

◆特邀栏目◆

全州禾花鲤主要生长性状的遗传参数估计*

许艺兰^{1,2},陈忠¹,覃俊奇¹,文露婷¹,潘贤辉¹,周康奇¹,黄姻¹,林勇¹,杜雪松^{1**}

(1. 广西壮族自治区水产科学研究院,广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室,广西南宁 530021;2. 广西壮族自治区兽医研究所,广西兽医生物技术重点实验室,广西南宁 530001)

摘要:为估计全州禾花鲤(*Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*)生长性状的遗传参数,采用嵌套交配设计和人工授精法构建了23个全州禾花鲤家系,利用混合线性模型估计全州禾花鲤体质量、体长、体宽、体长/体宽、日增重的遗传力、表型相关、遗传相关及育种值。结果表明:体质量(0.45, $P < 0.01$)、体长(0.42, $P < 0.01$)、体宽(0.36, $P < 0.01$)和日增重(0.39, $P < 0.05$)为高遗传力,体长/体宽(0.12, $P > 0.05$)为低遗传力。体质量、体宽、全长、日增重性状相互之间具有较高的表型相关与遗传相关(0.76–0.99),体质量与体长/体宽、日增重与体长/体宽之间表型相关与遗传相关(0.55–0.67)较低。育种值分析显示日增重与体长、日增重与体宽、体长与体宽性状育种值之间极显著相关($P < 0.01$),采用育种值开展个体选择与表型值选择结果存在明显差异。全州禾花鲤选育应采用多性状综合选育策略,同时改良生长速度、体型和体色性状,从而获得优质高产禾花鲤新品种。

关键词:全州禾花鲤 生长性状 遗传力 遗传相关 表型相关 育种值

中图分类号:S917.4 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2022)04-0801-08

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20220919.023

全州禾花鲤(*Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*)又名禾花鱼、禾花乌鲤,因长期在稻田养殖、食禾花而得名,分布于广西北部的全州县及其周边地区。与其他鲤鱼养殖品种相比,其典型特征是体型粗短、体背部乌褐色、鳃盖和腹部呈半透明,是一个极具广西特色的稻渔综合种养优良品种^[1],但其生长速度慢

的缺点也较为明显,早期测定显示1龄鱼平均体质量为4.0–13.5 g^[2]。近年来,随着稻田养殖产业的迅速发展,各地陆续引进生长性状更优的鲤鱼品种开展稻田养殖,有意或无意的杂交导致本地禾花鲤种群逐渐出现种质资源混乱、特色性状退化等问题^[3],不利于全州禾花鲤种质资源的长期保存和利用。因此,对

收稿日期:2021-08-21

* 广西自然科学基金项目(2020GXNSFBA297146),广西特色淡水鱼产业创新团队(nycytxgxcxtd-2021-08)和广西创新驱动发展专项(桂科AA17204094-5,桂科AA17204095-3,桂科AA17204080-5)资助。

【作者简介】

许艺兰(1996–),女,硕士,研究实习员,主要从事动物遗传育种研究。

【**通信作者】

杜雪松(1988–),男,助理研究员,主要从事鱼类遗传育种研究,E-mail:627380756@qq.com。

【引用本文】

许艺兰,陈忠,覃俊奇,等. 全州禾花鲤主要生长性状的遗传参数估计[J]. 广西科学,2022,29(4):801-808.

XU Y L, CHEN Z, QIN J Q, et al. Genetic Parameters Estimation for Main Growth Traits of (*Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*) [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(4): 801-808.

