

梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状 对体重影响效果分析*

耿绪云¹ 马维林² 李相普³ 孙金生^{1, 4}

(1. 天津市水产养殖病害防治中心 天津 300221; 2. 天津市渔政渔港监督管理处 天津 300451;
3. 天津市水产研究所 天津 300221; 4. 天津师范大学生命科学学院 天津 300074)

摘要 采用相关分析、通径分析、决定分析和多元线性回归分析方法, 对不同年龄组梭鱼外部形态性状对体重的影响效果进行了分析研究。结果表明, 体长、体高是影响各年龄组梭鱼体重的共同性状, 在 0、1、3、5 龄组, 体长对体重的作用最大; 在 2、4 龄组, 体高对体重的作用最大。尾柄高是除 3 龄组外影响梭鱼体重的重点性状。头长、尾柄长对体重直接作用相对较小, 主要通过体长、体高、尾柄高对体重发挥间接作用。以体重为依变量(Y), 形态性状为自变量(X_{1-8}), 建立了梭鱼各年龄组最优多元线性回归方程, 可为梭鱼选择育种提供理论依据。

关键词 梭鱼, 形态性状, 相关分析, 通径分析

中图分类号 Q953

梭鱼(*Liza haematocheila*)肉质细嫩、肉味鲜美, 食物链低, 蛋白质转化效率高, 适应性强, 海淡水均可养殖, 是我国重要的水产养殖鱼类(施兆鸿等, 2010)。目前养殖梭鱼苗种主要利用野生亲鱼、大水面生态养殖亲鱼人工繁殖的苗种, 或直接捕捞野生苗种, 尚没有经过人工选育的良种。通过定向选育, 培育出生长快、经济性状好的梭鱼良种是目前梭鱼养殖面临的迫切任务。研究表明: 梭鱼遗传多样性水平较高, 个体生长差异极其显著, 具有很大的选择育种潜力。体重性状是直接的、重要的选育目标, 而外部形态性状更具有直观性和可度量性, 利用体重和外部形态性状间的数量关系, 将重点形态性状纳入选择指数中, 可以显著提高选育效率(李明德, 1992; 王茜等, 2005; Xu *et al*, 2007; 张乾敏等, 2008; Liu *et al*, 2009; 韩咏梅等, 2010)。

相关分析、通径分析和多元回归分析已广泛应用于畜牧选育目标性状的确定。在水产动物上, 特别是虾、蟹、贝、鱼类亦已有不少报道(刘小林等, 2002; 安

丽等, 2008; 吴立峰等, 2010; 孙长森等, 2010)。但上述研究大多是选取研究对象的某一生长阶段进行数量性状测量分析, 仅见刘磊等(2009)分析了 80 日龄、100 日龄三疣梭子蟹外部形态性状对体重的影响, 王凯等(2008)分析了 5 月龄、8 月龄牙鲆外部形态性状对体重的影响, 耿绪云等(2007)分析了中华绒螯蟹幼蟹和成蟹阶段外部形态性状对体重的影响。在选择育种中, 子代往往要经过多次筛选和留种, 因此, 研究不同生长阶段各数量性状间的相互关系, 对选择育种具有实际指导意义。目前, 关于梭鱼选择育种的研究还很缺乏, 尚未见关于梭鱼数量性状关系分析的报道。作者采集渤海湾原种梭鱼, 按照 GB18654.3-2008 养殖鱼类种质检验第 3 部分性状测定(邹世平等, 2008)的规定逐尾测量外部形态性状和体重, 并按照 GB19162-2003 梭鱼(李相普等, 2003)的规定准确鉴定年龄, 应用相关分析、通径分析和多元回归分析方法, 按年龄组分别进行外部形态性状与体重性状数量关系分析, 揭示梭鱼不同年龄组影响体重性状的重点

* 天津市科技计划项目资助, 10ZCKFN02500 号、0801030 号。耿绪云, 副研究员, E-mail: gengxuyun@163.com

通讯作者: 孙金生, 教授, E-mail: jssun1965@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-10-25, 收修改稿日期: 2010-12-28

外部形态性状, 为梭鱼选择育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料与测定方法

分别于 2006 年秋末 10 月下旬和 2007 年早春 3—4 月份, 分两批共采集渤海湾原种梭鱼(*Liza haematocheila*)879 尾。逐尾编号后, 按照 GB18654.3-2008 养殖鱼类种质检验第 3 部分性状测定的规定, 用量鱼板、量规、卡尺分别测量梭鱼体长、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长、尾柄高、体高, 精确到 mm。用大量程天平称量体重, 精确到 g。同时逐尾取背部鳞片 3—5 片装入鳞片袋, 在体式显微镜下进行年龄鉴定。

