

投饲频率对瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*) 幼鱼胃排空、生长效益及体组成影响*

覃志彪 赵海祥 赵华林 冯 健 钟 鸣 罗 波

(广西大学水产研究所 南宁 530004)

提要 应用鱼类胃排空与养殖实验方法,研究了瓦氏黄颡鱼幼鱼的不同投饲频率对其胃排空、生长以及体组成的影响。结果表明,瓦氏黄颡鱼其胃排空的数学模型描述为平方根模型,胃内饲料在投喂后 36h 和 40h 左右完全排空,达到投喂前水平。瓦氏黄颡鱼幼鱼在投饲频率为 1 天 3 次、1 天 2 次和 2 天 2 次时其生长率和摄食量显著高于投饲频率为 1 天 1 次或 2 天 1 次时($P < 0.05$);而在投饲频率为 1 天 1 次、2 天 2 次和 2 天 1 次时其饲料效率显著高于投饲频率为 1 天 3 次或 1 天 2 次时($P < 0.05$)。随着投饲频率降低,投饲频率对鱼体营养成分均无明显影响($P > 0.05$)。各投饲频率组间的肝体指数无显著性差异,肝脏结构正常。5.9—31.8g 瓦氏黄颡鱼幼鱼的最佳投饲频率为 2 天 2 次,它较 1 天 1 次和 2 天 1 次明显提高了生长速度,较 1 天 3 次、1 天 2 次明显提高了饲料效益。

关键词 瓦氏黄颡鱼,投饲频率,胃排空,生长效益,体组成

中图分类号 S963.73

瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli* Richardson)是近年来我国广泛养殖的一种小型本土经济鱼类。传统鱼类投饲频率实验方法为养殖试验,通过鱼类在其养殖期间的生长性能、饲料效益、机体营养成分和健康状态,评价其适宜的投饲频率,但养殖试验周期较长,受试验鱼类的大小和养殖条件的影响较大,人力物力支出较大(Lee *et al.*, 2000)。近年来,胃排空(排空率和排空时间)这一简单、快速的方法开始被用来评价鱼类的投饲频率(Lee *et al.*, 2000; Riche *et al.*, 2004)。研究表明,通过鱼类消化和胃排空之间的关系可以了解其食欲恢复状况,在鱼类食欲恢复时投喂饲料能使其摄食率达到最大化并增加饲料效益,证实了鱼类胃排空和食欲恢复的关系就可以估计出最佳的投喂频率,养殖鱼类可以通过胃排空试验来制定投喂方案,提高生产效益(Lee *et al.*, 2000; Riche *et al.*, 2004)。我国目前水产养殖中尚未见鱼类胃排空在投饲频率研究中的应用报道。因此,本试验对此进行了研究,旨在评估不同投喂频率下瓦氏黄颡鱼幼鱼饱

食后的对其胃排空及食欲恢复的影响,并与传统养殖试验进行比较,以期养殖黄颡鱼提供适宜投饲频率数据和评价鱼类胃排空在评价适宜投饲频率的意义。

1 材料与方法

1.1 实验鱼和养殖

1000 尾瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli* Richardson)幼鱼由广西南宁水产良种繁育场提供,暂养一周后开始正式分组实验,每天 2 次投喂鱼体重 3% 的实验日粮。在养殖实验开始前和结束后,随机各取 200 尾鱼养殖于 6 个水族箱(150L)中进行胃排空试验。取 450 尾健康无病、大小较一致,初始体重为(5.9 ± 0.2)g 的个体为养殖实验鱼,分成 15 组(5 个实验组,每组 3 个平行),每组 30 尾鱼,随机饲养于 15 个水泥池中,每个水泥池中架设白色圆形食台($r = 8.5\text{cm}$,高 3cm)。每个水泥池长×宽×高为 1.2×0.8×1.2m,保持水深 0.85m,养殖水体积为 0.816m³。实验期间采用微流

* 广西科技厅基金项目,09321022 号。覃志彪,讲师, qzb1703@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:2009-10-12, 收修改稿日期:2009-12-19

