

长吻 和异育银鲫对玉米淀粉利用差异的比较研究

裴之华 解绶启 雷 武 朱晓鸣 杨云霞

(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, 武汉 430072)

摘要: 在同一实验条件下, 通过 8 周生长实验比较研究了不同玉米淀粉含量的饲料对长吻 和异育银鲫生长、饲料利用和鱼体组成的影响, 以探讨肉食性和杂食性鱼类对玉米淀粉利用的差异。长吻 的实验饲料是 5 种等氮等脂、玉米淀粉含量分别为 0%、5%、10%、15% 和 20% 的半精制饲料。异育银鲫的实验饲料是 5 种等氮等脂、玉米淀粉含量分别为 6%、12%、18%、24% 和 30% 的半精制饲料。每天饱食投喂鱼两次。实验结果表明: 对于长吻 , 玉米淀粉含量为 5% 和 10% 饲料组的特定生长率显著高于另外 3 组(Duncan's 多重比较, $P < 0.05$)。但各组间的饲料效率、摄食率、蛋白贮积率都没有显著差异(Duncan's 多重比较, $P > 0.05$)。当饲料中的玉米淀粉含量从 6% 增加到 24% 时, 异育银鲫的特定生长率也随之增加, 而摄食率不断下降。玉米淀粉含量 24% 饲料组的饲料效率显著高于其他各组(Duncan's 多重比较, $P < 0.05$)。长吻 和异育银鲫鱼体粗脂肪的含量都随着饲料中玉米淀粉含量的增加而增加。在本实验中, 长吻 和异育银鲫饲料中的适宜无氮浸出物含量分别为 7.66% 和 15.62%。

关键词: 长吻 ; 异育银鲫; 玉米淀粉; 生长; 饲料利用

中图分类号: S963.31

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2005)03-0239-08

随着全球水产养殖业的发展以及水产饲料在水产养殖中运用的不断扩大, 作为水产饲料中十分重要和昂贵的成分——蛋白质资源变得相对匮乏, 价格也逐年上升。以往的研究结果表明, 饲料中添加适量的非蛋白能源(主要是脂类和糖类)可以节约蛋白质作为能源的利用^[1-3], 这样不仅能节约饲料的配方成本, 还会降低蛋白质代谢产物对养殖水体的污染。糖类作为一种丰富廉价的非蛋白能源, 引起了鱼类营养学家的关注。一些研究结果表明, 在饲料中添加一定量糖类可以提高鱼类对饲料中蛋白质的利用率^[1,4]。但在饲料中添加过量的糖类, 容易导致鱼体脂肪含量增加, 并引起一些生理代谢的紊乱^[1,2,5]。因此, 鱼类饲料中糖类的适宜添加量需要谨慎的评价。

一般而言, 鱼类利用糖类的能力较家畜低, 而利用糖类的能力又因食性、种类不同而呈现较大差异^[6]。大量研究结果表明, 肉食性鱼类, 例如虹鳟 (*Salmo gairdneri*)^[7], 高体 (*Seriola dumerilii*), 对糖

类的利用较差; 而杂食性鱼类, 如鲤(*Cyprinus carpio*) 尼罗罗非鱼(*Tilapia niloticus*) 则能够有效地利用糖类^[8]。然而, 这些实验资料大多来自不同的实验条件或者不同的实验室, 因而不能为两种食性鱼类对糖类利用差异提供直接的证据。

长吻 (*Leiocassis longirostris* G nther) 和异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*) 是重要的经济鱼类。近年来, 国内的一些学者已经展开了对它们营养学的研究^[11,12]。本文的研究目的在于: 1) 研究饲料中不同玉米淀粉含量对长吻 和异育银鲫生长、饲料利用和鱼体组成的影响; 2) 在同一实验条件下探讨和比较肉食性鱼类和杂食性鱼类对糖类利用的特征。

1 材料与方法

1.1 饲养条件 实验在室内循环水养殖系统的 30 个钢化玻璃缸中进行。每个圆柱形玻璃缸直径 70cm, 水容积 150L。每缸注入流水速度为 10L/min。

收稿日期: 2004-04-30; 修订日期: 2004-12-10

基金项目: 中国科学院创新方向性项目(编号: KSCX2-I-04); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-323); 国家“十五”科技攻关项目; 湖北省科技攻关项目等资助

作者简介: 裴之华(1978—), 男, 湖北荆州人; 硕士; 主要从事水生动物营养与饲料研究

本工作得到晁光汉同志的帮助, 在此表示感谢!

