

尼罗系吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)幼鱼实用日粮中蔗糖糖蜜的养殖效果与血糖代谢变化*

杨 淞^{1,2} 冯 健¹ 宁 毅¹ 何姝珍¹ 苏玉琴¹ 黄燕青¹

(1. 广西大学水产研究所 南宁 530004; 2. 四川农业大学动物科技学院 雅安 625014)

提要 采用 6 种等蛋白质(34.4%)、等能量(16.10MJ/kg)试验日粮,研究了尼罗系吉富罗非鱼幼鱼实用日粮中蔗糖糖蜜替代小麦次粉的养殖效果与血糖代谢变化。结果表明,56d 试验期间各试验组鱼均无死亡;蔗糖糖蜜替代小麦次粉 40%—100%日粮组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效益和蛋白效益均高于小麦次粉组鱼,当蔗糖糖蜜 100%替代小麦次粉时,其摄食量、特定生长率和饲料效益蛋白效益比均显著性上升($P<0.05$)。各试验组鱼鱼体营养成分(蛋白质、脂肪、灰分和水分)和肝体指数无显著性差异($P>0.05$),肝脏结构正常。蔗糖糖蜜组鱼血浆中血糖、总蛋白、胆固醇、甘油三酯含量明显高于小麦次粉组鱼($P<0.05$)。本试验结果认为,蔗糖糖蜜在尼罗系吉富罗非鱼幼鱼实用日粮中可以完全替代小麦次粉,蔗糖糖蜜对尼罗系吉富罗非鱼幼鱼具有较好的生长效益、节约日粮蛋白质效益和适口性,其主要原因与摄食蔗糖糖蜜后尼罗系罗非鱼幼鱼产生的较长时间高血糖现象有关。

关键词 尼罗系吉富罗非鱼,蔗糖糖蜜,生长效益,血糖

中图分类号 S963.73

我国水产养殖和水产品消费均为世界第一。水产养殖饲料一般占养殖成本的 60%左右(Halver *et al.*, 2002),因此,提供营养、经济和环保的饲料是水产养殖可持续发展的重要因素,开发当地非传统的大宗工农业副产品作为新的有效水产饲料原料,在中国等发展中国家的水产养殖中具有重要意义。有许多农产品加工业副产品,如棉籽粕、菜籽粕、啤酒废弃物、玉米麸等,已经在中国和其它一些发展中国家成功地作为大宗饲料原料被广泛应用于水产饲料中(Robinson, 1995)。广西是我国最大的蔗糖生产地区,每年生产蔗糖 500 万 t 以上,占我国蔗糖总产量的 60%左右,蔗糖糖蜜是制糖业主要副产品之一,广西每年蔗糖糖蜜产出在 130 万 t 以上,其主要成分为葡萄糖和其它小分子糖类,占全国糖蜜总产量的一半以上。我国目前水产饲料普遍使用小麦粉(次粉、面粉)作为水产饲料的主要糖源。目前尚未见在水产饲料中利用蔗糖糖蜜的正式报道。罗非鱼(*Tilapia*)系鲈

形目(Perciformes)、丽鱼科(Cichlidae)、罗非鱼属(*Tilapia*),属热带性鱼类,现在已成为世界性的养殖鱼类,我国 2008 年产量已达约 120 万 t,占世界总量的 50%左右。尼罗系吉富罗非鱼[Genetic Improvement of Farmed Tilapia strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)]是经遗传性状改良后的罗非鱼,该品种具有生长速度快、个体大、出肉率高、遗传性状稳定等优点,是我国目前罗非鱼中一个新的重要养殖品系。本研究评价了实用日粮中不同水平的蔗糖糖蜜替代 20%—100%次粉对尼罗系吉富罗非鱼幼鱼的养殖效果,以及蔗糖糖蜜与次粉在血糖代谢中的变化关系,以期在水产饲料中合理的开发利用蔗糖糖蜜提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼与饲养管理

