盐酸吡哆辛),20mg;维生素B₁₂,0.1mg;维生素K₃,10mg;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D₃,5mg;维生素C,2000mg;氯化胆碱,2500mg;乙氧基奎宁,150mg;次粉,18520mg
Notes:a. attractant: glycine, betaine;b, c. mineral mixture and vitamin mixture after reference[9];b. Mineral premix contained(in per kg diet):NaF,2mg;KI,0.8mg;CoCl₂·6H₂O,50mg;CuSO₄·5H₂O,10mg;FeSO₄·H₂O,80mg;ZnSO₄·H₂O,50mg;MnSO₄·H₂O,60mg;MgSO₄·7H₂O,1200mg;Ca(H₂PO₃)₂,3000mg;NaCl,100mg;zoelite,15450mg
c. vitamin premix contained(in per kg diet):V_{B1} thiamin,25mg;riboflavin,45mg;V_{B6}, pyridoxine HCl,20mg;V_{B12},0.1mg;V_{K3},10mg;inositol,800mg;pantothenic acid,60mg;niacin acid,200mg;folic acid,20mg;biotin,1.20mg;V_A retinol acetate,32mg;V_{D3} cholecalciferol,5mg;V_C,2000mg;choline chloride,2500mg;ethoxyquin,150mg;wheat middling,18520mg

饲养试验前4周每天按照鱼体总重的3.0%投喂,后4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左右。

1.3 指标测定

生长指标测定 经过8周的饲养之后,对试验鱼生长性能指标等进行测定,计算公式为:

$$\text{比肝重 (HIS, \%)} = \frac{\bar{W}_l}{\bar{W}_t} \times 100$$

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

$$\text{成活率 (survival rate, \%)} = N_t / N_o \times 100$$

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

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

式中: W_t ——第 t 天后各组鱼体总重(g); W_0 ——初始时各组鱼体总重(g); t ——饲养天数(d); F —— t 天内摄取的饲料量(g); \bar{W}_t ——第 t 天后各组鱼体平均体重(g); \bar{W}_0 ——初始时各组鱼体平均体重(g); N_t ——第 t 天后各组鱼总数(尾); N_0 ——初始各组鱼总数(尾); \bar{W}_l ——第 t 天后各组鱼体平均肝脏重(g)。

饲料中营养成分的测定 饲料中维生素 E、粗蛋白、粗脂肪、水分、粗灰分的测定按照国标 GB/T17812-1999、GB/T6432-1994、GB/T6433-1994、GB/T6435-1986、GB/T6438-1992 方法测定^[13]。

血清样品的制备和溶菌酶活性和总补体活性的测定 (1)血清样品的制备。采用尾静脉抽血法,取全血在室温下放置 1 h,再放于 4 °C 过夜,然后 2 000 r/min 离心 15 min 以制成血清供免疫学指标的检测。

(2)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^[14]的方法进行。

(3)补体总活性测定。参照柳忠辉等^[15]的方法,略作修改。血清总补体活性(U) = 1/血清用量 × 稀释倍数

肝脏及肌肉组织中维生素 E 的测定 组织中维生素 E 的测定参照徐立红等^[16]的高效液相色谱法测定。

数据处理统计 所有的结果均以平均值 ± 标准偏差来表示。试验数据采用 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。图形处理以及回归方程计算用 Excel 进行。

2 结果

2.1 维生素 E 不同添加量对花鲈生长性能的影响

经过 8 周养殖试验,各试验组花鲈增重率、饲料效率、特定生长率和成活率见表 2。由表 2 可知,饲料中添加维生素 E 对花鲈的生长影响显著($P < 0.05$),随着饲料中维生素 E 添加量从 0 增加到 49 mg/kg 时,花鲈的增重率和特定生长率显著提高($P < 0.05$),然而当饲料中维生素 E 的添加量超过 49 mg/kg 饲料时,增重率和特定生长率增加不显著,饲料中添加维生素 E 各试验组的饲料效率显著高对照组(E_0),但各试验组的饲料效率差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 饲料维生素 E 水平对花鲈生长、存活及肝体指数的影响

Tab.2 Effect of dietary vitamin E level on growth and survival of Japanese seabass

