

饲料中不同维生素E添加量对黄颡鱼幼鱼生长性能及免疫功能的影响

陈骋¹,熊晶¹,左永松¹,马幸容¹,刘迁¹,谭青松^{1,2},杨瑞斌^{1,2}

(1.华中农业大学水产学院,湖北武汉430070;2.农业部淡水生物多样性保护与利用重点开放实验室,湖北武汉430070)

摘要:本研究探讨了饲料中不同维生素E添加量对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)幼鱼生长和免疫的影响。在以鱼粉、豆粕为蛋白源的基础饲料中分别添加0 mg/kg(对照组)、25 mg/kg、75 mg/kg、125 mg/kg和175 mg/kg的维生素E配成5种实验饲料。在水温(24.0±3.0)℃下,用上述实验饲料分别饲喂平均体质量约为5.1 g的黄颡鱼幼鱼50 d。实验结果表明,饲料中维生素E的添加量对黄颡鱼的特定生长率和饲料效率的影响不显著($P>0.05$);而添加量为175 mg/kg时,黄颡鱼摄食率显著降低($P<0.05$);随着饲料中维生素E添加量的增高,黄颡鱼血浆超氧化物歧化酶(SOD)的活性未产生显著变化($P>0.05$);添加量为125 mg/kg和175 mg/kg时,血浆中丙二醛(MDA)的含量显著降低($P<0.05$);白细胞吞噬指数随添加量升高显著上升($P<0.05$),而吞噬百分率没有显著变化($P>0.05$)。综合以上结果,饲料中添加适量的维生素E可适当改善黄颡鱼的摄食,增强黄颡鱼的非特异性免疫力和抗氧化能力,从而提高动物的健康状况。推荐在黄颡鱼幼鱼饲料中添加125 mg/kg的维生素E。[中国水产科学,2010,17(3):521-526]

关键词:黄颡鱼;维生素E;生长;免疫功能

中图分类号:S931

文献标识码:A

文章编号:1005-8737-(2010)03-0521-06

维生素E是动物体内阻断自由基链反应的脂溶性抗氧化剂之一,能使组织器官免受自由基损伤。同时,维生素E还在正常的磷酸化过程、合成维生素C、合成辅酶、氨基酸合成代谢等方面发挥重要作用。鱼类缺乏维生素E,会表现出体质量减轻、性腺成熟度低、红细胞脆性降低等症状^[1]。机体在正常状态下清除过剩的氧自由基的能力是评价机体健康及免疫力的重要指标。超氧化物歧化酶(SOD)是机体清除氧自由基的重要的抗氧化物酶,而丙二醛(MDA)是机体被自由基氧化后的产物^[2]。

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)是中国淡水特种经济鱼类,养殖规模日益扩大。目前有关其生物学和养殖技术的研究很多,但营养需求方面的研究较少。多数池塘养殖实验结果显示,黄颡鱼饲料的适宜蛋白含量在34%~44%^[3]之间变化;夏维福等^[4]

研究认为,在粗蛋白含量为42.5%的饲料中,鱼粉等动物蛋白占67%时,黄颡鱼生长快,成活率高。但是关于维生素E对黄颡鱼生长性能和免疫功能的影响国内仍尚未报道。本研究探讨了维生素E醋酸酯对黄颡鱼生长及免疫力的影响,旨在为合理添加维生素E、提高养殖效益提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

2008年4月初,从武汉繁生苗种公司购入黄颡鱼夏花苗种1000尾培育成实验鱼种。实验前2周转移至实验用养殖系统以适应实验环境。实验前1周,取等量的各种实验饲料混合均匀,用该混合饲料驯养鱼以适应沉性颗粒饲料。驯食完成后,挑选健康状况良好,体质量在5 g左右的鱼进行实验。

收稿日期:2009-10-10;修订日期:2009-11-30.