1000 尾尼罗系吉富罗非鱼鱼苗由广西水产研究

* 广西科技厅基金项目,09321022 号。杨 淞,讲师, E-mail: ysys210@hotmail.com

通讯作者: 冯 健,教授,德国慕尼黑大学博士(VMD), E-mail: fengjian08@163.com

收稿日期: 2010-10-12, 收修改稿日期: 2010-12-19

所国家罗非鱼良种繁育场提供, 暂养一周后开始正式分组试验, 这段时间投喂对照组的日粮。取其中 360 尾作为试验鱼, 平均体重为 (6.00 ± 0.25) g 的, 共分 18 组(6 个试验组, 每组 3 个平行), 每组 20 条鱼, 随机放养于 $1\text{m} \times 0.5\text{m} \times 1\text{m}$ 尼龙网箱中, 网箱中架设一个直径 15cm、高 3cm 的食台。网箱放置在 $12.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ 的水泥池中, 试验期间采用微流水交换, 沙滤循环, 换水频率为每天换水 1/6。整个试验期间水质监测(每天测 3 次水温, 每周测 1 次水质指标)情况为: 水温 $(31.8 \pm 3.0)^\circ\text{C}$, 溶解氧 $(8.91 \pm 0.16)\text{mg/L}$, pH 7.0 ± 0.1 , 氨氮 $(0.56 \pm 0.011)\text{mg/L}$, 总硬度 $(1.51 \pm 0.16)\text{mg/L}$, 钙含量 $(25.8 \pm 0.2)\text{mg/L}$, 亚硝酸盐 $(0.154 \pm 0.05)\text{mg/L}$, 硝酸盐 $(0.110 \pm 0.014)\text{mg/L}$ 。每天投喂三次, 投喂时间为 8:00、13:00、18:00, 投喂量以鱼体重的 10%—15% 称料, 平均分成三次投喂, 每次将饲料投入网箱中食台内, 观察试验鱼的进食情况, 投喂后 3min 后若饲料台上有剩余的饲料, 则结束投喂并捞出残饵, 记录每次残饵数量与每天余料。每 2 周称重并调整投喂量, 试验结束前一天停止饲喂, 试验持续 56d。室内为透明塑料屋顶, 光周期为自然周期。

1.2 试验日粮组成与成分分析

试验各组日粮组成和主要营养成分见表 1, 其营养标准、复合矿物、复合多维含量参照 NRC(1993) 罗非鱼营养标准。试验日粮设计按等氮、等能量的原则配制。共设计对照组、试验 1、2、3、4、5 组共 6 组试验日粮, 蔗糖糖蜜替代次粉水平包括 20%、40%、60%、80% 和 100% (表 1)。蔗糖糖蜜由广西南宁糖业公司提供, 次粉由河南今麦郎公司提供。由于蔗糖糖蜜中水分高, 先测定蔗糖糖蜜与次粉中的水分, 然后按照干物质相等的原则添加。饲料原料全部经过粉碎, 过 40 目筛, 按配比称量后, 微量成分采取逐级扩大法添加, 并与大宗原料混合均匀, 加油和水后再次均匀混合, 用小型颗粒饲料机制粒直径为 2.5mm 的颗粒饲料, 于 65°C 烘干, 储存于密封塑料袋中, 置 -20°C 冰箱内保存直至投喂。

1.3 样本的采集与计算

试验开始前取 10 尾作为初始鱼样本, 取主要饲料原料和各组日粮样品分析其主要营养成分。试验开始与结束时, 对试验各组的鱼记数、称重, 计算其存活率和特定生长率。计算每天的余料和残饵数量, 计

表 1 试验日粮组成和主要营养成分分析(%)
Tab.1 Composition of the experimental diets and main nutrients (%)

