

维生素A缺乏对建鲤生长性能及免疫功能的影响

杨奇慧^{1,2}, 周小秋¹

(1. 四川农业大学 动物营养研究所, 四川 雅安 625014; 2. 湛江海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 幼建鲤体重(11.37 ± 0.55)g, 投喂不添加或添加维生素A的3组试验饲料, 进行饲养实验70d, 攻毒实验15d和免疫接种实验24d, 研究维生素A缺乏对幼建鲤生长性能和免疫功能的影响。结果表明, 维生素A缺乏组(0 IU/kg)建鲤的成活率、摄食量、增重、净蛋白质沉积率、肥满度、肝胰脏指数、肝胰脏维生素A含量、肠道皱襞高度、头肾重量、脾脏重量和指数、后肾重量和指数、血液红细胞、白细胞数量和血清溶菌酶活力显著降低($P < 0.05$), 且饲料系数显著增加($P < 0.05$), 而对头肾体指数、用灭活嗜水气单胞菌免疫后第10和17天血清抗体水平影响不显著($P > 0.05$)。基于本实验研究结果, 可知维生素A是维持幼建鲤正常生长和免疫功能必不可少的营养成分。当饲料中维生素A含量达到3 969 IU/kg时, 一定程度上可满足幼建鲤正常生长和免疫机能的需要, 进一步提高饲料维生素A含量(达23 816 IU/kg), 对幼建鲤生长和饲料利用没有显著影响, 但在一定程度可提高其免疫机能。

关键词: 幼建鲤; 维生素A; 生长性能; 免疫

中图分类号: S963 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2005)01-0062-06

水产动物体内不能合成维生素A, 所以缺乏时均会出现明显的症状, 包括生长减慢、视力下降、上皮组织角质化、夜盲症、眼眶和鳍基部出血以及骨骼畸形等。自Phillips等^[1]发现维生素A缺乏对溪红点鲃(*Salvelinus fontinalis*)产生一系列影响以来, 国内外对水生动物维生素A的营养需求进行了大量研究。然而, 关于维生素A与水产动物免疫的关系研究起步较晚。水产动物种类繁多, 现已研究了维生素A与一些水产动物免疫功能之间的关系, 而对于淡水鱼类的维生素A免疫增强作用仅有极少数的研究, 而且仅有的研究结果差异较大。建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)是我国选育出的遗传性状稳定、高产优良的淡水养殖品种, 生长速度比普通鲤鱼(*C. carpio*)快30%~40%, 具有营养价值高、饲料转化率高和经济价值大等优点, 已在我国广泛养殖, 是淡水养殖的主要品种之一。目前, 关于维生素A对建鲤免疫功能的影响未见报道。因此, 研究饲料维生素A缺乏对建鲤生长性能和免疫功能的影响具有一定的学术意义并为进一步指导生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

试验饲料的原料组成及主要营养指标见表1。添加的维生素A为维生素A醋酸酯(维生素A经荧光检测, 含量为496 166 IU/g)。饲料1不含有维生素A, 为维生素A缺乏组, 饲料2和3分别含有3 969 IU/kg和23 816 IU/kg的维生素A。饲料2中维生素A含量与NRC^[2]推荐的鲤对维生素A的需要量相当。

1.2 试验鱼

选择体重为(11.37 ± 0.55)g健康幼建鲤360尾, 平均分成3组, 分别为1、2和3组, 每组设3个重复, 每个重复40尾, 初始体重差异不显著($P > 0.05$), 分别饲喂含维生素A为0 IU/kg、3 969 IU/kg和23 816 IU/kg的饲料。

1.3 实验条件和饲养管理

实验在四川农业大学动物营养研究所实验场进行。鱼苗购回后饲养于容积为80 cm×55 cm×30 cm的玻璃水族箱中。预饲1周后, 分组称重, 随机选取20尾鱼, 经切碎冷冻干燥后, 用于测定初始体蛋白质含量。实验期间平均水温为21℃, pH 7.0, 溶氧

