

文章编号: 1004 - 7271(2006)02 - 0178 - 04

柠檬酸对异育银鲫生长及营养物质消化率的影响

冷向军, 伦 锋, 李小勤, 王中强, 许克俊

(上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090)

摘 要:进行了两个试验以考察在饲料中添加柠檬酸对异育银鲫生长及营养物质消化率的影响。试验一采用420尾平均体重为6.5 g的异育银鲫鱼种,在基础饲料(对照组)中分别添加0.1%、0.2%、0.3%柠檬酸,经21 d饲养后,各组增重率分别为53.4%、56.9%、59.0%、57.8%,其中添加0.2%柠檬酸显著提高了异育银鲫增重率($P < 0.05$)。试验二采用150尾平均体重为45.0 g的异育银鲫,在基础饲料(对照组)中分别添加0.1%、0.2%、0.3%、0.4%柠檬酸,进行了两周的消化试验。结果表明,添加0.1%、0.2%柠檬酸显著提高了磷消化率($P < 0.05$),添加0.2%柠檬酸显著提高了干物质消化率($P < 0.05$),但添加柠檬酸对蛋白质消化率没有显著影响($P > 0.05$)。上述研究表明,饲料中添加适宜剂量柠檬酸可促进异育银鲫生长,提高异育银鲫对饲料干物质和磷的消化率,柠檬酸的适宜添加量为0.2%。

关键词:异育银鲫;柠檬酸;生长;营养物质消化率

中图分类号:S 963.73 文献标识码:A

Effects of citric acid on growing performance and nutrients digestibility of allogynogenetic crucian carp

LENG Xiang-jun, LUN Feng, LI Xiao-qin, WANG Zhong-qiang, XU Ke-jun

(College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Two experiments were conducted to investigate the effects of adding citric acid on growing performance and digestibility of allogynogenetic crucian carp. In experiment 1, 420 healthy fish with an average weight of 6.5 g, were separated randomly into 5 groups and fed with 0.0% (control), 0.1%, 0.2%, 0.3% citric acid addition for 21 days, the growth rate was 53.4%, 56.9%, 59.0%, 57.8%, respectively. The growth rate was significantly improved by 0.2% addition ($P < 0.05$). In experiment 2, 150 healthy fish with average weight of 45.0 g were separated randomly into 5 groups and fed the diet with 0.0% (control), 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% citric acid addition for two weeks to measure nutrients digestibility. The results showed that phosphorus (P) digestibility was significantly improved by 0.1% or 0.2% citric acid addition and dry material (DM) digestibility only by 0.2% citric acid addition ($P < 0.05$). Adding citric acid in diet had no effect on protein digestibility. Results above showed that adding proper level of citric acid could promote the growing performance and P, DM digestibility for allogynogenetic crucian carp, and the appropriate level of citric acid addition is 0.2%.

Key words: allogynogenetic crucian carp; citric acid; growth; digestibility

收稿日期: 2005-09-28

基金项目: 上海市重点学科建设项目(Y1101); 上海水产大学博士基金项目(科02-157)

作者简介: 冷向军(1972-), 男, 四川眉山人, 教授, 主要从事水产动物营养与饲料、饲料与水产品安全研究。E-mail: xjleng@shfu.edu.cn

酸化剂因可降低仔猪腹泻,促进生长,减少断奶后的应激而在畜禽养殖生产中得到了较为广泛的应用。由于酸化剂具有易吸收、无污染、无残留的优点,在水产饲料的研究应用也开始受到重视,目前主要集中在柠檬酸方面。研究表明,在饲料中添加 0.2%、0.3% 柠檬酸可分别提高鲤鱼、罗非鱼增重率 12.3%、12.5%^[1,2];柠檬酸对草鱼、对虾等也有一定的促生长作用^[3,4]。关于柠檬酸促进养殖鱼虾生长的机理尚不清楚,本试验以异育银鲫为研究对象,考察饲料中添加柠檬酸对生长和营养物质消化率的影响,为柠檬酸在水产饲料中的合理应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计与饲料

