

文章编号:1000-0615(2006)04-0571-06

·研究简报·

建鲤与异育银鲫生长、生化组成和饲料利用的比较

杨严鸥^{1,2}, 解绶启¹, 杨云霞¹, 朱晓鸣¹, 雷武¹

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;

2. 长江大学动物科学学院, 湖北 荆州 434025)

关键词: 建鲤; 异育银鲫; 生长; 生化组成; 饲料利用

中图分类号: S 963 文献标识码: A

Comparison of growth, body contents and feed utilization of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) and allogynogenetic silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio*)

YANG Yan-ou^{1,2}, XIE Shou-qi¹, YANG Yun-xia¹, ZHU Xiao-ming¹, LEI Wu¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology Institute of Hydrobiology,

Chinese Academy of Science, Wuhan 430072, China 2. Science of Animal College, Yangtze University, Jingzhou 434025, China)

Abstract: In order to investigate the difference in utilization of diets with different quality in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) and allogynogenetic silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio*), a 55 d growth trial was conducted and low quality diet (LQ diet) and high quality diet (HQ diet) were tested. LQ diet contained 33.91% dietary protein which is mainly from soybean meal while HQ diet contained 45.59% dietary protein which is mainly from fish meal. The initial average body weights were from 5.58 g to 5.82 g for two fish strains. The trial was carried out in a system consisting of 12 self circulation 320 L tanks. During the experiment, the fish were fed to satiation twice a day (at 9:00 and 15:00), and uneaten feed was collected 1 h after feeding and dried. Feces were collected twice a day (at 11:00 and 16:45) from the fecal traps and dried at 70 °C. The results show that feed intake was higher in Jian carp than in allogynogenetic silver crucian carp when fed LQ diet, while there was no significant difference between weight gain, feed conversion efficiency, protein efficiency rate and apparent digestibility. When fed HQ diet, Jian carp showed a lower feed intake, but higher feed conversion efficiency and protein efficiency rate than allogynogenetic silver crucian carp while there was no significant difference in the weight gain and apparent digestibility of both species. For Jian carp, feed intake and protein efficiency rate for the fish fed HQ diet and LQ diet were not significantly different, while the fish fed HQ diet showed higher weight gain, feed conversion efficiency and apparent digestibility. For allogynogenetic silver crucian carp, the fish fed HQ diet showed significantly higher feed intake, apparent digestibility, weight gain, feed conversion efficiency and lower protein efficiency rate. For Jian carp, body contents of dry matter, protein, lipid and energy for the fish fed HQ diet and LQ diet were significantly higher. For allogynogenetic silver crucian carp, body contents of dry matter and protein was significantly higher, while body contents of lipid and energy were affected by diet qualities. Compared to Jian carp, allogynogenetic silver crucian carp showed better utilization when fed LQ diet while poorer utilization when fed HQ diet.

Key words: Jian carp; allogynogenetic silver crucian carp; growth; body contents; feed utilization

收稿日期: 2005-04-18

资助项目: 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(9808E4和2002FB12)

