

# 团头鲂生长性状的遗传力和育种值估计

曾 聪<sup>1</sup> 曹小娟<sup>1</sup> 高泽霞<sup>1</sup> 罗 伟<sup>1</sup> 钱雪桥<sup>2</sup> 王卫民<sup>1</sup>

1. 华中农业大学水产学院/农业动物遗传育种与繁育教育部重点实验室/

农业部淡水生物繁育重点实验室, 武汉 430070;

2. 广东海大集团股份有限公司, 广州 511400

**摘要** 采用混合家系遗传参数估计法对6月龄团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)生长性状的遗传力、育种值和遗传相关等遗传参数进行估计。对表型的方差分析发现, 方差组分中亲本导致的遗传方差组分远大于环境等因素导致的非遗传方差组分。通过混合家系估计的团头鲂6月龄体长、体质量和肥满度遗传力依次为 $0.72 \pm 0.21$ 、 $0.49 \pm 0.14$ 和 $0.48 \pm 0.14$  ( $P < 0.01$ ), 体长属于高等遗传力的性状, 而体质量和肥满度则属于中等遗传力的性状, 表明这3个生长性状都主要受加性效应控制, 这也说明3个性状均可以作为直接选育的性状, 适合在早期选育以控制后代规模。在对体质量与体长的相关分析时发现, 两性状之间存在极显著的正相关性(表型相关和遗传相关分别为0.89和0.98) ( $P < 0.01$ ), 说明在体长和体质量之间存在间接选择反应。从单性状和综合育种值排名来看, 体质量和体长育种值以及综合育种值三者之间的排名差异并不大, 排名靠前的主要是鄱阳湖亲本的后代。

**关键词** 团头鲂; 生长性状; 遗传力; 育种值; 多性状选育

**中图分类号** S 961.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)02-0089-07

在选择育种中, 遗传参数是不可或缺的一部分, 包括遗传力、育种值和遗传相关等, 能够确定选择指数、预测选择反应和遗传改良以及比较不同选择方法的效果, 是育种决策和规划的主要参考。由于水产动物系统选育的起步相对较晚, 关于水产动物遗传参数估计的报道并不多, 主要集中在甲壳类和软体动物等海洋养殖品种。对于鱼类则主要集中在虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)<sup>[1]</sup>、大西洋鲑(*Salmon salar*)<sup>[2]</sup>、罗非鱼(*Tilapia mossambica*)<sup>[3]</sup>、牙鲈(*Scophthalmus maximus*)<sup>[4]</sup>、鲤(*Cyprinus carpio*)<sup>[5]</sup>和哲罗鲑(*Hucho taimen*)等<sup>[6]</sup>品种的报道, 且集中在体质量和体长等生长性状, 而肉质、饲料转化率和抗逆性等性状报道较少。

团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih), 俗称武昌鱼, 原产于长江中游的一些大中型湖泊。因其具有养殖成本低、知名度广和经济价值高等优点, 在20世纪60年代就被作为优良的草食性鱼种在中

国普遍推广, 现已成为中国主要淡水水产养殖对象之一, 同时国家大宗淡水鱼产业体系已将团头鲂作为全国推广的品种之一<sup>[7]</sup>。目前, 已有关于团头鲂的分子标记开发<sup>[8]</sup>、功能基因<sup>[9]</sup>、形态学<sup>[10]</sup>以及遗传多样性<sup>[11]</sup>等的报道, 但是尚未见对其生长性状的遗传参数的报道。笔者构建33个全同胞家系来估计早期团头鲂的生长性状的遗传参数, 以期通过这些遗传参数为选育工作提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 家系的建立与培育

2008年12月, 从梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖搜集体质量大于1 kg且无畸形的个体作为试验的亲本(表1)。翌年5月, 采用雌雄比1:1或2:1构建了包括6个父系半同胞在内的33个全同胞家系。按家系孵化后, 将每个家系子代分别放养在室外的流水养殖的水泥池(4.0 m×3.0 m×1.5 m)内进行

