

# 酵母核苷酸对鲤生长性能、体组成及血清免疫指标的影响

向 泉 周兴华 陈 建 郑宗林

(西南大学荣昌校区水产系, 荣昌 402460)

**摘 要:** 本试验旨在研究酵母核苷酸对鲤生长性能、体组成及血清免疫指标的影响。以 600 尾健康的鲤[平均体重( $1.09 \pm 0.07$ ) g; 平均体长( $3.60 \pm 0.34$ ) cm]为试验对象, 随机分为 6 组(每组 3 个重复, 每个重复 30 尾), 分别投喂在基础饲料中添加 0(对照组)、258、516、774、1 032、1 290 mg/kg 酵母核苷酸(以有效成分计)的试验饲料, 养殖 50 d。结果表明: 与对照组相比, 各酵母核苷酸添加组的增重率(WGR)、特定生长率(SGR)、蛋白质效率(PER)(258 mg/kg 组除外)均显著升高( $P < 0.05$ ), 饵料系数(FCR)则显著降低( $P < 0.05$ )。当酵母核苷酸添加量为 516 mg/kg 时, 鲤的增重率、特定生长率、蛋白质效率均达到最大(分别为 372.03%、3.10%/d 和 195.74%), 饵料系数达到最低(1.42), 与其他各组差异显著( $P < 0.05$ )。以增重率、特定生长率、蛋白质效率及饵料系数为指标, 利用折线模型分析表明, 鲤生长性能最佳时酵母核苷酸添加量为 519.85 ~ 535.54 mg/kg。对鲤体组成分析表明, 酵母核苷酸对鱼体粗灰分和水分含量影响不显著( $P > 0.05$ ), 当酵母核苷酸添加量在 516 ~ 1 290 mg/kg 时鱼体粗蛋白质和粗脂肪含量显著高于对照组( $P < 0.05$ )。与对照组相比, 各酵母核苷酸添加组的血清溶菌酶、超氧化歧化酶、过氧化氢酶活性显著升高( $P < 0.05$ ), 并随酵母核苷酸水平的增加先增加后降低。酵母核苷酸添加量为 774 ~ 1 290 mg/kg 时, 血清溶菌酶、超氧化歧化酶活性较高; 在酵母核苷酸添加量为 516 ~ 1 032 mg/kg 时, 血清过氧化氢酶活性较高。综合考虑生长性能和免疫能力, 鲤饲料中酵母核苷酸的适宜添加量为 519.85 ~ 774.00 mg/kg。

**关键词:** 酵母核苷酸; 生长性能; 体组成; 免疫指标; 鲤

**中图分类号:** S963

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)01-0171-08

核苷酸是生物体内遗传物质的基本单位, 是各种细胞的主要组分, 也是构成 DNA 和 RNA 的单体, 同时核苷酸是蛋白质合成必需的中间体, 并在细胞结构、代谢、能量和功能调节等方面具有重要作用。动物的肝脏、骨髓等组织本身具有一定的合成核苷酸的能力, 但在快速生长发育、应激等条件下机体自身合成的核苷酸不能满足代谢需要, 必须由外源供给<sup>[1]</sup>。已有研究证明核苷酸能促进畜禽的生长和提高其免疫功能<sup>[2-4]</sup>。在水产上的研究发现, 酵母核苷酸可促进凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)生长并增强其机体免疫能

力<sup>[5]</sup>; 促进苏氏芒鲶(*Pangasius sutchi*)的生长并提高其成活率<sup>[6]</sup>; 促进大西洋鲑(*Salmo salar* L)生长并显著降低其死亡率<sup>[7]</sup>。本试验旨在探讨酵母核苷酸对鲤(*Cyprinus carpio*)的生长性能及免疫酶活性等的影响, 以筛选在高密度养殖条件下减少鱼类应激反应的新型免疫饲料添加剂, 为优化鲤的饲料配方, 开发鲤的健康养殖打下基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用健康、无伤病的鲤共 600 尾[尾均重

( $1.09 \pm 0.07$ ) g、体长( $3.60 \pm 0.34$ ) cm]作为试验鱼,购自荣昌县梅石坝渔场,购回后用4%的食盐水消毒后暂养备用。

试验用酵母核苷酸由广州市某水产技术有限公司提供,酵母核苷酸有效成分的质量分数为8.6%。

## 1.2 试验饲料

根据鲤的营养需求<sup>[8]</sup>设计基础配方,以鱼粉、豆粕、玉米粉、麸皮等为原料,饲料原料均过40目筛。在鲤基础饲料中分别添加酵母核苷酸0、258、516、774、1 032、1 290 mg/kg(以有效成分计),配成6种试验饲料。经过充分混合后加工成粒径为1 mm的硬颗粒饲料,干燥并密封保存于4℃条件下备用。基础饲料组成及营养水平见表1。

