

# 大黄鱼(*Larimichthys crocea*)耐环境因子试验 及其遗传力的估计\*

王晓清<sup>1,2</sup> 王志勇<sup>2</sup> 何湘蓉<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学动物科技学院 长沙 410128; 2. 集美大学水产学院 厦门 361021)

**提要** 通过大黄鱼 15 个半同胞家系鱼苗对低盐、低溶氧和低 pH 值水体的抗性试验, 采用半同胞组内相关法, 对大黄鱼耐各环境因子遗传力进行了估计。结果表明, 大黄鱼 40 日龄鱼苗在水体溶氧 4.76—1.21mg/L 时 2.5—10h 以内全部死亡, 盐度 8.05—9.03 时 1—30h 内全部死亡, pH 值 4.49—5.2 时 1—8h 内全部死亡; 对耐低溶氧、低盐和低 pH 值的遗传力估计值分别为 0.23、0.10 和 0.23, *t* 检验表明对耐低溶氧和低 pH 值的遗传力估计达到显著水平, 耐低盐遗传力的估计不显著。

**关键词** 大黄鱼, 环境因子, 遗传力

**中图分类号** S96

遗传力估计是水产动物选择育种中的一项基础工作, 对于育种值的估计, 育种方案的制定具有重要指导意义, 有关水产动物遗传力的估计报道不多, 而且主要是一些数量性状(黄付友等, 2008; 刘小林等, 2003; Hyuma *et al*, 2001a; Mckay *et al*, 1986; Davis, 2000)。有关鱼类抗性性状——阈性状遗传力的研究报道更少, 仅对少数几种鱼类如虹鳟(Hyuma *et al*, 2001 b, 2002)的抗低盐、低溶氧等性状, 大马哈鱼对海水抗性遗传力进行过研究(Ban *et al*, 1999; Franklin *et al*, 1992)。大黄鱼(*Larimichthys crocea*)是我国海水养殖的重要经济鱼类, 现面临诸多性状退化、种质不良等问题, 亟待进行种质改良研究(李明月等, 2001; 杨小强等, 2002), 目前关于大黄鱼遗传育种的研究报道较多(Guo *et al*, 2005), 但尚未见到有关大黄鱼选择育种和遗传力的研究报道。本研究通过人工授精大黄鱼半同胞家系鱼苗对低盐、低溶氧和低 pH 值水体的抗性试验, 采取半同胞组内相关法, 就大黄鱼对各主要环境因子的遗传力进行了估计, 为大黄鱼的选择育种工作提供有益的参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼

2007 年 5—7 月在福建省宁德市水产技术推广站实验场, 选择 15 对大黄鱼亲鱼进行人工授精繁殖, 受精卵在 100cm×90cm×80cm 水槽内孵化, 各组鱼苗以相同密度在同样大小的水槽内培育。40 天后从各家系中随机取 300 尾鱼苗(体长 14.5—18.6mm, 体重 85.3—126.4mg), 按每组 50 尾分别进行 3 种不同环境因子的耐性试验, 各设计一组重复试验。

### 1.2 对低盐度、低溶氧和低 pH 值的耐性试验

各因子的耐性试验均在水槽内进行。水槽中并排放置 16 个边长 15cm 的封闭网笼, 按顺序编号, 从各家系中取 50 尾试验鱼苗, 对应放入各笼内, 分别进行对低溶氧、低盐度、低 pH 值的耐性试验。

对低溶氧耐性试验: 取两个水槽, 分别加注海水 10cm, 一个放试验鱼后用玻璃及胶带将水槽封闭, 透过玻璃观察鱼的死亡情况, 每小时取 250ml 水样固定, 按 GB 7489 水质中的规定进行溶氧测定(碘量法)。另一水槽为敞开对照组, 在相同大小的网笼内放

\* 国家 863 计划项目, 2006AA10A405 号; 国家自然科学基金项目, 30271037 号; 福建省农业科技重大专项资助, 2004NZ03-1 号。王晓清, 博士, 教授, E-mail: wangxiao8258@126.com

