

采用池塘模式评价日粮中添加蔗糖糖蜜 养殖吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)幼鱼效果*

覃志彪 彭 淇 吴 彬 王 斐 冯 健

(广西大学水产研究所 南宁 530004)

摘要 本实验模拟池塘养殖环境,对吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)幼鱼实用日粮中添加蔗糖糖蜜的养殖效果以及对水质影响进行了研究。试验设计了6种等氮(34.8%)、等能量(16.4MJ/kg)的试验日粮,对照组日粮为20%小麦次粉,试验组1—5按20%—100%比例添加蔗糖糖蜜替代日粮中小麦次粉。试验结果表明,实验结束时(56d),各实验组鱼成活率为100%,当日粮中蔗糖糖蜜替代80%次粉及以下时,其摄食量和特定生长率与对照组鱼无显著性差异,但当日粮中蔗糖糖蜜完全替代次粉时,这两种指标显著下降($P<0.05$)。当日粮中蔗糖糖蜜替代40%次粉以下时,试验组鱼饲料效率、鱼体近似成分、肝体指数与主要水质指标与对照组无显著性差异($P>0.05$)。本实验认为,在池塘养殖环境下,吉富品系尼罗罗非幼鱼实用日粮中蔗糖糖蜜可以替代40%及以下的次粉,即蔗糖糖蜜在配合饲料中添加量不宜高于8%。

关键词 吉富品系尼罗罗非鱼;日粮;蔗糖糖蜜;池塘;养殖

中图分类号 S963.73

寻找新的大宗质优价廉的潜在水产饲料原料是水产营养学的一项主要研究工作(Halver *et al*, 2002)。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超过130万t,占全国蔗糖糖蜜总产量的一半以上(卢金标, 2011)。蔗糖糖蜜已经作为一种饲料原料(糖源)成功添加在一些动物饲料中(肖宇等, 2002),但在水产动物饲料中的效果却鲜有报道,我国目前水产饲料一般使用小麦粉(次粉、面粉)作为水产饲料的主要糖源(杨淞等, 2012)。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,我国产量已达约120万t以上,占世界总量的30%左右(郝向举, 2012)。吉富品系尼罗罗非鱼(*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,是我国罗非鱼中重要的养殖品系(王万东, 2007)。

我国淡水养殖鱼类主要以池塘养殖模式为主,养殖产量占到全国的淡水养殖总产量近70%,同时,在一些海水养殖品种中池塘养殖也占有相当比重。相对于网箱、流水养殖等模式,池塘养殖具有高产、稳定、经济、养殖水量少、环保的优势,在节约与保护淡水资源的趋势下,池塘养殖是我国淡水养殖可持续发展的方向(徐皓等, 2009; Bosma *et al*, 2011; Belton *et al*, 2012; Wezel *et al*, 2013)。但目前水产营养学一般使用的方法为流水水族箱或网箱养殖,养殖鱼类的条件与池塘环境有较大不同,缺失池塘环境中人工饲料和饲料原料与天然饵料和水质影响的评价。目前国外水产营养学对池塘环境的研究少有报道

* 广西科技厅攻关项目资助, 122201-3号。覃志彪, 讲师, E-mail: qzb1970@sina.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: 2012-04-20, 收修改稿日期: 2012-07-19

(Rahman *et al.*, 2008), 国内尚未见正式报道。因此, 在水产营养学中开展池塘模式研究, 对于发展我国淡水养殖具有重要理论与实际意义。本文采用池塘模式评价了日粮中添加蔗糖糖蜜养殖吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)幼鱼效果, 其目的是为在我国水产营养学中开展池塘养殖模式研究, 同时也为蔗糖糖蜜在水产饲料中的合理开发利用提供理论与实践依据。

1 材料与方法

1.1 人工模拟池塘建立

在广西大学水产基地, 参考我国传统鱼塘养殖方式与国外有关建立人工模拟池塘养殖方法(王武, 2000; Rahman *et al.*, 2008), 选取 18 个室外水泥池(长×宽×高分别为 2m×1.0m×1.5m), 用高锰酸钾配制液浸泡消毒, 将暴晒后的细土均匀铺在水泥池底部 10cm 厚。注自来水于水泥池 1m 深, 用生石灰消毒, 2 周后放养实验鱼苗。

