

# 投喂频率对虎龙斑摄食·生长·饲料转化率的影响

吴永丽<sup>1,2</sup>, 黄建彪<sup>2</sup>, 马细兰<sup>2</sup>, 洪宇建<sup>3</sup>, 林瑞敏<sup>3</sup>, 周立斌<sup>2\*</sup>

(1. 西南林业大学, 云南昆明 650224; 2. 惠州学院, 广东惠州 516000; 3. 广东白鹤生物科技发展有限公司, 广东深圳 518120)

**摘要** [目的]研究投喂频率对虎龙斑摄食、生长和饲料转化率等指标的影响。[方法]试验共设置5个处理组,对平均始重(6.42±1.09)g的虎龙斑(*Hulong grouper*)进行不同频率的投喂,研究不同投喂频率对虎龙斑摄食率、生长和饲料转化率等指标的影响。[结果]投喂频率对虎龙斑存活的影响较大,投喂频率对虎龙斑的摄食率(Feeding rate, *FR*)和饲料转化率(Feed conversion rate, *FCR*)有显著影响( $P < 0.05$ ),但是投喂频率对虎龙斑末重的影响不显著( $P > 0.05$ )。[结论]该研究结果可为虎龙斑的科学养殖管理提供理论依据。

**关键词** 投喂频率;摄食率;特定增长率;饲料转化率

**中图分类号** S965.334 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)27-0108-02

## Effects of Feeding Frequency on Feeding, Growth and Feed Conversion Rate of Hulong Grouper

WU Yong-li<sup>1,2</sup>, HUANG Jian-biao<sup>2</sup>, MA Xi-lan<sup>2</sup>, ZHOU Li-bin<sup>2\*</sup> et al (1. Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516000)

**Abstract** [Objective] To study how feeding frequency influences on the feeding, growth, feed conversion efficiency and other indices of Hulong grouper. [Method] To set up 5 groups of different frequency of feeding, the average initial body weight of Hulong groupers (6.42 + 1.09) g in the groups, effects of feeding frequency on feeding rate, growth, feed conversion efficiency and other indices were studied. [Result] The results showed that feeding frequency influenced Hulong grouper survival rate, and had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on feeding rate (*FR*) and feed conversion rate (*FCR*), but had not a significant effect ( $P > 0.05$ ) on the final body weight. [Conclusion] The results can provide a theoretical basis for scientific breeding and management of Hulong grouper.

**Key words** Feeding frequency; Feeding rate; Specific growth rate; Feed conversion rate

石斑鱼(*Epinephelus*)是隶属鲈形目鲈亚目鳍科石斑鱼亚科(*Epinephelinae*)石斑鱼属(*Epinephelus*)鱼类的总称。虎龙斑是近年来我国鱼类繁育工作者应用鱼类远缘杂交技术培育出来的新品种,虎龙斑是以俗称“龙趸”的鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*)为父本,以俗称“老虎斑”的棕点石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*)为母本进行杂交所得。虎龙斑具有摄食力强、体形美观、色彩斑斓、肉质鲜嫩、无肌间刺等特点,因此发展前景极为广阔,是具有显著生长优势的杂交种<sup>[1]</sup>。

当确定饲料后,鱼类生长和食物利用效率取决于投喂量和投喂方法<sup>[2]</sup>。养殖鱼类的适宜投喂量和投喂频率因鱼种类、个体大小和饲料类型等而异<sup>[3]</sup>。过低或过高的投喂频率,可能无法满足鱼类存活和生长所需的食物供给,同时会增加养殖成本,且有破坏养殖环境的风险。研究表明,适宜的投喂频率可以提高鱼类的生长速度,降低饲料损失,从而提高饲料转化率<sup>[4-5]</sup>。适宜的投喂频率是提高养殖鱼类经济和生态效益的有效途径之一。笔者在投喂量相同的条件下投喂虎龙斑,研究不同投喂频率对其生长、饲料利用率和个体生化组成的影响,旨在为虎龙斑的科学养殖管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼及其饲养

