

DOI: 10.11758/yykxjz.20140412

http://www.yykxjz.cn/

维生素 E 和硒对吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*) 幼鱼生长及血清抗氧化酶活性的影响*

覃 希¹ 黄 凯¹ 刘 康¹ 蒋焕超² 程 远¹ 黄 清¹ 黄秀芸¹

(1. 广西大学动物科学技术学院 南宁 530004; 2. 广东粤海饲料集团有限公司 湛江 524001)

摘要 本研究采用 2×5 双因子试验设计,即在基础饲料中分别添加 0 和 0.15 mg/kg 的 Se,每一 Se 水平下分别添加 0、30、60、90、120 mg/kg 的维生素 E(V_E),共制成 10 种试验饲料,饲喂平均初始体质量为(0.37±0.01) g 的吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*) 70 d,每组设 3 个重复,每个重复组 50 尾吉富罗非鱼,其中饲喂未添加 Se 和 V_E 的基础饲料组为对照组。结果表明,(1) V_E 对吉富罗非鱼幼鱼增重率、特定生长率、摄食量和饲料系数均有显著影响($P<0.05$),就生长性能而言,单独添加 V_E 的适宜范围是 63.86–70.58 mg/kg。Se 对吉富罗非鱼的增重率、特定生长率的影响不显著($P>0.05$),但在 V_E 添加量为 0 mg/kg 的试验组中,硒的添加使吉富罗非鱼增重率高于对照组。V_E 和 Se 对吉富罗非鱼生长的交互作用没有显著影响($P>0.05$)。(2) V_E 对谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)和过氧化氢酶(CAT)活性有显著影响($P<0.05$),总超氧化物歧化酶(T-SOD)和 CAT 活性随 V_E 添加量的增加呈上升趋势。而 Se 可显著影响 T-SOD 和 GSH-PX 的活性($P<0.05$),在 V_E 添加量范围 60–90 mg/kg 时,加 Se 试验组的 T-SOD、GSH-PX 和 CAT 活性较不加 Se 组有所上升。V_E 和 Se 对 GSH-PX 活性的影响具有显著的交互作用($P<0.05$)。在本研究条件下,V_E 和 Se 对吉富罗非鱼的生长及抗氧化有一定促进作用,二者联合使用,没有协同促生长作用,但抗氧化作用得到进一步加强。

关键词 吉富罗非鱼; 维生素 E; 硒; 生长; 抗氧化酶活性

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2014)04-0077-08

维生素 E(V_E)是一种对鱼类生长有重要作用的脂溶性维生素,作为生物组织抗氧化剂,具有保护含磷脂的生物膜免受脂质过氧化损伤的作用,通过限制超氧化物的生成和降低超氧化物水平而发挥其抗氧化作用。硒(Se)是水产动物正常生长和生理功能所必需的微量元素,在饲料中适量添加可以提高机体的免疫力与抗病力。Se 也是一种潜在的抗氧化剂,参与生物体中有机和无机过氧化物的清除过程,主要通过含硒酶类的酶促途径实现抗氧化作用(Wang *et al.*, 2007)。大量研究发现 V_E 和 Se 在生物体生长和抗氧化方面有促进作用(Dandapat *et al.*, 2000; Yakaryilmaz

et al., 2007; Wang *et al.*, 2007; Burk *et al.*, 2008)。

迄今为止,关于 V_E 和 Se 单独添加对水生动物生长、酶活性等的研究已有不少,但在日粮中同时添加 V_E 和 Se 的研究目前多局限于鸡、鸭、牛、老鼠等陆源动物上,在水产动物上很少有报道,见皱纹盘鲍(万敏等 2004)、牙鲆(常青等, 2010)、凡纳滨对虾(胡俊茹等, 2010)和刺参(张琴等, 2011)有类似的研究,国外在大鳞大麻哈鱼和大西洋鲑(Thorarinsson *et al.*, 1994; Salte *et al.*, 1988)上有研究。目前,在吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)上的研究尚未见有报道。吉富罗非鱼具有生长速度快、个体大、出肉率高、遗

*国家科技支撑计划(2012BAD25B04)、广西重大科技专项(14121004-2-2)、广西科技攻关项目(0992014-2)、广西南宁市科技攻关项目(201102100G)共同资助。覃 希, E-mail: 13737093426@163.com

通讯作者: 黄 凯, 教授, E-mail: hkai110@163.com

收稿日期: 2013-10-26, 收修改稿日期: 2013-12-26

传性状稳定等优点,是我国罗非鱼养殖中一个新的重
要品系(李思发, 2001)。因此,本研究以吉富罗非鱼
幼鱼为研究对象,探讨了 V_E 、Se 以及二者的交互作
用对吉富罗非鱼幼鱼生长及血清抗氧化酶活性的影
响,为进一步优化吉富罗非鱼饲料营养素的搭配,增
强罗非鱼机体的抗病力,扩大罗非鱼饲料的生产开
发,以及预防营养性疾病,降低饲养成本,提供一定
的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼及饲料制备