水交换, 换水频率为每天换水 1/3。整个实验期间水质监测(每天测 3 次水温, 每周测 1 次水质指标)情况为: 水温(29.8±1.5)°C, 溶解氧为(8.13±0.04)mg/L, pH 7.12±0.14, 氨氮(0.10±0.01)mg/L, 亚硝酸盐(0.04±0.003)mg/L, 硝酸盐(0.02±0.002)mg/L, 钙含量为(25.8±0.2)mg/L。饲养阶段养殖在室外进行, 光周期为自然周期, 试验为 6 周。在实验中不同的投饲频率和时间为: 1 天 3 次(08:00、13:00、18:00)、1 天 2 次和 2 天 2 次(08:00、18:00)、1 天 1 次和 2 天 1 次(09:00)。实验期间按饱食量进行投喂, 即每次把饲料少量多次投入网箱中食台内, 观察实验鱼的进食情况, 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。养殖试验结束前一天停止饲喂。

1.2 实验日粮

实验日粮主要营养物质需要量参照 NRC 鱼类营养标准(NRC, 1993)和蒋蓉等(2004)、黄钧等(2009)关于黄颡鱼幼鱼的相关研究报道, 实验饲料组成和主要营养指标见表 1。所有的固体原料粉碎过 60 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为直径为 1.5mm 的颗粒饲料, 于 65°C 烘干, 储存于密封塑料袋中, 置-20°C 冰柜中备用。

表 1 实验日粮的组成和成分

Tab.1 Ingredients and proximate composition of the experimental diets

原料	百分比(%)	营养成分	百分比(%) (实际测量值)
秘鲁鱼粉	30.00	水分	11.40
豆粕	40.00	粗蛋白	42.01
面粉	18.40	粗脂肪	8.89
酵母	3.00	粗纤维	4.26
磷酸二氢钙	0.80	粗灰分	6.35
大豆油	6.40	无氮浸出物 ¹⁾	27.11
复合多维	0.20	总能(MJ/kg) ²⁾	17.95
复合多维	1.00		
氯化胆碱	0.20		

注: 1) 无氮浸出物 = 100-(%蛋白质 + %脂肪 + %灰分 + %粗纤维); 2) 总能(MJ/kg) = 蛋白质 × 23.6 + 脂肪 × 39.5 + 无氮浸出物 × 17.6

1.3 样本的采集与计算分析

1.3.1 胃内容物的排空与胃排空数学模型选择

试验鱼饥饿一天(第一天的 18:30 至第三天的 09:00, 共计 38h)使其排空胃, 实验前各试验组随机取出 10 尾鱼, 解剖观察鱼胃内残余饲料量。实验开

始时后按饱食量进行投喂, 即将饲料少量多次投入水族箱中, 观察实验鱼的进食情况, 投喂后 3min 后若水族箱中有剩余的饲料, 则结束投喂并捞出残饵。投喂后 4h 随机取 10 尾鱼, 以后每隔 4h 随机取 10 尾鱼, 并用浓度为 100mg/L 的 MS22 麻醉液麻醉后, 解剖鱼体, 分离出胃内饲料称重(湿重), 计算其胃内容物的排空率, 胃排空率 = [胃内残余饲料湿重(g) / 鱼体重(g) × 100h] (Riche *et al.*, 2004)。

选用目前胃排空率研究中最常用的 3 种数学模型, 即指数模型、线性模型和平方根模型(Jobling, 1987), 本研究用回归曲线相关系数的二次方值(R^2)检验上述 3 种排空数学模型对实测值的拟合程度, 通过比较各拟合模型的判定系数(R^2)、残差标准差(SDR)以及残差平方和(RSS)等来选择瓦氏黄颡鱼幼鱼的最佳胃排空率模型(Jobling, 1987)。3 种数学方程式如下:

线性模型: $Y = A - Bx$; 指数模型: $Y = A \exp(-Bx)$; 平方根模型: $Y^{0.5} = A - Bx$

式中, Y 为瞬时胃内残余饲料湿质量(胃内残余饲料湿重 g / 鱼体重 g × 100); B 为瞬时胃排空率[胃内残余饲料湿重(g) / 鱼体重(g) × 100h]; x 为排空实验开始后的时间(h); A 为常数。

