

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20181207001

http://www.yykxjz.cn/

魏平平, 李鑫, 张俊鹏, 费凡, 马贺, 高东奎, 宋昌斌, 陈涛, 刘鹰. 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

Wei PP, Li X, Zhang JP, Fei F, Ma H, Gao DK, Song CG, Chen T, Liu Y. 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

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*

魏平平^{1,3} 李鑫^{1,3} 张俊鹏^{1,3} 费凡^{1,3} 马贺^{1,3}
高东奎^{1,3} 宋昌斌⁴ 陈涛⁵ 刘鹰^{1,2,3①}

(1. 大连海洋大学 大连 116023; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室 青岛 266000;

3. 辽宁省水产设施养殖与装备工程研究中心 大连 116023; 4. 中国科学院半导体研究所 北京 100083;

5. 深圳市超频三科技股份有限公司 深圳 518000)

摘要 设置 4 种 LED 光谱环境, 分别为蓝(λ_{450} nm)、绿(λ_{525} nm)、黄(λ_{590} nm)和白($\lambda_{400-780}$ nm), 水温控制在 $(22\pm 1)^\circ\text{C}$, 光周期为 16L:8D, 光强设为 200 mW/m^2 。研究光谱对红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*) 受精卵孵化和孵化后 1~18 d (即实验第 6~23 天) 仔稚鱼形态性状(全长、体长、躯干长、尾长、头长、眼径和体高)以及生长相关基因, 包括生长激素(GH)、生长激素受体 1 型(GHRI)、类胰岛素生长因子 1 型(IGF1)基因相对表达量的影响。结果显示, 蓝、绿、黄光处理组的受精卵比白光处理组早 2 d 孵化; 在实验结束时, 蓝光处理组中, 仔稚鱼的全长、体长、躯干长和尾长生长最快, 黄光处理组中, 头长、眼径和体高生长最快。对于生长相关基因, 蓝光下的 GH 基因表达量显著高于黄、白光组($P<0.05$), 但与绿光组无显著性差异; 不同光谱下, GHRI、IGF1 基因的表达量无显著性差异。结果表明, 蓝光、绿光和黄光促进红鳍东方鲀受精卵的孵化, 蓝光有利于红鳍东方鲀仔稚鱼的生长发育。本文研究了不同光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼早期发育的形态性状及生长相关基因表达的影响, 为养殖厂对红鳍东方鲀育苗提供科学的参考依据。

关键词 LED 光谱; 红鳍东方鲀仔稚鱼; 形态性状; 生长相关基因的表达

中图分类号 S965.335 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)01-0162-07

光(光周期、光强、光谱)作为重要的环境因子之一, 对许多重要硬骨鱼类的胚胎发育、孵化和摄食有重要影响, 包括奇努克三文鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)和比目鱼(*Hippoglossus hippoglossus*) (Dey *et al*, 1990; Helvik *et al*, 1993、2010; Mangor-Jensen *et al*, 1995)等。在自然海域中, 光随海水的深

度增加而快速衰减, 光谱成分也发生了极大的改变, 红色光谱在浅水域占优势, 而蓝色光谱能量较高, 在深水域占据主导地位(Tyler, 1968)。随着光电材料科技的发展, 发光二极管(LED)在水产中逐步开始应用, 相比于传统的灯具, LED 灯具有发光效率高、耗电量少、安全环保无污染等优点。但 LED 的一些光特性(光

* 国家重点研发计划项目(2017YFB0404000)资助 [This work was supported by National Key Research and Development Program (2017YFB0404000)]. 魏平平, E-mail: 335613556@qq.com

① 通讯作者: 刘鹰, 教授, E-mail: yingliu@dlou.edu.cn

收稿日期: 2018-12-07, 收修改稿日期: 2019-01-02

强、光谱、光周期)对硬骨鱼类的生长、摄食、繁殖的影响还知之甚少(Villamizar *et al*, 2009)。已有一些研究表明,光影响水产鱼类受精卵孵化、存活和生长发育(Puvanendran *et al*, 2002; Yoseda *et al*, 2008)。另外,不适宜的光强或光谱对硬骨鱼类的早期发育产生影响,导致骨骼发育不全、游泳能力丧失(Battaglione *et al*, 1990; Trotter, 2003)。因此,研究光对硬骨鱼类的影响可为养殖业提供科学的参考依据。