	E_0	E_{25}	E_{49}	E_{99}	E_{198}
平均初重(g) initial weight	9.90 ± 0.20	9.79 ± 0.33	10.63 ± 0.21	10.35 ± 0.60	10.97 ± 0.57
平均末重(g) final weight	21.60 ± 2.16 ^a	23.72 ± 1.03 ^a	28.68 ± 1.08 ^b	29.15 ± 0.13 ^b	30.92 ± 1.95 ^b
增重率(%) weight gain rate	118.18 ± 2.65 ^a	142.29 ± 4.58 ^b	169.80 ± 2.08 ^c	181.64 ± 9.84 ^c	181.86 ± 5.86 ^c
饲料效率(%) feed efficiency	74.46 ± 4.73 ^a	86.25 ± 2.52 ^b	82.96 ± 2.65 ^b	90.39 ± 1.73 ^b	87.81 ± 1.53 ^b
特定生长率(%) specific growth	0.61 ± 0.02 ^a	0.69 ± 0.06 ^b	0.77 ± 0.04 ^c	0.80 ± 0.02 ^c	0.82 ± 0.07 ^c
肝体指数(%) hepatosomatic index	1.51 ± 0.021 ^a	1.45 ± 0.025 ^a	1.30 ± 0.068 ^b	1.47 ± 0.042 ^a	1.49 ± 0.015 ^a
成活率(%) survival rate	81.7 ± 0.89 ^a	88.4 ± 2.85 ^b	88.4 ± 1.12 ^b	90.7 ± 0.90 ^b	91.2 ± 5.31 ^b

注:同一行中具不同字母标记的值表示差异显著($P < 0.05$)

Notes: Data with different letters in the same row mean significant difference($P < 0.05$)

以维生素 E 添加水平与增重率作回归直线,通过折线法求得两条直线相交点值,即花鲈获得最大增重率时饲料中维生素 E 最低添加量为 60.5 mg/kg(图 1);以维生素 E 添加水平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,即花鲈获得最高特定生长率时饲料中维

生素 E 最低添加量为 58.4 mg/kg(图 2)。成活率以对照组(E_0)最低,其余 5 个试验组成活率差异不显著($P > 0.05$)。从表 2 可以看出,试验组中以添加 49 mg/kg 维生素 E 组的肝体指数最小,且与对照组和其他试验组差异显著($P < 0.05$)。

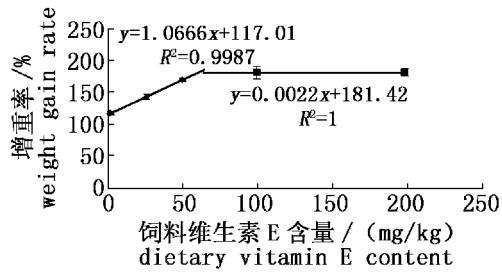


图1 试验各组的增重率与饲料维生素E含量的关系
Fig. 1 The relationship between weight gain rate and dietary vitamin E in different treatments

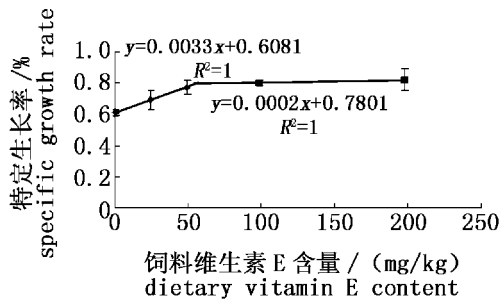


图2 试验各组的特定生长率与饲料维生素E含量的关系
Fig. 2 The relationship between specific growth and dietary vitamin E in different treatments

2.2 维生素E不同添加量对花鲈肌肉组成的影响 各试验组花鲈水分、粗蛋白、粗脂肪含量见表3,各组花鲈肌肉水分和粗脂肪含量差异不显著($P>0.05$),试验组中以维生素E添加量49 mg/kg组的粗蛋白含量较高,且显著高于对照组和其他各试验组的水平($P<0.05$)。

表3 饲料中维生素E添加量对花鲈肌肉成分的影响

	E ₀	E ₂₅	E ₄₉	E ₉₉	E ₁₉₈
水分含量 moisture concentration	75.45 ± 0.87	74.89 ± 0.66	74.56 ± 1.58	74.68 ± 0.95	75.12 ± 0.56
粗脂肪 fat concentration	6.32 ± 0.53	5.67 ± 0.35	5.44 ± 0.25	5.78 ± 0.17	5.77 ± 1.30
粗蛋白 protein concentration	15.14 ± 1.62 ^a	15.89 ± 0.19 ^b	16.58 ± 0.21 ^c	15.77 ± 0.88 ^b	15.84 ± 0.07 ^b