1.3.2 养殖试验样本的采集与计算

养殖实验开始前取 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营养成分。实验开始与结束时, 对实验各组的鱼记数、称重, 计算其存活率和特定生长率。统计每天的余料和残饵数量, 计算其摄食量和饲料效率。实验结束后每实验组 3 个平行水泥池随机各取 3 尾鱼, 共 9 尾鱼, 分别称重, 烘干, 用于测全鱼主要营养成分; 另取 9 尾鱼, 分别称重, 解剖取肝脏称重计算肝体指数。实验饲料原料、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 Van Soest 等(1991)描述的方法进行测定。每实验组 3 个平行水泥池共取 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 5μm, H.E、钼酸和 PAS 染色观察组织变化。

有关参数计算公式如下(Halver *et al.*, 2002):

成活率(SR)(%) = 实验结束鱼尾数 / 实验开始时尾数 × 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) × 100/t,

饲料效率率(FER)(%) = (W $_f$ - W $_i$) / FI × 100,

肝体指数(HSI)(%) = W $_h$ / W $_b$ × 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 为养殖实验天数(d); FI 为摄食量; W_b 为鱼体重(g); W_h 为肝脏质量(g)。

1.3.3 数据处理和分析 记录统计胃排空在胃出现速率, 采用 ANOVA 方法对数据进行线性分析 (SPSS18.0)。对胃排空数据进行转换, 转换后的数据随时间产生的线性关系, 斜率之间的差异进行了 t 检验, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。

采用 SPSS18.0 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 \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 多重比较各实验组间差异的显著性, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 养殖实验开始和结束后瓦氏黄颡鱼幼鱼胃内饲料排空变化

在养殖实验开始和结束后, 分别测定其胃内饲料排空变化, 其结果见图 1。实验前各试验组随机取出 10 尾鱼, 解剖观察到所有鱼胃内均无残余饲料, 其胃排空率为 0。以 3 种数学模型分别拟合其胃排空实验数据, 发现它们的拟合度均较高, 但平方根模型的判定系数 R^2 最高、 RSS 以及残差 SDR 最低(表 2), 较其它 2 种模型更适于定量描述其胃排空曲线(表 2)。养殖实验开始和结束后瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空的速

率两者之间无显著差异, 表示胃排空速率与鱼体大小无关。养殖实验开始时和结束后胃内饲料完全排空时间分别为 36h 和 40h, 达到投喂前的水平, 而 95% 胃内饲料排空时间分别为 32h 和 36h, 养殖实验开始和结束后瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空变化不大。养殖实验开始时(鱼体均重为 5.9g), 胃内饲料在投喂后 4—12h 快速下降 56.7%, 后逐步降低。养殖实验结束后(鱼体均重 28.3g)胃内饲料在投喂后 4—16h 快速下降 48.0%, 后逐步降低。

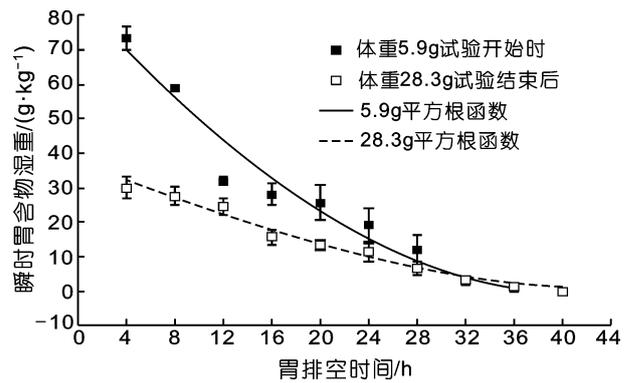


图 1 养殖实验开始和结束后瓦氏黄颡鱼胃排空变化
Fig.1 Gastric evacuation for fish at the start and end of the test

2.2 不同投饲频率组鱼的存活率、摄食量, 生长性能和日粮利用率

在整个试验期间, 不同投饲频率组鱼没有出现死亡, 存活率均为 100%。实验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率见表 3。随着投饲频率的减少,

表 2 3 种数学模型对实验开始和结束后的瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空曲线的拟合结果
Tab.2 Simulation of the gastric evacuation of fish with three mathematical models