**基金项目** 深圳市科技计划项目(CXZZ20140807151622227);广东省高校重大基础研究项目(2014KZDXM071);广东省高等学校高层次人才项目[粤财教(2013)246];惠州学院自然科学重点项目(2012ZD07)。

**作者简介** 吴永丽(1991-),女,广东河源人,硕士研究生,研究方向:鱼类生理学和分子生物学。\*通讯作者,教授,从事鱼类生理学和分子生物学研究。

**收稿日期** 2016-08-02

养殖的同一批次虎龙斑,饲养于广东省海洋渔业试验中心网箱养殖基地,在此期间喂养统一规格的石斑鱼专用饲料(将广东白鹤生物科技发展有限公司微生物制剂拌在饲料中),每天2次,使之逐渐适应配合饲料。暂养2周后,对试验鱼饥饿24 h,挑选出150尾体格健壮、规格一致的试验鱼。整个试验周期均采用饱食投喂。

试验水源为过滤的自然海水,24 h不间断充气。试验期间水体中溶氧量保持在5 mg/L以上,氨氮浓度小于0.5 mg/L。试验采用自然光照,试验期间水温为24~30℃,盐度为24‰~32‰。

**1.2 试验设计** 试验鱼初始体重为(6.42±1.09)g,随机投入各组的10个网箱内,每个网箱15尾。试验设计5种投喂频率:①1次/2 d,在8:30投喂;②1次/d,在8:30投喂;③2次/d,分别在8:30和17:30投喂;④3次/d,分别在8:30、12:30和17:30投喂;⑤4次/d,分别在8:30、11:30、14:30和17:30投喂,养殖试验期30 d。

**1.3 试验方法** 每次投喂前对饲料称重,投喂量以使试验鱼达到表观上的饱食(以观察到的摄食行为为准)并略有剩余为准。待鱼摄食1 h后搜集残饵,烘干并称重,饲料溶失率按饲料在清水中的溶失率进行计算,并据此对残饵进行校正。

在整个试验期间,每天对每组的摄食情况进行统计,记录每箱鱼每次投喂后摄食的饲料量。在每次测定前1 d对每尾鱼进行称重。

**1.4 数据处理** 特定增长率(Specific growth rate, *SGR*)、摄食率(Feeding rate, *FR*)和饲料转化率(Feed conversion rate, *FCR*)分别按照以下公式计算:

$$SGR (\%/d) = 100 \times (\ln W_1 - \ln W_0) / t \quad (1)$$

$$FR (\%/d) = 100 \times TF / [t \times (W_1 + W_0) / 2] \quad (2)$$

$$FCR(\%) = 100 \times (W_1 - W_0) / TF \quad (3)$$

式中,  $W_0$ 、 $W_1$  分别为试验开始时和试验结束后鱼的体重(g),  $TF$  为总投饵量(g),  $t$  为试验时间(d)。

试验数据均以平均值  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm SD$ ) 表示。使用 SPSS 17.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 采用 Duncan's 法进行多重比较, 显著性水平设为 0.05。

## 2 结果与分析

**2.1 投喂频率对虎龙斑生长指标的影响** 由表 1 可知, 投喂频率对虎龙斑末重的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。但是, 当投喂频率为 3 次/d 时虎龙斑的末重最大, 当投喂频率为 2 次/d 时虎龙斑的末重最小。

**2.2 投喂频率对虎龙斑特定生长率的影响** 由表 1 可知, 投喂频率对虎龙斑特定生长率的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。当投喂频率为 3 次/d 时, 虎龙斑的特定生长率最高, 当投喂频率为 2 次/d 时虎龙斑的特定生长率最低。

**2.3 投喂频率对虎龙斑摄食率的影响** 由表 1 可知, 投喂

频率对虎龙斑摄食率的影响显著 ( $P < 0.05$ ), 虽然投喂频率为 1 次/d、2 次/d、3 次/d 和 4 次/d 的处理间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但与投喂频率为 1 次/2 d 的处理差异显著 ( $P < 0.05$ ), 其摄食率随着投喂频率的增加呈现上升的趋势。