作者简介: 杨严鸥(1967-),男,四川大邑人,副教授,博士,主要从事鱼类营养生理学研究。Tel: 0716-8066751 E-mail: cdyyo@

鱼类的生长差异与鱼的种类^[1,2]以及饲料质量^[3-5]等多种因素有关,比较不同鱼类的生长和饲料利用,对探讨鱼类生长差异的机制、丰富鱼类营养生理学知识都有重要意义。一直以来,在相同实验条件下直接比较鱼类生长和饲料利用的研究都很少,对这些指标的描述多取自不同实验室的研究结果,由于实验条件不同,结果往往难以准确比较(对于生长性状相近的鱼类更是如此)。更值得注意的是,现有的比较研究往往只设计一种饲料^[1,2]得出的结论不全面。因为不同鱼类的营养需求有差异,使用一种饲料时,若该种饲料更能满足某些(种)鱼类的营养需求,那么得出的结果对这些(种)鱼类有利,对另一些(种)鱼类则不利^[6]。那么,应该在几种营养水平下进行比较呢?研究表明,不同温水性鱼类具体的营养需求虽然不同,但大体可分为两类,肉食性鱼类对碳水化合物耐受度低,蛋白质需求高(一般为40%以上),杂食性和草食性鱼类对碳水化合物耐受度高,蛋白质需求相对较低(一般为30%左右)^[6],而且,自然界中肉食性鱼类摄食的蛋白质为动物蛋白,杂食和草食性鱼类摄食的蛋白包括大量植物蛋白,因此,可模拟自然界中的饵料,设计蛋白质来源和蛋白质水平都不相同的两大类饲料即可较好地说明问题。

目前,在不同饲料条件下通过直接比较来探讨鱼类生长差异机制的研究非常缺乏,仅见虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)和大西洋鲑(*Salmo salar*)^[7],而以该种方式对鲤科鱼类的比较研究尚未见报道。本实验选择具有重要经济价值的温水杂食性鱼类建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)和异育银鲫为研究对象,参考文献^[6]的研究成果,设计两种等能饲料,一种饲料蛋白质水平较高(45.59%),蛋白主要来源为动物蛋白,另一种饲料蛋白质水平相对较低(33.91%),蛋白主要来源为植物蛋白(为方便起见,分别将二者称为高质饲料和低质饲料),以在理论上更深入地认识这两种杂食性鱼类生长差异的机制,并在生产上为选择适宜的养殖品种以及改进饲料配方等提供参考。

1 材料与方法

1.1 饲养设备、实验鱼的驯养及实验饲料

实验在12只玻璃钢水族箱(单只容积320 L)中进行,每只水族箱附带内装沸石、体积50 L的过滤器。水族箱每1 h充气30 min,换水量500 mL·min⁻¹(单只)。实验期间,养殖水溶氧大于6 mg·L⁻¹,氨氮小于0.15 mg·L⁻¹。水温(28±1)℃,由加热器控制。照明由3只40 W日光灯提供,光照时间为8 00-20 00。

建鲤和异育银鲫为当年鱼种,移入实验室内暂养30 d以上,实验前1 W用两种实验配合饲料等量混合,每天饱食投喂两次。实验开始时建鲤摄食低质与高质饲料实验鱼的初始平均体重分别为5.82 g和5.77 g,异育银鲫分别为5.61 g和5.58 g,4种处理之间的初始体重无显著差

异。

两种饲料均为自制的硬颗粒饲料,直径2~3 mm,60℃烘干后置于4℃的冰柜中保存。LQ(lower quality)代表低质饲料,HQ(higher quality)代表高质饲料,配方及化学组成参见表1。

表1 实验饲料配方及化学成分

Tab.1 Formulation and chemical composition of experimental diets

成分 ingredients	含量 content	
	LQ	HQ
豆粕 soybean meal(%)	33.69	0.00
鱼粉 fishmeal(Russia)(%)	14.60	55.78
小麦 wheat(%)	40.11	34.95
植物油 plant oil(%)	2.54	0.09
维生素预混物 vitamin premix(%)	2.27	2.29
矿物质预混物 mineral premix(%)	5.33	5.50
氯化胆碱 choline chloride(%)	0.45	0.45
三氧化二铬 chromic oxide(%)	1.00	1.00
化学组成(干物质组成)		
chemical composition(in dry matter)		
干物质 dry matter(%)	93.36	93.46
粗蛋白 crude protein(%)	33.91	45.59
粗脂肪 crude lipid(%)	2.41	2.28
灰分 ash(%)	12.64	16.37
总能量 gross energy(J·mg ⁻¹)	16.03	17.03

