

饲料碳水化合物水平对南方鲇生长的影响

付世建^{1,2} 谢小军³

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3 西南师范大学水产科学研究所, 重庆 400715)

摘要: 2002 年 6—8 月对南方鲇 (*Silurus meridionalis* Chen) (初始体重 12.93 ± 0.13 g) 进行人工配合饲料的喂养实验。实验以白鱼粉、玉米油、糊化玉米淀粉分别作为蛋白质、脂肪和碳水化合物 (CBH) 原料。配制等蛋白质 (含量为 40%), 等脂肪 (含量为 10%), 不同 CBH 梯度的 6 组饲料, 饲料 CBH 水平分别设计为 0%, 6%, 12%, 18%, 24%, 30%。实验每水平设 4 个重复, 采用室内循环水养殖系统, 在 27.5℃ 下以饱足日粮水平喂养 8 周。实验结果表明: 随着饲料淀粉水平的增加, 摄食率和生长率呈先增加后降低的趋势; 当饲料 CBH 水平不超过 18% 时, 不会对饲料成分的消化率产生显著影响, 但添加量超过 18% 会降低 CBH 的消化率。综合实验结果分析: 南方鲇生长的最适 CBH 为 12%—18%。

关键词: 南方鲇; 配合饲料; 碳水化合物

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2002)04-0393-06

蛋白质、脂肪和碳水化合物为动物三大营养和能量物质, 与陆生脊椎动物相比较, 鱼类对蛋白质需求相对较高, 对碳水化合物 (CBH) 的需求及利用能力相对较低。一方面鱼类、特别是肉食性鱼类的 α -淀粉酶缺乏且消化道短^[1], 对常见的碳水化合物淀粉的消化吸收差; 另一方面由于鱼类代谢较多依赖蛋白质和脂肪提供能量^[2-3]、CBH 的脂肪转化能力较差^[4]、糖异生酶类摄食碳水化合物后不能产生适应性调节等原因, 造成摄食 CBH 后鱼体血糖和肝糖原水平升高, 而对鱼体生理功能造成影响^[5-6]。但仍有研究者发现某些种类的 CBH 直接或经过一定处理, 能够较好的被鱼类甚至肉食性鱼类利用^[7-8]。

南方鲇 (*Silurus meridionalis* Chen) 是肉食性鱼类, 为重要的水产养殖品种。有关其蛋白质和脂肪需求研究已有报道^[9-10]。本实验室以南方鲇为研究对象, 设计了系列实验, 测定在饲料中添加不同水

平 CBH 对鱼体摄食、消化、生长、能量代谢、体内代谢酶及内环境各参数的影响。本文为系列研究的增长实验部分资料的整理, 旨在提出该种鱼人工配合饲料中 CBH 的适宜水平, 并为探讨肉食性鱼类对 CBH 的代谢及利用机制提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 饲料 以白鱼粉、玉米油、糊化玉米淀粉 (120℃预煮 15min) 分别作为蛋白质、脂肪和 CBH 原料。配制等蛋白质 (含量为 40%), 等脂肪 (含量为 10%), 饲料 CBH 水平分别为 0%, 6%, 12%, 18%, 24%, 30% 不同 CBH 梯度的 6 组饲料 (表 1)。

1.2 实验鱼来源及驯养 采用本实验室人工孵化的南方鲇幼鱼 (12.93 ± 0.13 g)。实验前在室内循环水养殖系统^[10]中以对照组饲料 (0% CBH) 为驯化饲料驯养 1 个月。

收稿日期: 2004-06-09; 修订日期: 2004-09-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (编号: 30371121) 资助

作者简介: 付世建 (1973—), 男, 河南信阳人; 博士研究生; E-mail: shijianfu9@hotmail.com

通讯作者: 谢小军, E-mail: xjxie@swnu.edu.cn

表 1 实验饲料配方及成分含量表(% 干重)
Tab 1 Formulation and proximate composition of experimental diets(% dry weight)

