

# 光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食、生长和存活的影响

吴亮<sup>1,2</sup>, 吴洪喜<sup>2,3</sup>, 马建忠<sup>2,3</sup>, 王瑶华<sup>2,3</sup>, 陈婉情<sup>1,2</sup>, 刘志明<sup>1,2</sup>, 关献涛<sup>1,2</sup>

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005; 3. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005)

**摘要:** 为探究光色对鱼类摄食、生长和存活的影响, 作者在模块化小型循环水养殖系统中, 以豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)幼鱼(体长 21.2 cm±1.22 cm, 体质量 112.46 g±2.632 g)为对象, 设置 5 种光色环境(红、黄、绿、白和黑暗), 进行了 4 个月的循环水养殖实验。结果表明: 绿光下豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食率高、饵料转化率高、饵料系数低, 但不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼的摄食不存在显著性差异( $P>0.05$ ); 幼鱼的体长增长, 绿光组和红光组大, 且与其余 3 组间差异显著( $P<0.05$ ); 幼鱼的体质量增长, 绿光组最大, 红光组和黑暗组次之, 白光组和黄光组最小, 且三者间差异显著( $P<0.05$ ); 各组幼鱼的肥满度并没有显著性差异( $P>0.05$ ); 除白光组幼鱼存活率(只有 50%)最低外, 其余各组幼鱼存活率均在 80%以上, 其中绿光组最高, 为 88.33%。可见, 在循环水养殖生产中, 绿光环境有利于豹纹鳃棘鲈幼鱼的摄食、生长和存活。

**关键词:** 豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*); 光色; 摄食; 生长; 存活

中图分类号: S96 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)11-0044-08

doi: 10.11759//hykx20151212003

豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*), 俗名东星斑, 隶属于鲈形目(Perciformes)、鲈亚目(Perciformes)、鲈科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、鳃棘鲈属(*Ectropomus*), 属暖水性岛礁鱼类, 主要分布于西太平洋至印度洋海域, 但数量稀少<sup>[1]</sup>。豹纹鳃棘鲈肉质鲜嫩, 味道鲜美, 具有低脂肪、低胆固醇和高蛋白等特点, 且体色绚丽多彩, 是名贵高档的食用和观赏鱼类, 深受广大消费者喜爱, 市场前景广阔<sup>[2]</sup>。

鱼类的摄食、生长和存活易受各种环境因子的影响<sup>[3-5]</sup>。光照是影响鱼类视觉系统、摄食生长和生理生化指标的重要因子之一。国内外关于光照与鱼类摄食、生长和存活的关系以及鱼类视觉系统在摄食过程中的作用机制已有一些研究<sup>[6-11]</sup>。光色不仅会影响鱼类的摄食行为、摄食水层以及摄食强度, 还能促进或抑制鱼类的生长发育, 且对鱼类稚、幼鱼期的存活率有重要影响<sup>[12-13]</sup>, 但关于光色对豹纹鳃棘鲈的生长、摄食等影响的研究报道还相对较少。构建适宜的养殖环境, 减少应激反应, 促进摄食、生长以及提高养殖成活率是豹纹鳃棘鲈工厂化养殖生产中必须考虑的技术问题。作者探讨了光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食、生长和存活的影响, 以期为豹纹鳃棘鲈人工养殖中光环境因子的科学调控提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 实验幼鱼

购自海南省琼海县, 系人工繁殖培育的同批幼鱼, 在浙江省海洋水产养殖研究所洞头基地暂养 1 个多月(2014 年 10 月 20 日~2014 年 12 月 7 日)后供于实验。实验前, 挑选足够数量(约 900 尾)的健康、活泼、大小较均匀(体长 21.2 cm±1.22 cm、体质量 112.46 g±2.632 g)的个体移至玻璃钢水槽(体积为 1.413 m<sup>3</sup>)中进行 7 d 适应性暂养, 暂养用水与实验用水相同。

收稿日期: 2015-12-12; 修回日期: 2016-02-18

基金项目: 浙江省科技计划项目(2015F50009); 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室人才培养项目(2012F20020); 温州市海水增养殖产业科技创新团队建设项目(C20120004); 中央立项现代农业生产发展资金鱼类产业提升项目(浙海渔计[2013]48 号)

[Foundation: Science and Technology Project Foundation of Zhejiang Province, No. 2015F50009; Talent Cultivation Project of Zhejiang Key Lab of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-Resource, No. 2012F20020; Technology Innovation Team Building Project Foundation of Wenzhou Sea Water Aquaculture Industry, No. C20120004; Central Project to Promote the Development of Modern Agricultural Production and Development of Fish Industry Projects, No. (2013)48]

作者简介: 吴亮(1990-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 主要从事水生生物的养殖技术、生态学研究, E-mail: shhydxwl@126.com; 吴洪喜, 通信作者, 研究员, E-mail: whxchina@126.com

### 1.2 实验用水

取自浙江省洞头县洞桥岙海域, 并经 24 h 沉淀和砂滤。盐度为  $29.3 \pm 0.7$ , pH 为  $8.21 \pm 0.3$ , 水温为  $26 \sim 27^\circ\text{C}$ 。