**2.4 投喂频率对虎龙斑饲料转化率的影响** 由表 1 可知, 不同的投喂频率对虎龙斑饲料转化率的影响显著 ( $P < 0.05$ ), 当投喂频率为 2 d/次时虎龙斑的饲料转化率最高, 虽然投喂频率为 1 次/2d、1 次/d 和 3 次/d 的处理虎龙斑的饲料转化率差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 投喂频率为 1 次/d、2 次/d、3 次/d 和 4 次/d 的处理虎龙斑的饲料转化率差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但是当投喂频率为 1 次/2d 和 2 次/d 的处理虎龙斑的饲料转化率差异显著 ( $P < 0.05$ )。

**2.5 投喂频率对虎龙斑成活率的影响** 由表 1 可知, 不同投喂频率对虎龙斑成活率的影响显著 ( $P < 0.05$ )。当投喂频率为 3 次/d 时虎龙斑的成活率最高, 投喂频率为 1 次/d 时虎龙斑的成活率最低, 且饲喂频率为 1 次/2 d 和 1 次/d 的处理出现残食现象。

表 1 投喂频率对虎龙斑生长指标的影响

Table 1 Effects of feeding frequency on growth indexes of Hulong grouper

投喂频率 Feeding frequency 次/d	始重 Initial weight g	末重 Terminal weight g	特定生长率 Specific growth rate/%/d	摄食率 Feeding rate %/d	饲料转化率 Feed conversion rate/%	成活率 Survival rate %
1/2	6.42 $\pm$ 1.09	13.33 $\pm$ 0.91	2.43 $\pm$ 0.23	1.76 $\pm$ 0.28 b	133.32 $\pm$ 9.96 a	84.38 $\pm$ 11.05 bc
1	6.42 $\pm$ 1.09	13.95 $\pm$ 2.39	2.54 $\pm$ 0.32	2.05 $\pm$ 0.06 a	117.01 $\pm$ 12.30 ab	73.33 $\pm$ 4.71 c
2	6.42 $\pm$ 1.09	12.42 $\pm$ 0.93	2.20 $\pm$ 0.25	2.00 $\pm$ 0.03 a	105.70 $\pm$ 9.49 b	90.00 $\pm$ 2.36 ab
3	6.42 $\pm$ 1.09	14.30 $\pm$ 0.62	2.67 $\pm$ 0.14	2.13 $\pm$ 0.08 a	119.32 $\pm$ 10.54 ab	100.00 $\pm$ 0.00 a
4	6.42 $\pm$ 1.09	13.05 $\pm$ 1.27	2.34 $\pm$ 0.38	2.07 $\pm$ 0.02 a	108.09 $\pm$ 11.66 b	93.33 $\pm$ 0.00 ab

注: 同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 3 结论与讨论

该试验中虽然虎龙斑的末重并不随着投喂频率的增加而逐渐增加, 因为试验中虎龙斑较小, 可能对试验结果也会产生一定的误差。随着投喂频率的增加, 虎龙斑的末重呈上升的趋势, 当投喂频率为 3 次/d 时虎龙斑的末重最大。

孙丽慧等<sup>[6]</sup>研究表明随着投喂频率的增加, 鱼类的生长率显著提高, 说明投喂频率对鱼类的特定生长率有显著影响。该试验中虽然投喂频率对虎龙斑生长率的影响不显著。随着投喂频率的增加, 虎龙斑特定生长率呈明显的上升趋势, 当投喂频率为 3 次/d 虎龙斑特定生长率达到最大值。Ruohonen 等<sup>[7]</sup>研究表明生长率达到一定程度后会下降, 但也没有表现出显著差异, 这与该试验结果相吻合, 因此推断体重为 7 g 左右的虎龙斑可采取 3 次/d 的投喂频率。这同时也证实鱼类的投喂频率并不是越高越好。

何利君等<sup>[8]</sup>研究表明随着投喂频率的提高, 鱼类的摄食率也会相应提高, 认为摄食率的改变是影响鱼类生长的主要原因。孙存军<sup>[9]</sup>研究表明鱼类摄食率随着投喂频率的增加而增加, 但是中频率组和高频率组没有显著差异, 此外当投喂频率增加到一定情况后摄食率反而有所下降, 但也没有表现出显著差异。该试验中虎龙斑摄食率虽然随着投喂频率的增加而增加, 当投喂频率为 4 次/d 时虎龙斑摄食率却有所