基金项目:国家科技支撑计划项目(2007BAD37B01);华中农业大学大学生科技创新基金项目(A08119)。

作者简介:陈骋,女(1988-),华中农业大学水产学院06级本科生,华中农业大学SRF项目主持人.E-mail:353618719@qq.com

通讯作者:谭青松,男,副教授,主要从事水产动物营养研究.E-mail:tanqs2000@163.com

1.2 实验饲料

参照 wang 等^[5]的配方稍作修改,以鱼粉、豆粕为蛋白源,豆油为脂肪源,配制成含粗蛋白 41.0%、粗脂肪 9.0% 的半精制基础饲料(总能量约为 19 MJ·kg,见表 1),基础饲料中 α -生育酚含量为 9.2 mg/kg。实验用维生素 E 为维生素 E 醋酸酯(含维生素 E 50%,浙江医药股份有限公司新昌制药厂生产),分别在基础饲料中添加维生素 E 0 mg/kg、25 mg/kg、75 mg/kg、125 mg/kg、175 mg/kg 配制成各实验组饲料。将饲料原料粉碎后过 40 目筛,混合均匀,由小型手动式制粒机在室温下压制而成颗粒饲料,制粒瞬时温度不超过 60℃,颗粒直径 0.2 cm,长度 0.4 cm,阴干后

在 -4℃ 条件下保存备用。

1.3 饲养管理

驯化完成后,挑选健康、规格一致、体质量 5 g 左右的鱼分配到 15 个水族箱中,每箱 20 尾。随机分为 5 组,每组 3 个重复。每个实验组用 1 种实验饲料进行投喂。暂养和实验期间,各个水族箱配以增氧设备,保持水体溶氧在 5 mg/L 以上,每日均换 1/3 的水以保证水质。实验期间平均水温为 (24.0±3.0)℃。实验期间采用饱食投喂方法并记录投饲量,每日投喂 2 次(06:30 和 18:00),分别占日投饲量的 40% 和 60%,每次投喂时间为 30 min,投喂结束后立即回收残饵,烘干称重。养殖实验持续 50 d。

表 1 黄颡鱼基础饲料配方和营养成分表
Tab. 1 Formulation and proximate composition of basal diet for *Pelteobagrus fulvidraco* %

成分 Ingredients	含量* Contents*	化学组分 Chemical composition	含量* Contents*
白鱼粉 White fish meal	50.0	粗蛋白质 Crude protein	41.64
豆粕 Soybean meal	20.0	粗脂肪 Ether extract	9.02
豆油 Soya oil	3.0	灰分 Ash	6.25
玉米淀粉 Corn starch	23.2		
羧甲基纤维素 Carboxymethyl cellulose	1.0		
维生素预混料 Vitamin premix	0.5		
矿物质预混料 Mineral premix	0.5		
食盐 Salt	0.3		
磷酸二氢钙 Calcium biphosphate	1.5		

注: *表示干物质中的含量(%). 维生素预混料 (mg/kg 饲料, 不含维生素 E): 维生素 A, 10 000 IU/kg; 维生素 D, 1 000 IU/kg; 维生素 K, 4; 烟酰胺, 25; 核黄素, 12; 维生素 B₆, 10; 硫胺素, 5; D-泛酸钙, 22; 生物素, 0.5; 叶酸, 5; 维生素 B₁₂, 0.3; 维生素 C, 100; 肌醇, 60; 胆碱, 1500. 矿物质预混料 (mg/kg 饲料): 钙, 500; 镁, 50; 钠, 100; 钾, 150; 铁, 110; 锌, 15; 锰, 10; 铜, 5; 钴, 0.75; 碘, 0.45; 硒, 0.1.

Note: * denotes percentage in dry matter. Vitamin premix (mg/kg diet, vitamin E was not included): vitamin A, 10 000 IU/kg; vitamin D, 1 000 IU/kg; vitamin K, 4; niacin, 25; riboflavin, 12; pyridoxine, 10; thiamin, 5; D-calcium pantothenate, 22; biotin, 0.5; folic acid, 5; vitamin B₁₂, 0.3; ascorbic acid, 100; inositol, 60; choline chloride, 1500. Mineral premix (mg/kg diet): Ca, 500; Mg, 50; Na, 100; K, 150; Fe, 110; Zn, 15; Mn, 10; Cu, 5; Co, 0.75; I, 0.45; Se, 0.1.