收稿日期: 2013-04-11

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46-05)、中央高校基本科研业务费专项(2011PY023)、华中农业大学科研启动项目(52902-0900206038)和海大集团团头鲂育种专项

曾 聪, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类遗传育种, E-mail: congzeng@live.cn

通信作者: 王卫民, 博士, 教授, 研究方向: 鱼类遗传育种, E-mail: wangwm@mail.hzau.edu.cn

培育,每池放养 400 尾。每天 08:00 和 18:00 各饱食投喂 1 次。

表 1 亲本信息统计

Table 1 Summary of parents for the experiments

性别 Sexes	梁子湖 Liangzi population	鄱阳湖 Poyang population	淤泥湖 Yuni population	总计 Total
雌 Female	14	15	18	47
雄 Male	12	17	13	42
总计 Total	26	32	31	89

## 1.2 数据收集和整理

在团头鲂达到 6 月龄时,从每个水泥池中随机抽取 50 尾无畸形的子代测量体长(精确到 0.1 cm)和体质量(精确到 0.01 g),并进行编号。测量的数据以及编号等谱系信息在 Microsoft Excel 中进行整理,对极值和异常值进行检查。

## 1.3 数据分析

数据分析前对所有数据按家系分别进行正态性检验(Kolmogorov-Smirnov)。体长和体质量的方差分析及协方差计算通过 SPSS 18.0 软件的一般线性模型(general line model, GLM)分析获得。

1) 遗传力估算。遗传力估算采用动物混合家系遗传力估计方法<sup>[12]</sup>,数学模型为:

$$x_{ijk} = \mu + s_i + d_{ij} + e_{ijk}$$

其中,  $x_{ijk}$  为第  $i$  个父本所配的第  $j$  个母本的第  $k$  个子代的表型值,  $\mu$  为所有家系子代的该性状的平均值,  $s_i$  为父本效应,  $d_{ij}$  为母本效应,  $e_{ijk}$  为相应的随机误差效应。为避免早期受到母本效应的影响,通过假定父本方差和母本方差相等,且为父母本合并的方差组分的一半,通过采用单因素方差分析方法估计出父母本合并方差组分,从而估计出遗传力。遗传力估计值的近似标准误,采用大样本理论方

法<sup>[13]</sup>进行估算。

2) 相关性预测。表型相关、遗传相关和环境相关可通过表型值以及遗传力的计算数值而获得<sup>[14]</sup>。

3) 育种值估计。利用遗传力数值,结合子代表型值以及谱系信息,然后通过 Pedigree Viewer 软件的 BLUP analysis 计算得到每个子代的育种值,并对所有测量子代按育种值进行排名。

4) 综合育种值估计。在选择育种中,为了缩短育种周期,通常对多个性状进行同时选育,但由于不同的性状经济价值也不同,所以应给予各性状育种值适当的加权得到综合育种值<sup>[15]</sup>,以作为选育时的参考。由于团头鲂的体型与销量紧密相关,因而体型在选育过程中也是不容忽视的,兼顾到体质量(产量)和体型,得到的综合育种值的计算公式为:

$$A_i = aV_{1i} - b \sqrt{\frac{3(W+V_{1i}) - (L+V_{2i})}{0.00002}}$$

$a$  为体质量的经济加权值,取 0.7;

$b$  为体型的经济加权值,取 0.3;

$W$  和  $L$  分别表示体质量和体长的表型平均值;

$V_{1i}$  和  $V_{2i}$  分别表示个体  $i$  的体质量和体长的育种值。

## 2 结果与分析

### 2.1 团头鲂生长性状的表型参数

团头鲂 6 月龄的表型参数的结果如表 2 所示,每个家系团头鲂的体长和体质量经检验均符合正态分布。通过比较不同家系间的生长性状差异,发现体长和体质量在不同家系间存在极显著差异( $P < 0.01$ ),且在所有家系中体质量变异系数均远大于体长和肥满度的变异系数,这意味着体质量存在更大的遗传差异。