原料	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组	试验 4 组	试验 5 组
蔗糖糖蜜	0.0	4.0 (5.11)	8 (10.3)	12.0 (15.4)	16.0 (20.5)	20.0 (25.6)
次粉	20.0	16.0	12.0	8.0	4.0	0.0
秘鲁鱼粉	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
大豆粕	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
肉骨粉	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
菜籽粕	15.3	17.0	19.0	21.0	22.6	24.8
麦麸	10.4	8.6	6.5	4.3	2.6	0.2
大豆油	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7
复合矿物	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磷酸二氢钙	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合多维	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
氯化胆碱	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
主要营养成分 (实际测量值)						
水分	9.42	9.58	10.06	10.66	10.6	10.26
粗蛋白	34.23	34.56	34.42	34.03	34.67	34.56
粗脂肪	6.84	6.73	6.76	6.93	6.79	6.71
粗纤维	8.93	8.78	8.63	8.46	8.31	8.06
粗灰分	10.34	10.63	10.96	11.36	11.57	11.98
无氮浸出物	30.24	29.72	30.19	30.33	29.56	29.85
总能(MJ/kg)	16.10	16.05	16.11	16.11	16.07	16.06

注: 第 1 行括号中数据为实际用量; 无氮浸出物 = $100 - (\% \text{蛋白质} + \% \text{脂肪} + \% \text{灰分} + \% \text{粗纤维})$; 总能(MJ/kg) = $\text{蛋白质} \times 23.6 + \text{脂肪} \times 39.5 + \text{无氮浸出物} \times 17.6$

算其投喂量、饲料效益和蛋白效益。试验结束后每试验组 3 个平行网箱随机各取 3 尾鱼, 共 9 尾鱼, 分别称重、烘干, 用于测试全鱼主要营养成分; 另取 9 尾鱼, 分别称重, 解剖取肝脏称重计算肝体指数剥离肠脂称重计算肠脂指数。每试验组 3 个平行网箱共取 9 尾鱼肝脏组织块固定于福尔马林缓冲溶液中, 石蜡固定, 切片 5 μ m, H.E、PAS 和钼酸染色观察组织变化。

对照组(次粉)和试验 5 组(蔗糖糖蜜)剩余鱼继续投喂相应的日粮 3 天后, 每组每隔 1h 随机取 5 尾鱼采取尾静脉取血(血浆加肝素钠抗凝血), 连续采血 5 次。以 3000r/min 的转速离心 15min, 取上层的血清和血浆。使用日立 7600-D20 全自动血液生化分析仪测定血浆中多项生化指标。试验饲料原料、日粮和鱼体的水分、粗蛋白、脂肪、粗纤维和灰分含量按 AOAC(1990) 有关标准方法测定。粗纤维按照 Anderson 等(1984)描述的方法进行测定。

有关参数计算公式如下:

成活率(SR)(%) = 试验结束鱼尾数 / 试验开始时尾数 \times 100,

摄食量(FI)g = 投喂量 - (余料 + 残饵),

特定生长率(SGR)(%/t) = $(\ln W_f - \ln W_i) \times 100 / t$,

饲料效率率(FER)% = $(W_f - W_i) / FI \times 100$,

蛋白效益比(PER) = $(W_f - W_i) / P$,

肝体指数(HSI)% = $W_h / W_b \times 100$ 。

其中, W_i 为试验开始时鱼体重(g), W_f 为试验结束时鱼体重(g), t 为养殖试验天数(d), FI 为摄食量, P 为粗蛋白含量(%), W_b 为鱼体重(g), W_h 为肝脏质量(g)。

1.4 数据处理和分析

采用 SPSS16.0 数据统计软件包对试验各组间数据进行统计分析, 试验结果经过一元方差分析(One-way ANOVA)后, 用平均数 \pm 标准差表示。先进行方差齐性分析, 方差齐性则运用 LSD 法进行单因素方差多重

比较, 方差非齐性则采用 Tamhane's T_2 法进行单因素方差分析, 显著水平采用 0.05。然后进行 Duncan's 多重比较各试验组间差异的显著性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 试验各组鱼的存活率、摄食量、生长性能和日粮利用率

