

饲料碳水化合物水平对鳊幼鱼生长和体成分的影响

周 华, 樊启学, 宗克金, 宋 林, 张云龙, 杨 威

(华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:以白鱼粉、酪蛋白、鱼油和 α -淀粉分别作为蛋白质、脂肪和碳水化合物原料, 配制等蛋白质(45%)、等脂肪(8%)、碳水化合物水平分别为0%、5%、10%、15%、20%、25%的6组饲料。饲养鳊幼鱼8周后测定其生长、体成分及肝糖原含量, 初步探讨鳊对碳水化合物的利用能力。结果表明, 20%组鱼体的增重率、特定生长率和蛋白质效率最高($P < 0.05$)。高碳水化合物组表现较高的摄食率、脏体比、肝体比和肠脂比($P < 0.05$)。饲料碳水化合物水平的升高, 增加了全鱼体干物质和粗脂肪的累积($P < 0.05$)。随着饲料碳水化合物水平的增加, 鱼体的肝糖原储量先增加、后降低, 20%组达到最高($P < 0.05$)。综合试验结果分析, 鳊可以在一定程度上利用淀粉类碳水化合物, 但在饲料中添加量不宜超过20%, 否则不利于鱼的健康生长。

关键词:鳊; 碳水化合物; 生长; 体成分

中图分类号:S963 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2011)03-0108-06

与畜禽相比, 鱼类被认为具有先天性糖尿病体质(Wilson & Poe, 1987), 对碳水化合物的利用能力较低, 尤其是肉食性鱼类。对鱼类利用碳水化合物能力较低机制的探讨是国内外学者研究的热点: 一方面认为肉食性鱼类消化道短且 α -淀粉酶分泌不足(Spannhof & Plantikow, 1983); 另一方面鱼体内胰岛素和糖代谢酶不能产生适应性调节(Furuichi & Yone, 1982), 造成摄食碳水化合物后持续高血糖或糖原水平, 影响鱼体生理功能。但已有资料报道, 当饲料蛋白质含量保持在适宜水平时, 在饲料中添加适量的碳水化合物, 可促进鱼的生长, 起到节约蛋白质的作用(Hemre & Hansen, 1998; Shiau & Lin, 2001)。

鳊(*Elopichthys bambusa*)属鲤形目、鲤科、雅罗鱼亚科、鳊属, 为江河、湖泊中的大型经济鱼类之一, 对于维持水体生态平衡具有重要意义(朱宁生和陈宏溪, 1959); 又因其肉质鲜美, 被列入上等大型食用鱼类。近年来由于自然环境的恶化、捕捞强度的增大, 其资源遭到严重破坏, 虽然鳊的人工繁殖技术已经成熟(樊启学等, 2007; 宓国强等, 2007), 但人工养殖完全依靠活鱼或冰鲜鱼作为饵料, 不仅成本

高, 很难实现规模化和产业化养殖, 而且对养殖环境也有较大的破坏作用。迄今为止, 对鳊的营养学研究甚少。本试验通过在鳊的基础日粮中添加一定含量的 α -淀粉, 研究不同水平的碳水化合物对鳊幼鱼生长和体成分的影响, 初步探讨鳊对碳水化合物的利用能力, 旨在为其营养需求和配合饲料的研制开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验饲料以白鱼粉、酪蛋白、鱼油和 α -淀粉分别作为蛋白质、脂肪和碳水化合物原料。配制6组饲料, 等蛋白质(45%), 等脂肪(8%), 碳水化合物水平分别为0%、5%、10%、15%、20%、25%(见表1)。基础饲料原料经60目粉碎过筛, 逐级混合均匀后, 加适量水挤压成直径为1~2 mm的颗粒, 自然风干后, 4℃下保存。

试验鱼为本试验室人工繁殖的当年鳊鱼苗, 池塘培育至4~5 cm, 用高锰酸钾消毒后转入2 000 L圆形大缸驯食。开始2周用商品饲料(微囊饲料和膨化饲料)投喂, 随后2周改用试验混合饲料(6组试验饲料均匀混合后的颗粒饲料)。