试验一考察柠檬酸对异育银鲫生长的影响,试验二考察柠檬酸对营养物质消化率的影响。

试验一:在基础饲料(对照组)中分别添加柠檬酸 0.1%、0.2%、0.3%,共四个处理组。基础饲料组成见表 1。主要营养指标为:粗蛋白 37.1%,粗脂肪 5.1%,有效磷 0.82%,赖氨酸 2.0%。

试验二:在基础饲料(对照组)中分别添加柠檬酸 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%,以 Cr_2O_3 为指示剂,共五个处理组。基础饲料组成见表 1。主要营养指标为:粗蛋白 35.0%,粗脂肪 4.5%,有效磷 0.76%,赖氨酸 1.8%。

所有原料均粉碎过 40 目筛,充分混匀后用绞肉机加工成颗粒状饲料,晾干后 4 ℃ 冷藏备用。

表 1 基础饲料组成
Tab.1 Composition and nutrient levels of basic diet

成分	比例 %	
	试验一	试验二
鱼粉	15	12
豆粕	28	25
菜粕	25	28
次粉	18	20
麦麸	10	10
磷酸二氢钙	1.5	1.5
维生素预混物	0.25	0.25
氯化胆碱	0.25	0.25
混合油	1.5	1.5
矿物元素混合物	0.5	0.5
三氧化二铬	0	1
总计 Total	100	100

注:混合油中鱼油、豆油为 1:1

1.2 试验用鱼与试验管理

试验一:采用 420 尾平均体重为 6.5 ± 0.5 g 的异育银鲫鱼种,分四个处理组,每个处理组三个平行,每平行 35 尾鱼,饲养于 $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 水泥池中,一天投饲三次(9:00,13:00,17:00),投饲率为 5% 左右,以在半小时内食完为宜;每日吸污,更换 $1/5 \sim 1/6$ 水量;水池自动充气;饲养期间水温 26.0 ± 2.0 ℃,pH 6.5~7.3;溶解氧 > 4 mg/L。

试验二:采用 150 尾平均体重 45.1 ± 8.6 g 的异育银鲫,分五个处理组,每个处理组三个平行,每平行 10 尾鱼,饲养于 $0.75 \text{ m} \times 0.45 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$ 水族箱中,一天投饲二次(10:00,15:00),投饲率为 2%~3%;水族箱自动充气循环,每天更换约 $1/5$ 的水量,保持水质清新;试验期间水温 26.0 ± 1 ℃,pH 6.3~7.5;溶解氧 > 4 mg/L。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 测定指标

生长试验:增重率,饲料系数,饲料效率,成活率。

消化试验:干物质消化率、蛋白质消化率、磷消化率。

1.3.2 方法

(1) 粪便收集 试验鱼驯养和预试验一周,其后开始正式收粪试验。投饵后 2 h 将所有残饵及粪便吸去,并开始收集粪便,每天采集 2 次,连续集粪 2 周。集粪时采用虹吸原理,取外表带有包膜的结构完整粪便,105 °C 烘干,干燥器中保存备用。

(2) 营养物质含量的测定 蛋白质含量采用凯氏定氮法,总磷含量测定采用钼黄显色光度法, Cr_2O_3 含量测定采用湿式灰法定量法^[5]。

(3) 消化率计算

$$\text{干物质消化率: } D(\%) = \left[1 - \frac{B}{B'} \right] \times 100$$

$$\text{蛋白质和磷消化率: } D(\%) = \left[1 - \left(\frac{A}{A'} \times \frac{B}{B'} \right) \right] \times 100$$

A、B 分别为饲料中的营养成分(粗蛋白、磷)、 Cr_2O_3 含量, A'、B' 分别粪便中的营养成分(粗蛋白、磷)、 Cr_2O_3 含量。

1.4 数据处理

所得数据以 SPSS 软件进行方差分析和多重比较。

2 结果

2.1 不同柠檬酸添加量对异育银鲫生长的影响

经 21 d 饲养后,各组异育银鲫的生长情况见表 2。从表 2 中可见,添加柠檬酸的各组增重率均有所提高,其中添加 0.2% 柠檬酸提高增重率 10.7% ($P < 0.05$),其余各组间无显著差异;添加 0.2% 柠檬酸有降低饲料系数和提高饲料效率的趋势 ($P < 0.10$)。