原料% 干重 Ingredient %dry weight	饲料编号 Diet No. (CBH%)					
	Diet 1(0%)	Diet 2(6%)	Diet 3(12%)	Diet 4(18%)	Diet 5(24%)	Diet 6(30%)
鱼粉 Fish meal	56.24	56.24	56.24	56.24	56.24	56.24
玉米淀粉 Com starch	0.00	6.00	12.00	18.00	24.00	30.00
玉米油 Com oil	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
微精纤维素 MCC	31.41	25.41	19.41	13.41	7.41	1.41
无机盐预混剂 ¹	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
维生素预混剂 ²	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
羧甲基纤维素 CMC	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
三氧化二铬 Cr ₂ O ₃	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
营养组成 Proximate analysis(%)						
淀粉及总糖 Carbohydrate	1.70	7.86	13.53	19.58	25.35	30.65
粗蛋白质 Crude protein	38.88	39.02	39.24	39.57	39.57	39.83
粗脂肪质 Crude lipid	10.49	10.48	10.35	10.49	10.38	10.38
灰分 Ash	9.15	9.46	9.49	9.72	9.60	9.67

1. 无机盐预混剂 Mineral premix(mg/ kg diet) : NaF, 2mg; KI, 0.08mg; CoCl₂• 6H₂O, 1mg; CuSO₄• 5H₂O, 10mg; FeSO₄• H₂O, 74mg; ZnSO₄• H₂O, 50mg; MnSO₄• H₂O, 60mg; MgSO₄• 7H₂O, 1000mg; K₂HPO₃• 3H₂O, 6000mg; NaH₂PO₃• 2H₂O, 5000mg; NaCl, 100mg; CaCO₃, 4g.

2. 维生素预混剂 Vitamin premix(mg or IU/ kg diet) : B₁, 20mg; B₂, 40mg; B₆, 20mg; B₁₂, 0.1mg; K₃, 10mg; inositol, 1000mg; pantothenic acid, 60mg; niacin acid, 200mg; H, 1.23mg; A, 2500IU; D, 2500IU; E, 1200mg; C, 2112mg; choline chloride, 2500mg.

1.3 实验过程 每个饲料处理设4个重复(养殖单位), 每个重复 12 尾鱼。实验前取 12 尾鱼作为初始鱼体生化组成样本。实验鱼饱食, 每天投喂 1 次(18:00), 精确记录摄食量, 具体操作见付世建等^[10], 实验鱼摄食的精确量是通过每粒饲料重和摄食饲料粒数的定量实现的。由自行设计的“颗粒饲料定量定形制作器”制成圆柱形饲料颗粒, 粒湿重为 0.35±0.02g。根据饲料所含干物质总重和制成饲料的粒数, 可计算出每粒饲料所含干物质重量。实验期间每日 18:00 开始投喂饲料, 第一次投喂 50 粒, 投喂后每 10min 观察一次, 如发现饲料粒数减少, 则继续加投, 直到饲料粒数不再减少为止, 此时认为鱼已达饱食, 并记录投喂饲料粒数。投喂时间持续为 1h。投喂结束后采用虹吸法及时吸出残饵, 并记数。用投喂饲料粒数减去残饵粒数乘以饲料粒重可精确求得实验鱼的摄食量。

实验为期 8 周, 实验结束时实验鱼饥饿 1d 后称量体重, 每养殖单位随机取 3 尾鱼作为鱼体组成样本。粪便于实验进行 1 周后开始收集, 选取成型的粪便颗粒为生化分析样品。实验前后的鱼体、饲料、粪便样品在- 20℃保存以待生化分析。实验水温维持在 27.5±0.2℃, 溶氧大于 5mg/L, 氨氮水平小于

0.05mg/L, 光制 14L/10D。

1.4 分析测定方法 生化分析样品均在 70℃烘干, 求得干物质含量, 然后进行生化及能值测定。其中蛋白质采用凯氏定氮法, 乘以 6.25 后得粗蛋白含量。粗脂肪的测定以乙醚为溶剂, 采用索氏抽提法。灰分则是在 550℃, 通过灼烧而得。总糖(CBH) 用 3.5 二硝基水杨酸法测得, 能量用氧弹测热仪测得(Model1281 Parr Instrument Company); Cr₂O₃ 的测定通过湿法消化后, 用 722 分光光度计比色求得^[11]。

1.5 计算及统计方法 各实验参数通过以下公式计算求得:

$$\text{摄食率}(\text{FR}, \%) = 100 \times I_d \times 2 / ((W_t + W_0) \times t)$$
$$\text{特定生长率}(\text{SGR}, \%) = 100 \times (\ln(W_t) - \ln(W_0)) / t$$
$$\text{饲料效率}(\text{FE}, \%) = 100 \times (W_t - W_0) / I_d$$
$$\text{蛋白质累积率}(\text{PPV}, \%) = 100 \times (W_t \times P_t - W_0 \times P_0) / (I_d \times P_d)$$