### 1.3 实验装置

小型模块化循环水养殖系统。主要由模块化水处理单元(包括双体封闭式蛋白分离器、 $\text{CO}_2$  刨除滴流生物过滤器、移动式生物滤床、循环水泵、紫外线消毒器以及中央电子控制箱等)、滚筒式机械过滤器、蓄水箱、控温热泵、制氧机和养殖水槽等组成, 如图 1 所示。

实验幼鱼养殖在圆形玻璃钢水槽(直径 150 cm, 高 80 cm)内。水槽内壁和底部贴上实验设计需要颜色(黑色、白色、绿色、黄色、红色)、厚度为 0.05 mm 的 PP(聚丙烯)板, 水槽上方覆盖与水槽内相同颜色的不透光 PEE(聚醚酯)泡沫板(图 2), PEE 泡沫板下方设置若干 LED 灯(功率 10、20 或 30 W), LED 灯外包上与水槽等色的滤光纸(LT/LT610, 东莞市力拓电子实业有限公司生产), 通过调节 LED 灯数量与电压调节器(型号 PXL-3, 正泰电器有限公司生产), 控制各色光照在水体底层光照强度为 1 200 lx, 水下光照强度用数字式水下照度计(ZDS-10W, 正泰电器有限公司生产)测量。

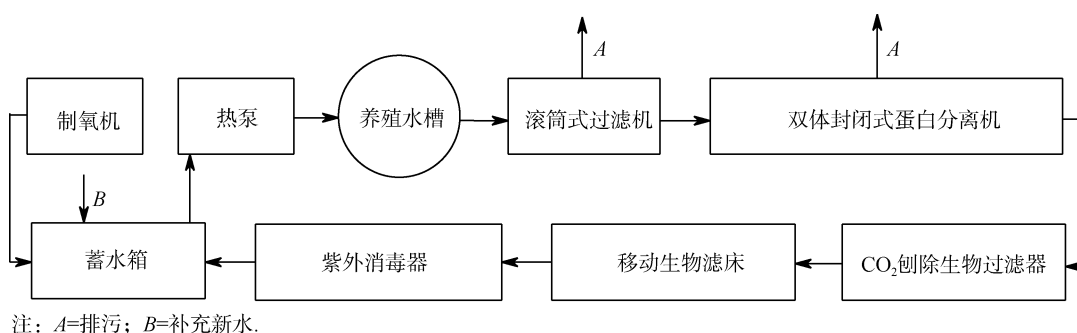


图 1 小型模块化循环水养殖系统示意图

Fig. 1 Flow chart of the small modular circulating-water aquaculture system

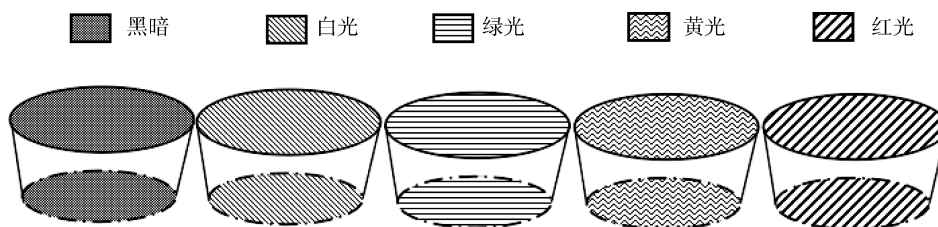


图 2 不同内壁颜色的循环水养殖水槽

Fig. 2 Experimental breeding sink

### 1.4 实验设计

根据日常生活和生产中的常见色, 结合实验材料的易购性, 实验在同一套循环水系统内, 设置白光(波段 400~450 nm)、绿光(波段 445~465 nm)、黄光(波段 460~480 nm)、红光(波段 570~700 nm)和黑暗 5 种光色的养殖背景(光色与水槽内壁颜色一致), 光照周期为 12 L: 12 D(由电子定时器控制, 8: 00 开灯, 20: 00 关灯), 每个水槽放养豹纹鳃棘鲈幼鱼 60 尾。每一光色组设置 3 个重复。

### 1.5 实验管理

实验从 2014 年 12 月 8 日开始至 2015 年 4 月 8 日

结束, 历时 4 个月, 系统内养殖水每日循环 12 次, 水温由热泵(型号 ZWH-KFX-BT12II/YC, 正旭新能源科技设备有限公司生产)自动控制, 保持  $24^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 溶解氧大于 5 mg/L。每天 8: 30 和 14: 30 各投饵 1 次, 每个水槽投饵位置相同, 投喂量以幼鱼不抢食, 出现少量多余饵料开始沉底为止, 记录各水槽的投饵量。每天用虹吸法吸除实验水槽底部的污物。实验开始及每隔 30 d 随机测量每个水槽中 20 尾幼鱼的体长和体质量, 计算幼鱼摄食、生长性能指标及存活率。其中, 实验开始前和实验结束后(120 d)的取样前 1 d 还需停止投饵。