表 2 不同柠檬酸添加量对异育银鲫生长的影响
Tab.2 Effects of citric acid levels on growing performance of allogynogenetic crucian carp

组别	初均重(g)	末均重(g)	增重率(%)	成活率(%)	饲料系数	饲料效率(%)
对照组	6.50 ± 0.25	9.96 ± 0.24	53.3 ± 3.0 ^b	100	1.94 ± 0.07	51.5 ± 1.9
0.1% 柠檬酸	6.50 ± 0.25	10.20 ± 0.17	56.9 ± 2.4 ^{ab}	100	1.87 ± 0.08	53.5 ± 2.3
0.2% 柠檬酸	6.55 ± 0.20	10.41 ± 0.14	59.0 ± 2.1 ^a	100	1.80 ± 0.05	55.6 ± 1.5
0.3% 柠檬酸	6.44 ± 0.15	10.16 ± 0.16	57.8 ± 1.8 ^{ab}	100	1.85 ± 0.06	54.1 ± 1.8

注:同一列的平均值中具有不同上标字母者差异显著 ($P < 0.05$)

2.2 不同柠檬酸添加量对营养物质消化率的影响

异育银鲫对各组饲料的干物质消化率、蛋白质消化率、磷消化率见表 3。从表 3 中可见,添加柠檬酸的各组饲料干物质消化率及磷消化率均在数值上高于对照组,其中添加 0.2% 柠檬酸显著提高了饲料干物质消化率 ($P < 0.05$),添加 0.1%、0.2% 柠檬酸显著提高了磷消化率 ($P < 0.05$),添加 0.3%、0.4% 柠檬酸有提高磷消化率的趋势 ($P < 0.1$);添加柠檬酸对蛋白质消化率无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 3 不同柠檬酸添加量对饲料干物质消化率、蛋白质消化率、磷消化率的影响
Tab.3 Effects of citric acid levels on DM, CP, P digestibility

组别	干物质消化率(%)	蛋白质消化率(%)	磷消化率(%)
对照组	65.48 ± 1.41 ^b	87.77 ± 0.59	35.13 ± 1.87 ^b
0.1% 柠檬酸	67.85 ± 1.65 ^{ab}	87.84 ± 0.75	41.39 ± 1.75 ^a
0.2% 柠檬酸	69.13 ± 1.26 ^a	87.32 ± 1.02	39.36 ± 1.23 ^a
0.3% 柠檬酸	67.10 ± 1.44 ^{ab}	87.72 ± 0.66	37.15 ± 1.56 ^{ab}
0.4% 柠檬酸	65.54 ± 0.85 ^{ab}	87.74 ± 0.63	37.54 ± 1.69 ^{ab}

注:同一列的平均值中具有不同上标字母者差异显著 ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 柠檬酸的作用效果分析

关于柠檬酸的作用机理,在畜禽特别是在早期断奶仔猪方面已有较多研究,一般认为与降低饲料和胃肠道 pH 值,抑制有害微生物生长,提高消化酶活性和营养物质消化率等因素有关^[6]。在水产动物方面的研究包括对虾、鲤鱼、罗非鱼、虹鳟、革胡子鲶等,其作用效果并不完全一致,有关其作用机理的研究报道则更为稀少。

在饲料中添加延胡索酸、甲酸可显著降低虹鳟胃中食糜和肠中食糜的 pH 值^[7,8];添加 0.2% 柠檬酸有提高罗非鱼胃蛋白酶、胰蛋白酶、肠蛋白酶活性的趋势^[9]。与虹鳟、罗非鱼相比,异育银鲫为无胃的鲤科鱼类,没有胃酸和胃蛋白酶的分泌,柠檬酸不会通过激活胃蛋白酶原而发挥作用,这一点与畜禽动物及有胃鱼类显著不同。本试验中柠檬酸对蛋白质消化率没有影响,表明对蛋白酶的分泌和活性可能没有影响。关于柠檬酸对其他消化酶活性的影响有待于今后进一步研究。