1.2 实验鱼与管理

由广西水产研究所国家罗非鱼良种繁育场提供 1000 尾同一批孵化的吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)鱼苗, 暂养一周后分组实验, 暂养期间投喂鱼体重 1% 的吉富品系尼罗罗非鱼鱼苗商用饲料。取其中 540 尾健康无病、规格较一致的鱼苗作为实验鱼, 平均体重为(6.6±0.1)g, 共分 6 组(6 个实验组, 每组 3 个平行), 每平行组 30 尾鱼, 随机放养于一个水泥池中, 每池中设一个直径为 15cm、高 3cm 的食台。实验期间各池均不换水, 只补充蒸发损失的水量。每天同时用增氧机向水泥池增氧 2—4h。光周期为自然周期。实验期间进行水质监测(每天测水温 3 次, 每 2 周测 1 次水质), 在水池中间的 1/2 水深处取水样检测水质理化因子指标, 每个水池取 1 个水样。每天 8:00、13:00、18:00 投喂 3 次, 每天投喂量为鱼体重的 7%—5%, 投喂方法为少量多次投喂, 5min 后若投饵台内有剩余的饲料, 则结束投喂并捞出残饵, 将鱼未摄食的饵料从食台上收集好带入实验室中烘干称重。每 2 周称量 1 次以校正饲喂水平。试验开始和结束时分别饥饿 1 天, 试验期为 56d。

1.3 实验日粮及营养成分

试验各组日粮组成和主要营养成分见表 1, 各组日粮按照等氮、等能原则设计, 共设计对照组(20%次粉)和试验组 1—5(按 20%、40%、60%、80%和 100%比例添加蔗糖糖蜜替代小麦次粉), 共 6 组日粮。日粮

标准参照 NRC(1993)罗非鱼营养标准。鱼粉为秘鲁鱼粉, 大豆粕为美国进口脱脂大豆粕, 棉籽粕为新疆棉籽粕, 菜籽粕为湖北菜籽粕。原料经过粉碎, 过 40 目筛, 按比例称量后, 微量成分采用逐级扩大法添加, 然后与大宗原料均匀混合, 加油、加水后再次均匀混合, 采用小型颗粒饲料机制成直径为 1.5mm 的颗粒饲料, 65℃烘干, 储存于密封塑料袋, -20℃冰箱储存。

1.4 样品的采集与分析

对饲料主要成分原料、各组日粮取样分析其主要营养成分。试验开始和结束时, 对各组试验鱼记数、称重, 计算其存活率和特定生长率; 记录每天的饲料剩余量, 计算其投喂量、饲料效率; 试验结束后每个实验组的 3 个平行水泥池各随机取 3 尾鱼, 共 9 尾, 分别称重、烘干, 用于测定全鱼近似成分; 饲料原料、试验日粮和全鱼的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和灰分的含量按照 AOAC(1990)指定标准方法测定; 粗纤维按照 Anderson 等(1984)描述的方法进行测定。实验日粮中氨基酸采用酸水解法测定, 所用仪器为日产公司 835-50 型氨基酸自动测定分析仪。依据国家水质标准检测指标为: pH、透明度(SD)、溶解氧(DO)、氨氮、亚硝酸氮、可溶性活性磷(SRP)、浮游植物(PP)和浮游动物(ZP), 水质指标按照雷衍之(2006)介绍有关方法检测。从每个实验组的 3 个平行水泥池中各随机取 6 尾鱼, 共 18 尾, 分别称重, 解剖, 剥离肝脏称重, 计算肝体指数; 剥离肠脂称重, 计算肠脂指数。相关计算公式如下(Halver *et al.*, 2002):

成活率(SR, %) = 试验结束鱼尾数/试验开始鱼尾数 × 100;

摄食量(FI, g) = 投喂量 - 残留量;

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

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

肝体指数(HSI, %) = $W_h/W_t \times 100$;

肠脂指数(ISI, %) = $W_{is}/W_t \times 100$

其中, W_i 试验开始时鱼体重(g); W_f 试验结束时鱼体重(g); t 养殖试验天数(d); FI 摄食量; W_i 鱼体重; W_b 内脏质量; W_h 肝脏质量; W_{is} 肠系膜脂肪质量。