表1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
鱼粉 Fish meal	30.00
豆粕 Soybean meal	40.00
玉米 Corn	10.00
小麦麸 Wheat bran	15.00
黏合剂 Adhesive	1.00
菜籽油 Rapeseed oil	1.00
矿物质预混料 Mineral premix <sup>1)</sup>	2.00
维生素预混料 Vitamin premix <sup>2)</sup>	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>	
总能 GE/(MJ/kg)	13.82
粗蛋白质 Crude protein	36.00
粗脂肪 Crude lipid	6.50

<sup>1)</sup> 每千克饲料含有 Contained the following per kg of diet: K 28.0 g, Ca 282.0 g, Mg 9.0 g, Zn 3.5 g, Fe 24.0 g, Cu 1.8 g, I 0.25 g, Se 0.02 g。

<sup>2)</sup> 每千克饲料含有 Contained the following per kg of diet: VA 8 000 IU, VD 900 IU, VE 2 IU, VK 4 mg, VB<sub>1</sub> 4 mg, 尼克酸 nicotinic acid 20 mg, 氯化胆碱 choline chloride 160 mg, 泛酸 pantothenate 7 mg, VB<sub>6</sub> 0.2 mg, VB<sub>12</sub> 5 mg。

<sup>3)</sup> 实测值 Measured values。

## 1.3 试验设计与饲养管理

暂养7 d后,选择健康无伤病的鲤540尾,随

机分为1个对照组(A1组)和5个试验组(A2、A3、A4、A5、A6组),每组设3个重复,每个重复投放30尾鱼,以重复为单位放养于1 m×1 m×1 m的试验池中。试验期间,A1、A2、A3、A4、A5、A6组分别投喂添加0、258、516、774、1 032、1 290 mg/kg酵母核苷酸(以有效成分计)的试验饲料,养殖时间共50 d。试验期间平均水温控制在23.5~28.5℃,每天按试验鱼体重的3%定点、定时、定质、定量投喂饲料,待试验鱼摄食结束后,升起食台收集其上的残饵,烘干并称重;试验期间保持微流水,各试验池水体每天的交换量为30%。试验结束时停食1 d。

## 1.4 样品采集

试验结束后分别在各组中随机抽取8~10尾试验鱼,采用尾静脉抽血,取全血置于离心管中,在室温下放置1 h。并置于冰箱中(4℃)过夜,3 500 r/min离心15 min制得血清,用于免疫指标的测定;同时对试验鱼体的营养成分进行测定。

## 1.5 测定指标及方法

### 1.5.1 鱼体生长指标的测定

增重率(weight gain ratio, WGR, %) =  $100 \times (W_t - W_0) / W_0$ ;

特定增长率(specific growth ratio, SGR, %/d) =  $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$ ;

蛋白质效率(protein efficiency ratio, PER, %) =  $100 \times (W_t - W_0) / F \times P$ ;

饵料系数(feed conversion ratio, FCR) =  $F / (W_t - W_0)$ 。

式中:W<sub>0</sub>为试验开始时鱼体重(g);W<sub>t</sub>为试验结束时鱼体重(g);F为饲料摄入量(g);P为饲料粗蛋白质含量(%);t为养殖试验天数(d)。

### 1.5.2 鱼体营养成分的测定

全鱼粗蛋白质含量采用凯氏定氮法(GB/T 6432—1994)测定;粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB/T 6433—1994)测定;水分采用105℃干燥法(GB/T 6435—1986)测定;粗灰分采用550℃马福炉灼烧法(GB/T 6438—1992)测定<sup>[9]</sup>。

### 1.5.3 血清免疫指标的测定

溶菌酶(LSZ)活性测定参照王雷等<sup>[10]</sup>的方法,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性采用南京建成生物研究所生产的试剂盒测定。LSZ活性单位定义为在波长为450 nm时吸光度值每分钟下降0.001为1个酶活性单位;SOD活

性单位定义为每毫升血清中 SOD 抑制率达到 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个酶活性单位; CAT 酶活性单位定义为每毫升血清每秒钟分解  $1 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2$  的量为 1 个酶活性单位。

## 1.6 数据处理和分析

试验数据以平均值  $\pm$  标准差表示, 采用 SPSS 17.0 对数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), Duncan 氏法进行多重比较, 差异显著水平为  $P < 0.05$ 。利用折线模型<sup>[8]</sup> 确定酵母核苷酸在鲤养殖过程中的添加量。

