

文章编号:1000-0615(2009)02-0288-07

维生素E对斑点叉尾鲟生长性能和消化酶活性的影响

何敏, 汪开毓, 张宇, 孙挺

(四川农业大学动物医学院, 四川雅安 625014)

摘要: 试验研究了饲料中不同含量维生素E对斑点叉尾鲟生长性能和消化酶活性的影响, 并对其机理进行了初步探讨。选取900尾健康的斑点叉尾鲟, 平均体重(5.00±0.50)g, 随机分成4个处理组(I、II、III和IV处理依次分别添加维生素E 0、50、100和1 000 IU/kg 饲料), 每个处理3个重复, 每个重复75尾。试验期105 d。试验结果显示: 在一定添加水平内, 维生素E能够显著提高斑点叉尾鲟成活率、特定生长率(SGR)、蛋白质效率和摄饵量($P < 0.01$)。当维生素E添加量为100 IU/kg时, 以上四个指标均达最高, 分别为97.78%±0.96%, 2.99%±0.50%, 163.71%±5.62%和(7 478.00±62.01)g/尾, 均极显著高于维生素E添加量为0 IU/kg组($P < 0.01$); 维生素E显著影响斑点叉尾鲟胃肠道、肝胰脏蛋白酶和脂肪酶活性($P < 0.01$ or $P < 0.05$)。100 IU/kg添加组胃蛋白酶和脂肪酶活性最高, 分别达(29.33±1.66)U/(min·mg), (196.52±17.28)U/(min·mg), 极显著高于0 IU/kg添加组($P < 0.01$)和显著高于1 000 IU/kg添加组($P < 0.05$)。结果表明, 维生素E在一定添加水平内能显著提高斑点叉尾鲟生长性能和消化酶活性, 促进鱼体生长。

关键词: 斑点叉尾鲟; 维生素E; 生长性能; 消化酶

中图分类号: S 963

文献标识码: A

维生素E(Vitamin E)是Evans在19世纪20年代发现和命名的一种脂溶性维生素, 它是具有 α -生育酚(α -tocopherol)生物活性的所有生育酚和生育三酚(tocotrienol)的总称, 其第6位碳原子上的羟基极易被氧化, 故具有很强的还原性, 可保护体内外重要物质不被氧化。维生素E对维持动物机体正常代谢过程和生理功能起着重要的作用, 可抗氧化, 保护细胞膜、尤其是保护亚细胞膜的完整性, 避免其遭受过氧化物损害^[1]。维生素E还可提高机体的免疫力和抗病力, 提高细胞介导的免疫反应, 提高 $\alpha 2$ 球蛋白含量, 提高抗体滴度和吞噬细胞指数, 促进T淋巴细胞活性, 有利于淋巴细胞的有丝分裂^[2]。此外, 维生素E还具有抗应激的生理功能, 还与组织内氧化磷酸化、核酸代谢、抗坏血酸合成, 调节血红素合成和正常甲状腺机能的维持, 以及动物性食品的保鲜、色、香、味等方面都有一定关系^[1]。

斑点叉尾鲟(*Ictalurus punctatus* Rafinesque)亦称美洲鲶、沟鲶, 属于鲶形目(Siluriformes)、鲶科(Ictaluridae), 为淡水温水性鱼类。其天然分布在墨西哥湾沿岸各州、加拿大南部以及大西洋沿岸, 后来被广泛地引种到美国和世界其它地方, 现已成为了美国主要淡水养殖品种, 其产量占美国淡水养殖总产量的一半以上^[3]。该鱼具有适应范围广、食性杂、适温广、抗病力强、生长快、产量高、饲料易解决、易饲养、肉质鲜嫩、起捕率高、易加工等特点。1984年由湖北省水产科学研究所首次引进, 1987年人工繁殖成功, 现已成为我国淡水养殖的主要品种之一^[4]。近年来, 国内外对斑点叉尾鲟的研究主要集中在育苗繁殖生物学和病害防治方面^[5-7], 而关于维生素E对斑点叉尾鲟生长性能及消化酶活性的影响至今未见报道。本文初步研究了维生素E对斑点叉尾鲟生长性能及消化酶活性的影响, 以期今后开展

收稿日期: 2008-03-30

修回日期: 2008-06-09

资助项目: 四川省科技攻关项目(JY029-040-2)