1.4 取样

实验开始前及结束时将实验鱼饥饿 1 d, 然后用精度为 0.01 g 的天平对每箱鱼进行称重, 计算摄食率、特定生长率及饵料系数。称重结束后, 用 MS-222 对各组鱼进行麻醉, 从每组随机取鱼 6 尾, 尾静脉取血, 转移至用肝素钠润洗过的 1 mL 离心管中, 制得抗凝血以分析鱼体的白细胞吞噬活性和生理生化指标。

1.5 样品分析

1.5.1 饲料成分分析 饲料中蛋白质测定采用凯氏定氮法; 粗脂肪测定采用索氏抽提法; 灰分测定采用灼烧氧化、质量测定法; 维生素 E 的测定参照 GB/T 17812-1999^[6] 进行。

1.5.2 白细胞吞噬活性测定 白细胞吞噬活性的测定参照文献[2]的方法稍作修改, 具体操作如下:

取抗凝血2 mL,于5 mL的离心管中,加入0.1 mL浓度为 10^6 /mL的枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)。在27℃下水浴孵浴1 h,取适量做血涂片。待干燥后进行Gimsa染色。每个血样做3个涂片,进行观察比较。测定不同血样的吞噬指数和吞噬率。吞噬率(%)为吞噬细菌的白细胞数占计数的白细胞数的百分化;吞噬指数为每个白细胞吞噬细菌的个数。

1.5.3 超氧化物歧化酶的测定 采用黄嘌呤氧化酶法测定超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活力。所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所。测定方法严格按照试剂盒说明书进行操作。SOD活性计算如下:

总SOD活力(U/mL)=(对照管吸光度-测定管吸光度)×反应体系的稀释倍数×样本测试前的稀释倍数×2/对照管吸光度

1.5.4 丙二醛的测定 采用TBA法。所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所。测定方法严格按照试

剂盒说明书进行操作。

1.6 统计分析

采用STATISTICA6.0对所得实验数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),当维生素E的添加量对实验结果有显著影响时,进行Duncan's多重比较。显著性水平为0.05。

2 结果与分析

2.1 不同维生素E添加量对黄颡鱼生长的影响

由表2可见,维生素E添加量由0增加到175 mg/kg时,黄颡鱼特定生长率有下降趋势,但各实验组之间没有显著性差异($P>0.05$);从饲料效率上看,随着维生素E添加量的升高,饲料效率有所提高,但不显著($P>0.05$)。从摄食率上,随着维生素E添加量的提高,摄食率逐渐降低,添加量为175 mg/kg时,摄食率最低,并且与对照组、25 mg/kg组和75 mg/kg组有显著性差异($P<0.05$)。

表2 不同维生素E添加量对黄颡鱼生长的影响

Tab. 2 Effect of different dietary vitamin E supplementation levels on growth performance of *Pelteobagrus fulvidraco*
 $n=3; \bar{x} \pm SE$

生长指标 Indicator of growth performance	维生素E添加量/(mg·kg ⁻¹) Supplementation levels of vitamin E				
	0	25	75	125	175
初始体质量/g Initial body weight	5.48±0.23	5.65±0.10	5.10±0.02	5.18±0.16	5.39±0.16
终末体质量/g Final body weight	8.01±0.33 ^{ab}	8.38±0.28 ^a	7.50±0.43 ^{ab}	7.47±0.38 ^{ab}	7.17±0.25 ^b
摄食率/(%·d ⁻¹) FR(% body weight/d)	1.53±0.08 ^a	1.46±0.08 ^a	1.37±0.10 ^a	1.24±0.09 ^{ab}	0.96±0.17 ^b
特定生长率/(%·d ⁻¹) SGR	0.95±0.03	0.98±0.04	0.95±0.14	0.91±0.12	0.71±0.13
饲料效率/% FE	61.57±4.89	66.50±3.60	68.04±5.02	71.97±3.90	73.33±1.61