红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)是亚洲地区(韩国、日本和中国)的重要养殖经济鱼种。目前,有关光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼生长影响的研究甚少,本研究探究 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量的影响,为养殖厂对红鳍东方鲀育苗提供科学的参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用卵取自河北天正实业有限公司人工饲养亲鱼的自然产卵,产卵当日,受精卵空运至大连海洋大学水产设施养殖与装备工程研究中心,放置于实验系统中立即进行光照实验。

1.2 实验方法

实验于 2018 年 3 月 16 日开始,采用遮光布遮挡自然光,采用 4 种 LED 光谱灯(深圳市超频三科技股份有限公司),分别为蓝(λ_{450} nm)、绿(λ_{525} nm)、黄(λ_{590} nm)、白($\lambda_{400\sim 780}$ nm),每种光谱设置 2 个平行,养殖桶采用圆型桶(直径为 80 cm,水深为 60 cm),水体约 250 L(10 粒卵/L),水温为(22±1)°C,光周期为 16L:8D,光强为 200 mW/m²,每天 08:30 采用 SRI-2000-UV 光谱照度计(尚泽股份有限公司)于水面 5 cm 处测定并校准。实验第 6 天,受精卵开始孵化,

孵化后的仔鱼开口后,按生长期分别投喂轮虫(*Rotifer*)(约 10 个/ml)、卤虫(*Artemia*)(约 5 个/ml),从受精卵孵化出仔鱼开始取样,在实验第 6、7、8、9、12、13、14、15、18、21、23 天的 09:00 取样,每次随机取 15~20 尾,用戊二醛保存,采用 9SMZ 745T/SMZ1000 高级体视显微镜[尼康映像仪器销售(中国)有限公司]测量全长、体长、躯干长、尾长、头长、眼径和体高。在实验第 23 天,每个处理组取 30 尾仔稚鱼保存于-80°C 冰箱,用于测定生长相关基因的相对表达量。

1.3 总 RNA 的提取和生长相关基因表达量的测定

将冻存样品取出后,按照 UNIQ-10 柱式 Trizol 总 RNA 抽提试剂盒(BBI, A606695)的操作说明书进行总 RNA 的提取。利用微量分光光度计(SMA4000, Merinton)测定 RNA 样品的 OD₂₆₀ 及 OD₂₈₀ 值,根据 OD₂₆₀/OD₂₈₀ 的比值判断总 RNA 纯度;1.5%琼脂糖凝胶电泳检测 RNA 质量。

根据 RevertAid Premium Reverse Transcriptase 试剂盒(Thermo Scientific™, EP0733)操作说明书,将提取的总 RNA 进行反转录扩增,获得 cDNA。反转录产物于-20°C 保存备用,使用 LightCycler480 II (BBI, Roche, 德国)仪器和 SG Fast qPCR Master Mix(2×) (BBI, Roche, 德国)试剂盒进行 Real-time quantitative PCR 实验。根据 GenBank 已有的红鳍东方鲀 *GHR1*、*IGF1*、*SSI*、*GH* 和 β -actin 基因的序列,采用 Primer 5 软件设计引物,引物序列见表 1。经多次测定, β -actin 表达比较稳定,故选为内参基因。PCR 反应条件:95°C 预变性 3 min, 95°C 变性 3 s, 60°C 退火/延伸 30 s, 共 45 个循环;实验结束后对溶解曲线进行分析。所有 PCR 过程中,生物学样品为 3 个平行,每个 RNA 样品均设有 3 个重复。采用 RT-PCR (2^{- $\Delta\Delta C_t$}) 相对荧光定量法对生长相关的基因进行计算。