## 2 结果与分析

### 2.1 酵母核苷酸对鲤生长性能的影响

由表 2 可知, 饲料中酵母核苷酸的添加量从

0 mg/kg 增加到 516 mg/kg 时, 鲤的增重率、特定生长率、蛋白质效率显著增加 ( $P < 0.05$ ), 而饵料系数则显著降低 ( $P < 0.05$ )。饲料中酵母核苷酸的添加量超过 516 mg/kg 时, 除添加量为 774 mg/kg 时的特定生长率无显著变化外, 鲤的增重率、特定生长率及蛋白质效率均显著降低 ( $P < 0.05$ ), 而饵料系数则显著升高 ( $P < 0.05$ )。饲料中酵母核苷酸的添加量从 774 mg/kg 增加到 1 290 mg/kg 时, 鲤的增重率、特定生长率及蛋白质效率均呈降低趋势, 除酵母核苷酸的添加量为 774 和 1 290 mg/kg 时的增重率差异显著外 ( $P < 0.05$ ), 其余各试验组间差异均不显著 ( $P > 0.05$ ); 鲤饵料系数则有逐渐增大的趋势, 但各试验组间差异也不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 酵母核苷酸对鲤生长的影响

Table 2 Effects of yeast nucleotide on growth performance of common carp ( $n=3$ )

组别 Groups	初始尾重 IBW/g	终末尾重 FBW/g	增重率 WGR/%	特定生长率 SGR/(%/d)	蛋白质效率 PER/%	饵料系数 FCR
A1	1.20 $\pm$ 0.20	3.79 $\pm$ 0.13 <sup>d</sup>	215.83 $\pm$ 6.37 <sup>c</sup>	2.30 $\pm$ 0.14 <sup>d</sup>	132.98 $\pm$ 7.38 <sup>c</sup>	2.09 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
A2	1.05 $\pm$ 0.05	3.77 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	259.05 $\pm$ 8.42 <sup>d</sup>	2.56 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	144.66 $\pm$ 9.24 <sup>c</sup>	1.92 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
A3	1.18 $\pm$ 0.16	5.57 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	372.03 $\pm$ 5.98 <sup>a</sup>	3.10 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	195.74 $\pm$ 6.87 <sup>a</sup>	1.42 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>
A4	1.10 $\pm$ 0.10	4.87 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	342.73 $\pm$ 4.88 <sup>b</sup>	2.98 $\pm$ 0.17 <sup>ab</sup>	175.71 $\pm$ 4.39 <sup>b</sup>	1.58 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>
A5	1.06 $\pm$ 0.07	4.41 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	316.04 $\pm$ 7.14 <sup>bc</sup>	2.85 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	171.37 $\pm$ 7.44 <sup>b</sup>	1.62 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>
A6	1.08 $\pm$ 0.10	4.38 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	305.56 $\pm$ 9.62 <sup>c</sup>	2.80 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	168.82 $\pm$ 1.93 <sup>b</sup>	1.63 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>

同列数据肩注不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

Values in the same column with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below.

以酵母核苷酸添加量与鲤的增重率为变量作回归直线, 根据折线模型可获得鲤增重率最大时酵母核苷酸的添加量为 535.54 mg/kg (图 1); 以酵母核苷酸添加量与鲤的特定生长率为变量作回归直线, 根据折线模型可获得鲤特定生长率最大时酵母核苷酸的添加量为 519.85 mg/kg (图 2); 同样, 再分别以酵母核苷酸添加量与蛋白质效率、饵料系数为变量作回归直线, 根据折线模型可获得鲤的最大蛋白质效率和最小饵料系数时酵母核苷酸的添加量分别为 529.12 (图 3)、462.69 mg/kg (图 4)。

### 2.2 酵母核苷酸对鲤体组成的影响

由表 3 可知, 随着酵母核苷酸添加量的增加, 鱼体中粗蛋白质和粗脂肪含量呈先上升后降低趋势, 其中 A3、A4、A5 组粗蛋白质含量显著高

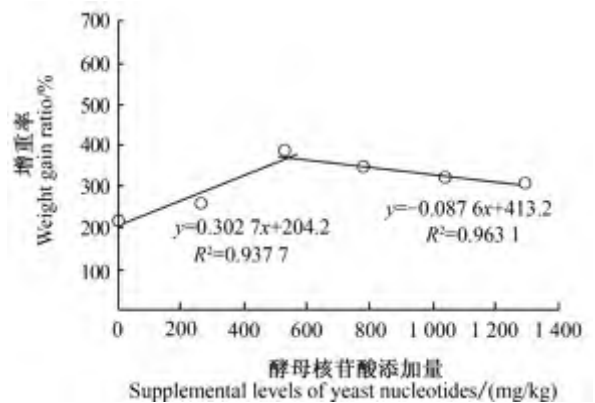


图 1 增重率与酵母核苷酸添加量的关系

Fig. 1 Relationship between weight gain ratio and supplemental levels of yeast nucleotide