在整个试验期间, 试验鱼没有出现死亡, 存活率均为 100%。试验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率见表 2。上述指标随着日粮中蔗糖糖蜜替代次粉的比例上升而增加, 当蔗糖糖蜜完全替代次粉时, 其摄食量、特定生长率、饲料效率与次粉组鱼有显著性差异($P < 0.05$)。其特定生长率回归方程式为: $Y = 0.0002X^3 - 0.0022X^2 + 0.0098X + 3.2340$ ($R = 0.9976$, $R^2 = 0.9952$)。表示其生长与日粮中蔗糖糖蜜添加量呈正相关关系。

2.2 初始鱼和试验各组鱼鱼体营养成分与肝脏变化

初始鱼和试验各组鱼鱼体营养成分(水分、脂肪、蛋白质、灰分)与肝体指数见表 3。试验各组鱼组间鱼体营养成分无显著差异($P > 0.05$), 脂肪与灰分含量显著高于初始鱼($P < 0.05$)。试验各组鱼肝体指数无显著差异($P > 0.05$), 肝脏大体和组织切片观察结果表明, 各组肝脏组织结构正常, 并未出现脂肪肝和肝糖原大量沉积等物理性损伤特征的改变。

2.3 对照组(次粉)与试验 5 组(蔗糖糖蜜)鱼血液生化指标投喂周期期间变化

试验鱼每天投喂 3 次, 每次间隔 5h。对照组(次粉)与试验 5 组(蔗糖糖蜜)鱼在投喂周期期间的血糖、总蛋白质、胆固醇、甘油三酯含量见表 4。其投喂周期期间的血糖变化见图 1。对照(次粉)组鱼摄食 3h 后血糖含量达到峰值, 然后快速下降; 摄食 3h 后总蛋白含量上升, 但组间无显著性差异; 胆固醇、甘油三酯含

表 2 试验各组鱼的摄食量、特定生长率和饲料效率
Tab.2 The feed intakes, specific growth ratio and feed effectiveness ratio in fish of treatments

组别	始重(g)	末重(g)	摄食量(g)	特定生长率(%/t)	饲料效率(%)
对照组	6.00 \pm 0.17	37.20 \pm 3.50	51.34 \pm 2.24 ^a	3.24 \pm 0.21 ^a	60.77 \pm 4.80 ^a
试验 1 组	6.11 \pm 0.22	37.33 \pm 3.55	51.33 \pm 4.42 ^a	3.23 \pm 0.23 ^a	60.84 \pm 5.01 ^{ab}
试验 2 组	6.01 \pm 0.22	37.22 \pm 1.30	51.08 \pm 3.75 ^a	3.26 \pm 0.13 ^a	61.34 \pm 3.92 ^{ab}
试验 3 组	5.94 \pm 0.11	38.31 \pm 6.05	52.7 \pm 2.94 ^a	3.31 \pm 0.30 ^a	61.08 \pm 8.38 ^{ab}
试验 4 组	6.13 \pm 0.13	42.14 \pm 5.18	56.8 \pm 2.21 ^{bc}	3.43 \pm 0.18 ^a	63.14 \pm 6.40 ^{ab}
试验 5 组	5.90 \pm 0.13	48.75 \pm 3.32	60.73 \pm 3.07 ^c	3.77 \pm 0.15 ^b	70.54 \pm 4.10 ^b

注: 同一列数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P < 0.05$)

量组间无显著性差异($P>0.05$)。试验 5(蔗糖糖蜜)组鱼摄食 2h 后血糖明显上升($P<0.05$), 2—5h 间血糖上升趋势趋于稳定, 无明显的血糖峰值, 摄食 2h 后血糖含量明显持续上升, 摄食 4h 后总蛋白、胆固醇和甘油三酯含量明显上升($P<0.05$)。试验 5(蔗糖糖蜜)组鱼