通讯作者: 解绶启, E-mail: sqxie@ihb.ac.cn

饲养期间, 水温变动范围是 28—31℃; 氨氮浓度小于 0.5mg/L; 溶氧大于 5.0mg/L; pH 约为 6.9。光照周期为 12L/12D, 光周期从 08:00 到 20:00。

1.2 实验饲料 设计长吻 饲料为5种等氮等脂、玉米淀粉含量分别为 0、5%、10%、15% 和 20% 的半精制饲料。设计异育银鲫饲料为 5 种等氮等脂、玉米淀粉含量分别为 6%、12%、18%、24% 和 30% 的半精制饲料。饲料蛋白由白鱼粉和酪蛋白提供, 脂肪由鱼油提供, 糖源由玉米淀粉提供。饲料中添加 1% 的三氧化二铬作为消化率测定的指示剂。实验饲料组成见表 1 和表 2。所有饲料原料加水充分混匀后制成直径为 3mm 的颗粒, 风干后于 4℃ 保存在冰箱中。

1.3 实验鱼 长吻 由湖北省石首市长吻 良种场提供, 异育银鲫由本所关桥渔场提供, 均为当年鱼种。将鱼运入实验室前进行药浴消毒, 然后在循环水养殖系统中驯养 4 周。前 2 周, 将吃活饵的鱼驯化为吃颗粒饲料。随后的 2 周内, 每天饱食投喂条件饲料(等量均匀混合的 5 种实验饲料) 两次。投喂时间为上午 9:00 和下午 2:00。实验开始前, 将所有鱼饥饿 24h, 随机选取体质健康, 规格均匀的个体, 称重后放入实验缸中。长吻 每缸 12 尾, 异育银鲫每缸 20 尾。同时分别取样 3 组(每组 8 尾), 称重后在 70℃ 烘干至恒重, 用于测定鱼体初始生化组成和能量含量。将 5 种饲料随机投喂 15 缸鱼, 每种饲料 3 个重复。

实验期间, 每天上午 9:00 和下午 2:00 各饱食投喂一次。1h 后收集残饵, 并于 70℃ 烘干至恒重, 称重后计算摄食量。收集成型的新鲜鱼粪, 并于 70℃ 烘干至恒重保存在冰箱中。实验持续 8 周。实验结束时, 将鱼饥饿 24h 后称每缸鱼的总重。然后每缸取样 5 尾称重、烘干至恒重, 用来测定实验鱼结束时的鱼体生化组成和能量含量。实验结束后, 在所有实验缸中分别投放一份已称重的饲料, 1h 后回收饲料, 并于 70℃ 烘干至恒重, 计算饲料溶失率, 用于校正摄食量。

1.4 样品分析与测定 测定了饲料和鱼体的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和能值。测定了鱼粪的粗蛋白和能量含量。以上参数的测定参照 AOAC^[13] 的方法: 用 105℃ 烘干法测定样品水分含量; 用凯氏定氮法测定样品含氮量, 再乘以 6.25 得样品粗蛋白含量; 采用索氏抽提仪 (Soxtec system HT6, Tecator, Hoganas, Sweden), 以乙醚为抽提液测定样品粗脂肪含量; 用马福炉 550℃ 焚烧 12h 测定样品灰分含量; 用氧弹测热仪测定样品的能值 (Phillipson microbomb calorimeter, Gentry Instruments Inc., Aiken, U. S. A)。

根据 GB/T 6434 法测定了饲料粗纤维的含量, 通过差减法求得无氮浸出物的含量。饲料和粪便中三氧化二铬含量的测定参照 Bolin 等的方法^[14]。

表 1 长吻 实验饲料的配方和组成 (% 干重)
Tab. 1 Formulation and chemical composition of diets for Chinese longsnout catfish (% in dry weight)

玉米淀粉含量 (%) Dietary com starch content	0	5	10	15	20
原料 Ingredients (%)					
白鱼粉 White fish meal(USA)	44.70	44.70	44.70	44.70	44.70
酪蛋白 Casein	12.47	12.47	12.47	12.47	12.47
鱼油 Fish oil	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
玉米淀粉 Corn starch	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00
矿物盐预混物 ¹ Mineral premix	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
维生素预混物 ² Vitamin premix	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
维生素 C Vitamin C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
氯化胆碱 Choline Chloride	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
三氧化二铬 Chromic oxide	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
纤维素 Cellulose	21.16	16.16	11.16	6.16	1.16
化学组成 (% 干物质)Chemical composition (% in dry matter)					
水分 Moisture	6.29	6.46	6.59	7.45	6.95
粗蛋白 Crude protein	41.98	42.17	41.43	40.12	39.84
粗脂肪 Crude lipid	15.81	16.46	15.79	15.47	16.55
粗纤维 Crude fiber	22.12	17.64	12.89	8.15	2.58
粗灰分 Crude ash	13.05	12.43	12.94	12.65	12.85
无氮浸出物 ³ NFE	0.75	4.84	10.36	16.16	21.23
能值 Energy (KJ/g)	18.39	19.21	19.83	20.36	20.94