1.2 方法

试验在华中农业大学水产基地进行。试验系统由18个圆形钢化玻璃缸(直径80 cm×高70 cm, 水体积300 L)及循环水过滤系统组成。曝气自来水经沉淀、珊瑚石和活性炭过滤后泵入高位水箱流入试验缸。整个系统每天换水15%~20%。水温维

收稿日期: 2011-02-23

基金项目: 国家科技支撑计划项目(No. 2007BAD37B02); 湖北省“十一五”重大科技公关项目(No. 2006AA203A01)。

通讯作者: 樊启学。E-mail: fanqixue@mail.hzau.edu.cn

作者简介: 周华, 1983年生, 女, 硕士研究生, 主要从事水产养殖及饲料营养方面研究。E-mail: huanongzhouhua@163.com

持在(27.0 ± 2.0)℃,氨氮浓度低于0.5 mg/L,溶氧高于6.5 mg/L,pH 7.1~7.6,光照为自然光周期。

表1 试验饲料配方及成分含量(干重)

Tab.1 Formation and proximate composition of experimental diets (dry weight) %

原料组成	碳水化合物水平					
	0	5	10	15	20	25
白鱼粉	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
酪蛋白	46.20	46.20	46.20	46.20	46.20	46.20
鱼油	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30
α-淀粉	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
无机盐预混料 ¹	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
维生素预混料 ²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
维生素C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
氯化胆碱	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
纤维素	25.00	20.00	15.00	10.00	5.00	0.00
磷酸单钙	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
羧甲基纤维素	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
三氧化二铬	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
干物质	94.15	92.63	92.42	92.07	91.75	91.72
粗蛋白	45.15	44.23	44.69	44.51	44.19	44.11
粗脂肪	8.87	8.81	8.06	8.34	8.23	7.96
可消化糖	0.83	5.65	10.72	15.59	20.48	25.86
灰分	6.08	6.38	6.09	6.10	5.99	6.28
总能 ³ /kJ·g ⁻¹	14.32	14.91	15.59	16.49	17.21	18.01

1 无机盐预混料 Mineral premix (mg/kg diet): Mg, 440; Cu, 20; Mn, 100; I, 1.2; Fe, 640; Co, 1.2; Zn, 16; Se, 0.4。

2 维生素预混料 Vitamin premix (mg or IU/kg diet): Vitamin A, 350 000 IU; Vitamin D₃, 50000 IU; Vitamin K₃, 40 mg; Vitamin E, 350 mg; Vitamin B₁, 50mg; Vitamin B₂, 100 mg; Vitamin B₆, 50 mg; Vitamin B₁₂, 0.25 mg。

3 总能 Gross energy 按蛋白质 23.64 kJ/g、脂肪 39.54 kJ/g、碳水化合物 17.15 kJ/g 计算,其他为实测值。The dietary gross energy was calculated as protein; 23.64, lipid; 39.54, carbohydrate; 17.15 kJ/g. Other nutrient levels are measured values.

1.3 试验设计

驯食结束后,选取体质健康、规格均匀的个体306尾,平均体重(7.72 ± 0.87)g(经方差分析,无显著性差异),随机放入18个试验缸中,每缸17尾。每组饲料对应3个重复。试验持续8周,每天7:00和16:00各饱食投喂1次,1h后收集残饵,60℃下烘干称重。试验期间每2周称重1次,以调整投喂量。

试验前取20尾鱼作为初始鱼体生化组成样本。试验结束后禁食24h,随机从每缸抽取8尾鱼,用MS-222(60 mg/L)麻醉后测量体长称体重,立即在冰上解剖,称量内脏、肝脏和肠系膜脂肪重量,将肝脏保存在-80℃下(待测肝糖原含量)。然后去鳞取背侧肌肉,并另取3尾鱼作全鱼生化组成样本,肌肉和全鱼在-20℃下保存待测。

饲料、肌肉和鱼体生化组成分别采用用恒温干燥法(105℃)、凯氏定氮法、索氏抽提法和灼烧法

(550℃)测定水分、蛋白质、脂肪和灰分含量。饲料碳水化合物含量的测定采用3,5-二硝基水杨酸法。肝糖原采用蒽酮试剂法测定(Seifter et al, 1950)。