表 2 团头鲂 6 月龄生长性状的各性状统计 ( $n=1650$ )

Table 2 Description of growth traits on 6-month old *M. amblycephala*

项目 Items	平均值 Mean	最大值 Maximum	最小值 Minimum	标准差 Standard deviation	变异系数/% Variation coefficient
体长/cm Body length	61.07	125.00	22.00	12.30	20.14
体质量/g Body weight	4.42	37.30	0.60	3.56	80.59
肥满度 Condition factor	1.69	2.77	0.85	0.19	11.09

### 2.2 各性状方差组分和遗传力

通过计算获得各性状的方差组分(表 3)和各性状遗传力(表 4),可以看出体长、体质量和肥满度的

遗传方差远远大于环境方差,表型方差组成中主要是遗传方差。通过模型计算得到体质量和肥满度的遗传力分别为 0.49 和 0.48 ( $P < 0.01$ ),属于中等遗

传力,而体长遗传力则为 0.72( $P < 0.01$ ),属于高等遗传力( $h^2 < 0.2$ ,为低遗传力; $0.2 \leq h^2 \leq 0.5$ ,为中等遗传力; $h^2 > 0.5$ ,为高遗传力),表明体长、体质量和肥满度都以加性效应为主,在选育过程中可以累

加,这也说明这些性状在低世代选择时较易取得育种效果。通过与其他物种遗传力的比较(表 4),可以看出团头鲂在 6 月龄时的体长、体质量和肥满度均比较高。

表 3 体长和体质量的表型方差组分解

Table 3 Variance components for body length and body weight

性状 Traits	表型方差 Phenotypic variance	遗传方差 Genetic variance	环境方差 Environmental variance	遗传方差比例/% Variance ratio of genetic and phenotypic
体长 Body length	3 396.59	3 295.66	100.94	97.03
体质量 Body weight	198.78	188.94	9.84	95.05
肥满度 Condition factor	0.55	0.52	0.03	94.55

表 4 常见鱼类以及 6 月龄团头鲂的体长和体质量的遗传力( $h^2$ )<sup>1)</sup>

Table 4 Estimated heritabilities ( $h^2$ ) for growth traits of *M. amblycephala* at six months and other fishes

物种 Species	体质量 Body weight	体长 Body length	肥满度 Condition factor	参考文献 Reference
虹鳟 Rainbow trout	0.20~0.57	0.13~0.18	0.19~0.52	[1]
大西洋鲑 Atlantic salmon	0.32~0.35		0.30~0.31	[2]
罗非鱼 Tilapia	0.04~0.39			[3]
红点鲑 Arctic char	0.38~0.52		0.24	[14]
牙鲆 Flounder	0.24~0.30	0.20~0.31		[4]
哲罗鲑 Hucho taimen	0.39~0.68	0.19~0.78		[6]
斑点叉尾鲷 Channel catfish	0.41	0.32		[16]
泥鳅 Loach	0.39~0.58	0.57~0.62		[17]
大口黑鲈 Large mouth bass	0.28~0.29	0.26~0.31		[18]
大菱鲆 Turbot	0.45~0.70	0.25		[19]
大黄鱼 Large yellow croaker	0.29	0.31		[20]
团头鲂 Bluntnout bream	0.49±0.14**	0.72±0.21**	0.48±0.14**	本研究 Present study

1) \*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )。 \*\* means significant difference.