全州禾花鲤原种群开展生长速度改良选育是目前亟待开展的研究工作之一。

遗传参数估计作为育种选育的基本参考数据, 遗传参数和育种值的评估对育种方案的制定及优化具有重要的指导意义。自1974年Henderson^[4]提出最佳线性无偏预测(Best Linear Unbiased Prediction, BLUP)法后, 统计程序逐渐发展起来, 动物模型开始被应用于遗传参数估计的研究工作中。这种方法可充分利用系谱等信息, 全面、快速地评估群体的遗传参数和遗传进展, 有利于加快遗传选育效率, 减少成本消耗。因此, 动物模型BLUP法在国内外已成为水产动物选择育种的主要评估方法, 在对虾(*Penaeus orientalis*)^[5]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[6]、鳙(*Hypophthalmichthys nobilis*)^[7]、长牡蛎(*Crassostrea gigas*)^[8]、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)^[9]、尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[10]等的报道中均获得了较为理想的选育效果。本研究采用全州禾花鲤性成熟个体为亲本, 通过人工授精的方法构建家系, 采用BLUP法首次对全州禾花鲤体质量、体长、体宽、日增重以及代表其体型粗短特点的体长/体宽等遗传参数和育种值进行分析, 比对依据育种值选择和依据表型值选择的差异性, 以期为全州禾花鲤经济性状的遗传改良提供参考。

1 材料与方法

1.1 全州禾花鲤亲本

全州禾花鲤亲本为广西桂林市绿森生态农业有限公司在全州县才湾镇所收集的养殖群体, 在广西农业良种海南南繁育种基地养殖至性成熟。配对所用父本平均体质量(422.6 ± 47.8) g, 母本平均体质量(524.6 ± 36.8) g。

1.2 家系构建与鱼苗培育

选择性腺发育成熟的全州禾花鲤40尾(父本20尾、母本20尾), 采用人工催产授精、嵌套交配的方法, 利用9尾父本和8尾母本构建全同胞家系23个(表1)。催产药物采用促黄体素释放激素类似物(LRH-A), 使用计量为母本10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、父本5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 每个家系各挑取适量的受精卵, 置于孵化箱内孵化。待仔鱼孵化后, 每个家系随机选取1 000尾鱼苗放入网箱中养殖。

1.3 家系培育与性状测量

待网箱中鱼苗生长至6 g以上, 每个家系随机选取40尾, 采用PIT鱼类芯片(1.35 mm \times 8 mm)标记

后, 在3口面积为200 m²水池中混合养殖。待全州禾花鲤养殖180日龄左右时, 捕获池塘中70%以上的个体, 测量体质量、体长、体宽, 计算日增重和体长/体宽。测量时, 将其放入浓度为100 mg/L的MS-222麻醉剂中快速麻醉, 用电子天平测定体质量, 精确度为0.1 g。采用游标卡尺测量体长和体宽, 精确度为0.1 mm。

表1 全州禾花鲤家系构建

Table 1 Family construction of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*

父本 Male	母本 Female							
	F01	F03	F04	F05	F06	F07	F09	F12
M02	✓							✓
M06	✓	✓						
M08	✓	✓						
M12		✓				✓		
M13			✓				✓	
M16		✓	✓	✓				
M17			✓	✓	✓		✓	
M18				✓	✓	✓		
M19						✓	✓	✓

Note: "✓" indicates a successful family

1.4 数据处理与分析

1.4.1 描述性统计分析

测量数据采用SPSS 26.0软件进行描述性统计分析和正态性检验, 采用R语言Hmisc包进行性状间相关性分析和显著性检验。

1.4.2 遗传参数估计

采用ASReml-R软件评估全州禾花鲤各个生长性状的方差组分, 选择约束极大似然(Restricted Maximum Likelihood, REML)法和最佳线性无偏预测(Best Linear Unbiased Prediction, BLUP)法计算遗传参数和育种值。其中, 体质量、体长、体宽及体长/体宽采用的分析模型^[11]如下:

$$y_{ijklmn} = \mu + \text{Pond}_i + \text{Age}_j + \text{Sex}_k + \text{Pond}_i \times \text{Age}_j + \text{Age}_j \times \text{Sex}_k + \text{Pond}_i \times \text{Sex}_k + a_l + f_m + e_{ijklmn}, \quad (1)$$

式中: y_{ijklmn} 表示个体的性状测定值, μ 表示总体平均值, Pond_i 表示养殖池效应, Age_j 表示养殖日龄效益, Sex_k 表示性别效应, $\text{Pond}_i \times \text{Age}_j$ 、 $\text{Age}_j \times \text{Sex}_k$ 、 $\text{Pond}_i \times \text{Sex}_k$ 分别表示池塘、日龄、性别之间的互作效应, a_l 是加性遗传效应, f_m 是家系在混合养殖之前单独饲养时的随机效应, e_{ijklmn} 是个体随机残差。

