

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.14270

俄罗斯鲟早期生长性状遗传参数的估计

罗坤¹, 夏永涛², 王斌², 孔杰¹, 张大海², 苏兴雪², 许式见², 隋娟¹, 栾生¹

1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2. 杭州千岛湖鲟龙科技股份有限公司, 浙江 杭州 311701

摘要: 采用人工授精技术和家系标准化培育技术构建了 30 个俄罗斯鲟(*Acipenser gueldenstaedtii*)父系全同胞家系(包含 6 个母系半同胞组), 培育至 150 日龄和 410 日龄时, 分别从每个家系中随机测量 50 尾个体的体长和体重。利用 ASReml 软件进行方差组分的估计, 应用多性状动物模型进行俄罗斯鲟生长性状遗传参数的估计。结果表明, 150 日龄俄罗斯鲟体长和体重的遗传力分别为 0.16 ± 0.055 、 0.18 ± 0.058 , 410 日龄俄罗斯鲟体长和体重的遗传力分别为 0.18 ± 0.070 、 0.094 ± 0.049 , 不同日龄生长性状的遗传力均为低遗传力, 表明俄罗斯鲟更适合大规模家系的育种方法; 150 日龄和 410 日龄俄罗斯鲟体长和体重 2 个生长性状的表型相关和遗传相关均为高度正相关, 其中表型相关系数分别为 0.91、0.85, 遗传相关系数分别为 0.62、0.57, 说明对体重或体长进行选育, 均能实现改良生长性状的目标; 不同日龄俄罗斯鲟家系平均体重的平均变异系数高于平均体长, 前者为 29.09%、29.46%, 后者为 10.16%、8.43%, 表明俄罗斯鲟体重性状更具选育潜力。本研究估测了俄罗斯鲟不同时期生长性状的遗传参数, 旨在为下一步合理制定该物种育种方案提供参考依据。

关键词: 俄罗斯鲟; 生长性状; 遗传力; 遗传相关

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)03-0426-07

我国鲟养殖产业发展异常迅速, 养殖规模不断扩大, 已成为我国淡水养殖业结构调整的重要鱼类种类。俄罗斯鲟(*Acipenser gueldenstaedtii*)自然资源主要分布在里海、亚速海、黑海以及与此些水域相通的河流, 其适应性和抗病力强, 生长速度较快, 肉厚质实, 味道鲜美, 营养价值高, 也是生产鱼子酱的主要品种^[1]。近年来, 随着鲟繁养技术的提高, 俄罗斯鲟在中国已实现了全人工繁殖, 有关鲟的人工养殖^[2]、生物学特性^[3-5]以及遗传学分析^[6-7]等研究也相继报道, 俄罗斯鲟已成为内陆水域中优良的养殖品种之一。但由于俄罗斯鲟为引进种, 经过多年的引种, 其遗传背景较为复杂, 在人工繁殖过程中, 近亲交配不可避免, 产生了种质退化、遗传多样性降低、抗病抗逆性

能降低等现象, 为鲟养殖业的可持续发展埋下了隐患。因此, 通过对俄罗斯鲟进行遗传改良, 培育出具有生长速度快、抗逆性强和成活率高的优良品种, 已成为俄罗斯鲟养殖产业健康可持续发展的需求。

作为选择育种的一项基本工作, 遗传参数的估计对于育种方案的制定和育种工作的开展具有指导作用。遗传力是反映性状遗传能力大小的重要遗传参数, 是制定选择指数、预测选择反应、比较选择方法及育种规划等工作的基础^[8]。目前, 遗传参数的估计在大西洋鲑(*Oncorhynchus kisutch*)^[9]、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[10]、大菱鲈(*Scophthalmus maximus*)^[11]、鲤(*Oreochromis niloticus*)^[12]等一些重要经济鱼类的选择育种上进

收稿日期: 2014-06-22; 修订日期: 2014-09-02.