1.2 分析方法

梭鱼数量性状测定结果经统计整理, 计算平均值($\bar{x}$)、标准差(S)和变异系数(CV), 获得各性状表型参数统计量, 分别进行各性状间表型相关分析, 计算相关系数(r_{xy})。计算公式为:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}; S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}; CV(\%) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%;$$

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}}$$

式中, x 、 y 为性状测量值, $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 为性状测量平均值, r_{xy} 为相关系数, n 为测量尾数。

在表型相关系数分析基础上, 根据通径分析原理建立通径系数正规方程组, 解方程组求解各形态性状对体重的通径系数, 通径系数 $P_{x_i y}$ 简称为 P_i ; 进而计算决定系数, 决定系数分为单个自变量对体重的决定系数 $d_{x_i y}$ (简称为 d_i) 和两个性状对体重的共同决定系数 $d_{x_i x_j y}$ (简称为 d_{ij}) 两种。计算公式为:

$$r_{x_i y} = P_i + \sum r_{ij} \times P_j; \quad d_i = P_i^2;$$

$$d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$$

在通径分析基础上, 选取通径系数达到显著水平的形态性状计算复相关指数, 确定影响体重的重点性状。复相关指数计算公式:

$$R^2 = \sum r_{x_i y} \times P_i$$

在表型相关分析基础上, 应用逐步回归分析方法逐步剔除偏回归系数不显著的自变量, 建立形态性状估计体重的最优回归方程。

2 结果与分析

2.1 梭鱼各龄组性状表型参数

共采集渤海湾原种梭鱼 879 尾, 经测量观察, 共获得 8790 个数据, 分别按年龄计算各性状测定平均数、标准差、变异系数, 获得各表型统计量列于表 1。由于 6、7 龄采集梭鱼较少, 不进入实验分析, 共获得实验鱼 856 尾, 有效实验数据 8560 个。对不同年龄梭鱼各性状进行表型相关分析, 获得各性状间表型相关系数列于表 2。从表 2 可以看出, 性状间相关系数只有 1 龄鱼体长与尾柄高相关系数不显著, 其余相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.2 梭鱼外部形态性状对体重的通径分析

根据通径分析原理, 建立梭鱼不同年龄各形态性状对体重的通径系数正规方程组, 求解方程组得到形态性状对体重的通径系数。经显著性检验, 删除通径系数不显著的性状, 保留通径系数达到显著水平的性状, 再次计算保留性状的通径系数, 直到所有保留性状通径系数均达到显著水平。按照复相关指数计算公式分别计算各年龄组复相关指数, 计算结果列于表 3。由表 3 可以看出: 各龄组梭鱼外部形态性状对体重的通径系数均达到了极显著水平($P < 0.01$), 复相关指数均大于 0.85, 说明表 3 所列各年龄组外部形态性状是影响体重的重点性状。体长、体高是影响各龄组梭鱼体重的共同性状, 在 0、1、3、5 龄组, 体长对体重的直接作用最大, 最大通径系数达到 0.7397; 在 2、4 龄组, 体高对体重的直接作用最大, 最大通径系数达到 0.3836。除 3 龄组外, 尾柄高是影响梭鱼体重的重点性状之一, 在 4 龄组, 尾柄高对体重的通径系数达到 0.3036, 仅次于体高对体重的直接作用。头长、尾柄长对体重直接作用相对较小, 主要通过体长、体高、尾柄高等形态性状间接影响体重, 间接作用系数之和最小值为 0.6154, 远大于该性状对体重的直接作用。

2.3 梭鱼外部形态性状对体重的决定系数分析

在通径系数显著的基础上, 应用决定系数计算公式, 计算出各形态性状、两两性状协同对体重的决定系数, 列于表 4。各龄组梭鱼形态性状对体重决定系数及形态性状间协同对体重决定系数总和 $\sum d$, 与复相关指数 R^2 在数值上相等, 表明本研究各龄组所列形态性状是影响体重的重点性状, 其它性状或已删除的性状对体重影响相对较小。

