

## 投喂时间对奥尼罗非鱼活动水平和活动节律的影响

杨严鸥<sup>1,2</sup> 解绶启<sup>1</sup> 姚 峰<sup>2</sup> 杨云霞<sup>1</sup> 朱晓鸣<sup>1</sup> 雷 武<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所,淡水生态与生物技术国家重点实验室,武汉 430072; 2. 长江大学动物科学学院,荆州 434025)

**摘要:**根据投喂时间不同,将奥尼罗非鱼分为 4 个实验组(每组 9 尾),每组每天饱食投喂 2 次,投喂时间分别为 8:00 + 14:00、14:00 + 20:00、20:00 + 2:00 和 2:00 + 8:00 (依次用 S1、S2、S3 和 S4 表示),并使用 Videomex-V 影像运动监视系统全天监测奥尼罗非鱼的活动。结果显示,S1 和 S2 组单位体重的摄食量显著低于 S3 和 S4 组,S1 和 S2 组无显著差异,S3 和 S4 组也无显著差异;投喂时间对全天游泳距离和游泳时间无显著影响,但对活动节律有明显的影响,S1 和 S2 组的活动节律聚为一类,S3 和 S4 组的活动节律聚为另一类。

**关键词:** 投喂时间;奥尼罗非鱼;活动水平;活动节律

**中图分类号:** S965 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2008)01-0038-04

鱼体的生长在不同程度上受到每天投喂时间的影响<sup>[1,2]</sup>,由于生长可以用能量收支公式  $G = C - F - U - R_s - SDA - R_A$  表示<sup>[3]</sup>( $G$  为生长能, $C$  为食物能, $F$  为粪能, $U$  为排泄能, $R_s$  为标准代谢能, $SDA$  为特殊动力作用, $R_A$  为活动代谢耗能),因此可以说生长能的大小在不同程度上受到每天投喂时间的影响。那么,投喂时间如何影响生长能的大小呢?由于投喂时间不同实际上表示鱼类的摄食时段不同,而摄食又与活动密切相关,根据能量收支公式,当其他组分不变时,活动代谢耗能越小,生长能就越大,因此,可以考虑投喂时间是否会通过改变活动代谢耗能来影响生长能的大小。由于活动代谢耗能难以直接测定,而这种耗能又与活动水平密切相关,因此可通过研究活动水平的变化来探讨活动代谢耗能的变化<sup>[4-6]</sup>,这样,问题就转化为投喂时间是否会影响鱼类的活动水平。到目前为止,有关这方面的研究尚未见报道。本实验以奥尼鱼(尼罗罗非鱼( ) × 奥利亚罗非鱼( ))为研究对象来探讨这一问题,以加深对鱼类能量利用对策特点的认识。

鱼类的游泳行为具有昼夜节律性,这种节律性起源于鱼的机体内,同步于昼夜的更替<sup>[7,8]</sup>,同时也受到季节变化等环境因子的影响<sup>[9]</sup>。投喂时间作为一种环境因子,对这种节律性是否具有影响目前还不得而知。本研究同时对这一问题进行探讨,以期

为鱼类行为学的研究提供一些新的资料。

### 1 材料与方法

**1.1 饲养设备** 使用室内循环水养鱼系统。36 只透明的小型有机玻璃水族箱(28cm × 24cm × 20cm,水位高 10—12cm)置于大型的透明有机玻璃水族箱内,等距离排列。大型水族箱置于高 50cm 的钢架上,内有循环水通过,水交换量为 3000L/min,每只小型水族箱的箱壁上有若干小孔,以保证养殖水在小箱中能及时交换。实验期间小箱中水的溶氧大于 5.53mg/L,氨氮小于 0.1025mg/L。实验在夏季进行,水温 25℃,由制冷空调控制。另有一台空调抽湿,以保证室内空气干燥,仪器能正常工作。