表 1 定量 PCR 引物序列
Tab.1 Primer sequence for real-time quantitative PCR

基因 Gene	序列 Sequence (5'~3')	GenBank 登录号 GenBank accession No.
<i>GH</i>	F: CTCATCAAGGCCAGTCAGGAT R: CTCCACCTTGTGCATGTCCT	XM_003968318
<i>GHR1</i>	F: TTGGGTCAACACGGACTTCT R: CTTCAGGATCTTTTGCCTTCTT	XM_011615550.1
<i>IGF1</i>	F:GGCAAACAGCGTGAATGAG R:TCAACACGGAAGCCAGGA	AB465576.1
β -actin	F:AGAGGGAAATCGTGCGTGAC R:GAGGAAGGAAGGCTGGAAAAG	XM_003964421.2

1.4 数据分析

所有数据均以平均值±标准误(Mean±SE)表示,使用 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 LSD 来检验不同处理组间基因表达量的差异, $P < 0.05$ 为差异显著,分析所得数据使用 Origin 2017 软件进行绘图。

2 结果

2.1 光谱对红鳍东方鲀受精卵孵化的影响

从实验结果得知,在实验第 6 天,蓝、绿、黄光处理组的受精卵开始孵化,白光处理组的受精卵在第

8 天开始孵化(表 2)。白光处理组的受精卵与其他光色相比,孵化出仔鱼延缓了 2 d。

2.2 光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼形态性状的影响

在孵化后第 6、7 天,不同光谱下初孵仔稚鱼全长未出现显著性差异,但蓝光组仔稚鱼全长平均值高于绿、黄光组。在随后的生长过程中,白光组仔稚鱼全长始终低于其他光照组。在第 17 天,黄光组仔稚鱼全长显著高于蓝、白光组($P < 0.05$),但蓝光组出现快速生长,在第 20 天,蓝、黄光处理组仔稚鱼的全长显著高于绿、白光组($P < 0.05$),在第 23 天,各处理组之间无显著性差异,但蓝光处理组仔稚鱼的全长最大。

表 2 光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼全长的影响
Tab.2 The effect of spectra on the total length of *Takifugu rubripes*

实验时间 Experimental time (d)	全长 Total length			
	蓝 Blue ($\lambda_{450 \text{ nm}}$)	绿 Green ($\lambda_{525 \text{ nm}}$)	黄 Yellow ($\lambda_{590 \text{ nm}}$)	白 White ($\lambda_{400\sim780 \text{ nm}}$)
1~5	—	—	—	—
6	2.801±0.026	2.725±0.037	2.729±0.025	—
7	2.750±0.020	2.814±0.022	2.780±0.023	—
8	2.960±0.020 ^b	3.038±0.022 ^a	2.859±0.037 ^c	2.925±0.024 ^{bc}
9	3.097±0.025 ^a	3.097±0.025 ^a	3.058±0.032 ^{ab}	2.984±0.025 ^b
10	3.081±0.028 ^{ab}	3.001±0.035 ^a	3.083±0.020 ^{ab}	3.095±0.030 ^a
11	3.123±0.026 ^{ab}	3.094±0.045 ^a	3.198±0.030 ^b	3.150±0.036 ^{ab}
12	3.258±0.039	3.232±0.039	3.253±0.034	3.203±0.028
13	3.320±0.030 ^a	3.235±0.034 ^{ab}	3.199±0.025 ^b	3.119±0.052 ^c
14	3.340±0.044	3.337±0.040	3.335±0.036	3.306±0.037
17	3.195±0.033 ^c	3.324±0.047 ^{ab}	3.412±0.027 ^a	3.266±0.040 ^{bc}
20	3.373±0.047 ^a	3.157±0.054 ^b	3.363±0.048 ^a	3.068±0.074 ^b
23	3.542±0.055	3.399±0.068	3.469±0.165	3.189±0.196

注:数据均表示为平均值±标准误(Mean±SE) ($n=15$);相同字母代表各处理组间无显著性差异($P > 0.05$),不同字母表示各处理间差异显著($P < 0.05$),下同

Note: Values are expressed as Mean±SE ($n=15$). The same letter indicates no significant difference between the treatment groups ($P > 0.05$), and different letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$), the same as below