收稿日期: 2004-05-28; 修订日期: 2004-07-20。

作者简介: 杨奇慧(1978-), 女, 硕士, 助教, 现在湛江海洋大学水产学院从事水产动物营养与饲料的教学与科研工作。

Tel: 0759-2362270. E-mail: qihuiyang03@163.com

通讯作者: 周小秋。

5.0 mg/L 以上。投饲率根据生长速度、水温条件和摄食情况而定。摄食 30 min 后迅速抽取残料,收集

残料,计算摄食量和饲料系数。试验期间定期消毒。试验期为 70 d。

表 1 试验饲料的组成及主要营养指标
Tab.1 Composition and proximate ingredients of experimental diets

组成 Composition	饲料编号 Diet No.		
	1	2	3
原料/(g·kg ⁻¹)Ingredients			
面粉 Wheat flour	5	4.999 2	4.995 2
微量元素预混料 Mineral premix	5	5	5
维生素预混料 Vitamin premix	5	5	5
维生素 A 醋酸酯 Retinyl acetate	0	0.000 8	0.004 8
其他 Others	985	985	985
主要营养指标/(g·kg ⁻¹)Proximate analysis			
水分 Moisture	74.4	68.7	70.8
粗蛋白 Crude protein	350.2	350.2	350.2
脂肪 Lipid	48.9	48.9	48.9
维生素 A/(IU·kg ⁻¹)Vitamin A	0.00	3 969	23 816

注:1)每千克微量元素预混料含:FeSO₄·7H₂O 152.00 g, CuSO₄·5H₂O 2.40 g, ZnSO₄·7H₂O 31.20 g, MnSO₄·H₂O 8.20 g, Na₂SeO₃·5H₂O 0.18 g, KI 0.16 g, CaCO₃ 805.86 g;

2)每千克维生素预混料含:V_D 80 000 IU, V_E 20.00 g, V_K 0.20 g, V_C 14.00 g, V_{B1} 0.10 g, V_{B2} 1.40 g, V_{B6} 1.20 g, V_{B12} 0.20 g, 泛酸钙 6.521 g, 烟酸 5.60 g, 生物素 0.20 g, 肌醇 88.00 g, 面粉为载体;

3)每千克饲料含其他:鱼粉 280 g, 大米蛋白粉 405 g, α-淀粉 261.6 g, 大豆油 18 g, 磷酸二氢钙 19 g, 氯化胆碱 1 g, 抗坏血酸 0.4 g。

Note: 1)Mineral premix contains (g·kg⁻¹ diet): FeSO₄·7H₂O 152; CuSO₄·5H₂O 2.40; ZnSO₄·7H₂O 31.20; MnSO₄·H₂O 8.20; Na₂SeO₃·5H₂O 0.18; KI 0.16; CaCO₃ 805.86.

2)Vitamin premix contains (IU or g·kg⁻¹ diet): Vitamin D 80 000 IU; Vitamin E 20.00; riboflavin 1.40; menadione 0.20; L-ascorbyl-2-monophosphate 14.00; diaminine HCl 0.10; pyridoxine HCl 1.20; cyanocobalamin 0.20; calcium pantothenate 6.521; niacin 5.60; biotin 0.20; inositol 88.00. Wheat flour was used as the carrier.

3)Others (g·kg⁻¹ diet): fish meal 280; rice protein meal 405; α-starch 261.6; soya oil 18; calcium dihydrogen phosphate 19; choline chloride 1; ethoxyquin 0.4.

1.4 观测指标

1.4.1 生长实验 实验开始后,记录实验期间死亡数和成活率;结束时,称重。在每重复中随机选取 5 尾鱼,在称取体重和测定体长后,分离头肾、脾脏、后肾、肝胰脏,并分别称量计算头肾体指数、脾脏体指数和后肾体指数、状态系数、肝体指数,称重后的肝胰脏用液氮速冻后,送低温冰箱(-70℃)保存,用于维生素 A 含量测定^[3-4]。分离出前肠、中肠和后肠按常规组织切片程序进行,测定皱襞高度^[5]。每处理随机选取 5 尾鱼,用凯氏定氮法测定粗蛋白含量,计算净蛋白沉积率(PRR)。另取体重相近的 6 尾鱼,尾部采血,按常规方法进行血液红、白细胞计数。