通讯作者: 王志勇, 教授, E-mail: zywang78@126.com

收稿日期: 2008-11-23, 收修改稿日期: 2009-01-18

50尾鱼苗。每小时记录一次水温和死亡鱼数，统计试验鱼开始死亡、50%死亡和100%死亡的时间。

对低盐度耐性试验：先用100尾鱼种进行淡水、1/3淡水、1/2淡水、2/3淡水、3/4淡水组的预备试验，初步确定哪组水体试验时间比较合适，遂采取该盐度组进行耐低盐试验，并用海水作对照。每隔2h从试验组和对照组中各取200ml水样，沉淀1—2天再用实验室盐度计(SYA2-2型)测定盐度，并记录各家系鱼苗开始死亡、50%死亡和100%死亡的时间及死亡数。

对低pH值的耐性试验：先用盐酸调节不同梯度pH，进行预备试验后，确定适宜的pH值。同样设正常海水对照组。每半小时取200ml试验水样用酸度计测定pH值，并记录水温和实验鱼死亡数，同样统计试验鱼开始死亡、50%死亡和100%死亡的时间。

死亡鱼的确定：当鱼体倾翻，鳃盖闭合，对外界刺激无反应时定为死亡个体。

### 1.3 遗传力估算及其显著性检验

三个阈性状的遗传力，采用文献(盛志廉等, 1999)提出的类似于方差分析的方法，由组内半同胞方差分析法直接估计的。

$$\text{雄性组间平方和 } SS_S = \sum_{i=1}^n \frac{S_i^2}{n_i} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n S_i\right)^2}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

$$\text{组内平方和 } SS_w = \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^n \frac{S_i^2}{n_i}$$

$$\text{自由度 } df_S = s - 1, df_w = \sum_{i=1}^n n_i - S$$

遗传力的估计值为：

$$h^2 = 4r = \frac{4\sigma_S^2}{\sigma_S^2 + \sigma_w^2} = \frac{4(df_w SS_S - df_S SS_w)}{df_w SS_S + (k_0 - 1)df_S SS_w}$$

式中， $S_i$ 指与第*i*个雄性亲本交配的雌性亲本数目， $n_i$ 指第*i*个雄性亲本后代个体数； $k_0$ 为有效平均后代个体数。

估计的遗传力还需要进行显著性检验(*t*检验)：

$$V(h^2) = \frac{32(1-r)^2 [1 + (k_0 - 1)r]^2}{k_0(k_0 - 1)(s - 1)}, t = \frac{h^2}{\sqrt{V(h^2)}}$$

## 2 结果

### 2.1 环境因子与存活率的关系

对低溶氧的耐性试验：在水温28.6—29.2℃，10h内试验组和对照组的溶氧变化分别为4.76—1.21mg/L、4.76—4.55mg/L，全部试验鱼平均存活率的变化情况见图1。

对低盐耐性试验：从预备试验中得知3/4淡水组鱼体死亡时间比较合适，采取该盐度组进行耐低盐试验，在水温28.2—29.1℃，30h内试验组和对照组的盐度变化分别为8.05—9.03、25.38—29.56，全部试验鱼的平均存活率变化情况见图2。

对低pH值的耐性试验：根据预备试验结果，确定pH为5左右为试验适宜值。在水温28.2—28.4℃，8h内试验组和对照组的pH值变化分别为4.49—5.2、7.73—7.78，全部试验鱼的平均存活率变化情况见图3。