1.5 数据处理和分析

采用 SPSS19.0 数据统计软件包对实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 ± 标准差表示。先进行方差齐性分析, 方差齐性则运用最小显著差异法(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

表 1 实验日粮组成和近似成分分析(%)¹⁾
Tab.1 Composition of the experimental diets and approximate analysis (%)

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(4.851)	8.0(9.70)	12.0(14.54)	16.0(19.39)	20.0(24.24)
次粉	20.0	16.0	12.0	8.0	4.0	0.0
秘鲁鱼粉	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
大豆粕	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
棉籽粕	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
菜籽粕	16.2	17.7	19.2	20.7	22.2	23.7
米糠	10.0	8.5	6.0	4.5	3.0	1.5
大豆油	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磷酸二氢钙	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
复合矿物 ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合多维 ³⁾	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
近似成分(%)						
水分	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
粗蛋白	34.80	34.83	34.76	34.54	34.90	34.88
赖氨酸	1.58	1.55	1.59	1.54	1.52	1.56
蛋+胱氨酸	1.08	1.01	1.12	1.05	1.03	0.99
粗脂肪	5.75	5.71	5.84	5.88	5.80	5.79
粗纤维	7.14	7.26	7.23	7.15	7.12	7.21
粗灰分	8.72	8.66	8.79	8.73	8.67	8.70
无氮浸出物	32.59	32.44	32.31	32.16	32.02	31.88
总能(MJ/kg) ⁴⁾	16.50	16.47	16.49	16.43	16.45	16.42

1) 平均 2 个重复; 2) 复合矿物(每 kg 日粮): 硫酸亚锰(32.5% Mn), 15mg; 硫酸亚铁(20.1% Fe), 100mg; 硫酸铜(25.4% Cu), 30mg; 硫酸锌(22.7% Zn), 120mg; 亚硒酸钠(45.6% Se), 1mg; 氯化钴(24.8% Co), 3.0mg; 氟化钠(42.5% F), 5mg; 3) 复合多维(每 kg 日粮): 维生素 A, 3000IU; 维生素 D₃, 1000IU; 维生素 E, 100IU; 维生素 K₃, 50mg; 盐酸硫胺素, 20mg; 核黄素, 20mg; 泛酸钙, 100mg; 生物素, 2.0mg; 叶酸, 5mg; 维生素 B₁₂, 0.10mg; 烟酸, 30mg; 盐酸吡哆醇, 20mg; 维生素 C, 100mg; 肌醇, 400mg; 4) 总能= (蛋白 × 23.64kJ/g + 脂肪 × 39.54kJ/g + 无氮浸出物 × 17.15kJ/g) / 100

0.05。然后进行 Duncan's 多重比较各实验组间差异的显著性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 实验各组鱼的成活率、饲料摄食量、特定生长率和饲料效率

在整个试验期间, 实验各组鱼没有出现死亡, 存活率均为 100%。实验各组鱼的成活率、饲料摄食量、特定生长率和饲料效率见表 2。在摄食量方面, 试验 1、2、3、4 组鱼间无显著差异, 对照组和试验 5 组鱼显著低于试验 1、2、3 组($P < 0.05$), 其中试验 5 组鱼最低; 在特定生长率方面, 试验 5 组鱼显著低于其它试验组鱼($P < 0.05$), 其它组鱼组间特定生长率无显著差异($P > 0.05$); 在饲料效率方面, 对照组和试验 1 组鱼显著高于试验 3、4、5 组($P < 0.05$), 但与试验 2 组鱼组间差异不显著。表明日粮中添加蔗糖糖蜜替代

80%以下的次粉增加了吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼的饲料摄食量, 并对其生长无影响; 但当日粮中添加蔗糖糖蜜替代 60%以上的次粉, 饲料效率明显下降。

2.2 实验各组鱼的肝脏指数、肠脂指数与组织学观察

实验各组鱼的肝体指数和肠脂指数见表 3。肝体指数方面, 对照组和试验 1、2、3、5 组鱼组间无显著差异, 但试验 4 组鱼显著低于其它实验组鱼($P < 0.05$); 肠脂指数方面, 试验 1 组鱼最高, 但与试验 1、2、3 组鱼组间无显著差异($P > 0.05$), 试验 4、5 组鱼较其它试验组鱼低。表明日粮中添加蔗糖糖蜜替代 80%以上的次粉时吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼肠脂肪沉积显著下降。