日增重采用的遗传分析模型^[12]如下:

$$y_{ijklm} = \mu + \text{Pond}_i + \text{Sex}_j + \text{Pond}_i \times \text{Sex}_j + a_k + f_l + e_{ijklm}, \quad (2)$$

式中: Sex_j 表示性别效应, $\text{Pond}_i \times \text{Sex}_j$ 表示池塘与性别之间的交互效应, a_k 是加性遗传效应, f_l 是家系在混合养殖之前单独饲养时的随机效应。

2 结果与分析

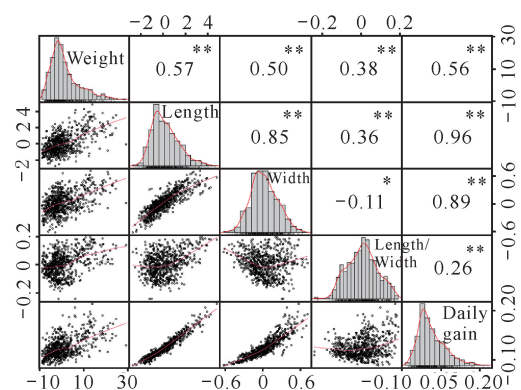
2.1 全州禾花鲤家系的生长性状及相关性

全州禾花鲤的体质量、体长、体宽、体长/体宽、日增重的描述性统计结果如表 2。体质量和日增重指标变异系数较高, 分别为 0.52 和 0.51, 表明全州禾花鲤种群体质量性状分化程度较大, 个体间生长速度

表 2 全州禾花鲤生长性状的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of growth traits of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*

性状 Trait	描述性统计 Descriptive statistics					正态性检验 Normality test		
	最小值 Max	最大值 Min	平均值 Mean	变异系数 CV	统计量 Statistic	显著性 Statistical significance	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
Body weight (g)	14.60	93.00	27.38 ± 14.01	0.52	0.108	0.00	1.29	2.01
Body length (cm)	6.83	19.07	11.47 ± 1.99	0.17	0.066	0.00	0.65	0.33
Body width (cm)	1.02	3.40	2.09 ± 0.39	0.10	0.056	0.00	0.31	-0.20
Length/Width	3.39	7.52	5.53 ± 0.57	0.18	0.056	0.00	0.27	0.59
Daily gain (g)	0.08	0.53	0.16 ± 0.08	0.51	0.109	0.00	1.29	2.10



** means extreme significance ($P < 0.01$), * means significance ($P < 0.05$)

图 1 全州禾花鲤生长性状的相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis of growth traits of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*

2.2 方差分量和遗传力

利用 ASReml-R 软件统计分析测量的表型数据, 采用单性动物模型获得了全州禾花鲤体质量、体

存在较大差异。体宽性状变异系数仅有 0.10, 显示出较高的一致性。由于体型粗短是全州禾花鲤的典型特征之一, 所以本研究采用体长/体宽衡量该表型, 参数越小说明体型粗短特征越显著。统计显示, 其平均值为 5.53, 变异系数为 0.18, 在所有性状中处于中等水平。正态性检验体质量、体长、体宽、体长/体宽、日增重性状均不符合标准正态分布, 其中体宽(偏度 0.31)、体长/体宽(偏度 0.27)最接近标准正态分布, 可能是由于养殖条件导致的种内竞争和样本量过小。性状相关性分析显示, 日增重与体长相关性最大 ($R^2 = 0.96, P < 0.01$), 其次为日增重与体宽 ($R^2 = 0.89, P < 0.01$), 均达到极显著水平, 日增重与体长/体宽相关性最小 ($R^2 = 0.26, P > 0.05$) (图 1)。

长、体宽、体长/体宽、日增重的方差组分和遗传力(表 3)。结果表明体质量、体长、体宽和日增重为高遗传力, 分别是 0.45 ($P < 0.01$)、0.42 ($P < 0.01$)、0.36 ($P < 0.01$) 和 0.39 ($P < 0.05$), 体长/体宽为低遗传力 (0.12, $P > 0.05$), 说明全州禾花鲤体型粗短性状在选育中更难获得遗传进展。