注:1.维生素预混物(%预混物):维生素A,550 I.U.;维生素D₃,100 I.U.;维生素E,5 I.U.;维生素K₁,1;胆碱,55;尼克酸,10;核黄素,2;吡哆醇,2;硫胺素,2;泛酸钙,5;生物素,0.01;叶酸,0.5;维生素B₁₂,2;抗坏血酸,10;肌醇,10。2.矿物质预混物(%预混物):氯化钠,1;硫酸镁,15;磷酸二氢钠,25;磷酸二氢钾,32;磷酸二氢钙,20;柠檬酸铁,2.5;乳酸钙,3.5;硫酸锌,0.353;硫酸锰,0.162;硫酸铜,0.031;氯化钴,0.001;碘酸钾,0.003;纤维素,0.45

Notes:1. Vitamin premix(% premix): vitamin A,550 I.U.; vitamin D₃,100 I.U.; vitamin E,5 I.U.; vitamin K₁,1; choline,55; niacin,10; riboflavin,2; pyridoxine,2; thiamin,2; D-calcium pantothenate,5; biotin,0.01; folacin,0.5; vitamin B₁₂,2; ascorbic acid,10; inositol,10. 2. Mineral Premix(% premix): NaCl,1; MgSO₄·7H₂O,15; NaH₂PO₄·2H₂O,25; KH₂PO₄,32; Ca(H₂PO₄)₂·H₂O,20; FeC₆H₅O₇·5H₂O,2.5; C₆H₁₀CaO₆·5H₂O,3.5; ZnSO₄·7H₂O,0.353; MnSO₄·4H₂O,0.162; CuSO₄·5H₂O,0.031; CoCl₂·6H₂O,0.001; KIO₃,0.003; Cellulose,0.45

1.2 实验步骤及生化分析

称鱼分箱,实验开始前,将鱼饥饿24 h,然后随机取样称重,每箱放入同种鱼25尾,每一组合(鱼和饲料)含3个平行。

日常管理,实验持续55 d,每天9 00和15 00各投过量饲料一次,1 h后回收残饵,70℃烘干。残饵量用饲料溶失率校正,测定溶失率时随机在6个无鱼的箱中各放入1份已称重的饲料,1 h后回收,70℃烘干至恒重并称重。每天11 00和16 45各收集粪便一次,70℃烘干。

取样 实验开始时 将鱼饥饿 24 h 对每种鱼取样 3 组 (每组 9 尾) 称重后 70 °C 烘干至恒重 用以分析初始躯体生化组成 实验结束时 将鱼饥饿 24 h 称量每箱鱼的总重 再从每箱中随机取样 7 尾 70 °C 烘干至恒重 用以分析最终躯体生化组成。

生化分析 测定鱼样及饲料样品的干物质(%)、粗蛋白(%)、脂肪(%)和能量($J \cdot mg^{-1}$)含量,测定粪样的粗蛋白(%)和能量($J \cdot mg^{-1}$)含量,测定饲料样品和粪样的 Cr_2O_3 含量。具体测定方法参见文献 [8]。

1.3 计算方法

$$\text{鱼体增重} = W_t - W_o$$

$$\text{蛋白质特定生长率 (SGR}_P) = 100(\ln W_{Pt} - \ln W_{Po}) / t$$

$$\text{脂肪特定生长率 (SGR}_L) = 100(\ln W_{Lt} - \ln W_{Lo}) / t$$

$$\text{能量特定生长率 (G}_E) = 100(\ln E_t - \ln E_o) / t$$

$$\text{摄食率 (FR)} = 200 I_{Td} / t (W_t + W_o)$$

$$\text{饲料转化效率 (FCE)} = 100 (W_t - W_o) / I_{Td}$$

$$\text{蛋白质摄食率 (IP)} = 200 I_{TP} / t (W_t + W_o)$$

$$\text{蛋白质效率比 (PER)} = (W_t - W_o) / I_{TP}$$

其中, W_t 为鱼体终末湿重, W_o 为初始湿重, W_{Pt} 为终末体蛋白质重量, W_{Po} 为初始体蛋白质重量, W_{Lt} 为终末体脂肪

重量, W_{Lo} 为初始体脂肪重量, E_t 为终末能值, E_o 为初始能值, t 为实验周期 (55 d), I_{Td} 为实验期间的总饲料消耗 (干重), I_{TP} 为实验期间的总蛋白质消耗。表观消化率按下列公式计算:

$$\text{干物质表观消化率} = 100 - 100 C_1 C_2^{-1}$$

$$\text{蛋白质、能量表观消化率} = 100 - 100 C_1 C_2^{-1} N_1^{-1} N_2$$

式中, C_1 为饲料中 Cr_2O_3 的百分含量, C_2 为鱼粪中 Cr_2O_3 的百分含量, N_1 为饲料中蛋白质和能量的百分含量, N_2 为鱼粪中蛋白质和能量的百分含量。

所有实验数据平均数用方差分析后进行组间差异的 Duncan 氏多重比较。各表中的实验数据用 (平均值 ± 标准差) 表示。

2 结果与分析

2.1 生长

摄食高质饲料时,两种鱼的鱼体增重、蛋白质、脂肪和能量特定生长率显著高于摄食低质饲料时 ($P < 0.05$);在每种饲料条件下,建鲤的鱼体增重和蛋白质特定生长率与异育银鲫没有显著差异 ($P > 0.05$),而脂肪特定生长率和能量特定生长率显著低于异育银鲫 ($P < 0.05$) (表 2)。

表 2 建鲤与异育银鲫摄食不同质量饲料时的鱼体增重以及蛋白质、脂肪和能量特定生长率

Tab. 2 Weight gain and specific growth rates of protein, lipid and energy in Jian carp and allogynogenetic silver crucian carp fed diets with different quality

饲料 diet	品种 species	鱼体增重(g) weight gain	蛋白质特定生长率(%/d) SGR _P	脂肪特定生长率(%/d) SGR _L	能量特定生长率(%/d) SGR _E
LQ	建鲤 JC	5.64 ± 0.42 ^a	1.12 ± 0.05 ^a	1.44 ± 0.27 ^{X a}	1.46 ± 0.27 ^{X a}
	异育银鲫 ASCC	4.36 ± 0.87 ^a	1.19 ± 0.18 ^a	3.03 ± 0.25 ^{Y a}	1.83 ± 0.26 ^{Y a}
HQ	建鲤 JC	9.02 ± 0.32 ^b	1.85 ± 0.05 ^b	2.20 ± 0.02 ^{X b}	2.05 ± 0.10 ^{X b}
	异育银鲫 ASCC	8.17 ± 1.17 ^b	1.92 ± 0.07 ^b	3.52 ± 0.20 ^{Y b}	2.49 ± 0.10 ^{Y b}
方差分析 ANOVA (P-value)					
总影响 overall		0.0000	0.0000	0.0001	0.0016
饲料 diet		0.0001	0.0000	0.0060	0.0008
品种 species		0.6235	0.5677	0.0000	0.0062
饲料 × 品种 diet × species		0.7412	0.6516	0.4361	0.9195

注:平均值后的上标字母表示 Duncan 检验的结果:大写字母(XY)不同表示摄食相同饲料时鱼类品种间存在显著差异,小写字母(ab)不同表示同种鱼类摄食不同饲料时存在显著差异($P < 0.05$)。以下表注同表 2

Notes: Letters after each means indicate results of multiple range test (Duncan's procedure). Different capital letters (XY) indicate significant differences between fish species for each diet; different litter letters (ab) indicate significant differences between diets for each species ($P < 0.05$)

