

饲料中不同水平维生素A对加州鲈生长和血清生化指标的影响

■ 蓝汉冰^{1,2} 陈翠英^{1,2} 黄永政^{1,2} 叶观林² 陈玉敏² 廖健² 谭秀花² 朱旺明^{1,2}

(1.佛山市信豚生物科技有限公司,广东佛山 528211;2.广州市信豚水产技术有限公司,广东广州 510642)

摘要:通过对平均初重为(38.31±0.26) g的加州鲈(*Micropterus salmoides*)投喂5组不同维生素A水平的饲料[维生素A含量分别为3.59(对照组)、16.26、33.19、63.65 mg/kg和116.49 mg/kg],每组3个重复,每个重复50尾鱼,进行8周的饲养试验,研究饲料中不同水平维生素A对加州鲈幼鱼生长和血清生化指标的影响。结果表明,与对照组相比,饲料中添加63.65 mg/kg维生素A可显著提高加州鲈的增重率和特定生长率($P<0.05$),而对蛋白质效率、饲料系数、成活率和体成分影响不显著($P>0.05$)。但超过一定量的维生素A(116.49 mg/kg),反而不利于加州鲈的生长和骨骼发育。当饲料中维生素A添加水平为116.49 mg/kg时,显著降低了血清总胆固醇和肝脏脂肪含量($P<0.05$),当饲料中维生素A添加水平为63.65 mg/kg时,显著提高了血清谷草转氨酶的活性($P<0.05$),而对血清碱性磷酸酶和谷丙转氨酶没有显著性影响($P>0.05$)。此外,肝脏维生素A含量随着饲料维生素A水平的增加而呈线性增加。由此可见,在需要量基础上适当提高维生素A水平可促进加州鲈的生长,建议加州鲈饲料维生素A的添加量不能高于63.65 mg/kg。

关键词:加州鲈;维生素A;生长;血清生化指标

doi:10.13302/j.cnki.fi.2016.12.008

中图分类号:S963.73

文献标识码:A

文章编号:1001-991X(2016)12-0034-05

Effects of different dietary levels of vitamin A on growth performance and serum biochemical parameters of *Micropterus salmoides*

Lan Hanbing, Chen Cuiying, Huang Yongzheng, Ye Guanlin, Chen Yumin,

Liao Jian, Tan Xiuhua, Zhu Wangming

Abstract: To investigate the effects of dietary vitamin A on growth performance and serum biochemical parameters of *Micropterus salmoides*, five diets supplemented with graded levels of vitamin A (3.59(control), 16.26, 33.19, 63.65 and 116.49 mg/kg dry weight, respectively) were fed to triplicate treatments of 50 juveniles each with the initial weight of (38.31±0.26) g for 8 weeks. The results showed that the weight gain (WG) and special growth rate (SGR) of fish fed the diet with 63.65 mg/kg vitamin A were significantly higher than those of control group ($P<0.05$). No significant differences were observed in protein efficiency ratio (PER), feed conversion ratio (FCR), survival rate (SR) and proximate composition of whole body fish among all the treatments ($P>0.05$). While high concentration of dietary vitamin A (116.49 mg/kg) caused slight depression in growth and bone development of juvenile fish. Serum cholesterol and liver lipid contents were significantly decreased with increasing dietary vitamin A level up to 63.65~116.49 mg/kg, but the reverse trend was obtained for serum aspartate aminotransferase (GOT) activity ($P<0.05$). No significant differences were observed on alkaline phosphatase (ALP) activity and glutamic pyruvic transaminase (GTP) activity in serum ($P>0.05$). The liver vitamin A contents showed a strong positive linear relationship with dietary vitamin A levels ($P<0.05$). The results of

作者简介:蓝汉冰,硕士,研究方向为水产动物营养与免疫。

通讯作者:朱旺明,硕士,硕士生导师。

收稿日期:2016-03-08

项目来源:科技型中小企业创新基金项目[14C26214402665]

the present study indicated that certain high levels of dietary vitamin A could improve growth for juvenile *Micropterus salmoides*, and the level of dietary vitamin A should not exceed 63.65 mg/kg.