2.3 表型相关和遗传相关

采用两性动物模型估计性状之间的表型相关与遗传相关(表 4), 结果表明体质量、体宽、体长、日增重性状之间均有较高的表型相关与遗传相关 (0.76 - 0.99), 体质量与体长/体宽、日增重与体长/体宽之间的表型相关与遗传相关较低, 分别是 0.62, 0.67 和 0.55, 0.58。表明全州禾花鲤体型粗短特征和生长性状的关联性较弱, 在选育过程中仅开展针对生长性状的选育很难获得在体型方面的遗传进展, 应采用多性状复合选育策略, 以达到保障全州禾花鲤体型特色的同时提高其生长速度。

表3 全州禾花鲤生长性状的方差分量和遗传力

Table 3 Variance component and heritability of growth traits of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*

性状 Trait	加性遗传方差 σ_a^2	环境方差 σ_c^2	残差方差 σ_e^2	表型方差 σ_p^2	遗传力 $h^2 \pm se$
Body weight (g)	82.45	10.51	100.45	193.41	0.45 ± 0.18 * *
Body length (cm)	1.66	0.32	2.23	4.21	0.42 ± 0.26 * *
Body width (cm)	0.065	0.032	0.081	0.178	0.36 ± 0.14 * *
Length/Width	0.041	0.063	0.247	0.351	0.12 ± 0.25
Daily gain (g)	2.63e-03	4.25e-08	4.09e-03	6.72e-03	0.39 ± 0.13 *

Note: * * means extreme significance ($P < 0.01$), * means significance ($P < 0.05$)

表4 利用动物模型估计的全州禾花鲤表型相关和遗传相关

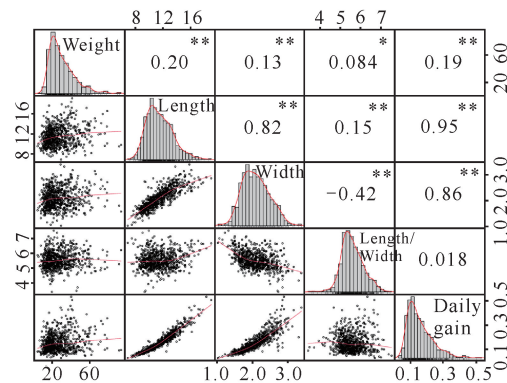
Table 4 Phenotypic correlation and genetic correlation of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis* estimated by animal model

性状 Trait	体质量(g) Body weight (g)	体长(cm) Body length (cm)	体宽(cm) Body width (cm)	体长/体宽 Length/Width	日增重(g) Daily gain (g)
Body weight (g)		0.90 ± 0.06 * *	0.99 ± 0.02 * *	0.67 ± 0.12 *	0.98 ± 0.01 * *
Body length (cm)	0.95 ± 0.01 * *		0.92 ± 0.07 * *	0.96 ± 0.02 * *	0.81 ± 0.09 * *
Body width (cm)	0.95 ± 0.01 * *	0.85 ± 0.02 * *		0.97 ± 0.02 * *	0.97 ± 0.03 * *
Length/Width	0.62 ± 0.04 * *	0.94 ± 0.01 * *	0.89 ± 0.02 * *		0.58 ± 0.31
Daily gain (g)	0.96 ± 0.02 * *	0.76 ± 0.18 *	0.95 ± 0.02 * *	0.55 ± 0.22	

Note: The upper part of the diagonal is genetic correlation and the lower part is phenotypic correlation; * * means extreme significance ($P < 0.01$), * means significance ($P < 0.05$)