三种因子的耐性试验中，统计得到的各组试验鱼死亡开始、死亡50%及全部死亡时的时间和各因子的指标值见表1。

### 2.2 各因素条件下鱼苗的存活情况

在溶氧为4.76—1.21mg/L，水温28.8—29.2℃条

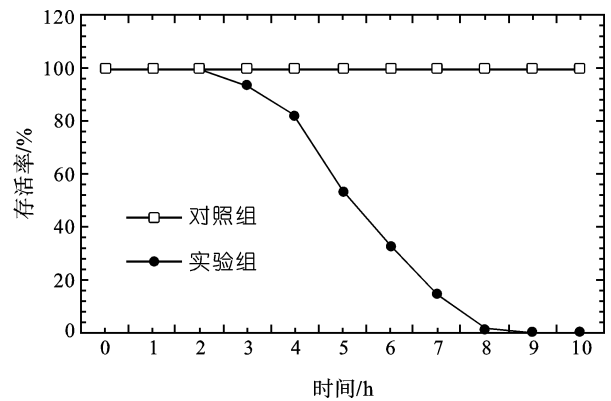
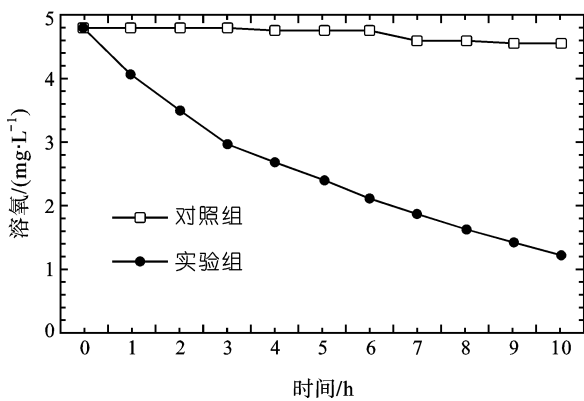


图1 试验组和对照组的溶氧变化和鱼苗平均存活率的关系

Fig.1 The relation between oxygen and average survival rate in testing group and control group

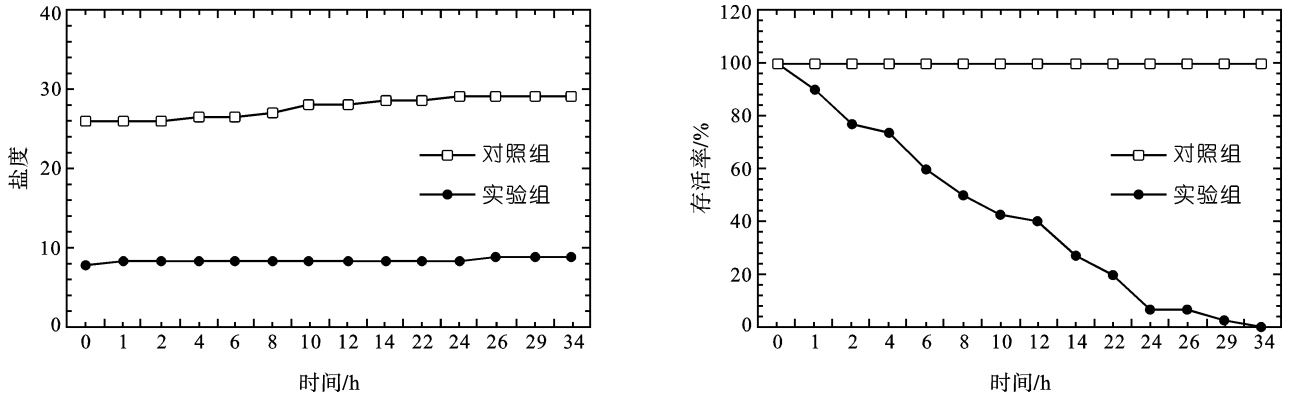


图 2 试验组和对照组的盐度变化和鱼苗平均存活率的关系

Fig.2 The relation between salinity and average survival rate in testing group and control group

