

# 养殖方式、光照强度对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响\*

郭文学 尹家胜 佟广香 张永泉 白庆利

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 哈尔滨 150070)

**提要** 采用生态学方法,研究了养殖方式、光照强度对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响。结果表明:在养殖方式实验中,哲罗鱼稚鱼体长、体质量均以室内静水组为最高,室内流水组其次,室外流水组最低。存活率以室内流水组为最高,室外流水组次之,室内静水组最低。统计分析表明养殖方式对哲罗鱼稚鱼终末体长、体质量、特定生长率、体长生长参数以及体长、体质量变异系数的影响均达到极显著水平( $P < 0.01$ )。在光照实验中,哲罗鱼稚鱼的存活率、体长、体质量及特定生长率、体长生长参数均随光照强度的增加而增加,说明在哲罗鱼稚鱼室内培育阶段,适当地增加部分光照有利于其存活、摄食与生长。本研究结果为哲罗鱼高效养殖提供了科学依据。

**关键词** 哲罗鱼; 养殖方式; 光照强度; 特定生长率; 生长参数

**中图分类号** S965.199 **doi:** 10.11693/hyhz20121217001

哲罗鱼(*Hucho taimen*)是我国土著珍稀冷水性鱼类,也是鲑科中个体最大生长最快的鱼类,性成熟后仍能快速生长,是优良的人工驯养品种(董崇智等, 1998a, b; 尹家胜等, 2003; Esteve *et al*, 2009)。近年来由于森林植被破坏、水质污染、过度捕捞等因素,哲罗鱼自然栖息地与产卵场所骤减,生境资源遭受严重破坏,目前仅黑龙江上游的支流呼玛河、乌苏里江水系以及新疆的哈纳斯湖能捕获零星个体,已被列入《中国濒危动物(鱼类)红皮书》中,为国家二级保护动物(乐佩琦等, 1998; 任慕莲等, 2002; 尹家胜等, 2003)。为保护和合理利用哲罗鱼资源,众多学者做了大量工作(徐伟等, 2007; 徐奇友等, 2008; Kuang *et al*, 2009; 匡友谊等, 2010; 张永泉等, 2010)。目前哲罗鱼人工繁殖已获成功,人工扩繁、养殖示范与推广工作正在深入开展。

稚鱼期是哲罗鱼苗种繁育的关键阶段之一,此时稚鱼处于转饵期或刚完成转饵过渡,是身体最脆

弱、病害最易发、死亡率最高的阶段,而养殖方式与光照强度是哲罗鱼养殖过程中重要的生态因子,养殖方式的好坏关乎苗种繁育的成败,光照强度的调控也是苗种繁育重要的环节,因此,研究养殖方式、光照强度对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响无疑具有重要意义。目前,有关这方面的研究国内外尚未见报道。本研究采用生态学方法,研究了二者对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响,旨在丰富哲罗鱼基础养殖生态学,为哲罗鱼高效养殖提供科学依据。

## 1 材料与方法

实验在黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼实验站进行,实验用哲罗鱼稚鱼于2012年4月经全人工繁育获得。

### 1.1 养殖方式对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响

实验所用稚鱼30日龄,此时稚鱼处于人工驯化饲养阶段(即转饵期)。选取健壮无伤、大小基本一致

\* 国家科技支撑计划项目:黑龙江等流域冷水鱼健康养殖关键技术集成与示范,2012BAD25B10号;公益性行业(农业)科研专项经费项目:冷水性鱼类养殖产业化研究与示范,201003055-14号。郭文学,硕士,实习研究员, E-mail: guowenxue2009@126.com

通讯作者:尹家胜,研究员,硕士生导师, E-mail: xwsc20@tom.com

收稿日期:2012-12-17, 收修改稿日期:2013-04-29

的个体进行实验, 实验鱼初始规格为体长(3.25±0.30)cm, 体质量(0.247±0.030)g。养殖方式包括室内塑料桶静水养殖方式(以下简称室内静水组, 用 IL 表示)、室内平列槽流水养殖方式(以下简称室内流水组, 用 IR 表示)、室外平列槽流水养殖方式(以下简称室外流水组, 用 OR 表示), 室内静水组养殖容器为 25L 的蓝色塑料桶, 采用静水养殖方式进行养殖, 每天换水 5—6 次, 实验期间足量充气, 溶氧保持在 6mg/L 以上, 水深控制在 25—28cm, 密度为 5ind./L; 一个月后将密度调整为 2.3ind./L。实验设置 3 个重复, 实验前一个月投喂全价配合饲料 6 次/天, 每次投喂之前换水 1 次以清除残饵及代谢产物, 一个月后当体质量到 1g 以上时改为 4 次/天。每天早晚彻底清洗养殖容器 1 次并记录实验组鱼体状态及死亡情况, 每天早中晚各记录水温 1 次, 每 10 d 用 1%—2% 的 NaCl 消毒 1 次并测量生长数据, 整个实验期间不定期测定溶氧等水质指标 4 次, 实验进行 60d。室内流水组养殖容器为平列槽, 规格为 51×41.5×22.5cm, 水体流量为 2—4 分钟/量程, 其他同室内静水组。室外流水组养殖容器同室内流水组, 所用流水系统的水流量大小为 0.3—0.4m<sup>3</sup>/s, 为防止光照过强, 平列槽上方盖一层 8 目绿色防逃网, 其他同室内静水组。

### 1.2 光照强度对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响

光照实验设置 3 个光强梯度, 黑暗组(B)、对照组(C)和光照组(L)。实验均在遮光的孵化大棚内进行, 黑暗组采用不透明的 PVC 板遮住养殖容器, 对照组采用大棚内自然光, 光照组为在养殖容器上方约 50cm 处添加 1 个 60 W 的白炽灯, 昼夜节律控制为 12L : 12D, 具体光强参数见表 1。