1.4 相关指标的计算公式

脏体比(VI, %) = 内脏重量/体重 × 100

肝体比(HIS, %) = 肝脏重量/体重 × 100

肠脂比(IPF, %) = 肠系膜脂肪重量/体重 × 100

肥满度(CF, %) = 体重/体长³ × 100

增重率(WG, %) = (W_t - W₀)/W₀ × 100

特定生长率(SGR, %) = 100 × [ln W_t - ln W₀]/t

饲料效率(FE, %) = 100 × (W_t - W₀)/I_d

蛋白质效率(PER, %) = (W_t - W₀)/(I_d × P_d)

摄食率(FR, %) = 100 × I_d × 2/[(W_t + W₀) × t]

式中:W₀、W_t分别为初始和终末鱼体重,t为试验时间,I_d为摄入干物质的总量,P_d为饲料中蛋白质含量。

1.5 数据统计与分析

采用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),多重比较采用LSD法(P < 0.05),结果用平均值 ± 标准误($\bar{X} \pm SE$)表示。

2 结果与分析

2.1 饲料碳水化合物水平对鳃幼鱼生长的影响

表2可见,随着饲料碳水化合物水平的增加,鱼的增重率、特定生长率和蛋白质效率呈先增加、后降低的趋势,20%组达到最高。20%和25%组的增重率和特定生长率显著高于其他4组(P < 0.05),20%组的增重率、特定生长率和蛋白质效率略高于25%组,但没有达到显著性差异(P > 0.05)。15%、20%和25%组的蛋白质效率显著高于0%组(P < 0.05)。各组间的饲料效率受碳水化合物水平的影响不显著(P > 0.05)。随着饲料碳水化合物水平的增加,鱼的摄食率呈增加趋势,20%和25%组显著高于其他4组(P < 0.05)。

2.2 饲料碳水化合物水平对鳃幼鱼内脏器官重量的影响

随着饲料碳水化合物水平的增加,鱼体的脏体比、肝体比和肠脂比呈增加趋势(见表3)。25%组的脏体比最高,其次为20%组,0%和5%组最小(P < 0.05)。25%组的肝体比显著高于其他各组,0%和5%组最小(P < 0.05)。20%和25%组的肠

脂比显著高于其他各组 ($P < 0.05$)。各组鱼体的饱满度没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.3 饲料碳水化合物水平对鳊幼鱼体成分及肝糖原含量的影响

同试验组鱼体相比 (见表4), 初始鳊全鱼和肌肉的干物质和粗脂肪含量较低 ($P < 0.05$), 肝糖原含量较低 ($P < 0.05$), 全鱼灰分含量较高 ($P < 0.05$)。随着饲料碳水化合物水平的增加, 全鱼的干物质和粗脂肪含量呈增加趋势, 20% 和 25% 组显著高于其他各组 ($P < 0.05$)。全鱼的灰分随着

饲料碳水化合物水平的升高呈先上升、后下降的趋势, 5%、10% 和 15% 组显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$), 但全鱼的粗蛋白含量没有显著变化 ($P > 0.05$)。与全鱼相比, 肌肉的粗脂肪含量受饲料碳水化合物水平影响较小 ($P > 0.05$)。但肌肉的干物质和粗蛋白含量随着饲料碳水化合物水平的升高呈增加趋势, 20% 和 25% 组显著高于 0% 和 5% 组 ($P < 0.05$)。随着饲料碳水化合物水平的增加, 鱼体肝糖原含量先逐渐增加, 然后下降, 20% 组达到最高, 0% 组最小 ($P < 0.05$)。

表2 饲料碳水化合物水平对鳊幼鱼生长的影响

Tab. 2 Effects of dietary carbohydrate levels on the growth of juvenile *Elopichthys bambusa* %