由表 4 可以看出, 体长、体高是决定各年龄组梭

表 1 所测各性状表型统计量
Tab.1 The apparent statistics of various trait

年龄	统计值	性状									测定尾数
		体长 X_1	头长 X_2	吻长 X_3	眼径 X_4	眼间距 X_5	尾柄长 X_6	尾柄高 X_7	体高 X_8	体重(Y)	n
0	平均值 $\bar{x}$	160.8	38.6	8.7	8.3	18.8	28.2	16.6	33.5	74.8	38
	偏差 S	17.0	4.6	0.9	0.8	2.4	4.7	1.4	3.4	22.0	
	变异系数 $CV\%$	10.6	11.9	10.8	9.4	12.7	16.5	8.6	10.3	29.4	
1	平均值 $\bar{x}$	176.6	42.7	9.7	9.0	19.8	32.7	17.7	35.3	86.8	99
	偏差 S	19.0	6.6	1.8	1.1	3.5	7.3	2.9	5.6	22.1	
	变异系数 $CV\%$	10.8	15.4	18.8	12.0	17.7	22.2	16.7	16.0	25.5	
2	平均值 $\bar{x}$	235.6	56.3	12.9	10.9	27.0	43.9	22.9	46.1	201.2	147
	偏差 S	29.4	7.3	1.6	1.3	4.8	6.8	3.5	7.1	82.3	
	变异系数 $CV\%$	12.5	13.0	12.8	11.7	17.9	15.4	15.2	15.5	40.9	
3	平均值 $\bar{x}$	303.5	72.6	15.3	13.4	37.0	54.3	30.3	61.4	463.3	321
	偏差 S	40.7	9.3	2.1	2.2	6.2	8.2	4.3	9.3	207.5	
	变异系数 $CV\%$	13.4	12.9	13.7	16.1	16.7	15.0	14.1	15.2	44.8	
4	平均值 $\bar{x}$	397.7	93.0	19.4	16.2	46.6	72.6	38.9	82.4	1039.6	175
	偏差 S	58.3	12.2	3.1	2.7	5.8	12.1	4.6	13.8	377.0	
	变异系数 $CV\%$	14.6	13.1	16.1	16.9	12.4	16.7	11.9	16.8	36.3	
5	平均值 $\bar{x}$	465.2	110.4	23.0	18.4	54.6	83.8	44.7	97.8	1676.1	76
	偏差 S	49.5	14.8	3.7	1.7	7.1	9.8	5.3	15.7	536.3	
	变异系数 $CV\%$	10.6	13.4	16.0	9.7	12.9	11.7	11.8	16.0	32.0	
6	平均值 $\bar{x}$	548.5	129.3	27.2	20.3	64.9	95.3	53.0	115.3	2712.2	20
	偏差 S	65.3	14.9	2.6	1.7	8.1	12.6	6.0	14.2	897.9	
	变异系数 $CV\%$	11.9	11.5	9.7	8.5	12.5	13.2	11.3	12.3	33.1	
7	平均值 $\bar{x}$	657.5	167.0	42.0	23.5	82.5	114.5	63.0	129.0	4395.0	3
	偏差 S	17.7	5.7	4.2	2.1	10.6	0.7	4.2	4.2	275.8	
	变异系数 $CV\%$	2.7	3.4	10.0	9.0	12.9	0.6	6.7	3.3	6.3	

鱼体重的共同性状, 在 0、1、3、5 龄组, 体长对体重的决定程度最高, 最大决定系数为 0.5471; 在 2、4 龄组, 体高对体重的决定程度最大, 最大决定系数为 0.1471。除 3 龄组外, 尾柄高是决定梭鱼体重的重点性状, 在 4 龄组, 尾柄高对体重的决定系数为 0.0921, 仅小于体高对体重的决定系数 0.0999。头长、尾柄长对体重决定作用相对较小, 主要与体长、体高、尾柄高等其它性状协同对体重起决定作用, 共同作用系数之和远大于该性状对体重的直接决定作用。与通径系数分析结果一致。

2.4 梭鱼外部形态性状对体重的多元回归方程

应用测定资料, 以梭鱼体重为依变量(Y), 梭鱼外部形态性状为自变量(X_{1-8}), 进行多元线性回归分析, 经多元线性回归显著性检验、自变量偏回归系数显著性检验, 逐步删除偏回归系数不显著的自变量, 建立最优多元线性回归方程。显著性检验结果分别列

于表 5、表 6。不同年龄组梭鱼多元线性回归方程如下:

$$0 \text{ 龄组: } \hat{y} = 0.8615X_1 + 3.7778X_7 + 0.7147X_8 - 150.4493, R^2=0.9540 \quad (1)$$

$$1 \text{ 龄组: } \hat{y} = 0.8585X_1 - 0.5675X_6 + 2.1340X_7 + 1.4838X_8 - 135.9665, R^2=0.9161 \quad (2)$$

$$2 \text{ 龄组: } \hat{y} = 0.8811X_1 + 1.9387X_2 + 3.3032X_7 + 4.4253X_8 - 395.0741, R^2=0.9425 \quad (3)$$

$$3 \text{ 龄组: } \hat{y} = 2.4153X_1 + 2.1227X_2 + 1.5854X_6 + 8.1115X_8 - 1007.9542, R^2=0.9225 \quad (4)$$

$$4 \text{ 龄组: } \hat{y} = 0.9528X_1 + 8.3185X_2 + 24.8450X_7 + 8.6064X_8 - 1787.9260, R^2=0.904 \quad (5)$$

$$5 \text{ 龄组: } \hat{y} = 5.7086X_1 + 25.1023X_7 + 8.7657X_8 - 2958.7705, R^2=0.8748 \quad (6)$$

