

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200630001

http://www.yykxjz.cn/

褚云冲, 王伟夫, 胡江军, 董登攀, 盛化香, 黄志涛. 光照对短须裂腹鱼生长及生理影响研究. 渔业科学进展, 2021, 42(6): 77-83

CHU Y C, WANG W F, HU J J, DONG D P, SHENG H X, HUANG Z T. Effect of environmental light on the growth performance and physiology of *Schizothorax wangchiachii*. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(6): 77-83

光照对短须裂腹鱼生长及生理影响研究*

褚云冲¹ 王伟夫² 胡江军² 董登攀¹ 盛化香¹ 黄志涛^{1①}

(1. 中国海洋大学水产学院 山东 青岛 266003;

2. 华电金沙江上游水电开发有限公司苏洼龙分公司 四川 甘孜 626000)

摘要 光照是影响鱼类活动、摄食和生长的主要环境因子之一。本文分别以野生和养殖短须裂腹鱼(*Schizothorax wangchiachi*)为研究对象,研究了短须裂腹鱼对光谱、光强选择趋向性及光谱对短须裂腹鱼生长、生理的影响。结果显示,黄光、红光和绿光都对短须裂腹鱼起到吸引作用;利用黄光进行光照强度选择性研究发现,在低光照强度范围(22.6~64.7 lx),短须裂腹鱼对光强的趋向性没有显著差异($P>0.05$);为期56 d的养殖实验发现,不同的光照颜色显著影响短须裂腹鱼的生长率和存活率($P<0.05$),黄光和自然光处理组的养殖效果无显著性差异;无论在生长率和应激水平,均优于蓝光环境,蓝光提升了短须裂腹鱼的应激水平,导致存活率下降。研究结果可为水利工程建设和过鱼设施诱鱼光源的选择提供科学依据。

关键词 短须裂腹鱼;光强;光谱;趋光性

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)06-0077-07

光照是影响鱼类行为和生理的主要环境因子之一,包括光照颜色和光照强度等,可影响鱼类肝脏溶酶体活性,提高鱼类消化功能;光照也会影响鱼类激素分泌水平,提高鱼类摄食活跃度,从而改变鱼类自身生理机能及其生长和发育的速度(Gross *et al.*, 1965; Wei *et al.*, 2019; 张延青等, 2020);光照周期的变化还可以调节鱼类的内源性节律,影响鱼类的生长、发育和繁殖(许家炜等, 2018; Tomoki *et al.*, 2020; 魏平等, 2020)。鱼类对光的行为反应研究广泛应用于水产养殖和海洋渔业,有助于在建设鱼道、集运鱼船等过鱼设施时,吸引或驱赶鱼类来提高过鱼效率(Vowles *et al.*, 2014)。为了确定适宜的光照因子进行鱼类的诱集以及开展养殖生产,学者展开了相关研究,发现不同类型鱼类对光照表现出不同的行为反应,不同的光

照可以影响鱼类的生长行为及生理因子。

短须裂腹鱼(*Schizthorax wangchiachii*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、裂腹鱼属(*Schizothorax*),主要分布于金沙江及其支流、乌江和雅砻江,是我国特有的冷水性经济鱼类(丁瑞华, 1994)。目前,已经实现了短须裂腹鱼的驯化养殖及人工繁育(何青松等, 2019)。近年来,由于生态环境破坏以及捕捞过度、水质恶化等原因,导致野生群体资源急剧下降,短须裂腹鱼被确定为长江中上游水利工程要求必须增殖放流的土著鱼类之一(黄俊等, 2019)。本文分别以野生和养殖短须裂腹鱼为研究对象,研究短须裂腹鱼对光谱、光强选择趋向性及光谱对其生长、生理的影响,以期为短须裂腹鱼的诱集并帮助其通过过鱼设施及循环水养殖短须裂腹鱼光源

* 国家重点研发计划项目(2017YFD0701701; 2019YFD0900503)资助 [This work was supported by the National Key Research and Development Program of China (2017YFD0701701; 2019YFD0900503)]. 褚云冲, E-mail: 1804159659@qq.com