于对照组 ( $P < 0.05$ ), A3、A4 组粗脂肪含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 其余各组间均无显著差异

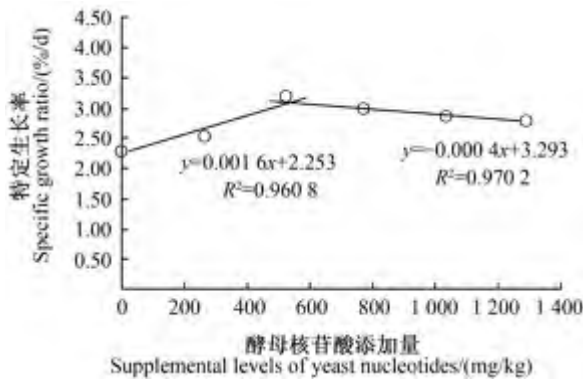


图2 特定生长率与酵母核苷酸添加量的关系

Fig. 2 Relationship between specific growth ratio and supplemental levels of yeast nucleotide

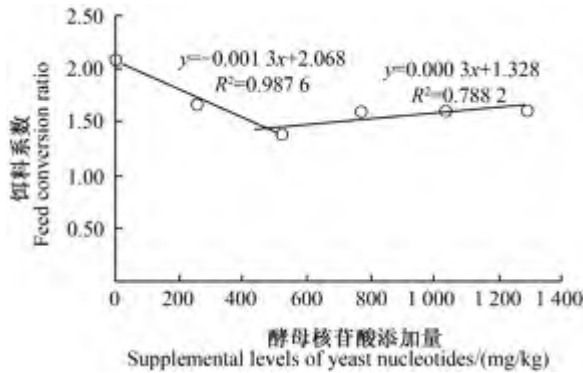


图3 蛋白质效率与酵母核苷酸添加量的关系

Fig. 3 Relationship between protein efficiency ratio and supplemental levels of yeast nucleotide

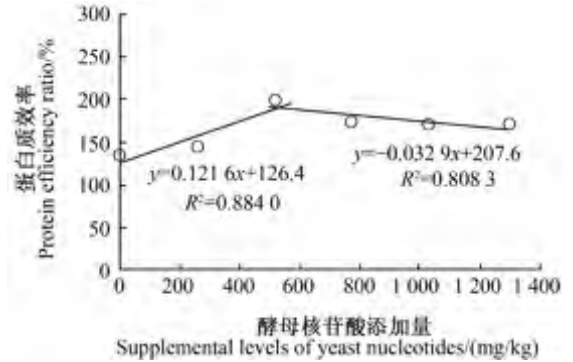


图4 饵料系数与酵母核苷酸添加量的关系

Fig. 4 Relationship between feed conversion ratio and supplemental levels of yeast nucleotide

( $P > 0.05$ )。各组鱼体中粗灰分、水分含量均无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 2.3 酵母核苷酸对鲤血清免疫指标的影响

由表4可知,对照组的血清LSZ、CAT和SOD活性均最低,且与各试验组差异显著( $P < 0.05$ )。随酵母核苷酸添加量的增加,血清LSZ、CAT和SOD活性先增加后降低,血清LSZ、SOD活性均在添加量为1 032 mg/kg时达到最高,但与添加量为774和1 290 mg/kg时差异不显著( $P > 0.05$ ),而与其余试验组差异显著( $P < 0.05$ );血清CAT活性在添加量为516 mg/kg时达到最高,但与添加量为774和1 032 mg/kg时差异不显著( $P > 0.05$ ),而与其余试验组差异显著( $P < 0.05$ )。

表3 酵母核苷酸对鲤体组成的影响

Table 3 Effects of yeast nucleotide on body composition of common carp ( $n=5$ )

组别 Groups	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude ash	水分 Moisture
A1	12.33 ± 0.37 <sup>b</sup>	6.73 ± 0.19 <sup>b</sup>	3.49 ± 0.26	77.62 ± 1.23
A2	12.97 ± 0.72 <sup>ab</sup>	7.03 ± 0.22 <sup>ab</sup>	3.77 ± 0.09	77.49 ± 0.84
A3	13.34 ± 0.33 <sup>a</sup>	7.61 ± 0.27 <sup>a</sup>	3.95 ± 0.14	77.28 ± 0.65
A4	13.18 ± 0.19 <sup>a</sup>	7.45 ± 0.60 <sup>a</sup>	3.84 ± 0.70	78.11 ± 0.57
A5	13.25 ± 0.45 <sup>a</sup>	7.22 ± 0.28 <sup>ab</sup>	3.57 ± 0.15	77.74 ± 1.72
A6	12.89 ± 0.41 <sup>ab</sup>	7.19 ± 0.32 <sup>ab</sup>	3.54 ± 0.38	78.08 ± 0.91