### 2.3 性状之间的遗传、环境与表型相关

由体长与体质量的相关分析的结果(图 1)可以看出,体长与体质量两生长性状间无论是遗传相关、环境相关还是表型相关均呈正相关性( $P < 0.01$ )。在遗传相关、表型相关和环境相关之间遗传相关(0.98)大于环境相关(0.62),说明两性状之间的表型相关主要受遗传影响。

### 2.4 体长、体质量和综合育种值分析

通过单性状动物模型估计团头鲂的体质量和体

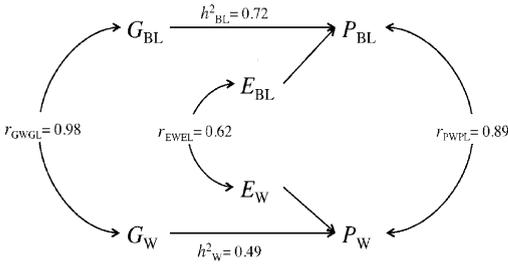
长的育种值以及综合育种值(表 5)发现,3 个育种值排名前 20 尾个体中有 13 个相同个体(相同率 65.00%)。

从亲本来源看,梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖团头鲂的比例,体长分别为 17.50%、62.50%、20.00%;体质量分别为 15.00%、62.50%、22.50%;综合育种值分别为 10.00%、67.50%、22.50%。从 3 个育种值的排名前 20 的子代的亲本看,无论是父本还是母本,都是来自鄱阳湖的亲本占绝对优势。

表 5 团头鲂 6 月龄体长、体质量和综合育种值的排序<sup>1)</sup>  
 Table 5 Ranks of body length, body weight and comprehensive breeding values of *M. amblycephala* at six months of age

排名 Rank	体长 Body length				体质量 Body weight				综合育种值 Comprehensive-EBV			
	编号 ID	父本 Sire	母本 Dam	育种值 EBV	编号 ID	父本 Sire	母本 Dam	育种值 EBV	编号 ID	父本 Sire	母本 Dam	育种值 EBV
	1	10917	P	P	38.454	11019	P	Y	11.343	11019	P	Y
2	11351	P	P	37.081	10917	P	P	10.524	11802	Y	Y	9.029
3	11019	P	Y	36.237	11351	P	P	10.376	10168	L	P	8.666
4	11371	P	P	35.956	11009	P	Y	9.915	11009	P	Y	8.218
5	11009	P	Y	34.549	11371	P	P	9.694	11351	P	P	8.065
6	10520	L	L	33.736	11802	Y	Y	9.600	10520	L	L	7.992
7	11387	P	P	33.706	10168	L	P	9.574	10917	P	P	7.848
8	10168	L	P	31.54	10520	L	L	9.562	11820	Y	Y	7.733
9	10773	L	Y	31.496	11820	Y	Y	8.269	11371	P	P	7.502
10	10521	L	L	31.486	11387	P	P	8.266	11381	P	P	7.270
11	11802	Y	Y	30.448	10773	L	Y	8.161	11821	Y	Y	6.881
12	11369	P	P	30.331	11381	P	P	7.909	10773	L	Y	6.763
13	11354	P	P	29.206	10521	L	L	7.777	11354	P	P	6.739
14	11373	P	P	29.206	11354	P	P	7.650	11378	P	P	6.574
15	11820	Y	Y	28.760	11369	P	P	7.585	11374	P	P	6.509
16	11353	P	P	28.643	11373	P	P	7.325	11400	P	P	6.467
17	11355	P	P	28.643	11821	Y	Y	7.296	11375	P	P	6.398
18	11381	P	P	28.643	11353	P	P	7.098	11397	P	P	6.389
19	11616	Y	P	28.287	11400	P	P	7.098	11379	P	P	6.367
20	10207	L	P	28.132	11355	P	P	7.066	11369	P	P	6.311
平均值 Mean				31.727				8.604				7.365

1) L、P 和 Y 分别表示亲本来自于梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖群体。L、P 和 Y means the parents from Liangzi Lake, Poyang Lake and Yuni Lake.