体重和温度	数学模型	A	B	R^2	SDR	RSS
(5.9 \pm 0.2)g	平方根模型	2.933	0.072	0.957	0.511	1.567
(30.1 \pm 0.5) $^{\circ}$ C	指数模型	13.863	0.104	0.950	0.546	2.088
	线性模型	7.057	0.214	0.908	0.797	4.446
(28.3 \pm 1.1)g	平方根模型	1.957	0.040	0.978	0.172	0.238
(30.3 \pm 0.6) $^{\circ}$ C	指数模型	6.488	0.092	0.938	0.387	1.049
	线性模型	3.304	0.089	0.971	0.198	0.315

表 3 不同投饲频率组鱼的摄食量、特定生长率和饲料效率

Tab.3 The feed intakes (FI), specific growth ratios (SGR) and feed effectiveness ratios (FER) in fish with different feeding frequencies

投饲频率	始重(g)	末重(g)	摄食量	特定生长率(%/d)	饲料效益(%)
1天3次	5.9 \pm 0.3	31.8 \pm 3.5	41.6 \pm 5.1 ^a	4.01 \pm 0.39 ^a	62.26 \pm 5.51 ^c
1天2次	5.9 \pm 0.4	29.1 \pm 2.6	34.5 \pm 4.2 ^b	3.80 \pm 0.23 ^a	67.25 \pm 8.06 ^c
1天1次	5.9 \pm 0.1	23.2 \pm 2.5	22.3 \pm 0.3 ^c	3.26 \pm 0.25 ^b	77.58 \pm 1.81 ^b
2天2次	5.9 \pm 0.2	28.8 \pm 2.7	29.1 \pm 2.8 ^b	3.77 \pm 0.24 ^a	78.69 \pm 7.75 ^b
2天1次	5.9 \pm 0.3	17.9 \pm 3.9	13.9 \pm 0.7 ^d	2.65 \pm 0.42 ^c	86.33 \pm 4.63 ^a

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

瓦氏黄颡鱼幼鱼的特定生长率、摄食量均有降低, 1天3次投饲频率组最高, 与1天1次和2天1次组差异显著($P < 0.05$), 但与1天2次和2天2次组无显著差异($P > 0.05$), 2天1次组特定生长率、摄食量最低。饲料效益随着投喂次数的减少逐步提高, 2天1次投喂频率组显著高于其它各组, 而1天1次和2天2次组显著高于1天3次和1天2次组($P < 0.05$)。

2.3 不同投饲频率组别的鱼体营养成分和肝脏变化

不同投饲频率组别的鱼体营养成分与肝体指数见表4。从表4中可以看出, 随着饲喂频率的减少, 瓦氏黄颡鱼幼鱼鱼体水分含量逐渐下降, 蛋白质与脂肪含量逐步上升, 但除2天1次组鱼体脂肪含量外, 不同投饲频率组别的鱼体营养成分无显著性差异($P > 0.05$), 说明投饲频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼体组成的影响主要表现为对鱼体水分含量的影响。各投饲频率组别间肝体指数无差异显著($P > 0.05$)。肝脏大体与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沉积等物理性损伤特征的改变。

3 讨论

3.1 养殖试验对瓦氏黄颡鱼幼鱼不同投饲频率的综合效果评价

养殖试验为传统鱼类投饲频率实验方法, 通过鱼类在其养殖期间的生长性能、饲料效益、鱼体营养成分组成和健康状况, 综合全面评价出其适宜的投饲频率(De Silva *et al.*, 1995)。鱼类的最适投饲频率受鱼的种类、大小、饲料蛋白和能量比例以及前期饲喂条件等的影响(Wang *et al.*, 1998; Company *et al.*, 1999)。研究表明, 随着投饲频率的增加鱼类生长率的提高主要有2种原因: (1) 因投饲频率增加而引起的鱼的摄食量的提高可以在一定程度上提高鱼的生长, 而与饲料转化率无关(Ishiwata, 1969)。(2) 鱼类的生