基金项目: 国家重大科技成果转化项目(ZD-2012-345-4).

作者简介: 罗坤(1980-), 副研究员, 从事水产动物遗传育种研究. E-mail: luokun@ysfri.ac.cn

通信作者: 孔杰, 博士, 研究员. E-mail: kongjie@ysfri.ac.cn

行了应用, 并取得了一定的进展。

在我国, 俄罗斯鲟人工养殖的时间并不长, 其遗传改良研究也刚刚起步, 迄今还没有生长性状遗传参数估计方面的报道。本研究通过建立俄罗斯鲟全同胞和半同胞家系, 利用多性状动物模型, 对俄罗斯鲟 150 日龄和 410 日龄两个早期生长阶段的生长性状遗传力和遗传相关进行估计, 分析俄罗斯鲟早期生长阶段遗传参数的变化情况, 从数量遗传的角度研究分析俄罗斯鲟遗传选育的潜力, 为俄罗斯鲟进一步的遗传选育工作提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验在杭州千岛湖鲟龙科技股份有限公司进行, 材料采用公司收集的两个批次俄罗斯鲟群体: 99 群体和 05 群体, 两个群体分别为不同年份从俄罗斯引进种鱼繁殖的子代群体。

1.2 实验方法

1.2.1 人工授精 挑选性腺发育至 IV 期的雌雄亲鱼进行产前培育。产前培育结束后, 通过注射促性腺激素促使精卵进一步发育成熟, 并收集雄鱼精液至 4℃ 冰箱内避光保存; 观察雌鱼产卵情况, 并将成熟鱼卵挤出。将精卵按一定比例进行混合, 受精卵经脱黏后放入瓶式孵化器内进行孵化。

以 99 群体为母本, 05 群体为父本, 通过群体间杂交, 采用人工授精技术, 在同一天内进行了 30 组人工授精操作, 建立 30 个俄罗斯鲟父系全同胞家系(包含 6 个母系半同胞组)。

1.2.2 家系苗种标准化培育 俄罗斯鲟家系苗种培育按照标准化规程进行, 主要包括每个培育阶段的密度标准化、投饵标准化和环境条件标准化, 以尽量降低因这些条件不同而对家系苗种生长产生的影响。

具体标准化操作如下: 每个家系取 2 L 受精卵放入瓶式孵化器内进行孵化, 孵化水温保持在 15~16℃; 鱼苗孵出后, 每个家系选取 5 000 尾放入底面积为 3 m² 的圆形缸内进行培育; 苗种生长

至 4 cm 时, 每个家系随机选取 2 000 尾移至底面积为 3 m² 的圆形缸内进行培育; 当苗种生长至 8 cm 时, 每个家系随机挑选 1 000 尾置于底面积为 12 m² 的水泥池内进行养殖; 幼鱼生长至 25 cm 时, 每个家系随机挑选 500 尾, 放养于 2.8 m×2.8 m×2.5 m 的网箱内进行养成。每个养殖阶段, 保持每个家系的培育条件一致, 主要包括每个养殖阶段的水温、饵料种类、投饵量和流水等条件。

1.2.3 性状测量 每个家系随机选取 50 尾, 分别对 150 日龄、410 日龄的鲟个体进行体长和体重的测量, 并统计该日龄下每个家系的存活尾数。

1.2.4 统计模型和遗传参数估计 采用两性状个体动物模型估计 150 日龄和 410 日龄体长和体重的遗传参数。尝试将家系单独养殖和非加性遗传产生的共同环境效应纳入两性状个体动物模型, 但迭代计算不收敛, 因此未将共同环境效应纳入模型中。在进行 410 日龄体长和体重的遗传参数估计时, 尝试将 150 日龄家系平均体长和平均体重均值分别作为协变量进行矫正, 但 Wald F statistics 检验表明, 这两个协变量的影响并不显著, 因此也未包含在模型中。育种分析模型为:

$$\begin{cases} y_{1i} = u_1 + a_{1i} + e_{1i} \\ y_{2i} = u_2 + a_{2i} + e_{2i} \end{cases}$$

