

# 稀有鮡鲫封闭群 Ihb: IHB 生长和繁殖性能的监测

顾党恩<sup>1,2,3</sup>, 于学颖<sup>1,2</sup>, 王剑伟<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100039;  
3. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广州 510380)

**【摘要】** 目的 监测稀有鮡鲫野生型封闭群(Ihb: IHB)建群过程中的生长、繁殖性能,为品种管理和应用提供基础资料。**方法** 对原代(P0)至F4代各50对传代亲鱼的产卵量、产卵间隔、卵膜径、受精率、孵化率进行监测,并对封闭群建群过程中各代(F1~F4)初孵仔鱼全长、7日龄仔鱼全长以及30、60、90日龄时的个体大小进行了监测。**结果** 建群过程中各代间生长呈现一定的差异,F1代初孵仔鱼全长、7日龄全长较F2至F4代大,但30日龄后F2至F4代的生长指标高于F1代。培育封闭群过程中各代的受精率、孵化率有一定波动,但均维持在较高水平;各代间的产卵间隔差异并无显著性,P0代的产卵量和卵膜径大于F1至F4代。**结论** 各代的生长差异可能与饲养条件有关,原代产卵量较大与其亲本个体较大有关;世代更替过程中封闭群保持了较高的生长和繁殖性能,未发现随世代更替而出现逐渐增大或者减小的现象,符合实验动物封闭群的要求。

**【关键词】** 稀有鮡鲫; 封闭群; 生长性能; 繁殖性能

**【中图分类号】** Q95-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1005-4847(2014)01-0071-05

Doi:10.3969/j.issn.1005-4847.2014.01.014

## Monitoring of the growth and reproductive performance of a rare closed colony of *Gobiocypris rarus* Ihb: IHB

GU Dang-en<sup>1,2,3</sup>, YU Xue-ying<sup>1,2</sup>, WANG Jian-wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;  
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;  
3. Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fishery Resource Application and Cultivation, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510380)

**【Abstract】 Objective** To monitor the growth and reproductive performance of a rare closed colony of *Gobiocypris rarus* (Ihb: IHB) and to provide basic information for its management and application. **Methods** Egg production, spawning interval, diameter of egg membrane, fertilization rate and hatching rate were monitored for 50 pairs of parents fish of wild gathered fish (P0), F1, F2, F3 and F4 generations. Moreover, body size of newly hatched offspring (F1 to F4), and at 7, 30, 60 and 90 days were measured to examine their growth profile. **Results** There were certain differences in growth between generations. F1 had a larger total length of the newly hatched larva and 7-day old larva than those of F2 to F4. But while in the fish at 30, 60 and 90 days, those of F2, F3, and F4 had a larger body size than that of F1, and exhibited higher growth indexes. Good performance on fertilization rate and hatching rate was shown, though there was certain fluctuation between generations. No difference of spawning interval of the closed colony were found between generations. The wild gathered fish (P0) seemed to have larger egg diameter and egg production per batch than those of F1 to F4. **Conclusions** It is suggested that differences in growth of the fish may be related with culture conditions, and the higher egg production

**【基金项目】** 国家自然科学基金(30670292); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07527); 湖北省科技基础条件平台项目; 中国科学院战略生物资源技术支撑体系(CZBZX-1)资助。

**【作者简介】** 顾党恩, 研究实习员, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类生态与鱼类实验动物。E-mail: gudangen@163.com

**【通讯作者】** 王剑伟, 研究员, 研究方向: 鱼类实验动物与鱼类生态, E-mail: wangju@ihb.ac.cn

may be related with the larger body size of P0. The results indicate that the closed colony preserves good performance of growth and reproduction. No increasing or decreasing tendency is found during the passage process. This Ihb: IHB colony meets the requirement of quality control of laboratory animal closed colony.