长率与饲料转化率同时升高, 这可能是由于饲料效益上升所致(Wendell *et al.*, 1978; Omar *et al.*, 1987)。另一些研究却发现, 在投喂过量的情况下, 往往造成体增重或饲料效率降低。虹鳟幼鱼在饱食的情况下1天3次组别的体增重效果明显好于1天1次和1天6次组鱼(Grayton *et al.*, 1977)。240g的太平洋鲑鱼在饱食情况下1天2次组别与2天2次组别鱼体增重相似, 但2天2次组别的饲料效益明显提高(冯健等, 2005)。本研究结果表明, 随着投饲频率增加, 试验鱼的摄食量和生长性能不断提高, 但其饲料效益却持续下降。瓦氏黄颡鱼幼鱼1天3次投饲频率组特定生长率最高, 较其它投饲频率组鱼高5.2%—33.9%, 但饲料效益最低, 较其它投饲频率组鱼低8.0%—38.7%, 说明其高生长性能是以高摄食量和较低的饲料转化效益为基础, 造成饲料浪费和成本上升。而2天1次投饲频率组别的饲料效益虽然明显高于其它各投饲频率组, 但特定生长率和摄食量却显著降低($P < 0.05$), 说明其投饲频率过低, 摄食量太少, 不能满足瓦氏黄颡鱼幼鱼的正常生长营养需要。2天2次投饲频率组别的特定生长率与1天2次组别相似, 显著高于2天1次和1天1次组, 与1天3次组无显著差异, 但其饲料效益显著高于1天3次和1天2次组($P < 0.05$), 表明其较高的生长性能主要是提高了饲料效益的缘故。鱼体营养成分分析表明, 投饲频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼体组成的影响主要表现为对鱼体水分含量的影响, 随着投饲频率的减少, 瓦氏黄颡鱼幼鱼鱼体水分含量逐渐下降, 蛋白质与脂肪含量逐渐上升。除2天3次组外, 各投饲频率组别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, 未见肝脏营养代谢性病变。因此本实验认为, 瓦氏黄颡鱼幼鱼的最适投饲频率为2天2次, 表现出较高的生长性能和饲料转化效益, 较其它投饲频率具有更好的养殖效益。王武等(2007)报道,

表4 不同投饲频率组别的鱼体营养成分分析和肝体指数(%)

Tab.4 Proximate analysis of nutrient contents (%) by body and Hepatosomatic indices (HIS) (%) in fish with different feeding frequencies

投饲频率	水分	蛋白质	脂肪	灰分	肝体指数
起初值	73.52±0.37	16.42±0.11 ^c	8.04±0.33 ^a	2.22±0.13 ^a	2.21±0.33
1天3次	73.95±1.00	15.08±0.22 ^a	7.83±0.42 ^a	3.04±0.16 ^b	2.08±0.44
1天2次	73.73±0.56	14.82±0.45 ^a	8.01±0.17 ^a	3.19±0.27 ^b	2.07±0.39
1天1次	73.66±0.39	14.95±0.52 ^a	7.88±0.42 ^a	3.68±0.24 ^b	2.16±0.36
2天2次	73.27±0.42	15.65±0.50 ^{ab}	8.26±0.33 ^a	3.77±0.32 ^b	2.39±0.39
2天1次	72.61±1.45	15.78±0.43 ^b	9.31±0.44 ^b	3.39±0.26 ^b	2.52±0.43

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

当瓦氏黄颡鱼投饲频率为1天4次、1天3次、1天2次、1天1次和2天1次时,其最适投饲频率为1天3次,本试验中1天3次投饲频率组鱼生长效益仅次2天2次组鱼,与之相似。