摄食 2、4、5h 后的血糖和总蛋白含量, 摄食 3、4、5h 后的胆固醇、甘油三酯含量较对照(次粉)组鱼显著升高($P<0.05$)。试验 5 组(蔗糖糖蜜)鱼投喂周期的血糖、总蛋白质、胆固醇、甘油三酯的平均含量显著高于对照组鱼($P<0.05$)。

表 3 初始鱼和试验各组鱼体营养成分与肝体指数(%)

Tab.3 The carcass nutrient contents of and hepatosomatic indices in fish of initiate and treatments (%)

组别	水分	蛋白质	脂肪	灰分	肝体指数
初始鱼	73.99±0.90	15.86±0.38	4.32±0.20 ^a	4.66±0.04 ^a	1.46±0.29
对照组	72.99±1.36	15.29±0.57	6.01±0.36 ^b	5.30±0.11 ^b	1.45±0.17
试验 1 组	72.21±1.20	15.68±0.13	7.10±1.47 ^b	5.16±0.55 ^b	1.72±0.31
试验 2 组	72.31±0.90	15.83±0.28	6.64±0.22 ^b	5.13±1.12 ^b	1.72±0.04
试验 3 组	72.38±0.99	16.55±1.42	6.96±0.72 ^b	4.89±0.31 ^b	1.75±0.25
试验 4 组	72.57±0.84	16.68±1.01	6.46±0.85 ^b	5.41±0.11 ^b	1.65±0.10
试验 5 组	72.59±0.83	16.62±0.82	6.88±1.02 ^b	5.21±0.05 ^b	1.53±0.09

注: 同一列数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P<0.05$)

表 4 对照组(次粉)与试验 5 组(蔗糖糖蜜)鱼投喂周期间血浆中血糖、总蛋白、胆固醇、甘油三酯含量变化

Tab.4 The contents of glucose, total protein, cholesterol, triglyceride in plasma at fish fed sugarcane molasses diet (Diet 5) and wheat middling diet (control) during feeding cycle

组别	血糖(mmol/L)	总蛋白(g/L)	胆固醇(mmol/L)	甘油三酯(mmol/L)
对照组(0h)	8.08±0.54	28.1±0.9	2.17±0.26	1.44±0.40
试验 5 组(0h)	8.41±0.43	29.3±1.8	2.28±0.32	1.35±0.23
对照组(1h)	8.53±0.42	29.9±5.9	2.77±0.29	1.50±0.84
试验 5 组(1h)	9.43±0.75	29.4±4.6	2.90±0.75	2.09±0.61
对照组(2h)	8.70±0.68 ^a	28.3±1.6 ^a	2.17±0.20	1.20±0.15
试验 5 组(2h)	10.28±1.10 ^b	33.2±5.3 ^b	2.46±0.44	1.48±0.17
对照组(3h)	10.45±0.26	32.5±0.4	2.45±0.25 ^a	1.38±0.22 ^a
试验 5 组(3h)	10.07±0.42	32.3±2.8	2.75±0.25 ^b	1.89±0.33 ^b
对照组(4h)	9.16±0.91 ^a	31.9±3.7 ^a	1.80±0.26 ^a	1.23±0.24 ^a
试验 5 组(4h)	10.66±0.52 ^b	38.6±7.3 ^b	3.05±0.53 ^b	2.73±0.81 ^b
对照组(5h)	8.96±0.29 ^a	31.5±6.3 ^a	2.49±0.10 ^a	1.66±0.61 ^a
试验 5 组(5h)	10.42±1.10 ^b	39.9±4.8 ^b	3.50±0.15 ^b	3.50±0.21 ^b
对照组(0h)	8.08±0.54 ^a	28.1±0.9	2.17±0.26 ^{ab}	1.44±0.40
对照组(1h)	8.53±0.42 ^{ab}	33.9±5.9	2.77±0.29 ^c	1.50±0.84
对照组(2h)	8.70±0.68 ^{ab}	28.3±1.6	2.17±0.20 ^{ab}	1.20±0.15
对照组(3h)	10.45±0.26 ^c	32.5±0.4	2.45±0.25 ^{bc}	1.38±0.22
对照组(4h)	9.16±0.91 ^b	31.9±3.7	1.80±0.26 ^a	1.23±0.24
对照组(5h)	8.96±0.29 ^{ab}	31.5±6.3	2.49±0.10 ^{bc}	1.66±0.61
试验 5 组(0h)	8.41±0.43 ^a	29.3±1.8 ^a	2.28±0.32 ^a	1.35±0.23 ^a
试验 5 组(1h)	9.43±0.75 ^b	39.4±4.6 ^b	2.90±0.75 ^{ab}	2.09±0.61 ^{ab}
试验 5 组(2h)	10.28±0.10 ^c	33.2±5.3 ^{ab}	2.46±0.44 ^a	1.48±0.17 ^a
试验 5 组(3h)	10.07±0.42 ^{bc}	32.3±2.8 ^{ab}	2.75±0.25 ^{ab}	1.89±0.33 ^a
试验 5 组(4h)	10.66±0.52 ^c	38.6±7.3 ^b	3.05±0.53 ^{bc}	2.73±0.81 ^{bc}
试验 5 组(5h)	10.42±1.10 ^{bc}	39.9±4.8 ^b	3.50±0.15 ^c	3.50±0.21 ^c
均值				
对照组	8.98±0.81 ^a	31.03±2.34 ^a	2.31±0.34 ^a	1.40±0.17 ^a
试验 5 组	9.88±0.83 ^b	35.45±4.43 ^b	2.82±0.44 ^b	2.17±0.81 ^b

