

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00766

## 大口黑鲈生长性状的遗传参数和育种值估计

李镛<sup>1,2</sup>, 白俊杰<sup>1</sup>, 李胜杰<sup>1</sup>, 王解香<sup>1</sup>, 叶星<sup>1</sup>

1. 中国水产科学研究院 珠江水产研究所, 热带亚热带鱼类选育与养殖重点开放实验室, 广东 广州 510380;  
2. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088

**摘要:** 采用最佳线性无偏差预测法(BLUP法)对大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)体质量、体长和体高的遗传参数和育种值进行估计。4月龄和6月龄的体质量遗传力分别为 $0.29 \pm 0.08$ 和 $0.28 \pm 0.10$ 、体长遗传力分别为 $0.31 \pm 0.08$ 和 $0.26 \pm 0.10$ , 6月龄的体高遗传力为 $0.29 \pm 0.10$ 。这些性状的遗传力都属于中度遗传力( $P < 0.01$ ), 表明在加性效应控制下, 大口黑鲈生长性状具有较大的遗传改良潜力。6月龄的体质量与体长、体质量与体高及体长与体高的遗传相关分别为 $0.790 \pm 0.094$ 、 $0.820 \pm 0.081$ 和 $0.990 \pm 0.001$ , 这些性状之间均表现为高的正遗传相关性( $P < 0.01$ ), 说明在对体质量进行选择的同时, 其他生长性状也可以获得相应的间接选择反应。从不同评定方法的秩相关来看, 6月龄时综合育种值与体质量育种值、体长育种值以及体质量育种值与体长育种值的秩相关系数均达到了极显著( $P < 0.01$ ), 分别为0.998、0.914和0.890, 用综合育种值对大口黑鲈的评定名次排序与用单性状育种值排序的差异不大。本研究对大口黑鲈生长性状的遗传参数和育种值进行确定与分析, 旨在为该物种的人工选育提供理论依据和技术参考。

**关键词:** 大口黑鲈; 生长性状; 遗传参数; 育种值

中图分类号: S961

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)04-0766-08

遗传参数和育种值的估计对制定和优化育种方案、探讨选育效果具有重要指导意义<sup>[1-2]</sup>。自从1971年Aulstad等<sup>[3]</sup>利用同胞相关法对虹鳟(*Salmo gairdnerii*)体质量和体长的遗传力进行估计以来, 鱼类生长性状的遗传参数和育种值的评估工作逐步开展起来, 特别是Henderson<sup>[4]</sup>将最佳线性无偏差预测法(BLUP法)引入育种值估计中, 为鱼类遗传参数和育种值的评估提供了新的方法。BLUP法有2种统计模型: 公畜模型和动物模型。由于公畜模型要求公畜是来自于服从正态分布的潜在公畜群体的随机抽样以及母畜之间无亲缘相关<sup>[5]</sup>, 而实际操作很难满足上述两点, 这使得遗传参数的估计值偏低, 误差增大<sup>[6]</sup>。相比之下, 动物模型考虑了个体所有的血缘关系, 利用多种来源的信息, 剖分固定效应、随机效应因素, 所得

的遗传估计值更准确<sup>[2]</sup>。因此, 动物模型 BLUP法在国外已成为水产动物选择育种中主要的评估方法<sup>[6-13]</sup>。

目前, 已对部分经济鱼类如尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus* L.)<sup>[7]</sup>、大西洋鲑(*Salmo salar*)<sup>[8]</sup>、海鲈(*Dicentrarchus labrax* L.)<sup>[9-10]</sup>等的生长性状遗传参数进行了估计, 在尼罗罗非鱼<sup>[11-12]</sup>、大西洋鲑<sup>[13]</sup>、虹鳟<sup>[14]</sup>等鱼类的育种研究中还采用育种值的方法进行选种, 获得了理想的选育效果。大口黑鲈(*Cropterus salmoides*)俗名加州鲈, 其肉质鲜美、生长快、易起捕、适温较广, 已成为中国重要的淡水养殖种类之一<sup>[15]</sup>。自2005年以来, 珠江水产研究所对大口黑鲈的生长性状开展人工选育, 取得了较好的选育效果<sup>[16]</sup>。本研究拟通过一对一随机交配建立大口黑鲈全同胞家系, 利用动

收稿日期: 2010-11-07; 修订日期: 2011-02-06.