营养物质表观消化率(ADC, %) = 100 × (1 - (饲料中 Cr₂O₃ 含量 × 粪便中营养物质含量) / (粪便中 Cr₂O₃ 含量 × 饲料中营养物质含量))

其中 W₀ 为初始体重, W_t 为终末体重, t 为实验时间, I_d 为摄入干物质的总量, P_d 为饲料中蛋白质

含量, P_0 为初始鱼体蛋白质含量, P_t 为终末鱼体蛋白质含量。采用 STATAISTICA 4.5 软件对所得数据进行统计分析。

2 结果

2.1 饲料 CBH 水平对摄食率(FR)和表观消化率(ADC)的影响

南方鲇的摄食率(FR)随饲料 CBH 水平上升有先上升后下降的趋势(表 2)。其中 2(6% CBH) 和

3(12% CBH) 号饲料组的 FR 显著大于其他饲料组, 1(0% CBH)、2(6% CBH)、3(12% CBH)、4(18% CBH) 和 5(30% CBH) 号饲料组的 FR 显著大于 6(30% CBH) 号饲料组($P < 0.05$)。

2、3 和 4 号饲料组鱼体对饲料中 CBH 的表观消化率无显著差异(表 2), 但均显著大于 5、6 号饲料组($P < 0.05$), 说明在饲料中添加在一定水平的淀粉不会影响鱼体对 CBH 的消化率, 但添加量超过 18% 以上则会降低其饲料 CBH 的消化率。

表 2 饲料碳水化合物水平对南方鲇生长状态参数的影响(平均值±标准误, $n = 4$)¹
Tab. 2 The growth performance in southern catfish fed with different test diets(Means±S.E. $n = 4$)¹

饲料碳水化合物水平 CHB%	0%	6%	12%	18%	24%	30%
实验饲料编号 Diet No.	(Diet 1)	(Diet 2)	(Diet 3)	(Diet 4)	(Diet 5)	(Diet 6)
初始体重 IW(g)	12.99±0.44	12.82±0.07	12.83±0.05	12.92±0.06	12.98±0.07	12.92±0.09
终末体重 FW(g)	134.60±10.17 ^{bc}	173.00±10.92 ^a	182.69±2.01 ^a	158.23±113.28 ^{ab}	143.75±9.49 ^b	113.80±7.98 ^c
摄食率 FR(%·d ⁻¹)	2.05±0.01 ^b	2.21±0.05 ^a	2.15±0.02 ^a	2.05±0.02 ^b	1.98±0.02 ^b	1.86±0.05 ^c
碳水化合物消化率 ADC of CBH(%)	/	89.49±1.44 ^a	93.01±0.59 ^a	90.52±0.43 ^a	71.42±1.96 ^b	73.91±0.70 ^b
蛋白质消化率 ADC of protein(%)	95.91±0.30 ^a	95.30±0.23 ^a	94.64±0.50 ^{ab}	93.21±0.54 ^b	93.07±0.30 ^b	93.16±1.01 ^b
脂肪消化率 ADC of lipid(%)	99.65±0.10 ^a	99.34±0.16 ^{ab}	98.96±0.20 ^b	98.14±0.08 ^c	97.76±0.25 ^c	96.16±0.14 ^d
特定生长率 SGR(%Wt·d ⁻¹)	4.03±0.13 ^{bc}	4.64±0.11 ^a	4.73±0.02 ^a	4.46±0.13 ^{ab}	4.28±0.12 ^b	3.75±0.12 ^c
饲料效率 FE(%)	136±1 ^c	137±2 ^{bc}	137±1 ^{bc}	143±3 ^{abc}	144±1 ^{ab}	146±2 ^a
蛋白质累积率 PPV(%)	51.16±0.49	51.97±1.39	52.44±1.15	53.25±0.73	54.36±1.68	54.56±1.42

1. 每行平均值后上标字母不同表示差异显著。1. Values in each row not sharing a common superscript are significantly different($P < 0.05$)

饲料蛋白质的表观消化率随饲料 CBH 水平增加呈逐渐下降趋势, 其中 1、2 号饲料显著大于 4、5、6 号饲料组($P < 0.05$)。

饲料脂肪的表观消化率随饲料 CBH 水平增加呈逐渐下降趋势, 其中 1 号饲料显著大于 3、4、5、6 号饲料组, 2、3 号饲料显著大于 4、5、6 号饲料组, 4、5 号饲料组显著大于 6 号饲料组($P < 0.05$)。