注: 同一组间数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P<0.05$)

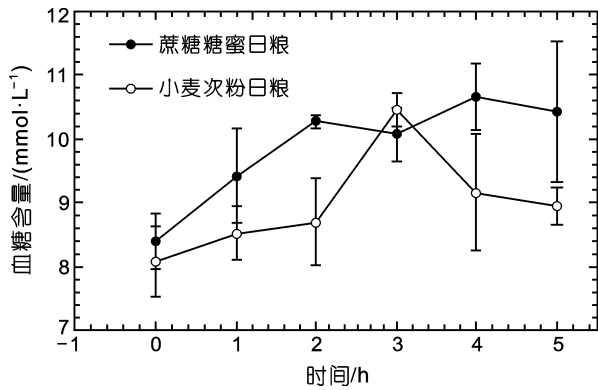


图1 对照组(蔗糖糖蜜日粮)鱼和试验5组(小麦次粉日粮)鱼的血糖投喂周期变化

Fig.1 The cycle changes of blood glucose for fish fed sugar-cane molasses diet (Diet 5) and wheat middling diet (control)

3 讨论

糖类是自然界中最丰富、廉价的营养物质。人和畜禽动物能够以糖类作为其主要的能量来源,在动物营养与饲料研究中,利用日粮中糖类(淀粉)作为动物的主要的能量物质以节约蛋白质,提高日粮蛋白质效益,降低生产成本是近20年来畜禽营养领域的一个重要研究方向(Garnsworthy *et al.*, 2008)。与陆生动物相似,鱼类所需能量来源同样是日粮中的糖、脂肪和蛋白质,但Bergot(1979)认为鱼类是先天性的糖尿病患者,对糖类的利用能力较低。饲料中淀粉水平超过一定限度会引发鱼类抗病力低、生长缓慢、死亡率高等症状,所以一般认为鱼类对糖类的利用程度较畜禽动物低(李婷等, 2011; 单秀娟等, 2011; Anshuman *et al.*, 2009; Christiansen *et al.*, 1987)。海水鱼类通常较淡水鱼类对糖的利用率低下,不同种类的淡水鱼对糖类的利用程度也有差异,往往与其食性有关,一般认为草食性鱼类的利用能力高于杂食性鱼类,杂食性鱼类又高于肉食性鱼类(付世建等, 2005; Brauge *et al.*, 1994; Furuichi *et al.*, 1982; Ortiz-Rubio *et al.*, 2007)。在一些报道中,鱼类对不同种类的糖类利用亦有差异,一些鱼类对淀粉的利用率较葡萄糖低(Garcia-Riera *et al.*, 1996; 田丽霞等, 2001, 2002)。蔗糖糖蜜的主要成分是蔗糖和其它低分子糖类,约40%—50%、水分约40%—45%、灰分约8%—10%,另有3%左右的可溶性胶体(木糖胶、阿拉伯糖胶和果胶等)和3%左右的粗蛋白质(多属于非蛋白氮类)。目前国内外蔗糖糖蜜只在畜禽饲料中少量添加(3%—5%),可以改善适口性和降低饲料粉尘,但过多添加将产生腹泻现象。本试验结果表明,在尼罗系吉富罗非鱼