3.2 胃排空试验对瓦氏黄颡鱼幼鱼不同投饲频率的效果评价

鱼类的胃排空方式及其影响因素复杂多样。目前文献中最经常使用的是指数模型、平方根模型和直线模型,它们都是描述曲线关系,只是假设不同(Marais *et al.*, 1979; Gershanovich *et al.*, 1992)。指数模型是表面积模型,即食物的表面积影响消化和排泄,消化酶接触到食物的外表面,消化速率和颗粒的表面积成比例。根据这个模型,胃内残留物的排空曲线被转化为指数并与饲喂后时间相关。平方根模型和直线模型是体积依赖模型,食物摄入的体积通过胃的膨胀调节其排泄速率。假设胃的膨胀开始与蠕动收缩,周缘张力与半径成比例,因此与残留物的体积的平方根成比例。初始的体积越大,那么起始的排空速率越大。根据这个模型,胃内残留物的排空曲线被转化平方根线性化,与饲喂后时间相关(Marais *et al.*, 1979; Gershanovich *et al.*, 1992)。Jobling(1987)分析了许多已发表的数据后认为,指数模型在描述鱼类摄食粒度小、易消化食物的排空曲线时最好,而干颗粒饲料排空的最好描述为平方根或线性模型。本试验结果表明,5.9g左右和28.3g左右瓦氏黄颡鱼排空率最佳描述为平方根模型,其胃内饲料完全排空时间分别为36h和40h(图1),95%的胃内饲料排空时间分别为32h和36h。鱼类胃的排空速率很大程度上与其食欲的恢复有关,Grove等(1978)研究表明,虹鳟胃内容物排出超过50%后,其食欲的恢复也超过50%。一般认为,胃内残留物为零或胃内容物完全排空时为鱼类食欲完全恢复适宜指标,即食欲恢复的极限点(Marais *et al.*, 1979; Grove *et al.*, 1978)。但考虑到投饲频率,胃满度以及食欲恢复之间的关系,另一些学者认为,95%的胃排空是养殖环境下的合理的实际极限(Bromley, 1987)。Thia-Eng等(1978)发现巨石斑鱼[*Epinephelus taulina* (Forsk.)]95%胃内食物在36h内被消化,因此他们假设间隔36h的投饲频率能提高摄食量和促进生长。本试验结果证实瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空率和排空时间与适宜的投饲频率存在密切关系,投饲频率为1天3次、1天2次时,其投饲间隔时间分别为5h、10h,在这期间瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空快速下降到大约70%和60%,胃内饲料未经充分消化进入肠道导致

营养成分的较低利用效率,短时间间隔的饲喂导致食物低效率的消化和利用在其它鱼类研究中也曾报道(Gwyther *et al.*, 1981)。当投饲频率为1天1次和2天1次时,其投饲间隔时间分别为24h和48h,在这期间瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空率下降到大约20%或完全排空后16h,前者尚未达到0%—5%胃排空率区间,其食欲尚未完全恢复,而后者远超过了食欲恢复的极限点,这都使其摄食量明显降低,生长性能低下。投饲频率为2天2次时,其投饲间隔时为36—10h循环,一方面36h的排空时间使瓦氏黄颡鱼幼鱼胃内容物完全排空,食欲得到恢复,另一方面8h后再摄食增加了饲料摄食量,使胃肠中营养物质总量上升,同时弥补了瓦氏黄颡鱼幼鱼胃容量较小、饱食后胃内饲料量较比目鱼和石斑鱼等相对较少的问题(Gwyther *et al.*, 1981)。因此其生长性能与饲料转化率均较高,养殖效益明显好于其它投饲频率组鱼。这与前面养殖试验的结论一致。

综上所述,对不同投饲频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼胃排空、生长效益和体组成的影响研究结果表明,在投饲较高的蛋白质含量与能量水平的饲料时,瓦氏黄颡鱼幼鱼的适宜投饲频率为2天2次。用胃排空评价瓦氏黄颡鱼幼鱼的适宜投饲频率是一种简便、有效的方法。

参 考 文 献

- 王 武,周锡勋,马旭洲等,2007. 投饲频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼生长及蛋白酶活力的影响. 上海水产大学学报, 16(3): 224—229
- 冯 健,李程琼,梁桂英等,2005. 淡水养殖太平洋鲑鱼饥饿后补偿性生长效果研究. 中山大学学报, 44(3): 86—89
- 黄 钧,冯 健,孙 挺等,2009. 瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson)幼鱼日粮中主要营养素需要量研究. 海洋与湖沼, 40(4): 437—455
- 蒋 蓉,宋学宏,叶元士等,2004. 黄颡鱼饲料中适宜的蛋白质含量和能量蛋白比. 大连水产学院学报, 19(4): 252—257
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1—23
- Bromley P J, 1987. The effects of food type, meal size and body weight on digestion and gastric evacuation in turbot, *Scophthalmus maximus* L. J Fish Biol, 30: 501—512
- De Silva S S, Anderson T A, 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall, New York, NY, 32—40
- Grayton B D, Beamish F W H, 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout *Salmo gairdneri*. Aquaculture, 11: 159—172