生长指标	碳水化合物水平					
	0	5	10	15	20	25
增重率	100.70 ± 13.64 ^b	111.37 ± 7.47 ^b	104.19 ± 9.67 ^b	132.66 ± 10.69 ^b	219.01 ± 13.50 ^a	191.93 ± 12.01 ^a
特定生长率	1.16 ± 0.11 ^b	1.25 ± 0.06 ^b	1.19 ± 0.08 ^b	1.41 ± 0.08 ^b	1.93 ± 0.07 ^a	1.78 ± 0.07 ^a
蛋白质效率	1.42 ± 0.10 ^b	1.63 ± 0.07 ^{ab}	1.66 ± 0.16 ^{ab}	1.76 ± 0.07 ^a	1.91 ± 0.03 ^a	1.88 ± 0.07 ^a
饲料效率	66.53 ± 6.51	72.26 ± 3.24	73.96 ± 6.99	78.25 ± 3.06	86.14 ± 1.23	83.42 ± 2.77
摄食率	1.77 ± 0.01 ^b	1.78 ± 0.02 ^b	1.75 ± 0.02 ^b	1.86 ± 0.03 ^b	2.12 ± 0.13 ^a	2.13 ± 0.01 ^a

注: 同行数据中标注不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Means in the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表3 饲料碳水化合物水平对鳊幼鱼内脏器官的影响

Tab. 3 Effects of dietary carbohydrate levels on the relative of juvenile *Elopichthys bambusa*

脏器指标	碳水化合物水平/%					
	0	5	10	15	20	25
脏体比 (VSI)	7.43 ± 0.23 ^d	7.37 ± 0.10 ^d	9.12 ± 0.11 ^c	9.42 ± 0.16 ^c	9.91 ± 0.01 ^b	10.44 ± 0.12 ^a
肝体比 (HSI)	1.23 ± 0.03 ^c	1.31 ± 0.05 ^c	1.69 ± 0.05 ^b	1.72 ± 0.04 ^b	1.69 ± 0.01 ^b	1.87 ± 0.02 ^a
肠脂比 (IPF)	1.33 ± 0.02 ^c	1.03 ± 0.01 ^d	1.20 ± 0.03 ^{cd}	1.74 ± 0.02 ^b	2.44 ± 0.02 ^a	2.51 ± 0.02 ^a
饱满度 (CF) / g · cm ⁻³	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.83 ± 0.02	0.83 ± 0.01	0.83 ± 0.01	0.84 ± 0.01

注: 同行数据中标注不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Means in the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表4 饲料碳水化合物水平对鳊幼鱼体成分及肝糖原含量的影响

Tab. 4 Effects of dietary carbohydrate levels on whole body, muscle composition and liver glycogen content (wet weight basis) of juvenile *Elopichthys bambusa* %

部位	成分	初始样	碳水化合物水平					
			0	5	10	15	20	25
全鱼	干物质	21.85 ± 0.04 ^c	23.85 ± 0.64 ^b	23.16 ± 0.04 ^{bc}	23.95 ± 0.68 ^b	23.71 ± 0.29 ^b	27.44 ± 0.61 ^a	27.60 ± 0.50 ^a
	粗蛋白	16.15 ± 0.04	16.72 ± 0.33	16.45 ± 0.29	16.79 ± 0.37	16.49 ± 0.26	17.16 ± 0.19	16.48 ± 0.40
	粗脂肪	2.77 ± 0.07 ^c	5.19 ± 0.27 ^b	5.07 ± 0.29 ^b	5.17 ± 0.11 ^b	6.05 ± 0.45 ^b	7.72 ± 0.65 ^a	7.61 ± 0.50 ^a
	灰分	3.53 ± 0.02 ^a	2.95 ± 0.05 ^c	3.27 ± 0.04 ^b	3.19 ± 0.04 ^b	3.28 ± 0.06 ^b	2.96 ± 0.07 ^c	2.94 ± 0.09 ^c
肌肉	干物质	16.70 ± 0.10 ^d	17.23 ± 0.11 ^{cd}	17.93 ± 0.01 ^{bc}	18.46 ± 0.56 ^{ab}	18.54 ± 0.37 ^{ab}	18.94 ± 0.20 ^a	19.04 ± 0.16 ^a
	粗蛋白	14.75 ± 0.05 ^b	14.81 ± 0.52 ^b	15.59 ± 0.02 ^{ab}	16.32 ± 0.53 ^a	16.39 ± 0.31 ^a	16.24 ± 0.18 ^a	16.13 ± 0.17 ^a
	粗脂肪	0.24 ± 0.02 ^b	1.43 ± 0.02 ^a	1.40 ± 0.03 ^a	1.43 ± 0.04 ^a	1.45 ± 0.04 ^a	1.38 ± 0.02 ^a	1.40 ± 0.05 ^a
肉	灰分	1.06 ± 0.02	1.03 ± 0.06	0.96 ± 0.05	0.97 ± 0.04	1.02 ± 0.03	1.05 ± 0.02	1.02 ± 0.02
	肝糖原	0.20 ± 0.01 ^c	0.43 ± 0.01 ^d	0.66 ± 0.02 ^c	0.72 ± 0.01 ^c	0.89 ± 0.03 ^b	0.96 ± 0.03 ^a	0.83 ± 0.01 ^b