2.2 饲料 CBH 水平对生长状态的影响

南方鲇特定体重生长率(SGR)随饲料 CBH 水平上升有先上升后下降的趋势(表 2), 其中 2(6% CBH) 和 3 号(12% CBH) 饲料组鱼体的 SGR 显著大于 1(0% CBH)、5(24% CBH) 和 6(30% CBH) 号饲料组, 4(18% CBH) 和 5 号饲料组鱼体的 SGR 显著大于 6 号饲料组($P < 0.05$)。

各饲料组的饲料效率(FE)随饲料 CBH 水平上升呈逐渐上升的趋势。其中 6 号饲料组的 FE 显著大于 1、2 和 3 号饲料组, 5 号饲料组的 FE 显著大于 1 号饲料组($P < 0.05$)。

各饲料组的蛋白质累积率(PPV)随饲料 CBH 水平上升有逐渐上升的趋势, 但统计分析无显著差异。

2.3 饲料 CBH 水平对鱼体组成的影响

各饲料处理间南方鲇鱼体的水分和蛋白质含量无显著差异(表 3)。

鱼体脂肪含量随饲料 CBH 水平的上升有先上升后下降的趋势, 其中 3、4 和 5 号饲料组鱼体脂肪含量显著大于 1 号饲料组($P < 0.05$), 4(18% CBH) 号饲料组鱼体脂肪含量最高, 并显著大于 2(6% CBH) 和 6(30% CBH) 号饲料组($P < 0.05$)。

表 3 饲料碳水化合物水平对南方鲇身体组成的影响(% 湿重)(平均值±标准误, $n = 4$)¹
Tab. 3 Effect of dietary starch level on body composition (% wet weight) in southern catfish(Means±S.E. $n = 4$)¹

饲料碳水化合物水平 CBH %		0%	6%	12%	18%	24%	30%
实验饲料编号 Diet No.		(Diet 1)	(Diet 2)	(Diet 3)	(Diet 4)	(Diet 5)	(Diet 6)
初始鱼体 Initial fish body							
水分 Moisture	80.01±0.10	78.39±0.20	77.90±0.27	77.51±0.18	77.56±0.14	77.46±0.58	77.85±0.39
粗蛋白 Crude Protein	14.38±0.08	14.62±0.06	14.64±0.22	14.98±0.17	14.70±0.08	14.87±0.39	14.81±0.32
粗脂肪 Crude Lipid	2.23±0.06	4.05±0.16 ^c	4.42±0.21 ^{bc}	4.55±0.11 ^{ab}	4.81±0.14 ^a	4.62±0.18 ^{ab}	4.33±0.08 ^{bc}
灰分 Ash	2.63±0.04	2.43±0.03 ^{ab}	2.31±0.05 ^c	2.31±0.04 ^c	2.28±0.07 ^c	2.33±0.02 ^{bc}	2.50±0.04 ^a
能量含量 Energy(KJ/g)	4.29±0.07	5.06±0.06 ^b	5.20±0.09 ^{ab}	5.33±0.08 ^a	5.37±0.06 ^a	5.34±0.14 ^a	5.21±0.08 ^{ab}
肝糖元 Liver Glycogen	0.54±0.06	3.15±0.16 ^b	5.88±0.21 ^a	6.01±0.11 ^a	5.91±0.14 ^a	5.68±0.18 ^a	5.65±0.08 ^a

1. 每行平均值后上标字母不同表示差异显著。1. Values in each row without a common superscript are significantly different. ($P < 0.05$)

鱼体能量含量与脂肪含量有相同的趋势, 其中 3、4、5 号饲料组显著大于 1 号对照组($P < 0.05$)。
鱼体灰分含量随饲料 CBH 含量的增加有先下降后上升的趋势。其中 1、6 号饲料组显著大于 2、3、4 号饲料组, 6 号饲料组显著大于 5 号饲料组($P < 0.05$)。

实验 2—6 号饲料组的鱼体肝脏糖原含量显著高于 1 号对照组($P < 0.05$), 但添加了 CBH 的各饲料组(2—6 号饲料组)鱼体肝脏糖原含量无显著差异。