注: 1. 矿物盐预混物 (mg kg⁻¹ diet): NaCl, 0.80; MgSO₄·7H₂O, 12; NaH₂PO₄·2H₂O, 20; KH₂PO₄, 25. 6; Ca (H₂PO₄)₂·H₂O, 16; FeSO₄·5H₂O, 2; (CH₃CHCOO)₂Ca·5H₂O, 2. 8; ZnSO₄·7H₂O, 0.028; MnSO₄·4H₂O, 0.013; CuSO₄·5H₂O, 0.0025; CoCl₂·6H₂O, 0.0008; KIO₃, 0.0024; cellulose, 0.36。2. 维生素预混物 (mg kg⁻¹ diet): vitamin A, 1.83; vitamin D, 0.5; vitamin E, 10; vitamin K, 10; niacin, 100; riboflavin, 20; pyridoxine, 20; thiamin, 20; D-calcium pantothenate, 50; biotin, 1.0; folic acid, 5; vitamin B₁₂, 2; ascorbic acid, 400; inositol, 100。3. NFE: nitrogen-free extract 无氮浸出物

表 2 异育银鲫实验饲料的配方和组成 (% 干重)
Tab. 2 Formulation and chemical composition of diets for gibel carp (% in dry weight)

玉米淀粉含量 (%) Dietary com starch content	6	12	18	24	30
原料 Ingredients (%)					
白鱼粉 White fish meal(USA)	44.70	44.70	44.70	44.70	44.70
酪蛋白 Casein	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12
鱼油 Fish oil	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

续表					
玉米淀粉含量(%)	6	12	18	24	30
Dietary corn starch content					
玉米淀粉 Com starch	6.00	12.00	18.00	24.00	30.00
矿物盐预混物 ¹ Mineral premix	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
维生素预混物 ² Vitamin premix	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
维生素 C Vitamin C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
氯化胆碱 Choline Chloride	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
三氧化二铬 Chromic oxide	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
纤维素 Cellulose	24.51	18.51	12.51	6.51	0.51
化学组成(% 干物质) Chemical composition(% in dry matter)					
水分 Moisture	7.37	8.04	8.17	8.07	8.82
粗蛋白 Crude protein	37.64	37.17	36.43	36.15	36.98
粗脂肪 Crude lipid	12.61	12.03	11.76	11.07	11.88
粗纤维 Crude fiber	25.04	18.35	13.21	7.86	0.83
粗灰分 Crude ash	12.61	12.75	13.05	12.72	12.44
无氮浸出物 ³ NFE	4.73	11.66	17.38	24.13	29.05
能值 Energy(kJ/g)	17.24	17.85	18.47	18.83	19.25

表注同表 1.

1.5 数据处理 饲料中玉米淀粉含量对鱼体生长、饲料利用和身体组成的影响采用单因素方差分析(ANOVA)和 Duncan's 多重比较, 显著水平以 $P < 0.05$ 计。鱼的特定生长率与饲料中无氮浸出物含量的关系通过一元二次回归求得。统计分析使用统计软件 Statistica 5.0 for Windows 完成。

2 结果

2.1 消化率

如表 3 所示, 随着饲料玉米淀粉含量的逐渐上升, 长吻 饲料的干物质消化率和能量消化率也随之上升($P < 0.05$), 但各组间蛋白质消化率没有显著差异($P > 0.05$)。如表 4 所示, 随着饲料玉米淀粉含量的逐渐上升, 异育银鲫饲料干物质的消化率也随之上升($P < 0.05$)。异育银鲫的 18% 含量组的蛋白消化率(74.49%)显著低于其他各组, 而 30% 含量组的蛋白消化率(89.05%)显著高于其他各组($P < 0.05$)。异育银鲫各组饲料的能量消化率没有显著差异($P > 0.05$)。

2.2 生长和饲料利用

如表 5 所示, 对长吻 投喂玉米淀粉含量为 5% 和 10% 实验组的特定生长率显著高于另外 3 组, 20% 含量组的特定生长率最低($P < 0.05$)。各组的饲料效率随着饲料中玉米淀粉含量的增加而不断下

降, 但各组之间没有显著差异($P > 0.05$)。各组的摄食率、蛋白贮积率、能量贮积率均没有显著差异($P > 0.05$)。

表 3 不同饲料玉米淀粉含量对长吻 幼鱼表观消化率的影响(平均值±标准误)*

Tab. 3 Effect of dietary com starch content on apparent digestibility coefficients(ADC) for juvenile Chinese longsnout catfish(Mean±S.E.)			
玉米淀粉含量(%)	干物质消化率	蛋白消化率	能量消化率
Dietary corn starch content	(%) ADC ^d	(%) ADC ^p	(%) ADC ^e
0	59.28±1.13 ^a	89.5±1.67	74.02±0.34 ^a
5	69.91±0.80 ^b	89.69±1.83	82.85±0.60 ^b
10	70.75±0.48 ^b	90.14±0.46	85.45±0.53 ^c
15	73.96±0.85 ^c	88.76±0.13	88.72±0.51 ^d
20	74.33±0.24 ^c	87.81±0.45	89.46±0.35 ^d

注: * 表中同列各数值后面的不同上标表示均值有显著差异($P < 0.05$)。Figures in the same column with different superscripts are significantly different($P < 0.05$).