吉富罗非鱼由广西水产研究所提供 挑选平均初始

体质量为 (0.37 ± 0.01) g,平均初始体长为 (2.40 ± 0.04) cm,
健康、活力较强、规格均匀的吉富罗非鱼幼鱼作为实
验对象。饲料以鱼粉和豆粕为蛋白源,大豆油为脂肪
源,以亚硒酸钠(Na_2SeO_3)为 Se 源。在基础饲料中分
别添加 0 和 0.15 mg/kg 的 Se,每一 Se 水平下分别添
加 0、30、60、90、120 mg/kg 的 V_E ,共制成 10 种试
验饲料。饲料制成直径为 2 mm 的颗粒,40℃烘箱中
烘干后,放在密封的塑料袋中,于低温干燥处保存备
用。基础饲料组成及营养水平见表 1, V_E 和 Se 的
设计添加量及饲料中的实际测量值见表 2。

1.2 实验设计

采用 2×5 双因子试验设计,在基础饲料中分别添

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)
Tab.1 Composition and nutrient levels of the basal diet(DM basis)

项目 Items	含量 Content (%)	项目 Items	含量 Content (%)
原料 Ingredients		复合矿物质(不含 Se) Mineral premix (no Se)	0.5
豆粕 Soybean meal	35.0	大豆磷脂 Soybean lecithin	0.2
米糠 Rice bran	12.0	胆碱 Choline (50%)	0.2
面粉 Flour	12.0	防霉剂 Antiseptic	0.1
小麦麸 Wheat bran	10.0	抗氧化剂 Antioxidant	0.1
花生仁粕 Peanut meal	10.0	粘合剂 Binder	0.1
菜籽粕 Canola meal	12.0	合计 Total	100.0
进口鱼粉 Imported fish meal	4.0	营养水平 Nutrient levels	
大豆油 Soybean oil	2.0	粗蛋白质 Crude protein	33.43
磷酸二氢钙 Monocalcium phosphate	0.8	粗脂肪 Crude lipid	7.62
食盐 Salt	0.5	粗灰分 Crude ash	7.29
复合维生素(不含 V_E) Vitamin premix (no V_E)	0.5		

注:每克复合维生素(不含维生素 E):维生素 A 2500 IU;维生素 D_3 1200 IU;维生素 K_3 60 IU;叶酸 5 mg;维生素 B_1 10 mg;维生素 B_2 10 mg;维生素 B_6 20 mg;维生素 B_{12} 0.15 mg;烟酸 40 mg;泛酸钙 20 mg;肌醇 150 mg;生物素 0.2 mg;维生素 C 150 mg

每 100 克无机盐混合物(不含硒):硫酸镁 3.0 g;氯化钾 0.7 g;碘化钾 0.015 g;硫酸锌 0.14 g;氯化铜 0.05 g;硫酸
锰 0.03 g;氯化钴 0.005 g;硫酸亚铁 0.15 g;磷酸二氢钾 45.0 g;氯化钙 28.0 g

Note: Vitamin premix per gram (not including V_E): vitamin A 2500 IU; vitamin D_3 1200 IU; vitamin K_3 60 IU; folic acid 5 mg;
thiamin 10 mg; riboflavin 10 mg; pyridoxine 20 mg; vitamin B_{12} 0.15 mg; nicotinic acid 40 mg; Ca-pantothenate 20 mg; inositol
150 mg; biotin 0.2 mg; ascorbic acid 150 mg

Mineral premix per 100 gram (not including Se): $MgSO_4\cdot 7H_2O$ 3.0 g; KCl 0.7 g; KI 0.015 g; $ZnSO_4\cdot 7H_2O$ 0.14 g; $CuCl_2$
0.05 g; $MnSO_4\cdot 4H_2O$ 0.03 g; $CoCl_2\cdot 6H_2O$ 0.005 g; $FeSO_4\cdot 7H_2O$ 0.15 g; $KH_2PO_4\cdot H_2O$ 45.0 g; $CaCl_2$ 28.0 g

表 2 饲料中 V_E 和 Se 的添加量及实际测量值
Tab.2 The addition amount and the measured values of V_E and Se

项目 Items	试验组 Group									
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
V_E 添加量 V_E addition level(mg/kg)	0	30	60	90	120	0	30	60	90	120
V_E 的实测值 Measured values of V_E (mg/kg)	30.91	56.22	85.73	117.36	143.98	30.58	56.20	85.25	117.86	143.40
Se 的实测值 Measured values of Se(mg/kg)	0.27	0.25	0.29	0.26	0.24	0.41	0.40	0.41	0.42	0.43

加 0 和 0.15 mg/kg 的 Se, 每一 Se 水平下分别添加 0、30、60、90、120 mg/kg 的 V_E , 共制成 10 种试验饲料 $A_1(0, 0)$ 、 $A_2(0, 30)$ 、 $A_3(0, 60)$ 、 $A_4(0, 90)$ 、 $A_5(0, 120)$ 、 $B_1(0.15, 0)$ 、 $B_2(0.15, 30)$ 、 $B_3(0.15, 60)$ 、 $B_4(0.15, 90)$ 、 $B_5(0.15, 120)$ 共 10 组, 每组设 3 个重复, 每个重复 50 尾鱼, 随机分配到 30 个规格为 100 cm×60 cm×60 cm 的水泥池中进行饲养实验。实验时间从 2011 年 6 月 10 日–8 月 19 日, 为期 70 d。每天分别在 09:00 和 17:00 各饱食投喂一次, 投食在 1 h 内吃完为基准。投喂 1 h 后, 若池内有残饵, 则结束投喂并捞出残饵, 记录每次残饵量与每天余料。实验用水为曝晒去氯后的自来水, 每天 08:00 换水 1/3 并记录水温。饲养期间平均水温(26.5±1.5)°C, pH(7.1±0.1), DO(6.0–8.0) mg/L, $NH_4^+-N(0.03±0.01)$ mg/L。