- Grove D J, Loizides L G, Nott J, 1978. Satiation amount, frequency of feeding gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. J Fish Biol, 12: 507—516
- Gwyther D, Grove D J, 1981. Gastric emptying in *Limanda limanda* and the return of appetite. J Fish Biol, 18: 245—259
- Halver J E, Hardy R W, 2002. Fish Nutrition. Academic Press, third edition. New York: 8—40, 603—606
- Ishiwata N, 1969. Ecological studies on the feeding of fishes: VIII. Frequency of feeding and growth. Bull Jpn Soc Fish, 35: 985—990
- Jobling M, 1987. Influences of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: test of a physiological model of gastric emptying. J Fish Biol, 30: 299—314
- Lee S, Hwang U, Cho S H, 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 187: 399—409
- Marais J K, Kissil G W, 1979. The influence of energy level on the feed intake, growth, food conversion and body composition of *Sparus aurata*. Aquaculture, 17: 203—219
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, D C, USA, 114
- Riche M, Haley D I, Oetker M *et al*, 2004. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 234: 657—673
- Thia-Eng C, Seng-Keh T, 1978. Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus taulina* Forskal, cultured in floating net-cages. Aquaculture, 14: 31—43
- Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci, 74: 3583—3597
- Wang N, Hayward R S, Nohie D B, 1998. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. Aquaculture, 165: 261—267
- Wendell J T, Foltz J W, Sarokon J A, 1978. Effect of fish size, temperature and a digestibility of a pelleted diets by rainbow trout *Salmo gairdneri*. Trans Am Fish Soc, 107: 613—616

EFFECTS OF FEEDING FREQUENCY ON GASTRIC EVACUATION, GROWTH PERFORMANCE AND BODY COMPOSITION OF JUVENILE DARKBARBEL CATFISH (*PELTEOBAGRUS VACHELLI* RICHARDSON)

QIN Zhi-Biao, ZHAO Hai-Xiang, ZHAO Hua-Lin, FENG Jian,
ZHONG Ming, LUO Bo

(Institute of Aquaculture, Guangxi University, Nanning, 530004)

Abstract A 6-week experiment was conducted to determine the optimum feeding frequency for gastric evacuation, growth performance and body composition of juvenile Darkbarbel catfish (*Pelteobagrus vachelli* Richardson). At the start and end of the feeding trial, gastric evacuation rate of the fish was monitored after feeding. Gastric evacuation of fish was best fitted with square root model. By the square root model of GER, it was estimated that evacuation would require 36—40h reaching the pre-feeding level and 95% evacuation would require 32—36h, which suggested the return of appetite. Three replicate groups of fish (average weight of 5.9 g) were fed to visual satiety with pellet feed at different feeding frequencies (three meals a day, two meals a day, one meal a day, two meals every 2 days or one meal every 2 days). Weight gains and feed intakes of the fish fed triple a day, twice a day and twice every 2 days were significantly higher than those of the fish fed once a day or once every 2 days ($P < 0.05$), but feed efficiency ratios in the fish fed once a day, twice every 2 days and once every 2 days were significantly higher than those of the fish fed triple a day or twice a day ($P < 0.05$). As feeding frequency gradually decreased, moisture content of fish body increased. Feeding frequency had no significant effects on protein and fat content of fish body, except for fish fed once every 2 days. Hepatosomatic indices (HIS) of fish with different feeding frequencies were not significantly different and the livers were normal. It is concluded that two meals every 2 days is more effective than other feeding frequencies for improving growth performance of juvenile Darkbarbel catfish from 5.9 to 31.8g. Gastric evacuation is a simple and convenient way to evaluate optimal feeding frequency of juvenile Darkbarbel catfish.

Key words *Pelteobagrus vachelli*, Feeding frequency, Gastric evacuation, Growth performance, Body composition