1. 干物质消化率(%) = $100 \times [1 - (\text{饲料 } Cr_2O_3 \text{ 含量} / \text{粪便 } Cr_2O_3 \text{ 含量}) \times (\text{粪便干物质含量} / \text{饲料干物质含量})]$. ADC^d: ADC of dry matter(%) = $100 \times [1 - (Cr_2O_3 \text{ content in the diets} / Cr_2O_3 \text{ content in the faeces}) \times (\text{dry matter in the faeces} / \text{dry matter in the diets})]$
2. 蛋白质消化率(%) = $100 \times [1 - (\text{饲料 } Cr_2O_3 \text{ 含量} / \text{粪便 } Cr_2O_3 \text{ 含量}) \times (\text{粪便粗蛋白含量} / \text{饲料粗蛋白含量})]$. ADC^p: ADC of protein(%) = $100 \times [1 - (Cr_2O_3 \text{ content in the diets} / Cr_2O_3 \text{ content in the faeces}) \times (\text{crude protein in the faeces} / \text{crude protein in the diets})]$
3. 能量消化率(%) = $100 \times [1 - (\text{饲料 } Cr_2O_3 \text{ 含量} / \text{粪便 } Cr_2O_3 \text{ 含量}) \times (\text{粪便能量含量} / \text{饲料能量含量})]$. ADC^e: ADC of energy(%) = $100 \times [1 - (Cr_2O_3 \text{ content in the diets} / Cr_2O_3 \text{ content in the faeces}) \times (\text{energy in the faeces} / \text{energy in the diets})]$

表 4 不同饲料玉米淀粉含量对异育银鲫幼鱼表观消化率的影响(平均值±标准误)*

Tab. 4 Effect of dietary com starch content on apparent digestibility coefficient(ADC) for juvenile gibel carp(Mean±S.E.)			
玉米淀粉含量(%)	干物质消化率	蛋白消化率	能量消化率
Dietary corn starch content	(%) ADC ^d	(%) ADC ^p	(%) ADC ^e
6	49.73±1.20 ^a	83.50±0.30 ^b	81.10±0.96
12	55.94±1.20 ^b	83.73±0.44 ^b	82.23±0.43
18	60.09±1.15 ^b	74.49±0.38 ^a	83.44±0.15
24	76.33±2.08 ^c	83.83±0.11 ^b	82.82±0.12
30	80.96±0.88 ^c	89.05±0.10 ^c	81.37±0.04

表注同表 3.

表 5 不同饲料玉米淀粉含量对长吻 幼鱼生长和饲料利用的影响(平均值±标准误)*

玉米淀粉含量	平均初重 IBW ¹	特定生长率 SGR ²	饲料效率 FCE ³	摄食率 FI ⁴	蛋白贮积率 PRE ⁵	能量贮积率 ERE ⁶
Dietary corn starch content(%)	(g)	(% / d)	(%)	(% / d)	(%)	(%)
0	8.31±0.02	1.94±0.03 ^b	117.63±7.72	1.53±0.10	41.37±2.21	27.65±0.83
5	8.24±0.03	2.23±0.07 ^c	115.79±9.72	1.73±0.14	41.49±3.49	29.68±1.11
10	8.27±0.05	2.12±0.02 ^c	114.57±3.91	1.66±0.05	42.23±1.69	27.21±1.61
15	8.35±0.07	1.86±0.03 ^{ab}	105.01±7.64	1.64±0.10	44.94±1.96	29.16±1.65
20	8.36±0.04	1.80±0.04 ^a	100.30±0.58	1.65±0.02	38.87±0.13	28.58±0.80

注: * 表中同列各数值后面的不同上标表示均值有显著差异 ($P < 0.05$)。Figures in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

1. IBW: initial body weight
2. 特定生长率(% / d) = $100 \times [\ln(\text{鱼体末重}) - \ln(\text{鱼体初重})] / \text{天数}$ SGR: specific growth rate(% / d) = $100 \times [\ln(\text{final body weight}) - \ln(\text{initial body weight})] / \text{days}$
3. 饲料效率(%) = $100 \times \text{鱼体湿增重} / \text{摄食饲料干重}$ FCE: feed conversion efficiency (%) = $100 \times \text{fresh body weight gain} / \text{dry feed intake}$
4. 摄食率(% / d) = $100 \times \text{总摄食量} / [(\text{初始体重} + \text{终末体重}) / 2] / \text{天数}$ FI: feed intake (% / d) = $100 \times (\text{total feed intake}) / [(\text{initial body weight} + \text{final body weight}) / 2] / \text{days}$
5. 蛋白贮积率(%) = $100 \times (\text{鱼体蛋白贮积量} / \text{蛋白摄食量})$ PRE: protein retention efficiency (%) = $100 \times (\text{protein retained in fish body} / \text{protein intake})$
6. 能量贮积率(%) = $100 \times (\text{鱼体能量贮积量} / \text{能量摄食量})$ ERE: energy retention efficiency (%) = $100 \times (\text{energy retained in fish body} / \text{energy intake})$

如表 6 所示,当饲料玉米淀粉含量从 6% 增加到 24% 时,异育银鲫的特定生长率也随之增加,但在 30% 含量时,其特定生长率下降,并显著低于其他各组($P < 0.05$)。24% 含量组的饲料效率显著高