幼鱼日粮中用蔗糖糖蜜替代20%—100%的次粉时,其摄食率、生长效益和饲料效益均有所增加;当蔗糖糖蜜完全替代次粉后,其摄食率、生长效益和饲料效益明显升高。各试验组鱼肝体指数无差异显著,肝脏大体与组织切片观察未出现脂肪肝、肝糖原沉积等物理性损伤特征的改变。本养殖试验结果表明在尼罗系吉富罗非鱼幼鱼日粮中添加蔗糖糖蜜的适口性、生长效益和饲料效益都优于小麦次粉,未见肝脏营养代谢性病变,在罗非鱼实用饲料中大量添加蔗糖糖蜜是可行的。广西蔗糖糖蜜目前每吨价格在500元左右,按等量干物质计算其价格明显低于次粉和面粉(1400—2500元/t),所以在水产饲料中大量利用蔗糖糖蜜,不仅提高养殖效益,同时可以降低饲料生产成本和节约小麦粮食资源。

一些报道表明鱼类在口服葡萄糖后会出现持久的高血糖现象(Hemre *et al.*, 1998; Garcia-Riera *et al.*, 1996; 蔡春芳等, 2003, 2008),这与本试验结果一致。在一个投食周期内,尼罗系吉富罗非鱼幼鱼摄食蔗糖糖蜜日粮2h后,血糖显著上升,然后在2—5h之间维持在一个较稳定的水平;而摄食小麦次粉日粮3h后,血糖显著上升,然后又显著下降,形成一个峰值。蔗糖糖蜜日粮组鱼摄食2、4、5h后总蛋白含量,摄食3、4、5h后的胆固醇、甘油三酯含量均较小麦次粉组鱼显著升高,投喂周期的血糖、总蛋白质、胆固醇、甘油三酯的平均含量也均显著高于小麦次粉日粮组鱼。这表明蔗糖糖蜜作为能量物质对尼罗系吉富罗非鱼幼鱼较次粉有更高的利用率,能够有效的节约了蛋白质,减少蛋白质氧化供能,表现为其生长效益和饲料效益均明显高于次粉组鱼。

综上所述,蔗糖糖蜜作为尼罗系罗非鱼幼鱼日粮的主要糖源,其生长效益较小麦次粉好,尼罗系罗非鱼幼鱼能够较好利用日粮中的蔗糖糖蜜氧化供能,节约日粮蛋白质和脂肪。在罗非鱼等淡水养殖鱼类饲料中大量添加蔗糖糖蜜是可能与经济的,有利于我国广西丰富的蔗糖糖蜜综合利用和节约饲料小麦粮食资源。