注:同一行中具不同字母标记的值表示差异显著($P<0.05$)

Notes: Data with different letters in the same row mean significant difference ($P<0.05$)

2.4 维生素E不同添加量对花鲈血清溶菌酶活性和总补体活性的影响

饲料中不同维生素E水平对花鲈血清溶菌酶活性和总补体活性的影响见表4。从表4可以看出,对照组E₀组溶菌酶活性和总补体活性最低,

2.3 维生素E不同添加量对花鲈组织中维生素E积累量的影响

维生素E不同添加量对花鲈组织中维生素E含量的影响见图3。由图3可知对照组组织中维生素E积累量最低,各组肌肉和肝脏中维生素E积累量随着饲料中维生素E添加量的增加而升高,且各试验组与对照组之间得差异性显著($P<0.05$),饲料中维生素E添加量在0.6~49 mg/kg时,花鲈肌肉和肝脏中维生素E的积累量随饲料中维生素E的增加而显著增加,而饲料中维生素E添加量在达到49 mg/kg之后,其肝脏和肌肉中维生素E积累量变化不显著($P>0.05$)。

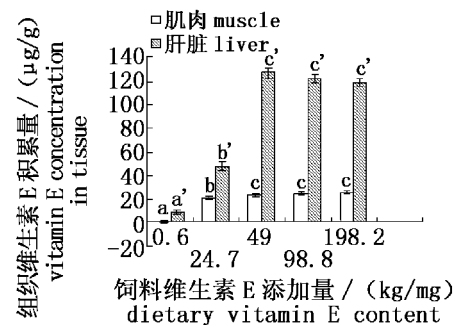


图3 饲料维生素E对花鲈组织中维生素E积累量的影响

图中具不同字母标记的值表示差异显著($P<0.05$)

Fig. 3 Effect of dietary vitamin E level on tissue vitamin E concentration in Japanese seabass

Data with different letters in the figure mean significant difference ($P<0.05$)

与其他试验组的差异显著,花鲈血清溶菌酶活性和总补体活性随着维生素E添加量的增加而升高,在添加量达到98.8 mg/kg时,溶菌酶活性和总补体活性较高。

表 4 饲料中维生素 E 对花鲈血清中溶菌酶活性和总补体活性的影响
 Tab.4 Effects of dietary vitamin E level on the serum lysozyme activity and total complement activity of Japanese seabass

	IU/mL				
	E ₀	E ₂₅	E ₄₉	E ₉₉	E ₁₉₈
溶菌酶活力 lysozyme activity	1.52 ± 0.05 ^a	1.62 ± 0.02 ^b	1.63 ± 0.02 ^b	1.77 ± 0.05 ^c	1.71 ± 0.05 ^c
补体总活性 total complement activity	84 ± 3.29 ^a	101 ± 5.04 ^b	104 ± 2.93 ^c	104 ± 1.35 ^c	105 ± 5.01 ^c

注:同一行中具不同字母标记的值表示差异显著($P < 0.05$)

Notes: Data with different letters in the same row mean significant difference ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 维生素 E 与花鲈生长与营养性能的关系

通过在基础饲料中添加不同含量的维生素 E 饲养花鲈 8 周后,发现摄食缺乏维生素 E 饲料的花鲈生长缓慢,饲料效率偏低。随饲料维生素 E 添加量的增加,花鲈生长状况明显得到改善,当饲料维生素添加量达到或超过 49.0 mg/kg 时,增重率和特定生长率达到一平台(表 2,图 1,图 2)。这些结果表明,饲料中维生素 E 是维持花鲈正常生长所必需的营养元素。依增重率和特定生长率得到花鲈对饲料中维生素 E 的需要量为 60.5 mg/kg 和 58.4 mg/kg,这一结果高于在大西洋鲑 (*Salmo salar*) (35 mg/kg)^[17]、杂交鲈 (*Roccus saxatilis*) (28 mg/kg)^[18]、石斑鱼 (*Sebastes schlegel*) (45 mg/kg)^[19] 的研究中得到的数值,但低于在虹鳟 (*Salmo gairdnerii*) (100 mg/kg)^[20]、黄尾鲷 (*Seriola lalandei*) (119 mg/kg)^[21] 的研究中得到的数值。这可能与实验鱼种类、饲料的组成及适口性、实验鱼的大小、投喂次数及水平、实验条件等多种因素有关。适量的维生素 E 能促进机体生长,而维生素 E 过量也可能影响鱼类的生长发育和成活率^[17]。当实验饲料中维生素 E 添加量超过 49 mg/kg 时,花鲈的增重率、饲料系数、特定生长率增加不明显,有些指标反而有所下降,因此花鲈饲料中维生素 E 添加量应适当。另外在本试验中,49 mg/kg 饲料组肝体指数最小,且同其它试验组间的差异显著 ($P < 0.05$),表明饲料中维生素 E 的添加量对肝脏的生理机能有一定的影响,花鲈饲料中维生素 E 添加量过高或过低都会使鱼体肝体指数变大,影响花鲈肝脏正常的生理功能。