注: 同行数据中标注不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Means in the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 肉食性鱼类饲料碳水化合物的最适添加量

普遍认为肉食性鱼类对碳水化合物的利用能力很低(Wilson, 1994);有研究表明,在饲料中添加适量的碳水化合物可以促进鱼的生长,但应控制其添加量。付世建等(2005)报道南方鲇不仅可以部分利用其天然食谱中不存在的淀粉类碳水化合物,还可以提高其生长速度和饲料效率,但淀粉的添加量不应超过18%。长吻鮠摄食含一定水平碳水化合物饲料的特定生长率显著高于对照组,碳水化合物的最适添加量为7.66%(裴之华等,2005)。本试验中,在饲料蛋白质(45%)和脂肪(8%)含量相等的情况下,在饲料中添加20% α -淀粉时,鱼体的增重率、特定生长率和蛋白质效率最高,表现出较好的生长和饲料利用效果。谭肖英等(2005)对大口黑鲈的研究也表明,饲料碳水化合物的含量应控制在20%以内;而蔡春芳等(2009)对青鱼的研究报道,只要投喂方式得当,日粮糖的种类和水平对青鱼生长没有显著影响,可耐受40%的日粮糖。可见,不同种肉食性鱼类对碳水化合物的需求也不同,这可能与鱼的生长阶段和体内代谢调节有关。本试验从另一方面也证明了某些肉食性鱼类具有食性可塑现象。

3.2 等能摄食机制

已有资料报道,高淀粉含量饲料会降低鱼类的摄食率(Erfanullah & Jafri, 1998; Ali & Jauncey, 2004),因为鱼类在一定范围内有自发调节饲料能量的摄食,即等能摄食机制。而另一些研究则表明,在饲料中添加适量淀粉作为能源物质时,肉食性鱼类采取提高摄食量的策略来维持正常生长(Bergot, 1979; Hilton & Atkinson, 1982)。本试验中,鳃幼鱼的摄食率随着饲料碳水化合物水平的增加而升高,即通过高摄食量的策略来适应高碳水化合物饲料。鱼类摄食是为了满足能量的需求,普遍认为,虽然脂肪和碳水化合物是鱼类饲料中两大主要的非蛋白质能源物质,但鱼类可能优先利用脂肪作为能量供体。本试验中,高碳水化合物饲料表现较高的摄食率可能是对能量的获取,提示在饲料等氮等能的情形下,适当地降低饲料脂肪含量,增加碳水化合物的含量,即提高碳水化合物/脂肪的比例,可能并不影响鱼的生长。Nematipour(1992)等报道高水平的碳水化合物替代脂肪并不引起阳光鲈鱼的生长;谭青松(2005)发现肉食性的长吻鮠比杂食性的异育银鲫