参 考 文 献

- 田丽霞,刘永坚,冯健等,2002. 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, 26(3): 247—251
- 田丽霞,刘永坚,刘栋辉等,2001. 草鱼对葡萄糖和淀粉作为能源的利用研究. 中山大学学报, 40(2): 104—106
- 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. 水生生物学报, 29(4): 393—398
- 李 婷, 梁堪富, 李义军等, 2011. 不同条件下凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 能量代谢研究. 海洋与湖沼, 42(1): 41—46
- 单秀娟, 窦硕增, 2011. 短期饥饿胁迫下鲢鱼 (*Miichthys miiuy*) 早期生活阶段的生长及消化酶活性研究. 海洋与湖沼, 42(2): 213—220
- 蔡春芳, 刘 影, 陈立侨等, 2003. 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, 27(6): 759—764
- 蔡春芳, 陈立侨, 2008. 鱼类对糖的代谢. 水生生物学报, 32(5): 592—597
- Anderson J, Jackson A J, Matty A J *et al*, 1984. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 37: 303—314
- Anshuman A, Khardnavis M, Atul N *et al*, 2009. Utilization of molasses spentwash for production of bioplastics by waste activated sludge. *Waste Management*, 29(9): 2558—2565
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 67—78
- Bergot F, 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets: Effects of the levels and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18: 157—167
- Brauge C, Medale F, Corraze G, 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture*, 123: 109—120
- Christiansen D C, Khngsoyr L, 1987. Metabolic, utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. *Comp Biochem Physiol*, 88: 701—711
- Furuichi M, Yone Y, 1982. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 48: 945—948
- Garcia-Riera M P, Hemr G L, 1996. Glucose tolerance in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *Aquacult Nutr*, 117—120
- Garnsworthy P C, Wiseman J, 2008. Recent Advances in Animal Nutrition. Academic Press, London: 19—24
- Halver J E, Hardy R W, 2002. Fish Nutrition. third edition. Academic Press, London: 506—511
- Hemre G I, Hansen T, 1998. Utilization of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon (*Salmo salar*), during part-smolt transformation. *Aquaculture*, 161: 145—157
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington D C, USA: 114
- Ortiz-Rubio M A, Ørskov E R, Milne J *et al*, 2007. Effect of different sources of nitrogen on *in situ* degradability and feed intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*Saccharum officinarum*). *Animal Feed Science and Technology*, 139(3—4): 143—158

AQUACULTURE PERFORMANCE OF SUGARCANE MOLASSES IN PRACTICAL DIETS AND CHANGE OF BLOOD SUGAR ON JUVENILE GENETIC IMPROVEMENT OF FARMED TILAPIA STRAIN OF NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

YANG Song^{1,2}, FENG Jian¹, NING Yi¹, HE Shu-Zhen¹, SU Yu-Qin¹, HUANG Yan-Qing¹
(1. Institute of Aquaculture, Guangxi University, Nanning, 530004; 2. College of Animal Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, 625014)

Abstract We have studied the aquaculture performance of sugarcane molasses in juvenile Genetic Improvement of Farmed Tilapia strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) practical diets by progressively increasing its inclusion level at the expense of wheat middling in isonitrogenous (34.4% crude protein) and isoenergetic (16.10MJ/kg) formulated diets. The test results indicated that the survival did not differ among treatments ($P>0.05$) during the test period (56 days). The intake, growth and feed conversion ratio of fish fed 20% SMS diet showed significantly better than fish fed 20% wheat middling diet ($P<0.05$). No significant difference with carcass nutrient contents (protein, lipid, ash and moisture) was found among the treatments. The contents of glucose, total protein, cholesterol, triglyceride in serum at fish fed 20% SMS diet were all significantly higher than fish fed 20% wheat middling diet ($P<0.05$). Results showed that Wheat middling could be entirely replaced by sugarcane molasses in practical diets of juvenile without compromising growth or feed conversion ratio. The higher blood sugar in fish after intake sugarcane molasses diet could be the major cause on positive growth performance and feed conversion ratio in juvenile GIFT strain of Nile tilapia.

Key words Genetic Improvement of Farmed Tilapia strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Sugarcane molasses, Growth performance, Blood sugar