在水产动物营养研究中,肝脏和肌肉中维生素 E 积累量是一个衡量维生素 E 需要量的重要

指标,食物中维生素 E 与组织中维生素 E 具有明显的相关性,富含维生素 E 的食物能使水产动物肝脏中维生素 E 积累量明显增加。本试验中,维生素 E 添加量在 0.6 ~ 49 mg/kg 时,花鲈肝脏和肌肉中维生素 E 积累量的变化与增重率的变化相似,都是随着饲料中维生素 E 含量的升高而显著上升并在某一阶段达到峰值,然后变化趋于平稳。这个结果与许氏平鲷 (*Sebastes schlegelii*)^[22] 中的结果相类似,表明花鲈肝脏内可能存在一个维生素 E 的“库”,肝脏和肌肉组织中维生素 E 的积累量会随饲料中维生素 E 的增加而升高,但当其达到饱和时将不再随饲料中维生素 E 的增加而上升。

饲料中适量添加维生素 E 能改善花鲈肌肉营养成分,饲料中缺乏或过高添加维生素 E 都使花鲈肌肉蛋白质含量降低,然而饲料中补充维生素 E 对花鲈肌肉脂肪含量的影响不大,虽然缺乏维生素 E 花鲈肌肉脂肪含量稍高,但同维生素 E 添加组相比差异不显著 ($P > 0.05$),这些结果与 Sau 等^[23] 的研究相类似,表明适量的添加维生素 E 能使花鲈蛋白质含量得到显著提高。

3.2 维生素 E 与花鲈免疫指标的关系

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,Marja 等^[24] 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,二者正相关。有研究表明,虹鳟饲料中添加维生素 E 能显著增加血清中溶菌酶活性,而添加摄食不含维生素 E 饵料 80 d 后,其血清溶菌酶活性会削弱^[25],与上述结果相类似,本试验中饲料中添加维生素 E 能显著提高花鲈血清溶菌酶活性,溶菌酶活性随着饲料中维生素 E 添加量的增加而升高,表明维生素 E 具有激活花鲈溶菌酶活性的功效,但维生素 E 添加量并不是越多越好,

在虹鳟中,摄食维生素 E 含量为 295 mg/kg 饲料的鱼血清溶菌酶活性较摄食 28 mg/kg 组低^[25],本试验中,当花鲈维生素 E 添加量达到 198.2 mg/kg 时,血清溶菌酶活性反而有所降低,提示我们花鲈饲料中维生素 E 添加量应适当。

补体是一种非常重要的非特异性体液免疫因子。有研究表明,在饲料中添加 300 mg/kg 的维生素 E 能显著提高尖吻鲈 (*Dicentrarchus labrax*) 的补体活性^[26],600 mg/kg 的维生素 E 对金头鲷 (*Sparus aurata* L.) 血清的补体活性没有影响^[4],但 1 200 mg/kg 的维生素 E 却影响明显^[27]。本试验中,花鲈饲料中添加适量维生素 E 后,血清总补体活性显著升高,表明在饲料中添加维生素 E 可以明显地影响花鲈补体的抗体依赖性溶血活动,饲料中维生素 E 缺乏或不足都会影响花鲈非特异性免疫功能下降。