于其他各组($P < 0.05$)。当饲料玉米淀粉含量从 6% 增加到 24% 时,异育银鲫的摄食率不断下降,蛋白贮积率不断提高。18% 含量组的能量贮积率显著高于其他各组($P < 0.05$)。

表 6 不同饲料玉米淀粉含量对异育银鲫幼鱼生长和饲料利用的影响(平均值±标准误)*

玉米淀粉含量	平均初重 IBW ¹	特定生长率 SGR ²	饲料效率 FCE ³	摄食率 FI ⁴	蛋白贮积率 PRE ⁵	能量贮积率 ERE ⁶
Dietary corn starch content(%)	(g)	(% / d)	(%)	(% / d)	(%)	(%)
6	8.89±0.02	2.72±0.02 ^b	66.58±1.47 ^a	3.45±0.07 ^a	28.27±1.22 ^a	23.83±1.46 ^a
12	8.96±0.01	2.82±0.02 ^{bc}	73.43±1.02 ^b	3.20±0.06 ^b	31.22±0.21 ^b	25.01±0.42 ^a
18	9.02±0.06	2.84±0.01 ^c	76.00±1.67 ^b	3.11±0.07 ^{bc}	32.94±1.10 ^{bc}	26.07±1.34 ^b
24	9.03±0.08	2.86±0.01 ^c	80.95±1.54 ^c	2.93±0.05 ^c	35.51±0.66 ^c	25.03±0.22 ^{ab}
30	9.03±0.05	2.62±0.07 ^a	68.41±1.52 ^a	3.26±0.01 ^b	30.51±0.80 ^{ab}	23.07±1.78 ^a

表注同表 5.

通过一元二次回归分析,得出长吻 的特定生长率(SGR, % / d)与饲料中无氮浸出物的含量(NFE, %)的关系为(图 1): $SGR = -0.0022NFE^2 + 0.0337NFE + 1.9919$ ($R^2 = 0.6281$),可以求得本实验中长吻 饲料无氮浸出物的最适含量为 7.66%。异育银鲫的特定生长率(SGR, % / d)与饲料无氮浸出物含量(NFE, %)的关系为(图 2): $SGR = -0.0013NFE^2 + 0.0406NFE + 2.5406$ ($R^2 = 0.6214$),可以求得本实验中异育银鲫饲料无氮浸出物最适水平为 15.62%。

2.3 鱼体组成

如表 7 所示,当饲料玉米淀粉含量从 0 上升到

15% 时,长吻 鱼体干物质的含量也随之上升,但是在 20% 含量组下降。15% 含量组的干物质含量显著高于其他各组($P < 0.05$)。鱼体粗蛋白含量也随着饲料中玉米淀粉含量的上升而逐渐上升,但是在最高含量 20% 组时开始下降。15% 含量组的粗蛋白含量显著高于其他各组($P < 0.05$)。鱼体粗脂肪和能量含量也是随着饲料玉米淀粉含量的增加而增加。饲料中玉米淀粉含量对长吻 灰分含量的影响并不明显。除未添加组和 15% 含量组之间差异显著外,其他各组间均无显著差异($P > 0.05$)。

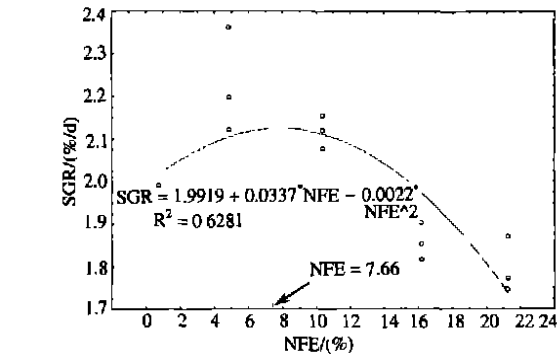


图 1 长吻 幼鱼特定生长率(%/d)和饲料无氮浸出物含量(%)之间的关系

Fig. 1 Relationship between specific growth rate (SGR, %/d) and dietary nitrogen-free extraction content (NFE, %) for Chinese longsnout catfish

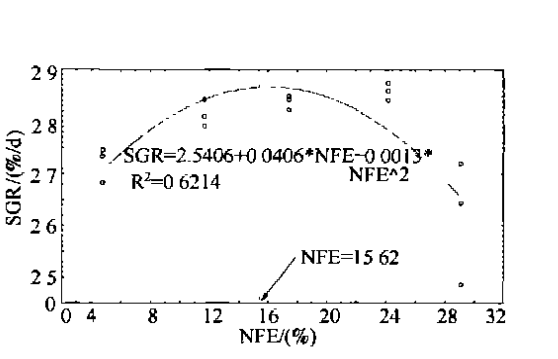


图 2 异育银鲫幼鱼特定生长率(%/d)和饲料无氮浸出物含量(%)之间的关系

Fig. 2 Relationship between specific growth rate (SGR, %/d) and dietary nitrogen-free extraction content (NFE, %) for gibel carp

表 7 不同饲料玉米淀粉含量对长吻 幼鱼身体组成的影响(平均值±标准误)*

Tab. 7 Effect of dietary com starch content on body composition of juvenile Chinese longsnout catfish(Mean±S. E.)