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD01A1209); 农业部 948 项目(2010-29); 农业部公益性行业科研专项(200903045).

作者简介: 李镛(1984-), 男, 硕士研究生, 专业方向为水产动物遗传育种. E-mail: holipot@126.com

通信作者: 白俊杰, 研究员. Tel:020-81616129; E-mail: jjbai@163.net

物模型 BLUP 法对 4 月龄和 6 月龄鱼的生长性状遗传参数和个体育种值进行估计, 旨在为大口黑鲈选择育种提供理论依据和技术参数。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究群体的建立、培育及标记

2009 年 3 月, 从珠江水产研究所良种基地的大口黑鲈选育群体中选择体质量在 400~500 g 的亲本, 每个水泥池放入 1 对亲鱼进行人工繁殖, 2 天内共获得 36 个全同胞家系。将构建的家系子代分别放在大小相同、面积约为 9 m<sup>2</sup> 的水泥池进行分池培育。开始投喂小型浮游动物, 每天早晚各 1 次; 孵化出膜后 15 d, 除了投喂小型浮游动物, 还投喂水蚯蚓。当大口黑鲈各家系达 2 月龄时, 对每个家系的个体注射荧光染料进行标记, 注射部位为头部、腹鳍、尾鳍, 染料颜色为黄色、红色、绿色、蓝色、橘黄和粉红。每个家系在 1 个部位注射 1 种颜色。经过荧光染料标记后, 每池塘放入 18 个家系, 共用 2 个池塘进行培育。

### 1.2 数据采集和处理

在 4 月龄和 6 月龄时分别测量大口黑鲈的体长、体高和体质量 3 个性状, 每个家系试验鱼测量尾数为 25~30 尾。所得数据按照 MTDf-REML 软件<sup>[17]</sup>的要求在 EXCEL 软件中进行整理和排列。

### 1.3 统计分析

**1.3.1 数据的检验** 对 4 月龄和 6 月龄的大口黑鲈体长、体高和体质量的数据进行卡方检验。在此基础上, 对这 3 个生长性状进行方差分析和回归分析, 检验与生长性状有关的影响效应显著性, 包括固定效应、随机效应和协变量。这些分别在 SPSS 软件包的卡方检验、方差分析和回归分析的程序中完成。

**1.3.2 建立统计模型** 在考虑了各性状的影响效应显著性的基础上, 建立大口黑鲈生长性状的遗传分析模型: 单性状动物模型和多性状动物模型, 如下:

(1) 单性状动物模型:

$$y_{ijk} = u + a_i + f_j + p_k + bx_{ijk} + e_{ijk}$$

式中,  $u$  表示总体均值;  $y_{ijk}$  为性状观测值;  $a_i$

为加性遗传效应;  $f_j$  为全同胞随机效应;  $P_k$  为池塘固定效应;  $x_{ijk}$  为协变量,  $b$  为回归系数;  $e_{ijk}$  为随机残差效应。

(2) 多性状动物模型:

$$y_{ijk} = u + a_{it} + f_{jt} + P_{kt} + b_{x_{ijkt}} + e_{ijkt}$$

式中, 各字母表示含义与单性状动物模型的一样, 不同之处是下标  $t$  指第  $t$  个性状。

用单性状动物模型估计性状的遗传力, 用多性状动物模型估计性状间的遗传相关。

### 1.3.3 遗传参数的标准误及显著性检验

遗传力的标准误<sup>[18]</sup> 公式为:  $\sigma_{h^2} = \sqrt{16h^2/T}$ , 式中,  $h^2$  为遗传力,  $T$  为样本总数; 其  $t$  检验为<sup>[19]</sup>:  $t = h^2 / \sigma_{h^2}$ 。

遗传相关的标准误<sup>[18]</sup>:

$\sigma_{(r_A)} = \frac{(1-r_A^2)}{2} \sqrt{\frac{\sigma(h_x^2)\sigma(h_y^2)}{h_x^2 h_y^2}}$ , 式中,  $h_x^2$ 、 $h_y^2$  分别为  $x$ 、 $y$  性状的遗传力,  $\sigma(h_x^2)$ 、 $\sigma(h_y^2)$  为  $x$ 、 $y$  性状遗传力的标准误。其  $t$  检验为<sup>[20]</sup>:  $t_{r_{xy}} = r_{xy} / \sqrt{V(r_{xy})}$ 。