Key words: *Micropterus salmoides*; vitamin A; growth performance; serum biochemical parameters

维生素A具有促进生长、维持繁殖性能和视觉功能正常及提高疾病抵抗力等重要生理功能,是鱼类维持正常生理功能不可缺少的营养物质之一。研究发现大多水产动物体内不能合成维生素A,食物缺乏维生素A时均会出现明显的症状,如生长缓慢、厌食、贫血、夜盲症及骨骼畸形等。但食物中过量的维生素A对鱼类具有一定的毒性,如死亡率增加、生长下降、脊椎生长异常、肝脏脂肪含量和肝脏指数降低等症状。加州鲈(*Micropterus salmoides*),又名大口黑鲈,为肉食性温水鱼类,具有生长快、肉质鲜美、抗病力强等优点,是我国养殖的主要淡水鱼品种之一。当前加州鲈养殖以投喂冰鲜杂鱼为主,或采用冰鲜杂鱼与饲料混合投喂的方式,由于其营养需求、消化吸收和代谢机制的研究相对缺乏,人工配合饲料的研制一直未能取得重大突破。目前,有关加州鲈蛋白质、脂肪和个别维生素的营养需求研究已有报道,但对维生素A的营养生理作用研究不多,未见有报道关于在配合饲料中添加维生素A对加州鲈的生长、饲料利用率、肝脏维生素A含量及血清生化指标的影响。因此,研究配合饲料中不同水平维生素A对加州鲈生长、饲料利用率、肝脏维生素A含量及血清生化指标的影响,为确定加州鲈饲料中维生素A适宜供给量和进一步指导生产提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验饲料

饲料以维生素A醋酸酯作为添加源,分别按照维生素A含量为0(对照组)、15、30、60和120 mg/kg添加,以微晶纤维素为填充剂,使各试验组饲料其它营养水平保持一致。维生素A醋酸酯(维生素A含量为50万IU/g)购自浙江新和成股份有限公司。采用反相高效液相色谱法测得上述5组饲料中维生素A的实际添加量分别为3.59、16.26、33.19、63.65和116.49 mg/kg。所有饲料原料经80目过筛,充分混匀后制成粒径为3 mm的膨化饲料,烘干后置于4℃冰箱保存备用。试验饲料组成及营养成分见表1。

1.2 试验鱼与饲养管理

试验于2015年7~9月在佛山市信豚生物科技有限公司南沙中试实验中心进行,加州鲈购于南海优鲈一号加州鲈鱼苗厂,先放入暂养箱中用基础饲料(见

表1)驯养2周至其完全适应池塘网箱试验环境。驯养结束后,选取平均体重为(38.31±0.26) g的健康加州鲈幼鱼750尾,随机分在15个网箱(2.5 m×1.5 m×2 m)中,每个网箱50尾,分别投喂5组饲料,每组饲料3个重复,饲养周期为8周。每天投喂两次(8:00和17:00),投喂率为体重的2%~4%,同时根据水温、天气和鱼的摄食情况调整投喂量。每天记录投喂量和试验鱼的死亡数据,并定期检查水体的氨氮、亚硝酸盐、溶解氧等理化因子。试验期间水温为28.0~32.0℃左右,露天养殖,自然光照,pH值为7.2~7.8,水中氨氮含量0.1~0.2 mg/l,亚硝酸盐小于0.05 mg/l,溶氧大于5.0 mg/l。

表1 加州鲈试验饲料配方及营养成分

项目	维生素A添加水平(mg/kg干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
饲料组成(g/100 g干重)					
鱼粉	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
豆粕	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
面粉	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
鱼油	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
磷酸二氢钙	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
复合维生素	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
复合矿物元素	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
维生素A预混剂	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
其它物质	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
营养成分(g/100 g干重)					
水分	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90
粗蛋白	44.29	44.29	44.29	44.29	44.29
粗脂肪	10.65	10.65	10.65	10.65	10.65
粗灰分	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80
饲料VA含量实测值(mg/kg)	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49