2.3 实验各组鱼鱼体的近似成分分析

实验各组鱼的鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分含量和能量、能量蛋白比见表 4。各试验组的水分无显著差异($P > 0.05$); 试验 1 组鱼鱼体蛋白质含量显著

表2 实验各组鱼的摄食量、特定生长率和饲料效率

Tab.2 The feed intake (FI), specific growth rate (SGR) and feed effectiveness rate (FER) in fish

组别	始重(g)	末重(g)	摄食量(g)	特定生长率(%/t)	饲料效益(%)
对照组	6.6 ± 0.1	64.5 ± 2.2	57.30 ± 1.94 ^b	3.91 ± 0.02 ^b	101.14 ± 2.64 ^b
试验1组	6.6 ± 0.1	69.1 ± 8.3	61.59 ± 1.57 ^c	4.05 ± 0.22 ^b	101.45 ± 12.18 ^b
试验2组	6.6 ± 0.1	66.2 ± 2.1	60.22 ± 1.28 ^c	3.98 ± 0.05 ^b	98.99 ± 2.01 ^{ab}
试验3组	6.6 ± 0.1	63.8 ± 1.1	63.66 ± 1.27 ^c	3.91 ± 0.03 ^b	89.79 ± 1.95 ^a
试验4组	6.6 ± 0.1	62.6 ± 2.2	62.59 ± 1.85 ^{bc}	3.86 ± 0.08 ^b	89.46 ± 0.88 ^a
试验5组	6.6 ± 0.1	51.9 ± 3.6	50.06 ± 3.09 ^a	3.55 ± 0.13 ^a	90.44 ± 1.77 ^a

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)

表3 实验各组鱼的肝体指数和肠脂指数

Tab.3 The hepatosomatic indices (HSI) and intestinalsomatic indices (ISI) in fish

组别	肝体指数	肠脂指数
对照组	1.65 ± 0.06 ^b	0.44 ± 0.10 ^{abc}
试验1组	1.73 ± 0.16 ^b	0.58 ± 0.12 ^c
试验2组	1.66 ± 0.16 ^b	0.51 ± 0.15 ^{bc}
试验3组	1.47 ± 0.19 ^{ab}	0.41 ± 0.11 ^{abc}
试验4组	1.26 ± 0.25 ^a	0.32 ± 0.05 ^{ab}
试验5组	1.44 ± 0.06 ^{ab}	0.27 ± 0.08 ^a

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)

低于试验4、5组鱼($P < 0.05$); 试验5组鱼鱼体脂肪含量显著低于其它实验组鱼($P < 0.05$); 试验1、5组鱼鱼体灰分差异高于显著其它实验组鱼($P < 0.05$)。表明日粮中添加蔗糖糖蜜替代80%及以上的次粉时吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼鱼体脂肪沉积显著下降, 造成鱼体能量、能量蛋白比下降。

2.4 实验各组养殖水体水质指标

实验各组的养殖水体水质指标见表5。其中实验各组鱼池水质指标中, 水温和pH的变化较小, 实验各组组间无显著性差异($P > 0.05$); 水体中透明度(SD)

表4 实验各组鱼鱼体水分、脂肪、蛋白质、灰分含量、能量、能量蛋白比

Tab.4 The contents of moisture, lipid, protein and ash, energy and caloric-protein ratio in fish body

组别	水分(%)	蛋白质(%)	脂肪(%)	灰分(%)	能量(kJ/g) ¹⁾	能量蛋白比(J/g) ²⁾
对照组	72.04 ± 0.38	16.42 ± 0.20 ^{ab}	6.55 ± 0.46 ^c	4.44 ± 0.23 ^a	6.47 ± 0.28 ^b	39.4 ± 3.2 ^b
试验组1	72.58 ± 0.30	15.98 ± 0.19 ^a	6.77 ± 0.47 ^c	5.22 ± 0.75 ^b	6.45 ± 0.26 ^b	40.4 ± 3.3 ^b
试验组2	71.87 ± 0.80	16.36 ± 0.49 ^{ab}	6.99 ± 0.64 ^c	4.45 ± 0.20 ^a	6.63 ± 0.54 ^b	40.5 ± 2.7 ^b
试验组3	72.18 ± 2.11	16.27 ± 0.67 ^{ab}	6.75 ± 0.45 ^c	4.43 ± 0.23 ^a	6.52 ± 0.58 ^b	40.0 ± 3.4 ^b
试验组4	72.74 ± 0.60	16.74 ± 0.30 ^b	5.79 ± 0.48 ^b	4.60 ± 0.24 ^a	6.25 ± 0.37 ^b	37.3 ± 2.1 ^b
试验组5	72.89 ± 1.03	16.76 ± 0.16 ^b	4.10 ± 0.53 ^a	5.32 ± 0.43 ^b	5.58 ± 0.30 ^a	33.3 ± 1.8 ^a