式中, y_{1i} 和 y_{2i} 分别表示第 i 尾鱼的收获体长和体重, u_1 和 u_2 分别表示收获体长和体重的总体均值, a_{1i} 和 a_{2i} 分别表示第 i 尾鱼体长和体重的加性遗传效应, e_{1i} 和 e_{2i} 分别表示第 i 尾鱼体长和体重的随机残差。

利用 ASReml 软件估计各性状的方差组分, 据此计算遗传参数。计算公式如下:

遗传力计算公式:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

遗传相关系数计算公式:

$$r_g = \frac{\text{cov}(a_1, a_2)}{\sigma_{a_1} \sigma_{a_2}}$$

式中, r_g 为遗传相关系数, $\text{cov}(a_1, a_2)$ 为体长和体重的遗传协方差, σ_{a_1} 和 σ_{a_2} 分别为体长和体重的加性遗传标准差。

2 结果与分析

2.1 俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄生长性状的表型参数

30 个俄罗斯鲟全同胞家系 150 日龄、410 日龄生长性状的表型参数见表 1。由表 1 可见, 在 150 日龄时, 各家系具有不同的体长、体重分布, 家系平均体长最大值为 21.63 cm, 最小值为 19.57 cm, 最大值比最小值高出 10.53%, 家系体长的平均变异系数为 10.16%; 家系平均体重的平均变异系数高于平均体长, 为 29.09%, 家系平均体重最大值比最小值高出 57.71%。410 日龄时, 家系平均体长和平均体重的平均变异系数与 150 日龄时差别不大, 分别为 8.43%、29.46%, 家系平均体重最大值为 458 g, 最小值为 301.67 g, 最大值比最小值高出 51.82%。

俄罗斯鲟各家系不同日龄生长性状的变异系

数分布情况见图 1 和图 2。由图 1 可见, 俄罗斯鲟家系 150 日龄体重性状的变异系数范围为 19.05%~45.78%, 体长性状的变异系数范围为 7.06%~15.47%; 与图 1 相比较, 图 2 中俄罗斯鲟家系 410 日龄体重、体长性状的变异系数范围分别为 19.57%~49.33%、6.12%~11.32%, 生长性状变异系数出现一定程度的波动, 但总体范围与 150 日龄基本一致。从图 1 和图 2 可以看出, 对于每个家系而言, 体重变异系数亦均高于体长变异系数; 对于体重性状而言, 150 日龄有 9 个家系的体重变异系数高于总体变异系数, 410 日龄时有 16 个家系的体重变异系数高于总体变异系数; 每个家系内生长性状呈现出不同的离散程度, 表明在家系内进行个体选择可以起到较好的选择效果。

2.2 俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄生长性状的遗传力

俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄生长性状遗传力见表 2。俄罗斯鲟 150 日龄体长、体重的遗传

表 1 俄罗斯鲟全同胞家系 150 日龄、410 日龄生长性状的表型参数
Tab. 1 The phenotypic data of body length and body weight in 150-day-old and 410-day-old of 30 full-sib families of *Acipenser gueldenstaedtii*

性状 trait	150 日龄 150 days old					410 日龄 410 days old				
	个体数 number	均值 $\bar{x} \pm SD$	最小值 minimum	最大值 maximum	变异系数/% CV	个体数 number	均值 $\bar{x} \pm SD$	最小值 minimum	最大值 maximum	变异系数/% CV
体长/cm body length	1500	20.47±2.17	19.57	21.63	10.16	1500	47.37±4.15	44.43	49.83	8.43
体重/g body weight	1500	31.1±9.79	25.04	39.49	29.09	1500	396.29±118.88	301.67	458	29.46