① 通讯作者: 黄志涛, 副教授, E-mail: huangzt@ouc.edu.cn

收稿日期: 2020-06-30, 收修改稿日期: 2020-08-11

的选择提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

实验所用野生短须裂腹鱼由市场购买,为四川省甘孜州巴塘县境内金沙江干流野生个体,用于光谱选择性和趋光性实验研究。野生短须裂腹鱼在实验室循环水系统中暂养,水温为 $12^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$,溶解氧(DO) $> 7\text{ mg/L}$,挑选规格相似短须裂腹鱼 $[(161.7\pm 40.5)\text{ g}]$,实验过程用鱼不重复使用,以防止产生适应性而影响实验结果的可靠性。

养殖短须裂腹鱼购于湖北利川市某养殖场,用于光因素对其生长影响实验。实验开始时,在实验室循环水系统中暂养,水温为 $12^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$,DO $> 7\text{ mg/L}$,待其生活状况稳定后开始进行实验。实验时随机选取规格相似 $[(80.3\pm 7.8)\text{ g}$ 、 $(14.7\pm 0.9)\text{ cm}]$ 、健康的短须裂腹鱼作为研究对象。

1.2 实验装置

光谱选择性和趋光性实验在中国海洋大学鱼类音响驯化行为系统中进行,系统实验水槽、监控系统及水处理单元见图1。水槽为长方形PVC水槽,尺寸为 $3.5\text{ m}\times 2.0\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 。监控系统由1台红外摄像机和4台摄像机组成,摄像机布置于实验水槽四角上方,通过WAPA波粒智能H.264数字硬盘监控终端全程录像,监控终端与水槽在不同房间。监控系统包括水槽上方5部可移动摄像机和监控终端构成。水处理单元包括物理过滤、生物过滤、控温、充氧及杀菌环节(未在图中1中展示)。光源由布置于实验水槽底部的长 0.5 m 、宽 10 mm 的LED灯带提供,灯带长于实验所需长度的部分用黑色胶带罩住。于垂直于鱼类行为水槽方向平行布置2条灯带,2条灯带之间采用黑色遮光布隔开以防止2组光源之间相互干扰。灯带发光颜色分别为绿光、黄光、蓝光和红光,每米灯带的功率为 5 W ,采用TES1330A光强度测量仪测定光照强度。

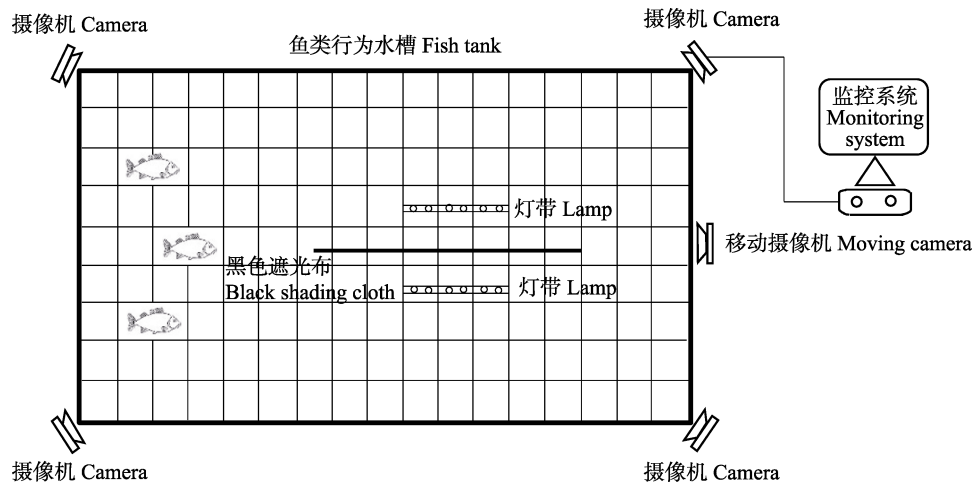


图1 光谱、光强选择实验装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of system for light color and intensity preference test

光因素对短须裂腹鱼生长影响实验在9个独立的循环水养殖系统中进行,每套系统由1个 100 L 的长方体养殖池(池内铺设灯带)、滤芯物理过滤器、 90 L 蓄水箱(内含 $1/3$ 滤料)、紫外线消毒装置和温控设备组成。