### 1.6 计算公式

$$\text{存活率}(\%) = 100 \times N_f / N_i^{[14]}$$

$$\begin{aligned} \text{体长生长(cm)} &= (BL_2 - BL_1) / N^{14} \\ \text{体质量生长(g)} &= (BW_2 - BW_1) / N^{14} \\ \text{体质量特定生长率(\%/d)} &= 100 \times (\ln BW_2 - \ln BW_1) / (T_2 - T_1)^{15} \\ \text{体长特定生长率(\%/d)} &= 100 \times (\ln BL_2 - \ln BL_1) / (T_2 - T_1)^{15} \\ \text{肥满度} &= 1000 BW / FL_3^{16} \\ \text{摄食率(\%/d)} &= 100 \times F / [0.5 \times (BW_2 + BW_1) \times (T_2 - T_1)]^{15} \\ \text{饵料转化效率(\%)} &= 100 \times (BW_2 - BW_1) / F^{14} \\ \text{饵料系数} &= F / (BW_2 - BW_1)^{15} \end{aligned}$$

式中,  $N_i$ 、 $N_f$  分别为实验幼鱼初始尾数和最终尾数;  $N$  为取样时实验鱼尾数;  $BW_1$ 、 $BW_2$  分别为实验幼鱼初始体质量和最终体质量(g);  $T_1$ 、 $T_2$  分别为  $BW_1$ 、 $BW_2$  所对应时间;  $BL_1$ 、 $BL_2$  分别为实验幼鱼的初始体长和最终体长(cm);  $BW$  为实验幼鱼的体质量(g);  $FL$  为实验幼鱼的体长(cm);  $F$  为总摄食量(g)。

### 1.7 数据统计

数据结果均以平均值±标准差( $\bar{x} \pm SD$ )表示, 实验

表 1 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼的摄食率、饵料转化率和饵料系数

Tab. 1 Food intake (FI), food conversion efficiency, and food conversion ratio of juvenile *Plectropomus Leopardus* under different light colors

项目	黑暗	白光	绿光	黄光	红光
	/	(400~450 nm)	(445~465 nm)	(460~480 nm)	(570~700 nm)
摄食率(\%/d)	0.871±0.027 <sup>b</sup>	0.953±0.042 <sup>a</sup>	0.995±0.052 <sup>a</sup>	0.962±0.036 <sup>a</sup>	0.899±0.046 <sup>b</sup>
饵料转化率(\%)	88.941±0.421 <sup>a</sup>	74.161±0.532 <sup>b</sup>	85.767±0.446 <sup>a</sup>	73.102±0.361 <sup>b</sup>	85.493±0.442 <sup>a</sup>
饵料系数	1.174±0.012 <sup>b</sup>	1.348±0.042 <sup>a</sup>	1.166±0.034 <sup>b</sup>	1.368±0.044 <sup>a</sup>	1.170±0.056 <sup>b</sup>

注: 同一行数据上标字母不相同者差异显著( $P < 0.05$ ), 下表同

### 2.2 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼体长和体质量生长

实验 1 个月时, 绿光组幼鱼的体长最大, 且与其他 4 组差异显著( $P < 0.05$ ); 实验 3 个月时, 绿光组和红光组最大, 且与其余 3 组幼鱼体长差异显著( $P < 0.05$ )(图 3 a)。

实验 3 个月时, 绿光组和红光组幼鱼的体质量最大, 黑暗组次之, 白光组和黄光组最小, 其中绿光和红光组与白光组和黄光组差异显著( $P < 0.05$ ); 实验 4 个月时, 绿光组最大, 红光组和黑暗组次之, 白光组和黄光组最小, 且三者间差异显著( $P < 0.05$ )(图 3 b)。

### 2.3 不同光色下的豹纹鳃棘鲈幼鱼特定生长率

豹纹鳃棘鲈幼鱼体长增长, 基本上随养殖实验

数据采用 SPSS22.0 软件统计分析, 采用单因素方差分析(One-way ANOVA), 以新复极差法(Duncan)比较数据间的差异显著性,  $P < 0.05$  时有显著性差异。

## 2 实验结果

### 2.1 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼的摄食率和饵料转化率

实验结果显示(表 1), 在设定的波长范围内(400~700 nm), 随着波长的递增, 幼鱼摄食率呈先上升后下降趋势, 其中绿光组最高, 黑暗组和红光组最低; 饵料转化率和饵料系数无明显的变化规律, 饵料转化率黑暗组、绿光组和红光组较高, 白光组和黄光组较低。饵料系数白光组和黄光组较高, 黑暗组、绿光组和红光组较低。可见, 绿光是豹纹鳃棘鲈幼鱼工厂化循环水养殖环境最适宜的光色, 在该光色环境下, 幼鱼摄食率(0.995%±0.052%)/d 和饵料转化率最高(85.767%±0.446%), 饵料系数最低(1.166±0.034)。

时间的延长而上升, 实验结束时, 绿光组和红光组大, 且与其余 3 组间差异显著( $P < 0.05$ )(表 2)。

实验后 3 个月内, 各光色组的豹纹鳃棘鲈幼鱼体质量增长, 基本上都呈逐渐升高的趋势, 各光色组间均呈显著性差异( $P < 0.05$ ), 实验结束时(120 d), 绿光组最大, 红光组和黑暗组次之, 白光组和黄光组最小, 且三者间差异显著( $P < 0.05$ ), 其中绿光组比白光组高出 16.00%, 绿光组显示出明显的生长优势(表 3)。