1.3 样品采集和指标测定

试验结束后, 使鱼空腹 24 h 称重。从每个水泥池中随机抽取鱼 15 尾, 逐尾称重、测体长后尾静脉抽血, 加肝素抗凝。用台式离心机离心 10 min (4000 r/min), 取上清液冷藏待用, 采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定血清中 T-SOD、GSH-PX 和 CAT 活性。粗蛋白的测定采用半微量凯氏定氮法, 粗脂肪采用乙醚索氏抽提法测定, 粗灰分测定采用 550°C 马弗炉高温灼烧法、水分的测定用常压干燥法, 用 HPLC 法检测饲料中 V_E 的实际含量(王安群等, 2005), 用荧光分光光度法检测饲料中 Se 的实际含量(丁在亮等, 2011)。

1.4 数据分析与统计

各实验参数通过以下公式计算求得:

$$(1) RS = 100 \times N_f / N_i$$

$$(2) RWG = 100 \times (W_t - W_0) / W_0$$

$$(3) RSG = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

$$(4) FC = 100 \times W_t / L_t^3$$

$$(5) RFC = I_d / (W_t - W_0)$$

式中, RS 为存活率(%); N_f 为终末尾数; N_i 为初始尾数; RWG 为相对增重率(%); W_t 为终末体重(g); W_0 为初始体重(g); RSG 为特定生长率(%); t 为饲养天数(d); FC 为肥满度(g/cm³); L_t 为终末体长(cm); RFC 为饲料系数; I_d 为摄入干物质的总量(g)。

采用 SPSS19.0 软件进行双因素方差分析、回归分析和 Duncan's 多重检验($P < 0.05$)即认为显著差异, 数据用平均数±标准差表示。

2 结果

2.1 吉富罗非鱼生长性能

由表 3 可知, 各组罗非鱼存活率均较高, 在 90% 以上, 统计分析差异不显著($P > 0.05$)。饲料中添加 V_E 和 Se 均可显著影响吉富罗非鱼的总摄食量($P < 0.05$)。饲料中不添加 Se 时, 各添加水平的 V_E 均可显著提高吉富罗非鱼的增重率、特定生长率($P < 0.05$)。当饲料中添加 0.15 mg/kg 的 Se 时, B_1 组吉富罗非鱼的增重率、特定生长率、总摄食量、肥满度均高于 A_1 对照组, 但 Se 的添加对吉富罗非鱼的增重率、特定生长率的影响不显著($P > 0.05$)。方差分析结果显示, V_E 和 Se 对罗非鱼增重率、特定生长率、肥满度和饲料系数的交互作用不显著($P > 0.05$), V_E 和 Se 对总摄食量的交互作用显著($P < 0.05$)。

由图 1 可知, 饲料中不添加 Se 时, 吉富罗非鱼的增长率随着 V_E 添加量的升高呈先升高后降低的趋势。二者的关系可用二次方程来拟合, $Y = -0.6404x^2 + 86.098x + 6409.4$ ($R^2 = 0.9662$), 当饲料 V_E 水平为 67.22 mg/kg 时, 增重率达最高峰, 峰值 V_E 水平 95% 置信范围为 63.86–70.58 mg/kg。

2.2 吉富罗非鱼的血清抗氧化酶活性

由表 4 可知, 当饲料中不添加 Se 时, V_E 对 GSH-PX 和 CAT 活性有显著影响($P < 0.05$)。当饲料中添加 0.15 mg/kg Se 时, Se 显著影响吉富罗非鱼 T-SOD 和 GSH-PX 的活性($P < 0.05$), 但对 CAT 影响不显著($P > 0.05$)。方差分析结果显示, V_E 和 Se 对 T-SOD、CAT 活性不存在显著的交互作用($P > 0.05$), 但对 GSH-PX 活性存在显著的交互作用($P < 0.05$)。

由图 2 可知, 饲料中不添加 Se 时, 吉富罗非鱼血清 T-SOD 和 CAT 活力随 V_E 的添加呈上升趋势。在 V_E 添加量范围 60–90 mg/kg, 添加 Se 试验组的 T-SOD、GSH-PX 和 CAT 活性较不添加 Se 的试验组有所上升。

3 讨论

3.1 V_E 和 Se 对吉富罗非鱼生长的影响

V_E 是一种脂溶性维生素, 在机体各生理和生化过程中起非常重要的作用, 很多研究表明 V_E 可提高水产动物的生长性能(何敏等, 2009; Kocabas *et al.*, 1999; Huang *et al.*, 2004b)。任维美(1991)指出奥尼罗非鱼饲料中 V_E 最低需求量为 25 mg/kg, 业已测定的尼罗罗非鱼适宜添加量为 25–50 mg/kg。本研究中, 伺