第 6 天,不同光谱组体长未出现显著性差异,7 d 时,绿光组的仔稚鱼体长与蓝光组出现显著性差异($P < 0.05$),7、8 d,黄光组体长显著高于绿光组($P < 0.05$)。同样,17 d 后,蓝光组体长生长较快,在 22 d 时显著高于绿光、白光组($P < 0.05$)。23 d,蓝光组的体长平均值达到最高,但与其他光谱组相比,无显著差异,白光组仔稚鱼体长变化情况与全长相似。

第 6 天,蓝光组红鳍东方鲀仔鱼头长与绿、黄光组出现显著性差异($P < 0.05$),7 d 时,不同光谱处理组的差异不显著,在第 11 天,黄光组与蓝、绿光组无显著性差异,但与白光组差异性显著($P < 0.05$)。在第

17 天,蓝、绿、黄光组显著高于白光组($P < 0.05$)。在第 23 天时,黄光组的头长最大。

在实验第 6 天时,绿光处理组仔稚鱼的躯干长与蓝、黄处理组出现显著性差异($P < 0.05$),第 8~11 天,仔鱼的躯干长逐渐减小,而黄光组仔稚鱼的躯干长从第 7 天开始逐渐增长,在第 10 天时,黄光组的躯干长显著高于绿光组($P < 0.05$);17 d 后,白光组与绿光组无显著性差异,第 23 天,蓝光组下仔稚鱼的躯干长最大。