## 3 讨论

### 3.1 酵母核苷酸与鲤生长性能的关系

核苷酸对动物机体的生长、发育及各种物质的代谢和合成有着重要的作用。外源性核苷酸可

促进动物胃肠道等消化器官的生长、发育和成熟,减少动物从头合成核苷酸时的耗能<sup>[11-13]</sup>。虽然动物大部分细胞能利用体内的一些简单的化合物合成核苷酸,但与营养吸收代谢有关的肠道细胞,参与免疫的淋巴细胞、红细胞、白细胞和骨髓细胞等合成核苷酸的能力缺乏或有限<sup>[14-15]</sup>,因此组织

表 4 酵母核苷酸对鲤血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of yeast nucleotide on serum immune indices of common carp ( $n=5$ )

U/mL

组别 Groups	溶菌酶 LSZ	过氧化氢酶 CAT	超氧化歧化酶 SOD
A1	1.07 ± 0.16 <sup>d</sup>	0.33 ± 0.03 <sup>c</sup>	62.69 ± 0.25 <sup>d</sup>
A2	1.65 ± 0.24 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>b</sup>	66.38 ± 0.42 <sup>c</sup>
A3	2.34 ± 0.30 <sup>b</sup>	2.09 ± 0.56 <sup>a</sup>	70.11 ± 0.40 <sup>b</sup>
A4	2.96 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.74 ± 0.10 <sup>a</sup>	73.62 ± 1.33 <sup>a</sup>
A5	3.23 ± 0.34 <sup>a</sup>	1.78 ± 0.14 <sup>a</sup>	74.17 ± 0.86 <sup>a</sup>
A6	3.19 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.03 <sup>b</sup>	71.69 ± 0.94 <sup>ab</sup>

必须利用现有的核苷酸以维持细胞分裂、生长和发挥特殊功能的需要。动物在快速生长阶段、受到免疫挑战或肝损伤时更依赖于外源核苷酸<sup>[1,16]</sup>。Ruyet 等<sup>[17]</sup>研究发现,给尾重为 100 mg 的大比目鱼幼鱼投喂含次磺嘌呤的饲料,可显著改善饲料适口性,提高采食速度,进而促进生长和提高存活率;Rumsey 等<sup>[18]</sup>研究发现,饲料中添加 0.6% ~ 4.1% 的酵母核苷酸能显著提高红鲱的生长率及饲料利用率;Uauy 等<sup>[19]</sup>研究发现添加核苷酸可促进对小鼠对饲料营养的消化和吸收,提高其成活率。核苷酸也可作为蛋白质激酶使代谢酶活性增强,诱导激素(如生长激素等)或酶的合成,促进体内蛋白质的合成,以增加体重<sup>[20]</sup>。郭小兵等<sup>[21]</sup>在纯合饲料中添加 0.2% 的核苷酸显著提高雏鸡肠道黏膜的核酸和蛋白质含量以及肝脏的核酸含量,并能促进肠绒毛的生长及肠壁厚度。杨在清<sup>[22]</sup>研究发现,隔日注射一定量的环核苷酸组合 1 个月,育肥猪日增重提高 20.9% ~ 26.5%,瘦肉率增加 12.76%,饲料报酬提高 5% ~ 11%。因此,在饲料中添加外源核苷酸或肌肉注射外源核苷酸可以加快动物的生长速度,提高动物的生产性能。

本试验中,饲料中酵母核苷酸的添加量在 0 ~ 1 290 mg/kg 时,鲤的增重率、特定生长率及蛋白质效率均呈先升后降的趋势,而饵料系数则成先降后升的趋势。这说明酵母核苷酸能明显改善鲤的生长状况和饲料转化利用率。当酵母核苷酸添加量达到 516 mg/kg 时,鲤的增重率、特定生长率及蛋白质效率达到最高,以后则逐渐下降,但差异不显著;而此时饵料系数则达到最低,以后则逐渐增大,但差异也不显著。依据增重率、特定生长率、蛋白质效率及饵料系数得到的鲤饲料中酵母核苷酸适宜添加量分别为 535.54、519.85、529.12

和 462.69 mg/kg。这与周兴华等<sup>[23]</sup>对锦鲤、魏文志等<sup>[24]</sup>对异育银鲫的报道有一定的差异,这可能与试验鱼的种类、饲料的组成及试验条件等多种因素有关。鲤饲料中酵母核苷酸的添加量达到 258 mg/kg 时,鲤体组织中粗蛋白质和粗脂肪的含量较对照组有显著改善,但不同添加水平对鲤机体中粗蛋白质和粗脂肪含量无显著影响;酵母核苷酸添加量在 0 ~ 1 290 mg/kg 时,对鲤机体中粗灰分和水分的影响也不显著。这与周兴华等<sup>[23]</sup>、孙圣兰<sup>[25]</sup>的结论一致。