玉米淀粉含量 Dietary corn starch content(%)	干物质 Dry matter (%)	粗蛋白 Crude protein (%)	粗脂肪 Crude lipid (%)	粗灰分 Crude ash (%)	能量 Energy (kJ/g)
初始	22.13±0.02 ^a	14.03±0.11 ^a	3.99±0.12 ^a	2.54±0.54 ^a	4.46±0.01 ^a
0	23.96±0.34 ^b	14.52±0.35 ^{ab}	6.60±0.24 ^b	2.74±0.07 ^{ab}	5.25±0.19 ^b
5	24.89±0.29 ^c	14.82±0.29 ^{ab}	6.74±0.32 ^b	2.83±0.06 ^{ab}	5.61±0.03 ^{bc}
10	25.61±0.49 ^d	14.89±0.27 ^{ab}	8.21±0.21 ^c	2.67±0.03 ^{ab}	5.98±0.27 ^{cd}
15	27.20±0.17 ^e	16.11±0.33 ^c	8.11±0.09 ^c	2.96±0.11 ^b	6.08±0.11 ^{cd}
20	25.93±0.05 ^d	14.92±0.08 ^b	8.46±0.22 ^c	2.74±0.16 ^{ab}	6.23±0.29 ^d

表注同表 5.

如表 8 所示, 异育银鲫鱼体干物质、脂肪和能量含量都随着饲料中玉米淀粉含量的上升而上升。各饲料组的鱼体粗蛋白含量没有显著差异 ($P > 0.05$), 但均高于初始鱼样的粗蛋白含量。饲料中玉米淀粉含量对异育银鲫灰分含量的影响也并不明显。24% 含量组的鱼体灰分 (3.05%) 含量最高。

表 8 不同饲料玉米淀粉含量对异育银鲫幼鱼身体组成的影响(平均值±标准误)*

Tab. 8 Effect of dietary corn starch content on body composition of juvenile gibel carp(Mean±S. E.)

玉米淀粉含量 Dietary com starch content (%)	干物质 Dry matter (%)	粗蛋白 Crude protein (%)	粗脂肪 Crude lipid (%)	粗灰分 Crude ash (%)	能量 Energy (kJ/g)
初始	24.55±0.24 ^a	12.59±0.18 ^a	7.30±0.11 ^a	2.88±0.09 ^{ab}	5.26±0.10 ^a
6	29.28±0.63 ^b	15.23±0.30 ^b	10.30±0.46 ^b	2.77±0.04 ^a	7.04±0.18 ^b
12	29.47±0.23 ^b	15.30±0.19 ^b	11.07±0.17 ^c	2.73±0.05 ^a	7.30±0.02 ^b
18	31.11±0.39 ^c	15.54±0.16 ^b	12.45±0.22 ^d	2.73±0.16 ^a	7.82±0.08 ^c
24	31.46±0.23 ^c	15.73±0.18 ^b	12.45±0.02 ^d	3.05±0.05 ^b	8.08±0.16 ^c
30	31.48±0.11 ^c	15.81±0.13 ^b	12.81±0.28 ^d	2.92±0.02 ^{ab}	7.73±0.02 ^c

表注同表 5.

3 讨论

虽然鱼类是否需要糖类还没有得到确证^[15], 但

现有的研究表明, 在饲料中添加适量的糖类可以改善鱼的生长^[2,4,7]。在本实验中, 摄食无氮浸出物水平 0.75% 饲料的长吻 特定生长率显著低于

摄食无氮浸出物水平为 4.84% 和 10.36% 组的鱼。Anderson^[16] 等认为, 当饲料糖类含量在 0%—40% 范围增加时, 尼罗罗非鱼的生长速率随之增加。本实验中异育银鲫的生长表现与尼罗罗非鱼类似, 当饲料无氮浸出物水平在 4.73%—24.13% 范围内增加时, 异育银鲫的特定生长率随之增加。长吻 和异育银鲫的特定生长率和饲料效率开始下降时的饲料无氮浸出物水平分别为 4.84%、24.13%。这和 Yone^[17] 的实验结论相似。Yone 给肉食性的高体和杂食性的鲤投喂含不同糊精的饲料。实验结果表明, 两种鱼出现生长缓慢和饲料效率低时糊精的含量分别为 20% 和 40%。