通讯作者: 汪开毓, Tel: 0835-2885910, E-mail: kywang@sicau.edu.cn

相关研究和进一步推进斑点叉尾鲷无公害产业化生产积累资料。

1 材料与amp;方法

1.1 试验鱼

健康斑点叉尾鲷 900 尾,每尾体重(5.00 ± 0.50) g,购自眉山市渔场,驯养 2 周后进行试验。

1.2 试验分组及饲料配方

试验采用单因素随机分组设计法,设计 4 个处理组(I、II、III、和IV),每个处理 3 个重复,每个重复 75 尾,组间无显著性差异($P < 0.05$)。I、II、III、和IV组依次分别添加纯合维生素 E 0、50、100 和 1 000 IU/kg 饲料,进行 105 d 实验。维生素 E 由成都三友特种添加剂研究所提供。

营养标准参照文献[8]中斑点叉尾鲷的营养需要,实验基础日粮配方见表 1。

1.3 饲养管理

实验使用 24 个水族箱(80 cm × 60 cm × 60 cm)饲养,饲养前用强氯精进行消毒。实验期间使用空气压缩机 24 h 不间断增氧;实验用水使用经曝气处理后的自来水,PXS-35 精密离子计和水质分析盒监测水质,其 pH 6.8 ~ 7.5,溶氧 8 ~ 10 mg/L,水温 20 ~ 24 °C;硫化物、非离子氨、重金属 Hg, Cd, Cu, Pb, As 符合渔业水质标准(GB 11607-89);每天换水一次,每次换水三分之一,每天分别 7:30、13:30 和 19:00 投喂 3 次,按饱食量投喂。试验结束后进行鱼体称重,取样,测定斑点叉尾鲷消化酶活性,试验期间水温(21 ± 2) °C。

1.4 生产性能观察指标

试验期观察、记录斑点叉尾鲷死亡数,计算成活率。在试验开始和结束时称重,计算增重。记录每天的投饵量,同时每次饲喂后 1 h 用虹吸的方法收集残饵。试验结束后将所有的残饵收集在一起,按烘干基础条件烘干,计算摄饵量和饵料系数。

成活率(%) = 末尾数/初尾数 × 100;增重(g/尾) = 试验末重(g/尾) - 试验始重(g/尾);特定生长率(%/d) = (Ln 结束平均体重 - Ln 开始平均体重) / 试验天数 × 100;蛋白质效率(%) = 增重 / (摄食量 × 饲料蛋白质含量%) × 100;摄饵量(g/尾) = 总投饵量(g/尾) - 总残饵量(g/尾);饵料系数 = 摄饵量(g/尾) / 增重(g/尾)

表 1 基础日粮组成和营养成分

Tab. 1 Composition of basal diets and nutrition level

原料 ingredient	百分含量 percent
明胶 gelatin	6.9
鱼粉 fish meal	12.4
大米蛋白粉 rice protein concentrate	19.5
豆粕 soybean meal	23.68
α-淀粉 α-starch	32.77
磷酸二氢钙 CaH ₂ PO ₄	0.8
氯化胆碱 chlorchoine	0.4
抗氧喹粉 ethoxyquin	0.05
复合维生素 ¹ vitamin premix	0.1
多矿 ² minerals premix	1
大豆油 soybean oil	1
鱼油 fish oil	1.4
主要营养成(%) main nutrients	
粗蛋白 crude protein	37.47
粗脂肪 crude fat	5.24
灰分 crude ash	12.18
有效磷 effective P	0.45
维生素 E(IU/kg) V _E	2.09
总能(MJ/kg) ³ gross energy	17.38

注:1. 复合维生素 V_A 4 400 IU/kg, V_{D₃} 2 200 IU/kg, V_K 44 IU/kg, V_{B₁} 11 IU/kg, V_{B₂} 13.2 IU/kg, V_{B₆} 11 IU/kg, V_{B₁₂} 0.01 IU/kg, 生物素 0.5 IU/kg, 泛酸 35.2 IU/kg, 烟酸 88 IU/kg, 叶酸 22 IU/kg, 氯化胆碱 275 IU/kg, V_C 40 IU/kg; 2. 复合矿物质 FeSO₄ · H₂O 400 IU/kg, ZnSO₄ · H₂O 350 IU/kg, CuSO₄ · 5H₂O 450 IU/kg, MnSO₄ · H₂O 420 IU/kg, KI 460 IU/kg, Na₂SeO₄ 520 IU/kg, KCL 550 IU/kg, NaCl 650 IU/kg; 3. 总能 = 蛋白 + 脂肪 + 碳水化合物(蛋白 23.9 kJ/g, 脂肪 39.8 kJ/g, 碳水化合物 17.6 kJ/g)^[9]