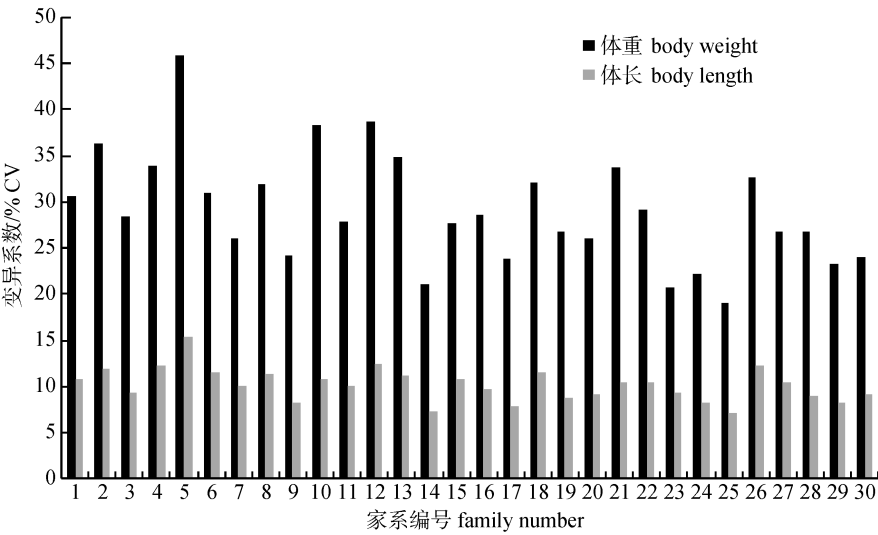


图 1 俄罗斯鲟家系 150 日龄生长性状变异系数
Fig. 1 Coefficient of variation (CV) of 150-day-old *Acipenser gueldenstaedtii* families' growth traits

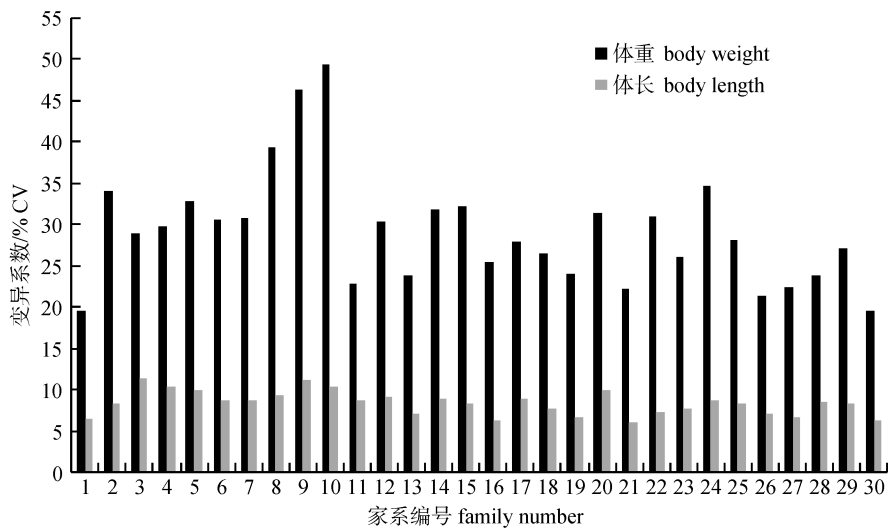


图 2 俄罗斯鲟家系 410 日龄生长性状变异系数

Fig. 2 Coefficient of variation (CV) of 410-day-old *Acipenser gueldenstaedtii* families' growth traits

表 2 俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄生长性状遗传力

Tab. 2 Growth trait heritability of *Acipenser gueldenstaedtii* at different growth stages

性状 trait	150 日龄 150 days old				410 日龄 410 days old			
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm SE$	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm SE$
体长 body length	0.80	4.09	4.89	0.16±0.055	3.15	14.70	17.85	0.18±0.070
体重 body weight	17.08	79.83	96.91	0.18±0.058	1348.39	12965.61	14314.00	0.094±0.049