**1.2 Videomex-V 影像运动监视系统** 美国 Columbus 公司生产,由摄影机、影像处理器、监视器和打印机 4 部分组成。红外敏感 Videomex-VCCD 摄影机提供实验鱼的影像,影像处理器(Panasonic Qquad WJ-450)将摄影机提供的信息输送到监视器屏幕上。实验开始前,多目标运动距离程序(Program: Multiple Object Distance Traveled)被输入影像处理器。每日的游泳速度和游泳时间由打印机输出。

**1.3 实验设计** 实验用奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)取自湖北省赤壁市罗非鱼良种实验场,为当年鱼种,体重(表 1)。运回后用

收稿日期:2006-09-11;修订日期:2007-06-20

基金项目:湖北省自然科学基金研究项目(2000J097);淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(2002FB12)资助

作者简介:杨严鸥,(1967—),男,四川省大邑县人;长江大学动物科学学院副教授,博士后;主要从事鱼类生理生态学和营养生理学研究

通讯作者:杨严鸥,E-mail:cdyyo@126.com

2 %食盐水消毒,转入大型循环水养鱼系统暂养。实验前 8 天用 2 %食盐水再次消毒后转入实验系统暂养,饵料为新鲜水蚯蚓。

实验开始前,将鱼饥饿 24h,随机取样称重,每一水族箱放鱼 1 尾,共 36 尾,每天投喂 2 次,并根据投喂时间的不同设成 4 个实验组,具体投喂时间依次为每天 8:00 和 14:00 各一次、14:00 和 20:00 各一次、20:00 和 2:00 各一次以及 2:00 和 8:00 各一次,分别用 S1、S2、S3 和 S4 表示,每组 9 个平行样,不同实验处理的位置随机安排。每次过量投喂新鲜水蚯蚓,喂前将水蚯蚓平摊在滤纸上吸水 2min 后称重,60min 后回收残饵,用相同方法称重,并根据溶失率校正残饵量。测定溶失率时在 9 个空白水族箱中投放定量的水蚯蚓,60min 后回收称重,计算溶失率。

摄影机镜头固定在可移动的落地式金属架上,垂直于水族箱上方。光照由置于钢架下方的日光灯

提供,光照周期为 12L:12D(白昼 7:00—19:00,夜间 19:00—7:00),白天光照强度为 300lx(白光),夜间为 0.5lx(红光)。每天测定 6 个水族箱,测定时间 8:00—19:00,20:00 至 7:00,计 22h,早晚各用 1h 移动摄影机和调节光强。共测定 6d,每一实验组数据由 9 尾鱼的平均数据求得。

1.4 数据处理 用 *t*-检验和单因素方差分析(ANOVA)以及 Tukey 检验处理相应的数据。显著性水平设置为  $\alpha=0.05$ 。统计软件为 Statistica Version 5.0。

## 2 结 果

### 2.1 摄食

由表 1 知,4 组实验鱼的初始体重无显著差异( $p>0.05$ ),S1 和 S2 组单位体重的摄食量显著低于 S3 和 S4 组( $p<0.05$ ),S1 和 S2 组无显著差异,S3 和 S4 组也无显著差异( $p>0.05$ )。

表 1 投喂时间不同时奥尼罗非鱼的体重和单位体重摄食量(平均值±标准差)\*  
Tab. 1 Body weight and diet weight/Body weight on different feeding time (mean±S.D.)\*

组别 Groups	S1	S2	S3	S4
体重 Body weight (g)	2.92±0.21	2.88±0.47	2.95±0.35	3.04±0.54
摄食量(湿重)/体重 Diet wet weight (g)/Body weight (g)	0.30±0.07 <sup>a</sup>	0.31±0.08 <sup>a</sup>	0.39±0.06 <sup>b</sup>	0.41±0.09 <sup>b</sup>

\*平均值后的字母不同表示有显著差异(Tukey 检验)  
\* Different letters after means indicate significant differences among different feeding time (Tukey test)