表 3 饲料中添加 V_E 和 Se 对吉富罗非鱼幼鱼生长的影响(平均值 \pm 标准差, $n=3$)Tab.3 Effects of diet supplemented with vitamin E and selenium on the growth of juvenile tilapia (*O. niloticus*)(mean \pm SD, $n=3$)

试验组别 Group	饲料组(mg/kg) Dietary treatments		初体重 Initial body Weight (g)	相对增重率 RWG(%)	特定增长率 RSG(%)	存活率 RS (%)	总摄食量 I_d (g)	饲料系数 RFC	肥满度 FC (g/cm ³)
	Se 添加量 Se addition level	V_E 添加量 V_E addition level							
A ₁	0	0	0.37 \pm 0.01	6392.48 \pm 318.66 ^c	6.10 \pm 0.28 ^d	92 \pm 1.03	1672.47 \pm 70.86 ^c	1.46 \pm 0.03 ^{abc}	1.68 \pm 0.08
A ₂	0	30	0.37 \pm 0.01	8550.98 \pm 277.13 ^{ab}	6.37 \pm 0.10 ^{abc}	91 \pm 1.07	1927.16 \pm 44.75 ^a	1.36 \pm 0.03 ^{abcd}	1.89 \pm 0.10
A ₃	0	60	0.36 \pm 0.01	8967.15 \pm 373.78 ^a	6.43 \pm 0.16 ^{ab}	93 \pm 1.03	1952.60 \pm 32.14 ^a	1.29 \pm 0.06 ^{cd}	2.33 \pm 0.16
A ₄	0	90	0.36 \pm 0.01	9240.48 \pm 328.57 ^a	6.48 \pm 0.12 ^a	93 \pm 1.06	1959.91 \pm 48.61 ^a	1.26 \pm 0.06 ^d	2.25 \pm 0.10
A ₅	0	120	0.36 \pm 0.01	7436.19 \pm 381.47 ^{bc}	6.17 \pm 0.13 ^{cd}	93 \pm 1.04	1788.87 \pm 67.10 ^{bc}	1.47 \pm 0.06 ^{ab}	2.26 \pm 0.09
B ₁	0.15	0	0.37 \pm 0.01	7352.48 \pm 209.25 ^{bc}	6.16 \pm 0.10 ^{cd}	98 \pm 1.02	1930.08 \pm 35.48 ^a	1.45 \pm 0.09 ^{abc}	2.29 \pm 0.12
B ₂	0.15	30	0.37 \pm 0.01	8127.13 \pm 247.13 ^{abc}	6.30 \pm 0.04 ^{abcd}	95 \pm 1.01	1927.76 \pm 6.60 ^a	1.34 \pm 0.07 ^{bcd}	1.70 \pm 0.17
B ₃	0.15	60	0.37 \pm 0.01	7526.40 \pm 304.98 ^{bc}	6.19 \pm 0.14 ^{cd}	91 \pm 1.01	1888.67 \pm 44.96 ^{ab}	1.53 \pm 0.05 ^a	2.14 \pm 0.13
B ₄	0.15	90	0.37 \pm 0.01	8630.43 \pm 389.52 ^{ab}	6.38 \pm 0.13 ^{abc}	93 \pm 1.09	1968.78 \pm 15.05 ^a	1.34 \pm 0.09 ^{bcd}	2.13 \pm 0.16
B ₅	0.15	120	0.37 \pm 0.01	7654.58 \pm 199.46 ^{bc}	6.22 \pm 0.04 ^{bcd}	91 \pm 1.08	1948.03 \pm 67.66 ^a	1.52 \pm 0.08 ^{ab}	2.11 \pm 0.12
主效应 Main effects				P 值 P-value	P 值 P-value	P 值 P-value	P 值 P-value	P 值 P-value	P 值 P-value
双因素方差分析(ANOVA)									
硒	Se			0.161	0.232	0.678	0.021	0.109	0.939
维生素 E	V_E			0.009	0.010	0.874	0.018	0.028	0.175
硒 \times 维生素 E	Se \times V_E			0.343	0.345	0.558	0.013	0.259	0.238

注: 同列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 下同

Note: Different small alphabets in the same column represent significant difference level ($P<0.05$), the same in the following tables.