**【Key words】** *Gobiocypris rarus*; Closed colony; Growth rate; Reproductive performance

稀有鮡鲫是我国重要的鱼类实验动物之一,广泛应用于鱼类遗传学、发育生物学、鱼病学、生态毒理学与化学品测试等领域<sup>[1-4]</sup>。为促进稀有鮡鲫的实验动物标准化研究和满足试验用鱼的需求,本实验室以 2006 年采自四川省汉源县流沙河的野生个体 50 对为原代,采用最佳避免近交法,连续培育 4 代,建立了第一个稀有鮡鲫封闭群—Ihb:IHB<sup>[5,6]</sup>。

生长、繁殖性能是实验动物最基本的生物学特征,在相对稳定的饲养环境条件下,生长和繁殖性能主要取决于不同品种、品系的遗传特性,因此对实验动物的生长和繁殖性能进行监测,能了解实验动物群体的遗传特性,对实验动物的选育和实际应用具有重要的指导意义<sup>[7-9]</sup>。

本文在相似的饲养条件下,对稀有鮡鲫封闭群 Ihb:IHB 培育过程中各代的生长和繁殖性能进行了监测,旨在通过比较各代的生长和繁殖性能,了解培育封闭群过程中各代的遗传特征变化,通过对稀有鮡鲫生长和繁殖性能的监测,分析稀有鮡鲫的生长繁殖规律,为今后稀有鮡鲫封闭群管理和应用提供基础生物学资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 养殖条件

实验用鱼饲养于专门的水循环系统,单个水族箱的容积约 20 L(长 40 cm × 宽 25 cm × 高 20 cm)。实测封闭群培育期间水温变幅为 21.5 ~ 27℃,平均(24.8 ± 1.1)℃(2007 年 9 月 - 2010 年 8 月),养鱼房内采用日光灯照明,灯光照射时间为 12 h(8:00 - 20:00),瞬间开关,加上自然光,总光照 14 h 左右。

繁殖时采取配对繁殖,一雌一雄放于单独的水族箱中。选择亲鱼的一般标准是形态正常、个体相对较大、健康无病。亲鱼配对后,每日观察 2 ~ 3 次,以及时发现和记录产卵情况,在产卵和孵化过程中,记录每对亲鱼的产卵数、受精率、孵化率等数据。

每批后代分别饲养于单独的水族箱中。一般情况下,30 日龄以下仔鱼的饲养密度控制在每升 3 尾,即每个水族箱 60 尾;30 ~ 60 日龄时密度控制在每升 2 尾;60 日龄以后密度控制在每升 1.5 尾,但

在 F1 代个体的饲养密度分别为每升 4.5 尾、2.5 尾和 2 尾。

### 1.2 实验用鱼

#### 1.2.1 生长指标

培育封闭群过程中 F1-F4 代各随机抽取 10 批次,每批次抽测 30 尾。

#### 1.2.2 繁殖指标

封闭群建群过程中野生鱼(P0)及建群过程中各代种鱼,每代 50 对,共计 250 对。

### 1.3 监测指标

测量培育封闭群过程中各代卵膜径、初孵仔鱼全长、7 日龄仔鱼全长以及 30、60、90 日龄时的全长、体长、体重。记录每次产卵的日期,统计每批次的产卵量,受精卵总数和孵出鱼苗总数,并计算受精率和孵化率。

### 1.4 测量方法

卵膜径、初孵仔鱼全长、7 日龄仔鱼全长,用带有目测尺的显微镜(精确度 0.01 mm)测量;30、60、90 日龄鱼的全长、体长用机械游标卡尺(精确度 0.02 mm)测量;体重用千分之一天平称量(精确度为 0.001 g);所有个体测量前用 60 mg/L 苯佐卡因进行麻醉。

### 1.5 数据分析

瞬时增重率和绝对增重率的计算公式如下:

$$\text{瞬时增重率: IGRW} (\% / d) = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100; \text{绝对增重率: AGRW} (g / d) = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

式中, W1 和 W2 分别为时间 t1 和 t2 时的体重<sup>[10,11]</sup>。

计算各代 30 ~ 90 日龄的生长指标,生长指标 =  $(\ln V_2 - \ln V_1) \times V_1$ , 式中 V1 和 V2 分别为对应相邻日龄 t1、t2 的体长 L1、L2 或体重 W1、W2<sup>[12]</sup>。

计算 30、60、90 日龄时期的肥满度,肥满度 =  $100(W/L^3)$ , 式中 W 代表各时期的体重, L 代表各时期的体长<sup>[13]</sup>。