### 2.2 活动水平

由表 2 可知,不同实验组之间的游泳距离、白昼相对活动水平和夜间相对活动水平(距离)均无显著

差异( $p>0.05$ ),但 *t*-检验显示,S1 和 S2 组的白昼相对活动水平显著高于夜间( $p<0.05$ ),S3 和 S4 组的白昼和夜间相对活动水平则无显著差异( $p>0.05$ )。

表 2 投喂时间不同时奥尼罗非鱼的游泳距离与相对活动水平(距离)(平均值±标准差)\*  
Tab. 2 Swimming distance and relative activity level (distance) of hybrid tilapia on different feeding time (mean±S.D.)\*

组别 Groups	游泳距离 Swimming distance (m/d)	相对活动水平(距离) Relative activity level (Distance)		<i>t</i> -test
		昼 Day	夜 Night	
S1	1222.5±278.7	0.55±0.05	0.45±0.05	$p<0.05$
S2	1268.7±370.0	0.54±0.04	0.46±0.04	$p<0.05$
S3	1057.8±322.9	0.50±0.12	0.50±0.12	$p>0.05$
S4	1198.3±320.5	0.50±0.08	0.50±0.08	$p>0.05$

\*表注同表 1 \*Annotation is the same as Tab. 1

相对活动水平(距离)=昼(夜)游泳距离/全天游泳距离

由表 3 可知,不同实验组之间的游泳时间、白昼相对活动水平和夜间相对活动水平(时间)均无显著差异( $p>0.05$ ),但 *t*-检验显示,S1 和 S2 组的白昼相对活动水平显著高于夜间相对活动水平( $p<0.05$ ),S3 和 S4 组的这两种相对活动水平则无显著差异( $p>0.05$ )。

观察图 1 中 A 图游泳速度的变化趋势可知,S1 和 S2 组较为相似,S3 和 S4 组较为相似。观察 B 图每小时耗费在游泳上的时间的变化趋势可知,在白昼,S1 和 S2 组较为相似,S3 和 S4 组较为相似,在夜间,S1 和 S2 组不太相似,S3 和 S4 组则较为相似。

表 3 投喂时间不同时奥尼罗非鱼的游泳时间与相对活动水平(时间) (平均值 ±标准差) \*

Tab. 3 Swimming time and relative activity level (time) of hybrid tilapia on different feeding time (mean ±S. D.) \*

组别 Groups	游泳时间 Swimming time (h/ d)	相对活动水平(时间) Relative activity level (Time)		t-test
		昼 Day	夜 Night	
S1	8.57 ±0.93	0.55 ±0.03	0.45 ±0.03	p < 0.05
S2	8.96 ±1.73	0.55 ±0.04	0.45 ±0.04	p < 0.05
S3	7.90 ±1.75	0.51 ±0.11	0.49 ±0.11	p > 0.05
S4	8.26 ±0.97	0.53 ±0.04	0.47 ±0.04	p > 0.05