2.4 个体育种值与个体选择比较

对全州禾花鲤各性状育种值进行相关性分析发现,日增重与体长、日增重与体宽、体长与体宽育种值之间相关性极为显著($P < 0.01$),其他性状之间相关性较弱,如体质量与体宽之间的相关系数仅为0.13 ($P < 0.01$)(图2)。另外,根据性状表型值和育种值分别对各性状按10%的留种率进行留种选择,统计2种留种方法入选个体的家系数量、平均表型值、平均育种值以及同时入选的个体相同率,结果表明按照表型值选择前10%的个体来自18-23个家系,按照育种值选择的前10%个体来自14-18个家系。从个体水平分析,2种留种方法相比,上述5种性状排在前10%的个体相同率分别为23.53%、29.41%、44.12%、55.88%和63.50%(表5)。可见采用表型值选择和采用育种值选择,在选留家系和个体层面均存在明显的差异。



* * means extreme significance ($P < 0.01$), * means significance ($P < 0.05$)

图2 全州禾花鲤生长性状育种值的相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of growth traits and breeding value of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*

表 5 基于表型值和育种值全州禾花鲤个体的选择比较

Table 5 Selection comparison of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis* individuals based on phenotypic value and breeding value

性状 Trait	平均表型值 Mean phenotypic value		平均育种值 Mean breeding value		留种家系数量 Number of breeding families		个体相同率 (%) Percentage of the same individuals (%)
	A	B	A	B	A	B	
Body weight (g)	58.35 ± 10.39	55.96 ± 11.94	16.23 ± 4.0	14.94 ± 2.68	20	17	23.53
Body length (cm)	15.47 ± 1.11	15.46 ± 1.25	2.72 ± 0.68	2.51 ± 0.47	21	18	29.41
Body width (cm)	2.81 ± 0.16	2.63 ± 0.18	0.46 ± 0.09	0.43 ± 0.06	23	14	44.12
Length/Width	4.61 ± 0.32	4.39 ± 0.37	-0.13 ± 0.03	-0.13 ± 0.04	18	16	55.88
Daily gain (g)	0.33 ± 0.06	0.29 ± 0.07	0.12 ± 0.03	0.11 ± 0.02	18	17	63.50

Note: A stands for selection based on phenotypic values, B stands for selection based on breeding value

3 讨论

3.1 全州禾花鲤生长性状的特点

生长性状是鱼类最重要的经济性状之一,提高鱼类生长速度可缩短养殖周期,有利于节约养殖空间和降低养殖成本。全州禾花鲤作为广西特色水产品种,具有高品质的同时也存在生长速度慢的突出缺点。本研究测定 6 月龄全州禾花鲤的平均体质量为 (27.38 ± 14.01) g,平均日增重为 0.16 g/d,远低于松浦镜鲤 (*C. carpio* var. *Songpu*, 1.98 g/d)、建鲤 (*C. carpio* var. *Jian*, 1.23 g/d) 的生长速度^[13]。因此,提高全州禾花鲤的生长速度是今后种质改良的主要目标。在体质量、体长、体宽、体长/体宽、日增重 5 个性状中,变异系数分别为 0.52, 0.17, 0.10, 0.18 和 0.51,其中体质量的变异系数最大。在鱼类中,体质量性状变异系数较大且较为常见,如卢薛等^[14]发现,不同日龄的鳊鱼 (*Siniperca chuatsi*) 体质量、体长、体高 3 个生长性状中,体质量性状的变异系数为 0.43 - 0.55,与本研究测定的结果接近。李祥孔等^[15]对不同时期牙鲆的生长性状分析变异系数,结果均属体质量性状的变异系数 (0.33 - 0.38) 最大,类似的研究结果也出现在银大麻哈鱼 (*Oncorhynchus kisutch*)、瓯江彩鲤 (*C. carpio* var. *Color*) 等物种中^[16,17]。但与目前大规模养殖的建鲤^[18]等相比,全州禾花鲤体质量变异系数较高,个体差异大,性状遗传不稳定,这不利于全州禾花鲤规模养殖效益的提高,也是今后选育工作需要重点关注的特征,另一方面也可能说明该群体遗传多样性较高,性状改良潜力大。