- 注:1. 复合维生素为不添加VA的维生素预混料,由佛山市信豚生物科技有限公司提供,其中每千克干饲料中含有VE 160 mg、VD₃ 15 000 IU、VK₃ 50.4 mg、VC 250 mg、VB₁ 28.47 mg、VB₂ 25.13 mg、VB₆ 30.78 mg、VB₁₂ 0.22 mg、烟酰胺55.42 mg、叶酸2.91 mg、D-泛酸钙84.10 mg、D-生物素1.02 mg、肌醇280 mg、氯化胆碱1 500 mg;
2. 复合矿物元素由佛山市信豚生物科技有限公司提供,其中每千克干饲料中含有镁(MgSO₄·H₂O)52.71 mg、铁(FeSO₄)31.65 mg、铜(CuSO₄)2.61 mg、锌(ZnSO₄)68.80 mg、锰(MnSO₄)6.21 mg、硒(Na₂SeO₃)0.18 mg、碘(Ca(IO₃)₂)1.96 mg、钴(CoCl₂)0.36 mg;
3. 维生素A预混剂:根据不同添加量配制5组预混剂,载体为微晶纤维素;
4. 其它物质包括载体、抗氧化剂等。

1.3 样品采集

养殖试验结束前,停食 24 h,然后对每个网箱中的所有加州鲈进行计数、称重,记录生长情况。从每个网箱随机捞取 5 尾鱼,测定体重、体长等相关指标,同时进行血液和肝脏样品的采集。用 1 ml 无菌注射器尾静脉采血,置于无菌离心管中,4 ℃ 静置 12 h 后,3 500×g 离心 10 min,制备血清,-80 ℃ 保存备用。取肝脏组织,剔除其表面的结缔组织附着物,并按重量 1:10 加入 PBS (pH 值 7.4) 缓冲液,均浆机高速均浆后,3 500×g 低温离心 20 min,取上清液,置于-80 ℃ 保存备用。另每箱随机取 4 尾鱼,擦干体表水分,经液氮速冻后保存于-20 ℃,用于全鱼常规营养成分的分析。

1.4 指标测定与分析

1.4.1 生长性能指标的测定

成活率(SR,%)=试验结束时鱼尾数/试验开始时尾数×100;

增重率(WG,%)=(终末体重-初始体重)/初始体重×100;

特定生长率(SGR,%/d)=ln(试验鱼末重/试验鱼初重)/饲养时间×100;

饲料系数(FCR)=饲料摄食量/试验鱼增重;

蛋白质效率(PER)=试验鱼增重/(试验鱼饲料摄食量×饲料蛋白含量);

脏体比(VSI,%)=试验鱼内脏重/试验鱼体重×100;

肝体比(HSI,%)=试验鱼肝脏重/试验鱼体重×100;

脂体比(IPF,%)=试验鱼腹腔脂肪重/试验鱼体重×100;

鱼体肥满度(CF,g/cm³)=试验鱼体重/试验鱼体长³×100。

1.4.2 常规营养成分分析

饲料、全鱼和肝脏的粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和水分按照国标 GB/T 6432—1994、GB/T 6433—2006、GB/T 6438—2007 和 GB/T 6435—2014 方法测定的。饲料和肝脏维生素 A 的含量按照国标 GB/T 17817—2010 中的皂化提取法进行提取,然后采用反相高效液相色谱法分析。

1.4.3 血清生化指标的分析

血清碱性磷酸酶(ALP)、谷丙转氨酶(GTP)、谷草转氨酶(GOT)活性及甘油三酯(TG)和总胆固醇(TCHO)的含量均采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定,具体测定参照试剂盒说明书进行。

1.5 统计分析

采用 SPSS16.0 对所得数据进行统计分析。在单因素方差分析(One-Way ANOVA)达到显著水平时(P<0.05),采用 Turkey's 检验进行多重比较,数据表示为“平均值±标准误($\bar{X} \pm SE$)”。

2 结果与分析

2.1 饲料维生素 A 水平对加州鲈生长和饲料利用率的影响(见表 2)

表 2 饲喂不同维生素 A 含量对加州鲈生长性能和饲料利用率的影响

项目	维生素 A 添加水平(mg/kg 干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
初始重(g)	38.83±0.44	38.50±0.58	37.37±0.17	38.17±0.67	38.67±0.60
终末重(g)	76.15±0.77	76.56±1.16	74.80±0.71	78.19±1.86	76.69±1.13
增重率(%)	96.95±1.06 ^b	98.85±1.28 ^{ab}	98.59±1.13 ^{ab}	104.84±1.83 ^a	98.36±2.38 ^{ab}
特定生长率(%/d)	1.13±0.01 ^b	1.15±0.01 ^{ab}	1.15±0.01 ^{ab}	1.20±0.02 ^a	1.14±0.02 ^{ab}
饲料系数	1.08±0.01	1.05±0.01	1.07±0.02	1.01±0.03	1.06±0.03
蛋白质效率	2.10±0.03	2.11±0.02	2.07±0.03	2.14±0.06	2.08±0.05
存活率(%)	87.33±2.40	92.67±3.53	90.00±5.29	90.00±4.16	92.67±4.37