力估计值分别为 0.16±0.055、0.18±0.058。结果表明, 150 日龄体长和体重性状遗传力为低遗传力。410 日龄时, 俄罗斯鲟体长、体重的遗传力估计值分别为 0.18±0.070、0.094±0.049, 也同样属于低遗传力。

2.3 俄罗斯鲟生长性状的表型相关及遗传相关情况

俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄体长和体重的表型相关和遗传相关情况见表 3。由表 3 可见, 俄

罗斯鲟 150 日龄和 410 日龄生长性状的表型相关及遗传相关均为高度正相关, 表型相关系数为分别为 0.91、0.85, 遗传相关系数分别为 0.62、0.57。结果表明, 对体长、体重中任一个性状进行选育时, 另一性状也可同时达到一定程度的改良。

3 讨论

3.1 俄罗斯鲟生长性状表型参数

在俄罗斯鲟早期生长阶段的体长和体重两个性状中, 变异系数范围分别为 8.43%~10.16%、29.09%~29.46%; 可以看出, 体重的变异系数最大, 说明体重性状具有较大的遗传改良潜力。在俄罗斯鲟 150 日龄、410 日龄两个生长阶段, 家系平均体重变异系数的最大值分别达到 45.78%、49.33%, 家系平均体重最大值比最小值分别高出 57.71%、51.82%。这个结果表明, 如果以俄罗斯鲟体重为选择目标, 将会大幅提高获得较大遗传改良进展的机率, 通过对家系内个体进行选择也会获得更好的选育效果。

表 3 俄罗斯鲟不同日龄体重和体长性状的表型相关和遗传相关情况

Tab. 3 Genetic and phenotypic correlations of growth traits of *Acipenser gueldenstaedtii* at different ages

性状 trait	150 日龄 150 days old		410 日龄 410 days old	
	体重 BW	体长 BL	体重 BW	体长 BL
体重 body weight		0.91±0.01		0.85±0.01
体长 body length	0.62±0.14		0.57±0.21	

注: 对角线以上为表型相关, 对角线以下为遗传相关。
Note: Phenotypic correlation above the diagonal, genetic correlation under the diagonal.

3.2 俄罗斯鲟早期生长性状的遗传力估计

选择育种技术是一种传统而有效的遗传育种方法,利用选择育种技术改良水产动物生长性状已经在鱼类的遗传改良研究中得到了广泛应用。遗传力是选择育种中反映数量性状遗传特征的重要遗传参数,反映的是亲代将某一性状的变异遗传给子代的能力^[8]。目前,鱼类生长性状的遗传力已有不少报道,李镕等^[13]对大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)4月龄和6月龄的体长、体重遗传力进行了估计,分别为0.31、0.26和0.29、0.28;王俊等^[14]研究了不同温度下哲罗鲑(*Hucho taimen*)体长和体重的遗传力,低温条件下体长遗传力为0.29~0.77、体重遗传力为0.41~0.67;Gjerde等^[15]估计了虹鳟生长性状的遗传力,体重为0.21、体长为0.18;Khaw等^[16]研究了尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)生长性状的遗传力,为0.15~0.41。以上研究中,大多数鱼类生长性状的遗传力为中等遗传力。根据遗传力的高低,可以选择不同选育方法开展有效育种工作,对于高遗传力($h^2 > 0.5$)性状更适合采用个体选择方法进行选育,低遗传力($h^2 < 0.2$)性状则可以采用家系选择或家系内选择来进行选育^[17]。在本研究中,通过多性状动物模型对150日龄、410日龄俄罗斯鲟进行了体长、体重遗传力的估计,体长遗传力为0.16、0.18,体重遗传力为0.18、0.094,两个早期生长性状的遗传力均属于低遗传力,说明俄罗斯鲟的选育更适宜采用家系选择方法,在下一步的选育工作中,可以通过构建大规模家系来有效提高生长性状的选育效果。