3 讨论

一般认为与草食性鱼类相比, 肉食性鱼类对 CBH 的利用受到从消化吸收到体内代谢的一系列限制^[1,12], 在南方鲇的天然食谱中碳水化合物的含量极其微小, 更没有任何淀粉类物质, 但本研究的结果表明, 南方鲇在一定程度上可以利用饲料中的 CBH, 当饲料中淀粉的添加水平不超过 18% (4 号饲料) 时, 鱼体的生长率和饲料效率均显著大于对照组($P < 0.05$)。前人的研究也发现鳗鲡(*A. anguila*) 等肉食性鱼类可以把摄食的 CBH 转化为身体组成物质^[6,13]。这些现象提示, 肉食性鱼类可能在消化吸收和体内代谢上对摄入的 CBH 产生一定的适应可塑性, 本研究的实验还发现所有添加 CBH 饲料组的鱼体的肝糖原含量均显著大于对照组($P < 0.05$, 表 3), 表明鱼体可能把摄入并吸收的 CBH 转化为肝糖原, 使其进而为鱼体代谢提供能量成为可能。

对于肉食性鱼类, 关于淀粉消化率的研究结果发现饲料淀粉的消化率较低, 且随饲料淀粉水平的增加而降低^[14], 研究者认为是由于肉食性鱼类消化

道较短、α-淀粉酶活性较低、生淀粉存在淀粉酶抑制剂并对淀粉有吸附作用^[1]等原因造成鱼体对淀粉的消化率较低。以往研究发现饲料淀粉经过预糊化部分水解淀粉降低淀粉结构的复杂性, 消除了淀粉酶抑制剂, 可以提高 CBH 的消化率, 本实验玉米淀粉经过 120℃煮熟, 大于南方鲇在类似生长条件下生淀粉的消化率^[15], 因此对于南方鲇来说, 通过糊化可以解决淀粉消化率低的问题, 提高南方鲇对饲料淀粉的利用效果。

从 CBH 的表观消化率来看, 5 号饲料组显著小于 2、3、4 号饲料组; 而从 SGR 来看, 5 号饲料组显著小于 2、3 号饲料组; 但 4 号饲料的脂肪消化率和摄食率显著小于 2、3 号饲料组, 说明在本实验条件下适于南方鲇生长的饲料 CBH 水平为 12%—18% (3—4 号饲料组)。

从实验结果还可以看出南方鲇生长率随饲料淀粉水平的上升呈先上升后下降的趋势, 二者的关系可用二次方程来拟合(图 1):

$$y = 4.11 + 0.0870x - 0.00334x^2 \quad (1)$$

此方程在 x 为 13.2% 时有最大值, 因此认为在本实验条件下当饲料 CBH 含量为 13.2% 水平时, 南方鲇生长最快, 是其最适添加水平。

本研究的结果验证, 肉食性鱼类不仅可以部分利用其天然食谱中不存在的淀粉类 CBH, 并在其配合饲料中添加一定水平的 CBH 反而会促进其生长速度的提高。这种食性可塑现象, 不仅有重要的应用意义, 而且对探讨动物在进化中食性分化的适应意义及其生理生态学机制有重要启示, 值得人们进一步深入探讨。

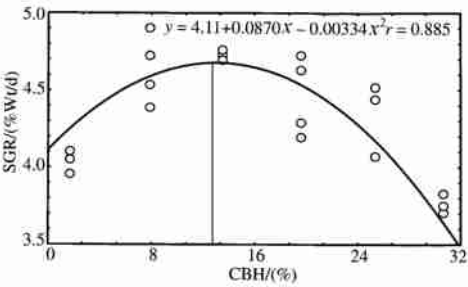


图1 南方鲇生长率(SGR, % 体重/天)与饲料碳水化合物水平(CBH, %) 的关系

Fig. 1 The relationship between specific growth rate(SGR, % Wt•d⁻¹) and dietary carbohydrate level(% CBH) in southern catfish

参考文献:

[1] Spannhof L, Plantikow H. Studies on the carbohydrate digestion in rainbow trout[J]. *Aquaculture*, 1983, **30** : 95—108

[2] Weber J M, Haman F. Pathways for metabolic fuels and oxygen in high performance fish [J]. *Comparative Biochemistry Physiology* 1996, **113 A** : 33—38

[3] West T G, Arthur P G. , Surez R K, *et al.* *In vivo* utilization of glucose by heart and locomotory muscles of exercising rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Journal of Experimental Biology* 1993, **177** : 63—79

[4] Hillestad M, Johnsen F, Asgard T. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon(*Salmo salar* L.) [J]. *Aquaculture Research*, 2001, **32** : 517—523

[5] Deng D F, Refstie S, Hung S S. Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon(*Acipenser transmontanus*) after oral administration of simple and complex carbohydrates [J]. *Aquaculture*, 2001, **199**: 107—117