注:同行数据肩标字母不同表示数据之间有显著性差异(P<0.05);下表同。

由表 2 可知,饲料中高水平的维生素 A 对加州鲈的增重率和特定生长率有影响,而对饲料系数和蛋白质效率的影响不显著(P>0.05)。当饲料维生素 A 添加量为 63.65 mg/kg 时,试验鱼的增重率和特定生长率显著高于对照组(P<0.05),其余各组间差异不显著(P>0.05)。对照组试验鱼的成活率稍低于各维生素 A 添加组,但各组间差异不显著(P>0.05)。

2.2 饲料维生素 A 水平对加州鲈形体指标和体成分

的影响(见表 3 及表 4)

由表 3 可知,饲料中维生素 A 的添加水平影响了加州鲈的脏体比和肥满度,但对肝体比和脂体比的影响不显著(P>0.05)。随着饲料维生素 A 添加水平的增加,加州鲈的脏体比升高,且添加量高达 63.65 mg/kg 和 116.49 mg/kg 试验鱼的脏体比显著高于其余各组(P<0.05)。而加州鲈的肥满度随着饲料维生素 A 添加水平的增加而下降,且添加量为

63.65 mg/kg 和 116.49 mg/kg 组的肥满度显著低于对照组和 16.26 mg/kg 维生素 A 添加组 ($P < 0.05$)。此外,添加量高达 116.49 mg/kg 组的试验鱼出现轻微

的骨骼畸形症状。由表 4 可知,饲料中高水平维生素 A 对加州鲈鱼体常规营养成分的影响不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 饲喂不同维生素 A 含量对加州鲈形体指标的影响

项目	饲料维生素 A 添加水平(mg/kg 干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
肝体比(%)	1.51±0.05	1.47±0.01	1.49±0.01	1.54±0.01	1.56±0.01
脏体比(%)	6.83±0.06 ^b	6.77±0.09 ^b	6.95±0.06 ^b	7.14±0.04 ^a	7.24±0.01 ^a
脂体比(%)	1.51±0.05	1.47±0.01	1.49±0.01	1.54±0.01	1.56±0.01
肥满度(g/cm ³)	2.08±0.01 ^a	2.08±0.00 ^a	2.07±0.00 ^{ab}	2.05±0.00 ^b	2.05±0.00 ^b

表 4 饲喂不同维生素 A 含量对加州鲈鱼体成分的影响(%)

项目	饲料维生素 A 添加水平(mg/kg 干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
水分	76.24±0.52	76.22±0.81	75.56±0.62	74.55±0.64	76.72±0.89
粗蛋白	13.82±0.47	13.17±0.95	13.69±0.25	14.26±0.47	13.28±1.05
粗脂肪	4.73±0.06	5.82±0.19	5.14±0.17	5.42±0.21	4.80±0.19
粗灰分	3.62±0.10	3.64±0.24	3.65±0.07	3.81±0.07	3.50±0.21

2.3 饲料维生素 A 水平对加州鲈肝脏脂肪和肝脏维生素 A 含量的影响(见表 5 及图 1)

由表 5 可知,加州鲈肝脏的脂肪含量随着饲料中维生素 A 添加水平的增加而降低,且添加量为 116.49 mg/kg 组试验鱼的肝脏脂肪含量显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

肝脏维生素 A 含量与饲料维生素 A 添加水平显著正相关 ($Y=0.489 9X-0.339$, $R^2=0.995 8$, $P < 0.01$) (见图 1),且饲料维生素 A 添加量较高的两组 (63.65 mg/kg 和 116.49 mg/kg) 肝脏维生素 A 含量显著高于维生素 A 含量较低组 (3.59、16.26 和 33.19 mg/kg) ($P < 0.05$)。