2.2 饲料利用

由表 3 可知,饲料质量提高后,建鲤的摄食率和蛋白质效率比没有受到显著影响 ($P > 0.05$),蛋白质摄食率和饲料转化效率显著提高 ($P < 0.05$);异育银鲫的摄食率、蛋白质摄食率和饲料转化效率也显著提高 ($P < 0.05$),蛋白

质效率比显著下降。摄食低质饲料时,建鲤的摄食率和蛋白质摄食率显著高于异育银鲫 ($P < 0.05$),两种鱼的饲料转化效率和蛋白质效率比差异不显著 ($P > 0.05$);摄食高质饲料时,建鲤的摄食率和蛋白质摄食率显著低于异育银鲫,饲料转化效率和蛋白质效率比显著高于异育银鲫 ($P < 0.05$)。

表3 建鲤与异育银鲫摄食不同质量饲料时的摄食率、
饲料转化效率、蛋白质摄食率和蛋白质效率比

Tab.3 Feed rate, feed conversion efficiency, protein feed rate and protein efficiency rate in Jian carp and allogynogenetic silver crucian carp fed diets with different quality

饲料 diet	品种 species	摄食率(% B. W./d) FR	饲料转化效率(%) FCE	蛋白质摄食率(% B. W./d) Ip	蛋白质效率比(%) PER
LQ	建鲤 JC	2.39 ± 0.04 ^X	49.66 ± 2.01 ^a	0.80 ± 0.01 ^{X a}	1.47 ± 0.05
	异育银鲫 ASCC	2.01 ± 0.13 ^{Y a}	50.31 ± 4.07 ^a	0.67 ± 0.06 ^{Y a}	1.50 ± 0.09 ^a
HQ	建鲤 JC	2.28 ± 0.14 ^X	66.03 ± 2.54 ^{X b}	1.06 ± 0.04 ^{X b}	1.47 ± 0.04 ^X
	异育银鲫 ASCC	2.59 ± 0.03 ^{Y b}	59.76 ± 4.15 ^{Y b}	1.16 ± 0.02 ^{Y b}	1.32 ± 0.07 ^{Y b}
方差分析 ANOVA (P-value)					
总影响 overall		0.0022	0.0005	0.0000	0.0083
饲料 diet		0.0099	0.0001	0.0000	0.0013
品种 species		0.4632	0.1528	0.5698	0.6762
饲料 × 品种 diet × species		0.0010	0.0885	0.0007	0.4519

注 表注同表2

Notes: Annotation is the same as Tab.2

2.3 表观消化率

由表4知,饲料质量改善后,两种鱼的能量和干物质表观消化率都得到显著提高($P < 0.05$),而蛋白质表观消

化率不受饲料质量的显著影响($P > 0.05$)。对每种饲料,两种鱼的干物质、蛋白质和能量表观消化率均无显著差异($P > 0.05$)。

表4 建鲤与异育银鲫摄食不同质量饲料时的干物质、蛋白质和能量表观消化率

Tab.4 Apparent digestibility of dry matter, protein and energy in Jian carp and allogynogenetic silver crucian carp fed diets with different quality

饲料 diet	品种 species	表观消化率(%) apparent digestibility coefficient		
		干物质 dry matter	蛋白质 protein	能量 energy
LQ	建鲤 JC	85.68 ± 0.88 ^a	95.47 ± 0.69	92.42 ± 0.72 ^a
	异育银鲫 ASCC	82.94 ± 4.20 ^a	95.27 ± 0.68	91.50 ± 2.35 ^a
HQ	建鲤 JC	88.06 ± 0.75 ^b	95.90 ± 0.33	95.45 ± 0.35 ^b
	异育银鲫 ASCC	90.48 ± 1.60 ^b	96.25 ± 0.56	95.71 ± 0.71 ^b
方差分析 ANOVA (P-value)				
总影响 overall		0.0207	0.2426	0.0083
饲料 diet		0.0060	0.0698	0.0013
品种 species		0.9048	0.8365	0.6762
饲料 × 品种 diet × species		0.0899	0.4284	0.4519