表 1 各组光强参数值

Tab.1 Light intensity parameters for different experimental groups

参数	组别		
	黑暗组	对照组	光照组
光强范围(lx)	0—0	17.36—44.60	113.6—243.1
光强均值(lx)	0	27.07±11.98	187.03±61.47
对数值	0	1.43	2.77

光照实验稚鱼培育采用室内平列槽流水养殖方式, 每个平列槽随机放养相似规格哲罗鱼稚鱼 50 尾, 实验期间日投喂全价配合饲料 4 次, 以鱼饱食基本无剩余为标准投喂, 实验期间水温为 10.30—14.45°C, 溶氧为 6.27—7.80mg/L, 其他同实验 1。

### 1.3 数据处理

使用 SPSS16.0 对数据进行统计分析, Excel 作图, 参照殷名称(1995)方法, 实验鱼各指标计算公式如下:

$$\text{肥满度}(F_C): F_C = \frac{W}{L^3} \times 100\%;$$

$$\text{特定生长率}(R_{SG}): R_{SG} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \times 100\%;$$

$$\text{生长比速}(C_v): C_v = \frac{\lg L_2 - \lg L_1}{0.4343(t_2 - t_1)};$$

$$\text{生长常数}(C_{vt}): C_{vt} = C_v \times \frac{t_2 + t_1}{2};$$

$$\text{生长指标}(C_{Lt}): C_{Lt} = C_v \times L_1;$$

$$\text{变异系数}(V_C): V_C = \frac{D_S}{X} \times 100\%;$$

$$\text{体长与体质量关系式}: W = aL^b.$$

式中:  $W$  为体质量(g),  $L$  为体长(cm);  $W_1$ 、 $W_2$  和  $L_1$ 、 $L_2$  分别为时间  $t_1$ 、 $t_2$  时的体质量(g)和体长(cm),  $D_S$  是标准差,  $X$  是平均体质量,  $a$  和  $b$  是常数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 养殖方式对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响

**2.1.1 实验期间各组水温及水质状况** 整个实验过程中 3 种养殖方式的水温变化趋势基本一致, 各组水温以室内静水组为最高, 其次为室内流水组, 室外流水组最低。统计分析表明 3 种养殖方式水温之间的差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。3 种养殖方式的溶氧也以室内流水组为最高( $P < 0.05$ ), 平均溶氧量均高于 7.36mg/L, 其他两种养殖方式的溶氧量相对较低, 但均在 6mg/L 以上, 属哲罗鱼正常需氧量的范围(徐伟等, 2007)。

**2.1.2 养殖方式对哲罗鱼稚鱼存活的影响** 不同养殖方式对哲罗鱼稚鱼存活的影响见表 3。从表中可以看出, 实验开始的前 20d 各组死亡率均较高, 但随着实验的进行死亡率逐渐降低, 说明转饵阶段是哲罗鱼稚鱼的高死亡期, 驯养完成后随稚鱼体长与体质量的增加鱼体生理状况得到恢复, 抗逆性增强, 存活率逐渐升高。比较而言, 实验开始前 20d, 室内流水组的存活率较高为 75.7%, 室内静水组和室外流水组的存活率较低, 统计分析表明室内流水组与室内静水组存活率差异显著( $P < 0.05$ )。这可能是由于哲罗鱼稚鱼孵化后一直采用室内流水培育方式养殖, 加上实验开始时实验鱼处于饲料转换时期, 体质较弱, 对外界环境因子的变化较敏感, 因而鱼体需要一定时间以适应养殖方式的转变。

表 2 3 种养殖方式的溶氧状况  
Tab.2 DO variations of different culture methods

组别	溶氧量(mg/L)				平均值
	第一次测量	第二次测量	第三次测量	第四次测量	
室内静水组	8.47±0.41 <sup>a</sup>	8.50±0.03 <sup>a</sup>	8.05±0.22 <sup>a</sup>	7.36±0.60 <sup>a</sup>	8.10±0.53 <sup>a</sup>
室内流水组	6.54±0.16 <sup>b</sup>	7.80±0.10 <sup>b</sup>	6.77±0.01 <sup>b</sup>	6.27±0.15 <sup>b</sup>	6.85±0.67 <sup>b</sup>
室外流水组	6.34±0.07 <sup>b</sup>	6.24±0.04 <sup>c</sup>	6.47±0.05 <sup>c</sup>	6.44±0.03 <sup>b</sup>	6.37±0.10 <sup>b</sup>

同列中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

表 3 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼不同时期的存活率(%)  
Tab.3 Survival rate of juvenile *Hucho taimen* at different stages under different culture methods

时间	存活率(%)		
	室内静水组	室内流水组	室外流水组
6月30日—7月23日	44.78±22.19 <sup>b</sup>	75.50±5.50 <sup>a</sup>	45.33±9.82 <sup>ab</sup>
7月23日—8月12日	93.33±7.64 <sup>a</sup>	96.67±2.22 <sup>a</sup>	95.56±2.22 <sup>a</sup>
8月13日—8月30日	98.19±1.59 <sup>a</sup>	99.23±0.66 <sup>a</sup>	98.06±1.34 <sup>a</sup>

同行中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

**2.1.3 养殖方式对哲罗鱼稚鱼体长、体质量及肥满度的影响** 随实验的进行, 哲罗鱼稚鱼体长、体质量的生长表现出明显的差异。从表 4 可以看出, 室内静水组体长、体质量均生长较快, 单因素方差分析显示, 养殖方式对哲罗鱼稚鱼的体长、体质量生长的影响达到显著水平( $P<0.05$ )。原因可能在于: (1) 哲罗鱼有逆水游泳的习性, 流水养殖条件下, 哲罗鱼摄入的能量除用于体长、体质量的生长外, 一部分能量将作为逆水游动过程中的耗能, 而静水养殖时则避免了这方面的能量消耗; (2) 流水养殖条件下水温受气温影响较小并保持相对稳定, 而静水养殖条件下水温受室温的影响较大并保持相对较高, 因而生长较快(图 1);