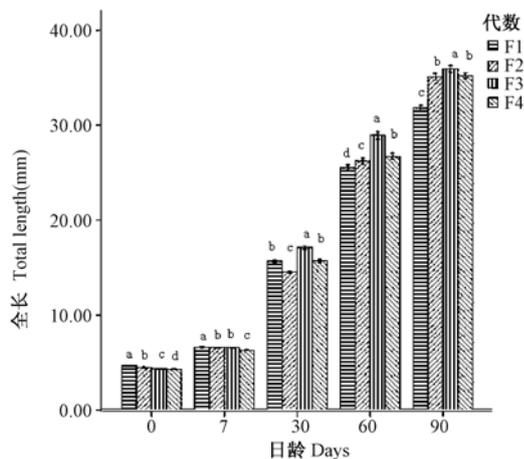
所得数据用 SPSS 16.0 软件进行分析,不同世代间的比较采用单因素方差分析(One-Way ANOVA),进行多重比较(LSD),各代的产卵间隔的频次分布使用卡方检验进行分析。

## 2 结果

### 2.1 培育封闭群过程中各代的生长

#### 2.1.1 各代的个体大小

对 F1-F4 代仔、幼鱼不同生长时期的全长、体长和体重分别进行了比较,结果表明,在各个时期,不同代数之间的全长存在极显著性差异 ( $P < 0.01$ ) (图 1),不同代数代在各时期的体长、体重同样存在极显著性差异 ( $P < 0.01$ )。多重比较结果表明, F1 代在 0 日龄 (初孵仔鱼) 和 7 日龄时的全长大于 F2、F3 和 F4 代 ( $P < 0.05$ ), 而 60 日龄和 90 日龄时,均小于 F2、F3 和 F4 ( $P < 0.01$ ); F1 代的体重在 60、90 日龄时均显著小于 F2、F3、F4 ( $P < 0.01$ ) (表 1)。



注:同一时期标有相同字母表示两代间差异无显著性。

图 1 培育稀有鮟鮟封闭群过程中各代不同日龄时的全长

Note: Values labeled with the same letter mean no significant difference at the same time ( $P > 0.05$ )

Fig. 1 Comparison of the total length among generations of the closed colony of *G. rarus* at different ages

#### 表 3 培育稀有鮟鮟封闭群过程中 4 个世代不同生长阶段的体重增长率

Tab. 3 Growth rate of body weight of four generations of the Ibh:IHB colony at different stages

世代 Generations	0 ~ 30 日龄 0 ~ 30 days		30 ~ 60 日龄 30 ~ 60 days		60 ~ 90 日龄 60 ~ 90 days		0 ~ 90 日龄 0 ~ 90 days	
	IGRw %/d	ACRw g/d	IGRw %/d	ACRw g/d	IGRw %/d	ACRw g/d	IGRw %/d	ACRw g/d
F1	-	0.0011	5.62	0.0048	2.24	0.0057	-	0.0039
F2	-	0.0011	6.20	0.0058	2.80	0.0090	-	0.0052
F3	-	0.0020	5.56	0.0085	1.98	0.0085	-	0.0063
F4	-	0.0014	5.73	0.0063	2.75	0.0098	-	0.0058

表 1 培育封闭群过程中稀有鮟鮟不同世代在不同日龄时的体重比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab. 1 Body weight of four generations of the Ibh:IHB colony at different ages

世代 Generations	体重 Body weight/g		
	30 d	60 d	90 d
F1	0.0329 ± 0.012 <sup>c</sup>	0.1780 ± 0.057 <sup>d</sup>	0.3481 ± 0.084 <sup>d</sup>
F2	0.0324 ± 0.007 <sup>c</sup>	0.2058 ± 0.081 <sup>c</sup>	0.4767 ± 0.130 <sup>c</sup>
F3	0.0587 ± 0.020 <sup>a</sup>	0.3131 ± 0.119 <sup>a</sup>	0.5679 ± 0.161 <sup>a</sup>
F4	0.0406 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.2293 ± 0.082 <sup>b</sup>	0.5230 ± 0.132 <sup>b</sup>

注:同一时期标有相同字母表示两代间差异无显著性。  
Note: Values labeled with the same letter mean no significant difference at the same time ( $P > 0.05$ )

#### 2.1.2 不同世代的生长率

通过计算各世代全长 (TL) 与日龄 (t) 的回归方程  $TL = m_1 + n_1t$  以及体长 (L) 与日龄 (t) 的回归方程  $L = m_2 + n_2t$ , 结果发现 F2、F3、F4 代的初始全长、体长 ( $m_1, m_2$ ) 均小于 F1, 但全长、体长日增长量 ( $n_1, n_2$ ) 均大于 F1 (表 2)。