在 6、7 d 时,不同光谱下仔稚鱼的尾长无显著性差异,在第 8 天,蓝、白光谱下的尾长与绿光组出

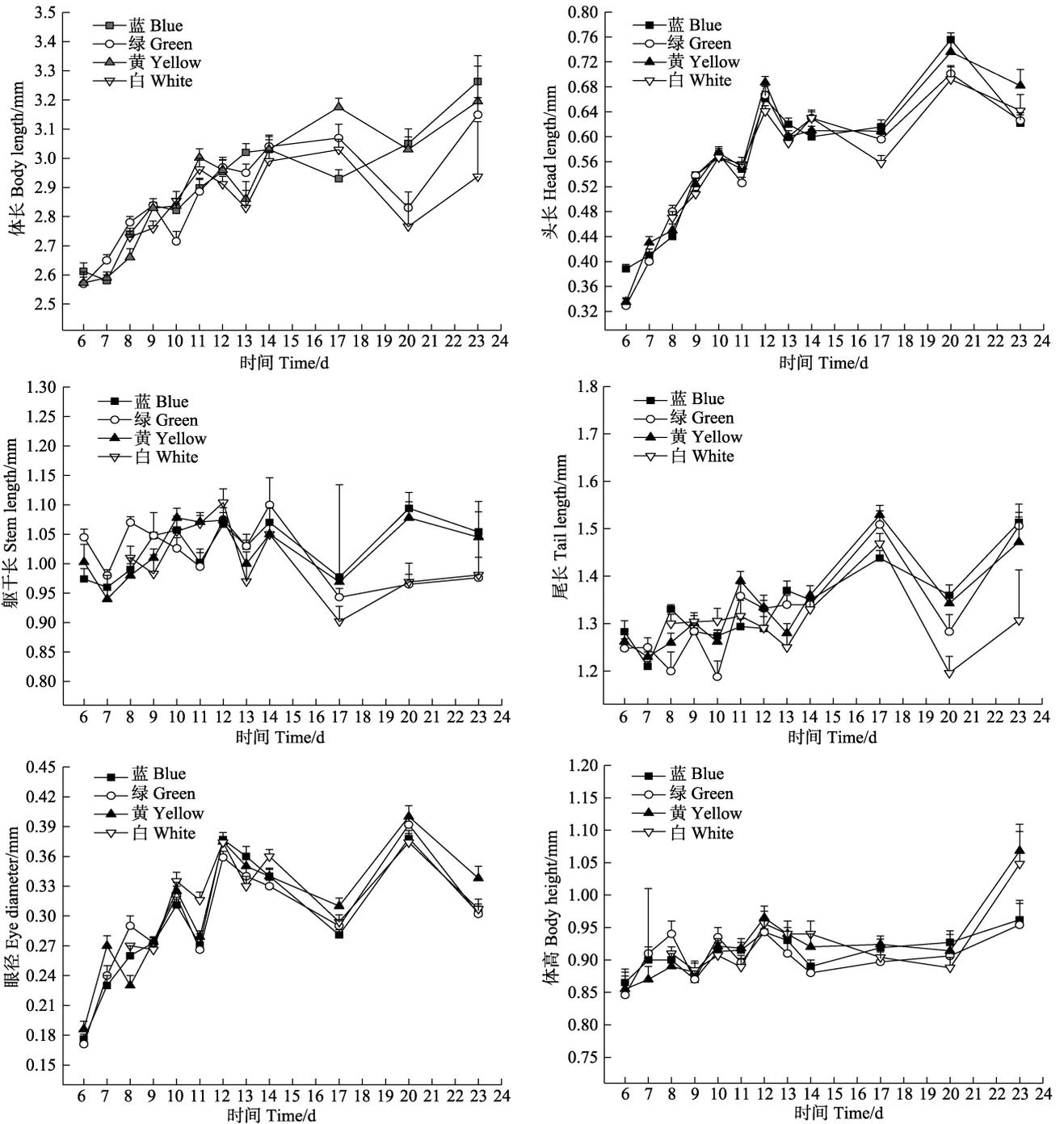


图 1 光谱对红鳍东方鲀仔稚鱼形态性状的影响

Fig.1 The effect of spectra on the morphological character of *Takifugu rubripes*

现显著性差异($P<0.05$), 8 d 时, 蓝、黄、白光组显著高于绿光组($P<0.05$), 20、23 d, 蓝、绿、黄组之间无显著性差异, 且平均值都高于白光组。

在不同光谱下初孵仔稚鱼眼径无显著性差异, 在第 7、8 天, 绿光组显著高于蓝光组($P<0.05$)。在第 9、10 天, 各处理组无显著性差异。11 d 后, 不同光谱下的眼径呈现不规则的“M”型趋势, 在第 17 天后,

黄光组下的眼径一直高于其他处理组。

对于红鳍东方鲀仔稚鱼的体高, 仅在 8、14、23 d 时, 不同处理组之间出现显著性差异。在第 8 天, 绿光组显著高于黄光组($P<0.05$), 与蓝、白光组无显著性差异。14 d, 白光组显著高于蓝、绿光组($P<0.05$), 但与黄光组无显著性差异; 第 23 天, 黄光组与绿光组有显著性差异($P<0.05$), 与蓝、白光组无显著性差异。

2.3 光谱对红鳍东方鲀生长相关基因表达量的影响

不同光谱对 *GH* 基因相对表达量有显著影响, 蓝光下, *GH* 基因表达量显著高于黄、白光组($P < 0.05$), 但与绿光组的表达量无显著性差异(图 2A)。对于 *GHR1* 基因, 不同光谱下基因的表达量无显著性差异, 但蓝光下 *GH* 基因的表达量最高, 依次为黄、绿、白光(图 2B)。蓝、绿光下 *IGF1* 基因表达量较高, 但与黄、白光组的表达量之间无显著性差异(图 2C)。