其中, $\hat{y}$ 为体重无偏估计值(g), X_1 为体长(mm), X_2 为头长(mm), X_6 为尾柄长(mm), X_7 为尾柄高(mm), X_8 为体高(mm), R^2 为复相关指数。

表 2 梭鱼性状间表型相关系数
Tab.2 The phenotype correlation coefficient among the traits of *L. haematocheila*

年龄	性状	体重 Y	体长 X_1	头长 X_2	吻长 X_3	眼径 X_4	眼间距 X_5	尾柄长 X_6	尾柄高 X_7	体高 X_8	年龄
0	Y	—	0.8274**	0.7157**	0.5992**	0.5439**	0.6141**	0.6228**	0.5766**	0.6814**	1
	X_1	0.9658**	—	0.4901**	0.3717**	0.3321**	0.2773**	0.3942**	0.1830 ^{ns}	0.2916**	
	X_2	0.9146**	0.9410**	—	0.8913**	0.8713**	0.8424**	0.8786**	0.8161**	0.7847**	
	X_3	0.7065**	0.7143**	0.8048**	—	0.8827**	0.7929**	0.7921**	0.7655**	0.7449**	
	X_4	0.8043**	0.7974**	0.8434**	0.8285**	—	0.7502**	0.7693**	0.7055**	0.7065**	
	X_5	0.7454**	0.7571**	0.8377**	0.7752**	0.8171**	—	0.7593**	0.8129**	0.8079**	
	X_6	0.8173**	0.8385**	0.7604**	0.4754**	0.6272**	0.4767**	—	0.8075**	0.7686**	
	X_7	0.9208**	0.8973**	0.8477**	0.6931**	0.7494**	0.7013**	0.7557**	—	0.8180**	
2	X_8	0.7499**	0.7028**	0.6980**	0.5894	0.5776**	0.4868**	0.5294**	0.6892**	—	
	Y	—	0.9443**	0.9037**	0.7890**	0.5718**	0.7982**	0.8373**	0.7995**	0.9236**	3
	X_1	0.9479**	—	0.9271**	0.7924**	0.5829**	0.8079**	0.8652**	0.8052**	0.9001**	
	X_2	0.9168**	0.9305**	—	0.8074**	0.5737**	0.8125**	0.8039**	0.7802**	0.8750**	
	X_3	0.5650**	0.6260**	0.6286**	—	0.4884**	0.6551**	0.6638**	0.6650**	0.7815**	
	X_4	0.7667**	0.7580**	0.7382**	0.5672**	—	0.6476**	0.566**	0.4652**	0.5388**	
	X_5	0.8705**	0.8671**	0.8281**	0.5333**	0.7516**	—	0.7114**	0.7542**	0.7934**	
	X_6	0.5971**	0.6683**	0.6364**	0.5344**	0.4901**	0.4564**	—	0.6906**	0.7909**	
4	X_7	0.9059**	0.9030**	0.8707**	0.5457**	0.6980**	0.8176**	0.5674**	—	0.7927**	
	X_8	0.9370**	0.9031**	0.8594**	0.5307**	0.7565**	0.8392**	0.5831**	0.8647**	—	
	Y	—	0.8919**	0.8280**	0.7359**	0.6094**	0.7990**	0.7774**	0.8484**	0.7620**	5
	X_1	0.8084**	—	0.8286**	0.7308**	0.5738**	0.7820**	0.8113**	0.8117**	0.6418**	
	X_2	0.8844**	0.7534**	—	0.8020**	0.6543**	0.7701**	0.7219**	0.7844**	0.6312**	
	X_3	0.7196**	0.6228**	0.7869**	—	0.6395**	0.7334**	0.6217**	0.6898**	0.5725**	
	X_4	0.3823**	0.3305**	0.3820**	0.3891**	—	0.5445**	0.4702**	0.5521**	0.4557**	
	X_5	0.7042**	0.5734**	0.7598**	0.5559**	0.3679**	—	0.6647**	0.7498**	0.6729**	
	X_6	0.7529**	0.6671**	0.7735**	0.6847**	0.3989**	0.5773**	—	0.7582**	0.6775**	
	X_7	0.8909**	0.7544**	0.8405**	0.6975**	0.3541**	0.6763**	0.6930**	—	0.6776**	
	X_8	0.8755**	0.7263**	0.7889**	0.6347**	0.3195**	0.6742**	0.6857**	0.7916**	—	

注： $r_{0.05,86} = 0.3208$, $r_{0.01,86} = 0.4080$, $r_{0.05,97} = 0.1980$, $r_{0.01,97} = 0.2579$, $r_{0.05,145} = 0.1620$, $r_{0.01,145} = 0.2120$, $r_{0.05,319} = 0.1102$, $r_{0.01,319} = 0.1442$, $r_{0.05,173} = 0.1493$, $r_{0.01,173} = 0.1956$, $r_{0.05,74} = 0.2260$, $r_{0.01,74} = 0.2944$ 。*表示差异显著，**表示差异极显著，^{ns}表示差异不显著