$G_{BL}$ 、 $E_{BL}$ 、 $P_{BL}$ 、 $G_W$ 、 $E_W$ 、 $P_W$ 、 $r_{GWGL}$ 、 $r_{EWEL}$ 、 $r_{PWPL}$ 、 $h^2_{BL}$  和  $h^2_W$  分别表示体长的遗传值、体长的环境值、体长的表型值、体质量的遗传值、体质量的环境值、体质量的表型值、体质量和体长的遗传相关、体长的环境相关、体长的表型相关、体长遗传力和体质量遗传力。 $G_{BL}$  和  $E_{BL}$  meant the genetic and envirmetal composition of body length;  $G_W$  and  $E_W$  meant the genetic and envirmetal composition of body weight;  $P_{BL}$  and  $P_W$  were phenotypic value of body length and body weight;  $r_{GWGL}$ 、 $r_{EWEL}$  and  $r_{PWPL}$  were genetic, envirmetal and phenotypic correlation coefficients between body length and body weight;  $h^2_{BL}$  and  $h^2_W$  were heritabilities of body length and body weight.

图 1 体长与体质量的性状遗传相关、环境相关和表型相关

Fig. 1 Genetic correlation, environmental correlation and phenotypic correlation between body weight and body length

### 3 讨 论

目前,遗传力的估算方法主要是通过回归分析或者方差分析得到,本研究所采用估计方法为混合家系的方差分析,是从混合家系亲缘相关系数的近似计算方法<sup>[12]</sup>演化而来。理论上,采用全同胞、父系半同胞和母系半同胞家系 3 种方法估计得到遗传力的结果应当一致,但是,在实际情况中由于一些非稳定遗传因素(例如父母体效应)和非遗传因素(例如环境因素)的干扰而导致估算得到的遗传力差异很大。在对其中的 6 个半同胞家系进行方差分析后发现,团头鲂的早期生长性状的母本方差组分也远远大于父本方差组分,说明此阶段母体效应对子代的生长性状影响很大,因此采用合并方差估计能较好减少显性效应和母体效应的影响<sup>[21]</sup>。通过与其他鱼类比较发现本研究得到的体质量和肥满度的遗传力也与大多数已报道的鱼类的体长(0.13~0.78)和体质量(0.04~0.70)的遗传力水平相似(表 4),这说明鱼类的体长和体质量在选育过程中均具有较大的积累效果,无论是哪种选择选育方法都可以在选育早期世代获得较快的遗传进展。但是,在之前

对该阶段团头鲂的配合力进行研究的结果表明,体长和体质量的方差组分中非加性方差大于加性方差<sup>[22]</sup>,这有可能意味着本研究估计的遗传力比实际值稍微偏大。这可能是由于非加性方差未能完全排除(父母体效应等)以及试验环境不可能保证所有家系处于完全一致的环境而导致持续环境方差组分不能从遗传方差组分中剖分出来。

由于基因间的连锁和一因多效等因素使得选育过程中,对某一性状选择时会给与之相关的性状带来正向或者负向选择效应。在实际选育过程中,可以利用这一相关对有些不方便或者不能直接获取记录的性状进行间接选育,即通过对与其具有较高相关性的性状进行选择而达到选育的目的。当然,性状间的相关不仅受遗传控制,同时也受到环境影响。理论上,性状间的遗传相关越大,间接选育就越有效,但这一相关在不同环境和不同发育阶段都可能发生变化<sup>[23]</sup>。本研究中,6 月龄团头鲂的体长和体质量之间具有极高的遗传正相关,这与已报道的虹鳟<sup>[1]</sup>、斑点叉尾鲂<sup>[16]</sup>、大口黑鲈<sup>[18]</sup>和大菱鲆<sup>[19]</sup>等鱼类类似,同时这一结果也在此前通过形态性状对体质量的通径分析的结果中得到了印证<sup>[24]</sup>。Gall 等<sup>[25]</sup>认为体质量与体长的遗传相关随着年龄的增长将逐渐降低,因此在间接选育时,在幼鱼阶段进行选育会带来很好的选育效果,考虑到团头鲂的体质量变异系数大于体长变异系数(即具有较大的选育潜力),所以可优先考虑体质量作为选育的目标性状。