注 表注同表2

Notes: Annotation is the same as Tab.2

2.4 鱼体生化组成和能量含量

从表5中可以看出,饲料质量提高后,建鲤的干物质、脂肪和能量含量显著提高,异育银鲫仅干物质含量显著提高($P < 0.05$)。摄食低质饲料时,建鲤的干物质含量显著低于异育银鲫,摄食高质饲料时,建鲤的脂肪和能量含量显著高于异育银鲫($P < 0.05$)。

3 讨论

配合饲料的质量受到饲料中各种营养成分的影响,从对鱼类的生长和对饲料成本的影响来看,蛋白质无疑是其中非常重要的因子,因此,在能量和其它营养元素能满足

鱼类需求的前提下,可大体根据饲料中蛋白质的含量和种类来判定饲料质量的高低(碳水化合物含量又与蛋白质含量密切相关)碳水化合物含量较高、蛋白质含量较低且主要为植物蛋白的饲料可被认为质量相对较差,碳水化合物含量较低、蛋白质含量较高且主要为动物蛋白的饲料则质量相对较好^[6]。本实验中“高质”和“低质”两种饲料的能量、脂肪和微量元素含量以及物理形态等都很相似,其差异主要体现在蛋白质含量和蛋白质来源不同上,在这里,“高质”和“低质”的概念是相对而言的。另外,由于蛋白质水平不同和蛋白质种类不同都会导致饲料质量的差异,因此,本实验中“饲料质量不同”包含了这两层含义。本实验并不单独强调蛋白质水平或蛋白质种类不同所带来的差

异,而是强调两者的综合作用,即强调饲料的整体质量对鱼类生长和饲料利用的影响。

本实验中,异育银鲫摄食低质饲料时摄食率显著降低,与 Xie 等^[5]和 Murai 等^[9]的研究结果相似,这与低质饲料中含有大量豆粕有关,因为豆粕中的食欲因子对异育银鲫的摄食有抑制作用^[5,9]。建鲤的摄食率不受饲料质量

的显著影响,这与 Pongmancerat 等^[10]和 Fu 等^[11]对鲤的研究结果一致,这与鲤对豆制品中的食欲因子不敏感有关^[9]。可见,从摄食角度而言,建鲤耐合豆粕饲料的能力较强。在生产上,豆粕是饲料中非常重要的蛋白质来源,若能去除食欲因子,则有望提高异育银鲫的摄食率,对生产将大有帮助。

表 5 建鲤与异育银鲫摄食不同质量饲料时的鱼体生化组成和能量含量

Tab.5 Body composition and energy content per unit wet weight of Jian carp and allogynogenetic silver currcian carp fed diets with different quality

饲料 diet	品种 species	干物质(%) dry matter	蛋白质(%) protein	脂肪(%) lipid	能量(J·mg ⁻¹) energy	
实验开始 initial	建鲤 JC	25.93 ± 0.46 ^X	13.09 ± 0.49	9.00 ± 0.16 ^X	5.65 ± 0.31 ^X	
	异育银鲫 ASCC	21.30 ± 1.78 ^Y	12.63 ± 1.60	2.95 ± 0.15 ^Y	3.88 ± 0.32 ^Y	
实验结束 final	LQ	建鲤 JC	24.27 ± 0.40 ^{Xa}	8.97 ± 0.35 ^a	5.99 ± 0.09 ^a	
	异育银鲫 ASCC	27.03 ± 0.05 ^{Ya}	13.72 ± 0.15 ^a	8.92 ± 0.34 ^a	6.17 ± 0.26 ^a	
	HQ	建鲤 JC	29.23 ± 0.57 ^b	14.27 ± 0.57 ^b	11.80 ± 0.30 ^{Xb}	6.86 ± 0.30 ^{Xb}
	异育银鲫 ASCC	28.30 ± 0.78 ^b	14.89 ± 1.11 ^b	8.38 ± 0.24 ^{Ya}	6.24 ± 0.24 ^{Ya}	
方差分析 ANOVA (P-value)						
总影响 overall	0.0000	0.0200	0.0000	0.0111		
饲料 diet	0.0000	0.0136	0.0002	0.0321		
品种 species	0.0178	0.1544	0.0000	0.3659		
饲料 × 品种 diet × species	0.0003	1.5156	0.0000	0.0220		