1.3 实验设计

光谱选择实验:实验配置5组不同光源条件,即自然组(灯带不开灯)、绿光组($\lambda_{515\sim 530\text{ nm}}$)、蓝光组($\lambda_{460\sim 470\text{ nm}}$)、红光组($\lambda_{620\sim 630\text{ nm}}$)和黄光组($\lambda_{585\sim 595\text{ nm}}$)。自然组为对照组,其余统称为有光组。每组实验选取20条健康活泼的实验鱼置于水槽内灯带同一侧,待

适应水槽环境后开始实验。每组实验进行 1 h ,通过监控系统观察并记录每 10 min 出现在灯带 15 cm 范围内停留 3 s 以上的尾次数,只要出现就累加1次,无论是首次出现还是重复出现,每组实验重复3次。

光照强度选择实验:选择诱鱼效果较好的光谱进行光照强度选择实验。设置4组光照强度分别为 22.6 、 39.5 、 50.1 和 64.7 lx 。每组实验选取20条健康活泼的实验鱼置于水槽内灯带同一侧,待适应水槽环境后开始实验。每组实验进行 1 h ,通过监控系统观察并记录每 10 min 出现在灯带 15 cm 范围内停留 3 s 以上的尾次数,每组实验重复3次。

光谱对短须裂腹鱼生长影响实验:采用自然光

(白色)、黄色($\lambda_{585-595}$ nm)和蓝色($\lambda_{460-470}$ nm)灯带铺设至养殖水池。每组设置2个光照强度均为39.5 lx,光照周期统一设为12 L:12 D。实验期间,采用遮光布包裹养殖池,防止不同光源间光线的相互污染。实验开始时,随机选取规格大小相似、健康的短须裂腹鱼放入实验用循环水养殖系统,每个处理组合放置20尾鱼,共计240尾,系统换水量约20%,实验周期为56 d。实验期间,按鱼类总体重的1%进行投喂,每天08:00和15:00投喂2次,投喂1~2 h后冲洗物理过滤器滤芯,记录每次投食量和鱼的摄食情况以及活动情况。系统水温控制在(13 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, $\text{DO}\geq 8$ mg/L, pH为7.2~7.5, TAN<0.3 mg/L。实验结束时,计算各处理组的生长率及成活率。各组随机采集3~5尾短须裂腹鱼,制备血浆,进行后续生理生化分析。

1.4 生长及生理指标测定

实验结束时分别计算短须裂腹鱼的日增重(daily weight gain, DWG)、特定生长率(specific growth rate, SGR, %/d)、饵料系数(food conversion ratio, FCR)和成活率(survival rate, SR, %),相关计算公式如下:

$$\text{特定生长率(SGR)} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t;$$

$$\text{饵料系数(FCR)} = \text{FI} / (W_t - W_0);$$

$$\text{成活率(SR)} = 100 \times (N_0 - N_t) / N_0;$$

式中, W_0 、 W_t 为初始和最终鱼的体重(g), t 为实验时间(d), FI为总投饵量(g), N_0 初始鱼尾数, N_t 为最终存活鱼类尾数(g)。

实验结束从每个系统分别选取3~5尾受试鱼,活体尾椎静脉取血,使用2 mL注射器进行肝素抗凝处理,血液置于2 mL离心管中,然后以5000 r/min离心10 min,取血浆于 -20°C 下保存。采用全自动生化分析仪测定血糖、甘油三酯、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、总蛋白、白蛋白、球蛋白、尿素氮、肌酐、谷丙转氨酶(GPT)和谷丙转氨酶(GOT)等参数,血清皮质醇(COR)采用酶联免疫吸附测定法(ELISA)试剂盒测定。

1.5 统计分析

实验数据采用SPSS 17.0统计软件进行分析,对数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA),以 $P<0.05$ 作为差异显著的标准。

2 结果与分析

2.1 短须裂腹鱼对光谱的选择性

短须裂腹鱼对5种光谱的选择情况见图2。可以看出,黄光、红光和绿光都对短须裂腹鱼起到了正向

刺激作用,表现出吸引的效果;蓝光对短须裂腹鱼起到了负向刺激作用。经统计分析,短须裂腹鱼在5个光谱停留的尾数不同,黄光、红光和绿光处理组中停留的尾数显著多于蓝光组和自然光组($P<0.05$)。