1.4.2 攻毒实验 生长实验结束后,每个处理选取体重相近的 10 尾鱼,分别饲养在水族箱中,维持水温 25℃。经过 5 d 的适应期后,分别用一次性注射器腹腔注射嗜水气单胞菌菌液 0.5 mL/尾(其中:菌液浓度为半数致死量 10¹⁰ CFU/mL)。对照组腹腔注射等

体积的生理盐水。饲喂及饲养管理与饲养实验期间相同,并维持水温一致。同时观察鱼的行为,记录摄食情况、死亡尾数和死亡时间,实验期为 15 d。对用嗜水气单胞菌攻毒 14 d 后存活的建鲤进行尾部血管采血,血液收集于已灭菌的离心管中,置于 4℃冰箱中静止过夜,第 2 天低温离心分离血清(3 000 r/min, 15 min)。比浊法测定血清溶菌酶的含量。

1.4.3 免疫接种实验 每个处理选 20 尾体重相近的鱼,饲养在相应的水族箱中,维持水温 25℃。经过 5 d 适应期后,用一次性注射器腹腔注射灭活嗜水气单胞菌 0.5 mL/尾(其中:灭活前菌液浓度为半数致死量 10¹⁰ CFU/mL)。饲喂及饲养管理与生长实验期间相同,并维持水温一致。分别于免疫后第 10、17 和 24 天在处理中随机选取 5~7 尾鱼,进行尾部血管采血。血液置于 4℃冰箱中静止过夜,第 2 天冷冻离心分离血清(3 000 r/min, 15 min)。用酶联免疫吸附分析法测定血清中的抗体水平。

1.5 统计处理

实验数据采用(平均数±标准差)($\bar{X} \pm SE$)表示,用 SPSS(11.5)统计软件对数据进行单因素方差分析,结合 Duncan's 法进行多重比较,检验处理之间的差异显著性,显著性水平为 0.05。

2 结果

表 2 显示了饲料维生素 A 缺乏对幼建鲤生长和饲料利用的影响。

从表 2 可以看出,维生素 A 缺乏组的增重、成活率、摄食量、饲料系数和蛋白质沉积率均显著地低于其他各组($P < 0.05$)。从表 3 可知,维生素 A 缺

乏极显著降低肥满度、肝胰脏重、肝体指数和胰脏维生素 A 含量以及前肠和后肠皱襞高度($P < 0.05$),维生素 A 缺乏组的头肾、脾脏、脾体指数、后肾重和后肾体指数显著低于 2 组和 3 组($P < 0.05$),而头肾体指数各组差异不显著($P > 0.05$),缺乏组的血液红、白细胞数也显著较其他各组低($P < 0.05$)。表 4 表明维生素 A 缺乏则降低攻毒后建鲤的成活率($P < 0.05$),且未投喂维生素 A 的组,没有检测到溶菌酶的活力。维生素 A 缺乏对幼建鲤第 0、10 和 17 天抗体水平血清抗体水平影响不显著($P > 0.05$),而第 24 天的抗体水平显著低于 3 组($P < 0.05$)(表 5)。

表 2 维生素 A 缺乏对幼建鲤生长性能和饲料利用的影响

Tab.2 Effects of dietary vitamin A deficiency on growth performance and feed utilization of juvenile Jian carp ($\bar{X} \pm SE$)

项目 Item	饲料编号 Diet No.		
	1	2	3
初重/g Initial body weight	11.69 ± 0.24 ^a	11.05 ± 0.62 ^a	11.09 ± 0.52 ^a
末重/g Final body weight	26.58 ± 0.45	56.71 ± 4.88	56.38 ± 4.68
增重/(g·ind ⁻¹) Weight gain	14.90 ± 0.40 ^b	45.66 ± 4.50 ^a	45.39 ± 4.32 ^a
成活率/% Survival	90.00 ± 2.50 ^b	100.00 ± 0.00 ^a	98.23 ± 1.53 ^a
摄食量/(g·ind ⁻¹) Feed intake	35.92 ± 0.05 ^b	70.32 ± 1.67 ^a	72.32 ± 1.67 ^a
饲料系数 Feed conversion rate	2.42 ± 0.06 ^a	1.63 ± 0.12 ^b	1.67 ± 0.12 ^b
净蛋白沉积率 Protein retention rate	11.91 ± 0.68 ^b	21.12 ± 0.93 ^a	21.74 ± 1.50 ^a

注:同一列标注不同字母表示有显著差异($P < 0.05$);净蛋白沉积率=(实验结束时体蛋白-实验开始时体蛋白)/摄入蛋白质量×100%。

Note: Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$); Protein retention rate (PRR) = wet weight gain/protein fed × 100%.