由表 5、表 6 可以看出,梭鱼各年龄组多元线性回归方程均达到了极显著水平($P<0.01$),自变量偏回归系数、回归截距常数分别达到显著水平($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$)。梭鱼各年龄组最优多元线性回归方程保留的形态性状与通径分析结果一致,多元线性回归方程复相关指数与通过通径系数、相关系数计算的复相关指数相等,说明各龄组保留的形态性状是影响体重的重点性状,其它性状或已删除的性状对梭鱼体重影响较小。经回归预测,体重估计值与实际测定值差异不显著($P>0.05$),说明本文建立的梭鱼各年龄组多元线性回归方程可简便可靠地应用于

实际工作。

3 讨论

3.1 梭鱼的生长特点

梭鱼的生长表现为外部形态性状的增长和体重的增加,根据表 1 数量性状表型统计量计算出梭鱼主要形态性状、体重性状的生长速度,列于表 7。由表 7 可以看出梭鱼具有异速生长的特点,其中,2—4 龄梭鱼体重以 1 倍以上的速度增长,5、6 龄增重速度显著降低。2 龄梭鱼以吻长、头长、尾柄长、体长等长度性状生长速度较快;3 龄梭鱼体高、尾柄高等高度

表 3 梭鱼各龄组复相关指数和外部形态性状对体重的通径系数

Tab.3 The path coefficients of the multiple correlation index of *L. haematocheila* in every age and morphological traits on the weight

年龄	性状	直接作用	间接作用						复相关指数 R^2
		P_i	Σ	X_1	X_2	X_6	X_7	X_8	
0	X_1	0.6675**	0.2983	—	—	—	0.2195	0.0788	0.9540
	X_7	0.2446**	0.6762	0.5989	—	—	—	0.0773	
	X_8	0.1121**	0.6377	0.4691	—	—	0.1686	—	
1	X_1	0.7397**	0.0879	—	—	-0.0747	0.0521	0.1105	0.9161
	X_6	-0.1896**	0.8125	0.2916	—	—	0.2297	0.2912	
	X_7	0.2844**	0.2922	0.1354	—	-0.1531	—	0.3099	
2	X_8	0.3788**	0.3027	0.2157	—	-0.1457	0.2327	—	0.9425
	X_1	0.3148**	0.6331	—	0.1607	—	0.1260	0.3464	
	X_2	0.1727**	0.7440	0.2929	—	—	0.1215	0.3296	
3	X_7	0.1395**	0.7664	0.2843	0.1504	—	—	0.3317	0.9225
	X_8	0.3836**	0.5534	0.2843	0.1484	—	0.1207	—	
	X_1	0.4743**	0.4700	—	0.0886	0.0540	—	0.3274	
4	X_2	0.0956**	0.8081	0.4397	—	0.0501	—	0.3183	0.9040
	X_6	0.0624**	0.7750	0.4104	0.0769	—	—	0.2877	
	X_8	0.3638**	0.5599	0.4269	0.0837	0.0493	—	—	
5	X_1	0.1472**	0.6612	—	—	0.2026	0.2290	0.2296	0.8748
	X_2	0.2689**	0.6154	0.1109	—	—	0.2551	0.2494	
	X_7	0.3036**	0.5873	0.1111	—	0.2260	—	0.2502	
	X_8	0.3161**	0.5594	0.1069	—	0.2122	0.2403	—	0.8748
	X_1	0.5266**	0.3652	—	—	—	0.2005	0.1647	
	X_7	0.2470**	0.6014	0.4275	—	—	—	0.1739	
	X_8	0.2566**	0.5054	0.3380	—	—	0.1674	—	

**表示差异极显著($P<0.01$)

表 4 梭鱼形态性状对体重的决定系数

Tab.4 The determinant coefficients of *L. haematocheila* traits on the weight

年龄	性状	决定系数					Σd
		X_1	X_2	X_6	X_7	X_8	
0	X_1	0.4455 ^a	—	—	—	—	0.9540
	X_7	0.2930	—	—	0.0598 ^a	—	
	X_8	0.1052	—	—	0.0378	0.0126 ^a	
1	X_1	0.5471 ^a	—	—	—	—	0.9161
	X_6	-0.1106	—	0.0360 ^a	—	—	
	X_7	0.0770	—	-0.0871	0.0809 ^a	—	
2	X_8	0.1634	—	-0.1104	0.1763	0.1435 ^a	0.9425
	X_1	0.0991 ^a	—	—	—	—	
	X_2	0.1012	0.0298 ^a	—	—	—	
3	X_7	0.0793	0.0420	—	0.0195 ^a	—	0.9225
	X_8	0.2181	0.1139	—	0.0926	0.1471 ^a	
	X_1	0.2249 ^a	—	—	—	—	
4	X_2	0.0841	0.0091 ^a	—	—	—	0.9040
	X_6	0.0512	0.0096	0.0039 ^a	—	—	
	X_8	0.3106	0.0609	0.0359	—	0.1323 ^a	
5	X_1	0.0217 ^a	—	—	—	—	0.8748
	X_2	0.0597	0.0723 ^a	—	—	—	
	X_7	0.0674	0.1372	—	0.0921 ^a	—	
	X_8	0.0676	0.1341	—	0.1519	0.0999 ^a	0.8748
	X_1	0.2773 ^a	—	—	—	—	
	X_7	0.2112	—	—	0.0610 ^a	—	
	X_8	0.1735	—	—	0.0859	0.0659 ^a	