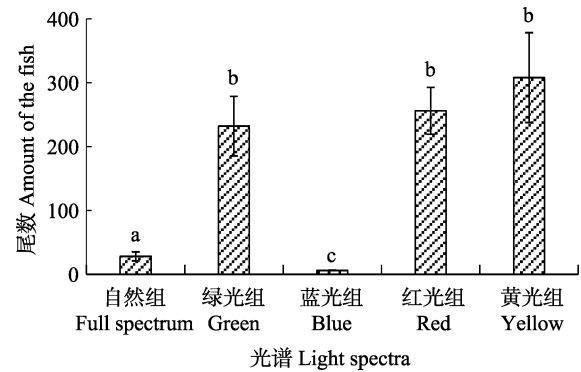


图2 短须裂腹鱼对光谱的选择性

Fig.2 Light color preference of *S. wangchiachii*

不同小写字母表示存在显著差异, $P<0.05$, 下同
Different letters indicate significant differences between treatments ($P<0.05$), the same as below

2.2 短须裂腹鱼对光照强度的选择性

采用吸引效果最好的黄光进行不同光照强度的选择性研究,短须裂腹鱼对4种光照强度的选择结果如图3所示。短须裂腹鱼出现在灯带为15 cm范围内停留3 s以上尾次数,随着光照强度的增加呈先逐渐增加(22.6~39.5 lx)后逐渐减少(50.1~64.7 lx)的趋势。经过统计分析显示,各光照强度组没有呈现显著性差异。

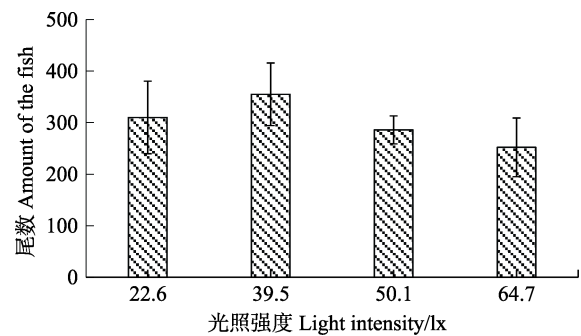


图3 短须裂腹鱼对光照强度的选择性(黄光)

Fig.3 Light intensive preference of *S. wangchiachii* (yellow light)

2.3 光谱对短须裂腹鱼生长率、存活率的影响

不同光谱处理条件下,短须裂腹鱼生长率、存活率等参数均呈现一定的差异(表1)。实验结束时,在自然光和黄光条件下,短须裂腹鱼的存活率、特定生长率和饵料系数均无显著差异($P>0.05$),对于短须裂

腹鱼具有较好诱集性的黄光没有提升该鱼的生长及存活率,短须裂腹鱼的存活率均达到85%以上。蓝光处理组短须裂腹鱼的存活率仅为46.7%,说明蓝光提升了短须裂腹鱼应激水平,导致存活率下降。此外,该处理组的短须裂腹鱼最终体重、特定生长率和饵料系数也显著低于另2个处理组($P<0.05$)。

表1 不同光谱条件下短须裂腹鱼的生长及存活情况
Tab.1 Survival and growth performance metrics of *S. wangchiachii* under different light treatments

处理组 Treatment	自然光 Full spectrum	黄色光 Yellow light	蓝色光 Blue light
初始体重 Initial weight /g	80.3±7.8	80.3±7.8	80.3±7.8
最终体重 Final weight /g	120.9±19.6 ^a	113.6±20.3 ^a	98.6±12.9 ^b
存活率 Survival rate /%	96.7	86.7	46.7
特定生长率 Specific growth rate /(%·d ⁻¹)	1.0±0.2 ^a	0.9±0.3 ^a	0.5±0.1 ^a
饵料系数 Feed conversion rate	1.41±0.42 ^a	1.57±0.37 ^a	2.90±0.45 ^b

注:上标不同字母表示存在显著差异

Note: Different letters indicate significant differences between treatments ($P<0.05$)