表 3 维生素 A 缺乏对幼建鲤形态学指标、肝胰脏维生素 A 含量和血液红白细胞数的影响($n = 6$)

Tab.3 Effects of dietary vitamin A deficiency on morphometry, hepatopancreas vitamin A content (HVA) and haematology of juvenile Jian carp ($n = 6$)

项目 Item	饲料编号 Diet No.		
	1	2	3
肥满度/(g·cm ⁻³) CF	2.61 ± 0.23 ^b	2.87 ± 0.28 ^a	2.76 ± 0.21 ^a
肝体指数 HSI	3.48 ± 1.02 ^b	5.98 ± 0.99 ^a	5.62 ± 1.23 ^b
肝胰脏维生素 A 含量/(IU·g ⁻¹) HVA	16.03 ± 3.037 ^c	85.03 ± 7.94 ^b	124.54 ± 7.94 ^a
前肠皱襞高/μm FHA	710.11 ± 13.22 ^c	982.00 ± 45.84 ^b	1 089.80 ± 77.39 ^a
后肠皱襞高/μm FHP	172.40 ± 14.22 ^c	576.20 ± 21.64 ^b	591.60 ± 103.28 ^a
头肾/g Head kidney	0.05 ± 0.02 ^b	0.12 ± 0.04 ^a	0.15 ± 0.05 ^a
头肾体指数 HKBI	0.22 ± 0.10	0.23 ± 0.07	0.23 ± 0.07
脾脏/g Spleen	0.04 ± 0.02 ^b	0.12 ± 0.06 ^a	0.12 ± 0.05 ^a
脾体指数 SBI	0.16 ± 0.08 ^b	0.21 ± 0.10 ^a	0.20 ± 0.07 ^a
后肾/g Post kidney	0.12 ± 0.05 ^c	0.30 ± 0.08 ^b	0.37 ± 0.09 ^a
后肾体指数 PKBI	0.22 ± 0.10 ^b	0.53 ± 0.12 ^a	0.58 ± 0.12 ^a
白细胞/μm ⁻³ Leucocyte counts	22 000.00 ± 1 140.18 ^c	28 541.67 ± 4 029.32 ^b	1 031 666.70 ± 214 468.37 ^a
红细胞/μm ⁻³ Erythrocyte counts	688 333.33 ± 109 300.81 ^b	995 000.00 ± 143 561.83 ^a	42 208.33 ± 4 720.74 ^a

注:同一列标注不同字母表示有显著差异($P < 0.05$);肥满度=体重(g)/体长³(cm³)×100%;肝体指数=肝胰脏重(g)/体重(g)×100%;头肾体指数=头肾重量/体重×100%;脾体指数=脾脏重量/体重×100%;后肾体指数=后肾重量/体重×100%。

Note: Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$); condition factor (CF) = whole body weight (g)/body length³(cm³); hepatopancreas somatic index (HSI) = hepatopancreas weight (g)/body weight (g) × 100%; FHA and FHP: fold height of anterior and posterior intestines, respectively; head kidney body index (HKBI) = head kidney weight/body weight × 100%; spleen body index (SBI) = spleen weight/body weight × 100%; post kidney body index (PKBI) = post kidney weight/body weight × 100%.