**1.3.4 综合育种值的估计** 当进行多个性状的综合选择时, 根据各性状的重要性的不同, 对各性状给予适当的加权, 然后综合为一个以货币为单位——用任意单位( $U$ )表示的指数, 来进行综合育种值的估计。将育种的目标性状确定为体质量、体长这两个性状时, 综合育种值的计算公式为<sup>[19]</sup>:

$$A_i = W_1 a_{1i} + W_2 a_{2i}$$

$W_1$ : 体质量的加权值为 0.006  $U$ ;  $a_{1i}$ : 个体  $i$  的体质量育种值;  $W_2$ : 体长的加权值为 0.63  $U$ ;  $a_{2i}$ : 个体  $i$  的体长育种值。

## 2 结果与分析

### 2.1 数据的正态分布检验

对 4 月龄和 6 月龄的大口黑鲈体长、体高和体质量的数据进行卡方检验, 结果显示(表 1), 除了 4 月龄的体高外, 这 2 个生长时期测量的生长性状的数据均符合正态分布。

### 2.2 数据的方差分析和回归分析

利用 SPSS 软件包对 4 月龄和 6 月龄的 3 个生长性状的测量数据(除 4 月龄的体高以外)进行

方差分析和回归分析, 检验与生长性状有关的影响效应显著性, 包括固定效应、随机效应和协变量, 结果(表 2)显示, 4 月龄和 6 月龄的不同生长性状都有固定效应和随机效应, 即对应为池塘效应和家系效应, 但协变量却不一样, 4 月龄的体质量、体长的协变量均为家系日龄和家系初体质量(标记时各家系平均体质量); 6 月龄的体质量、体长和体高的协变量均为家系日龄。

### 2.3 大口黑鲈各生长性状表型参数

通过对 4 月龄和 6 月龄大口黑鲈的形态学测量获得表型参数(表 3), 其中体质量的变异系数最大, 4 月龄和 6 月龄的变异系数分别为 0.40 和 0.53, 体长和体高的变异系数较小。

### 2.4 大口黑鲈遗传参数的估计

#### 2.4.1 大口黑鲈各性状的遗传力和全同胞系数 用

单性状动物模型法分析数据, 获得 4 月龄和 6 月龄各性状的方差组分、遗传力和全同胞系数的估计值(表 4、表 5)。4 月龄体质量和体长的遗传力分别是  $0.29 \pm 0.08$  和  $0.31 \pm 0.08$ , 6 月龄体质量、体长和体高的遗传力分别为  $0.28 \pm 0.10$ 、 $0.26 \pm 0.10$  和  $0.29 \pm 0.10$ , 均属于中等遗传力, 表明在加性效应控制下, 大口黑鲈的这 3 个生长性状具有较大的遗传改良潜力。对各性状遗传力的估计值进行  $t$  检验, 其  $P$  值均小于 0.01。由表 5 可知, 4、6 月龄各生长性状的全同胞系数在 0.07~0.11 之间。

2.4.2 性状之间的遗传相关与表型相关 应用多性状动物模型估计性状间的遗传相关, 应用 SPSS 程序的 CORRELATE 模块估计性状间的表型相关, 结果见表 6。大口黑鲈的 3 个生长性状间均存在着较强的正相关, 其中体高与体长之间的遗传相

表 1 4 月和 6 月龄大口黑鲈生长性状的正态分布检验  
Tab.1 Test of normal distribution for growth traits of different months

参数 parameter	4 月龄 4-month-old			6 月龄 6-month-old		
	体质量 BW	体长 BL	体高 BH	体质量 BW	体长 BL	体高 BH
卡方值 chi-square value	312.28	242.87	292.65	225.98	117.52	233.85
显著性 $P$	1.00	1.00	0.00	0.39	1.00	0.074

表 2 与大口黑鲈早期生长性状有关的影响效应  
Tab.2 Systematic environmental effects for early growth traits of *M. salmoides*

性状 trait	随机效应 random effect	固定效应 fixed effect	协变量 covariant	
			家系日龄 day age of family	家系初体质量 initial body weight of family
			4 月龄体质量 BW at 4-month-old	3.701**
4 月龄体长 BL at 4-month-old	4.135**	26.765**	10.563**	21.470**
6 月龄体质量 BW at 6-month-old	2.729**	107.702**	84.560**	2.086
6 月龄体长 BL at 6-month-old	2.559**	80.339**	77.448**	3.553
6 月龄体高 BH at 6-month-old	2.667**	69.776**	75.272**	1.856

注: \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ ).