### 3.2 酵母核苷酸与鲤血清免疫指标的关系

虽然动物能利用小分子物质从头合成核苷酸,但其免疫系统必须有外源核苷酸才能维持其正常功能。外源核苷酸能刺激动物的特异性和非特异性免疫反应,影响与免疫有关的细胞的发生与分化以及巨噬细胞、辅助性 T 细胞的活性与数量及其分泌的白细胞介素 2、白细胞介素 3 的活性,最后影响细胞免疫<sup>[13,26]</sup>。在纯合饲料中添加 0.25% 的核苷酸混合物,能提高断奶小鼠和正常小鼠的脾脏淋巴细胞的增殖反应、胸腺指数和淋巴细胞转化率<sup>[27]</sup>。同时,核苷酸的添加能提高血浆中多不饱和脂肪酸的含量,参与去饱和的调节<sup>[28]</sup>。核苷酸碱基的氮氧原子能够捕获亚油酸氧化过程中形成的自由基,并能螯合加速氧化的铜、铁等离子,减少过氧化引起的细胞膜及各种 DNA 的损伤<sup>[29]</sup>。Burrells 等<sup>[30]</sup>用添加 300 g/t 核苷酸的饲料养殖鳗弧菌感染的虹鳟、传染性鲑贫血病毒感染的大西洋鳟、传染性鲑贫血病毒感染的大西洋鲑、立克次氏体感染的银大麻哈鱼,结果表明,核苷酸能显著降低虹鳟、大西洋鳟、大西洋鲑和银大麻哈鱼的死亡率。本试验采用了 LSZ、CAT、SOD 的活性变化作为评价指标。LSZ 在引发和维持机体防御免疫的过程中起着重要的作

用,它在机体免疫过程中除了溶解细菌细胞壁外,还可诱导和调节其他免疫因子的合成与分泌。Marja 等<sup>[31]</sup>认为,在一定程度上,血清中 LSZ 活性的变化与其循环系统中白细胞的数量变化呈正相关。CAT、SOD 在生物体内起到清除活性氧自由基的作用,可以增强吞噬细胞的吞噬能力和促进免疫蛋白的产生。

本试验中,饲料中添加酵母核苷酸能提高血清 LSZ、CAT、SOD 的活性,表明酵母核苷酸有激活 LSZ、CAT、SOD 的活性作用。但酵母核苷酸的添加量也不是越高越好,当酵母核苷酸添加量为 1 032 mg/kg 时,血清 LSZ 和 SOD 活性达到最高,而添加量达到 1 290 mg/kg 时则有所降低;而血清 CAT 活性则在酵母核苷酸添加量为 516 mg/kg 时达到最高,以后则逐渐降低。这说明过量的外源核苷酸并不能强化已处于正常状态下的免疫系统。

### 3.3 鲤饲料中酵母核苷酸的适宜添加量

本试验中,分别以增重率、特定生长率、蛋白质效率及饵料系数为指标,当鲤的增重率、特定生长率、蛋白质效率达到最大时,饲料中酵母核苷酸添加量分别为 535.54、519.85、529.12 mg/kg,而当鲤的饵料系数为最小时,饲料中酵母核苷酸添加量则为 462.69 mg/kg。且当酵母核苷酸的添加量在 258~1 290 mg/kg 时,试验鲤体组织中粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分及水分含量均无显著差异,对鲤机体营养成分影响不大。因此,综合鲤的生长性能及营养指标,可初步判断鲤饲料中酵母核苷酸的添加量应在 519.85~535.54 mg/kg。

从免疫方面考虑,酵母核苷酸的不同添加量对鲤免疫功能的激活作用也是不同的。王广军等<sup>[5]</sup>研究发现,在饲料中添加 344 g/t 酵母核苷酸可提高凡纳滨对虾体内的多种酶的活性,促进其生长并提高机体抗应激及免疫能力。Low 等<sup>[32]</sup>研究发现,投喂添加核苷酸的饲料能诱导大比目鱼免疫基因表达发生变异,使脾和肾脏中非特异免疫成分溶菌酶含量显著的降低。本试验中,以血清 LSZ、CAT、SOD 活性为依据,鲤的免疫能力在一定范围内随酵母核苷酸添加量的增加而增强,在酵母核苷酸添加量为 774~1 290 mg/kg 时,血清 LSZ、SOD 活性较高,而血清 CAT 活性在 516~1 032 mg/kg 时较高。综合考虑各免疫指标,可认为酵母核苷酸添加量达到 774 mg/kg 时,鲤能够