表4 维生素A缺乏对幼建鲤攻毒后成活率和血清溶菌酶活性的影响($n=6$)Tab.4 Effects of dietary vitamin A deficiency on survival and lysozyme activity of Jian carp ($n=6$) $\bar{X} \pm SE$

饲料编号 Diet No.	攻毒尾数/ind Challenge number	死亡尾数/ind Dead number	成活尾数/ind Survival	成活率/% Survival rate	溶菌酶活力/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Lysozyme activity
1	10	9	1	10	未测出 ^c
2	10	2	8	80	1.69 ± 0.32^b
3	10	2	8	80	4.41 ± 0.62^a

注:同一列标注不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。Note: Values within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).表5 维生素A缺乏对幼建鲤血清抗体水平的影响($n=6$)Tab.5 Effects of dietary vitamin A deficiency on serum antibody level of juvenile carp ($n=6$) $\bar{X} \pm SE$

饲料编号 Diet No.	第0天抗体水平 AB_0 0-day antibody level OD 100	第10天抗体水平 AB_{10} 10-day antibody level OD 100	第17天抗体水平 AB_{17} 17-day antibody level OD 100	第24天抗体水平 AB_{24} 24-day antibody level OD 100
1	11.87 ± 1.20	13.03 ± 0.56	15.50 ± 0.57	14.11 ± 0.74^b
2	12.99 ± 2.60	13.55 ± 1.25	15.58 ± 0.45	14.38 ± 0.68^b
3	13.22 ± 1.40	13.73 ± 1.61	15.93 ± 0.57	15.76 ± 0.58^a

注:同一列标注不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。Note: Values within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

3 讨论

维生素A缺乏显著降低了幼建鲤的生长速度和净蛋白沉积率,显著提高了饲料系数($P<0.05$),这与其他报道的结果一致^[1,6-7]。维生素A缺乏引起幼建鲤饲料利用率的下降与消化道的消化能力降低有关。消化道的皱襞高度和完整性是反映水生动物肠道消化能力的重要指标^[8]。Bruns等^[9]研究报道,饲料中去皮豆粕引起虹鳟肠道皱襞高度降低的同时,特异生长率也下降。维生素A是维持消化道上皮完整的必需营养物质,维生素A缺乏会引起上皮损伤包括肠上皮的损伤,这已经在大鼠中得到了证实^[10]。从表3可知,维生素A缺乏建鲤肠道皱襞高度显著降低($P<0.05$),说明维生素A缺乏降低了幼建鲤肠道的消化能力,从而降低营养物质(蛋白质等)的消化利用率,最终表现为生长抑制。此外,维生素A缺乏显著地降低幼建鲤头肾、脾脏重量和脾脏指数($P<0.05$)(表3),说明维生素A缺乏对幼建鲤头肾和脾脏的发育有显著的抑制作用($P<0.05$),这与Saleh等^[11]在罗非鱼的研究结果一致。

红细胞是血液中数量巨大的细胞并以其独特的功能形成红细胞免疫系统,在活化适应性免疫细胞(即T、B淋巴细胞)产生特异性免疫反应中起重要的作用。除了红细胞外,白细胞也是另一类重要的

免疫细胞。血液红、白细胞数量或功能的改变都会引起机体免疫功能的变化,其数量降低时则会减弱鱼类的非特异性免疫机能。从表4可知,1组的红细胞数量和白细胞数量显著低于2组和3组($P<0.05$),说明维生素A缺乏会导致幼建鲤血液中红、白细胞数量降低,这可能是实验期及攻毒后幼建鲤成活率下降的原因之一,因为维生素A缺乏引起疾病抵抗能力下降可以通过影响免疫细胞起作用。Jones等^[6]研究表明,金鱼(*Carassius auratus*)维生素A缺乏出现典型的非特异性感染。维生素A不足也同样会引起中国对虾(*Penaeus chinensis*)对细菌抵抗能力的下降,进而使死亡率升高^[12]。血清溶菌酶是参与鱼类非特异性免疫的重要体液免疫因子,其活性变化可敏感地反映水生动物非特异性免疫力的变化。在研究大西洋鲑(*Salmo salar* L.)非特异性免疫功能时均用血清中溶菌酶活性表示^[13]。从表4可知,维生素A缺乏显著降低血清溶菌酶活力($P<0.05$)。然而,饲料维生素A不足并不能降低大西洋鲑血清溶菌酶活力^[14],对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)血清溶菌酶活力也没有显著的影响^[15]。这些研究与本实验结果差异的原因可能在于:①维生素A缺乏程度的差异,在Thompson等^[14]对大西洋鲑的研究中,饲料维生素A含量为0.37 mg/kg,本实验中缺乏维生素A组含量为0 mg/kg,远远低于0.37 mg/kg;②测定阶段不同,本实验中所测定的溶菌酶活力为