2.4 光谱对短须裂腹鱼生理指标的影响

不同光谱条件下,短须裂腹鱼血糖、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清肌酐和尿素氮等参数无显著差异($P>0.05$)。

短须裂腹鱼在不同光谱条件下皮质醇含量如图4。自然光和黄色光处理组之间相比皮质醇含量无显著差异,但显著低于蓝光处理组,说明短须裂腹鱼在蓝光条件下应激反应明显。在黄光条件下,高谷丙

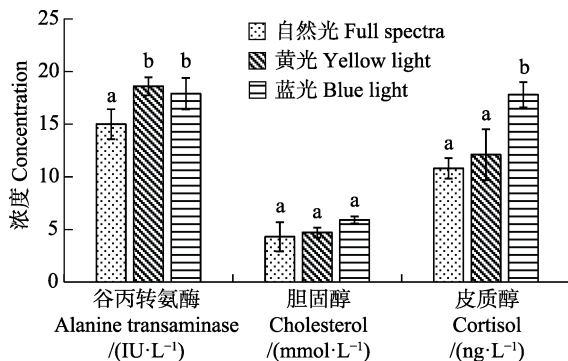


图4 不同光谱条件下短须裂腹鱼的皮质醇、高谷丙转氨酶及胆固醇

Fig.4 Cortisol, ALT and cholesterol metrics of *S. wangchiachii* among treatments

转氨酶的含量显著高于自然光条件($P<0.05$),黄光和蓝光处理组之间高谷丙转氨酶无显著差异。自然光照处理组和黄光处理组的短须裂腹鱼胆固醇含量之间无显著差异,但均低于蓝光处理组。

3 讨论

3.1 短须裂腹鱼的趋光性

趋光性指鱼类及其他水产经济动物对光刺激产生定向行为反应的特性,趋向光源的定向行为称正趋光性,背离光源称负趋光性(巩建华等,2016)。生物呈现的趋光性不同和自身生理机制有关,一般认为与其辨色能力有关(Marchesan *et al.*, 2005)。Nakano等(2015)研究也发现,不同种类鱼类对光谱、光照强度的敏感性不同。本研究中,点亮灯带后,鱼群表现出不同程度的惊恐状态,游动速度明显加快,适应后鱼群集群密度增加,进而呈现对黄光、红光、绿光的正趋光性,对蓝光则呈现负趋光状态。研究发现,鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)主要偏好白光和蓝光,而瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)对红、白、蓝和绿光谱的偏爱无显著差异(白艳勤等,2014)。许传才等(2008)研究发现,红光、蓝光对鲤(*Cyprinus carpio*)的诱集效果优于绿光。

光谱对海水鱼类趋光性也有很大的影响,如海鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼在蓝色光照下表现比较活跃,运动时间长,饲养期间转料早;而在黑暗和红光照射下鱼苗游动减少,摄食下降,并出现聚集现象。大黄鱼(*Larimichthys crocea*)对光源照度为300 lx的蓝光或200 lx的绿光有一定的正趋向性,表明大黄鱼习惯于蓝绿色光环境(方金等,2007)。可见各种鱼类对光谱的趋向程度不同,这是因为鱼类受光器内的光学变化影响到鱼类运动器官活动的变化,从而强制鱼类趋向光源或远离光源(罗清平等,2007)。有研究表明,生活在不同水层的鱼类感光灵敏度也有所不同,如在深海中的大西洋鲑鱼(*Salmo salar*)对蓝色波长有最强的视觉反应,而沿海的鱼种对绿色光波很敏感(Herve *et al.*, 2007)。

短须裂腹鱼随光照强度的增加,趋光性呈先增加后降低的趋势,但各处理组之间并无显著差异。这可能与所设置的光照强度的范围(22.6~64.7 lx)跨度较小有关,即短须裂腹鱼对该范围的感光灵敏度较小。