表 2 培育稀有鮟鮟封闭群过程中各世代体长、体重与日龄的回归系数 (regression coefficient)

Tab. 2 The parameters of regression equations between the days and body length or body weight of four generations of the Ibh:IHB colony

世代 Generations	全长 Total length			体长 Body length		
	$m_1$	$n_1$	$r^2$	$m_2$	$n_2$	$r^2$
F1	5.232	0.310	0.960	6.904	0.203	0.821
F2	4.417	0.346	0.969	4.115	0.270	0.890
F3	5.006	0.362	0.955	6.910	0.256	0.849
F4	4.462	0.351	0.977	5.629	0.254	0.902

对不同生长阶段 4 个世代绝对增重率监测结果表明,在整个监测时期 F2、F3、F4 的绝对增重率均大于 F1,其中以 F3 代最大 (表 3)。对各世代的瞬时增重率比较发现,30 ~ 60 日龄,瞬时增重率从大到小依次是 F4、F1、F2、F3; 60 ~ 90 日龄,瞬时增重率从大到小依次是 F2、F4、F1、F3 (表 3)。由于稀有鮟鮟的瞬时增重率随着体重的增加而减小,对各代的体重与瞬时增长率进行了回归分析,结果发现,在相同体重条件下, F2、F3、F4 的瞬时增重率均大于 F1。

### 2.1.3 培育封闭群过程中不同世代的生长指标和肥满度

对 F1 ~ F4 的 0 ~ 90 日龄段全长生长指标和 30 ~ 90 日龄段体长、体重指标的分析同样发现, F2、F3、F4 的生长指标均大于 F1 (表 4)。全长、体长生长相同随着封闭群的培育, 各代的全长、体长生长率和生长指标均超过了 F1, 且 F1 ~ F3 逐渐上升, 到 F4 代略有下降。

**表 4** 培育稀有鮡鲫封闭群过程中不同世代的生长指标

**Tab. 4** Growth indexes of four generations of the Ihb; IHB colony

世代 Generations	生长指标 Growth indexes		
	全长 Total length	体长 Body length	体重 Body weight
F1	11.59	8.55	0.070
F2	12.78	10.29	0.108
F3	12.67	10.39	0.133
F4	12.68	10.15	0.104

在培育封闭群过程中对不同世代不同时期的肥

**表 6** 培育稀有鮡鲫封闭群过程中不同世代繁殖性能比较( $\bar{x} \pm s$ )

**Tab. 6** Reproductive performance of five generations of the Ihb; IHB colony

世代 Generations	月龄 (month) Age	受精率/% Fertility rate	孵化率/% Hatching rate	受精率 × 孵化率 Fertility rate × Hatching rate	批产卵量/粒 Egg production per spawning	卵膜径/mm Egg size
P0	>12	77.42 ± 14.41 <sup>c</sup>	85.60 ± 13.49 <sup>a</sup>	65.71 ± 15.90 <sup>b</sup>	304.85 ± 121.81 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.148 <sup>a</sup>
F1	4-5	88.68 ± 10.89 <sup>a</sup>	87.09 ± 9.61 <sup>a</sup>	77.18 ± 12.32 <sup>a</sup>	129.34 ± 62.70 <sup>b</sup>	1.46 ± 0.076 <sup>b</sup>
F2	4-5	83.08 ± 10.93 <sup>b</sup>	73.22 ± 11.20 <sup>b</sup>	61.87 ± 15.85 <sup>b</sup>	119.70 ± 72.92 <sup>b</sup>	1.43 ± 0.041 <sup>c</sup>
F3	4-5	83.86 ± 12.51 <sup>ab</sup>	90.28 ± 4.07 <sup>a</sup>	74.38 ± 10.84 <sup>a</sup>	105.28 ± 49.50 <sup>b</sup>	1.44 ± 0.067 <sup>c</sup>
F4	4-5	81.99 ± 15.28 <sup>bc</sup>	89.09 ± 6.72 <sup>a</sup>	73.45 ± 15.48 <sup>a</sup>	130.41 ± 95.79 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.062 <sup>c</sup>

注:同一指标间标有相同字母表示两代之间差异无显著性。

Note: Values of the same index labeled with the same letter mean no significant difference ( $P > 0.05$ ).