注:表注同表 2

Notes: Annotation is the same as Tab.2

摄食碳水化合物含量较高的低质饲料时,异育银鲫的蛋白效率比上升,这与异育银鲫^[12]、尼罗罗非鱼^[13]和齐氏罗非鱼^[14]的结果相似,这表明摄食低质饲料时这些鱼类可能存在提高蛋白质利用的辅助机制^[15],因此,配制异育银鲫饲料时,在适宜的能蛋比条件下,适当增加碳水化合物含量可节约蛋白质用量。建鲤的蛋白质效率比不受饲料质量的显著影响,这与肉食性的红石首鱼^[16]和长吻鮠^[12]相似。很明显,从饲料蛋白效率比来考察,异育银鲫对饲料质量的变化更为敏感。

饲料质量改善后,建鲤饲料转化效率提高的幅度要显著大于异育银鲫,这说明,建鲤对高质饲料的利用能力要强于异育银鲫,同时也表明,就饲料转化效率这一指标来考察,建鲤对饲料质量的变化更为敏感。

本实验中,两种鱼的表现消化率差异不显著,相似的结果来自 Erfanullah 等^[1]对印度 3 种鲤科鱼类以及 Rawles 等^[2]对两种鲈的研究,转基因鲤 F4 代与对照鱼的蛋白质和能量表现消化率也无显著差异,且不受饲料蛋白质水平的影响^[11]。导致这种现象出现主要可能有两个原因,一是近缘鱼类表现消化率本身可能相似,二是上述研究使用的材料鱼为幼鱼,其消化器官往往不发达,肠道蠕动能力较差^[17],可能使不同鱼类消化能力的差异未能表现出来。

在低质饲料条件下,实验开始时建鲤的水分含量显著低于异育银鲫,结束时则显著高于异育银鲫,而两种鱼的

饲料转化效率和鱼体增重均无显著差异,这表明,与异育银鲫相比,建鲤摄食的营养组分未能充分转化成干物质沉积以替代体内水分,主要原因可能是,以豆制品为主要蛋白来源的低质饲料中存在着氨基酸和矿物质不平衡、毒性物质和抗营养因子等因素^[18-21],这些因素对肉食性鱼类有较大负面影响^[21],建鲤为杂食偏肉食性鱼类,与杂食性的异育银鲫相比,受到的不利影响更大,影响了代谢和组织生长。

本实验显示,异育银鲫的摄食和蛋白质利用指标更容易受到饲料质量变化的影响,而建鲤的饲料转化效率和鱼体生化组成指标更容易受到饲料质量变化的影响。摄食不同饲料时,建鲤的生长差异主要是由饲料营养组分的转化效率差异导致的,而异育银鲫的生长差异是由摄食率和饲料营养组分转化效率的差异共同造成的。在使用低质饲料的养殖生产中,若能改善低质饲料的适口性,提高异育银鲫的摄食率,饲养异育银鲫会取得更好的经济效益。

本研究的实验设计和饲料配方设计得到中国科学院水生生物研究所鱼类营养生理组崔奕波研究员的悉心指导,在此对崔奕波研究员表示深切的怀念!