3.2 遗传力、表型相关及遗传相关

为了提高选育效率,参考目标性状的遗传参数以制定适宜的选育策略是常用方法之一。本研究采用

动物模型对全州禾花鲤生长性状遗传力估计发现,体质量和体长性状为高遗传力 ($h^2 > 0.4$),体宽和日增重性状为中等遗传力 ($0.2 < h^2 < 0.4$),这与姜鹏等^[19]对草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 生长性状的遗传力估计结果接近。类似的结果在罗非鱼上也有报道,如 Trong 等^[20]分析得到尼罗罗非鱼的体质量遗传力为 0.55,体长遗传力为 0.60。然而之前对鲤鱼^[21,22]、中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 等^[23]品种的研究中,生长性状遗传力一般属于中低等遗传力,如王明珠等^[24]估计的中国对虾体质量和体宽性状的遗传力分别为 0.21 和 0.19,田燚等^[25]利用 21 个中国对虾家系估计的体质量和体长遗传力分别为 0.14 和 0.10。遗传力的估计受多方面因素的影响,包括研究群体的遗传背景、生长阶段、生长环境、遗传参数估计的方法等^[26,27]。因此,同种鱼的各项性状遗传力在不同研究中会出现较大的差异。如唐瞻杨等^[28]研究不同月龄尼罗罗非鱼的数量性状遗传力,发现 3 月龄、4 月龄、5 月龄时体质量性状遗传力分别为 0.66, 0.17 和 0.25;罗坤等^[29]研究报道了 150 日龄和 410 日龄的俄罗斯鲟 (*Acipenser gueldenstaedti*) 体质量遗传力分别为 0.18, 0.09, 体长遗传力分别为 0.16, 0.18。这些结果提示本研究所获得的全州禾花鲤的生长性状遗传力可能估计过高。因此,在今后选育过程中应利用多世代数据,对不同发育阶段鱼体分别开展遗传评估,以获得更准确的方差组分和遗传参数。

遗传相关和表型相关是描述不同性状关联性的重要参数,利用性状关联性进行间接选育,对于改良度量难度较大的性状极为有用^[30]。在选择育种中,有时对目标性状的选择出现一定难度时,通过遗传相关来确定某一性状与目标性状的相关程度,可间接对目标性状进行相关选择^[31]。如韦信键等^[32]研究大

黄鱼(*Larimichthys crocea*)早期不同阶段生长性状遗传参数时发现,1月龄大黄鱼体质量与全长遗传相关为0.83-0.90,6月龄时则为0.97-0.98,并提出可以利用6月龄时2个性状高度的遗传相关进行性状间的关联选择。在本研究的全州禾花鲤5个性状的遗传相关和表型相关分析结果中,体质量、体宽、体长、日增重性状之间具有显著相关性,其中日增重与体长性状之间的遗传相关(0.98)和表型相关(0.96)最高,表明可利用体长性状对日增重进行间接选育。

3.3 育种值与个体选择

育种值作为个体性状中可遗传的部分,依靠育种值进行优良选育相对于依靠表型值选育更稳妥、更有效率^[33]。郑静静等^[34]对60日龄、105日龄、150日龄不同生长阶段的凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)选取体质量性状的育种值和表型值前10%个体计算平均育种值,前者比后者分别高出约20.06%、26.03%、12.01%,说明依靠育种值选择比表型值选择更有优势。本研究中,采用表型值和育种值分别对各性状按10%的留种率进行留种选择,分析发现采用育种值筛选后,保留个体所在的家系数量比表型值选择减少,被两种方法同时选留的个体占有保留个体的23.53%-63.50%,表明在全州禾花鲤选育中采用育种值筛选方法的有效性。全州禾花鲤是地方性特色品种,除生长性状之外,其体型和体色也是决定其特色和经济价值的重要性状。综上所述,对全州禾花鲤的性状改良应采取多性状综合选育策略,以生长速度、体型和体色性状的同步改进和提升为选育目标开展家系选育,从而获得优质高产的禾花鲤新品种。

4 结论

利用全州禾花鲤家系的生长性状指标对其遗传参数进行估计,主要结论包括:(1)全州禾花鲤体质量性状变异系数高,规格差异大。(2)全州禾花鲤生长性状(体质量、体长、体宽和日增重)为高遗传力性状,体型性状(体长/体宽)为低遗传力性状。(3)体质量、体宽、全长、日增重性状相互之间有较高的表型相关与遗传相关,体质量与体长/体宽、日增重与体长/体宽之间表型相关与遗传相关较低。(4)采用育种值开展个体选择与表型值选择,结果存在明显差异。(5)全州禾花鲤种质改良应以获得优质高产禾花鲤新品种为目标,采用多性状综合选育策略对生长速度、体型和体色性状进行同步选择。