Notes: 1. Vitamins premix V_A 4 400 IU/kg, V_{D₃} 2 200 IU/kg, V_K 44 IU/kg, V_{B₁} 11 IU/kg, V_{B₂} 13.2 IU/kg, V_{B₆} 11 IU/kg, V_{B₁₂} 0.01 IU/kg, V_H 0.5 IU/kg, Pantothenate 35.2 IU/kg, VPP 88 IU/kg, PTGA 22 IU/kg, Becholine 275 IU/kg, V_C 40 IU/kg; 2. Minerals premix FeSO₄ · H₂O 400 IU/kg, ZnSO₄ · H₂O 350 IU/kg, CuSO₄ · 5H₂O 450 IU/kg, MnSO₄ · H₂O 420 IU/kg, KI 460 IU/kg, Na₂SeO₄ 520 IU/kg, KCL 550 IU/kg, NaCl 650 IU/kg; 3. Gross energy = Protein + Lipid + Carbohydrate(Protein 23.9 kJ/g, Lipid 39.8 kJ/g, Carbohydrate 17.6 kJ/g)^[9]

1.5 样品的制备

试验结束后分别取试验组和对照组体重相似的斑点叉尾鲷 5 尾,在冰盘中解剖,取出胃、前肠、中肠、后肠和肝胰脏,剥除多余的脂肪和结缔组织,用冰冻去离子水(4 °C, pH 7.0)冲洗消化道内容物,并用滤纸吸干水分,再分别称重。称重后剪碎。加 10 倍体积的冰冻去离子水(4 °C, pH 7.0),

匀浆,在冰箱(4℃)中静置1 h,4℃,4 000 r/min 离心10 min,收集上清液,将上清液置冰箱(4℃) 中保存备用。

1.6 酶活性测定

脂肪酶活性的测定参照酚酞试剂指示滴定法^[10]进行。取新鲜牛奶6 mL于37℃预热10 min,向牛奶中加入1 mL酶粗提液,于37℃摇动反应60 min,然后加入3 mL 95%乙醇以终止反应。向反应液中加入3~4滴酚酞试剂,用0.01 mol/L的NaOH溶液滴定,直到溶液呈现粉红色。对照反应中先向新鲜牛奶中加入乙醇,使酶失活,然后再加入酶粗提液。酶活性以每毫克蛋白每分钟消耗NaOH的微克分子数表示,单位为U/(min·mg)。

淀粉酶活性的测定参照3,5-二硝基水杨酸法^[11]进行。将1 g可溶性淀粉溶于100 mL浓度为0.025 mol/L、pH为6.9的磷酸缓冲液中,配制1%淀粉溶液。将淀粉溶液于37℃预热10 min,每毫升溶液中加入1 mL酶粗提液,于37℃摇动反应5 min,然后向反应液中加入2 mL 3,5-二硝基水杨酸显色液,加6 mol/L NaOH 1 mL,于沸水浴中煮沸5 min,取出后用冰水冷却,均用水稀释至25 mL,混匀。于540 nm处测定吸光值。对照反应中,先向1 mL酶粗提液中加入6 mol/L NaOH 1 mL,加1 mL淀粉溶液,37℃反应5 min,加入2 mL显色液,其余步骤相同。测定吸光值时,以磷酸缓冲液作空白对照。酶活性以每毫克酶蛋白每分钟使反应液吸光值增加的量来表

示,单位为U/(min·mg)。

蛋白酶活性的测定参照Folin-酚法^[12]进行。取10 g/L酪蛋白1 mL和0.025 mol/L磷酸缓冲溶液(pH 7.5)5 mL于试管中,37℃下保温10 min,迅速加入1 mL酶液,再继续保温15 min,加入3 mL 10%的三氯醋酸终止反应,过滤或离心,取上清液1 mL,加入5 mL 0.55 mol/L的Na₂CO₃和0.5 mL Folin试剂。37℃水浴中显色15 min,于波长680 nm条件下,在1 cm比色管中进行比色测定。对照管先加入终止液后加酶液。蛋白酶活性以每毫克蛋白每分钟使溶液吸光值降低的量表示,单位为U/(min·mg)。