### 2.4 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼肥满度

整个实验期间, 各光色组间幼鱼的肥满度均无显著差异( $P > 0.05$ ), 其数值范围为 1.013~1.064(表 4)。

### 2.5 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼存活率

实验结束时, 5 种光色组豹纹鳃棘鲈幼鱼存活率

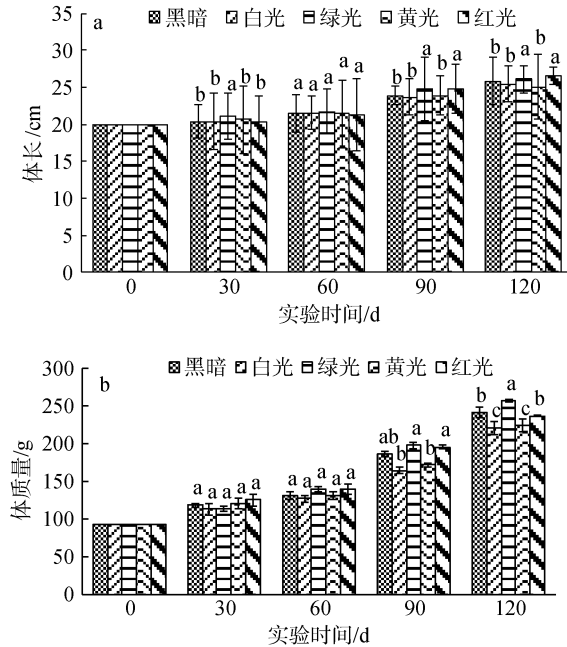


图3 不同光色环境下豹纹鳃棘鲈幼鱼体长生长(a)和体质量生长(b)

Fig. 3 Changes in the growth of juvenile *Plectropomus leopardus* under different light colors

呈显著性影响( $P < 0.05$ )。白光组幼鱼存活率最低, 只有 50%, 其余各组幼鱼存活率均在 80% 以上。不同光色组幼鱼存活率从高到低排列为: 绿光(88.33%) > 黑暗(86.67%) > 黄光(84.67%) > 红光(81.67%) > 白光(50.00%)(图 4)。

表 2 不同光色对豹纹鳃棘鲈体长特定生长率的影响

Tab. 2 Effect of different light colors on the specific body-length growth rate of *Plectropomus leopardus*

光色	体长特定生长率			
	30 d	60 d	90 d	120 d
黑暗	0.111±0.019 <sup>b</sup>	0.132±0.004 <sup>bc</sup>	0.219±0.015 <sup>b</sup>	0.284±0.008 <sup>c</sup>
白光	0.108±0.022 <sup>b</sup>	0.134±0.002 <sup>b</sup>	0.199±0.006 <sup>b</sup>	0.279±0.007 <sup>c</sup>
绿光	0.100±0.012 <sup>b</sup>	0.123±0.005 <sup>d</sup>	0.267±0.018 <sup>a</sup>	0.333±0.006 <sup>a</sup>
黄光	0.112±0.012 <sup>b</sup>	0.127±0.002 <sup>cd</sup>	0.219±0.014 <sup>b</sup>	0.277±0.014 <sup>c</sup>
红光	0.215±0.016 <sup>a</sup>	0.144±0.006 <sup>a</sup>	0.265±0.020 <sup>a</sup>	0.314±0.008 <sup>b</sup>

表 3 不同光色下豹纹鳃棘鲈体质量特定生长率

Tab. 3 Effect of different light colors on the specific body-weight growth rate of *Plectropomus leopardus*

光色	体质量特定生长率			
	30 d	60 d	90 d	120 d
黑暗	0.824±0.006 <sup>c</sup>	0.582±0.004 <sup>c</sup>	0.781±0.009 <sup>b</sup>	1.084±0.013 <sup>b</sup>
白光	0.692±0.017 <sup>d</sup>	0.530±0.003 <sup>d</sup>	0.655±0.032 <sup>d</sup>	0.995±0.034 <sup>d</sup>
绿光	0.677±0.004 <sup>d</sup>	0.697±0.007 <sup>a</sup>	0.877±0.041 <sup>a</sup>	1.154±0.014 <sup>a</sup>
黄光	0.898±0.030 <sup>b</sup>	0.581±0.001 <sup>c</sup>	0.721±0.043 <sup>c</sup>	1.025±0.025 <sup>c</sup>
红光	1.011±0.002 <sup>a</sup>	0.683±0.002 <sup>b</sup>	0.862±0.036 <sup>a</sup>	1.058±0.011 <sup>b</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食的影响

实验结果表明, 不同光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食率、饵料转化率和饵料系数均无显著性影响( $P > 0.05$ ), 但绿光下, 实验幼鱼摄食率(0.995 %/d)、饵料转化率较高(85.767%), 饵料系数较低(1.166±0.034)。适宜的光色能够影响鱼类等水生动物的摄食行为和摄食率, 如: 绿光可以提高梭鲈(*Sander lucioperca*)稚鱼的摄食率和饲料效率<sup>[16]</sup>; 蓝光对眼斑拟石首鱼(*Sciaemopsis celletus*)摄食影响最大, 同样绿光也有提高其摄食强度的效果<sup>[17]</sup>; 对大西洋鲑(*Salmo salar*)的研究表明, 蓝光下实验鱼摄食强度最小<sup>[18]</sup>; 绿光可以提高日本鲟(*Charybdis japonica*)的摄食强度<sup>[19]</sup> 而蓝光可以提高豹纹鳃棘鲈的摄食积极性<sup>[20]</sup>; 上述研究结果表明, 较短波长的绿光、蓝光对鱼类的摄食影响较大(表 5)。