表 5 饲喂不同维生素 A 含量对加州鲈肝脏脂肪和维生素 A 含量的影响

项目	饲料维生素 A 添加水平(mg/kg 干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
肝脏脂肪(%)	2.98±0.42 ^a	2.73±0.06 ^{ab}	2.31±0.10 ^{ab}	1.95±0.22 ^{ab}	1.70±0.27 ^b
肝脏维生素 A(μg/g)	1.59±0.32 ^a	6.19±0.40 ^a	15.98±2.15 ^a	33.10±5.89 ^b	55.68±4.87 ^a

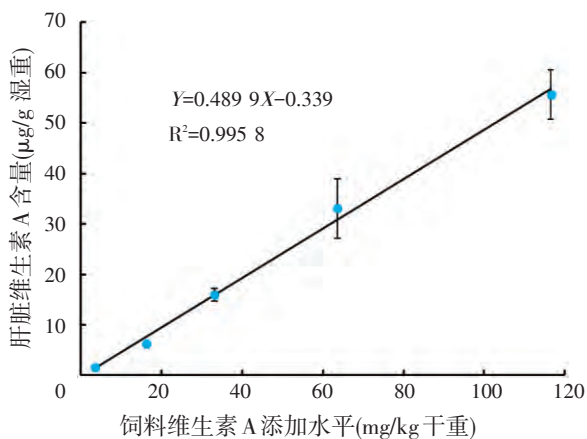


图 1 加州鲈肝脏维生素 A 含量与饲料维生素 A 添加水平的关系

2.4 饲料维生素 A 水平对加州鲈血清生化指标的影响

由表 6 可知,饲料中添加高水平的维生素 A 显著

降低了加州鲈血清中的总胆固醇(TCHO)含量 ($P < 0.05$),但对血清甘油三酯(TG)含量的影响不显著 ($P > 0.05$)。各维生素 A 添加组的血清碱性磷酸酶(ALP)活性低于对照组,但组间差异不显著 ($P > 0.05$)。饲料中添加高水平的维生素 A 提高了加州鲈血清中谷丙转氨酶(GTP)和谷草转氨酶(GOT)的活性,且添加量为 63.65 mg/kg 组的血清 GOT 活性显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

维生素 A 是鱼类生长发育必需的营养素,但饲料中维生素 A 水平过高也会抑制鱼类的生长。研究发现,日本比目鱼 (*Paralichthys olivaceus*) 幼鱼摄食过量的维生素 A (50 000 IU/kg) 会出现生长受阻、骨骼畸形及体长变短等症状。摄食饲料维生素 A 含量为 938 mg/kg 后,大西洋鲑 (*Salmo salar*) 出现死亡率增加、生长下降及脊椎生长异常等中毒症状。高水平维

表6 饲喂不同维生素A含量对加州鲈血清生化指标的影响

项目	饲料维生素A添加水平(mg/kg干重)				
	3.59	16.26	33.19	63.65	116.49
总胆固醇(mmol/l)	21.11±0.95 ^a	16.47±0.23 ^b	17.97±0.13 ^b	17.61±0.43 ^b	15.89±1.20 ^b
甘油三酯(mmol/l)	2.54±0.17	3.26±1.08	2.46±0.31	3.03±0.52	1.99±0.20
碱性磷酸酶(金氏单位/100 ml)	1.81±0.19	1.55±0.17	1.32±0.09	1.74±0.16	1.35±0.10
谷丙转氨酶(U/l)	10.94±4.17	13.42±3.21	13.00±2.58	16.35±3.27	13.28±2.04
谷草转氨酶(U/l)	36.63±16.03 ^b	114.30±23.94 ^{ab}	105.66±19.01 ^{ab}	132.23±27.97 ^a	127.47±2.05 ^{ab}

生素A(40 000 IU/kg)也会导致尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)出现生长受阻、厌食、死亡率增加、尾鳍坏死、体表出血及骨骼畸形等相似的中毒症状。在本试验条件下,当饲料维生素A为3.59~63.65 mg/kg时,加州鲈的增重率和特定生长率随着维生素A水平的增加而升高,但当饲料维生素A水平高达116.49 mg/kg时,加州鲈的增重率和特定生长率却出现下降的趋势,同时出现轻微的骨骼畸形症状。这与杨奇慧等(2007)在幼建鲤(*Cyprinus carpio var. jian*)上的研究结果相似。已有研究表明,杂交条纹鲈(*Morone chrysops female*×*Morone saxatilis*)饲料维生素A的需要量在0.51~40.52 mg/kg,而Brecka等(1996)也建议加州鲈饲料中维生素A的适宜添加量为20 mg/kg。本试验研究结果表明,在需要量基础上适当提高维生素A水平可以促进加州鲈的生长,但超过一定量的维生素A(116.49 mg/kg)反而不利于加州鲈的生长和骨骼发育。