注: 同行数据后不同上标英文字母表示差异显著($P<0.05$)。摄食率(% 体质量/d)= $100 \times$ 总干物质摄食量/天数×(初始体质量+终末体质量)/2; 特定生长率(%/d)= $100 \times [\ln(\text{终末体质量}) - \ln(\text{初始体质量})]/\text{天数}$; 饲料效率(%)=($100 \times$ 鱼体总增质量)/总干物质摄食量。

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). FR: Feeding rate (% body weight/d)= $100 \times$ total feed intake/[days×(initial body weight+final body weight)/2]; SGR: Specific growth rate (%/d)= $100 \times [\ln(\text{final body weight}) - \ln(\text{initial body weight})]/\text{days}$; FE: Feed efficiency (%)=($100 \times$ fresh body weight gain)/dry feed intake.

2.2 不同维生素E添加量对黄颡鱼非特异性免疫力的影响

由表3可知,不同维生素E添加量下黄颡鱼血浆中SOD值没有显著性差异($P>0.05$);而随饲料中维生素E添加量的提高,血浆脂质过氧化物MDA的含量逐

渐降低,125 mg/kg和175 mg/kg 2组实验鱼MDA值与对照组有显著性差异($P<0.05$);各实验组黄颡鱼吞噬百分率没有显著性差异($P>0.05$),从吞噬指数上可知,175 mg/kg组显著高于对照组、25 mg/kg组和75 mg/kg组,125 mg/kg组显著高于75 mg/kg组($P<0.05$)。

表3 不同维生素E添加量对黄颡鱼免疫指标的影响
Tab. 3 Effect of different dietary vitamin E supplementation levels on immune response of *Pelteobagrus fulvidraco*

n=6; $\bar{x} \pm SE$

免疫指标 Indicator of immunity	维生素E添加量/(mg·kg ⁻¹) Supplementation levels of vitamin E				
	0	25	75	125	175
超氧化物歧化酶/(U·mL ⁻¹) SOD	83.46±6.45	82.30±5.73	95.17±2.77	88.60±3.98	90.29±3.88
丙二醛/(nmol·mL ⁻¹) MDA	7.32±0.78 ^a	5.49±1.76 ^{ab}	5.54±0.42 ^{ab}	3.33±0.69 ^b	3.38±0.29 ^b
吞噬百分率/% Percentage of phagocytosis	73.0±5.9	71.0±7.1	69.7±0.9	75.2±0.8	75.1±0.6
吞噬指数 Phagocytosis index	2.84±0.34 ^{bc}	3.28±0.33 ^{bc}	2.63±0.27 ^c	3.86±0.41 ^{ab}	4.49±0.41 ^a

注: 同列数据后上标英文字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Values in the same line with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

3 讨论

饲料中的维生素E的水平会影响水生动物机体维生素E的沉积^[7]。一些研究表明,维生素E缺乏通常会影响水生动物的食欲、生长和饵料利用率。维生素E缺乏引起鲤(*Cyprinus carpio*)^[8]、虹鳟(*Salmo gairdneri*)^[7]、大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)^[9]的食欲降低、饵料利用率降低并导致其幼鱼死亡率增加,造成建鲤和斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)的生长阻滞^[10-11]。本研究中,未添加维生素E组鱼的摄食、生长和饵料利用率与添加组间无显著差异,这可能与基础饲料中所含的维生素E已能满足其基本需求有关。Shiau等^[12]报道,罗非鱼的饲料效率随饲料中维生素E的添加而呈上升趋势,但生长速度却在维生素E添加量为75 mg/kg时最高,这与本研究中黄颡鱼在175 mg/kg维生素E添加量时生长率略有降低而饵料系数并未降低的结果相似。此外,也有研究表明,鱼类的生长与维生素E的添加量无任何相关性^[13]。关于维生素E对鱼类摄食的影响报道较少,仅见过高水平维生素E对动物可产生毒性作用,造成摄食和生长受阻^[14]。本研究中,当维生素E添加量增高至175 mg/kg时,摄食率有显著的下降趋势,是否由于中毒所致或由其他机制引起,尚需做进一步深入研究。