[6] Suarez M D, Sanz A, Bazo J. *et al.* Metabolic effects of changes in the dietary protein: carbohydrate ratio in eel (*Angilla anguilla*) and trout(*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture International*, 2002,

10: 1—14

[7] Degani G, Viola S. The protein sparing effect of carbohydrates in the diet of eel (*A. anguilla*) [J]. *Aquaculture*, 1987, **64** : 283—291

[8] Shiau S Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish—with particular reference to tilapia[J]. *Aquaculture*, 1999, **151** : 79—96

[9] Zhang W, Xie X, Fu S, *et al.* The study on nutrition of the *Silurus meridionalis*: Optimal dietary protein level[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 2000, **24**: 603—609[张文兵, 谢小军, 付世建, 等. 南方鲇的营养学研究: II. 饲料中最适蛋白质含量. 水生生物学报, 2000, **24** : 603—609]

[10] Fu S, Xie X, Zhang W, *et al.* The study on nutrition of the *Silurus meridionalis*: Protein sparing effect of lipid. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 2001, **25**: 70—75. [付世建, 谢小军, 张文兵, 等. 南方鲇的营养学研究: III. 饲料脂肪对蛋白质的节约效应. 水生生物学报, 2001, **25** : 70—75]

[11] Furukawa A. Tsukahara H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as a index substance in the study of digestibility of fish feed[J]. *Bulletin of Japanese Society Science*, 1966, **32**: 502—506

[12] Panserat S, Capilla E, Gutierrez J. Glucokinase is highly induced and glucose-6-phosphatase poorly repressed in liver of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) by a single meal with glucose. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2001, **128B**: 275—283

[13] Suarez N D, Hidalgo M C, Garcia-Gallego M, *et al.* Influence of the relative proportions of energy yielding nutrients on liver intermediary metabolism of the European eel[J]. *Comparative Biochemistry Physiology*. 1995, **111A**: 421—428

[14] Grisdale-Helland B, Helland S J. Replacement of protein by fat and carbohydrate in diet for Atlantic salmon(*Salmo salar*) at the end of the fresh water stage[J]. *Aquaculture*, 1997, **152** : 167—180

[15] Deng L, Xie X. The study on nutrition of the *Silurus meridionalis*: I. Apparent digestibilities of the artificial diets. *Acta Hydrobiologica Sinica* 2000, **24**: 347—355. [邓利, 谢小军. 南方鲇的营养学研究: I. 人工饲料的表观消化率. 水生生物学报, 2000, **24** : 347—355]

EFFECT OF DIETARY CARBOHYDRATE LEVELS ON GROWTH PERFORMANCE IN *SILURUS MERIDIONALIS* CHEN

FU Shi-Jian^{1,2} and XIE Xiao-Jun³

(1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences: Beijing 100039;
3. Institute of Fisheries Sciences, Southwest-China Normal University, Chongqing 400715)

Abstract: From June to August, the growth experiment was conducted in a recirculating rearing system on juvenile of the southern catfish, *Silurus meridionalis* Chen with initial weight 12.93 ± 0.13 g. The white fishmeal, corn oil and gelatinized cornstarch were used as protein, lipid and carbohydrate respectively. Fish were fed with six iso-nitrogenous (40% crude protein) and iso-lipidic (10% crude lipid) experimental diets contain 0 (control diet), 6, 12, 18, 24 and 30% of carbohydrate level. At each of the diets, 4 groups of southern catfish (12 in each group) were fed at *ad libitum* ration level for 8 weeks at 27.5°C. The digestibility of carbohydrate was not significantly affected when dietary carbohydrate level did not exceed 18%, but decreased when dietary carbohydrate level exceeded 18%. The feeding rate and specific growth rate (SGR) increased with dietary carbohydrate level at a level of dietary carbohydrate not more than 18%, and decreased at a higher level. The feeding rate of 6% and 12% carbohydrate level were significantly higher than those of other levels, and the feeding rate of 30% carbohydrate level was significantly lower than those of other levels. The specific growth rate (SGR) of 6% and 12% carbohydrate level were significantly higher than those of 0, 24 and 30% carbohydrate levels, and specific growth rate (SGR) of 30% carbohydrate level was significantly lower than those of 6, 12, 18 and 24% carbohydrate level. The results suggested the optimal dietary carbohydrate level for growth in this fish was 12%—18%.

Key words: *Silurus meridionalis* Chen; Formulated diet; Carbohydrate