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)。1) 能量(kJ/g) = 蛋白质 × 23.64 + 脂肪 × 39.54; 2) 能量蛋白比(J/g) = 能量/蛋白质含量

表5 实验各组水质指标

Tab.5 The indexes of water quality in fishponds

项目	开始	对照组	试验1组	试验2组	试验3组	试验4组	试验5组
WT(°C)	31.9 ± 0.2	33.0 ± 0.2	32.8 ± 0.1	33.0 ± 0.3	32.9 ± 0.1	32.3 ± 0.3	33.1 ± 0.3
SD(cm)	80 ± 3 ^c	30 ± 2 ^b	29 ± 1 ^b	31 ± 2 ^b	25 ± 3 ^b	25 ± 1 ^b	22 ± 2 ^a
pH	7.01 ± 0.03 ^b	7.10 ± 0.04 ^a	7.12 ± 0.03 ^a	7.08 ± 0.05 ^a	7.13 ± 0.04 ^a	7.11 ± 0.04 ^a	7.09 ± 0.03 ^a
DO(mg/L)	5.10 ± 0.21 ^c	4.11 ± 0.04 ^b	4.08 ± 0.16 ^b	3.88 ± 0.09 ^a	4.23 ± 0.11 ^b	4.06 ± 0.07 ^b	3.77 ± 0.16 ^a
NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	0.17 ± 0.05 ^a	0.62 ± 0.07 ^b	0.61 ± 0.03 ^b	0.62 ± 0.07 ^b	1.22 ± 0.04 ^c	1.64 ± 0.10 ^c	2.02 ± 0.07 ^d
NO ₂ -N(mg/L)	0.01 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.01 ^b	0.02 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^c	0.13 ± 0.02 ^c	0.19 ± 0.02 ^d
SRP(mg/L)	0.04 ± 0.02 ^a	0.19 ± 0.01 ^d	0.11 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.02 ^b	0.11 ± 0.01 ^b	0.10 ± 0.02 ^b	0.10 ± 0.01 ^b
PP(10 ⁶ /L)	0.42 ± 0.04 ^a	0.91 ± 0.07 ^a	1.04 ± 0.15 ^b	1.06 ± 0.18 ^b	1.14 ± 0.16 ^{bc}	1.11 ± 0.07 ^b	1.26 ± 0.11 ^c
PZ(L ⁻¹)	1522 ± 148 ^a	4139 ± 196 ^a	4552 ± 133 ^b	4413 ± 234 ^b	4069 ± 119 ^a	4503 ± 150 ^b	5106 ± 342 ^c

同一行数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)

随着水中浮游植物(PP)和浮游动物(PZ)总量增加明显下降, 试验 5 组最高($P < 0.05$); 试验 2、5 组水体溶氧量(DO)显著性低于其它实验组; 试验 3、4、5 组水体氨氮($\text{NH}_4\text{-N}$)与亚硝酸盐($\text{NO}_2\text{-N}$)含量显著性高于其它实验组($P < 0.05$); 对照组水体可溶性活性磷(SRP)含量显著性高于试验组($P < 0.05$); 对照组水体中浮游植物(PP)和浮游动物(PZ)总量显著性低于试验组, 试验 5 组最高($P < 0.05$)。表明吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼随着日粮中蔗糖糖蜜替代次粉后比例升高, 养殖水体水质主要变化为水体中氨氮与亚硝酸盐含量、浮游植物(PP)和浮游动物(PZ)总量显著增加。对照组、试验 1、2 组水体为 Ⅲ类水质, 试验 3、4 组为 Ⅳ类水质, 试验 5 组为 Ⅴ类水质。