1.7 数据处理

将试验数据用SPSS 12.0统计分析软件进行显著性检验。

2 结果

2.1 成活率

维生素E缺乏显著影响斑点叉尾鲟的成活率(表2)。0 IU/kg添加组成活率仅为70.56%±4.19%,极显著低于维生素E添加组(50、100、1 000 IU/kg添加组)($P < 0.01$);50 IU/kg、100 IU/kg和1 000 IU/kg添加组成活率在(96.34%±3.85%)~(97.78%±0.96%)之间,没有显著性差异($P > 0.05$)。由此得出,当维生素E含量超过50 IU/kg时,再继续提高维生素E含量,成活率不会明显提高($P > 0.05$)。

表2 维生素E对斑点叉尾鲟成活率的影响
Tab.2 Effect of vitamin E on survival rate of *Ictalurus punctatus*

试验组 group	I	II	III	IV
成活率 survival rate	70.56 ± 4.19 ^{Aa}	97.22 ± 2.55 ^{Bb}	97.78 ± 0.96 ^{Bb}	96.34 ± 3.85 ^{Bb}

注:同一行数据右上角不同上标小写字母代表差异显著(0.01 < $P < 0.05$),大写字母代表差异极显著($P < 0.01$),相同字母代表差异不显著($P > 0.05$)

Notes: Values with different superscript small letters within same line indicate significantly different(0.01 < $P < 0.05$); values with different superscript capitals indicate significantly highly different($P < 0.01$); values with the same superscript letters indicate no significantly different($P > 0.05$)

2.2 生产性能

增重、特定增长率 维生素E显著影响斑点叉尾鲟的绝对增重(JW)和特定增长率(SGR)(表3)。随着维生素E添加水平的增加,JW和SGR呈先增加后降低的趋势。50 IU/kg、100 IU/kg和1 000 IU/kg添加组JW和SGR极显著高于0 IU/

kg缺乏组($P < 0.01$);50 IU/kg和100 IU/kg添加组之间差异不显著($P > 0.05$)。当维生素E添加量为100 IU/kg时JW(72.00±2.74)和SGR(2.99±0.50)达最大,但当维生素E添加量上升至1 000 IU/kg时JW和SGR反而降低,其JW和SGR值均显著低于添加100 IU/kg组($P < 0.05$)。

表 3 维生素 E 对斑点叉尾鲷增重、特定生长率的影响
Tab.3 Effect of vitamin E on increased weight, special weight growth rate of *Ictalurus punctatus*

试验组 group	初均重(g/尾) initial weight	末均重(g/尾) last weight	绝对增重(g/尾) absolutely increased weight	特定生长率(%/d) special weight growth rate
I	5.21 ± 0.08	62.93 ± 2.36 ^{Aa}	57.73 ± 2.55 ^{Aa}	2.61 ± 0.03 ^{Aa}
II	5.22 ± 0.09	76.10 ± 1.43 ^{Bb}	70.41 ± 2.93 ^{Bb}	2.96 ± 0.06 ^{Bb}
III	5.20 ± 0.06	77.20 ± 2.38 ^{Bb}	72.00 ± 2.74 ^{Bb}	2.99 ± 0.50 ^{Bb}
IV	5.19 ± 0.11	73.93 ± 0.37 ^{Bc}	69.75 ± 0.64 ^{Bc}	2.85 ± 0.02 ^{Bc}

注:同一列数据右上角不同上标小写字母代表差异显著($P < 0.05$),大写字母代表差异极显著($P < 0.01$),相同字母代表差异不显著($P > 0.05$)

Notes: Values with different superscript small letters within same column indicate significantly different ($0.01 < P < 0.05$); values with different superscript capitals indicate significantly highly different ($P < 0.01$); values with the same superscript letters indicate no significantly different ($P > 0.05$)

蛋白质效率、摄饵量、饲料系数 斑点叉尾鲷的蛋白质效率、摄饵量和饲料系数受饲料中维生素 E 含量的影响,蛋白质效率和摄饵量在一定范围内随维生素 E 添加量的上升而上升,但达到一定饲料系数后随维生素 E 添加量的增加而降低(表 4)。0 IU/kg 添加组蛋白质效率和摄饵量最低,分别为 $139.21\% \pm 7.82\%$ 和 $(5862.90 \pm$