参考文献

- [1] 杨四秀,蒋艾青. 禾花鲤含肉率与肌肉营养成分分析[J]. 水生生态学杂志,2009,2(2):154-157.
- [2] 金万昆. 淡水养殖鱼类种质资源库[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [3] PENG J X, ZENG D G, HE P P, et al. mRNA and microRNA transcriptomics analyses in intermuscular bones of two carp species, rice flower carp (*Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*) and Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part D: Genomics and Proteomics, 2019, 30: 71-80.
- [4] HENDERSON C R. General flexibility of linear model techniques for sire evaluation [J]. Journal of Dairy Science, 1974, 57(8): 963-972.
- [5] 孔杰, 栾生, 谭建, 等. 对虾选择育种研究进展[J]. 中国海洋大学学报, 2020, 50(9): 81-97.
- [6] 李仰真, 杨英明, 刘洋, 等. 牙鲆“鲆优2号”不同养殖地点生长和存活性状的基因型与环境互作分析[J]. 水产学报, 2020, 44(3): 429-435.
- [7] 朱文彬, 傅建军, 王兰梅, 等. 鳙30日龄生长性状的遗传参数[J]. 水产学报, 2020, 44(6): 883-893.
- [8] 张景晓, 李琪, 徐成勋. 长牡蛎“海大1号”生长性状的遗传参数评估[J]. 中国水产科学, 2018, 25(5): 998-1003.
- [9] NIELSEN H M, RGEN 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(1/2/3/4): 14-21.
- [10] 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.
- [11] SUI J, LUAN S, YANG G L, et al. Genetic parameters and selection response for the harvest body weight of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in a breeding program in China [J]. PloS One, 2019, 14(8): e0218379.
- [12] SUI J, LUAN S, LUO K, et al. Genetic parameters and response to selection of harvest body weight of the Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* after five generations of multi-trait selection [J]. Aquaculture, 2016, 452(8): 134-141.
- [13] 安元银, 詹会祥, 杨曼, 等. 松浦镜鲤和建鲤养殖对比试验[J]. 中国水产, 2021(3): 86-87.
- [14] 卢薛, 孙际佳, 王海芳, 等. 鳊鱼生长性状遗传参数的估计[J]. 中国水产科学, 2016, 23(6): 1268-1278.
- [15] 李祥孔, 田永胜, 李洪, 等. 牙鲆(*Paralichthys olivacea*)