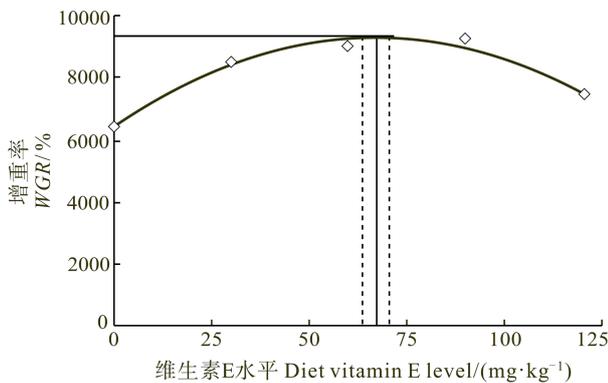
图 1 饲料不同 V_E 水平对吉富罗非鱼生长的影响

Fig.1 The effect of different diet vitamin E levels on the growth of tilapia

料 V_E 峰值水平为 67.22 mg/kg(95%置信范围为 63.86–70.58 mg/kg)时, 吉富罗非鱼生长最快, 这与朱钦龙(1994)的研究结果较为相似, 由此可见一定量的 V_E 对罗非鱼的生长性能有明显的促进作用。但本研究结论与 Huang 等(2004a)认为 V_E 对三文鱼生长的影响不大, Lim 等(2009)发现 V_E 对尼罗罗非鱼的增重、摄食

量及存活率均无显著差异的研究结果有差异, 可能由于实验方法、实验用鱼、规格、饲养周期、饲养管理的不同导致对 V_E 的需求不同。

Se 是大多数动物体所必需的微量元素, 已有大部分研究认为, 缺乏 Se 会导致鱼类的生长减缓, 充足的 Se 可促进生长(Gaber, 2008; Lin *et al*, 2005; 张琴等, 2011)。本研究在不添加 V_E 时, Se 的添加可一定程度提高吉富罗非鱼的增重率和特定增长率, 但 Se 与 V_E 联用, 没有明显促生长作用, 这与 Lorentzen 等(1994)对大西洋鲑的研究结果相似。原因可能是只有在 V_E 不足时, 尤其 V_E 缺乏时, Se 才能够补偿 V_E 的不足而发挥生物学效价, 增强鱼体的免疫力, 提高存活率及饲料转化率, 从而促进生长。随 V_E 添加量的增加, 额外再添加 Se 机体增重率下降, 原因可能是 Se 与 V_E 竞争受体活性靶位, 抑制了 V_E 的生物功能, 也可能是基础饲料中的硒已经能满足罗非鱼生长的需要, Se 是有毒元素, 额外添加 Se 阻碍了罗非鱼的快速生长。

目前, 有关 V_E 和 Se 二者同时添加尚未在罗非鱼

表 4 饲料中添加 V_E 和 Se 对吉富罗非鱼幼鱼血清抗氧化酶活性的影响(平均值±标准差, $n=3$)
Tab.4 Effects of diet supplemented with vitamin E and selenium on the antioxidant enzyme of juvenile tilapia (*O. niloticus*) (Mean±SD, $n=3$)

饲料组(mg/kg) Dietary treatments			T-SOD(U/ml)	GSH-PX(U/ml)	CAT(U/ml)
试验组别 Group	Se 添加量 Se addition level	V_E 添加量 V_E addition level			
A ₁	0	0	67.25±8.34 ^c	659.01±35.41 ^{ab}	10.25±1.40 ^c
A ₂	0	30	69.84±1.26 ^{abc}	564.49±45.07 ^{cd}	13.86±1.01 ^{abc}
A ₃	0	60	67.69±3.31 ^{bc}	576.37±18.34 ^{bc}	13.82±1.58 ^{abc}
A ₄	0	90	69.80±6.11 ^{abc}	417.16±16.14 ^c	13.84±1.53 ^{abc}
A ₅	0	120	73.49±3.77 ^{abc}	476.30±13.47 ^{de}	18.75±1.10 ^{ab}
B ₁	0.15	0	74.74±1.87 ^{ab}	650.56±25.38 ^{abc}	11.82±1.16 ^{bc}
B ₂	0.15	30	76.96±2.50 ^a	640.53±28.47 ^{abc}	9.76±0.98 ^c
B ₃	0.15	60	73.83±1.89 ^{abc}	577.19±28.91 ^{bc}	15.66±1.08 ^{abc}
B ₄	0.15	90	74.30±2.62 ^{abc}	593.00±14.21 ^{bc}	16.41±1.54 ^{abc}
B ₅	0.15	120	68.97±4.79 ^{bc}	696.24±25.89 ^a	21.38±1.05 ^a
主效应 Main effects			P 值 P-value	P 值 P-value	P 值 P-value
双因素方差分析(ANOVA)					
硒	Se		0.014	0.000	0.608
维生素 E	V_E		0.812	0.002	0.021
硒×维生素 E	Se× V_E		0.118	0.003	0.678

饲料中有应用效果。本研究结果显示, V_E 和 Se 对吉富罗非鱼的生长无协同促进作用, 这与张琴等(2011)发现 V_E 和硒酵母对刺参生长有显著地协同促进作用的研究结果有差异, 可能由于实验对象不同, 饲料添加的外源硒不同, 机体的消化吸收不同, 从而对生长的影响也不同。

3.2 V_E 和 Se 对吉富罗非鱼血清抗氧化酶活性的影响

在动物机体内, 氧化应激是经常发生的一种应激反应, 是动物体内氧化-抗氧化系统动态平衡失调, 产生大量氧自由基, 使机体处于过氧化状态, 从而导致脂质过氧化等一系列的损伤。本研究的 GSH-PX、CAT 和 T-SOD 在清除自由基的过程中发挥重要作用。T-SOD 和 CAT 分别作用于 O_2^- 和 H_2O_2 , GSH-PX 主要清除 H_2O_2 和脂质过氧化物(Fang *et al.*, 2002)。