$56.87)$ g/尾,饵料系数最高,达 (2.06 ± 0.12) ; 50 IU/kg 和 100 IU/kg 添加组间蛋白质效率和摄饵量无显著差异($P > 0.05$),但极显著和显著高于 0 IU/kg 和 1 000 IU/kg 添加组($P < 0.01$ or $P < 0.05$);饵料系数极显著低于 0 IU/kg 添加组($P < 0.01$),显著低于 1 000 IU/kg 添加组($P < 0.05$)。

表 4 维生素 E 对斑点叉尾鲷蛋白质效率、摄饵量、饲料系数的影响
Tab.4 Effect of vitamin E on protein efficiency ratio, feed quantity, feed conversion ratio of *Ictalurus punctatus*

试验组 group	蛋白质效率(%) protein efficiency ratio	摄饵量(g/尾) feed quantity	饵料系数 feed conversion ratio
I	139.21 ± 7.82 ^{Aa}	5862.90 ± 56.87 ^{Aa}	2.06 ± 0.12 ^{Aa}
II	163.30 ± 2.80 ^{Bb}	7334.80 ± 42.53 ^{Bb}	1.75 ± 0.03 ^{Bb}
III	163.71 ± 5.62 ^{Bb}	7478.00 ± 62.01 ^{Bb}	1.74 ± 0.06 ^{Bb}
IV	152.97 ± 1.94 ^{Bc}	6898.43 ± 44.21 ^{Bc}	1.95 ± 0.02 ^{Bc}

注:同一列数据右上角不同上标小写字母代表差异显著($P < 0.05$),大写字母代表差异极显著($P < 0.01$),相同字母代表差异不显著($P > 0.05$)

Notes: Values with different superscript lower-case letters within same column indicate significantly different ($0.01 < P < 0.05$); values with different superscript capitals indicate significantly highly different ($P < 0.01$); values with the same superscript letters indicate no significantly different ($P > 0.05$)

2.3 胃肠道和肝胰脏蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶活性 维生素 E 对胃肠道和肝胰脏淀粉酶活性没有明显影响($P > 0.05$),但极显著或显著影响蛋白酶和脂肪酶活性($P < 0.01$ or $P < 0.05$)(表 5)。胃肠道蛋白酶、肝胰脏蛋白酶、胃肠道脂肪酶和肝胰脏脂肪酶活性在一定范围内随饲料中维生素 E 添加量的上升而上升。当饲料中维生素 E 添加量为 100 IU/kg 时,胃肠道和肝胰脏蛋白酶、脂肪酶活性均达最高,极显著高于 0 IU/kg 添加组($P < 0.01$),显著高于 1 000 IU/kg 添加组($P < 0.05$),但与 50 IU/kg 添加组无显著差异($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 维生素 E 对斑点叉尾鲷生长性能的影响

维生素 E 在一定剂量范围内能促进水生动物

物生长,其缺乏可引起体内产生过多的有毒脂质过氧化产物,使机体处于一种不良的生理状态,从而导致水生动物的增重率降低、饲料效率下降^[13-15]。饲料中添加适量的维生素 E 后,可预防饲料和水生动物机体组织中多种不饱和脂肪酸的氧化酸败,维持机体旺盛的新陈代谢,从而提高水生动物的存活率、增重率和对饲料的利用率^[16-18]。研究资料显示,维生素 E 缺乏会引起大西洋鲑 (*Oncorhynchus tshawytscha*)^[13]、鲤 (*Cyprinus carpio*)^[14]、大麻哈鱼 (*Amago salmon*)^[15] 等生产性能降低;而饲料中添加适量的维生素 E 可显著提高鳊 (*Mugil cephalus Linnaeus*)^[16]、许氏平鲈 (*Sebastes schlegeli*)^[17]、海龟 (*Pelodiscus sinensis*)^[18] 的增重率、饲料效率和蛋白质利用率;但高水平维生素 E 则对许氏平鲈 (*Sebastes schlegeli*)^[17]、罗非鱼 (*Oreochromis*)^[19] 的生长无

明显促进作用。以上报道与本研究结果基本一致,饲料中添加维生素 E 对斑点叉尾鲷成活率、增重率、特定生长率、蛋白质效率和摄饵量均有一定改善作用,且对各项生长指标影响的变化趋势基本一致。0 IU/kg 添加组斑点叉尾鲷成活率极显著低于维生素 E 添加组(50、100、1 000 IU/kg 添加组)($P < 0.01$),且该组斑点叉尾鲷的绝对增重(JW)、特定生长率(SGR)、蛋白质效率和摄饵