a 表示性状对体重的单独决定系数, 其它数据为两性状对体重的共同决定系数

表 5 多元回归方程的方差分析与复相关指数
Tab.5 Analysis of variance of multiple regression equation and multiple correlation index

年龄	指标	平方和	自由度	均方差	F 值	P 值	复相关指数 R^2
0	回归	17031.8430	3	5677.2810	234.8646	0.0000	0.9540**
	残差	821.8675	34	24.1726			
	总和	17853.7105					
1	回归	43872.9175	4	10968.2294	256.5669	0.0000	0.9161**
	残差	4018.4987	94	42.7500			
	总和	47891.4162					
2	回归	932568.6646	4	233142.1661	582.3426	0.0000	0.9425**
	残差	56850.0179	142	400.3522			
	总和	989418.6825					
3	回归	12711225.0792	4	3177806.2698	940.3427	0.0000	0.9225**
	残差	1067894.4698	316	3379.4129			
	总和	13779119.5490					
4	回归	22356666.9105	4	5589166.7276	400.2116	0.0000	0.9040**
	残差	2374139.9017	170	13965.5288			
	总和	24730806.8122					
5	回归	18871876.5795	3	6290625.5265	167.7312	0.0000	0.8748**
	残差	2700303.3548	72	37504.2133			
	总和	21572179.9342					

**表示差异极显著($P<0.01$)

表 6 偏回归系数和回归常数的显著性检验
Tab.6 Test significant of partial regression and intercept

年龄	变量	偏回归系数	标准误差	T 统计量	误差概率	95%下限	95%上限
0	b	-150.4493**	9.9817	-15.0724	0.0000	-455.2885	-154.3899
	X_1	0.8615**	0.1115	7.7237	0.0000	-0.8841	2.6071
	X_7	3.7778**	1.3105	2.8828	0.0065	-3.8767	11.4323
	X_8	0.7147*	0.3356	2.1298	0.0397	-0.7334	2.1628
1	b	-135.9665**	7.4938	-18.1438	0.0000	-405.7876	-133.8546
	X_1	0.8585**	0.0393	21.8314	0.0000	-0.8452	2.5622
	X_6	-0.5765**	0.1753	-3.2882	0.0014	-1.7205	0.5675
	X_7	2.1340**	0.4646	4.5936	0.0000	-2.1009	6.3689
2	b	-395.0741**	13.9192	-28.3834	0.0000	-1175.8771	-385.7289
	X_1	0.8811**	0.1970	4.4733	0.0000	-0.8603	2.6225
	X_2	1.9387**	0.6302	3.0764	0.0025	-1.8928	5.7702
	X_7	3.3032**	1.1667	2.8313	0.0053	-3.2251	9.8315
3	b	-1007.9542**	25.7349	-39.1668	0.0000	-2991.0082	-975.0998
	X_1	2.4153**	0.2762	8.7445	0.0000	-2.3366	7.1672
	X_2	2.1227*	0.9573	2.2175	0.0273	-2.0535	6.2989
	X_6	1.5854*	0.7954	1.9933	0.0471	-1.5337	4.7045
4	b	-1787.9260**	78.43154	-22.7960	0.0000	-5316.7402	-1740.8882
	X_1	0.9528**	0.25520	3.7335	0.0003	-0.9453	2.8509
	X_2	8.3185**	1.50838	5.5149	0.0000	-8.2528	24.8898
	X_7	24.8450**	4.01355	6.1903	0.0000	-24.6487	74.3387
5	b	-2958.7705**	213.8849	-13.8335	0.0000	-8852.9435	-2935.4025
	X_1	5.7068**	0.7919	7.2064	0.0000	-5.6617	17.0753
	X_7	25.1023**	7.7438	3.2416	0.0018	-24.9040	75.1086
	X_8	8.7657**	1.9824	4.4218	0.0000	-8.6965	26.2279

*表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)

表 7 梭鱼主要数量性状生长速度(%)
Tab.7 The growth rate (%) of major quantitative trait of *L. haematocheila*