3.2 光谱对短须裂腹鱼生长、生理的影响

光谱是影响硬骨鱼类生长、存活的重要环境因子之一。光能通过动物的感光系统和中枢神经系统影响

动物的内分泌, 内分泌系统又直接控制着动物的生理活动。因此, 在不同的光照条件下, 鱼类的表现活动、生长、免疫和新陈代谢等都会产生相应的变化, 最终表现出适应性。结果显示, 光谱强度对短须裂腹鱼生长率和存活率有显著影响($P < 0.05$)。在自然光和黄光条件下, 短须裂腹鱼生长和存活效果较好, 而在蓝光下短须裂腹鱼生长效果最差, 特定生长率仅约为其他处理组的一半, 存活率不足 50%, 存活的鱼类也时常呈现摄食欲望低、游动相对缓慢等现象。有研究表明, 不同的鱼类对光谱的欢迎程度差异显著, Politis (2014) 等研究了光照对欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)幼鱼的影响, 发现红光下饲养存活率高于绿光和白光。可见不同鱼类对光谱的适应和偏好不同, 确定其适宜的光谱有助于提升养殖的存活率及生长率。

不同光谱给鱼类带来的应激程度也有所不同。本研究在蓝光条件下, 短须裂腹鱼的谷丙转氨酶和皮质醇等生理指标较高, 显示其应激反应明显高于其他处理组。Karakatsouli 等(2018)和 Maia 等(2013)研究发现, 虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)和罗非鱼(*Oreochromis spp.*)在蓝光下体内的皮质醇显著低于其他光环境条件, 说明蓝色光环境可以减轻这 2 种鱼的应激。

克氏海葵鱼(*Amphiprion clarkii*)在红光条件下, 体内的褪黑激素合成酶高于其他光谱环境, 表明褪黑激素的分泌、氧化应激反应加强, 从而起到保护鱼体的作用(Shin *et al.*, 2011)。章龙珍等(2010)研究发现, 在全光照和相对于全避条件, 中华鲟(*Acipenser sinensis*)幼鱼血浆中肌酐含量显著升高, ALP 含量显著降低, 肾脏均受到不同程度的损伤。此外, 光周期、光强等因素同样对鱼类的生长和生理产生影响, 如 Trotter 等(2003)研究发现, 提高光照周期可以明显提高条纹婢鲷(*Latris lineata*)的存活率。Puvanendran 等(2002)研究发现, 大西洋鳕(*Gadus morhua*)在 2400 lx 光强下, 成活率显著高于低强度组; 还有部分鱼类在低光照强度下呈现更高的生长率, 如六线鱼(*Hexagrammos otakii*)在低光照强度(10~100 lx)范围获得更优的生长率(邱丽华等, 1999)。对短须裂腹鱼光适应性将来可以从光照周期、光照强度等参数开展研究, 以确定循环水养殖短须裂腹鱼的适宜光环境。

4 结论

本文研究了短须裂腹鱼对光谱、光强选择趋向性及光谱对短须裂腹鱼生长、生理的影响。研究发现, 黄光、红光和绿光都对短须裂腹鱼起到了吸引作用; 利用黄光进行的光照强度选择性研究发现, 在低光照

强度范围(22.6~64.7 lx), 短须裂腹鱼光强选择趋向性无显著差异; 光谱会显著影响短须裂腹鱼的生长率和存活率, 在黄光和自然光条件下, 短须裂腹鱼养殖效果无显著差异, 生长效果和应激水平均优于蓝光组。黄色光源可以考虑作为短须裂腹鱼的集诱光谱, 光谱对调控循环水养殖短须裂腹鱼的生长具有较好的应用前景。