3.3 花鲈饲料中最适维生素 E 含量的确定

本试验中,如果以增重率和特定生长率为指标,饲料维生素 E 需要量是 60.5 mg/kg 饲料,而此时的花鲈饲料系数和成活率都较高,并且肝脏和肌肉中的维生素 E 含量在达到维生素 E 添加量为 49 mg/kg 时达到稳定,因此初步可以判断,花鲈生长性能最佳的饲料维生素 E 需要量是 60.5 mg/kg 左右。从免疫方面考虑,不同养殖鱼类对饲料维生素 E 的最适免疫需要量不同,Montero 等^[28]以血清皮质醇含量、溶菌酶活力和补体活性为指标,认为金头鲷 (*Sparus aurata* L.) 摄食维生素 E 含量为 250 mg/kg 的饲料时,耐密集和抗病力较强;摄食维生素 E 含量为 300 mg/kg 的饲料时,头肾白细胞的吞噬活性、呼吸爆发活力较强^[27, 29]。本试验中,从溶菌酶活性和总补体活性等判据来看,花鲈免疫力在一定范围内随维生素 E 增加而提升:在饲料维生素 E 为 98.8 ~ 198.2 mg/kg 时,溶菌酶活性较高,总补体活性则是在 24.7 ~ 198.2 mg/kg 较高,综合各免疫力指标可以认为,饲料维生素 E 达到 98.8 mg/kg 时就可使花鲈获得较强的抗病力,综上所述,花鲈生长性能最佳的饲料维生素 E 需要量是 60.5 mg/kg 左右,获得较强的抗病力饲料维生素 E 需要量是 100 mg/kg 左右。因此,为减少病害带来的损失,在疾病多发季节应适当提高饲料中维生素 E 的含量,建议在 60.5 mg/kg 的基础上增加到 98.8 mg/kg 左右。

参考文献:

- [1] Verlhac V A, N'-Doye J, Gabaudan D, et al. Vitamin nutrition and fish immunity: influence of antioxidant vitamin (C and E) on immune response of rainbow trout [J]. *Fish Nutrition in Practice*, 1993, 61: 167-177.
- [2] Wise D J, Tomasso J R, Blazer V S, et al. Effects of dietary selenium and vitamin E on red blood cell peroxidation, glutathione peroxidase activity, and macrophage superoxide anion production in channel catfish [J]. *Journal of Aquatic Animal Health*, 1993, 5: 177-182.
- [3] Hardie L J, Fletcher T C, Secombes C J. The effect of vitamin E on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. *Aquaculture*, 1990, 87: 1-13.
- [4] Ortuno J, Esteban M A, Meseguer J. High dietary intake of alpha-tocopherol acetate enhances the non-specific immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2000, 10(4): 293-307.
- [5] Montero D, Tort L, Izquierdo L, et al. Depletion of serum alternative complement pathway activity in gilthead seabream caused by α -tocopherol and n-3 HUFA dietary deficiencies [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 1998, 18: 399-407.
- [6] Bendich A. Antioxidant micronutrients and immune response [J]. *Annual New York Academic Science*, 1990, 587: 168-180.
- [7] 潘勇,王福强,刘焕亮. 花鲈配合饲料中鱼粉与豆粕适宜比例的研究 [J]. *大连水产学院学报*, 2000, 15(3): 157-163.
- [8] 杜震宇,刘永坚,郑文晖,等. 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 [J]. *水产学报*, 2002, 26(6): 542-550.
- [9] Ai Q H, Mai K S, Zhang C X, et al. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2004, 242: 489-500.
- [10] Mai K S, Zhang L, Ai Q H, et al. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2006, 258: 535-542.
- [11] Ai Q H, Mai K S, Zhang W B, et al. Effects of exogenous enzymes (phytase, non-starch polysaccharide