攻毒后血清中溶菌酶活力,而对大西洋鲑^[14]和虹鳟^[15]研究中的测定为攻毒前的血清溶菌酶活力。然而,攻毒前后血清溶菌酶的含量和活性存在很大的差异。Fletcher 和 White^[16]对鳕科(Pleuronectes)和鲤科(Cyprinidae)鱼类研究发现,血清溶菌酶的含量和活性在免疫后都会大幅度提高。

血清抗体是反映鱼类特异性免疫功能的重要体液免疫因子。通常在研究营养物质对真骨鱼类特异性免疫功能的影响时,以血清中总抗体水平来反映机体特异性免疫功能的变化。从表5可知,维生素A缺乏对用灭活嗜水气单胞菌免疫后幼建鲤第10和17天的血清抗体水平无显著影响($P > 0.05$),说明幼建鲤特异性免疫功能变化对维生素A缺乏并不敏感。Thompson等^[14]研究表明,饲料维生素A不足对大西洋鲑血清抗体水平没有影响。本实验结果与大西洋鲑的研究结果一致。

参考文献:

- [1] Phillips A M, Lovelace F E, Podolski H A, et al. Requirement of brook trout for vitamin A and D[J]. Fisheries Res Bull, 1955, 19: 51-53.
- [2] National Research Council (NRC). Nutrition Requirement of Fish[M]. Washington DC: National Academy Press, 1993.
- [3] 魏建民, 张春善. 动物肝脏中维生素A荧光测定法的改进[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1997, 18(4): 104-106.
- [4] 项光华, 刘晓静. 鸡血清、蛋黄、肝中维生素A和维生素E含量的荧光测定法探讨[J]. 中国畜牧科技, 2000, 30: 25-27.
- [5] Krogdahl A, Bakke A M, Rood K, et al. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products: effects on disease resistance (furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa[J]. Aquac Nutr, 2000, 6: 77-84.
- [6] Jones J H, Bullard E B, Rodriguez A. The essential nature of vitamin A in the diet of goldfish (*Carassius auratus*) [J]. Trans Am Fisheries Soc, 1971, 100: 676-681.
- [7] Shiao S Y, Chen Y. Estimation of the dietary vitamin A requirement of juvenile grass shrimp, *Penaeus monodon* [J]. J Nutr, 2000, 130: 90-94.
- [8] Farhang M, Carter C G, Hardy R W, et al. Growth, physiological and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different dietary inclusion levels of dehydrated lupin (*Lupinus angustifolius*) [J]. Aquac Res, 2001, 32: 329-340.
- [9] Brana N J, Webb K E. Vitamin A deficiency and immunoglobulin G levels in lambs [J]. Anim Sci Res, 1985, 4: 1-4.
- [10] Warden R A, Strazzari M J, Dunkley P R, et al. Vitamin A deficient rats have only mild changes in jejunal structure and function [J]. J Nutr, 1996, 126: 1817-1826.
- [11] Saleh G, Eleraky W, Group J M. A short note on the effects of vitamin A hypervitaminosis and hypovitaminosis on health and growth of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) [J]. J Applied Ichthyology, 1995, 11: 382-385.
- [12] 梁荫青, 季文鹏. 中国对虾幼体发育阶段维生素A需要量的研究[J]. 海洋与湖沼, 1999, 30: 150-154.
- [13] Hardie I, J, Fletcher T C, Secor C J. The effect of vitamin E on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture, 1990, 87: 1-13.
- [14] Thompson I, Fletcher T C, Houlihan D F, et al. The effect of dietary vitamin A on the immunocompetence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Fish Physiol Biochem, 1994, 12: 513-523.
- [15] Thompson I, Ghouliert C, Houlihan D F, et al. The effect of dietary vitamin A and astaxanthin on the immunocompetence of rainbow trout [J]. Aquaculture, 1995, 133: 91-133.
- [16] Fletcher T C, White A. Antibody production in the plaice (*Pleuronectes platessa*) after oral and parenteral immunization with *Vibrio anguilla runicentigens* [J]. Aquaculture, 1973, 8: 417-428.