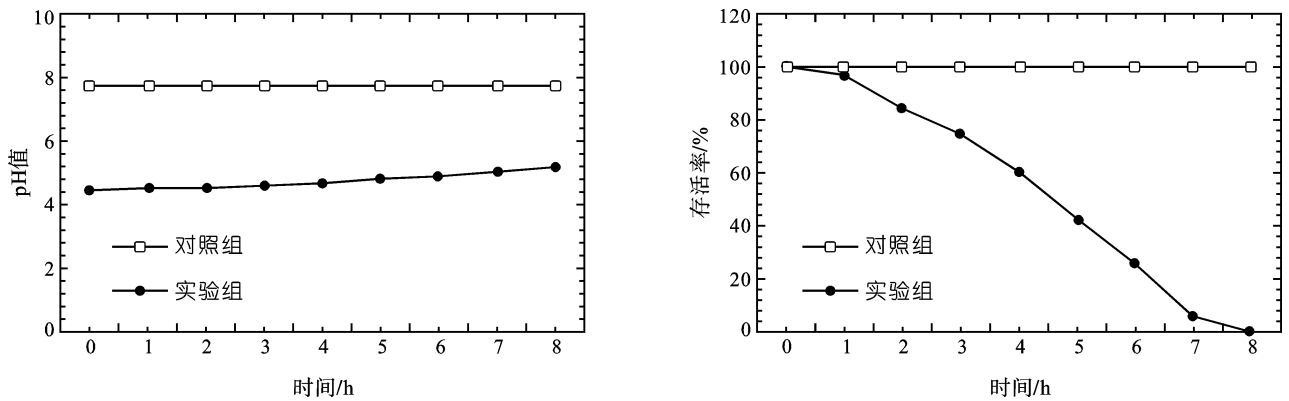


图 3 试验组和对照组的 pH 值变化和鱼苗平均存活率的关系

Fig.3 The relation between pH value and average survival rate in testing group and control group

表 1 各因子抗性试验中不同死亡率的发生时间和指标值

Tab.1 The occurring time and parameter at deferent mortality rates in the test of tolerance to every factor

死亡率	时间(h)	溶氧(mg/L)	时间(h)	盐度	时间(h)	pH 值
死亡开始	2.5	3.16	1	8.11	1	4.53
死亡 50%	5.5	2.24	6	8.28	4.5	4.78
死亡 100%	10	1.21	30	9.06	8	5.2

件下, 统计 6h 以内各家系试验鱼的存活数和存活率; 在温度 27.2—30 , 盐度 8.08—9.18 条件下, 统计 12h 以内各家系的存活数和存活率; 在 pH 值为 4.49—5.2, 水温为 28.2—28.4 时, 统计各家系鱼苗 5h 时的存活数和存活率。并计算各组存活数的平方和试验鱼数的比值, 结果见表 2。

### 2.3 各环境因子遗传力的估计

根据表 3 的数据, 依公式计算各试验组中雄性组间平方和、组内平方和、自由度, 估计各性状的遗传力, 并对所估计遗传力进行显著性检验, 结果见表 3。

从表 3 可以看出, 大黄鱼对低溶氧和低 pH 值耐性的遗传力都为 0.23, 且均达到显著水平, 但对低盐

度的耐性遗传力未达到显著水平。

## 3 讨论

### 3.1 阈性状遗传力的估计方法

在众多的生物性状中, 阈性状是一类呈非连续性变异, 但又具有内在的连续性变量分布的性状, 其遗传方式与数量性状类似, 遗传参数估计有一定的独特性, 表现型同样受遗传控制和环境效应的共同作用, 因此, 要确定这两种效应作用的大小, 估计阈性状的遗传力, 可以采用方差分析方法来估计(盛志廉等, 1999)。而要考察个体对某一种阈性状的抵抗力, 可以根据 McIntyre 等(1978)报道的象对疾病抵抗力一