(3) 野生哲罗鱼常年生活中水质清澈、溶氧丰富的泉水或溪流中, 对溶氧的要求特别高, 本研究中室内静水组通过外源供氧装置保证了充足的溶氧(表 1), 因而生长速度较快。

肥满度反映体长与体质量之间的关系, 常用来衡量鱼体丰满程度及营养状况, 鱼的肥满度随气候、饵料条件以及鱼体自身因素和生长阶段而变化(殷名称, 1995)。从表 4 可以看出, 实验开始时肥满度较高,

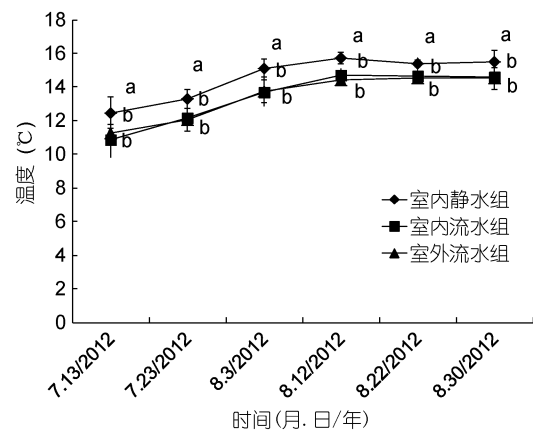


图 1 3 种养殖方式水温的变化

Fig.1 Temperature variations of different culture methods  
图中所示英文字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同。

表 4 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼各生长指标的变化  
Tab.4 Variations of growth indexes of juvenile *Hucho taimen* under different culture methods

参数	养殖方式	时间				绝对生长	相对生长(%)
		6月30日	7月23日	8月12日	8月30日		
体长(cm)	室内静水组	3.25±0.30 <sup>a</sup>	4.97±0.49 <sup>a</sup>	6.77±0.43 <sup>a</sup>	8.45±0.61 <sup>a</sup>	5.18±0.18 <sup>a</sup>	159.65±6.10 <sup>a</sup>
	室内流水组	3.25±0.30 <sup>a</sup>	4.79±0.45 <sup>a</sup>	6.35±0.50 <sup>b</sup>	7.97±0.61 <sup>b</sup>	4.72±0.20 <sup>b</sup>	145.13±7.73 <sup>b</sup>
	室外流水组	3.25±0.30 <sup>a</sup>	4.41±0.40 <sup>b</sup>	5.64±0.48 <sup>c</sup>	7.05±0.56 <sup>c</sup>	3.76±0.11 <sup>c</sup>	115.57±2.54 <sup>c</sup>
体质量(g)	室内静水组	0.247±0.030 <sup>a</sup>	0.85±0.26 <sup>a</sup>	2.20±0.45 <sup>a</sup>	4.61±1.02 <sup>a</sup>	4.37±0.24 <sup>a</sup>	1792.91±319.01 <sup>a</sup>
	室内流水组	0.247±0.030 <sup>a</sup>	0.78±0.24 <sup>a</sup>	1.90±0.42 <sup>b</sup>	3.83±0.88 <sup>b</sup>	3.59±0.28 <sup>b</sup>	1466.86±215.08 <sup>a</sup>
	室外流水组	0.247±0.030 <sup>a</sup>	0.54±0.18 <sup>b</sup>	1.26±0.35 <sup>c</sup>	2.55±0.64 <sup>c</sup>	2.26±0.15 <sup>c</sup>	919.89±92.01 <sup>b</sup>
肥满度(%)	室内静水组	0.72±0.09 <sup>a</sup>	0.64±0.09 <sup>a</sup>	0.69±0.07 <sup>a</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	—	—
	室内流水组	0.72±0.09 <sup>a</sup>	0.66±0.11 <sup>a</sup>	0.72±0.06 <sup>ab</sup>	0.76±0.01 <sup>ab</sup>	—	—
	室外流水组	0.72±0.09 <sup>a</sup>	0.57±0.09 <sup>a</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>	0.72±0.01 <sup>b</sup>	—	—

同列中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

但实验开始后 22d 开始下降, 继而随着实验的进行逐渐升高, 原因可能是由于实验开始前稚鱼以水蚤和水丝蚓开口, 此时鱼体生长状况良好、肥满度较高, 实验开始后稚鱼开始进入饵料转换期, 改投人工配合饲料, 需要一定的驯化适应时间, 因而导致鱼体相对较瘦, 肥满度较低, 经过一定时间的驯养, 稚鱼生理状况得到恢复并逐渐加强, 肥满度稳步升高。实验结束时各组的肥满度以室内静水组为最高, 为 0.77, 统计分析表明, 室内静水组与室外流水组差异达到显著水平( $P<0.05$ )。

实验结束时 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼体长与体质量的关系符合  $W = aL^b$ , 关系式分别为:

$$W_{IL} = 0.0117L^{2.7946} (R=0.9183), \quad W_{IR} = 0.0136L^{2.7093} (R=$$

0.9275),  $W_{OR} = 0.0100L^{2.8286} (R=0.9472)$ , 式中  $b$  值均接近 3, 说明实验阶段哲罗鱼稚鱼的生长为匀速生长(殷名称, 1995)。