鱼类摄食是为了满足能量的需求。许多实验表明, 鱼类的摄食和饲料的能量含量呈现负相关关系^[18]。在本实验中, 异育银鲫对饲料的摄食随着玉米淀粉含量(也可以说是饲料能量含量)的上升而下降, 和这一规律较为吻合。但是, 长吻 对每组饲料的摄食却没有显著差异。笔者推测, 虽然长吻 和异育银鲫饲料的总能都是随着玉米淀粉含量的增加而增加的, 但饲料的可利用能的变化可能并非如此。对于两种鱼而言, 各组饲料可利用能差异的主要原因可能来自它们对玉米淀粉的利用能力不同。简言之, 异育银鲫对玉米淀粉的利用能力较强, 其各组饲料的可利用能就可能随玉米淀粉含量增加而增加; 而长吻 对玉米淀粉的能力较弱, 其各组饲料的可利用能也许就不随玉米淀粉含量变化出现显著差异。这一推测还需要后续实验加以证明。

随着饲料中玉米淀粉含量的增加, 异育银鲫的饲料蛋白消化率、蛋白贮积率不断提高, 说明饲料中添加玉米淀粉改善了异育银鲫对饲料蛋白源的利用, 对蛋白质产生了节约效应。而随着饲料中玉米淀粉含量的增加, 长吻 的饲料蛋白消化率、蛋白贮积率则没有显著变化, 说明饲料中添加玉米淀粉并没有显著改善长吻 对饲料蛋白源的利用, 也没有出现明显的对蛋白质节约效应。这样说明异育银鲫比长吻 更能有效地利用玉米淀粉来节约饲料蛋白的利用, 这与一些学者关于杂食性和肉食性鱼类对糖类利用的研究结论类似^[2, 4, 19]。

从以上长吻 和异育银鲫生长和饲料利用的表现看, 后者比前者更容易利用饲料中的玉米淀粉。大量关于鱼类对糖类利用的研究也表明, 杂食性鱼类对淀粉的利用能力比肉食性鱼类强^[19-21]。

本实验中, 异育银鲫和长吻 的鱼体粗脂肪含量都随着饲料玉米淀粉含量的增加而增加。一些学

者认为当饲料糖类含量较高的时候, 鱼体内的脂肪合成酶就会被激活, 糖类将通过合成代谢为脂类沉积于鱼体^[7]。但也有学者观察到胡子鲶(*Clarias batrachus*)^[4] 和大菱鲂(*Scophthalmus maximus* L.)^[22] 在摄食饲料糖类含量不断增加的饲料时, 不但没有出现脂肪沉积, 体内脂肪含量反而下降。

在本实验中, 异育银鲫和长吻 饲料无氮浸出物最适水平分别为 15.62% 和 7.66%。以前的研究结果表明, 一些杂食性的鱼类, 如鲤、罗非鱼的糖类适宜需求量均高于 25%, 甚至达到 40%^[9, 10]。与这些鱼类的糖类适宜需求量相比较, 本文关于异育银鲫的实验结果显得较低。本文中长吻 饲料无氮浸出物最适水平也比一些肉食性的鱼, 如虹鳟低^[7]。这可能和本实验中的饲料脂肪水平(能量含量)较高有关。虽然脂肪和糖类是鱼类饲料中两大主要能量来源, 但是在饲料脂肪含量较高的情形下, 由于鱼类对糖类的利用力低下, 鱼类可能优先利用脂肪作为能源, 从而减少了对糖类的需求^[18]。在饲料等氮等能的情形下, 适当地降低饲料脂肪含量, 增加糖类的含量, 也就是提高糖类/脂肪的比例, 并不影响鱼体的生长^[23]。如果降低本实验中的饲料脂肪水平, 两种鱼饲料的糖类最适水平可能有所上升。另外, 一些研究表明, 淀粉经过熟化后, 鱼类对其利用力会得到提高^[24, 25]。在商品饲料的生产过程中, 饲料原料必须经过一定的熟化和调质。而本实验中使用的是未熟化的玉米淀粉, 这就说明在长吻 和异育银鲫商品饲料的生产过程中添加更高含量的玉米淀粉有一定的可行性。但这两个推论都需要以后的实验加以证明。

参考文献:

- [1] Kaushik S J, Luquet P, Blanc D, *et al.* Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*. I. Utilization of digestible carbohydrate by sturgeon[J]. *Aquaculture*, 1989, **76**: 97—107
- [2] Brauge C, Medale F, Corraze G. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater[J]. *Aquaculture*, 1994, **123**: 109—120
- [3] Wilson R P. Utilization of dietary carbohydrate by fish[J]. *Aquaculture*, 1994, **124**: 67—80
- [4] Erfanullah, Jafri A K. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ration on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*) [J]. *Aquaculture*, 1998, **161**: 159—168
- [5] Tian L X, Liu Y J, Feng J, *et al.* Effect of different types of starch on growth, the deposition of mesenteric fat and body composition of *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2002,