Note: \*\* means significant difference ( $P < 0.01$ ).

表 3 大口黑鲈生长性状的表型参数  
Tab.3 Phenotypic parameter of growth traits in *M. salmoides*

性状 trait	平均值 mean	最小值 minimum	最大值 maximum	标准差 standard error	变异系数 coefficient of variation
4 月龄体质量/g BW at 4-month-old	23.69	6.70	49.30	9.44	0.40
6 月龄体质量/g BW at 6-month-old	74.39	14.50	213.50	39.72	0.53
4 月龄体长/cm BL at 4-month-old	9.92	6.63	13.54	1.32	0.13
6 月龄体长/cm BL at 6-month-old	140.07	8.92	20.86	2.14	0.15
6 月龄体高/cm BH at 6-month-old	4.31	2.44	6.63	0.76	0.18

表 4 4 月和 6 月龄大口黑鲈主要生长性状的方差组分  
Tab.4 Variance components for growth trait of different months

性状 trait	加性方差 $V_a$	全同胞方差 $V_f$	环境残差 $V_e$	表型方差 $V_p$
4 月龄体质量 BW at 4-month-old	21.153	5.413	47.048	73.615
6 月龄体质量 BW at 6-month-old	221.139	85.867	474.528	781.535
4 月龄体长 BL at 4-month-old	0.516	0.160	1.003	1.679
6 月龄体长 BL at 6-month-old	0.679	0.263	1.645	2.588
6 月龄体高 BH at 6-month-old	0.096	0.036	0.203	0.335

表 5 4 月和 6 月龄大口黑鲈主要生长性状的遗传力和全同胞系数估计值  
Tab.5 Estimated heritability for growth trait of different months

指标 indicator	4 月龄体质量 BW at 4-month-old	6 月龄体质量 BW at 6-month-old	4 月龄体长 BL at 4-month-old	6 月龄体长 BL at 6-month-old	6 月龄体高 BH at 6-month-old
遗传力 $h^2$	0.29±0.08**	0.28±0.10**	0.31±0.08**	0.26±0.10**	0.29±0.10**
全同胞系数 $C^2$	0.07	0.11	0.09	0.10	0.10

注: \*\*表示差异极显著( $P<0.01$ ).

Note: \*\* means significant difference ( $P<0.01$ ).

关最大( $r_a=0.990\pm 0.001$ ), 其数值接近 1; 体质量与体长之间的遗传相关最小( $r_a=0.750\pm 0.082$ 、 $0.790\pm 0.094$ ). 各性状之间的表型相关与遗传相关基本一致。对各性状之间遗传相关和表型相关的估计值进行  $t$  检验, 其  $P$  值均小于 0.01。

### 2.5 大口黑鲈育种值的估计

**2.5.1 育种值与表型值的比较** 采用单性状动物模型估计大口黑鲈个体育种值, 依据个体育种值和表型值对个体分别排序。排名前 10% 个体中, 两种选择方法中共同包含的个体的相同率: 4 月龄, 体质量性状的为 66.20%, 体长性状的为 70.42%; 6 月龄, 体质量性状的为 48.78%, 体长性状的为 39.02%(表 7)。两种选择方法选取的前 10% 个体在育种值平均值上有所差异: 在体质量性状中, 4 月

龄, 育种值方法选取的为 5.01g, 表型值选取的为 4.46 g, 前者比后者高出 12.33%, 6 月龄, 这两种选择方法选取的分别为 17.70 g 和 12.58 g, 前者比后者高出 40.70%; 在体长性状中, 4 月龄, 育种值方法选取的为 0.73 cm, 表型值选取的为 0.68 cm, 前者比后者高出 7.35%, 6 月龄, 这两种选择方法选取的分别为 0.84 cm 和 0.70 cm, 前者比后者高出 20.00%(图 1)。可见, 依表型值对个体进行选择, 其选择效率要低于育种值选择。