\*表注同表 1 \*Annotation is the same as Tab. 1

相对活动水平(时间) = 昼(夜) 游泳时间/ 全天游泳时间

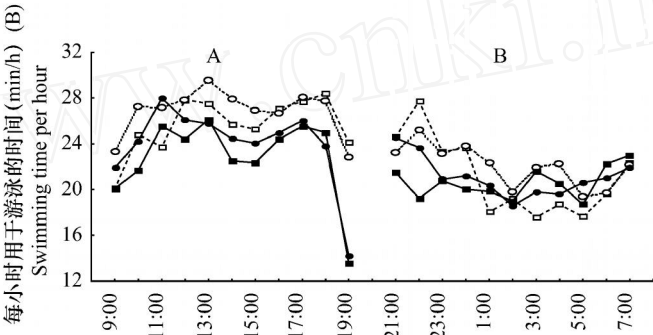


图 1 投喂时间不同时奥尼罗非鱼的活动节律图

Fig. 1 Activity rhythms of hybrid tilapia on different feeding time

□ : 8:00 + 14:00    ○ : 14:00 + 20:00    ■ : 20:00 + 2:00    ● : 2:00 + 8:00

图 2 的 A 图显示,以游泳速度表示活动节律时, S1 和 S2 组的活动节律聚为一类, S3 和 S4 组的活动

节律聚为另一类;B 图显示,以每小时花费的游泳时间表示活动节律时,结果与 A 图相似。

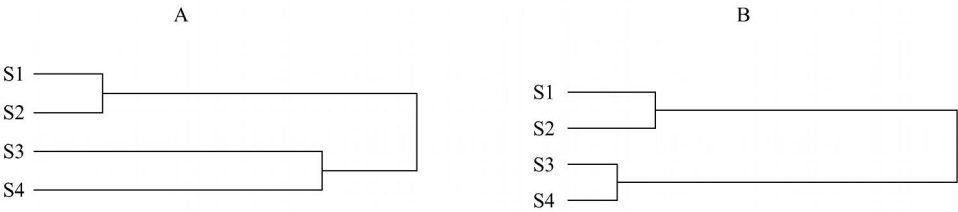


图 2 投喂时间不同时奥尼罗非鱼活动节律的聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of activity rhythms of hybrid tilapia on different feeding time

3 讨 论

本实验中, S1 和 S2 的单位体重摄食量显著低于 S3 和 S4, 这表明投喂时间对奥尼罗非鱼的摄食量有显著影响, 其摄食存在节律性, 这与对尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)<sup>[11]</sup> 和长吻鲮 (*Leiocassia longirostris* Günther)<sup>[10]</sup> 的研究结果相似。另一方面, 投喂时间对奥尼罗非鱼全天活动水平没有显著影响, 由于活动水平与活动代谢耗能密切相关<sup>[4-6]</sup>, 例如沙脑鱼 (*Sardinops sagax*) 的代谢率与游泳速度呈显著的线性关系<sup>[6]</sup>, 因此投喂时间对奥尼罗非鱼全天活动代谢耗

能没有显著影响。由于这方面的研究非常缺乏, 其他鱼类是否有类似现象还需要更多的实验去证实。

本实验显示, S1 和 S2 组白昼的相对活动水平显著高于夜间, 属于昼行性行为, 而 S3 和 S4 组白昼与夜间相对活动水平没有显著差异, 即投喂时间对活动节律产生了显著影响。可能的原因是, 投喂时间不同, 会导致不同实验组鱼类在某一相同时间段内的肠胃充塞度不同, 即饥饱感不同<sup>[10]</sup>, 而饥饱感不同又直接影响活动水平的高低, 即鱼类在饥饿和非饱食状态下的活动水平与饱食状态下有差异<sup>[11, 12]</sup>, 因此导致某一相同时间段活动水平有差