- 26(3): 247—251[田丽霞, 刘永坚, 冯健, 等. 不同种类淀粉对草鱼生长、肠系膜脂肪沉积和鱼体组成的影响. 水产学报, 2002, 26(3): 247—251]
- [6] Funichi M, Yone Y Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red bream[J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1982, 47: 945—948
- [7] Hemre G I, Mommsen T P, Kroghdal L. Carbohydrate in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2002, 8: 175—194
- [8] Wilson R P. Handbook of nutrient requirements of finfish [M]. Boca Raton, CRC Press, 1991, 56—57, 169—179, 181—191
- [9] Zhang Z Y, Chen X J, Zhang J T. Studies on the nutritional requirement of *Leiocassis lonirostris*[J]. *Zoological Research*, 1993, 14(2): 150—157[张泽芸, 陈先均, 张季涛. 长吻营养需要量的研究. 动物学研究, 1993, 14(2): 150—157]
- [10] Cai C F, Liu Y, Chen L Q, *et al.* Metabolic responses of Allogynogenetic gibel carp after oral ministration of different dose of glucose [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(6): 602—606[蔡春芳, 刘影, 陈立侨, 等. 异育银鲫口服不同剂量葡萄糖后的代谢反应. 水生生物学报, 2003, 27(6): 602—606]
- [11] AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th edn[S]. AOAC, Arlington, VA, 1984, 1141
- [12] Bolin D W, King R P, Klosteman E W. A simplified method for determination of chromic oxide(Cr_2O_3)when used as an inert substance [J]. *Science*, 1952, 116: 634—635
- [13] NRC(National Research Council). Nutrient Requirements of Fish [M]. Washington, National Academy, 1993, 112
- [14] Anderson J, Jackson A J, Matty A J, *et al.* Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn). *Aquaculture*, 1984, 37: 303—314
- [15] Yamamoto G. , Proc. 7th Japan-Soviet Joint Symp. Aquaculture, September. Tokai Univ. , Japan, 1978. 39—48
- [16] Ellis S C, Reigh R C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aquaculture*, 1991, 97: 383—394
- [17] Hemre G I, Lie Ø, Sundby A. Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*): metabolic responses to feeding and fasting[J]. *Fish Physiol. Biochem.*, 1993, 10: 455—463
- [18] Holfer R, Stumbauer C. Inhibition of trout and carp α -amylase by wheat[J]. *Aquaculture*, 1985, 48: 277—283
- [19] Derg D F, Refstie S, Hemre G I, *et al.* A new technique of feeding, repeated sampling of blood and continuous collection of urine in white sturgeon[J]. *Fish Physiol. Biochem.*, 2000, 22: 1991—1997
- [20] Niljhof M, Bult T P. Metabolizable energy from dietary carbohydrates in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) [J]. *Aquacult. Fish. Manage.*, 1994, 25(3): 319—327
- [21] Nematipour G R, Brown M L, Gatlin D M III. Effects of dietary carbohydrate: lipid ratio on growth and body composition of hybrid striped bass[J]. *J. World Aquaculture Soc.*, 1992, 23: 128—132
- [22] Henrichfreise B, Pfeffer E. Wheat and wheat starch as potential sources of digestible energy for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutri.*, 1992, 67: 143—147
- [23] Zongjia J C, Ronald W H. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2003, 9: 77—83

COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF DIETARY CORN STARCH CONTENT
ON GROWTH, FEED UTILIZATION AND BODY COMPOSITION OF CHINESE
LONGSNOUT CATFISH(*LEIOCASSIS LONGIROSTRIS* GÜNTHER) AND GIBEL CARP
(*CARASSIUS AURATUS GIBELIO*)

PEI Zhi-Hua, XIE Shou-Qi, LEI Wu, ZHU Xiao-Ming and YANG Yun-Xia

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract: Two 8-week growth trials were conducted under similar experimental conditions to study the difference in the dietary carbohydrate utilization for carnivorous and omnivorous fishes by investigating the effect of dietary corn starch content on growth performance of Chinese longsnout catfish(*Leiocassis longirostris* Günther) and gibel carp(*Carassius auratus gibelio*). Five isonitrogenous and isolipidic diets containing different corn starch content (0, 5%, 10%, 15%, 20%) were prepared for Chinese longsnout catfish while five isonitrogenous and isolipidic diets containing different corn starch contents (6%, 12%, 18%, 24%, 30%) for gibel carp. Each diet was fed to triplicate tanks of fish (12 Chinese longsnout catfish per tank, average initial body weight 8.3g; 20 gibel carp per tank, average body weight 9.0g) to apparent satiation twice a day. The results showed that, for Chinese longsnout catfish, specific growth rate (SGR) of the fish fed diets containing 5% and 10% dietary corn starch were significantly higher than those of the other three groups ($P < 0.05$). There were no significant differences in feed conversion efficiency (FCE), feed intake (FI) and protein retention efficiency (PRE) between groups ($P > 0.05$). For gibel carp, SGR increased with the increase in dietary corn starch content from 6% to 24% while FI decreased. FCE of fish fed diet containing 24% corn starch was significantly higher than those of other groups ($P < 0.05$). Body lipid contents of two fishes increased with the increase in dietary corn starch content. In conclusion, the optimal dietary nitrogen-free extraction level for Chinese longsnout catfish and gibel carp was 7.66% and 15.62%, respectively. Gibel carp showed better utilization of corn starch than Chinese longsnout catfish does.

Key words: Chinese longsnout catfish; Gibel carp; Corn starch