获得较强的免疫抗病能力。

综上所述,鲤生长性能和机体营养指标最佳时酵母核苷酸添加量为 519.85~535.54 mg/kg,获得较强的免疫抗病能力时酵母核苷酸添加量为 774 mg/kg。因此,为了在养殖过程中提高鲤的生长性能,并减少病害带来的损失,建议酵母核苷酸在鲤饲料中的添加量应为 519.85~774.00 mg/kg。

## 4 结论

综合考虑生长性能和免疫能力,鲤饲料中酵母核苷酸的适宜添加量为 519.85~774.00 mg/kg。

## 参考文献:

- [1] SALATI L M, GROSS C I, HENDERSON L M, et al. Absorption and metabolism of adenine adenosine 5-monophosphate, adenosine and hypoxanthine by the isolated vascularly perfused rat small intestine [J]. *Journal of Nutrition*, 1984, 114:753-760.
- [2] 王兰芳,乐国伟,施用辉. 日粮核苷酸对早期断奶小鼠生长发育的影响[J]. *无锡轻工大学学报*, 2003, 22(4):18-22.
- [3] 冯尚连. 核苷酸和低聚糖对仔猪生产性能的影响[J]. *中国饲料*, 2000, (17):14-16.
- [4] 施用晖,乐国伟,刘建文,等. 外源核苷酸对肉鸡生产性能的影响[J]. *无锡轻工大学学报*, 2000, 19(6):597-600.
- [5] 王广军,朱旺明,谭永刚,等. 酵母核苷酸对凡纳滨对虾生长、免疫以及抗应激影响的研究[J]. *饲料工业*, 2006, 27(8):29-32.
- [6] 苗玉涛,王安利. 核苷酸在苏氏芒鲶配合饲料中的应用效果[J]. *广东饲料*, 2005, 14(2):36-37.
- [7] BURRELLS C, WILLIMS P D, SOUTHGATE P J, et al. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds-2. Effects on vaccination, saltwater transfer, growth ratios and physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) [J]. *Aquaculture*, 2001, 199:171-184.
- [8] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社, 1998:101-175.
- [9] 贺建华. 饲料检测与分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2003:19-46.
- [10] 王雷,李光友,毛远兴. 口服免疫型药物对养殖中国对虾病害防治作用的研究[J]. *海洋与湖沼*, 1994, 25(4):486-491.
- [11] HE Y, CHU S W, WALKER W A. Nucleotide supplements alter proliferation and differentiation of

- cultured human (Caco-2) and rat (IEC-6) intestinal epithelial cells[J]. *Journal of Nutrition*, 1993, 123: 1017-1027.
- [12] 许群,王安利.核苷酸对动物摄食、生长与免疫功能的影响[J].*动物营养学报*,2004,16(4):13-17.
- [13] 赵华,王康宁.外源核苷酸营养生理作用研究进展[J].*动物营养学报*,2004,15(4):7-11.
- [14] SAVAIANO D A, CLIFFORD A J. Adenine, the precursor of nucleic acids intestinal cells unable to synthesis purines de novo[J]. *Journal of Nutrition*, 1981, 111:1816-1822.
- [15] KULKARNI A D, RUDOLPH F B, VAN BUREN C T. The role of dietary sources of nucleotides in immune function; a review[J]. *Journal of Nutrition*, 1994, 124:1442-1446.
- [16] HO C Y, MILLER K V, SAVAIANO D A, et al. Absorption and metabolism of orally administered purines in fed and fasted rats[J]. *Journal of Nutrition*, 1979, 109:1377-1382.
- [17] RUYET J P L, MENU B, CADENA-ROA M, et al. Use of expanded pellets supplemented with attractive chemical substance for the weaning of turbot (*Schophthalmus maximus*) [J]. *Journal of the World Mariculture Society*, 1983, 14:676-678.
- [18] RUMSEY G L, WINFREE R A, HUGHES S G. Nutritional value of dietary nucleic acids and purine bases to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture*, 1992, 108:97-110.
- [19] UAUY R, STRINGEL G, THOMAS R, et al. Effect of dietary nucleosides on growth and maturation of the developing gut in the rat [J]. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 1990, 11:497-503.
- [20] 陈乃松,杨志刚,崔惟东,等.酶制剂体外酶解豆粕中抗营养因子的研究[J].*大豆科学*,2008(3):17-19.
- [21] 邬小兵,乐国伟,施用晖.肉仔鸡日粮外源核苷酸营养作用初探[J].*中国畜牧杂志*,2001,(37)5:15-17.
- [22] 杨在清.激素介导体 c-AMP 和 cGMP 对肥育猪生长的影响[J].*西北农业大学学报*,1990,18(4):56-59.
- [23] 周兴华,石芸,罗孟川,等.酵母核苷酸对锦鲤幼鱼生长、体组成及饲料利用影响[J].*粮食与饲料工业*,2009,2:36-40.
- [24] 魏文志,罗方妮,杨成,等.酵母核苷酸对异育银鲫生长和免疫酶活性的影响[J].*淡水渔业*,2007,37(4):57-60.
- [25] 孙圣兰.核苷酸可减轻对虾应激[J].*广东饲料*,2004,13(1):34-35.
- [26] SAKAI M, TANIGUCHI K, MAMOTO K, et al. Immunostimulant effects of nucleotide isolated from yeast RNA on carp, *Cyprinus carpio* L. [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2001, 24(8):433-438.
- [27] 王兰芳,乐国伟,施用晖,等.日粮核苷酸对早期断奶小鼠生长发育的影响[J].*无锡轻工大学学报*,2003,22(4):18-22.
- [28] GIL A, CORRAL E, MARTINEZ A, et al. Effects of the addition of nucleotides to an adapted milk formula on the microbial pattern of feces in at term newborn infants[J]. *Journal of Clinical Nutrition Gastroenterol*, 1986, 1:127-132.
- [29] 吴艳波,李周权.安全性饲料添加剂——外源核苷酸的研究与应用现状[J].*国外畜牧学:猪与禽*,2005,25(2):11-14.
- [30] BURRELLS C, WILLIAMS P D, FOMO P F. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds: 1. Effects on resistance to disease in salmonids [J]. *Aquaculture*, 2001, 199:159-169.
- [31] MARJA M, ANTTI S. Changes in plasma lysozyme and blood leucocyte levels of hatchery-reared Atlantic salmon and sea trout (*Salmo trutta* L.) during parrmolt transformation [J]. *Aquaculture*, 1992, 106:75-78.
- [32] LOW C, WADSWORTH S, BURRELLS C. Expression of immune genes in turbot (*Schophthalmus maximus*) fed a nucleotide-supplemented diet [J]. *Aquaculture*, 2003, 221:23-40.