**2.5.2 综合育种值与单性状育种值** 通过对全部个体的单性状育种值和综合育种值进行排序, 结果表明, 所有个体在不同育种值排队中名次不同。表 8 为 6 月龄的个体育种值位于前 20 位的排名情况。

表 6 大口黑鲈 3 个生长性状间的表型相关(右上角)与遗传相关(左下角)

Tab.6 Phenotypic correlation (right diagnose) and genetic correlation (left diagnose) for growth trait of different months

性状 trait	月龄 months	体质量 BW	体长 BL	体高 BH
体质量 BW	4	1	0.905**	-
	6		0.945**	0.948**
体长 BL	4	0.750±0.082**	1	-
	6	0.79±0.094**		0.975**
体高 BH	4	-	-	1
	6	0.82±0.081**	0.99±0.001**	

注: \*\*表示差异极显著( $P<0.01$ ).

Note: \*\* means significant difference ( $P<0.01$ ).

表 7 根据育种值和表型值选择大口黑鲈前 10% 个体相同率

Tab.7 Uniformity ratio of the first 10% of individuals selected in phenotypic value and breeding value at each growth stage %

体质量育种值 body weight-EBV		体长育种值 body length-EBV	
4 月龄 4-month-old	6 月龄 6-month-old	4 月龄 4-month-old	6 月龄 6-month-old
66.20	48.78	70.42	39.02

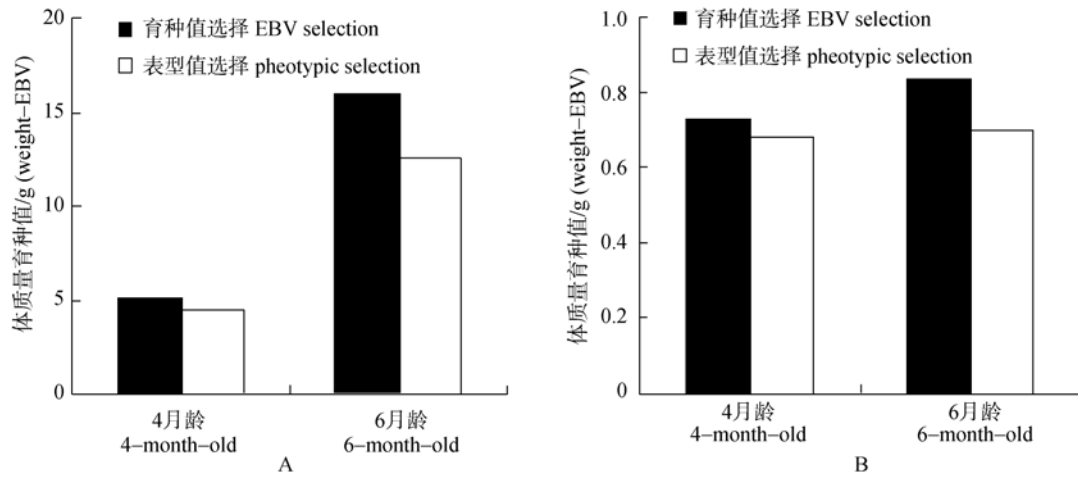


图 1 根据大口黑鲈育种值(A)和表型值(B)选择前 10% 个体单性状育种值的平均值比较

Fig.1 Average breeding values of the first 10% of individuals selected according to phenotypic values (A) and breeding values (B)