在对子代选育过程中,为了能够提高遗传进展速度,尤其是对于低等遗传力的性状,需要充分考虑各种来源的信息。由于 BLUP 法全面考虑了亲本以及子代的信息,因而广泛运用在畜禽选择育种中,但鱼类中,通过 BLUP 方法进行遗传参数估计的报道不多。Kause 等<sup>[2]</sup>、王炳谦等<sup>[14]</sup>、Gall 等<sup>[25]</sup>、Neira 等<sup>[26]</sup>、罗坤等<sup>[27]</sup>和张天时等<sup>[28]</sup>以利用 BLUP 方法对大西洋鲑、虹鳟、罗非鱼、银大麻哈鱼、罗氏沼虾和中国对虾选育均获得很好的效果。本研究对体长和体质量的育种值分别进行估计,通过对 3 个育种值的排名比较发现,用综合育种值对团头鲂的评定名次排序与用单性状育种值排序的差别不大,这也说明了可对体长和体质量同时进行选育。但在排名时,由于用综合育种值同时考虑了体质量(产量)和

体型(销量),可校正由于单个性状进行选择而产生的偏差,应当予以优先考虑。从结果来看,排名靠前的团头鲂多数为鄱阳湖的,说明鄱阳湖的亲本所产的子代具有更好的生长和体型性状。之前研究发现鄱阳湖的亲本具有较高的特殊配合力<sup>[22]</sup>,这也意味着鄱阳湖群体所繁育的子代具有很强的父母体效应,这可能是造成鄱阳湖亲本的子代具有较高的育种值的原因之一。目前,团头鲂选育还处在早期阶段,仅以生长和体型 2 个性状进行选育,希望通过选育早期的几个世代选育出生长速度快以及体型较好(近似正菱形)的品系。待获得具有生长优势和体型较好的品系后,再考虑肉质、性早熟、抗逆性和早期存活率等低遗传力的性状的选育来进一步完善综合性状选育。本研究分析了团头鲂幼体时期的遗传力和遗传相关,可为今后更有效地制定育种规划提供参考,但在今后的工作中还应继续分析团头鲂不同时期、不同环境条件下的遗传力和遗传相关。