Effects of dietary vitamin A deficiency on growth performance and immune responses of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian)

YANG Qi-hui^{1,2}, ZHOU Xiao-qiu¹

(1. Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. Fisheries College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) was a new variety with fast growth, efficient feed conversion, strong disease resistance, high market value, and excellent hereditary properties, and considered as a commercially important teleost for inland culture in China. The objective of the study was to determine the effect of dietary vitamin A deficiency on growth performance and immune responses of juvenile Jian carp cultured in nine indoor glass tanks (80 cm × 55 cm × 30 cm). Three isonitrogenous (350.2 g/kg diet) and isolipidic (48.9 g/kg diet) practical diets were formulated to contain graded levels of dietary vitamin A (0, 3 969 and 23 816 IU vitamin A/kg diet, respectively) at the cost of wheat flour. They were randomly fed to triplicate groups, each 40 fish with initial body weight (11.37 ± 0.55) g for 70 d in a flow-through tap water system maintained at 21 °C with continuous aeration. A 15-day challenge trial and a 24-day vaccination trial were undertaken at the termination of the growth trial, respectively. The challenge trial was done by intraperitoneal (i. p.) injection of *Aeromonas hydrophila* at a concentration of 0.5 mL/ind (LD₅₀ around 10^{10} CFU/ind). The control group (non-infective group) was injected i. p. with 0.5 mL 0.9% NaCl/ind. The vaccination trial was conducted by i. p. injection of formalinkilled bacterins of *A. hydrophila*. The control fish were injected with an equal volume of sterile phosphate buffered saline (pH 7.4, PBS). Growth performance, feed utilization, morphometry, haematology, lysozyme activity and antibody levels at days 0, 10, 17 and 24 after i. p. injection of formalin-killed *A. hydrophila* were determined for the fish species at the end of these trials. The results showed that Jian carp fed vitamin A-free diet possessed the significantly lowest survival rate, weight gain, feed intake, protein retention ratio (PRR), condition factor (CF), hepatopancreas somatic index (HSI), hepatopancreas vitamin A content (HVA), intestinal fold height (fold heights of anterior and posterior intestines, respectively), head kidney weight, spleen body index (SBI), post kidney weight, post kidney body index (PKBI), blood erythrocyte and leukocyte counts, survival and serum lysozyme activity after challenge with *A. hydrophila* ($P < 0.05$). Furthermore, the fish fed vitamin A-free diet showed markedly high feed conversion ratio (FCR) ($P < 0.05$), but head kidney body index (HKBI) and serum antibody levels at days 0, 10 and 17 (AB_0 , AB_{10} and AB_{17} , respectively) after vaccination with formalin-killed *A. hydrophila* showed no marked discrepancies among the three treatments ($P > 0.05$). AB_{24} (antibody level at day 24) was the lowest ($P < 0.05$) for fish fed vitamin A-free diet but showed no significant differences for fish fed diet with 3 969 IU vitamin A/kg diet ($P > 0.05$). Increasing dietary vitamin A content from 3 969 IU/kg to 23 816 IU/kg did not have statistically marked effect on growth performance and feed utilization of Jian carp ($P > 0.05$), but significantly improved hepatopancreas vitamin A content, intestinal fold heights, post kidney weight, blood leucocyte counts, lysozyme activity and AB_{24} ($P < 0.05$). Based on these observations, adequate dietary vitamin A content (3 969 IU/kg) had positive effects on growth performance, feed utilization and immune responses of juvenile Jian carp, but dietary vitamin A content increasing from 3 969 IU/kg to 23 816 IU/kg didn't significantly improve growth performance or feed utilization, but partially increased the ability of immune responses of juvenile Jian carp in resistance against *A. hydrophila*.

Key words: juvenile *Cyprinus carpio* var. Jian; vitamin A; growth performance; immunity

Corresponding author: ZHOU Xiao-qiu.