表 8 大口黑鲈 6 月龄育种值的排序

Tab.8 Ranks of breeding value of *Micropterus salmoides* at six months

名次 rank	个体编号 No. of individual	体质量育种值 body weight-EBV	个体编号 No. of individual	体长育种值 body length-EBV	个体编号 No. of individual	综合育种值 comprehensive-EVB
1	20090261	39.368546	20090261	1.534406	20090261	1.202887
2	20090355	38.395408	20090355	1.515959	20090355	1.185427
3	20090136	37.913359	20090136	1.419869	20090136	1.121998
4	20090322	36.193098	20090235	1.225573	20090322	0.987927
5	20090293	33.191525	20090322	1.223442	20090293	0.942423
6	20090202	31.642102	20090293	1.179799	20090235	0.921314
7	20090400	25.209493	20090335	1.176480	20090400	0.868416
8	20090235	24.867134	20090400	1.138348	20090335	0.844526
9	20090032	22.051397	20090104	1.086838	20090202	0.819901
10	20090001	22.015209	20090380	1.025902	20090104	0.79405
11	20090321	20.140123	20090202	1.000076	20090380	0.721803
12	20090016	18.876538	20090321	0.951628	20090321	0.720367
13	20090330	18.709660	20090216	0.947467	20090301	0.699063
14	20090301	18.410073	20090346	0.936816	20090330	0.698895
15	20090104	18.223572	20090301	0.934290	20090001	0.688496
16	20090335	17.223835	20090330	0.931169	20090346	0.680759
17	20090046	17.117758	20090139	0.902104	20090032	0.665314
18	20090174	16.987802	20090174	0.886089	20090216	0.663737
19	20090061	16.931749	20090001	0.883183	20090139	0.662283
20	20090069	16.206198	20090032	0.846040	20090174	0.660163

利用 SPSS 软件对不同育种值估计值进行秩相关分析, 结果表明, 综合育种值与各单性状育种值的秩相关系数均达到了极显著相关( $P<0.01$ ), 4 月龄和 6 月龄综合育种值与体长、体质量育种值的秩相关系数均比体长与体质量育种值的大(表 9)。

### 3 讨论

#### 3.1 遗传参数在大口黑鲈育种中的应用

遗传力是在选择育种中很有用的遗传参数之一。目前, 鱼类生长性状的遗传力已有不少报道, 且大多数鱼类生长性状的遗传力属于中等遗传力, 如尼罗罗非鱼为 0.25~0.27<sup>[7]</sup>, 大西洋鲑为 0.12~0.53<sup>[8]</sup>, 欧洲海鲈为 0.24~0.44<sup>[10]</sup>, 虹鳟为 0.36~0.60<sup>[21]</sup>, 欧彩鲤 (*Cyprinus carpio* var. *color*) 为 0.25~0.30<sup>[22]</sup>。本研究利用单性状动物模型对大口黑鲈 4 月龄和 6 月龄的生长性状进行遗传力评估, 得到大口黑鲈生长性状遗传力在 0.26~0.31 之间, 也属于中等遗传力, 表明大口黑鲈生长性状具有较大的加性遗传效应, 可以通过群体选育和家系选育获得较快的遗传进展, 这在之前开展的大口黑鲈群体选育研究中得到体现, 经过 3 代的群体选育, 大口黑鲈的生长速度平均每代提高了 8%<sup>[16]</sup>。在育种工作中通常还利用性状间相关性进行间接选育以提高选种的效率。本研究中, 大口黑鲈的生长性状之间均具有较高的遗传正相关, 这与其他鱼类的相关报道基本一致<sup>[7-8, 23-24]</sup>, 但大口黑鲈体质量与体长的遗传相关小于其他性状之间的遗传相关, 表明对大口黑鲈的生长性状进

行选择育种, 应同时考虑体质量和体长这两个性状, 从而获得生长速度快且体型好的优良品种。

#### 3.2 动物模型 BLUP 法在大口黑鲈育种中的应用

动物模型 BLUP 法充分考虑了各种来源的信息, 能显著提高遗传进展速度, 特别是对于中低遗传力性状, 其效果更明显<sup>[25]</sup>。由于水产动物的经济性状遗传力一般属于中低遗传力, 因此动物模型 BLUP 法在水产动物育种中显得尤为重要。近年来, 研究人员在尼罗罗非鱼<sup>[10]</sup>、中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)<sup>[26]</sup> 以及大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*)<sup>[27]</sup> 的育种实践中发现动物模型 BLUP 法优于表型值选择。本研究中, 对大口黑鲈体质量和体长的选择, 动物模型 BLUP 法相比于表型选择都显示出更高的选择效率。其次, 大口黑鲈世代间隔短, 种鱼更新快, 需要经常对个体进行遗传评定来作出选择, 动物模型 BLUP 法能满足这一需求。再者, 大口黑鲈的生长性状遗传力均属于中等遗传力。因此, 利用动物模型 BLUP 法对大口黑鲈进行选种是一种行之有效的办法。