饲料中维生素A水平过高除了表现出明显的外观症状,还会引起内脏器官和体成分发生变化。摄食维生素A含量高达750 mg/kg的饲料可导致溪红点鲑(*Salvelinus fontinalis*)的体脂含量和肝脏指数降低。杨奇慧等(2007)也发现,摄食维生素A含量在34.14 mg/kg以上的饲料可导致幼建鲤的肝体指数、脾体指数和后肾体指数下降。而高水平维生素A(40 000 IU/kg)会导致尼罗罗非鱼肝脾肿大。本试验发现,摄食高水平维生素A(63.65 mg/kg以上)的饲料显著提高了加州鲈的脏体比,降低了肝脏脂肪含量,但对肝体指数和体成分含量没有明显的影响。关于维生素A对鱼类机体组织器官的影响机制目前还不清楚,需要进一步的深入研究。此外,饲料中维生素A水平还会显著影响鱼类肝脏维生素A的含量。本试验发现,加州鲈肝脏的维生素A含量随着饲料维生素A含量的增加而呈显著线性增加,这与杨奇慧等(2007)在幼建鲤上的研究结果一致。说明肝脏是机体贮存维生素A的主要器官,其维生素A含量的变化直接反映机体维生素A的摄入情况,同时具有调节外周维生素A含量的能力。

由于血清中大部分ALP来源于肝脏与骨骼,因此血清ALP活性常作为检测肝脏和骨骼代谢状况的指

标之一。通常认为,当血清ALP活性异常升高有2种情况,一是生理性升高,二是病理性偏高。但本研究发现,高水平维生素A降低了血清ALP的活性,这与阎佩佩等在肉鸡和Liu等在武昌鱼(*Megalobrama amblycephala*)上的研究结果一致。可能是过量维生素A抑制了加州鲈成骨细胞活性,对骨骼发育造成不利影响,致使血清ALP活性下降。Moren等认为过高或过低的维生素A水平都会降低大西洋比目鱼(*Hippoglossus hippoglossus*)小肠刷状缘膜的ALP活性。此外,血清ALP活性还受其它多种因素的影响,如饲料中锌和维生素D₃的水平,因此,关于维生素A对加州鲈血清ALP的影响机制还需进一步的深入研究。

在正常的新陈代谢过程中,动物血清中会维持一定水平的转氨酶活性。但当肝脏组织发生病变时,细胞内的转氨酶大量地释放到血清中,从而引起血清中的GOT和GTP活性超过正常水平,因此,血清转氨酶活性大小可反映肝脏受损的程度。本试验中,摄食高水平维生素A的加州鲈血清GOT和GTP活性都高于维生素A低水平组(对照组),尤其是63.65 mg/kg添加组GOT的活性显著高于对照组的,说明过量添加维生素A对加州鲈肝脏造成了一定的毒害作用。饲料中添加过量维生素A也会引起日本比目鱼和武昌鱼血清GOT和GTP水平的升高,而肝脏又是合成胆固醇和甘油三酯的主要器官,当肝脏严重损伤时,胆固醇和甘油三酯合成减少,血清中胆固醇和甘油三酯的含量也就随之下降。本试验中,血清总胆固醇的含量随着饲料维生素A水平的增加而显著降低,说明尽管高水平(63.65~119.49 mg/kg)维生素A对加州鲈生长的抑制作用不是很明显,但对加州鲈肝脏还是会产生一定的毒害作用,这也可能是加州鲈肝脏脂肪含量降低的其中一个原因。

4 结论

在本试验条件下,饲料中添加适宜含量的维生素A可以促进加州鲈的生长,过量的维生素A会抑制加州鲈的生长,建议加州鲈饲料维生素A的添加量不能高于63.65 mg/kg,更为确切的添加量有待进一步的研究。

(参考文献27篇,刊略,需者可函索)

(编辑:沈桂宇,guiyush@126.com)