本实验在 5 种不同光色下, 豹纹鳃棘鲈幼鱼的摄食不存在显著性差异, 但在绿光下, 豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食率大, 比黑暗组高出 14.24%, 饵料转化率高, 比黄光组高出 17.33%, 且饵料系数低, 比黄光组低 22.58%。实验结果表明, 豹纹鳃棘鲈幼鱼对不同的光色具有一定程度的敏感性和适应性, 其摄食率及摄食积极性对特定光色也具有特定的选择性。

表 4 不同光色下豹纹鳃棘鲈肥满度

Tab. 4 Effect of different light colors on the condition of *Plectropomus Leopardus*

光色	肥满度			
	30 d	60 d	90 d	120 d
黑暗	1.014±0.022 <sup>a</sup>	1.033±0.021 <sup>a</sup>	1.062±0.016 <sup>a</sup>	1.044±0.031 <sup>a</sup>
白光	1.016±0.021 <sup>a</sup>	1.013±0.026 <sup>a</sup>	1.052±0.017 <sup>a</sup>	1.053±0.022 <sup>a</sup>
绿光	1.015±0.011 <sup>a</sup>	1.042±0.022 <sup>a</sup>	1.054±0.021 <sup>a</sup>	1.032±0.024 <sup>a</sup>
黄光	1.013±0.028 <sup>a</sup>	1.033±0.011 <sup>a</sup>	1.064±0.022 <sup>a</sup>	1.034±0.025 <sup>a</sup>
红光	1.023±0.012 <sup>a</sup>	1.025±0.015 <sup>a</sup>	1.026±0.014 <sup>a</sup>	1.062±0.022 <sup>a</sup>

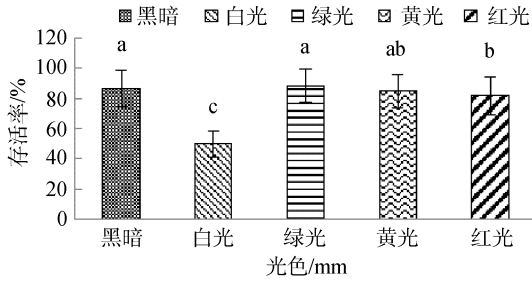


图 4 不同光色下豹纹鳃棘鲈幼鱼存活率

Fig. 4 Survival rate of *Plectropomus Leopardus* under different light colors

### 3.2 光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼生长的影响

光照对鱼类的生长发育具有重要的影响。近年来,国内外有关光色对鱼类生长影响的相关研究也逐步增加,例如浅色养殖桶有利于提高欧洲鲈鱼(*Perca fluviatilis*)的增长率,白光下,幼鱼体质量增长最快<sup>[21]</sup>;全黑暗条件不利于虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)幼鱼生长<sup>[22]</sup>;白光比红光和蓝光更适合点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)幼鱼的生长<sup>[23]</sup>;蓝光不利于虹鳟幼鱼的生长,红光有利于金头鲷(*Sparus aurata*)幼鱼的生长<sup>[24]</sup>;与白光、蓝光相比,红光可以显著地促进鲤(*Cyprinus carpio*)体质量特定生长率和体质量增加<sup>[25]</sup>;相比于白光、蓝光和黄光,红光和绿光有利于神仙鱼(*Pterophyllum scarale*)和金元宝鱼(*Herichthys pearsei*)体质量生长<sup>[26]</sup>;蓝光下豹纹鳃棘鲈的体质量增长率显著高于黑暗环境和红光<sup>[20]</sup>,这

与本实验结果基本一致。

在本实验中,选用体质量、体长生长、体质量、体长特定生长率、日增质量、相对增质量、肥满度以及体质量变异系数等作为判断豹纹鳃棘鲈幼鱼生长特性的指标,对其生长做了较为全面的分析。结果表明,不同光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼的生长产生显著性的影响,随着养殖时间的延长,各项生长指标出现不同程度的差异性。绿光下,幼鱼体长、体质量增长显著高于其他实验光色组,体质量和体长特定生长率均为各实验组最高,但日增质量、相对增质量、肥满度以及体质量变异系数等差异性并不显著。