本研究中, 不添加 Se 时, 添加 V_E 能显著提高 GSH-PX 和 CAT 活性, V_E 的添加可使 T-SOD 活性有上升的趋势, 但随 V_E 添加量的增加, T-SOD 活性无显著差异。说明一定量 V_E 表现出抗氧化作用, 这与凡纳滨对虾(Liu *et al.*, 2007), 黑鲷(朱勇飞等, 2009) 和皱纹盘鲍(万敏等, 2004)的研究结果相似。当添加

0.15 mg/kg Se 时, 在 V_E 添加量范围 60–90 mg/kg, 从 GSH-PX, CAT 和 T-SOD 活性随饲料中 Se 的添加有上升的情况来看, 添加 0.15 mg/kg 的 Se 有提高抗氧化能力而降低氧化胁迫的趋势。在其他的一些研究中也发现 Se 具有抗氧化作用(赵宏等, 2008; 万敏等, 2004), 这主要取决于机体的生理状态及氧化应激形式。由于 Se 是有毒元素, 因此过量 Se 沉积对水产动物造成的潜在氧化胁迫机理值得进一步研究。

Se 与 V_E 的协同抗氧化作用是通过 GSH-PX 在细胞内对自由基的清除作用实现的。本研究结果显示, V_E 和 Se 二者合用对 GSH-PX 活性存在显著的交互作用, 这与胡俊茹等(2010)和万敏等(2004)的研究结果一致。在相同 V_E 水平下(V_E 添加水平为 0 mg/kg 除外), 加入 Se 试验组的 GSH-PX 活性高于不加 Se 的试验组, 原因可能是 V_E 和 Se 发挥协同作用, 共同提高 GSH-PX 活性, 从而提高机体抗氧化能力。而不添加 Se、 V_E 的 A₁ 对照组 GSH-PX 活性较高的原因可能是饲料中未添加 V_E 和 Se, 机体氧化应激反应使氧自由基大量产生, 刺激了体内的自由基清除系统, 一定程度上激活了机体的抗氧化酶系统功能。CAT 也是重要的抗氧化酶之一, 与 CAT 相比, 哺乳动物

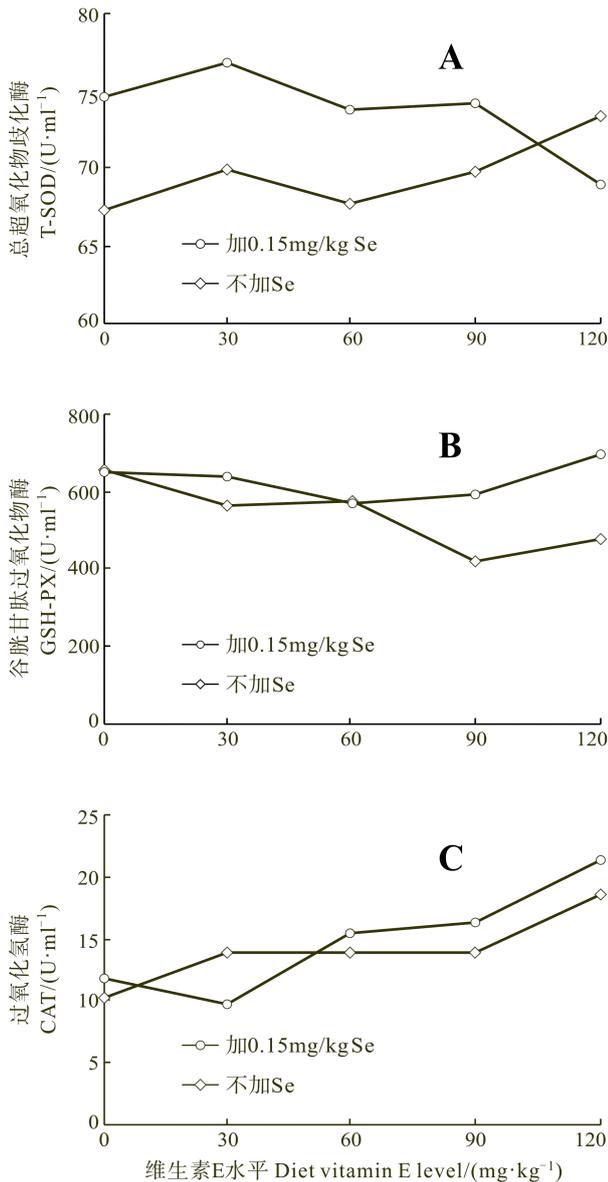


图2 V_E 和Se对吉富罗非鱼血清T-SOD、GSH-PX、CAT的影响

Fig.2 Effect of different vitamin E and selenium levels on the T-SOD, GSH-PX, and CAT in the serum of tilapia