可以利用更高碳水化合物/脂肪比例的饲料,但可能会出现营养代谢性疾病。

3.3 高碳水化合物对鱼体的损伤作用

在对鲟、虹鳟和翘嘴鲃的研究中发现,摄食一定碳水化合物含量的饲料会对鱼体内脏器官的相对质量产生影响(戈贤平等,2007; Fynn-Aikins et al, 1992; Panserat et al, 2000)。本次试验也表明,高碳水化合物饲料显著增加了鱼体脏体比、肝体比和肠脂比,不利于鱼的健康生长。除了酵解提供能量,储存糖原和通过戊糖途径提供脂肪合成原料也是鱼体内消解糖的重要途径(Hemre & Hansen, 1998; Hemre et al, 2002)。本次研究发现,高碳水化合物饲料显著增加了全鱼体干物质和粗脂肪的累积,但对肌肉的粗脂肪含量没有显著影响。这表明机体的脂肪合成作用强烈,并且主要在肠系膜和内脏内储存。肝脏是鱼类储存糖原的主要场所。据报道,肝糖原含量与饲料的碳水化合物水平呈正相关(Kim et al, 1992; Waagb et al, 1994),在某种程度上,肝糖原沉积过多,会导致肝细胞出现肿大或空泡化(Lee, 2004)损害肝脏的正常功能。本次试验中,随着饲料碳水化合物水平的增加,鱼体肝糖原含量先逐渐增加然后下降,20%组达到最高。这表明在饲料中添加20%的碳水化合物,鱼体的肝糖原储存达到上限,继续增加碳水化合物的添加量,糖原合成受到抑制。罗毅平等(2005)对南方鲇的研究表明,当鱼体面临高水平的碳水化合物营养条件时,既通过增高血糖水平和肝糖原总量,又通过增加脂肪的合成和累积率,使血糖和肝糖原水平控制在一定的阈值内。

综上所述,鳃可以在一定程度上利用淀粉类碳水化合物,并在体内转化为糖原和脂肪储存,为鱼体代谢提供能量成为可能。但碳水化合物在饲料中的添加量不宜超过20%,高碳水化合物饲料显著增加了鱼体内脏器官的相对质量,增加了肝糖原和体脂肪的累积,对机体造成营养生理胁迫,不利于鱼的健康生长。鳃对高水平碳水化合物营养条件下的代谢调节机制还有待深入研究。

参考文献

- 蔡春芳,陈立侨,叶元土,等. 2009. 日粮糖种类和水平对青鱼生长性能和生理指标的影响[J]. 动物营养学报, 21(2): 212-218.
- 樊启学,杜海明,朱邦科,等. 2007. 鳃人工繁殖试验[J]. 水利渔业, 27(2): 47-48.