年龄	体长 X_1	头长 X_2	吻长 X_3	眼径 X_4	眼间距 X_5	尾柄长 X_6	尾柄高 X_7	体高 X_8	体重
2	33.41	31.85	32.99	21.11	36.36	34.25	29.38	30.59	131.80
3	28.82	28.95	18.60	22.94	37.04	23.69	32.31	33.19	130.27
4	31.04	28.10	26.80	20.90	25.95	33.70	28.38	34.20	124.39
5	16.97	18.71	18.56	13.58	17.17	15.43	14.91	18.69	61.23
6	17.91	17.12	18.26	10.33	18.86	13.72	18.57	17.89	61.82

性状生长速度较快; 4 龄梭鱼体长、尾柄长、体高生长速度较快; 5、6 龄梭鱼长度、高度性状生长速度比较接近。梭鱼这种异速生长的特点决定了不同生长阶段外部形态性状对体重影响效果的不同, 必须针对不同生长阶段进行外部形态性状对体重影响效果的分析。

通过分析 879 尾原种梭鱼实测数据发现: 梭鱼个体间生长差异较大, 不同年龄组梭鱼体重变异系数高达 25.5%—44.8%(详见表 1), 在同一年龄组, 最大个体体重可达最小个体体重的 3—6 倍。这与李明德(1992)测定河北省歧口附近海域野生梭鱼生长结果一致, 也与徐恭昭等(1987)观察测定天津官港湖梭鱼生长情况相同。根据数量遗传学原理, 梭鱼生长受微效多基因控制, 梭鱼如此高的生长变异系数, 说明梭鱼生长基因多样性水平较高。选择育种潜力较大, 可通过选择育种选育出梭鱼优良品种。

3.2 影响梭鱼体重形态性状的确定

梭鱼的生长表现为外部形态和体重等数量性状的增长, 二者存在不同程度的相关性。描述梭鱼外部形态性状的指标一般包括全长、体长、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长、尾柄高、体高等。由于捕捞操作容易损伤尾鳍, 严重影响全长的测量, 所以本研究首先去掉了全长性状因子。作者以余下的 8 个外部形态性状为自变量(X), 体重性状为依变量(Y), 分别进行了相关分析、通径分析、决定分析和多元线性回归分析。在梭鱼各龄组, 通径分析和多元线性回归分析保留的自变量相同, 复相关指数与决定系数之和 $\sum d$ 数值相等, 最小值为 0.8748, 大于 0.85。说明本研究保留的形态性状是影响梭鱼体重的重点性状, 其它性状和已删除的性状对梭鱼体重影响较小。

由表 3、表 4、表 5 可以看出: 在不同年龄组, 影响梭鱼体重的重点形态性状显著不同, 虽然体长、体高是各年龄组影响体重的共同性状, 但对体重的作用也不尽相同。这与不同生长阶段牙鲆、三疣梭子蟹、中华绒螯蟹研究结果基本一致。王凯等(2008)在研究

5、8 月龄牙鲆形态性状对体重的影响效果时, 发现随着牙鲆月龄增加, 形态性状对体重的影响发生变化。刘磊等(2009)也发现不同日龄的三疣梭子蟹外部形态性状对体重的影响不同。耿绪云等(2007)分析了中华绒螯蟹一龄幼蟹、二龄成蟹外部形态性状对体重的影响效果, 发现影响一龄幼蟹、二龄成蟹体重的重点外部形态性状不尽相同, 即使同为重点性状, 其影响程度也不相同。因此, 在对选育对象进行数量性状分析时, 最好对选留种时间段进行分析, 揭示影响体重的重点形态性状, 更好地指导选育种工作。李明德(1992)认为: 梭鱼最佳生长阶段在 5 龄以前, 本实验选取 0—5 龄组梭鱼进行实验研究, 覆盖了梭鱼选留种的全部时间段, 对梭鱼良种选育具有很好的指导作用。

3.3 梭鱼外部形态性状与体重的数量关系

根据梭鱼异速生长的特点, 以梭鱼体重为依变量(Y), 外部形态性状为自变量(X), 分别对不同年龄组梭鱼测定资料进行多元线性回归分析, 逐步删除偏回归系数不显著的性状, 建立梭鱼各年龄组最优多元线性回归方程(1)—(6), 描述了梭鱼主要形态性状与体重性状间的数量关系。最优多元线性回归方程所保留的自变量与通径分析结果一致, 且各自变量对体重的偏回归系数均达到显著水平($P < 0.05$)或极显著水平($P < 0.01$), 确保最优多元线性回归方程具有实际意义。