体内的GSH-PX对 H_2O_2 更具亲和力(Avanzo *et al.*, 2001; Reddy *et al.*, 1998),也就是说动物体内主要是GSH-PX完成清除 H_2O_2 。本研究中,不添加Se,GSH-PX活性随 V_E 的添加量的增加呈下降趋势时,CAT活性呈上升趋势,这与万敏等(2004)的研究结果一致,说明当饲料中Se含量低而使得GSH-PX活性降低时,CAT活性就会上升以弥补GSH-PX活性的下降,证实了GSH-PX对 H_2O_2 更具亲和力这个结论。此外,本研究还发现 V_E 和Se对T-SOD活性没有显著的交互作用,这与万敏等(2004)在皱纹盘鲍上的研究结果基本一致。在 V_E 添加量为0 mg/kg时,添加0.15 mg/kg

的Se能显著提高T-SOD活性,但随 V_E 添加量的增加,T-SOD活性变化不显著,可能是 V_E 与Se协同发挥生物功能,保持了T-SOD活性的稳定。由此可见,尽管 V_E 和Se对T-SOD活性的交互作用没有达到统计学上的显著性,但表观数据显示存在潜在的交互作用。为了更好的揭示这种交互作用,在今后的研究中应该增加饲料中 V_E 和Se的添加梯度。基于吉富罗非鱼抗氧化系统有别与其他物种,对以上研究结果的异同,今后还需要从通过营养因子的改变来调节相关基因的表达和免疫调控机理等方面入手,进行更深入和全面的研究探讨。

参 考 文 献

- 丁在亮, 曾明华, 张莉, 等. 原子荧光分光光度法测定饲料中硒方法的研究. 现代农业科技, 2011, (13): 32-33
- 万敏, 麦康森, 马洪明, 等. 硒和维生素E对皱纹盘鲍血清抗氧化酶活力的影响. 水生生物学报, 2004, 28(5): 496-503
- 王安群, 邓益群, 彭凤仙. HPLC法测定饲料中维生素A、维生素D₃和维生素E. 环境监测管理与技术, 2005, 17(2): 33-34
- 朱勇飞, 吴天星, 张晓东. 饲料维生素E水平对黑鲟抗氧化能力和鱼肉货架期的影响. 水生态学杂志, 2009, 2(3): 131-135
- 朱钦龙. 罗非鱼对维生素E的需要量. 饲料博览, 1994, 40-42(2): 42
- 李思发. 吉富品系尼罗罗非鱼引进史. 中国水产, 2001, (10): 52-53
- 任维美. 澳大利亚罗非鱼的维生素E和脂类需要量. 饲料研究, 1991, (12): 10
- 何敏, 汪开毓, 张宇, 等. 维生素E对斑点叉尾鲷生长性能和消化酶活性的影响. 水产学报, 2009, 33(2): 288-294
- 张琴, 麦康森, 张文兵, 等. 饲料中添加酵母和维生素E对刺参生长、免疫力及抗病力的影响. 动物营养学报, 2011, 23(10): 1745-1755
- 赵宏, 王宇. 维生素E和硒对大鼠血清中抗氧化酶活性的影响. 青海医学院学报, 2008, 29(3): 197-199
- 胡俊茹, 王安利, 曹俊明. 维生素E和硒互作对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)抗氧化系统的调节作用. 海洋与湖沼, 2010, 41(1): 68-74
- 常青, 梁萌青, 关长涛, 等. 硒和维生素E对牙鲆生长和非特异性免疫力的影响. 渔业科学进展, 2010, 31(5): 91-96
- Avanzo JL, de Mendonça Jr CX, Pugine SMP, *et al.* Effect of vitamin E and selenium on resistance to oxidative stress in chicken superficial pectoralis muscle. Comparative Biochemistry and Physiology Part C, 2001, 129(2): 163-173
- Burk RF, Hill KE, Nakayama A, *et al.* Selenium deficiency activates mouse liver Nrf2-ARE but vitamin E deficiency does not. Free Radical Biology and Medicine, 2008, 44(8): 1617-1623

- Dandapat J, Chainy GB, Janardhana Rao K. Dietary vitamin E modulates antioxidant defence system in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 2000, 127(1): 101–115
- Fang YZ, Yang S, Wu GY. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 2002, 18: 872–879
- Gaber MM. Efficiency of selenium ion inclusion into common carp (*Cyprinus carpio* L.) diets. *African Journal of Agricultural Research*, 2009, 4(4): 348–353
- Huang CH, Higgs DA, Balfry SK, *et al.* Effect of dietary vitamin E level on growth, tissue lipid peroxidation, and erythrocyte fragility of transgenic coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 2004a, 139(2): 199–204
- Huang CH, Huang SL. Effect of dietary vitamin E on growth, tissue lipid peroxidation, and liver glutathione level of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*, fed oxidized oil. *Aquaculture*, 2004b, 237(1): 381–389
- Kocabas AM, Gatlin DM. Dietary vitamin E requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* female × *M. saxatilis* male). *Aquaculture Nutrition*, 1999, 5(1): 3–8
- Lim C, Yildirim-Aksoy M, Li MH, *et al.* Influence of dietary levels of lipid and vitamin E on growth and resistance of Nile tilapia to *Streptococcus iniae* challenge. *Aquaculture*, 2009(1), 298: 76–82
- Lin YH, Shiau SY. Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture*, 2005, 250(1): 356–363
- Liu Y, Wang WN, Wang AL, *et al.* Effects of dietary vitamin E supplementation on antioxidant enzyme activities in *Litopenaeus vannamei* exposed to acute salinity changes. *Aquaculture*, 2007, 265(1): 351–358
- Lorentzen M, Maage A, Julshamn K. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 1994, 121(4): 359–367
- Reddy KV, Kumar TC, Prasad M, *et al.* Pulmonary lipid peroxidation and antioxidant defenses during exhaustive physical exercise: the role of vitamin E and selenium. *Nutrition*, 1998, 14(5): 448–451
- Salte R, Åsgård T, Liestøl K. Vitamin E and selenium prophylaxis against “Hitra disease” in farmed Atlantic salmon—a survival study. *Aquaculture*, 1988, 75(1): 45–55
- Thorarinsson R, Landolt ML, Elliott DG, *et al.* Effect of dietary vitamin E and selenium on growth, survival and the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* infection in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 1994, 121(4): 343–358
- Wang YB, Han JZ, Li WF, *et al.* Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 134(3): 243–251
- Yakaryilmaz F, Guliter S, Savas B, *et al.* Effects of Vitamin E treatment on peroxisome proliferator-activated receptor- α expression and insulin resistance in patients with non-alcoholic steatohepatitis: results of a pilot study. *Internal Medicine Journal*, 2007, 37(4): 229–235