- enzyme) in diets on growth, feed utilization, nitrogen and phosphorus excretion of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology (Part A): Molecular & Integrative Physiology*, 2007, 147(2): 502-508.
- [12] Chou Y H, Chien Y H. Effects of astaxanthin and vitamin E supplement in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) broodstock diet on their spawning performance and egg quality [J]. *J Fish Soc Taiwan*, 2006, 33: 157-169.
- [13] 中国饲料工业协会. 饲料工业标准汇编[M]. 北京:中国标准出版社,2002: 70-92.
- [14] 王雷,李光友,毛远兴. 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[J]. *海洋与湖沼*, 1995, 3(2): 179-185.
- [15] 柳忠辉,吕昌龙. 免疫学常用实验技术[M]. 北京:科学出版社,2002:48-56.
- [16] 徐立红,陈专,徐盈,等. 用高效液相色谱法测定鱼样中的维生素 D₃ 和 E [J]. *水生生物学报*, 1994, 18(2): 192-193.
- [17] Lall S P, Olivier G, Hines J A, et al. The role of vitamin E in nutrition response of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. *Bull Aquatic Assoc Can*, 1988, 88: 76-78.
- [18] Kocabas A M, Gatlin III D M. Dietary vitamin E requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 1995, 5: 3-7.
- [19] Bai S C, Lee K J. Different levels of dietary DL- α -tocopheryl acetate affect the vitamin E status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* [J]. *Aquaculture*, 1998, 161: 405-414.
- [20] Watanabe T, Takashima T, Wada M, et al. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout [J]. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 1981, 47: 1463-1471.
- [21] Shimeno S. Yellowtail, *Seriola quinqueradiata* [M]// Wilson R P, ed. *Handbook of Nutrition Requirement of finfish*, Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991: 181-191.
- [22] Tacher D R, Mouernte G. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2002, 8(3): 195-207.
- [23] Sau S K, Paul B N, Mohanta K N, et al. Dietary vitamin E requirement, fish performance and carcass composition of rohu (*Labeo rohita*) fry [J]. *Aquaculture*, 2004, 240: 359-368.
- [24] Marja M, Antti S. Changes in plasma lysozyme and blood leucocyte levels of hatchery-reared Atlantic Salmon and sea trout during parr-smolt transformation [J]. *Aquaculture*, 1992, 106: 75-78.
- [25] Clerton P, Troutaud D, Verlhac V, et al. Dietary vitamin E and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) phagocyte functions: Effect on gut and on head kidney leucocytes [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2001, 11: 1-13.
- [26] Obach A, Quentel C, Laurencin F B. Effects of α -tocopherol and dietary oxidized fish oil on the immune response of seabass *Dicentrarchus labrax* diseases [J]. *Aquatic Organisms*, 1993, 15(3): 175-185.
- [27] Ortuño J, Guesta A, Angeles-Eseban M. Effect of oral administration of high vitamin C and E dosages on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system [J]. *Vet Immunol Immunopathol*, 2001, 79(3-4): 167-180.
- [28] Montero D, Marrero M, Izquierdo M S. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) juveniles subjected to crowding stress [J]. *Aquaculture*, 1999, 168: 269-278.
- [29] Mulero V, Esteban M A, Meseguer J. Effects of in vitro addition of exogenous vitamins C and E on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) phagocytes [J]. *Vet Immunol Immunopathol*, 1998, 66(2): 185-199.

Effects of dietary vitamin E supplement on growth, tissue vitamin E concentration and immune responses of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*)

ZHOU Li-bin^{1,2}, ZHANG Wei¹, WANG An-li¹,
ZHANG Hai-fa³, LIUFU Yong-zhong³

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

Abstract: An experiment was conducted to study the effects of dietary vitamin E on growth (weight gain rate, feed efficiency ratio, specific growth rate and survival rate), vitamin E concentration in tissue and immune response (lysozyme activity and total complement activity) of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). Five iso-nitrogenous and iso-energetic diets were formulated to contain graded level of vitamin E (0.6, 24.7, 49.0, 98.9, and 198.2 mg/kg diet, respectively) and fed to 15 floating netcages (1.5 m × 1.0 m × 1.0 m) with 20 fish (initial weight: 10.1 g) each twice daily (09:30, 16:30) for 8 weeks. Results indicated that after 8 weeks of the feeding trial, weight gain rate, feed efficiency ratio, specific growth rate and survival rate of the fish fed with the control diet were significantly lower than those with vitamin E supplemented diets. The weight gain rate and specific growth rate increased significantly with increasing dietary vitamin E from 0.6 to 49.0 mg/kg and the optimal vitamin E content for maximum growth is about 60.5 mg; Moisture and fat concentration in whole body of Japanese seabass were not affected by the supplemental levels of dietary vitamin E, but the protein concentration increased significantly with increasing dietary vitamin E from 0.6 to 49.0 mg/kg. Meanwhile, the vitamin E concentration in liver and muscle increased significantly with increasing dietary vitamin E from 0.6 to 49.0 mg/kg, but no significant differences were observed among fish fed the diets with equal to or higher than 49.0 mg/kg of vitamin E. The serum lysozyme activity and total complement activity of the fish fed with the control diet were significantly lower than those with vitamin E supplemented diets, the serum lysozyme activity and total complement activity of Japanese seabass increased significantly with increasing dietary vitamin E supplement, and the Japanese seabass had the maximal level of lysozyme activity and total complement activity when fed 98.8 mg/kg. Based on the information above, the optimal dietary vitamin E level for optimum growth performance and immune responses in Japanese seabass is from 60.5 to 98.8 mg/kg.

Key words: *Lateolabrax japonicus*; vitamin E; growth; tissue vitamin E concentration; immune response