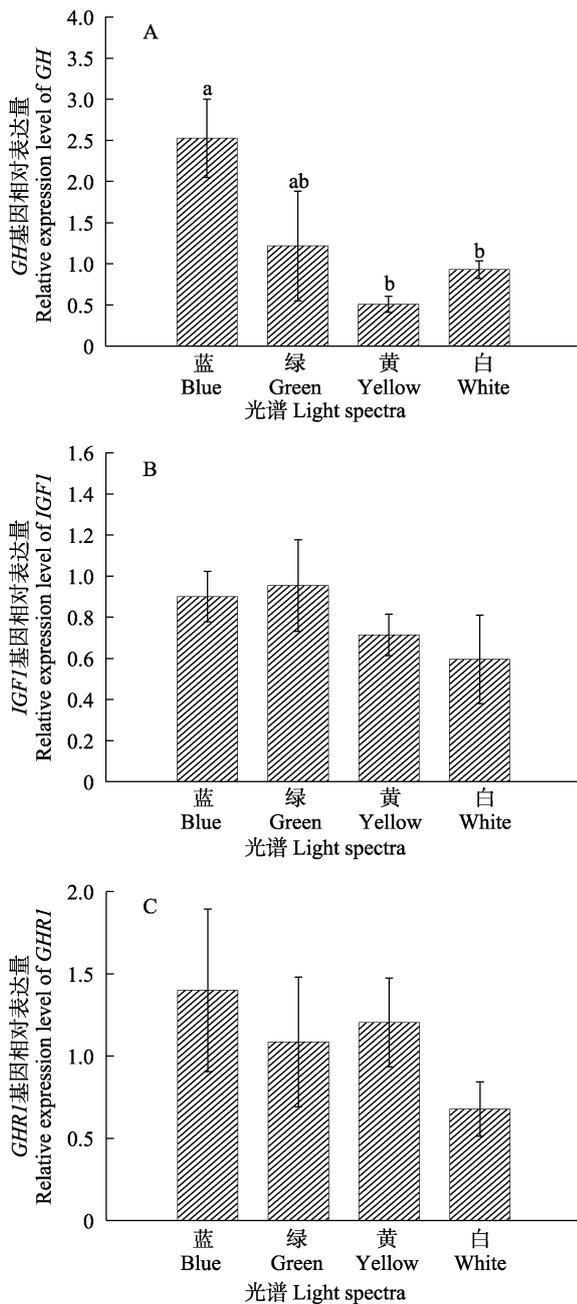


图2 光谱对红鳍东方鲀生长相关基因表达的影响
Fig.2 The effect of spectra on the expression of growth-related gene in *Takifugu rubripes*

3 讨论

研究表明, 鱼类受精卵的孵化受温度、盐度、pH、溶解氧等环境因子的影响(杨明秋等, 2012; 戈志强等, 2003), 而光作为重要的环境因子之一, 对鱼类受精卵的孵化、仔鱼的生长也有着重要的影响(柳学周等, 2004; Villamizar *et al*, 2009; Blanco-Vives *et al*, 2010)。本文研究了不同光谱(蓝、绿、黄、白)对红鳍东方鲀受精卵孵化和仔稚鱼形态性状的影响。结果显示, 蓝、绿、黄光处理下的第6天, 受精卵开始孵化, 且各组之间的全长、体长、尾长、眼径、体高均无显著差异, 但蓝光下的头长显著高于绿、黄光组, 绿光下的躯干长显著高于蓝、黄光组的躯干长。而白光组在第8天开始孵化出仔稚鱼。分析认为, 在蓝、绿和黄处理组中, 受精卵受到单色光刺激, 促进了受精卵的孵化, 导致蓝、绿和黄光组中受精卵比白光组提前2 d 孵化。Downing 等(2002)关于光谱(蓝、绿和白)对黑线雪鱼(*Melanogrammus aeglefinus*)受精卵影响研究中, 并未发现光谱对黑线雪鱼的孵化有显著性差异, 这可能是由于不同物种对不同光谱的敏感度不同, 具有种属特异性(Bocuf *et al*, 1999)。在实验结束时, 蓝光下仔稚鱼的全长、体长、躯干长和尾长的平均值最大, 黄光下仔稚鱼头长、眼径和体高的平均值最大。分析认为, 这可能是由于仔稚鱼不同性状对不同光谱的敏感度不同。蓝色光谱对欧洲舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)、塞内加尔鲷(*Solea senegalensis*)、大西洋鲑鱼(*Gadus morhua*)仔鱼的生长有促进作用(Villamizar *et al*, 2009; Blanco-Vives *et al*, 2010; Sierra-Flores *et al*, 2016), 这与本研究结果相似。欧洲舌齿鲈受精卵在孵化后30 d, 蓝光可以促进其仔鱼生长; 同时, 对于其器官发育, 蓝光下仔稚鱼牙齿发育率为100%, 白光、红光下的发育率分别为63%、40%, 鱼鳔也是蓝光下发育的最好, 体长、体重也一样(Villamizar *et al*, 2009)。本研究中, 蓝光促进了仔稚鱼的生长(全长、体长、躯干长和尾长)。由此, 可以推测, 优势光谱对仔鱼生长和器官发育的影响相似。