### 3.3 光色对豹纹鳃棘鲈幼鱼存活和栖息习性的影响

光照作为鱼类的生存环境因子之一,对鱼类的存活具有明显的影响。欧洲鲈鱼幼鱼在白光和蓝光下的存活率显著高于红光<sup>[21]</sup>;蓝光更适合尼罗罗非鱼(*Nile tilapia*)存活<sup>[27]</sup>;赤点石斑鱼(*Epinephelus suillus*)幼鱼在褐色背景环境中的存活率远高于黑色背景<sup>[28]</sup>;红光可提高大西洋鲑幼鱼存活率<sup>[18]</sup>。鱼类对不同光色环境的栖息习性与其存活具有一定的关系。相比于黄光和红光,豹纹鳃棘鲈幼鱼在绿光中停留时间较长且分布率最高,相似的研究结果在孔沙丁鱼(*Sardinella lemuru*)<sup>[29]</sup>、孔雀鱼(*Poecilia ticulata*)<sup>[30]</sup>、蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)<sup>[31]</sup>、奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*)<sup>[32]</sup>、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)<sup>[33]</sup>、吉富罗非鱼(*Gift tilapia*)<sup>[34]</sup>也都有报道(表 6)。

表 5 不同光色对相关鱼类摄食强度和摄食积极性的影响

Tab. 5 Effect of different light colors on the feeding intensity and initiative of relevant fishes

种名	实验光色	摄食强度	文献
梭鲈	蓝、绿、黄、红、自然	绿色最高	[16]
大西洋鲑	红、蓝、自然	红>自然>蓝	[18]
眼斑拟石首鱼	红、自然、橙、绿、蓝	自然>绿>红>橙>蓝	[17]
日本鲷	蓝、绿、黄、红	绿>蓝>红>黄	[19]
豹纹鳃棘鲈	红、蓝、黑、昼夜	蓝>昼夜>黑>红	[20]
豹纹鳃棘鲈	黑、自然、绿、黄、红	绿>黄>自然>红>黑	本文

表 6 不同光色对相关鱼类栖息特性的影响

Tab. 6 Effect of light color on the habitat of relevant fishes

种名	实验光色	栖息习性	文献
孔沙丁鱼	蓝、绿、红	绿>蓝>红	[29]
孔雀鱼	红、蓝、白光、黄、绿	蓝>绿>白光>红>蓝	[30]
蓝圆鲂	红、绿、蓝	蓝>绿>红	[31]
大黄鱼	白光、蓝、绿、红	蓝>绿>红>白光	[33]
奥利亚罗非鱼	红、蓝、黑、昼夜	蓝>昼夜>黑>红	[32]
吉富罗非鱼	红、蓝、黄、绿	蓝>绿>红>黄	[34]
豹纹鳃棘鲈	蓝、白光、绿、黄、红	绿>黄>红>白>蓝	本文

本实验结果表明, 绿光组幼鱼的存活率最高, 显著高于黄光和红光组( $P < 0.05$ ), 而与黑暗组相比差异不显著( $P > 0.05$ )。白光组幼鱼存活率最低, 为 50%。这与上述周邦维等<sup>[20]</sup>发现豹纹鳃棘鲈蓝光下的存活率高于红光的结果也基本一致。可见, 豹纹鳃棘鲈喜欢生活于光线较暗、波长较短的光色环境下, 本实验也验证了豹纹鳃棘鲈喜欢栖息于岛礁周围, 且喜栖息光线较弱水层等生态特性。

参考文献:

- [1] 尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 豹纹鳃棘鲈肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 水生生物学报, 2014, 38(6): 84-88.  
You Hongzheng, Sun Zhijing, Zhang Qin, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Plectropomus leopardus* muscles[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2014, 38(6): 84-88.
- [2] 陈超, 吴雷明, 李炎璐, 等. 豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)早期形态与色素变化及添加剂对其体色的影响[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 84-88.  
Chen Chao, Wu Leiming, Li Yanlu, et al. Morphology of the early age and the pigment occurrence and the effects of different feed additives on the body color of *Plectropomus leopardus*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2014, 35(5): 84-88.
- [3] Head A B, Malison J A. Effects of lighting spectrum and disturbance level on the growth and stress responses of yellow perch *Perca flavescens*[J]. J World Aquaculture Soc, 2000, 31(1): 73-80.
- [4] Taylor J F, North B P, Porter M J R, et al. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*[J]. Aquaculture, 2006, 256(1-4): 216-234.
- [5] Wang T, Cheng Y Z, Liu Z P, et al. Effects of light intensity on growth, immune response, plasma cortisol and fatty acid composition of juvenile *Epinephelus coioides* reared in artificial seawater[J]. Aquaculture, 2013, 414(2): 135-139.
- [6] Frisch A, Anderson T. Physiological stress responses of two species of coral trout (*Plectropomus leopardus* and *Plectropomus maculatus*)[J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2005, 140(3): 317-327.
- [7] Yoseda K, Yamamoto K, Asami K, et al. Influence of light intensity on feeding, growth, and early survival of leopard coral grouper (*Plectropomus leopardus*) larvae under mass-scale rearing conditions[J]. Aquaculture, 2008, 279(1-4): 55-62.
- [8] 陈婉情, 吴洪喜, 吴亮, 等. 5种海水养殖鱼类幼鱼的耗氧率和窒息点[J]. 海洋学研究, 2015, 33(2): 76-81.  
Chen Wanqing, Wu Hongxi, Wu Liang, et al. Oxygen consumption rate and suffocation point of the juveniles for five species of mariculture fish[J]. Journal of Marine Science, 33(2): 76-81.
- [9] 吴亮, 吴洪喜, 陈婉情, 等. 光环境因子对豹纹鳃棘鲈幼鱼栖息特性的影响[J]. 水产科学, 2016, 35(1): 14-20.  
Wu Liang, Wu Hongxi, Chen Wanqing, et al. Effects of different types of environment light on the habitat of *Plectropomus leopardus*[J]. Fisheries Sciences, 2016, 35(1): 14-21.
- [10] 尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 盐度对豹纹鳃棘鲈幼鱼摄食生长及体成分的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 89-93.  
You Hongzheng, Sun Zhijing, Zhang Qin, et al. Effect of salinity on feeding, growth and body composition in juvenile leopard coraltrout *Plectropomus leopardus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013, 28(1): 89-93.
- [11] 姚学良, 蔡琰, 张振奎, 等. 盐度突变对豹纹鳃棘鲈幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]. 天津农学院学报, 2013, 20(3): 29-38.  
Yao Xueliang, Cai Yan, Zhang Zhenkui, et al. Effects of salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Plectropomus leopardus* Lacepede[J]. Journal of Tianjin Agricultural University, 2013, 20(3): 29-38.
- [12] 杨明秋, 王永波, 符书源, 等. 温度、盐度和 pH 值对豹纹鳃棘鲈早期发育的影响[J]. 热带生物学报, 2012, 3(2): 104-108.  
Yang Mingqiu, Wang Yongbo, Fu Shuyuan, et al. Ef-