2.1.4 养殖方式对哲罗鱼稚鱼特定生长率的影响 特定生长率是衡量鱼体生长状况的一个常用指标, 值越大说明体质量的日增长越快。实验期间哲罗鱼稚鱼特定生长率的变化幅度为 1.37—7.05, 最高值出现在 7 月 23 日的室内静水组, 最低值出现在 7 月 13 日的室外流水组, 同一组内不同时间的特定生长率大小没有什么规律性(表 5)。3 种养殖方式哲罗鱼稚鱼特定生长率的平均值分别为 4.65、4.36、3.68, 单因素方差分析结果显示, 养殖方式对哲罗鱼稚鱼特定生长率的影响达到极显著水平( $P<0.01$ )。

表 5 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼的特定生长率(%)

Tab.5 Specific growth rate of juvenile *Hucho taimen* under different culture methods

组别	时间						平均值±标准差
	7月13日	7月23日	8月3日	8月12日	8月22日	8月30日	
室内静水组	3.54±1.03 <sup>a</sup>	7.05±1.05 <sup>a</sup>	6.76±0.40 <sup>a</sup>	2.34±0.65 <sup>a</sup>	4.36±1.16 <sup>a</sup>	3.79±0.99 <sup>a</sup>	4.65±0.26 <sup>a</sup>
室内流水组	4.42±0.93 <sup>a</sup>	4.85±0.66 <sup>a</sup>	5.34±1.04 <sup>a</sup>	3.37±1.59 <sup>a</sup>	4.24±1.26 <sup>a</sup>	3.51±0.15 <sup>a</sup>	4.36±0.21 <sup>a</sup>
室外流水组	1.37±0.42 <sup>b</sup>	5.67±1.45 <sup>a</sup>	5.61±2.15 <sup>a</sup>	2.51±1.35 <sup>a</sup>	3.77±1.50 <sup>a</sup>	4.09±0.98 <sup>a</sup>	3.68±0.15 <sup>b</sup>

1. 特定生长率平均值是以实验开始与结束时的体质量计算得到的; 2. 同列中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

2.1.5 养殖方式对哲罗鱼稚鱼生长常数与生长指标的影响 研究鱼类生长速度时, 常用生长比速比较之, 有学者认为利用生长常数与生长指标可划分鱼的生长阶段与生长强度, 鱼类不同生长阶段的生长常数通常不同, 而同一生长阶段生长常数则往往比较接近(殷名称等, 1995)。本研究以各组实验鱼开始与结束时的体长计算了各组体长生长参数并作图(图2), 从图中可以看出, 各组体长生长参数均以室内静水组为最高, 室外流水组为最低, 统计分析表明,

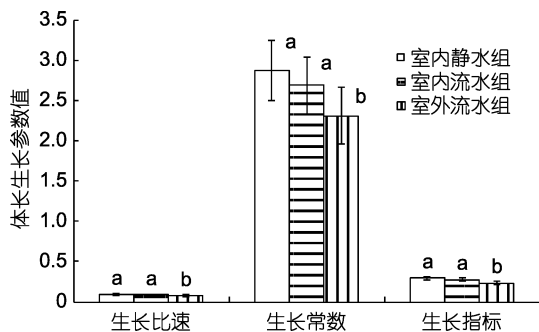


图 2 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼体长生长参数

Fig.2 Growth indexes of juvenile *Hucho taimen* body length under different culture methods

养殖方式对哲罗鱼稚鱼体长各生长参数的影响均达到了极显著水平( $P<0.01$ )。

2.1.6 养殖方式对哲罗鱼稚鱼生长离散的影响 实验开始与结束时体长、体质量的变异系数见图 3, 从图中可以看出 3 种养殖方式下体长变异系数均较实验开始时低, 变异系数为 7.22%—7.94%, 而体质量变异系数较开始时高, 变异系数为 22.13%—25.10%。比较来看, 各组体长、体质量的变异系数均以室内静水组为最低, 室外流水组为最高, 经无重复双因素方差分析表明, 养殖方式对哲罗鱼稚鱼体长、

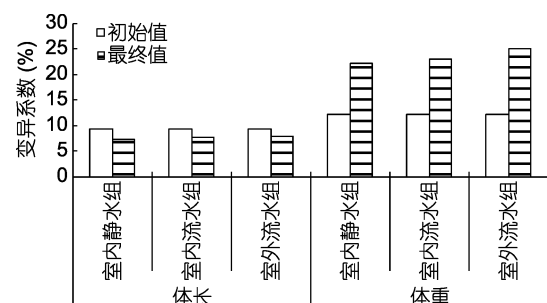


图 3 3 种养殖方式下哲罗鱼稚鱼体长、体质量的变异系数

Fig.3 Variation coefficients of juvenile *Hucho taimen* body length and body weight under different culture methods

体质量变异系数的影响不显著( $P>0.05$ ), 养殖时间对哲罗鱼稚鱼体长、体质量变异系数的影响达到极显著水平( $P<0.01$ )。

## 2.2 光照强度对哲罗鱼稚鱼生长、存活的影响

### 2.2.1 光照强度对哲罗鱼稚鱼存活的影响

整个实验期间, 各光照组哲罗鱼稚鱼的存活率均较高, 总存活率均高于91.33%, 原因可能是由于实验鱼初始规格相对较大(表7), 整个实验过程中严格控制水质情况(溶氧控制在6mg/L 以上), 每天早晚及投喂前均彻底清污, 定期消毒, 加上饲料营养全面, 水温相对较低(10.30—14.45°C), 不易感染疾病的缘故。比较来看, 各实验组的总存活率随光照强度的增加而升高(表6), 这可能是由于适量的光照有利于维持哲罗鱼稚鱼正常的摄食与集群行为。单因素方差分析表明, 光照强度对哲罗鱼稚鱼存活率的影响不显著( $P>0.05$ )。

### 2.2.2 光照强度对哲罗鱼稚鱼体长、体质量及肥满度的影响

光照强度对哲罗鱼稚鱼体长、体质量及肥满度的影响见表7, 从表中可以看出, 随光照强度的增加各组体长、体质量逐渐上升。实验结束时, 体长、

表6 不同光照强度下哲罗鱼稚鱼的存活率(%)