参考文献：

- [1] Erfanullah Jafri A K. Evaluation of digestibility coefficients of some carbohydrate-rich feed stuffs for indian carp fingerlings[J]. Aquaculture Research , 1998 , 29(7) : 511 - 519 .
- [2] Rawles S D , Gatlin III D M. Carbohydrate utilization in striped bass (*Morone saxatilis*) and sunshine bass (*M. chrysops* female × *M. saxatilis* male)[J]. Aquaculture , 1998 , 161(1 - 4) : 201 - 212 .
- [3] Hasan M R , Macintosh D J , Jauncey K. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry [J]. Aquaculture , 1997 , 151 : 55 - 70 .
- [4] Carter C G , Hauler R C. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon , *Salmo salar* L [J]. Aquaculture , 2000 , 185 : 299 - 311 .
- [5] Xie S , Zhu X , Cui Y , et al . Utilization of several plant proteins by allogynogenetic silver curcian carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. J Appl Ichthyol , 2001 , 17 : 70 - 76 .
- [6] National Research Council. Nutrient Requirements of Fish [M]. Washington National Academy Press , 1993 .
- [7] Ståle , Øyvind J , Trond , et al . Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture , 2000 , 190 : 49 - 63 .
- [8] 杨严鸥 , 解绶启 , 熊邦喜 , 等 . 饲料质量对丰鲤和奥尼罗非鱼氮及能量收支的影响 [J]. 水生生物学报 , 2004 , 28(4) : 337 - 342 .
- [9] Murai T , Ogata H , Hosutarak P , et al . Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp [J]. Aquac , 1986 , 56 : 197 - 206 .
- [10] Pongmaneerat J , Watanabe T , Takeuchi T , et al . Use of different protein meals as partial or total substitution for fish meal in carp diets [J]. Nipp Gakk , 1993 , 59 : 1249 - 1257 .
- [11] Fu C , Cui Y , Hung S S O , et al . Growth and feed utilization by F4 human growth hormone transgenic carp fed diets with different protein levels [J]. J Fish Biol , 1998 , 53 : 115 - 129 .
- [12] 钱雪桥 . 长吻鮠和异育银鲫幼鱼饲料蛋白需求的比较营养能量学研究 [D]. 武汉 : 中国科学院水生生物研究所 , 2001 .
- [13] Siddiqui Q Q , Howlader M S , Adam A A . Effects of dietary protein levels on growth , feed conversion and protein utilization in fry and young nile tilapia , *Oreochromis niloticus* [J]. Aquaculture , 1988 , 70 : 163 - 173 .
- [14] Mazid M A , Tanaka Y , Rahaman M A , et al . Growth response of *Tilapia zillii* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels [J]. Aquaculture , 1979 , 18 : 115 - 122 .
- [15] Berger A , Halver J E . Effect of dietary protein , lipid and carbohydrate content on the growth , feed efficiency and carcass composition of striped seabass (*Morone saxatilis* Walbaum) fingerlings [J]. Aquacult Fish Manag , 1987 , 18 : 345 - 356 .
- [16] Daniels W H , Robinson E H . Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. Aquaculture , 1986 , 53 : 243 - 252 .
- [17] 沈晓民 , 刘永发 , 唐瑞英 , 等 . 异育银鲫的蛋白质消化率研究 [J]. 水产学报 , 1995 , 19(1) : 52 - 57 .
- [18] Andrew J W . Growth factors in the fish meal component of catfish diets [J]. J Nutr , 1974 , 104 : 1091 - 1096 .
- [19] Murai T . Protein nutrition of rainbow trout [J]. Aquaculture , 1992 , 100 : 177 - 189 .
- [20] 艾庆辉 , 谢小军 . 南方鲇的营养学研究 : 饲料中大豆蛋白水平对消化率及摄食率的影响 [J]. 水生生物学报 , 2002 , 26(3) : 215 - 220 .
- [21] 周 萌 , 崔奕波 , 朱晓鸣 , 等 . 豆粕和土豆蛋白替代饲料中鱼粉对异育银鲫生长及能量收支的影响 [J]. 水生生物学报 , 2002 , 26(4) : 370 - 377 .