3 讨论

本实验结果表明, 在吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼实用日粮中添加蔗糖糖蜜替代 60%及以上小麦次粉时, 养殖水体中浮游植物(PP)和浮游动物(PZ)总量随着显著增加, 透明度明显下降, 达到富营养型水体(谷孝鸿, 1994)。其主要原因为蔗糖糖蜜主要成分为蔗糖为主的小分子糖类, 较小麦次粉主要成分小麦淀粉较易被水体中浮游植物繁殖利用, 水体中丰富的浮游植物为浮游动物大量繁殖提供了有利条件。在这种富营养型养殖水体中, 由浮游动物与鱼体产生的氨氮与亚硝酸盐含量明显增加, 使养殖水质明显恶化, 从适宜养殖的 Ⅲ类水质降至不宜养殖的 Ⅴ、Ⅵ类水质(中国国家环境保护局, 2002)。由于大部分硬骨鱼对氨氮的毒性较为敏感(Usepa, 1989; Rasmussen *et al*, 1996), 亚硝酸盐延缓罗非鱼的生长(赵元凤等, 1991)。所以当蔗糖糖蜜完全替代小麦次粉后, 其摄食量与生长均明显下降; 当蔗糖糖蜜替代 60%及以上小麦次粉时, 其饲料效率显著性下降; 当蔗糖糖蜜替代 60%及以上小麦次粉时, 肠脂指数与鱼体脂肪沉积明显下降。综合本实验养殖水体水质变化、实验各组鱼的生长性能、饲料效率和鱼体近似成分分析, 作者认为, 在池塘养殖环境下, 吉富品系尼罗罗非幼鱼实用日粮中蔗糖糖蜜可以替代 40%的次粉, 即蔗糖糖蜜在配合饲料中添加量不宜高于 8%。

现代水产养殖方式是从流水养殖(淡水养殖)与网箱养殖(海水养殖)开始, 具有养殖密度大、水体交换量大、人工投饵的特点(Klebert *et al*, 2013; Troell *et al*, 2013)。因此, 传统水产营养养殖实验方法一般在水族箱、水泥池与网箱中进行, 其养殖环境与流水养殖和

网箱养殖接近, 但忽略了日粮对养殖水体和天然饵料的影响, 也难以正确评价饲料与饲料原料在池塘养殖环境下对养殖水产动物与水质的效果。作者在前期采用传统流水网箱方法, 评价实用日粮中添加蔗糖糖蜜养殖吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼效果时, 认为日粮中蔗糖糖蜜可以完全替代小麦次粉, 原因就是忽略了日粮中蔗糖糖蜜对养殖水质与天然饵料的影响, 其结果并不适合我国大部分罗非鱼为池塘养殖的现状(杨淞等, 2012)。我国是世界上最大的淡水养殖地区, 同时也是世界淡水资源匮乏的地区, 发展淡水养殖必须建立在保护我国淡水资源的基础上。相对于网箱与流水养殖模式, 池塘养殖模式具有用水量少、养殖水体封闭, 有利于节约与保护水资源的优势; 同时具有稳定高产、天然饵料丰富、生长快、饲料效率与养殖效益高的特点(Bosma *et al*, 2011; Belton *et al*, 2012; Wezel *et al*, 2013)。本实验结果也表明, 在实验鱼品种一样, 实验鱼大小、日粮配方与水温基本一致条件下, 池塘养殖罗非鱼幼鱼较网箱养殖其生长性能与饲料效率均提高了 30%以上(杨淞等, 2012)。池塘养殖是我国目前淡水养殖鱼类的主要方式, 其养殖产量占到我国淡水养殖总产量近 70%, 是我国淡水养殖可持续发展的方向(徐皓等, 2009; Xie *et al*, 2013)。在水产营养学中建立科学的池塘养殖模式, 改变传统水产营养学单一的流水养殖模式(水族箱、水泥池与网箱), 使其满足池塘养殖的要素, 对发展我国池塘养殖, 保护水资源具有重要的理论与实用价值。