量最低,显著低于其它三组($P < 0.01$),表明维生素 E 对斑点叉尾鲷有显著的促生长作用。但 1 000 IU/kg 添加组斑点叉尾鲷各生长指标均低于 50 IU/kg 和 100 IU/kg 添加组($P < 0.05$),表明只有在一定添加水平内,维生素 E 才能显著提高斑点叉尾鲷的生长性能,至于其在鱼体中的具体作用机制还有待进一步研究。

表 5 维生素 E 对消化酶的影响

Tab.5 The activities of digestive enzyme in the digestive tract of *Ictalurus punctatus*

试验组 group		[U/(min · mg)]			
		I	II	III	IV
胃 stomach	蛋白酶 protease	20.43 ± 1.36 ^{Aa}	27.53 ± 2.89 ^{Bb}	29.33 ± 1.66 ^{Bb}	24.21 ± 1.66 ^{Bc}
	脂肪酶 lipase	132.37 ± 17.58 ^{Aa}	188.45 ± 18.52 ^{Bb}	196.52 ± 17.23 ^{Bb}	158.33 ± 20.20 ^{Bc}
	淀粉酶 amylase	27.15 ± 3.2 ^{Aa}	29.52 ± 2.05 ^{Aa}	29.94 ± 2.35 ^{Aa}	28.37 ± 3.22 ^{Aa}
前肠 foregut	蛋白酶 protease	13.29 ± 1.12 ^{Aa}	18.13 ± 2.16 ^{Bb}	19.33 ± 1.40 ^{Bb}	15.21 ± 1.02 ^{Bc}
	脂肪酶 lipase	113.38 ± 21.18 ^{Aa}	169.78 ± 23.15 ^{Bb}	176.52 ± 30.40 ^{Bb}	132.37 ± 30.26 ^{Bc}
	淀粉酶 amylase	21.26 ± 2.2 ^{Aa}	23.22 ± 0.89 ^{Aa}	23.49 ± 2.84 ^{Aa}	23.37 ± 1.40 ^{Aa}
中肠 midgut	蛋白酶 protease	9.81 ± 0.94 ^{Aa}	15.44 ± 1.73 ^{Bb}	15.33 ± 1.46 ^{Bb}	12.21 ± 1.13 ^{Bc}
	脂肪酶 lipase	73.96 ± 15.06 ^{Aa}	115.36 ± 21.84 ^{Bb}	122.75 ± 20.54 ^{Bb}	106.13 ± 18.62 ^{Bc}
	淀粉酶 amylase	18.35 ± 1.38 ^{Aa}	19.41 ± 1.22 ^{Aa}	19.87 ± 1.51 ^{Aa}	19.11 ± 1.08 ^{Aa}
后肠 hindgut	蛋白酶 protease	6.32 ± 1.06 ^{Aa}	10.18 ± 1.45 ^{Bb}	11.27 ± 1.25 ^{Bb}	8.74 ± 1.25 ^{Bc}
	脂肪酶 lipase	43.16 ± 11.35 ^{Aa}	79.65 ± 15.94 ^{Bb}	80.81 ± 19.22 ^{Bb}	58.55 ± 17.58 ^{Bc}
	淀粉酶 amylase	10.57 ± 1.63 ^{Aa}	11.56 ± 1.40 ^{Aa}	11.87 ± 1.06 ^{Aa}	10.87 ± 1.02 ^{Aa}
肝胰脏 hepatopancreas	蛋白酶 protease	10.31 ± 1.93 ^{Aa}	14.10 ± 1.50 ^{Bb}	15.46 ± 1.28 ^{Bb}	12.51 ± 1.70 ^{Bc}
	脂肪酶 lipase	83.68 ± 10.69 ^{Aa}	122.77 ± 19.92 ^{Bb}	125.10 ± 22.32 ^{Bb}	103.71 ± 25.72 ^{Bc}
	淀粉酶 amylase	6.95 ± 0.69 ^{Aa}	7.59 ± 2.84 ^{Aa}	7.68 ± 0.93 ^{Aa}	7.64 ± 0.46 ^{Aa}

注:同一行数据右上角不同上标小写字母代表差异显著($0.01 < P < 0.05$),大写字母代表差异极显著($P < 0.01$),相同字母代表差异不显著($P > 0.05$)