许多研究表明,维生素E可增强斑点叉尾鲷^[15]、大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)^[16]、黄鳢(*Monopterus albus*)^[17]、虹鳟^[18]、鲤^[19]等水生动物的

免疫功能。维生素E增强免疫功能的主要作用机理在于增加细胞间的超氧根离子的产生^[13],提高巨噬细胞的呼吸暴发功能^[20]。还有报道指出,血液中SOD含量也会随着维生素E添加量的增加而显著升高^[2,15,19]。本实验中,维生素E添加量对超氧化物歧化酶SOD的影响并不显著,但当在基础饲料中添加75~175 mg/kg维生素E时,血浆SOD的活性比不添加组略高。此外,添加125 mg/kg和175 mg/kg维生素E组的白细胞吞噬指数也显著高于不添加组。这些指标均反映饲料中添加适量的维生素E可显著提高黄颡鱼的免疫力。但也有一些研究表明,维生素E水平过高通常引起水生动物的抵抗力降低,当饲料中维生素E含量高达295 mg/kg时,会抑制虹鳟血清溶菌酶活力,从而降低疾病抵抗力^[18]。

研究者常用丙二醛含量表示维生素E的抗氧化能力,反映机体内脂质过氧化的程度及间接反映出细胞损伤的程度,甚至可以用来作为维生素E最小需要量的评价指标^[13]。蔡中华等^[2]研究发现,60~150 g鲤摄食含维生素E含量为1%的饵料15 d后,肝脏丙二醛含量也相应地从13.29 nmol/mL降到了8.84 nmol/mL, Peng等^[13]也报道,当饲料中维生素E醋酸酯的含量从0增加到30 IU/kg时,眼斑拟石首鱼(*Sciaenops ocellatus*)肝脏中的MDA值显著下降。本实验的研究结果与前述研究结果一致,表明适量提高维生素E水平可以显著降低黄颡鱼幼鱼血浆中丙二醛含量。

综上,饲料中添加适量的维生素E可适当改善黄颡鱼的饲料效率,增强黄颡鱼的非特异性免疫力和抗氧化能力,从而提高动物的健康状况。根据本实验数据,推荐在黄颡鱼幼鱼饲料中维生素E的添加量为125 mg/kg。

参考文献:

- [1] Palace V P, Brown S B, Baron C L, et al. An evaluation of the relationships among oxidative stress, antioxidant vitamins and early mortality syndrome (EMS) of lake trout *Salvelinus namaycush* from Lake Ontario [J]. *Aquat Toxicol*, 1998, 43 (2-3): 195-208.
- [2] 蔡中华,邢克智,董双林. 维生素E对鲤鱼健康的影响[J]. *动物学报*, 2001, 47 (专刊): 120-124
- [3] 王兴礼. 黄颡鱼的营养需求量与饲料配制[J]. *饲料工业*, 2004, 2: 52-54.
- [4] 夏维福,韩庆,罗玉双,等. 不同动植物蛋白比对黄颡鱼生长的影响[J]. *水利渔业*, 2003, 23 (3): 45-46.
- [5] Wang C, Xie S, Zhu X, et al. Effects of age and dietary protein level on digestive enzyme activity and gene expression of *Pelteobagrus fulvidraco* larvae [J]. *Aquaculture*, 2006, 254: 554-562.
- [6] GB/T 17812-1999 饲料中维生素E的测定 高效液相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [7] Bell J G, Cowey C B, Adron J W, et al. Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. *Br J Nutr*, 1984, 53: 149-157.
- [8] Watanabe T, Matsui M, Kawabata T, et al. Effect of alpha-tocopherol deficiency on carp-V. The compositions of triglycerides and cholesteryl esters in lipids of young carp [J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1977, 43 (7): 813-817.
- [9] Taveekijakarn P, Miyazaki T, Matsumoto M, et al. Study on vitamin E deficiency in Amago salmon [J]. *Bull Faculty Biores*, 1996, 16: 17-24.
- [10] 张琼. 维生素E对幼建鲤生产性能和免疫功能的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2004.
- [11] Lovell R T, Miyazaki T, Rabegnator S. Requirement for α -tocopherol by channel catfish fed diets low in polyunsaturated triglycerides [J]. *J Nutr*, 1984, 114: 894-901.
- [12] Shiau S Y, Shiau L F. Re-evaluation of the vitamin E requirements of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* $\times$ *O. aureus*) [J]. *Anim Sci*, 2001, 72: 529-534.
- [13] Peng L I, Gatlin III D M. Dietary vitamin E requirement of the red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aquac Nutr*, 2009, 15: 313-319.
- [14] Poston H A, Combs G F Jr, Leibovitz L. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*); Gross, histological and biochemical deficiency signs [J]. *J Nutr*, 1976, 106 (7): 892-904.
- [15] Wise D J, Tomasso J R, Gatlin III D M, 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]. *J Aquat Anim Health*, 1993, 5 (3): 177-182.
- [16] Thorarinnsson R, Landolt M L, Elliott D G, et al. Effect of dietary vitamin E and selenium on growth, survival and the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* infection in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. *Aquaculture*, 1994, 121 (4): 343-358.
- [17] Tan Q, He R. Effect of dietary supplementation of vitamins A, D3, E, and C on yearling rice field eel, *Monopterus albus*: Serum indices, gonad development, and metabolism of calcium and phosphorus [J]. *J World Aquac Soc*, 2006, 38: 146-153.
- [18] 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 Immunol*, 2001, 11 (1): 1-13.
- [19] 周震. 鲤鱼维生素E缺乏的病理学研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2004.
- [20] Sealey W M, Gatlin III D M. Dietary vitamin C and vitamin E interact to influence growth and tissue composition of juvenile hybrid striped bass *Morone chrysops* $\times$ *M. saxatilis* but have limited effects on immune responses [J]. *J Nutr*, 2002, 132: 748-755.

Effects of vitamin E levels on growth performance and immune function of juvenile *Pelteobagrus fulvidraco*

CHEN Cheng¹, XIONG Jing¹, ZUO Yongsong¹, MA Xingrong¹, LIU Qian¹, TAN Qingsong^{1,2}, YANG Ruibin^{1,2}

(1. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation and Utilization, Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China)

Abstract: This study investigated effects of dietary vitamin E supplementation levels on growth performance and immune responses of *Pelteobagrus fulvidraco*. A basal diet was formulated with the soybean and fishmeal as protein source, and five experimental diets were prepared by adding 0 mg/kg, 25 mg/kg, 75 mg/kg, 125 mg/kg and 175 mg/kg vitamin E, respectively. A growth trial was conducted by feeding fish (mean body weight 5.1 g) with the five experimental diets for 50 d under water temperature of $(24.0 \pm 3.0)^\circ\text{C}$. The results showed that no significant difference in specific growth rate (SGR) and feed efficiency (FE) of *P. fulvidraco* was observed among all vitamin E treatment groups ($P > 0.05$). However, feeding rate (FR) in 175 mg/kg group decreased compared with control group ($P < 0.05$). Superoxide dismutase activities (SOD) were not affected by dietary vitamin E levels ($P > 0.05$). Plasma MDA contents decreased ($P < 0.05$) in 125 mg/kg and 175 mg/kg vitamin E groups. Phagocytosis index showed increasing trend ($P < 0.05$) with dietary vitamin E level increasing, while phagocytosis percentage showed no significant change ($P > 0.05$). In conclusion, optimal supplementation of vitamin E could improve feed efficiency, non-specific immune response and anti-oxidant ability of *P. fulvidraco*. It is recommended that the appropriate supplementation level of vitamin E in the diet for juvenile *P. fulvidraco* would be 125 mg/kg. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 521–526]

Key words: *Pelteobagrus fulvidraco*; vitamin E; growth; immunity

Corresponding author: TAN Qingsong. E-mail: tanqs2000@163.com