遗传力的估计值是育种值方差和表型方差之比,由于任何数量性状都与环境有关,且容易受到环境因素的影响,所以遗传力不仅是一个性状本身的特性,它与群体属性和环境条件有关^[18]。本次估计得到的俄罗斯鲟两个生长阶段的遗传力不相同,其中410日龄体长遗传力比150日龄的偏大,410日龄体重遗传力比150日龄的偏小。对于不同生长阶段生长性状遗传力的变化也有不少报道。例如,McKay等^[19]对1.5龄和4龄虹鳟体重的遗传力进行了估计,1.5龄体重遗传力为0.13,

4龄体重遗传力为0.38;韦信键等^[20]对大黄鱼(*Larimichthys crocea*)早期阶段1月龄和6月龄体重性状的遗传力进行了估计,随着月龄增加,体重遗传力由高遗传力降为中等遗传力,分别为0.79、0.40。很多鱼类在早期生长阶段受母性效应影响较大^[21],这也可能是造成本研究中俄罗斯鲟不同阶段遗传力变化的原因之一;另外,家系养殖环境、系谱信息、家系数量、取样量等也会造成遗传力估计值的偏差^[22-24]。

3.3 俄罗斯鲟生长性状的表型相关和遗传相关

在选择育种工作中,可以利用遗传相关来确定某一性状与育种目标性状的相对重要性,若该性状与育种目标性状具有高度遗传相关,则可利用它对育种目标性状进行相关选择。性状间的表型相关包含遗传相关和环境相关,其中遗传相关是仅由遗传原因引起的相关,即由基因型所产生的相关性。性状间遗传相关程度高,进行相关选择的效果就好,这种方法特别适用于育种目标性状难以准确测量或遗传力很低的情况,通过对与育种目标性状高度相关的性状的选择,可以有效地改进育种目标性状^[8]。在鱼类的选育研究中,王俊等^[14]认为,在不同温度下哲罗鲟幼鱼体长和体重性状均存在表型正相关和遗传正相关,表型相关系数范围为0.815~0.939,遗传相关系数范围为0.794~0.939;张庆文等^[11]研究了大菱鲆体长、存活率和白化率性状间的遗传相关,性状间均表现出负相关,且相关系数很小;刘贤德等^[25]报道了商品规格大黄鱼体重与其他生长性状存在高度遗传正相关。本研究中,150日龄和410日龄俄罗斯鲟体长和体重的表型相关和遗传相关均为高度正相关,表明在这两个不同日龄下通过对体重或体长进行选育,均能实现改良生长性状的目标。

本研究利用多性状动物模型估计了俄罗斯鲟不同日龄下早期生长阶段体长、体重性状的遗传力及遗传相关,其中生长性状的遗传力为低遗传力,可以通过构建大规模家系的方法来实现有效选育,且不同日龄下体长和体重的遗传相关均为高度正相关,这些结果可为俄罗斯鲟选择育种方案的合理制定提供理论依据和数据支持。

参考文献:

- [1] Sun D J, Ma G J, Wu W H. Status and developmental tendency of caviar industrialization in China[J]. China Fisheries, 2011, (7): 25–27.[孙大江, 马国军, 吴文化. 我国鲟鱼子酱产业化现状和发展趋势[J]. 中国水产, 2011, (7): 25–27.]
- [2] Luo Y B, Jian Z Y. Farming techniques of *Acipenser gueldenstaedtii* with flowing water[J]. Guizhou Animal Science and Veterinary Medicine, 2009, 33(4): 46–47.[罗玉兵, 简志银. 俄罗斯鲟人工流水养殖技术[J]. 贵州畜牧兽医, 2009, 33(4): 46–47.]
- [3] Wang J Q, Jiang Z Q, Hu H X. Research on biological characteristics of main cultured sturgeons[J]. Fisheries Science, 1998, 17(6): 34–38.[王吉桥, 姜志强, 胡红霞. 主要养殖鲟鱼的生物学特性[J]. 水产科学, 1998, 17(6): 34–38.]
- [4] Wang D X, Teng Y, Wang C L. Biological characteristics and culture techniques in marine water of *Acipenser gueldenstaedtii*[J]. Scientific Fish Farming, 2003, (10): 16.[王德星, 滕瑜, 王彩理. 俄罗斯鲟生物学特征及海养技术[J]. 科学养鱼, 2003, (10): 16.]
- [5] Zhao D Q, Chen J, Zhou X L, et al. Studies of growth and development of post larva of *Acipenser guldenstadti*[J]. Freshwater Fisheries, 2002, 32(1): 12–13.[赵道全, 陈杰, 周晓林, 等. 俄罗斯鲟稚幼鱼生长发育研究[J]. 淡水渔业, 2002, 32(1): 12–13.]
- [6] Yin H B, Sun Z W, Sun D J, et al. Cytogenetic analysis of *Acipenser gueldenstaedti* Brandt[J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(2): 181–184.[尹洪滨, 孙中武, 孙大江, 等. 俄罗斯鲟的细胞遗传学分析[J]. 水产学报, 2006, 30(2): 181–184.]
- [7] Liang L Q, Sun X W, Dong C Z, et al. PCR analysis on genetic diversity of five species of Acipenseridae and Huso[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(3): 273–276.[梁利群, 孙效文, 董崇智, 等. 5种鲟、鳇鱼基因组 DNA 遗传多样性分析[J]. 中国水产科学, 2002, 9(3): 273–276.]
- [8] Falconer D S, Mackay T F C. Introduction to quantitative genetics, 4th ed. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.[Falconer D S, Mackay T F C. 数量遗传学导论[M]. 储明星, 译. 第4版. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.]
- [9] Neira R, Diaz N F, Gall G A E, et al. Genetic improvement in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). I: Selection response and inbreeding depression on harvest weight [J]. Aquaculture, 2006, 257(1–4): 9–17.
- [10] 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(3–4): 137–150.
- [11] Zhang Q W, Kong J, Luan S, et al. Estimation of genetic parameters for three economic traits in 25d turbot fry[J]. Marine Fisheries Research, 2008, 29(3): 53–56.[张庆文, 孔杰, 栾生, 等. 大菱鲆25日龄3个经济性状的遗传参数评估[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 53–56.]
- [12] Nielsen H M, Ødegård J, Olesen I, et al. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains I: Genetic parameters and heterosis for growth traits and survival[J]. Aquaculture, 2010, 304(1–4): 14–21.
- [13] Li R, Bai J J, Li S J, et al. Estimation of parameters and breeding values for growth traits of largemouth bass[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(4): 766–773.[李睿, 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.]
- [14] Wang J, Kuang Y Y, Tong G X, et al. Genetic parameters of growth traits in *Hucho taimen* at different temperature[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 75–82.[王俊, 匡友谊, 佟广香, 等. 不同温度下哲罗鲑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.]
- [15] Gjerde B, Schaeffer L R. Body traits in rainbow trout: estimates of heritability and of phenotypic and genetic correlations[J]. Aquaculture, 1989, 80(1): 25–44.
- [16] Khaw H L, Bovenhuis H, Ponzoni R W, et al. Genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selection line reared in two input environments[J]. Aquaculture, 2009, 294(1–2): 37–42.
- [17] Benzie J A H, Kenway M, Trott L, et al. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib matings[J]. Aquaculture, 1997, 152(1–4): 49–53.
- [18] Wang J Y, Chen G H. Quantitative genetics and animal breeding[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2004.[王金玉, 陈国宏. 数量遗传与动物育种[M]. 南京: 东南大学出版社, 2004.]
- [19] McKay L R, Ihssen P E, Friars G W. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, as a function of age and maturity[J]. Aquaculture, 1986, 58(3–4): 241–254.
- [20] Wei X J, Liu X D, Wang Z Y. The comparison of growth-related traits in the early stage and its genetic parameter estimation of 32 large yellow croaker families *Larimichthys crocea*[J]. Journal of Jimei University: Natural Science, 2013, 18(5): 321–328. [韦信键, 刘贤德, 王志勇. 32个大黄鱼家系早期阶段生长性状比较及遗传参数估计[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2013, 18(5): 321–328.]