表 2 各因素条件下试验家系的存活比率  
Tab.2 The survival rate of each family at every factor

家系	试验鱼数 $n_i$	低溶氧条件			低盐度条件			低 pH 值条件		
		存活数 $s_i$	存活率 $p_i$	$s_i^2/n_i$	存活数 $s_i$	存活率 $p_i$	$s_i^2/n_i$	存活数 $s_i$	存活率 $p_i$	$s_i^2/n_i$
F1	50	9	0.18	1.62	13	0.26	3.38	11	0.22	2.42
F2	50	21	0.42	8.82	14	0.28	3.92	8	0.16	1.28
F3	50	7	0.14	0.98	17	0.34	5.78	25	0.50	12.5
F4	50	10	0.20	2.00	19	0.38	7.22	16	0.32	5.12
F5	50	22	0.44	9.68	15	0.30	4.50	18	0.36	6.48
F6	50	24	0.48	11.52	25	0.50	12.5	23	0.46	10.58
F7	50	15	0.30	4.50	25	0.50	12.5	24	0.48	11.52
F8	50	14	0.28	3.92	23	0.46	10.58	23	0.46	10.58
F9	50	11	0.22	2.42	26	0.52	13.52	26	0.52	13.52
F10	50	16	0.32	5.12	15	0.30	4.50	15	0.30	4.50
F11	50	9	0.18	1.62	15	0.30	4.50	16	0.32	5.12
F12	50	17	0.34	5.78	11	0.22	2.42	26	0.52	13.52
F13	50	28	0.56	15.68	19	0.38	7.22	23	0.46	10.58
F14	50	20	0.40	8.00	27	0.54	14.58	34	0.68	23.12
F15	50	9	0.18	1.62	18	0.36	6.48	27	0.54	14.58
合计	750	232	0.31	83.28	282	0.38	113.6	315	0.42	145.42

表 3 各环境因子遗传力的估计及  $t$  检验  
Tab.3 Significance and estimation of heritability on every environmental factor

性状	$SS_s$	$SS_w$	$df_s$	$df_w$	$h^2$	$t$
低溶氧	11.51	148.72	14	735	0.2309*	2.091
低盐度	7.57	168.4	14	735	0.1059 <sup>NS</sup>	1.5194
低 pH	13.12	169.58	14	735	0.2308*	2.0909

\*表示差异显著(0.01<P<0.05), NS 表示差异不显著

样用死亡和存活来作为判断的标准,但要求有较大的样本含量来估计相应的发生率,若样本含量太小,其相应的发生率必定会有很大偏差。本试验中每组的样本数达到了 50 个,选择计算发生率的时间和发生率大小比较合适,由此估计的遗传力可信度高。

### 3.2 遗传力与选择育种的关系

水产养殖动物的主要经济性状,如生长率、抗病能力等都存在着广泛地遗传变异,进行选择育种的潜力很大。一般情况下,阈性状的遗传力通常较低,远低于鱼类数量性状遗传力,如 Langdon 等(2000)估计美国西海岸太平洋食用牡蛎的生长产量的遗传力为 0.54,栾生等(2006)估计刺参耳状幼体初中期体长的遗传力分别为 0.74 和 0.75,而 Hyuma 等(2001b, 2002)估计的虹鳟抗低盐和低溶氧的狭义遗传力分别只有 0.35 和 0.54。

性状遗传力的高低也是确定性状选育方法的主要依据之一,一般认为高遗传力( $h^2>0.4$ )性状适合用

于个体或群体表型选择法进行选种,低遗传力( $h^2<0.2$ )性状适合用于家系选择或家系内选择(赵存发等, 1999)。本研究依据半同胞方差分析估计得到的遗传力,是以潜在的连续分布为基础的,它与表型分布的遗传力直接相关,即表型分布的遗传力总是低于其潜在连续分布的遗传力,在发生率很大或很小时,由阈性状表型分布估计的遗传力有偏小的趋势(Hill, 1984)。试验结果中对低溶氧和低 pH 值的遗传力估计值为 0.23,已经达到了显著水平,可以通过个体或群体表型选择法进行选种。而对低盐度耐性遗传力较低,未达到显著水平,可进行家系选择或家系内选择。

### 参 考 文 献

- 刘小林,常亚青,相建海等,2003. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计. 中国水产科学, 10(3): 206—211  
李明月,赵明忠,林允闯,2001. 闽-粤东族大黄鱼象山港养殖群数量与质量性状的研究. 现代渔业信息, 16(12): 6—9