对培育过程中各代的产卵间隔的频次分布进行了卡方检验,发现培育过程中各代的产卵间隔差异无显著性,均以 3、4d 为主(见图 2)。

## 3 讨论

### 3.1 培育稀有鮡鲫封闭群过程中的生长性能

动物的生长取决于遗传因素和环境因素的综合作用,良好的生长环境是实验动物生长、发育的必要条件<sup>[7]</sup>。实验动物的生长环境主要包括非生物环境和生物因素,非生物因素包括气候因素、理化因素、居住因素营养因素等,生物因素包括饲养管理、养殖密度等<sup>[17]</sup>。在稀有鮡鲫封闭群的培育过程中,温度、水质等非生物因素严格按照养殖规范进行,并对密度、投饵量等也进行了规范,所有养殖均由专人

满度比较发现,不同世代的肥满度在不同日龄时均存在一定差异,但并无增加或减小的趋势,30、60 日龄时以 F3 代最大,90 日龄时以 F1 代最大(表 5)。

**表 5** 培育封闭群稀有鮡鲫过程中不同世代在不同日龄时的肥满度比较( $\bar{x} \pm s$ )

**Tab. 5** Fullness of the Ihb; IHB fish during different periods in four generations

世代 Generations	肥满度 Fullness		
	30 d	60 d	90 d
F1	1.774 ± 0.223 <sup>c</sup>	2.229 ± 0.259 <sup>b</sup>	2.536 ± 0.454 <sup>a</sup>
F2	1.887 ± 0.391 <sup>b</sup>	2.174 ± 0.329 <sup>b</sup>	2.084 ± 0.288 <sup>c</sup>
F3	1.984 ± 0.428 <sup>a</sup>	2.351 ± 0.326 <sup>a</sup>	2.267 ± 0.296 <sup>b</sup>
F4	1.850 ± 0.375 <sup>ab</sup>	2.342 ± 0.388 <sup>a</sup>	2.317 ± 0.678 <sup>b</sup>

注:同一时期标有相同字母表示两者间差异无显著性。

Notes: Values labeled with the same letter mean no significant difference at the same time ( $P > 0.05$ )

### 2.2 培育封闭群过程中各代的繁殖性能

统计了原代野生个体(P0)、F1、F2、F3 和 F4 的产卵量、受精率、孵化率(表 6),各代的产卵量、受精率、孵化率存在一些差异,但除产卵量和卵膜径外,并没有降低的趋势,各代均保持在一定的范围。

操作,以减小实验误差。

在对培育稀有鮡鲫封闭群 Ihb; IHB 过程中的生长监测中发现, F1 代的生长指标与 F2、F3、F4 代相比存在一定的差异,其中 F1 代的卵膜径、初孵仔鱼全长、七日龄仔鱼全长均显著大于 F2、F3、F4 代,而生长速度则明显小于 F2 ~ F4 代。F2 ~ F4 代的生长性能与 F1 相比均有一定程度的上升,因此认为培育封闭群过程中总体保持了良好的生长性能。各代实际的生长情况是有一定的波动,但是一定的范围内,没有出现因为传代而向某一方向变化的情况,符合实验动物封闭群的要求。

### 3.2 培育稀有鮡鲫封闭群过程中的繁殖性能

与原代野生个体(P0)相比,稀有鮡鲫封闭群 F1-F4 的受精率、孵化率均有一定程度的上升, F1-

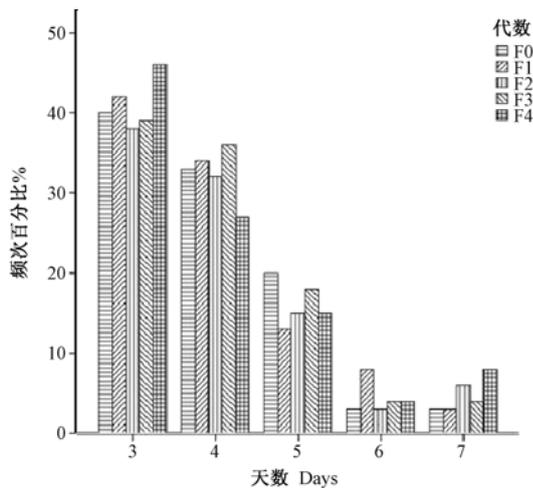


图 2 培育稀有鮡鲫封闭群过程中各代的产卵间隔频次分布

Fig. 2 Frequency distribution of inter-spawning intervals for five generations of the Ihb:IHB colony