- [21] Dupont-Nivet M, Vandeputte M, Vergnet A, 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(1–4): 81–87.
- [22] Liu Y X, Liu H J. Comparison and analysis of genetic parameters of growth traits estimated by different models for Japanese flounder families[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(1): 40–47.[刘永新, 刘海金. 不同模型估计牙鲆家系间生长性状遗传参数的比较分析[J]. *渔业科学进展*, 2010, 31(1): 40–47.]
- [23] Liu Z Y, Gao H J, Bai X J. Estimation of genetic parameters for growth trait in rainbow trout with different model[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2009, 22(1): 10–14.[刘宗岳, 高会江, 白秀娟. 应用不同模型估计虹鳟生长性状的遗传参数[J]. *水产学杂志*, 2009, 22(1): 10–14.]
- [24] Martínez V, Neira R, Gall G A E. Estimation of genetic parameters from pedigreed populations: Lessons from analysis of alevin weight in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)[J]. *Aquaculture*, 1999, 180(3–4): 223–236.
- [25] Liu X D, Cai M Y, Wang Z Y, et al. The correlation and path analysis for growth-related traits of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* from min-yuedong tribe[J]. *Periodical of Ocean University: Natural Science*, 2008, 38(6): 916–920.[刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等. 闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析[J]. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 2008, 38(6): 916–920.]

Estimates of genetic growth trait parameters during early development of *Acipenser gueldenstaedtii*

LUO Kun¹, XIA Yongtao², WANG Bin², KONG Jie¹, ZHANG Dahai², SU Xingxue², XU Shijian², SUI Juan¹, LUAN Sheng¹

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. Hangzhou Qiandao Hu Xunlong Sci-Tech Co., Ltd., Hangzhou 311701, China

Abstract: Thirty full-sib families including six maternal half-sib *Acipenser gueldenstaedtii* families were built using artificial insemination. The families were spawned on the same day, and a standardized procedure was used to produce the families during larval rearing to eliminate spawning age and common environmental effects on traits to increase precision of the estimate. Fifty individuals of each family were sampled randomly on days 150 and 410, and *A. gueldenstaedtii* body weight and body length were measured. The variance component and genetic parameters of body weight and body length were estimated with a multi-trait animal model using ASReml software. The heritability estimates on day 150 were 0.16 ± 0.055 for body length and 0.18 ± 0.058 for body weight. The heritability estimates on day 410 were 0.18 ± 0.070 for body length and 0.094 ± 0.049 for body weight. Heritabilities at different growth stages were low, suggesting that mass family selection is necessary for further selective breeding of *A. gueldenstaedtii*. The estimates of phenotypic and genetic correlation coefficients between the two traits at different stages were highly positive and were 0.91, 0.85, 0.62, and 0.57, respectively. A difference in the degree of correlation was observed between the two traits. A correlation analysis of genetic parameters would quantify the relationships between growth traits and facilitate planning of a multi-traits breeding program. These results suggest that growth traits of *A. gueldenstaedtii* could be improved by selecting either body weight or body length. The coefficients of variation for body weight at the two growth stages were 29.09% and 9.46% and both were higher than those for body length, which were 10.16% and 8.43%. These results indicate that the selection potential for body weight was higher than that for body length and provide a theoretical basis for the next *A. gueldenstaedtii* breeding program.

Key words: *Acipenser gueldenstaedtii*; growth trait; heritability; genetic correlation

Corresponding author: KONG Jie. E-mail: kongjie@ysfri.ac.cn