柠檬酸在消化道的某些部位产生的微酸性环境有利于矿物盐的溶解和吸收;柠檬酸具有良好的金属离子的配位性,可与饲料中的矿物元素发生螯合作用,形成生物效价很高的螯合物而促进吸收。如添加 0.4% ~ 1.6% 柠檬酸可提高虹鳟体内灰分、磷和铁含量^[10]。本试验中,柠檬酸提高了异育银鲫对磷的消化率,其原因与此有关。柠檬酸对磷消化率的作用与其添加量有关,过酸的消化道环境反而不利于磷的消化吸收。本试验中当柠檬酸的添加量超过 0.2% 后,干物质、磷消化率已呈下降趋势;当柠檬酸的添加量达 2%、4% 时,对虹鳟的饲料磷消化率也无改善^[10]。

3.2 柠檬酸的添加量

根据已有报道,水产饲料中柠檬酸的添加量一般不超过 0.5%,与畜禽饲料中的添加量相比明显较低。其原因可能在于畜禽具有发达的胃以及相应的胰液分泌能力以中和胃酸保持肠内中性环境;而鱼类,一般不具备发达的胃和较强分泌能力(某些鱼类甚至无胃),胰液中和胃酸的能力较弱,故饲料中的酸添加量也应较少,如果添加量超过了其中和能力,则会影响生长。这可能是添加 2% 或 4% 柠檬酸未促进革胡子鲶生长的重要原因^[11]。本次试验中,添加 0.3% 柠檬酸并未表现出比 0.2% 柠檬酸更好的促生长效果,可能与此有关。

本次试验结果表明,饲料中添加柠檬酸可促进异育银鲫生长,提高异育银鲫对干物质和磷的消化吸收率,柠檬酸的适宜的添加量为 0.2%。

参考文献:

- [1] 夏长青,刘豫宁,符冬岩.饲料中添加柠檬酸促进鲤鱼生长的试验[J].上海水产大学学报,1998,7(增刊):406-408.
- [2] 冷向军,钟 炜,黄春萍,等.饲料中添加柠檬酸对罗非鱼的养殖效果分析[J].广西农业生物科学,2001,20(4):262-265.
- [3] Balamurali R S, Aravindan C M. Citric acid as a feed stimulant [J]. Fish Technol Soc India, 1997, 34(1):9-12.
- [4] 范九国,宋 忠. 配饵添加柠檬酸养虾试验[J]. 齐鲁渔业,1993,(1):33-34.
- [5] 李爱杰,王道尊.水产动物营养与饲料学[M].北京:中国农业出版社,1994.200.
- [6] 冷向军,王康宁,杨 凤,等.酸化剂对早期断奶仔猪胃酸分泌、消化酶活性和肠道微生物的影响[J].动物营养学报,2002,14(4):44-48.
- [7] Amerio M, Cadamatri E, Moietta A. Acidified diets in the feeding of rainbow trout: Effect on some digestive indices[J]. Aquaculture Nutrition. 1992,3:63-72.
- [8] Vielma J, Lall S P. Dietary fumaric acid enhances apparent digestibility of mineral in rainbow trout[J]. Aquaculture Nutrition. 1997,4:265-268.
- [9] 潘 庆,谭永刚,毕英佐,等.柠檬酸对罗非鱼生长、体成分和消化酶活性的影响[J].中国水产科学,2004,11(4):344-348.
- [10] Vielma J. Supplemental citric acid and particle size of fish bone meal influence the availability of mineral in rainbow trout[J]. Aquaculture Nutrition. 1999,1:65-71.
- [11] 戴振炎.添加麦饭石和柠檬酸投喂革胡子鲶对试验研究[J].内陆水产,1997,(3):4-6.