- fects of different temperatures and salinities and pH values on the early development of *Plectropomus leopardus* Lacedpede[J]. Journal of Tropical Organisms, 2012, 3(2): 104-108.
- [13] 张友标, 喻达辉, 黄桂菊. 生态因子对豹纹鳃棘鲈受精卵孵化和仔鱼成活的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 2(10): 102-105.  
Zhang Youbiao, Yu Dahui, Huang Guiju. Impacts of ecological factors on hatching of fertilized eggs and survival of larvae of coral grouper *Plectropomus leopardus*[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011, 2(10): 102-105.
- [14] 张建明, 郭柏福, 高勇. 中华鲟幼鱼对慢性拥挤胁迫的生长、摄食及行为反应[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 592-598.  
Zhang Jianming, Guo Baifu, Gao Yong. Effects of chronic crowding stress on growth, feeding, and behavior in Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* F<sub>2</sub> juveniles[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 592-598.
- [15] 胡斌, 李小勤, 冷向军, 等. 饲料 Vc 对草鱼生长、肌肉品质及非特异性免疫的影响[J]. 中国水产科学, 2008, 15 (5): 794-800.  
Hu Bin, Li Xiaoqin, Leng Xiangjun, et al. Effects of dietary vitamin C on growth, meat quality and non-specific immunity indices of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (5): 794-800.
- [16] Luchiarri A C, Freire F A M, Pirhonen J, et al. Longer wavelengths of light improve the growth, intake and feed efficiency of individually reared juvenile pike perch *Sander lucioperca*(L.)[J]. Aquaculture Res, 2009, 40 (8): 880-886.
- [17] 王萍, 桂福坤, 吴常文, 等. 光照对眼斑拟石首鱼行为和摄食的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(5): 57-62.  
Wang Ping, Gui Fukun, Wu Changwen, et al. Effects of illumination conditions on the distributing and feeding of *Sciaemopso celletus*[J]. South China Fishery Science, 2009, 5(5): 57-62.
- [18] 仇登高, 徐世宏, 刘鹰, 等. 光环境因子对循环水养殖系统中大西洋鲑生长和摄食的影响[J]. 中国水产科学, 2015, 22 (1): 68-78.  
Qiu Denggao, Xu Shihong, Liu Ying, et al. Effects of different types of environment light on the growth performance and feeding of Atlantic salmon (*Salmosalar*) in recirculating aquaculture systems[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22 (1): 68-78.
- [19] 刘涵, 姜玉声, 栾攀, 等. 不同颜色光照对日本鳟摄食与生长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(6): 528-533.  
Liu Han, Jiang Yusheng, Luan Pan, et al. Effects of color light on feeding and growth in Asian swimming crab *Charybdis japonica*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2012, 27(6): 528-533.
- [20] 周邦维. 主要营养源及光色对工业养殖豹纹鳃棘鲈生长、肤色及生理指标的效应研究.[D]. 北京, 中国科学院大学, 2014: 59-63.  
Zhou Bangwei. Effects of main nutrient elements and sources and light color on growth, skin color, and physiological indices for *Plectropomus leopardus* in industrial culture[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2014: 59-63.
- [21] Villamizar N, Garcia A, Sanchez V. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae[J]. Aquaculture, 2009, 299(1-2): 80-86.
- [22] Strand A, Alanara A, Staffan F, et al. Effects of tank color and light intensity on feed intake, growth rate and energy expenditure of juvenile Eurasian perch, *Perca fluviatilis*[J]. Aquaculture, 2007, 272 (1-4): 312-318.
- [23] Sofronios E P, Papaparaskeva P E. Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) over a full rearing period[J]. Aquaculture, 1987, 66(1): 9-17.
- [24] Tao W, Xiao H L, Zhao P L P, et al. Effects of light intensity on growth, immune response, plasma cortisol and fatty acid composition of juvenile *Epinephelus coioides* reared in artificial seawater[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2015, 44 (2): 674-682.
- [25] Nafsika K, Sofronios E P, Gianluca P, et al. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae[J]. Aquaculture English, 2007, 36 (3): 302-309.
- [26] 王凯旋, 全能, 高兴俊, 等. LED 单光色对观赏鱼生长的影响研究[J]. 中国科技信息, 2013, 10(1): 192-193.  
Wang Kaixuan, Quan Neng, Gao Xingjun, et al. Effects of light-emitting diode light on ornamental fish growth[J]. China Science and Technology, 2013, 10(1): 192-193.
- [27] Caroline M M, Gilson L V. Environmental light color affects the stress response of *Nile tilapia*[J]. Zoology, 2013, 116(1): 64-66.
- [28] Marietta N, Chona B E, Lota G, et al. The effect of background color and rotifer density on rotifer intake, growth and survival of the grouper (*Epinephelus suillus*) larvae[J]. Aquaculture, 1996, 146(3-4): 217-224.
- [29] 何大仁, 罗会明, 郑美丽. 孔沙丁鱼和勃氏银汉鱼趋光特性的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1980, 2(19): 82-88.  
He Daren, Luo Huiming, Zheng Meili. A study on the phototactic behavior of Sardine(*Sardinella perforate*