F4 之间差异较小,但是 F1-F4 的产卵量均显著小于原代。经过研究发现稀有鮡鲫的产卵量与体重存在显著的正相关 ( $P < 0.05$ ),而封闭群培育过程中原代个体均在 1 龄以上,远大于 F1 ~ F4 的 4 ~ 5 月龄,在体重上也远大于 F1-F4 代。为了进一步探究各代产卵量间的差异,挑选了 F2 代 10 对亲鱼,长期饲养,饲养至 1 龄以上,体重均达到原代亲鱼的重量并已产卵多次时,统计了 30 批次的产卵量,发现同样大小的 F2 代亲鱼与原代亲鱼的产卵量并无显著性差异(产卵量:  $355.94 \pm 208.47$ ,  $P = 0.233$ )。因此,初步认为培育稀有鮡鲫封闭群过程中原代个体产卵量较大是因为原代亲鱼性个体较其他世代大,F1-F4 代的产卵能力与原代相比并没出现下降,保持在较高的水平。

培育稀有鮡鲫封闭群过程中不仅保持了原代野生个体较高的产卵量、受精率、孵化率,同时其繁殖性能与野生个体的研究结果也较接近<sup>[1,4,15,16]</sup>。因此认为,培育稀有鮡鲫封闭群过程中保持了野生个体较高的繁殖性能,符合实验动物封闭群的要求。

(致谢:感谢黄华女士、张伟伟女士在养鱼过程中的帮助,感谢吴金明博士在论文写作中的帮助。)

#### 参 考 文 献

- [1] 王剑伟,曹文宣.稀有鮡鲫与鱼类实验动物[M].鱼类学论文集(第6辑).北京:科学出版社.1997,144-152.
- [2] 曹文宣,王剑伟.稀有鮡鲫——一种新的鱼类实验动物[J].实验动物科学与管理,2003,(S1):96-99.
- [3] He YF, Wang JW. Temporal variation in genetic structure of the Chinese rare minnow (*Gobiocypris rarus*) in its type locality revealed by microsatellite markers [J]. Biochem Genet, 2010, 48: 312-325.
- [4] 邵燕.稀有鮡鲫近交系的遗传质量检测[D].中国科学院水生生物研究所博士学位论文,2007.
- [5] 顾党恩,王剑伟.应用微卫星标记对稀有鮡鲫封闭群建群过程的遗传监测[J].水生生物学报,2012,(2):197-204
- [6] 顾党恩.稀有鮡鲫封闭群的建立及遗传质量监测[D].中国科学院水生生物研究所硕士学位论文,2011.
- [7] 方喜业,邢瑞昌,贺争鸣.实验动物质量控制[M].北京:中国标准出版社.2008,113-204.
- [8] 魏泓.医学实验动物学[M].成都:四川科学技术出版社.1998,36-40.
- [9] 王俊风,施美莲,赵立虎,等.无菌级 C3H/OdSlac 小鼠生长繁殖、主要脏器参数以及血液生理生化指标的测定分析[J].中国实验动物学报,2011,19(2):124-128.
- [10] 李思发.淡水鱼类种群生态学[M].北京:农业出版社,1990.25-28.
- [11] 王新安,马爱军,侯仕,等.大菱鲂 4 个不同地理群体生长性能的比较[J].渔业科学进展,2001,31(1):34-39.
- [12] 郭丽丽,严云志,席贻龙.长江芜湖段赤眼鳟的年龄与生长[J].水生生物学报,2009,33(1):130-135.
- [13] 殷名称.鱼类生态学[M].北京:中国农业出版社,1995:51-52.
- [14] 王剑伟.稀有鮡鲫繁殖生物学[D].中国科学院水生生物研究所硕士学位论文,1991.
- [15] 王剑伟.稀有鮡鲫产卵频次和卵子发育研究[J].水生生物学报,1999,23(2):161-166.
- [16] 王剑伟,宋天祥,曹文宣.稀有鮡鲫胚后发育和幼鱼生长的初步研究[J].水生生物学报,1998,22(02):128-134.
- [17] 汤宏斌,孔利佳.实验动物学[M].武汉:湖北人民出版社,2006:67-87.

[收稿日期] 2013-09-10