Tab.6 Survival rate of juvenile *Hucho taimen* at different stages under different light intensities

时间	存活率		
	黑暗组	对照组	光照组
9月5日—10月5日	93.33±8.33 <sup>a</sup>	99.33±1.16 <sup>a</sup>	99.33±1.16 <sup>a</sup>
10月6日—11月4日	97.67±2.52 <sup>a</sup>	96.67±2.31 <sup>a</sup>	99.33±1.16 <sup>a</sup>
总存活率	91.33±9.87 <sup>a</sup>	96.00±3.46 <sup>a</sup>	98.67±1.15 <sup>a</sup>

1. 总存活率为实验结束时各组的鱼存活数与实验开始时的放养数的百分比; 2. 同行中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

表7 不同光照强度下哲罗鱼稚鱼体长、体质量及肥满度的初始值和最终值

Tab.7 Initial and final body length, body weight and condition factor of juvenile *Hucho taimen* under different light intensities

参数	组别	时间			
		初始值	最终值	绝对生长	相对生长(%)
体长(cm)	黑暗组	8.81±0.65 <sup>a</sup>	11.92±0.77 <sup>b</sup>	3.11±0.86 <sup>b</sup>	35.84±11.53 <sup>b</sup>
	对照组	8.78±0.74 <sup>a</sup>	12.26±1.02 <sup>ab</sup>	3.48±1.33 <sup>ab</sup>	40.61±16.66 <sup>ab</sup>
	光照组	8.69±0.66 <sup>a</sup>	12.44±0.96 <sup>a</sup>	3.75±1.20 <sup>a</sup>	43.99±16.01 <sup>a</sup>
体质量(g)	黑暗组	4.98±1.04 <sup>a</sup>	12.11±2.23 <sup>a</sup>	7.11±2.23 <sup>a</sup>	150.57±65.31 <sup>a</sup>
	对照组	4.78±1.05 <sup>a</sup>	12.71±3.24 <sup>a</sup>	7.94±3.49 <sup>a</sup>	178.30±89.48 <sup>a</sup>
	光照组	4.68±1.07 <sup>a</sup>	12.73±2.93 <sup>a</sup>	8.05±3.13 <sup>a</sup>	186.14±95.30 <sup>a</sup>
肥满度(%)	黑暗组	0.73±0.11 <sup>a</sup>	0.71±0.04 <sup>a</sup>	—	—
	对照组	0.70±0.05 <sup>a</sup>	0.68±0.03 <sup>b</sup>	—	—
	光照组	0.70±0.04 <sup>a</sup>	0.65±0.03 <sup>c</sup>	—	—

1. “—”表示未测量; 2. 同行中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

体质量的最终值与绝对生长、相对生长均以光照组为最高, 统计分析结果显示, 光照组体长与黑暗组差异达到显著水平( $P<0.05$ ), 但二者体质量之间的差异不显著( $P>0.05$ )。原因可能是由于实验期间水温相对较低(10.30—14.45°C), 鱼体生长相对缓慢, 因而在实验期间未能达到差异显著水平。

实验结束时鱼体的肥满度较开始时低(表7), 笔者推测, 哲罗鱼在生长过程中摄入的能量先用于骨骼(体长指标)的生长, 后用于肌肉(体质量指标)的生长, 这也可能是导致实验结束时, 体长达到显著性差异但体质量差异不显著的原因, 但具体原因还有待于进一步研究。

实验结束时3种光照强度下哲罗鱼稚鱼体长与体质量的关系符合  $W = aL^b$ , 关系式分别为:

$W_B = 0.0165L^{2.6587}$  ( $R=0.9565$ ),  $W_C = 0.0069L^{2.9904}$  ( $R=0.9796$ ),  $W_L = 0.0081L^{2.9140}$  ( $R=0.9832$ ), 式中  $b$  值均接近3, 说明此阶段哲罗鱼稚鱼的生长为匀速生长, 这与养殖方式的研究结果基本相似。

### 2.2.3 光照强度对哲罗鱼稚鱼特定生长率的影响

整个实验过程中, 哲罗鱼稚鱼特定生长率为0.23—3.23, 最高值出现在9月26日的黑暗组, 最低值出现在11月4日的对照组。实验期间, 各组特定生长率并未表现出明显的规律性, 但特定生长率的平均值随光照强度的增加而增加(表8), 统计分析表明各组特定生长率的差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.2.4 光照强度对哲罗鱼稚鱼生长常数与生长指标的影响

整个实验过程各光照组体长生长参数见图4, 从图中可以看出, 哲罗鱼稚鱼3个体长生长参数均随光照强度的增加而增加, 说明哲罗鱼稚鱼培

表 8 不同光照强度下哲罗鱼稚鱼的特定增长率(%)  
Tab.8 Specific growth rate of juvenile *Hucho taimen* under different light intensities

组别	时间						平均值±标准差
	9月16日	9月26日	10月5日	10月15日	10月25日	11月4日	
黑暗组	0.57±0.91 <sup>a</sup>	3.23±0.84 <sup>b</sup>	0.31±1.37 <sup>b</sup>	2.03±0.27 <sup>a</sup>	1.59±0.39 <sup>a</sup>	1.09±0.49 <sup>a</sup>	1.48±0.41 <sup>a</sup>
对照组	2.35±0.59 <sup>a</sup>	1.99±0.12 <sup>ab</sup>	1.84±0.62 <sup>ab</sup>	1.13±0.42 <sup>b</sup>	2.00±0.78 <sup>a</sup>	0.23±0.33 <sup>a</sup>	1.62±0.57 <sup>a</sup>
光照组	2.30±1.11 <sup>a</sup>	2.66±0.82 <sup>a</sup>	2.21±0.47 <sup>a</sup>	0.79±0.40 <sup>b</sup>	1.44±0.41 <sup>a</sup>	0.37±0.79 <sup>a</sup>	1.67±0.53 <sup>a</sup>