异,当若干个时间段活动水平都有差异时,就表现为全天活动节律有差异。有关鱼类活动节律的研究有过一些报道,一般认为光照是影响活动节律的最重要的因素<sup>[7,8]</sup>,但到目前为止,关于投喂时间对鱼类活动节律影响的研究尚未见报道,因此其他鱼类是否有类似现象还有待进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] Baras E, Thoreau X, Melard C. Influence of feeding time on growth and feed conversion rates in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* [J]. *Cah. Ethol. Fondam. Appl. Anim. Hum.*, 1995, **15**:71—80
- [2] Gêneau A, Mambrini M, Leatherland J F, et al. Effect of feeding time on hepatic nucleic acid, plasma T3, T4, and GH concentrations in rainbow trout [J]. *Physiol. Behav.*, 1996, **59**:1061—1067
- [3] Cui Y B. Bioenergetics of fishes: theory and methods [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, **13**:369—383 [崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 1989, **13**:369—383]
- [4] Stevens E, Dizon A E. Energetic of locomotion in warm-bodied fish [J]. *Ann Rev Physiol*, 1982, **44**:121—131
- [5] Boisclair D, Sirois P. Testing assumptions of fish bioenergetics models by direct estimation of growth, consumption, and activity rates [J]. *Trans Am Fish Soc*, 1993, **122**:784—796
- [6] Vander Lingen C D. Respiration rate of adult pilchard *Sardinops sagax* in relation to temperature, voluntary swimming speed and feeding behaviour [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1995, **129**(1—3):41—54
- [7] Manteifel B P, Girs I I, Pavlov D S. Rhythmic activity of fishes [M]. London: Academic Press. 1978, 215—224
- [8] Müller K. Rhythmic activity of fishes [M]. London: Academic Press. 1978, 1—20
- [9] Kohbara J, Hidaka I, Kuriyama I, et al. Nocturnal/ diurnal demand-feeding pattern of yellowtail *Seriola quinqueradiata* under different keeping conditions [J]. *Fish. Sci.*, 2000, **66**:955—962
- [10] Han D. Modeling for feeding system and pollution evaluation in Chinese longsnout catfish [M]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2005 [韩冬. 长吻鮠投喂管理和污染评估动态模型的研究. 博士学位论文. 中国科学院水生生物研究所. 2005]
- [11] Wurtsbaugh W A, Cech J J. Growth and activity of juvenile mosquito fish: temperature and ration effects [J]. *Trans Am Fish Soc*, 1983, **112**:653—660
- [12] Yang Y O. Effect of diet quality and ration level on growth and activity of fishes with different feeding habits [M]. Thesis for Doctor of Science. Huazhong Agricultural University, 2003 [杨严鸥. 饲料质量和摄食水平对不同食性鱼类生长和活动的影响. 博士学位论文. 华中农业大学. 2003]

## THE EFFECTS OF FEEDING TIME ON ACTIVITY LEVELS AND RHYTHMS OF HYBRID TILAPIA ( OREOCHROMIS NILOTICUS × O. AUREUS )

YANG Yan-Ou<sup>1,2</sup>, XIE Shou-Qi<sup>1</sup>, YAO Feng<sup>2</sup>, YANG Yun-Xia<sup>1</sup>, ZHU Xiao-Ming<sup>1</sup> and LEI Wu<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;

2. Science of Animal College, Yangtze University, Jingzhou 434025)

**Abstract:** A 6d trial with Videomex-V image motion monitor system was conducted to investigate the activity levels and rhythms in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) on different feeding times. The trial was carried out in a self-circulation system consisting of 36 organic glass tanks (28cm × 24cm × 20cm, water 10—12cm deep). The monitor light period was from 8:00—19:00 and the dark period from 20:00—7:00, and two hours were spent to adjust image motion monitor system from 7:00 to 8:00 and 19:00 to 20:00. During the experiment, dissolved oxygen was maintained above 5.53mg/L, ammonia below 0.1025mg/L and temperature 25℃.

The fish were deprived of diet for one day at the beginning of the experiment, and then individual fish was randomly selected, batch-weighted and allocated into each tank. The 36 tanks were divided into 4 groups and each group contained 9 tanks selected randomly. The fish were fed twice a day and the feeding time was 8:00 + 14:00, 14:00 + 20:00, 20:00 + 2:00 and 2:00 + 8:00 individually (expressed by S1, S2, S3 and S4 individually), and uneaten feed was collected 60 min after feeding.

The results showed that the diet weights per body weight were significantly lower in groups S1 and S2 than in groups S3 and S4, and S1 and S2 were similar, S3 and S4 being, too; Activity rhythms, not swimming distance and time per day, were affected significantly by feeding time, and S1 had more similar activity rhythms to S2, and S3 had more similar activity rhythms to S4.

**Key words:** Feeding time; Hybrid tilapia; Activity level; Activity rhythm