参 考 文 献

- BAI Y Q, WANG X, LIU D F, *et al.* The preferable light intensity and color for darkbarbel catfish and silver carp. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(2): 216–221 [白艳勤, 王雪, 刘德富, 等. 瓦氏黄颡鱼和鲢对光照强度和颜色的选择. *水生生物学报*, 2014, 38(2): 216–221]
- DING R H. The fishes of Sichuan. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1994, 365–367 [丁瑞华. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社, 1994, 365–367]
- FANG J, SONG L M, CAI H C, *et al.* Reactions of cagecultured large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) to colors and illumination intensities. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2007, 16(3): 269–274 [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. *上海海洋大学学报*, 2007, 16(3): 269–274]
- GONG J H, GUO C Y, TIAN Z, *et al.* Study on the selectivity of *Carassius auratus* under different environment colors and luminous intensities. *Journal of Biology*, 2016, 33(5): 13–18 [巩建华, 郭春阳, 田喆, 等. 红鲫鱼对环境颜色及光强的趋向性研究. *生物学杂志*, 2016, 33(5): 13–18]
- GROSS W L, ROELOFS E W, FROMM P O. Influence of photoperiod on growth of green sunfish, *Lepomis cyanellus*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1965, 22(6): 1379–1386
- HE Q S, XU D Y, HUANG Z Q, *et al.* Effect of microencapsulated feed as substitute for tubifex on growth and survival rate of larval *Schizothorax wangchiachii*. *Journal of Xichang University (Natural Science)*, 2019, 33(4): 12–15 [何青松, 徐大勇, 黄志秋, 等. 微囊饲料替代水蚯蚓对短须裂腹鱼仔鱼生长和存活的影响. *西昌学院学报(自然科学版)*, 2019, 33(4): 12–15]
- HERVE M, MAIRI C, JOHN T, *et al.* The effect of spectral composition and light intensity on melatonin, stress and retinal damage in post-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 2007, 270(1/2/3/4): 390–404
- HUANG J, ZHU T B, YANG D G, *et al.* Development and growth characteristics of larval and juvenile *Schizothorax wangchiachii*. 2019, 40(6): 99–105 [黄俊, 朱挺兵, 杨德国, 等. 短须裂腹鱼仔稚鱼发育及生长特性的初步研究. *水生态学杂志*, 2019, 40(6): 99–105]
- KARAKATSOULI N, PAPOUTSOGLU S E, PANOPOULOS G, *et al.* Effects of light spectrum on growth and stress

- response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering*, 2008, 38(1): 36–42
- LUO Q P, YUAN C G, RUAN C X, *et al.* Analysis of behavioral response of guppy fry in optical field. *Journal of Fuzhou University (Natural Science)*, 2007, 35(4): 152–155 [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. *福州大学学报(自然科学版)*, 2007, 35(4): 152–155]
- MAIA C M, VOLPATO G L. Environmental light color affects the stress response of Nile tilapia. *Zoology*, 2013, 116(1): 64–66
- MARCHESAN M, SPOTO M, VERGINELLA L, *et al.* Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research*, 2005, 73(1/2): 171–185
- NAKANO H, HIRAKAWA K, SHOJI J. Development of swimming speed and schooling behavior of juvenile white rockfish (*Sebastes cheni*) in relation to ambient light intensity. *Fishery Bulletin*, 2015, 113(2): 121–128
- POLITIS S N, BUTTS I A E, TOMKIEWICZ J. Light impacts embryonic and early larval development of the European eel, *Anguilla anguilla*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2014, 461: 407–415
- PUVANENDRAN V, BROWN J A. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 2002, 214(1/2/3/4): 131–151
- QIU L H, QIN K J, WU L X, *et al.* The feeding intensity of fat greenling larval under different illumination. *Chinese Journal of Zoology*, 1999, 34(5): 4–8 [邱丽华, 秦克静, 吴立新, 等. 光照对大泷六线鱼仔鱼摄食量的影响. *动物学杂志*, 1999, 34(5): 4–8]
- SHIN H S, LEE J, CHOI C Y. Effects of LED light spectra on oxidative stress and the protective role of melatonin in relation to the daily rhythm of the yellowtail clownfish, *Amphiprion clarkii*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2011, 160(2): 221–228
- TOMOKI H, TOKIHIKO O, MASATO K Y, *et al.* Effects of night-time light intensity and area of illumination in the sea cage culture of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) juveniles. *Aquaculture*, 2020, 521: 735046
- TROTTER A J, BATTAGLENE S C, PANKHURST P M. Effects of photoperiod and light intensity on initial swim bladder inflation, growth and post-inflation viability in cultured striped trumpeter (*Latris lineata*) larvae. *Aquaculture*, 2003, 224(1/2/3/4): 141–158
- VOWLES A S, ANDERSON J J, GESSEL M H, *et al.* Effects of avoidance behaviour on downstream fish passage through areas of accelerating flow when light and dark. *Animal Behaviour*, 2014, 92: 101–109
- WEI H, LI H D, XIA Y, *et al.* Effects of light intensity on phototaxis, growth, antioxidant and stress of juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture*, 2019, 501: 39–47
- WEI P P, LI X, ZHANG J P, *et al.* Effects of LED spectra on morphological character and gene expression of growth in *Takifugu rubripes* larvae. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(1): 162–168 [魏平平, 李鑫, 张俊鹏, 等. LED 光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼形态性状及生长相关基因表达的影响. *渔业科学进展*, 2020, 41(1): 162–168]
- XU C C, YI S H, CHEN Y. Attraction of different colors of light to common carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2008, 23(1): 20–23 [许传才, 伊善辉, 陈勇. 不同颜色的光对鲤的诱集效果. *大连海洋大学学报*, 2008, 23(1): 20–23]
- XU J W, CHEN J, LIN C Y, *et al.* The phototaxis behavior of *Schizothorax prenanti* in low light intensity. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(8): 169–177 [许家炜, 陈静, 林晨宇, 等. 齐口裂腹鱼在低照度下的趋光行为. *生态学杂志*, 2018, 37(8): 169–177]
- ZHANG L Z, WANG S, ZHUANG P, *et al.* The influence of illumination on growth, haematological and biochemical indices of juvenile Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*. *Marine Fisheries*, 2010, 32(2): 141–147 [章龙珍, 王好, 庄平, 等. 光照对中华鲟幼鱼生长及血液生化指标的影响. *海洋渔业*, 2010, 32(2): 141–147]
- ZHANG Y Q, QIN F, FEI F, *et al.* Analysis of propagation characteristics of LED light source in aquaculture water. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(1): 153–161 [张延青, 秦菲, 费凡, 等. LED 光源在海水养殖水体中传播特征解析. *渔业科学进展*, 2020, 41(1): 153–161]