环境因子如温度、光周期、光谱会影响生物体内激素的变化(Kim *et al*, 2016), 生长激素 *GH/IGF* 轴是脊椎动物生长的调节核心, *GH* 可以通过刺激细胞分化直接影响生长, *IGF1* 导致细胞增殖, 从而促进生物的生长(Björnsson, 1997; Duan, 1997; Green *et al*, 2010)。本研究中, 蓝光下 *GH* 基因的相对表达量显著高于黄、白光组, 而 *GHR1*、*IGF1* 基因在不同光谱下的表达无显著性差异, 但蓝光组 *GHR1*、*IGF1* 基因表达量均较其他光处理组高。从图4、图5可以

看到, 蓝、黄光组的尾长、头长发育较快, 在前 10 d, 头长处于快速生长阶段。对于体高, 各光谱处理组总体变化不大, 分析认为, 处理组中的仔稚鱼体内卵黄囊在不断消耗, 体积逐渐变小, 而仔稚鱼又在不断生长, 故在实验前 20 d, 体高的变化幅度不大, 待卵黄囊完全消耗时, 体高的发育出现明显差异(图 7)。

综上所述, 蓝、绿、黄光处理组的受精卵比白光处理组早 2 d 孵化; 在实验结束时(第 23 天), 蓝光处理组仔稚鱼的全长、体长、躯干长和尾长生长最快, 黄光处理组头长、眼径和体高生长较快。对于生长相关基因, 蓝光下的生长相关基因 *GH* 相对表达量最高, 对于 *GHR1*、*IGF1* 基因, 不同光谱下基因的相对表达量无显著性差异, 因此, 建议在红鳍东方鲀受精卵孵化时, 可采用蓝色光谱照射, 以减少孵化时间, 促进仔鱼生长, 缩短养殖周期, 节约成本。

参 考 文 献

- Battaglione SC, Talbot RB. Initial swim bladder inflation in intensively reared Australian bass larvae, *Macquaria novemaculeata* (Steindachner) (Perciformes: Percichthyidae). *Aquaculture*, 1990, 86(4): 431–442
- Björnsson BT. The biology of salmon growth hormone: From daylight to dominance. *Fish Physiology and Biochemistry*, 1997, 17(1–6): 9–24
- Blanco-Vives B, Villamizar N, Ramos J, *et al.* Effect of daily thermo- and photo-cycles of different light spectrum on the development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 2010, 306(1–4): 137–145
- Boeuf G, Bail PYL. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture*, 1999, 177(1–4): 129–152
- Dey DB, Damkaer DM. Effects of spectral irradiance on the early development of *Chinook salmon*. *Progressive Fish-Culturist*, 1990, 52(3): 141–154
- Downing G, Litvak MK. Effects of light intensity, spectral composition and photoperiod on development and hatching of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryos. *Aquaculture*, 2002, 213(1): 265–278
- Duan CM. The insulin-like growth factor system and its biological actions in fish. *Integrative and Comparative Biology*, 1997, 37(6): 491–503
- Ge ZQ, Zhu J, Zhu YF, *et al.* Effects of different light and temperature on hatching rate of fertilized eggs of large silver fish. *Freshwater Fishery*, 2003, 33(5): 23–24 [戈志强, 朱江, 朱玉芳, 等. 不同光照、温度对大银鱼受精卵孵化率的影响. *淡水渔业*, 2003, 33(5): 23–24]
- Green H, Morikawa M, Mxon T. A dual effector theory of growth-hormone action. *Differentiation*, 2010, 29(2): 195–198
- Helvik JV, Walther BT. Environmental parameters affecting induction of hatching in halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) embryos. *Marine Biology*, 1993, 116(1): 39–45
- Helvik JV, Walther BT. Photo-regulation of the hatching process of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) eggs. *Journal of Experimental Zoology*, 2010, 263(2): 204–209
- Kim BH, Hur SP, Hur SW, *et al.* Relevance of light spectra to growth of the rearing tiger puffer *Takifugu rubripes*. *Development and Reproduction*, 2016, 20(1): 23–29
- Liu XZ, Xu YJ, Ma AJ, *et al.* Effects of salinity, temperature, light rhythm and light intensity on embryonic development of *Cynoglossus semilaevis* Gunther and its hatching technology optimization. *Marine Fisheries Research*, 2004, 25(6): 1–6 [柳学周, 徐永江, 马爱军, 等. 温度、盐度、光照对半滑舌鳎胚胎发育的影响及孵化条件调控技术研究. *海洋水产研究*, 2004, 25(6): 1–6]
- Mangor-Jensen A, Waiwood KG. The effect of light exposure on buoyancy of halibut eggs. *Journal of Fish Biology*, 1995, 47(1): 18–25
- Puvanendran V, Brown JA. Foraging, growth and survival of Atlantic cod, *Gadus morhua*, larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 2002, 214: 131–151
- Sierra-Flores R, Davie A, Grant B, *et al.* Effects of light spectrum and tank background colour on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae performances. *Aquaculture*, 2016, 450(2): 6–13
- Trotter AJ. Effect 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): 141–158
- Tyler JE. Optical oceanography. *Earth-Science Reviews*, 1968, 4(4): A302
- Villamizar N, García-Alcazar A, Sánchez-Vázquez FJ. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 2009, 292(1–2): 80–86
- Yang MQ, Wang YP, Fu SY, *et al.* Effects of different temperatures and salinities and pH values on the early development of *Plectropomus leopardus* Lacepe. *Journal of Tropical Organisms*, 2012, 3(2): 104–108 [杨明秋, 王永波, 符书源, 等. 温度、盐度和 pH 值对豹纹棘鲷早期发育的影响. *热带生物学报*, 2012, 3(2): 104–108]
- 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. *Aquaculture*, 2008, 279(1–4): 55–62