参 考 文 献

- 王 凯, 刘海金, 刘永新等, 2008. 牙鲆形态性状对体重的影响效果分析. 上海水产大学学报, 17(6): 655—660
- 王 茜, 董 仕, 2005. 梭鱼等位酶遗传结构分析. 动物学报(增刊): 237—242
- 刘 磊, 李 健, 高保全等, 2009. 三疣梭子蟹不同日龄生长性状相关性及其对体重的影响. 水产学报, 33(6): 964—970
- 刘小林, 常亚青, 相建海等, 2002. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 33(6): 673—678
- 安 丽, 刘 萍, 李 健等, 2008. “黄海 1 号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析. 中国水产科学, 5(15):

- 779—786
- 孙长森, 林志华, 董迎辉等, 2010. 泥蚶(*Tegillarca granosa*)主要经济性状遗传参数的估算. 海洋与湖沼, 41(6): 907—913
- 李明德, 1992. 梭鱼的生物学与养殖. 天津: 南开大学出版社, 1—188
- 李相普, 马维林, 刘茂利等, 2003. GB19162-2003 梭鱼. 北京: 中国标准出版社, 1—5
- 吴立峰, 张吕平, 沈 琪等, 2010. 凡纳滨对虾不同家系的形态性状对体重的影响. 海洋湖沼通报, (2): 37—48
- 邹世平, 方耀林, 周瑞琼, 2008. GB18654.3-2008 养殖鱼类种质检验第 3 部分: 性状测定. 北京: 中国标准出版社, 1—6
- 张乾敏, 张 聪, 2008. 梭鱼的养殖技术及其病害防治. 科学养鱼, (8): 78
- 施兆鸿, 彭士明, 侯俊利, 2010. 我国鲮、梭鱼类资源开发及其生态养殖前景的探讨. 渔业科学进展, 31(2): 120—125
- 耿绪云, 王雪惠, 孙金生等, 2007. 中华绒螯蟹外部形态性状对体重的影响效果分析. 甲壳动物的健康养殖与种质改良. 北京: 海洋出版社, 319—327
- 徐恭昭, 郑澄伟, 1987. 梭鱼. 北京: 农业出版社, 1—44
- 韩咏梅, 周玉军, 2010. 梭鱼的引进及淡水池塘高产养殖技术. 山东畜牧兽医, (1): 51—53
- Liu Jian-Yong, Lun Zhao-Rong, Zhang Jun-Bin *et al*, 2009. Population genetic structure of striped mullet, *Mugil cephalus*, along the coast of China, inferred by AFLP fingerprinting. Biochemical Systematics and Ecology, 37(4): 266—274
- Xu Chun-Fang, Philippa Talmud, Herbert Schuster *et al*, 2007. Pleistocene isolation in the Northwestern Pacific marginal seas and limited dispersal in a marine fish, *Chelon haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845). Molecular Ecology, 16(2): 275—288

MORPHOMETRIC ATTRIBUTES TO BODY WEIGHT FOR THE REDLIP MULLET *LIZA HAEMATOCHEILA*

GENG Xu-Yun¹, MA Wei-Lin², LI Xiang-Pu³, SUN Jin-Sheng^{1, 4}

(1. Tianjin Aquaculture Disease Prevention & Treatment Center, Tianjin, 300221; 2. Tianjin Administration Office of Fishery and Fishing Harbor Supervision, Tianjin, 300451; 3. Tianjin Fishery Institute, Tianjin, 300221; 4. College of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin, 300074)

Abstract The redlip mullet *Liza haematocheila* is an important economic species in aquiculture. However, the superior varieties of artificial breeding were not well selected, so fine breed selection was needed. The body weight is a direct indicator to productivity, in this paper, the relationship of morphometric attributes to the body weight of the redlip mullet was studied. 879 original species of *L. haematocheila* were collected from Bohai Bay. Morphometric attributes of body length (X_1), head length (X_2), snout length (X_3), eye diameter (X_4), interorbital width (X_5), caudal peduncle length (X_6), caudal peduncle depth (X_7) and body depth (X_8) were measured according to the method of GB18654.3-2008. Redlip mullets were classified by age after the weight and age were detected. Path coefficients, determination coefficients and correlation index were calculated. Morphometric attributes of every age that affect the body weight were determined except the path coefficients of not significant attributes. The results showed that the weight of redlip mullets was affected by the body length and depth. X_1 at age of 0, 1, 3, 5 and X_8 at age of 2, 4 showed significant effect on body weight; X_7 was an important attribute that affect the weight of redlip mullet except the age of 3. X_1 , X_7 and X_8 exhibited significant indirect effect on body weight, X_2 and X_6 illustrated slight direct effect on body weight. The multiple regression equation to get the body weight was established. As dependent variable in weight (Y), morphological traits as independent variables (X_{1-8}), the data of redlip mullet determination in each age group for multiple linear regression analysis, and remove the regression coefficient, which is not significant traits, established the best multiple linear regression equation in each age group. Above conclusions were helpful for the selective breeding of redlip mullet.

Key words *Liza haematocheila*, Morphometric attribute, Correlation analysis, Path analysis