### 参 考 文 献

- [1] ELVINGSON P, JOHANSSON K. Genetic and environmental components of variation in body traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to age[J]. *Aquaculture*, 1993, 118: 191-204.
- [2] KAUSE A, RITOLA O. Improved salmonid quality through selective breeding[J]. *Global Aquaculture Advocate*, 2003, 6: 2-24.
- [3] MAHMOUDA R, RAULW P, HOOILING K, et al. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: response to selection and genetic parameters[J]. *Aquaculture*, 2009, 293: 187-194.
- [4] WANG X, MA A, HUANG Z, et al. Heritability and genetic correlation of survival in turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2010, 28(6): 1200-1205.
- [5] BONGERS A, BOVENHUIS H, VAN STOKKOM A, et al. Distribution of genetic variance in gynogenetic or androgenetic families [J]. *Aquaculture*, 1997, 153: 225-238.
- [6] 王俊, 匡友谊, 佟广香, 等. 不同温度下哲罗鲂幼鱼生长性状的遗传参数估计[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(1): 75-82.
- [7] 王卫民. 团头鲂[J]. *科学养鱼*, 2009(4): 44-45.
- [8] 张新辉, 夏新民, 罗伟, 等. 团头鲂雌核发育后代的微卫星标记分析[J]. *华中农业大学学报*, 2012, 31(6): 737-743.
- [9] 韦新兰, 张杰, 陈丽萍, 等. 团头鲂 SPATA4 基因的分子克隆及表达分析[J]. *华中农业大学学报*, 2013, 32(3): 99-104.
- [10] 曾聪, 阎里清, 高泽霞, 等. 梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖团头鲂的形态学比较[J]. *华中农业大学学报*, 2012, 31(1): 88-94.
- [11] 冉玮, 张桂蓉, 王卫民, 等. 利用 SRAP 标记分析 3 个团头鲂群体的遗传多样性[J]. *华中农业大学学报*, 2010, 29(5): 601-606.
- [12] 陈瑶生. 混合家系遗传参数估计方法研究[J]. *遗传学报*, 1991, 18(3): 219-222.
- [13] 曾聪. 团头鲂生长相关性状的形态和遗传分析[D]. 武汉: 华中农业大学图书馆, 2012.
- [14] GJEDREM T. Selection and breeding programs in aquaculture [M]. Netherlands: Springer, 2005.
- [15] 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.
- [16] 栾生, 边文冀, 邓伟, 等. 斑点叉尾鮰基础群体生长和存活性状遗传参数估计[J]. *水产学报*, 2012, 36(9): 1313-1321.
- [17] 于连洋. 泥鳅家系的建立及主要生长性状的遗传分析[D]. 苏州: 苏州大学图书馆, 2009.
- [18] 李镛, 白俊杰, 李胜杰, 等. 大口黑鲈生长性状的遗传参数和育种值估计[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(4): 766-773.
- [19] 马爱军, 王新安, 杨志, 等. 大菱鲂幼鱼生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. *海洋与湖沼*, 2008, 39(5): 499-504.
- [20] 王晓清, 王志勇, 何湘蓉. 大黄鱼 40 日龄体长和体重遗传力估计[J]. *集美大学学报*, 2010, 15(1): 7-10.
- [21] 王庆志, 李琪, 刘士凯, 等. 长牡蛎幼体生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(5): 736-743.
- [22] 曾聪, 张耀, 曹小娟, 等. 团头鲂 3 个地理种群杂交效果的配合力和微卫星标记预测[J]. *水产学报*, 2012, 36(6): 809-814.
- [23] FALCONER D, MACKAY T. Introduction to quantitative genetics [M]. 4th ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 1996.
- [24] 曾聪, 曹小娟, 罗伟, 等. 团头鲂形态性状对体重的影响效果分析[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(32): 66-71.
- [25] GALL G, 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.
- [26] NEIRA R, DÍAZ N, GALL G, et al. Genetic improvement in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). II: selection response for early spawning date[J]. *Aquaculture*, 2006, 257(124): 1-8.
- [27] 罗坤, 孔杰, 栾生, 等. 应用动物模型对罗氏沼虾育种值估计的差别分析[J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(3): 85-91.
- [28] 张天时, 栾生, 孔杰, 等. 中国对虾体体育种值估计的动物模型分析[J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(3): 7-13.

## Estimations of heritabilities and breeding values for growth traits in *Megalobrama amblycephala*

ZENG Cong<sup>1</sup> CAO Xiao-juan<sup>1</sup> GAO Ze-xia<sup>1</sup> LUO Wei<sup>1</sup> QIAN Xue-qiao<sup>2</sup> WANG Wei-min<sup>1</sup>

1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University/Key Laboratory of Agricultural Animal Genetics, Breeding and Reproduction of Ministry of Education/Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding, Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China;

2. Animal Husbandry and Fisheries Research Center of Haida Group Co., Ltd, Guangzhou 511400, China

**Abstract** The heritabilities and breeding values of growth traits (including body weight, body length and condition factor) for *Megalobrama amblycephala* were estimated using mixed family model in this study. The variance analysis of growth traits revealed that variance caused by parents was much greater than that caused by environment at six-month stage. The heritability of body length, body weight and condition factor were  $0.72 \pm 0.21$  (high heritability),  $0.49 \pm 0.14$  (moderate heritability) and  $0.48 \pm 0.14$  (moderate heritability) ( $P < 0.01$ ), meaning that most of the variance for all the three traits was genetic. The phenotypic and genetic correlation coefficient between body weight and body length were 0.89 and 0.98 ( $P < 0.01$ ), which indicated the correlation between body and body length was caused by genetic. The rank of estimated breeding values varied but not too much among body length, body weight and comprehensive, and most of the top 20 individuals were Poyang population's offspring.

**Key words** *Megalobrama amblycephala*; growth traits; heritabilities; breeding value; multiple-trait selection

(责任编辑:边书京)