Effects of LED Spectra on Morphological Characters and Gene Expression of Growth in *Takifugu rubripes* Larvae

WEI Pingping^{1,3}, LI Xin^{1,3}, ZHANG Junpeng^{1,3}, FEI Fan^{1,3}, MA He^{1,3},
GAO Dongkui^{1,3}, SONG Changbin⁴, CHEN Tao⁵, LIU Ying^{1,2,3①}

(1. Dalian Ocean University, Dalian 116023;

2. Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266000;

3. Liaoning Aquaculture Facilities and Equipment Engineering Research Center, Dalian 116023;

4. China Academy of Sciences Institute of Semiconductors, Beijing 100083;

5. Led Cooler Technology Co. Ltd, Shenzhen 518000)

Abstract Four LED spectral parameters were set, which were blue ($\lambda_{450\text{ nm}}$), green ($\lambda_{525\text{ nm}}$), yellow ($\lambda_{590\text{ nm}}$), and white ($\lambda_{400\sim 780\text{ nm}}$), water temperature was controlled at $(22\pm 1)^\circ\text{C}$, photoperiod was 16L:8D. The light intensity was set at 200 mW/m^2 . The results showed that the fertilized eggs of *Takifugu rubripes* under the blue, green and yellow light hatched 2 days earlier than the white light. At the end of the experiment, the full length, body length, trunk length and tail length of the larvae under the blue light were the most. Under yellow light, the head length, eye diameter, and body height showed the fastest growth. For growth genes, the expression of growth hormone (*GH*) gene under the blue light was significantly higher than yellow and white light group ($P<0.05$), but there was no significant difference with green light group. There was no significant difference in gene expression for growth hormone receptor 1 (*GHR1*) and insulin-like growth factor type (*IGF-1*) under different spectra, but the expression of *GH* gene under blue light was the highest. The results showed that LED spectrum (blue, green, and yellow) promoted the hatching of the fertilized eggs of *T. rubripes*, and the blue spectrum is beneficial to the growth and development of the *T. rubripes* larvae. The paper provided a scientific reference for the incubation of *T. rubripes*.

Key words LED Spectrum; *Takifugu rubripes* larvae; Morphological character; Gene expression of growth

① Corresponding author: LIU Ying, E-mail: yingliu@dlou.edu.cn