同列中具有相同字母者表示差异不显著( $P>0.05$ ), 具有不同字母者差异显著( $P<0.05$ )

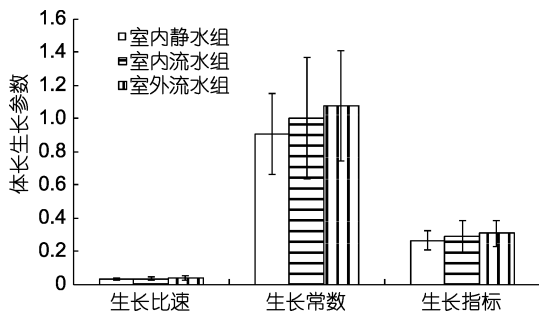


图 4 各光照组稚鱼体长生长参数

Fig.4 The growth parameters of juvenile *Hucho taimen* among all groups

育过程中, 适当的增加部分光照有利于稚鱼体长及体质量的生长。

2.2.5 光照强度对哲罗鱼稚鱼生长离散的影响

图 5 给出了实验开始与结束时各组体长、体质量的变异系数, 从图中可以看出, 实验前后各组变异系数并未出现明显变化, 比较来看, 实验结束时对照组体长、体质量的变异系数相对较高, 经无重复双因素方差分析表明, 光照强度与实验时间对哲罗鱼稚鱼生长离散的影响均未达到显著水平( $P>0.05$ )。

2.2.6 光照强度对哲罗鱼稚鱼饵料转化率及生长效率的影响

实验期间, 哲罗鱼稚鱼的饵料转化率

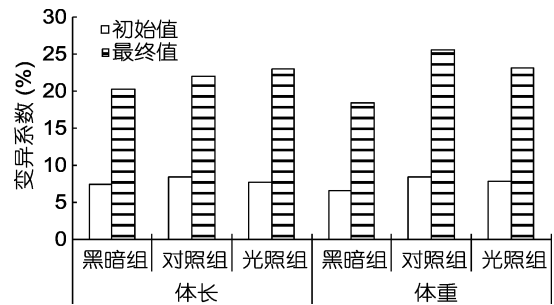


图 5 各光照组稚鱼体长、体质量变异系数

Fig.5 Variation coefficients of juvenile *Hucho taimen* body length and body weight under different light intensities

及生长效率由公式  $F_{CR} = \frac{F}{W_2 - W_1}$ ;  $G_E = \frac{W_2 - W_1}{F} \times$

100( $F_{CR}$ 为饵料转化率,  $G_E$ 为生长效率,  $F$ 为鱼均总投喂量,  $W_1$ 、 $W_2$ 为实验开始与结束时的体质量, 李大鹏等, 2004)得出(表9), 从表中可以看出实验期间各光照组总投喂量以光照组为最低, 但体质量的绝对增加量以光照组为最高, 随光照强度的增加饵料转化率逐渐降低, 生长效率随光照强度的增加逐渐升高, 说明哲罗鱼稚鱼培育过程中, 适当的增加部分光照有利于其体质量的增加和生长效率的提高。

表 9 不同光照强度下哲罗鱼稚鱼的饵料转化率与生长效率  
Tab.9 Food conversion ratio and growth efficiency of juvenile *Hucho taimen* under different light intensities

组别	总投喂量(kg)	存活鱼数(尾)	鱼均总投喂量(g)	体质量绝对增加量(g)	饵料转化率(%)	生长效率(%)
黑暗组	2.714	137	19.81	7.11	2.79	35.84
对照组	2.729	144	18.95	7.94	2.39	41.84
光照组	2.636	148	17.81	8.05	2.21	45.25

3 讨论

3.1 养殖方式/模式对水产经济动物生长发育及品质的影响

水产经济动物养殖过程中, 单一的养殖方式/模式往往会造成水质恶化、病害易发、产量下降等问题, 探索或转变其他养殖方式/模式则显得尤为重要。对

此, 国内外学者作了大量工作, 并取得良好效果。Hossain 等(1998)对革胡子鲶(*Clarias gariepinus*)的研究发现, 不同养殖方式对革胡子鲶的生长存在极显著影响, 在养殖网箱中添加庇护物的生长速度极显著高于不添加组, 遮光条件下的生长速度也极显著优于不遮光组。不同饲养方式(人工投喂和自动给料机投喂)对革胡子鲶稚鱼的摄食行为和攻击行为也有

显著影响(Almazan-rueda *et al.*, 2004)。孙慧玲等(1996)对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)进行研究, 发现采用穿耳养殖方式养殖栉孔扇贝的壳高生长速度显著高于笼养方式。周玮等(2009)进行了两种防刺参(*Apostichopus japonicus*)养殖方式对比实验, 发现放入塑编网造礁的池塘养殖防刺参的效果明显优于投放毛石造礁的池塘。王志铮等(2012)研究了池塘专养、日本沼虾套养和水库放养 3 种养殖模式下日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)养成品德形质差异, 结果表明日本沼虾套养养殖模式克服了日本鳗鲡生长缓慢、养成周期长、肥满度低及捕获困难等方面的缺陷, 形质特征也获得了明显的改善。黄鹤忠等(2006)通过向中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)养殖池中添加螺蛳、水草构建了 5 种生态型中华绒螯蟹养殖模式, 发现 IV 型养殖模式(中华绒螯蟹、螺蛳、水草放养量为 4500 ind./ha, 3375 kg/ha, 6000 kg/ha)的收获规格、存活率、饲料系数均显著优于其他实验组。高露姣等(2011)对红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的研究发现, 养殖模式会影响其营养成分、风味物质组成和含量以及肌肉的物理特性, 并指出将幼鱼移至海上网箱养殖是相对较好的一种养殖模式。本研究中, 整个实验期间室内静水组体长与体质量的生长明显优于其他两种养殖方式, 后期的存活率也较室外流水组高, 说明该养殖方式具有良好的利用空间, 但稚鱼前期的存活率相对较低, 因而该养殖方式还需要进一步的探索与优化。