从不同育种值的排名, 以及它们之间的秩相关系数来看, 用综合育种值对大口黑鲈的评定名次排序与用单性状育种值排序的差别不大。但由于综合育种值考虑了更多的信息, 并校正了由单个性状进行选择而产生的偏差<sup>[14]</sup>, 并且本研究的遗传相关结果表明大口黑鲈的选择育种中应同时考虑体质量和体长, 因此, 在利用动物模型 BLUP 法对大口黑鲈进行遗传评定时, 首先利用体质量和体长 2 个参数计算综合育种值进行选种以获得

表 9 大口黑鲈不同育种值的秩相关系数  
Tab.9 Correlation coefficients of different breeding values of *Micropterus salmoides*

月龄 age of month	育种值 EBV	综合育种值 comprehensive-EBV	体质量育种值 body weight-EBV	体长育种值 body length-EBV
4 月龄 4-month-old	综合育种值 comprehensive-EBV	-		
	体质量育种值 weight-EBV	0.923**	-	
	体长育种值 Length-EBV	1.000**	0.914**	-
6 月龄 6-month-old	综合育种值 comprehensive-EBV	-		
	体质量育种值 weight-EBV	0.919**	-	
	体长育种值 length-EBV	0.998**	0.890**	-

注: \*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: \*\* means significant difference ( $P<0.01$ )

生长速度较快的品系, 此后, 再考虑繁殖力、生活力和抗逆性等性状, 进一步完善选育中的综合性状的制定。

#### 参考文献:

- [1] Liu X L, Chang Y Q, Xiang J H, et al. Estimates of genetic parameters for growth traits of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* [J]. Aquaculture, 2005, 243: 27–32.
- [2] 栾生, 孔杰, 王清印. 水产动物育种值估计方法及其应用的研究进展[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 101–107.
- [3] Aulstad D, Gjedrem T, Skjervold H. Genetic and environmental sources of variation in length and weight of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1972, 29: 237–241.
- [4] Henderson C R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model [J]. Biometrics, 1975, 31: 423–447.
- [5] 刘剑锋, 张沅, 张勤. 畜禽遗传参数估计的DF-REM法[J]. 草与畜杂志, 1998, 4: 11–14.
- [6] Tim Lucas, Michael M, Sandie M D, et al. Heritability estimates for growth in the tropical abalone *Haliotis asinina* using microsatellites to assign parentage [J]. Aquaculture, 2006, 259: 146–152.
- [7] Marc J M, Henk Bovenhis, Hans Komen. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) [J]. Aquaculture, 2005, 246: 125–132.
- [8] Joseph P, Ian W, Derrick G, et al. Genetic parameters of production traits in Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2008, 274: 225–231.
- [9] Saillant E, Dupont-Nivet M, Haffray P, et al. Estimates of heritability and genotype environment interactions for body weight in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) raised under communal rearing conditions [J]. Aquaculture, 2006, 254: 139–147.
- [10] Mathilde D N, Marc V, Alain V, et al. Heritabilities and G×E interactions for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) using a marker-based pedigree [J]. Aquaculture, 2008, 275: 81–87.
- [11] Gall G A, Bakar Y. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: Analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia [J]. Aquaculture, 2002, 212: 93–113.
- [12] Ponzoni R W, Hamzah A, Tan S, et al. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Aquaculture, 2005, 247: 203–210.
- [13] Roberto N, Nelson F D, Graham A E, et al. Genetic improvement in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). I: Selection response and inbreeding depression on harvest weight [J]. Aquaculture, 2006, 257: 9–17.
- [14] 王炳谦, 刘宗岳, 高会江, 等. 应用重复力模型估计虹鳟生长性状的遗传力和育种值[J]. 水产学报, 2009, 33(2): 182–187.
- [15] Bai J J, Dijar J L, Quan Y C, et al. Taxonomic status and genetic diversity of cultured largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in China [J]. Aquaculture, 2008, 278(1-4): 27–30.
- [16] 李胜杰, 白俊杰, 谢骏, 等. 大口黑鲈选育效果的初步分析[J]. 水产养殖, 2009, 30(10): 10–13.
- [17] Bolman K G, Krise L A, VanVleck L D. A manual for use of *DFREML*: A Set of Programs to Obtain Estimates of Variance and Covariances [M]. United States Department of Agriculture, 1995: 100–150.
- [18] Falconer D S, Mackay T F C. Introduction to quantitative genetics, 4th Edition [M]. Pearson Education Limited, 1996: 301–311.
- [19] 盛志廉, 陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 138–139.
- [20] 谢保胜, 徐宁迎. 应用动物模型REML法估计金华繁殖性状遗传参数[J]. 畜牧与兽医, 2003, 35(2): 6–9.
- [21] Fishback A G, Danzmann R G, Ferguson M M, et al. Estimates of genetic parameters and genotype by environment interactions for growth traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as inferred using molecular pedigrees [J]. Aquaculture, 2002, 206: 137–150.
- [22] Cheng-hui Wang, Si-Fa Li, Song-ping Xiang, et al. Genetic parameter estimates for growth-related traits in Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) [J]. Aquaculture, 2006, 259: 103–107.
- [23] Myers J M, Hershberger W K, Saxton A M, et al. Estimates of genetic and phenotypic parameters for length and weight of marine net-pen reared Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch* Walbaum) [J]. Aqu Res, 2001, 32: 277–285.
- [24] Vandeputte M, Quillet E, Checassus B. Early development and survival in brown trout (*Salmo trutta fario* L): indirect effects of selection for growth rate and estimation of genetic parameters [J]. Aquaculture, 2002, 204(3-4): 135–445.
- [25] Belonsky G M, Kennedy B W. Selection on individual phenotype and best linear unbiased predictor of breeding value in