- 杨小强, 张 城, 黄海宁等, 2002. 网箱饲养大黄鱼性早熟的调查研究. 水产科技情报, 29(6): 243—245
- 赵存发, 高佃平, 李金泉等, 1999. 内蒙古白绒山羊体重遗传力的估计. 内蒙古畜牧科学, 4: 12—14
- 栾 生, 孙慧玲, 孔 杰等, 2006. 刺参耳状幼体体长遗传力的估计. 中国水产科学, 13(3): 378—383
- 黄付友, 何玉英, 李 健等, 2008. “黄海 1 号”中国对虾体长遗传力的估计. 中国海洋大学学报, 38(2): 269—274
- 盛志廉, 陈瑶生, 1999. 数量遗传学. 北京: 科学出版社, 138—159
- Ban M, Haruna H, Ueda H, 1999. Seawater tolerance of lacustrine sockeye salmon from lake Toya. Bull Natl Salmon Resources Cente, 2: 15—20
- Davis C V, 2000. Estimation of narrow-sense heritability for larval and juvenile growth traits in selected and unselected sub-lines of eastern oysters, *Grassostrea uirginica*. Journal of Shellfish Research, 19(1): 613
- Franklin C E, Davison W, Forster M E, 1992. Seawater adaptability of New Zealand's sockeye and chinook salmon: Physiological correlates of smoltification and seawater survival. Aquaculture, 102: 127—142
- Guo W, Wang Z Y, Wang Y L *et al*, 2005. Isolation and characterization of six microsatellite markers in the large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson). Molecular Ecology Notes, 5: 369—371
- Hill W G, 1984. Quantitative genetics: Part I, Explanation and analysis of continuous variation; Part II, selection. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc, 135—136
- Hyuma K, Nobuyuki I, Akihiro K, 2001a. Estimation of heritability for growth by factorial mating system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Suisanzoshoku, 49(2): 243—251
- Hyuma K, Nobuyuki I, Akihiro K, 2001b. Estimation of heritability of tolerance to low-salinity by factorial mating system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Suisanzoshoku, 49(2): 253—260
- Hyuma K, Nobuyuki I, Akihiro K, 2002. Estimation of heritability of tolerance to low-oxygen water in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Suisanzoshoku, 50(3): 369—374
- Langdon C J, Jacobson D P, Evans F *et al*, 2000. The molluscan broodstock program-improving Pacific oyster broodstock through genetic selection. Journal of Shellfish Research, 19(1): 616
- Mcintyre J D, Amend D F, 1978. Heritability of tolerance for infectious hematopoietic necrosis in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Trans Am Fish Soc, 107: 305—308
- Mckay L R, Ihssen P E, Friars G W, 1986. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, as a function of age and maturity. Aquaculture, 58: 241—254

## HERITABILITY AND TOLERANCE OF *LARIMICHTHYS CROCEA* TO ENVIRONMENTAL FACTORS

WANG Xiao-Qing<sup>1,2</sup>, WANG Zhi-Yong<sup>2</sup>, HE Xiang-Rong<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, 410128; 2. Fisheries College of Jimei University, Xiamen, 361021)

**Abstract** *Larimichthys crocea* is an important economical fish inhabiting often in China, whose heritability is an important genetic character for preserving quality traits. In this study, test on its tolerability to low-salinity, low-oxygen and low-pH water in 15 semi-sib family of *L. crocea*, and heritability estimation on the tolerability was performed. Causal components of phenotypic variance were calculated with GLM (General Linear Model) module of SAS9.0 software. The results show that 40-day-old fries died entirely in 10h as oxygen changed from 4.76 to 1.21mg/L, in 30h as salinity from 8.05 to 9.03, and in 8h when pH from 4.49 to 5.20. The heritability of tolerance to low-oxygen, low-salinity, low-pH was 0.23, 0.10, 0.23, respectively. The heritability on low-oxygen and low-pH reached significant level but low-salinity by *t*-test. The results are meaningful for quality breeding and yield increasing in aquaculture of *L. crocea*.

**Key words** *Larimichthys crocea*, Environmental factor, Heritability