参 考 文 献

- 王 武, 2000. 鱼类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 52
 王万东, 2007. 吉富罗非鱼养殖技术. 养殖与饲料, 20(11): 13—15
 中国国家环境保护局, 2002. 中华人民共和国地表水环境质量标准 GB3838-2002. 北京: 科学出版社, 5
 杨 淞, 冯 健, 宁 毅等, 2012. 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. 海洋与湖沼, 43(1): 78—83
 肖 宇, 孙建凤, 2002. 糖蜜在反刍动物营养中的应用. 中国饲料, 25(2): 18—20
 谷孝鸿, 1994. 不同养殖类型池塘浮游生物群落结构的初步分析. 湖泊科学, 6(3): 276—282
 郝向举, 2012. 全球罗非鱼的生产与消费. 中国水产, 34(3): 42—44
 徐 皓, 刘兴国, 吴 凡, 2009. 池塘养殖系统模式构建主要技术与改造模式. 决策参考, 10(8): 7—9
 雷衍之, 2006. 养殖水环境化学实验. 北京: 中国农业出版社,

- 42—80
- 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
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of Analysis (15th edn.). Arlington, VA, USA: 65—72
- Belton B, Azad A, 2012. The characteristics and status of pond aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture*, 358—359: 196—204
- Bosma R H, Verdegem M C, 2011. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science*, 139(1—2): 58—68
- Halver J E, Hardy R W, 2002. *Fish Nutrition*. third edition. Academic Press, London, 2
- Klebert P, Lader P, Gansel L *et al*, 2013. Hydrodynamic interactions on net panel and aquaculture fish cages. *Ocean Engineering*, 58(4): 260—274
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC, USA: 114
- Rahman M M, Jo Q, Gong Y G, 2008. A comparative study of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and calbasu (*Labeo calbasu* Hamilton) on bottom soil resuspension, water quality, nutrient accumulations, food intake and growth of fish in simulated rohu (*Labeo rohita* Hamilton) ponds. *Aquaculture*, 285(1): 78—83
- Rasmussen R S, Korsgaard B, 1996. The effect of external ammonia on growth and food utilization of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 205(1—2): 35—48
- Troell M, Kautsky N, Beveridge M *et al*, 2013. *Aquaculture. Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*: 189—201
- Usepa P, 1989. *Ambient water quality criteria for ammonia (saltwater)*. National Technical Information Springfield, VA: 54—56
- Wezel A, Robin J, Guerin M *et al*, 2013. Management effects on water quality, sediments and fish production in extensive fish ponds in the Dombes region, France. *Limnological Ecology and Management of Inland Waters*, 43(3): 210—218
- Xie B, Qin J, Yang H *et al*, 2013. Organic Aquaculture in China: *Aquaculture*, e414—415(15): 243—253

EVALUATION OF EFFECT OF SUGARCANE MOLASSES IN PRACTICAL DIET ON AQUACULTURE PERFORMANCE OF GIFT NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) JUVENILE IN SIMULATED POND

QIN Zhi-Biao, PENG Qi, WU Bin, WANG Fei, FENG Jian
(*Institute of Aquaculture, Guangxi University, Nanning, 530004*)

Abstract The effect of practical diet's sugarcane molasses on aquaculture performance in GIFT Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Juvenile under simulated pond environment was researched in this paper. Six isonitrogenous (34.8%) and isoenergetic (16.4MJ/kg) formulated diets were designed in which the control group contained 20% wheat middling (WM) in diet and WM were replaced by sugarcane molasses (SM) progressively with the level of 20%, 40%, 60%, 80% and 100% as test groups 1, 2, 3, 4 and 5, respectively. Each diet was fed to 90 fish [(6.6±0.1)g; mean±SE] for 56 days in triplicate cement pools, random arranged in pools of an outdoor with simulated pond environment system. The experimental results showed that no significant difference with feed intake (FI) and specific growth rate (SGR) was found among the fish in control group and test group 1—4 ($P>0.05$), but the both indexes of fish in test group 5 were lower than fish in control group significantly ($P<0.05$). Otherwise, no significant difference with feed effectiveness rate, approximate composition of carcass, viscerasomatic indices and main indexes of water quality in ponds was found among the fish in control group and test group 1—2 ($P>0.05$). The experiment results consider that under the simulation environment in the pond farming, 40% WM in practice diet of GIFT Nile tilapia juvenile could be replaced by SM, namely allowed additive amount of SM in practice diet should be 8%.

Key words *Oreochromis niloticus*; diet; sugarcane molasses; pond; aquaculture