### 3.2 光照与光照强度在水产经济动物中的利用

光照是水产经济动物重要环境因子之一(李城华等, 1993; 秦媛媛等, 2011; 曹伏君等, 2011; 曹亮等, 2012; 孙明等, 2012), 光照不仅可以影响水产经济动物的生长与存活(严正凜等, 2001; Hoang *et al.*, 2003; 王芳等, 2005; 游奎等, 2005; Yan *et al.*, 2006; 陈勇等, 2007), 还可影响其摄食、行为及体色(Tseng *et al.*, 1998; 陈勇等, 2007), 并对其繁殖性能和受精卵卵质有一定的影响(Dube *et al.*, 1992)。对鱼类已有的研究表明, 乌鳢(*Channa argus*)幼鱼对浮游动物的摄食强度随光照强度的减弱而增强, 在  $10^{-3}$  lx 达到最大值(谢从新等, 1997)。而黄盖鲈(*Limanda yokohamae*)仔鱼的摄食完全依靠视觉, 在夜间只要给予适当的光照仔鱼就会有相当的摄食强度, 在 40—60 lx 光照度下仔鱼的生长最好(王迎春等, 1999), 这与 Browman 等(2006)的研究结果一致。漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)摄食的较适宜光强范围为 10—600 lx, 过强或过弱的光照均不利于仔鱼的生长发育(秦志清等,

2009)。同样, 中强度的橙光和红光更有利于眼斑拟石首鱼(*Sciaemops ocellatus*)的摄食和行为(王萍等, 2009)。大西洋鳕(Atlantic cod)幼体在高光照强度(2400 lx)和连续光照周期中(24L:0D)生长、摄食良好(Puvanendran *et al.*, 2002)。高强度的光照也有利于革胡子鲶(*Clarias gariepinus*)的游泳与觅食(Hossain *et al.*, 1998)。但强光不是史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)所适宜的生活条件(李大鹏等, 2004)。本研究中, 随光照强度的增加, 哲罗鱼稚鱼的存活率逐渐升高, 体长、体质量的最终值及  $R_{SG}$ 、 $C_v$ 、 $C_{vR}$ 、 $C_{Lr}$ 、 $G_E$  均以光照组为最高, 说明哲罗鱼稚鱼室内培育阶段, 适当的增加部分光照有利于其摄食与生长, 因此, 在哲罗鱼稚鱼室内培育过程中, 有条件的可以在平列槽上方添加 1 个 60 W 的白炽灯。值得注意的是, 强烈的阳光直射有时会造成鱼体的晒伤, 引起体表黏液的增生或细菌的二次性感染(范兆廷等, 2008), 所以在哲罗鱼稚鱼培育阶段, 可以适当增加部分光照, 但应避免阳光直射。

### 参 考 文 献

- 王 芳, 张建东, 董双林等, 2005. 光照强度和光照周期对中国明对虾稚虾生长的影响. 中国海洋大学学报, 35(5): 768—772
- 王 萍, 桂福坤, 吴常文等, 2009. 光照对眼斑拟石首鱼行为和摄食的影响. 南方水产, 5(5): 57—62
- 王迎春, 苏锦祥, 周 勤, 1999. 光照对黄盖鲈仔鱼生长、发育及摄食的影响. 水产学报, 23(1): 6—12
- 王志铮, 杨 磊, 朱卫东, 2012. 三种养殖模式下日本鳗鲡养成品德的形质差异. 应用生态学报, 23(5): 1385—1392
- 尹家胜, 徐 伟, 曹鼎臣等, 2003. 乌苏里江哲罗鲑的年龄结构、性比和生长. 动物学报, 49(5): 687—692
- 乐佩琦, 陈宜瑜, 1998. 中国濒危动物(鱼类)红皮书. 北京: 科学出版社, 29—31
- 孙 明, 董 婧, 王爱勇, 2012. 光照强度对白色霞水母(*Cyanea nozakii* Kishinouye)无性繁殖的影响. 海洋与湖沼, 43(3): 562—567
- 孙慧玲, 匡世焕, 方建光等, 1996. 桑沟湾栉孔扇贝不同养殖方式及适宜养殖水层研究. 中国水产科学, 4(3): 60—65
- 任慕莲, 郭 焱, 张秀善, 2002. 中国额尔齐斯河鱼类资源及渔业. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 58—63
- 匡友谊, 佟广香, 徐 伟等, 2010. 黑龙江流域哲罗鲑的遗传结构分析. 中国水产科学, 17(6): 1208—1217
- 陈 勇, 高 峰, 刘国山等, 2007. 温度、盐度和光照周期对刺参生长及行为的影响. 水产学报, 31(5): 687—691
- 李大鹏, 庄 平, 严安生等, 2004. 光照、水流和养殖密度对史氏鲟稚鱼摄食、行为和生长的影响. 水产学报, 28(1): 54—61
- 李城华, 尤 锋, 黄瑞东等, 1993. 黄海黑鲷仔鱼耳石的日轮