- Cantor) and Silverside(*Atherina bleekeri* Gunther)[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1980, 2(19): 82-88.
- [30] 罗清平, 袁重桂, 阮成旭, 等. 孔雀鱼幼苗在光场中的行为反应分析[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2007, 35(4): 631-634.  
Luo Qingping, Yuan Chonggui, Ruan Chengxu, et al. Analysis of behavioral response of guppy fry in optical field[J]. Journal of Fuzhou University(Natural Science), 2007, 35(4): 631-634.
- [31] 俞文钊, 何大仁, 郑玉冰. 蓝圆鲹和鲈鱼趋光行为的研究[J]. 海洋学报(中文版), 1981, 3(1): 149-156.  
Yu Wenzhao, He Daren, Zheng Yubing. Studies on the phototactic behavior of round scad and chub mackerel[J]. Acta Oceanologica Sinica(Chinese), 1981, 3(1): 149-156.
- [32] 肖炜, 李大宇, 杨弘, 等. 奥利亚罗非鱼在光场中的行为反应研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(26): 105-109.  
Xiao Wei, Li Dayu, Yang Hong, et al. Studies on the behavioral response of blue Tilapia (*Oreochromis aureus*) in optical field[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(26): 105-109.
- [33] 方金, 宋利明, 蔡厚才, 等. 网箱养殖大黄鱼对颜色和光强的行为反应[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(3): 269-274.  
Fang Jin, Song Liming, Cai Houcai, et al. Reactions of cage cultured large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) to colors and illumination intensities[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(3): 269-274.
- [34] 肖炜, 李大宇, 杨弘, 等. 吉富罗非鱼在光场中的趋避行为[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(3): 195-197.  
Xiao Wei, Li Dayu, Yang Hong, et al. Studies on the behavioral response of *Gift tilapia* in optical field[J]. Journal of Jiangsu Agricultural Science, 2013, 41(3): 195-197.

## Effect of light color on feeding, growth, and survival of *Plectropomus leopardus* juveniles

WU Liang<sup>1, 2</sup>, WU Hong-xi<sup>2, 3</sup>, MA Jian-zhong<sup>2, 3</sup>, WANG Yao-hua<sup>2, 3</sup>,  
CHENG Wan-qing<sup>1, 2</sup>, LIU Zhi-ming<sup>1, 2</sup>, GUAN Xian-tao<sup>1, 2</sup>

(1. School of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China; 3. Zhejiang Key Lab of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-Resource, Wenzhou 325005, China)

Received: Dec. 12, 2015

**Key words:** *Plectropomus leopardus*; light color; feeding; growth; survival

**Abstract:** To investigate the effect of light color on feeding, growth, and survival of *Plectropomus Leopardus*, we designed a series of aquaculture water-tank experiments for a small modular circulating-water aquaculture system using five different light colors (red, yellow, green, white, and black) on juvenile fish [initial length (21.2 cm±1.22 cm); initial weight (112.46 g±2.632 g)]. The system was operated on a four-month circulating-water cycle. Our key results are summarized as follows: High-strength feeding intensity ((0.995%±0.052%)·d), a high feed-conversion rate (85.767%±0.446%), and the lowest bait coefficient (1.166±0.034) for the juveniles were observed under green light conditions; however, there were no significant differences in feeding of the juveniles under different light colors ( $P>0.05$ ); A high growth rate was observed under green and red light conditions, and the growth in this case was significantly different from that in the other three groups ( $P<0.05$ ); There were no significant differences in the condition factor (CF) for different light-treatment groups ( $P>0.05$ ); The lowest survival rate (50%) was observed under white light; the survival rates in the other four groups were all higher than 80%. The maximum survival rate (88.33%) was observed under green light. In conclusion, juvenile fish may survive, grow, and feed better under green light in indoor circulating-water aquaculture systems.

(本文编辑: 谭雪静)