(编辑 陈 辉)

Effect of Environmental Light on the Growth Performance and Physiology of *Schizothorax wangchiachii*

CHU Yunchong¹, WANG Weifu², HU Jiangjun², DONG Dengpan¹, SHENG Huaxiang¹, HUANG Zhitao^{1①}

(1. Fishery College, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003, China;

2. Huadian Jinsha River Upstream Hydropower Development Co., Ltd. Su Walong Branch, Ganzi, Sichuan 626000, China)

Abstract Light is one of the main factors affecting fish activity, feeding, and growth, and has thus been an active focus of marine research. The aim of this study was to investigate the selectivity of light spectra and intensity in *Schizothorax wangchiachii* using wild and cultured fishes. The study investigated the effects of light on the growth performance and physiological characteristics of *S. wangchiachii*. *S. wangchiachii* were cultured in a 12-replicated recirculating aquaculture system with four different lighting conditions (natural light, blue light, green light, and yellow light) for 8 weeks. The results showed that *S. wangchiachii* were attracted to the yellow, red, and green light, with blue light having a negative effect on species. No significant differences were found ($P < 0.05$) between the phototaxis behaviors of *S. wangchiachii* in response to different light intensities (22.6~64.7 lx) under green and yellow light. The results showed that light colors have a notable impact on the growth rate and survival rate of *S. wangchiachii* ($P < 0.05$). The yellow light showed better trapping ability but did not improve the growth and survival rate of *S. wangchiachii*, however, the survival rate of *S. wangchiachii* was only 46.7% in the blue light treatment group. In addition, there was no significant difference between cortisol levels of the natural light and yellow light treatment groups, but they were significantly lower than those of the blue light treatment group. In conclusion, better growth performance was obtained with yellow and natural light treatments, and the survival rate of *S. wangchiachii* was more than 85%, both faring significantly better than the blue light treatment. Blue light increased the stress levels of *S. wangchiachii* and led to a decreased survival rate. These results can provide scientific basis for the wild harvest of fish, solutions for fish passage around hydraulic engineering construction, and in the selective breeding of *S. wangchiachii*.

Key words *Schizothorax wangchiachii*; Light intensity; Spectra; Phototaxis behavior

① Corresponding author: HUANG Zhitao, E-mail: huangzt@ouc.edu.cn