下降, 但与投喂频率为 3 次/d 差异不显著。虎龙斑摄食率随着投喂频率的增加而有所增高, 到达一定状态下就会趋于稳定状态。

关于投喂频率对鱼类饲料转化率的影响目前主要有 4 种观点: 第 1 种认为, 投喂频率是通过改变摄食率来影响鱼类的生长, 而与饲料转化率无关; 第 2 种认为, 鱼类饲料转化率随着投喂频率的增加而下降; 第 3 种认为, 饲料转化率会随着投喂频率的增加而提高; 第 4 种认为, 中等投喂频率组的饲料转化率最高, 减少或者增加投喂频率都会使饲料转化率下降<sup>[10]</sup>。该试验结果表明, 当投喂频率为 1 次/2 d 时饲料转化率最高, 投喂频率为 1 次/2 d、1 次/d 和 3 次/d 的处理间差异不显著, 但投喂频率为 1 次/2 d、2 次/d、4 次/d 的处理间差异显著, 饲料转化率也呈现先下降后升高再下降的情况。当投喂频率为 1 次/2 d 时饲料转化率最高, 据此推断是因为投喂频率低, 促使其消化和对能量的储存存在优势, 从而使饲料转化率比其他处理高。随着投喂频率的增加, 饲料转化率开始下降, 当投喂频率为 3 次/d 时出现上升, 当投喂频率为 4 次/d 饲料转化率出现下降。究其原因, 是因为摄食量会因其自身消化等有一定的限制, 投喂频率过高会使其因为分次取食而消耗掉一部分的能量, 最终使得饲料转化率

(下转第 141 页)

重量迅速增加,生物量分配率迅速上升,到9月,地下部分生物量分配率高于地上部分。根据药用大黄的生长发育规律,在田间管理中可以选择相应的施肥措施,在生长初期,增施氮肥和磷肥,促进地上部分各器官的生长;在生长后期,增施钾肥,促进地下部分各器官的生长,以利于提高药用大黄药材产量。

种植的药用大黄在第3年单株鲜重达1496.21g,比野生药用大黄种子育苗移栽的掌叶大黄植株第3年鲜重(1020.00g)<sup>[13]</sup>高,栽培的药用大黄生物量增长趋势呈幂函数曲线,说明药用大黄在第3年末就可以收挖。

依靠中藏药种植技术研究、中藏药种植技术推广等项目实施,影响和带动农牧民种植药材的习惯和积极性,发展高原道地中药材是农户增收、企业创利的发展方向,稳步实现贫病群众脱贫致富,促进川西藏区经济社区全面协调可持续发展,从而实现“搬得出、稳得住、可发展、能致富”的目标。同时在药用大黄的最好生长区内,撒播或点播药用大黄的种子,并增加相应的保护措施,不仅可以缓解药用大黄供应压力,也将有利于药用大黄资源的恢复。

(上接第109页)

出现缓降情况。

该试验结果表明,投喂频率对虎龙斑成活率的影响显著。当投喂频率为1次/2d和1次/d时虎龙斑成活率最低,且出现残食现象,且鱼体非常瘦弱,显然是营养不足。史则超等<sup>[11]</sup>研究表明饵料不足是鱼类引起残食的主要原因。投喂频率为3次/d时虎龙斑成活率最高,为100%,因此推断投喂频率为1次/2d、1次/d和2次/d的处理,虎龙斑的死亡很大程度上是由于饵料不足引起的,投喂频率为4次/d时虎龙斑虽然也有死亡,但是与投喂频率为3次/d的处理差异不显著,可能是由自然因素和投喂过度所致。