Notes: Values with different superscript lower-case letters within same line indicate significantly different ($0.01 < P < 0.05$); values with different superscript capitals indicate significantly highly different ($P < 0.01$); values with the same superscript letters indicate no significantly different ($P > 0.05$)

3.2 维生素 E 对斑点叉尾鲷消化酶活力的影响

水生动物体因其生长发育及机体所需营养成分的不同,从而使其消化酶活性也随之发生变化^[20]。一般消化道内营养物质的消化作用主要是化学消化,其实质就是酶消化,所以消化酶在水生动物消化过程中起到极其重要的作用。同时,水生动物的消化主要在消化道中进行,因此消化道中消化酶的活力可以反映其消化能力^[21-22]。目前关于微量元素及各营养物质对水生动物消化酶活性的影响已有一些报道,苏传福等^[23]研究发现硒能显著提高草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)饲料效率、消化酶活性,促进鱼体生长;钱曦等^[24]报道翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)肠道和肝胰脏蛋白酶活性随饲料蛋白水平升高呈显著增强

($P < 0.05$);高春生等^[25]实验证明牛磺酸能显著提高黄河鲤(*Cyprinus carpio*)肝胰脏和肠道蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶的活性($P < 0.05$)。但有关维生素 E 对水生动物消化酶活性的影响尚未见报道。本试验弥补了维生素 E 对水生动物消化酶活性影响研究的不足,研究结果表明维生素 E 极显著或显著影响斑点叉尾鲷胃肠道和肝胰脏蛋白酶、脂肪酶活性($P < 0.01$ or $P < 0.05$)。0 IU/kg 添加组消化系统各部分蛋白酶和脂肪酶活性极显著低于其它维生素 E 添加组($P < 0.01$);当饲料中维生素 E 添加量为 100 IU/kg 时,蛋白酶、脂肪酶活性均达最高,且显著高于 1 000 IU/kg 添加组($P < 0.05$)。由此可以看出,维生素 E 在一定添加水平内可以通过提高斑点叉尾鲷胃肠

道和肝胰脏蛋白酶、脂肪酶活性而促进营养物质沉积,进而提高饲料利用率,促进其生长。

参考文献:

- [1] Carballo E C, Tuan P M, René J M, *et al.* Vitamin E (α -tocopherol) production by the marine microalgae *Dunaliella tertiolecta* and *Tetraselmis suecica* in batch cultivation [J]. *Biomol Eng*, 2003, 20:139 - 147.
- [2] Wise D J. Effects of dietary selenium and vitamin E on red blood cell preoxidation, glutathione peroxidase activity and macrophage superoxide anion production in channel catfish [J]. *Aquat Anim Health*, 1993, 5:177 - 182.
- [3] 邬国民,陈 慈,李恒颂,等. 我国斑点叉尾鲷养殖的现状和前景展望 [J]. *中山大学学报论丛*, 1998, 4:75 - 79.
- [4] 周国平. 中国斑点叉尾鲷产业的现状及展望 [J]. *渔业科技产业*, 2005, 2:20 - 23.
- [5] 虞鹏程,简少卿,袁敏义,等. HACCP 体系在斑点叉尾鲷人工繁殖中的应用 [J]. *淡水渔业*, 2007, 37(4): 72 - 75.
- [6] 梁万文,陈 明,余晓丽,等. 斑点叉尾鲷肠败血症病原菌的分离与鉴定 [J]. *西南农业学报*, 2007, 20(5): 1124 - 1129.
- [7] 耿 毅,汪开毓,陈德芳,等. 斑点叉尾鲷一株致病菌的分离鉴定及系统发育分析 [J]. *微生物学报*, 2006, 46(4): 649 - 652.
- [8] National Research Council. *Nutrient Requirements of fish* [M]. Washington: National Academy Press, 1993:27 - 30.
- [9] Steffens W. *Principles of fish nutrition* [M]. New York: Ellis Horwood Press, 1989:256 - 258.
- [10] Brockman H L. Triglyceride lipase from porcine pancreas [J]. *Methods Enzymol*, 1981, 71: 619 - 627.
- [11] 中山大学生物系. *生化技术导论* [M]. 北京: 人民教育出版社, 1979:57 - 62.
- [12] 北京大学生物系生物化学教研室. *生物化学实验指导* [M]. 北京: 高等教育出版社, 1979:73 - 74.
- [13] Thorarinsson 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.
- [14] Watanabe T, Hibiya T. Effects of α -tocopherol deficiency on carp [J]. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 1970, 36:623 - 630.
- [15] Taveekijakarn P, Miyazaki T, Matsumoto M, *et al.* Study on vitamin E deficiency in *Amago salmon* [J]. *Bulletin of the Faculty of Bioresources*, 1996, 16:17 - 24.
- [16] Wassef E A, Masry E L, Mikhail F R. Growth enhancement and muscle structure of striped mullet, *Mugil cephalus* L, fingerlings by feeding algal meal-based diets [J]. *Aquaculture Research*, 2001, 32 (supplement): 315 - 322.
- [17] Bai S, Lee K J. Different levels of dietary DL- α -tocopherol affect the vitamin E status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* [J]. *Aquaculture*, 1998, 161:405 - 414.
- [18] Chen H H, Way Y L. Effects of dietary vitamin E level on growth and tissue lipid peroxidation of soft-shelled turtle *Pelodiscus sinensis* [J]. *Aquaculture Research*, 2004, 35(10): 948 - 954.
- [19] 佐藤秀一,竹内俊郎,渡边武,等. 罗非鱼对维生素 E 的需求量及其与饲料脂质含量的关系 [J]. *水利渔业*, 1989, 6:48 - 51.
- [20] 刘玉梅,朱谨钊. 对虾消化酶的研究 [J]. *海洋科学*, 1984, 5:46 - 50.
- [21] Lee P G, Lawrence A L. A quantitative analysis of digestive enzymes in penaeid shrimp: influences of diet, age and species [J]. *Physiologist*, 1982, 2(5): 241 - 247.
- [22] 林浩然. *鱼类生理学* [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1998:37 - 43.
- [23] 苏传福,罗 莉,文 华,等. 硒对草鱼生长、营养组成和消化酶活性的影响 [J]. *上海水产大学学报*, 2007, 16(2): 124 - 129.
- [24] 钱 曦,王桂芹,周洪琪,等. 饲料蛋白水平及豆粕替代鱼粉比例对翘嘴红鲌消化酶活性的影响 [J]. *动物营养学报*, 2007, 19(2): 182 - 187.
- [25] 高春生,范光丽,王艳玲. 牛磺酸对黄河鲤鱼生长性能和消化酶活性的影响 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23(6): 645 - 647.

Effect of vitamin E on growth and activities of digestive enzymes of channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque

HE Min, WANG Kai-yu, ZHANG Yu, SUN Ting

(Animal's Medical College, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The experiment was conducted to determine the effects of vitamin E on growth performance and activities of digestive enzymes of channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and probe into mechanism tentatively. 900 healthy channel catfish [(5.00 ± 0.50) g] of average weight were randomly divided into four groups and each group included three replicates of 75 channel catfish. Group I was supplemented with 0 IU/kg vitamin E, Other three treatments were supplemented consecutively with 50 IU/kg vitamin E for group II, 100 IU/kg vitamin E for group III, 1 000 IU/kg vitamin E for group IV. The experiment lasted for 105 days. The result showed that Vitamin E could improve survival rate, special weight growth rate (SGR), protein efficiency ratio and feed quantity of channel catfish notably ($P < 0.01$). When vitamin E was 100 IU/kg diet, the fish had the maximal survival rate, special weight growth rate, protein efficiency ratio and feed quantity [$97.78\% \pm 0.96\%$, $2.99\% \pm 0.50\%$, $163.71\% \pm 5.62\%$ and $(7\ 478.00 \pm 62.01)$ g/tail], higher than the vitamin E adding amount for group 0 IU/kg extremely notably ($P < 0.01$). What's more, vitamin E had significant effect on protease, lipase in the gastrointestinal tract and hepato-pancreas of channel catfish ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). When vitamin E was 100 IU/kg diet, channel catfish had the maximal the activities of protease, lipase [$(29.33\% \pm 1.66)$ U/(min · mg), (196.52 ± 17.28) U/(min · mg)], higher than the vitamin E adding amount for group 0 IU/kg extremely notably ($P < 0.01$) and higher than group 1 000 IU/kg notably ($P < 0.05$). Therefore, these results indicate that vitamin E can improve the growth, activities of digestive enzymes of channel catfish at certain level.

Key words: *Ictalurus punctatus*; vitamin E; growth performance; digestive enzyme