## Effects of Yeast Nucleotide on Growth Performance, Body Composition and Immune Indices of Common Carp (*Cyprinus carpio*)

XIANG Xiao ZHOU Xinghua CHEN Jian ZHENG Zonglin

(Department of Fisheries in Rongchang Campus, Southwest University, Rongchang 402460, China)

**Abstract:** The experiment was conducted to study the effects of yeast nucleotide on growth performance, body composition and serum immune indices of common carp (*Cyprinus carpio*). Six hundred healthy common carp [average body weight of  $(1.09 \pm 0.07)$  g and average body length of  $(3.60 \pm 0.34)$  cm] were randomly allotted to 6 groups and each group included 3 replicates with 30 fish. Fish in 6 groups were fed with basal diet supplemented with 0 (control group), 258, 516, 774, 1 032, and 1 290 mg/kg yeast nucleotide (effective components), respectively. The trial lasted for 50 days. The results showed as follows: compared with the control group, the weight gain ratio (WGR), specific growth ratio (SGR) and protein efficiency ratio (PER) of yeast nucleotide supplementation groups were significantly increased ( $P < 0.05$ ), at the same time, the feed conversion ratio (FCR) of yeast nucleotide supplementation groups was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). The highest WGR, SGR and PER (372.03%, 3.10%/d and 195.74%, respectively) and the lowest FCR (1.42) of fish were found in 516 mg/kg group, and the differences were significant between 516 mg/kg group and the other groups ( $P < 0.05$ ). Based on broken-line model analysis of the WGR, SGR, PER and FCR, the optimal dietary yeast nucleotide supplemental levels for this formulation were 519.85 to 535.54 mg/kg. Body composition analysis showed that the crude ash and moisture contents in whole body were not affected by the supplementation of yeast nucleotide ( $P > 0.05$ ), but the crude protein and crude lipid contents were significantly higher with the increase of dietary yeast nucleotide supplemental level (516 to 1 290 mg/kg) than the control diet ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, the activities of serum lysozyme (LSZ), superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) of yeast nucleotide supplementation groups were significantly increased ( $P < 0.05$ ), and the activities of these enzymes were increased first and decreased afterwards with the dietary yeast nucleotide supplemental level increasing. Fish had higher activities of serum LSZ and SOD when the dietary yeast nucleotide supplemental levels were 774 to 1 290 mg/kg, at the same time, the fish had a higher serum CAT activity when fed 516 to 1 032 mg/kg yeast nucleotide supplemental diets. Based on the above information, the optimal dietary yeast nucleotide supplemental levels in common carp diets for optimum growth performance and immune ability are 519.85 to 774.00 mg/kg. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(1):171-178]

**Key words:** yeast nucleotide; growth performance; body composition; immune indices; common carp