- 付世建, 谢小军. 2005. 饲料碳水化合物水平对南方鲇生长的影响[J]. 水生生物学报, 29(4): 393 - 398.
- 戈贤平, 刘波, 谢骏, 等. 2007. 饲料中不同碳水化合物水平对翘嘴红鲌生长及血液指标和糖代谢酶的影响[J]. 南京农业大学学报, 30(3): 88 - 93.
- 罗毅平, 谢小军. 2005. 南方鲇对饲料碳水化合物的代谢适应[J]. 水生生物学报, 33(1): 140 - 145.
- 宓国强, 沈土山, 许谷星, 等. 2007. 鳃的人工繁殖与胚胎发育[J]. 水产学报, 31(5): 639 - 646.
- 裴之华, 解绶启, 雷武, 等. 2005. 长吻鮠和异育银鲫对玉米淀粉利用差异的比较研究[J]. 水生生物学报, 29(3): 239 - 247.
- 谭青松. 2005. 异育银鲫和长吻鮠对饲料碳水化合物利用的比较研究[D]. 武汉: 中国科学院研究生院.
- 谭肖英, 刘永坚, 田丽霞, 等. 2005. 饲料中碳水化合物水平对大口黑鲈 *Micropterus salmoides* 生长、鱼体营养成分组成的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 44(6): 258 - 263.
- 朱宁生, 陈宏溪. 1959. 梁子湖中鳊鱼的食性[J]. 水生生物学集刊, (3): 262 - 271.
- Ali M Z, Jauncey K. 2004. Optimal dietary carbohydrate to lipid ratio in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) [J]. Aquaculture International, 12: 169 - 180.
- Bergot F. 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets; effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition [J]. Aquaculture, 18: 157 - 167.
- Erfanullah, Jafri A K. 1998. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*) [J]. Aquaculture, 161: 159 - 168.
- Furuichi M, Yone Y. 1982. Changes of activities of hepatic enzymes related to carbohydrate metabolism of fish in glucose and insulin-glucose tolerance tests [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 48: 463 - 466.
- Fynn-Aikins K, Hung S S O, Liu W, et al. 1992. Growth, lipogenesis and liver composition of juvenile white sturgeon fed different levels of D-glucose [J]. Aquaculture, 105: 61 - 72.
- Hemre G I, Hansen T. 1998. Utilisation of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon during parr-smolt transformation [J]. Aquaculture, 161: 145 - 157.
- Hemre G I, Mommsen T P, Krogdahl A. 2002. Carbohydrates in fish nutrition; effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes [J]. Aquaculture Nutrition, 8: 175 - 194.
- Hilton J W, Atkinson J L. 1982. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets [J]. Br J Nutr, 47: 597 - 607.
- Kim J D, Kaushik S J, Tachino S. 1992. Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 106: 161 - 169.
- Lee S M, Lee J H. 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus* [J]. Fisheries Science, 70: 53 - 58.
- Nematipour G R, Brown M L, Gatlin III D M. 1992. Effect of dietary carbohydrate: lipid ratio on growth and body composition of hybrid striped bass [J]. J World Aquacult Soc, 23: 128 - 132.
- Panserat S, Médale F, Brèque J, et al. 2000. Hepatic glucokinase is induced by dietary carbohydrates in rainbow trout, gilthead seabream, and common carp [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 278: 1164 - 1170.
- Seifter S, Dayton S, Novic B, et al. 1950. The estimation of glycogen with the anthrone reagent [J]. Arch Biochem, 25(1): 191 - 200.
- Shiau S Y, Lin Y H. 2001. Carbohydrate utilization and its protein-sparing effect in diets for grouper (*Epinephelus malabaricus*) [J]. Animal Science, 73(2): 299 - 304.
- Spannhof L, Plantikow H. 1983. Studies on the carbohydrate digestion in rainbow trout [J]. Aquaculture, 30: 95 - 108.
- Waagb R, Glette J, Sandnes K, et al. 1994. Influence of dietary carbohydrate on blood chemistry, immunity and disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L [J]. J Fish Disease, 17: 245 - 258.
- Wilson R P, Poe W E. 1987. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary monoand disaccharides as energy sources [J]. J Nutr, 117: 280 - 285.
- Wilson R P. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish [J]. Aquaculture, 124: 67 - 80.

(责任编辑 万月华)

Effects of Dietary Carbohydrate Levels on the Growth Performance and Body Compositions of Juvenile *Elopichthys bambusa*

ZHOU Hua, FAN Qi-xue, ZONG Ke-jin, SONG Lin, ZHANG Yun-long, YANG Wei

(Fishery College, Huazhong Agricultural University, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: A 8-week growth trial was conducted to determine the effect of dietary carbohydrate levels on the growth and nutrient composition of juvenile *Elopichthys bambusa*. Six isonitrogenous (45% crude protein) and isolipidic (8% crude lipid) diets were formulated to contain grade carbohydrate levels (0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%, respectively). White fish meal and casein were used as protein sources, fish oil as lipid source and α -starch as carbohydrate source. Growth performance, body composition and liver glycogen content were determined. The results demonstrated that fish fed diet with 20% carbohydrate level exhibited significantly higher weight gain, specific growth rate and protein efficiency than other groups. Higher feeding rate, viscerosomatic index, hepatosomatic index and intraperitoneal fat ratio were observed in fish fed diet with higher carbohydrate content. As dietary carbohydrate level increased, the whole body contents of dry matter and crude lipid showed an increasing trend ($P < 0.05$). Liver glycogen accumulation was positively correlated with dietary carbohydrate content when the dietary carbohydrate level did not exceed 20%, but decreased at a higher level ($P < 0.05$). The overall results showed that to some extent, *Elopichthys bambusa* can utilize carbohydrate such as starch as energy source. And its suitable supplementation should not exceed 20%, otherwise negative effect might arise.

Key words: *Elopichthys bambusa*; carbohydrate; growth; body compositions