- 以及光照对其形成的影响. 海洋与湖沼, 24(5): 511—514
- 严正凜, 陈建华, 吴萍茹等, 2001. 光照强度对九孔鲍幼虫及幼鲍生长存活的影响. 水产学报, 25(4): 336—341
- 张永泉, 刘奕, 尹家胜等, 2010. 哲罗鱼(*Hucho taimen*)消化系统胚后发育的形态与组织学的研究. 海洋与湖沼, 41(3): 422—428
- 范兆廷, 姜作发, 韩英等, 2008. 冷水性鱼类养殖学. 北京: 中国农业出版社, 55
- 周玮, 王平, 郭曙光等, 2009. 软泥底质池塘中两种养殖仿刺参方式的对比实验. 大连水产学院学报, 24(1): 153—156
- 高露姣, 黄艳青, 夏连军等, 2011. 不同养殖模式下红鳍东方纯的品质比较. 水产学报, 35(11): 1668—1676
- 秦媛媛, 宋秀贤, 曹西华等, 2011. 光照和盐度对海水介质中磷化氢转化的影响. 海洋与湖沼, 42(4): 482—487
- 秦志清, 林越赳, 张雅芝等, 2009. 光照对漠斑牙鲆仔鱼摄食、生长与存活的影响. 集美大学学报(自然科学版), 14(3): 14—18
- 徐伟, 孙慧武, 关海红等, 2007. 哲罗鱼全人工繁育的初步研究. 中国水产科学, 14(6): 896—902
- 徐奇友, 王常安, 许红等, 2008. 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼稚鱼生长、体成分和血液生化指标的影响. 水生生物学报, 32(6): 941—946
- 殷名称, 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 33—58
- 黄鹤忠, 王永强, 程建新等, 2006. 太湖中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)养殖模式优化及其生态环境效应研究. 海洋与湖沼, 37(5): 430—436
- 曹伏君, 郭良珍, 2011. 大弹涂鱼(*Boleophthalmus pectinirostris*)窒息点及昼夜代谢规律. 海洋与湖沼, 42(6): 759—763
- 曹亮, 于鑫, 刘金虎等, 2012. 温度、光照及仔鱼个体大小对稚海蜆(*Rhopilema esculentum*)捕食褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)仔鱼的影响. 海洋与湖沼, 43(3): 520—526
- 董崇智, 李怀明, 赵春刚, 1998a. 哲罗鱼性状及生态学资料. 水产学杂志, 11(2): 34—39
- 董崇智, 李怀明, 赵春刚, 1998b. 哲罗鱼分布区域及其变化. 水产学杂志, 11(1): 65—70
- 谢从新, 熊传喜, 周洁等, 1997. 不同光照强度下乌蝗幼鱼的摄食强度及动力学. 水生生物学报, 21(3): 214—218
- 游奎, 杨红生, 刘鹰等, 2005. 不同光源及光照时间对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)游离虾青素含量及生长的影响. 海洋与湖沼, 36(4): 296—301
- Almazan-rueda A P, Schrama J W, Verreth J A J, 2004. Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. Aquaculture, 231(1/4): 347—359
- Browman H I, Skiftesvik A B, Kuhn P, 2006. The relationship between ultraviolet and polarized light and growth rate in the early larval stages of turbot (*Scophthalmus maximus*), Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic herring (*Clupea harengus*) reared in intensive culture conditions. Aquaculture, 256(1/4): 296—301
- Dube P, Portelance B, 1992. Temperature and photoperiod effects on ovarian maturation and eggs laying of the crayfish, *Orconec teslimosus*. Aquaculture, 102 (1/2): 161—168
- Esteve M, Gilroy D, McLennan D A, 2009. Spawning behaviour of taimen (*Hucho taimen*) from the Uur River, Northern Mongolia. Environ Biol Fish, 84(2): 185—189
- Hoang T, Barchiesi M, Lee S Y *et al*, 2003. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory condition. Aquaculture, 216: 343—354
- Hossain M A R, Beveridge M C M, Haylor G S *et al*, 1998. The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish(*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings. Aquaculture, 160(3): 251—258
- Kuang Y Y, Tong G X, Xu W *et al*, 2009. Analysis of genetic diversity in the endangered *Hucho taimen* from China. Acta Ecologica Sinica, 29(2): 92—97
- Puvanendran V, Brown J A, 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. Aquaculture, 214(1/4): 131—151
- Tseng K F, Su H M, Su M S, 1998. Culture of *Penaeus monodon* in a recirculating system. Aquacultural Engineering, 17(2): 138—147
- Yan X W, Zhang G F, Yang F, 2006. Effects of diet, stocking density, and environmental factors on growth, survival, and metamorphosis of Manila clam *Ruditapes philippinarum* larvae. Aquaculture, 253(1): 350—358



## EFFECTS OF WATER FLOW AND LIGHTING ON JUVENILE *HUCHO TAIMEN*

GUO Wen-Xue, YIN Jia-Sheng, TNG Guang-Xiang, ZHANG Yong-Quan, BAI Qing-Li  
(Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Haerbin 150070, China)

**Abstract** Indoor and outdoor culture schemes in lentic and running water at different light intensities were tested for understanding the effect of them on survival and growth of juvenile *Hucho taimen*. The result shows that the body length and weight in indoor lentic-water culture was the highest, followed by indoor and outdoor running-water culture. However, the survival rate of indoor running-water group was the highest, followed by outdoor running-water group and indoor lentic-water group in turn. The overall growth performance, including final body length, body weight, specific growth rate, growth indices, variation coefficients of body length and body weight was significantly affected by culture scheme ( $P < 0.01$ ). In terms of light intensity, the survival rate, final body length and body weight, specific growth rate and body length growth indices increased with the increase in light intensity, indicating that at indoor stage of juvenile *Hucho taimen*, increasing proper light was more conducive to the survival and foraging. This study may provide a scientific basis for the efficient culture of *Hucho taimen*.

**Key words** *Hucho taimen*; culture method; light intensity; specific growth rate; growth index