该试验结果表明,虎龙斑的投喂频率对其生长的影响显著。试验鱼每次投喂都使其吃饱,因此最适投喂频率必须结合摄食率、特定生长率和饲料转化率综合分析。综上所述,虎龙斑随着投喂频率的增加其摄食率和特定生长率都会有所增加,到达平衡后会趋于稳定状态,表现出差异不明显。饲料转化率会在较低投喂频率时较高,但虎龙斑会因饥饿而出现残食现象,随着投喂频率的增加,饲料转化率会出现一个下降的趋势,在适宜的投喂频率又会有所升高,但是随着投喂频率的持续增加,因其摄食量会因自身原因有一定的限度,而又因高频率的投喂使其频繁取食,会消耗掉一些能量,

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:2005年版一部[S]. 北京:北京人民出版社,2005.
- [2] 梁永锋. 掌叶大黄与河套大黄化学成分的比较研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(26):12540-12541,12558.
- [3] 杨秀伟,赵静,张雁,等. 大黄的研究[J]. 中草药,1998,29(5):289-293.
- [4] 李军林,王爱芹,李家实,等. 河套大黄非蒽醌类成分研究[J]. 中草药,1998,29(11):721-723.
- [5] 黄泰康. 常用中药成分与药理手册[M]. 北京:中国医药科技出版社,1994:227.
- [6] 陈季武,胡天喜. 大黄清除活性氧的作用[J]. 中国药理学杂志,1996,31(8):461.
- [7] 王鸿利. 大黄有效单体止血机理的临床研究[J]. 中西医结合杂志,1985(9):555-557.
- [8] 胡昌江,马烈,何学梅,等. 九制大黄蒽醌衍生物对动物高血脂及血液流变学的影响[J]. 中成药,2001,23(1):31-33.
- [9] 温枫. 大黄的药理作用及其临床应用[J]. 山西中医,2000,6(3):53-54.
- [10] 白振强,薛峰,尚安明,等. 中国大黄属植物资源调查[J]. 北京医科大学学报,1993,25(S1):132-134.
- [11] 王用平. 大黄的栽培方法[J]. 特产研究,1990(4):51-52.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:2010年版一部[S]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [13] 李斌常,何凯,张三元. 掌叶大黄生物学特性的研究[J]. 中药材,1992,15(8):8-10.

最终饲料转化率会出现下降的趋势,但与最适投喂频率下的饲料转化率差异不明显。

## 参考文献

- [1] 广东大亚湾水产试验中心. 广东培育出石斑鱼杂交苗种[J]. 水产科学,2010,21(2):45.
- [2] WANG Y, KONG L, LI K, et al. Effects of ration level and feeding frequency on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea mitchthioides*) reared in net pens [J]. Aquaculture, 2007, 271: 350-356.
- [3] 邹记兴,向文洲,胡超群,等. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的生长与发育[J]. 高技术通讯,2003,13(4):77-84.
- [4] KUBITZA F, LOVSHIN L L. Formulated diets, feeding strategies, and cannibalism control during intensive culture of juvenile carnivorous fishes [J]. Reviews in fisheries science, 1999, 7(1): 1-22.
- [5] 王武,周锡勋,马旭洲,等. 投喂频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼生长及蛋白酶活力的影响[J]. 上海海洋大学学报,2007,16(3):224-229.
- [6] 孙丽慧,王际英,丁立云,等. 投喂频率对星斑川鲮幼鱼生长和体组成影响的初步研究[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(2):190-195.
- [7] RUOHONEN K, VIELMA J, GROVE D J. Effects of feeding frequency on growth and food utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring or dry pellets [J]. Aquaculture, 1998, 165(1): 111-121.
- [8] 何利君,谢小军,艾庆辉. 饲喂频率对南方鲂的摄食率、生长和饲料转化效率的影响[J]. 水生生物学报,2003,27(4):434-436.
- [9] 孙存军. 饵料类型和投喂频率对鳊幼鱼摄食、生长、肌肉成分和消化酶活力的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
- [10] 邹雄,章龙珍,刘鉴毅,等. 投喂频率对点篮子鱼生长性能影响[J]. 现代渔业信息,2013,28(1):27-32.
- [11] 史则超,陈孝焯,王卫民,等. 不同投喂频率对南方鲂稚鱼生长和存活率的影响[J]. 水生态学杂志,2008,29(1):93-96.