- ceus)家系生长性状遗传效应分析[J]. 渔业科学进展, 2017,38(3):39-50.
- [16] NEIRA R, LHORENTE J P, ARANEDA C, et al. Studies on carcass quality traits in two populations of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): Phenotypic and genetic parameters [J]. Aquaculture, 2004, 241 (14): 117-131.
- [17] WANG C H, LI S F, XIANG S P, et al. Genetic parameter estimates for growth-related traits in Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) [J]. Aquaculture, 2006, 259(14):103-107.
- [18] 廖愚,王培培,袁宗伟,等. 不同养殖模式建鲤家系选育 F₃ 代生长性能比较分析 [J]. 西南农业学报, 2017, 30(12):2843-2848.
- [19] 姜鹏,韩林强,白俊杰,等. 草鱼生长性状的遗传参数和育种值估计 [J]. 中国水产科学, 2018,25(1):18-25.
- [20] TRONG T Q, MULDER H A, VAN ARENDONK J A M, et al. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam [J]. Aquaculture, 2013,384-387(12):119-127.
- [21] 廖愚,陈子桂,王培培,等. 广西鲤鱼选育 F₂ 代家系育种效果分析 [J]. 南方农业学报, 2016, 47(10):1790-1794.
- [22] DONG Z J, NGUYEN N H, ZHU W B. Genetic evaluation of a selective breeding program for common carp *Cyprinus carpio* conducted from 2004 to 2014 [J]. BMC Genetics, 2015,16:94.
- [23] BENTSEN H B, GJERDE B, NGUYEN N H, et al. Genetic improvement of farmed tilapias: Genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments [J]. Aquaculture, 2012, 338-341(1):56-65.
- [24] 王明珠,孟宪红,孔杰,等. 低温胁迫条件下中国明对虾生长性状和耐低温性状的遗传参数评估 [J]. 渔业科学进展, 2018,39(3):96-102.
- [25] 田毅,孔杰,栾生,等. 中国对虾生长性状遗传参数的估计 [J]. 海洋水产研究, 2008,29(3):1-6.
- [26] 郭军,曲亮,马猛,等. 应用多性状动物模型评估鸡蛋蛋形指数遗传参数 [J]. 吉林农业大学学报, 2017,39(4):460-464.
- [27] 刘玉芳,张辉,张清阳,等. 太行鸡产蛋性状遗传参数估计 [J]. 中国畜牧杂志, 2020,56(7):65-68.
- [28] 唐瞻杨,陈文治,罗永巨,等. 尼罗罗非鱼 (*Tilapia nilotica*) 不同月龄数量性状遗传力估计 [J]. 海洋与湖沼, 2015,46(5):1180-1185.
- [29] 罗坤,夏永涛,王斌,等. 俄罗斯罗非鱼早期生长性状遗传参数的估计 [J]. 中国水产科学, 2015,22(3):426-432.
- [30] 王庆志,李琪,刘世凯,等. 长牡蛎成体生长性状的遗传参数估计 [J]. 中国水产科学, 2012,19(4):700-706.
- [31] 方佳峰,李琪. 长牡蛎壳橙品系幼虫和稚贝的生长性状遗传参数评估 [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020,50(11):38-44.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 郑静静,刘建勇,刘加慧,等. 凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 不同生长阶段体质量的遗传参数和育种值估计 [J]. 海洋与湖沼, 2016,47(5):1005-1012.

Genetic Parameters Estimation for Main Growth Traits of (*Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*)

XU Yilan^{1,2}, CHEN Zhong¹, QIN Junqi¹, WEN Luting¹, PAN Xianhui¹, ZHOU Kangqi¹, HUANG Yin¹, LIN Yong¹, DU Xuesong¹

(1. Guangxi Key Laboratory of Aquatic Genetic Breeding and Health Aquaculture, Guangxi Academy of Fishery Sciences, Nanning, Guangxi, 530021, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Veterinary Biotechnology, Guangxi Veterinary Research Institute, Nanning, Guangxi, 530001, China)

Abstract: To estimate the genetic parameters for growth traits of *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*, 23 families of *C. carpio* var. *Quanzhouensis* were constructed by nested mating design and artificial insemination. A mixed linear model was used to estimate the heritability, phenotypic correlation, genetic correlation and breeding value of weight, body length, body width, body length to body width ratio, daily gain of *C. carpio* var. *Quanzhouensis*. The results showed that body weight (0.45, $P < 0.01$), body length (0.42, $P < 0.01$), body width (0.36, $P < 0.01$) and daily gain (0.39, $P < 0.05$) were high heritability, and the body length to body width ratio (0.12, $P > 0.05$) was low heritability. There were high phenotypic correlation and genetic correlation (0.76 – 0.99) among body weight, body width, total length and daily gain traits. The phenotypic correlation and genetic correlation (0.55 – 0.67) between body weight and body length to body width ratio, daily gain and body length to body width ratio were low. The analysis of breeding value showed that there was a very significant correlation between daily gain and body length, daily gain and body width, body length and body width ($P < 0.01$). There were significant differences in the results of individual selection and phenotypic value selection using breeding value. The multi-trait comprehensive breeding strategy should be adopted in the breeding of *C. carpio* var. *Quanzhouensis*, and the growth rate, body shape and body color traits should be improved at the same time, so as to obtain new varieties of *C. carpio* var. *Quanzhouensis* with high quality and high yield.

Key words: *Cyprinus carpio* var. *Quanzhouensis*; growth traits; heritability; genetic correlation; phenotypic correlation; breeding value

责任编辑: 陆媛峰



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>