- a closed swine herd [J]. *J Anim Sci*, 1988, 66: 1124–1131.
- [26] 张天时, 栾生, 孔杰, 等. 中国对虾体重育种值估计的动植物模型分析[J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(3): 7–13.
- [27] 马爱军, 王新安, 雷霖霖. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus*) 生长阶段体重的遗传参数和育种值估计[J]. *海洋与湖沼*, 2009, 40(2): 187–193.

## Estimation of parameters and breeding values for growth traits of largemouth bass

LI Rong<sup>1,2</sup>, BAI Junjie<sup>1</sup>, LI Shengjie<sup>1</sup>, WANG Jiexiang<sup>1</sup>, YE Xing<sup>1</sup>

1. Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of Tropical & Subtropical Fish Breeding & Cultivation, Guangzhou 510380, China
2. Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

**Abstract:** The genetic parameters and breeding values for growth traits (including body weight, body length, and body height) of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*) were estimated using the best linear unbiased prediction (BLUP) method. At four months of age, the heritability was  $0.29 \pm 0.08$  for body weight and  $0.31 \pm 0.08$  for body length; at six months of age, heritability was  $0.28 \pm 0.10$  for body weight,  $0.26 \pm 0.10$  for body length, and  $0.29 \pm 0.10$  for body height. These heritabilities indicated that there was a great potential for selective breeding in the growth traits of largemouth bass. At four and six months of age, the genetic correlations between body weight and body length were  $0.750 \pm 0.082$  and  $0.790 \pm 0.094$ , respectively. At six months, the genetic correlation was  $0.820 \pm 0.081$  between body weight and body height and  $0.990 \pm 0.001$  between body length and body height. These genetic correlations indicated that selection for body weight would result in positive responses in other traits. Correlation analysis of different estimated breeding values (EBVs), at four and six months, gave correlation coefficients of 0.923 and 0.919 between comprehensive EBV and weight EBV, 1.000 and 0.998 between comprehensive EBV and length EBV, and 0.914 and 0.890 between weight EBV and length EBV, respectively. These correlation coefficients showed that there was little difference in ranking for largemouth bass when using comprehensive EBV compared to one-trait EBV. The above parameters and breeding value results provide a theoretical basis and technical reference for the selective breeding for largemouth bass.

**Key words:** *Micropterus salmoides*; growth traits; genetic parameters; breeding value

**Corresponding author:** BAI Junjie. E-mail: jjbai@163.net