(编辑 刘丛力)

Effects of Dietary Vitamin E and Selenium on the Growth and the Antioxidant Enzyme Activity in Serum of Juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

QIN Xi¹, HUANG Kai¹, LIU Kang¹, JIANG Huanchao², CHENG Yuan¹,
HUANG Qing¹, HUANG Xiuyun¹

(1. College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004;
2. Guangdong Yuehai Feed Group Co. Ltd, Zhanjiang 524001)

Abstract In this study we investigated the effects of dietary vitamin E and selenium on the growth and the antioxidant enzyme activities in serum of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). A total of 1500 tilapias with an average initial body weight of (0.37±0.01) g were fed for 70 days with 10 different practical diets according to a 2×5 factorial design: selenium was added into a basal diet at two concentrations (0 and 0.15 mg/kg) to form two types of diets; in each type vitamin E was added at 0, 30, 60,

90 or 120 mg/kg separately to form 5 groups; there were 10 groups in total; there were 3 replicates per group with 50 tilapias; the basal diet without selenium or vitamin E served as the control. The results showed that dietary vitamin E had significant influence on the weight gain, the specific growth rate, feed intake, and the feed conversion ratio ($P < 0.05$). According to the growth performance, the optimal level of vitamin E in the diet could be 63.86–70.58 mg/kg. Dietary selenium had no significant influence on the weight gain and the specific growth rate ($P > 0.05$), but the weight gain was higher than the control group when the diet was supplemented with 0.15 mg/kg selenium and 0 mg/kg vitamin E. Dietary vitamin E and selenium had no significant influence on the growth performance ($P > 0.05$). Dietary vitamin E significantly influenced the activities of glutathione peroxidase (GSH-PX) and catalase (CAT) ($P < 0.05$). The activities of total superoxide dismutase (T-SOD) and CAT also appeared to increase along with the elevation of the vitamin E level. Selenium had significant influence on the activities of GSH-PX and T-SOD ($P < 0.05$). When the added vitamin E was between 60 and 90 mg/kg, the groups with 0.15 mg/kg selenium show an increase in the activities of T-SOD, GSH-PX and CAT compared to the groups without selenium. Dietary vitamin E and selenium had significant interactive effect on the activity of GSH-PX ($P < 0.05$). In conclusion vitamin E or selenium alone could improve the growth performance and the anti-oxidation activity in tilapias; the combination of the two may not further enhance the growth performance but could increase the anti-oxidation activity to a greater extent.

Key words *Oreochromis niloticus*; Vitamin E; Selenium; Growth; Antioxidant enzyme activity

关于 DOI

DOI, 即 Digital Object Identifier(数字对象标识符)的缩写, 是全球唯一的数字对象标识名称, 一个 DOI 名称一旦赋予给一条电子资源就不会再更改, 而成为该资源的永久性的一部分。无论在任何地方, 用户都可以链接到 DOI 的相应内容。

DOI 解析示例:

已知 DOI 为: 10.11758/yykxjz.20140101, 可以通过多种解析方式链接到论文: 在浏览器中直接解析: <http://dx.doi.org/10.11758/yykxjz.20140101>; 在中文 DOI 网站(<http://www.chinadoi.cn/>)或国际 DOI 基金会网站(<http://www.doi.org/>)解析。

DOI 的作用:

DOI 指向到原始文献 DOI 具有唯一性, 保证了在网络环境下对数字化对象的准确提取。通过 DOI 检索, 可以快速定位到原始的目标文献。

实现文献数据库的对接 许多二次文献数据库都通过 DOI 技术建立了引文与全文的链接, 使用者即可直接点击链接到目标文献的全文。

追踪“参考文献”的全文资源 中文 DOI 系统帮助用户实现了从相关文献或参考文献向全文数据库的链接, 简单快捷的追踪到文章的相应内容。