

文章编号: 1674 - 5566(2012)04 - 0535 - 07

二龄草鱼形态性状对体质量影响效果的分析

李玺洋^{1,2}, 白俊杰¹, 樊佳佳¹, 于凌云¹, 梁旭方²

(1. 中国水产科学研究院珠江水产研究所 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广东 广州 510380;
2. 华中农业大学 水产学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 为研究草鱼各形态性状对体质量的影响, 测定 287 尾二龄草鱼全长、体长、头长、体宽、体高、眼间距、肛前距共 7 个形态性状和体质量, 采用相关分析、通径分析和多元回归分析方法对草鱼 7 个形态性状与体质量进行相关性分析。剔除对体质量影响不显著的头长、体高及与体长存在显著共线性的全长, 建立了以体质量为依变量 (Y), 体宽 (X_4), 眼间距 (X_6), 肛前距 (X_7), 体长 (X_2) 为自变量的回归方程: $Y = -3048.127 + 220.925X_4 + 262.367X_6 + 33.776X_7 + 10.648X_2$ 。所选形态性状与体质量的相关指数 $R^2 = 0.900$, 说明所选性状是影响草鱼体质量的主要形态性状, 其中体宽对体质量的直接影响 ($P = 0.430$) 最大, 是影响体质量的最主要因素。在选育过程中, 可将 4 个主要形态性状作为一个整体考虑, 作为草鱼选育的测量指标。

研究亮点: 国内首次报道了草鱼形态性状对体质量的影响, 为草鱼选育提供理论依据。应用相关分析、通径分析、多元回归分析、共线性分析和显著性检验及方差检验, 系统地探讨了草鱼 7 个形态性状与体质量的相关性, 找出影响草鱼体质量的主要因素, 并建立了回归方程。
关键词: 草鱼; 选育; 相关分析; 通径分析; 多元回归分析
中图分类号: S 917
文献标志码: A

草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 属鲤形目 (Cypriniformes)、雅罗鱼亚科 (Leuciscinae)、草鱼属 (*Ctenopharyngodon*), 是我国淡水养殖鱼类中年产量最大、养殖面积最广的养殖对象。目前养殖的草鱼是由野生鱼驯养而成, 缺乏遗传改良的品种, 因此培育出优质高产的草鱼是保证产业可持续发展的重要内容之一。在鱼类选择育种过程中, 体质量是最直接的育种目标性状之一^[1], 但是不同形态性状与体质量之间往往存在一定的相关性。利用这类相关性, 可为草鱼选育工作提供方便, 特别是在体质量遗传力较低, 直接选育较难取得预期效果时, 利用与体质量有较高相关性的形态性状进行间接选育对提高育种效果具有重要意义^[2]。

在鱼类形态性状中体长与体质量一起被普遍

认为可判断鱼类育种生长目标性状之一。但是王雪辉等^[3]发现体长并不能准确反映鱼类生长状况, 有必要通过统计学方法研究鱼类形态性状对体质量的影响, 找出规律。利用相关分析、多元回归分析和通径分析等统计学方法研究鱼类^[4-7]形态性状对体质量的影响已有不少报道: 如杨贵强等^[8]分析得出硬头鳊幼鱼体高对体质量的直接影响最大; 何小燕等^[9]分析得出大口黑鲈体宽对体质量的直接影响最大; 刘贤德等^[10]分析得出大黄鱼头长对体质量的直接影响最大, 由此可知, 不同鱼类, 对体质量影响最大的形态性状也各不相同。本研究拟采用相关分析、通径分析和多元回归分析方法, 建立体质量与形态性状的多元回归方程, 旨在找出影响体质量的主要形态性状, 为草鱼选育提供理论依据。

收稿日期: 2011-11-02 修回日期: 2011-12-05

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-46-03); 国家高技术研究发展计划 (2011AA100403); 十二五国家科技支撑项目 (2012BAD26B02)

作者简介: 李玺洋 (1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为分子遗传育种。E-mail: lixiyangyang@sina.cn

通讯作者: 白俊杰, E-mail: jbbai@163.net

1 材料与amp;方法

1.1 材料

2009年5月选择广东佛山三水白金水产种苗有限公司养殖基地孵化的草鱼苗种,在15 m²的仔幼鱼培育池中饲养到6月,放养到面积7 000 m²的成鱼养殖池塘,每日投喂饲料两次。2011年4月,随机抽取287尾草鱼作为实验测定群。为了避免环境和人为因素对试验的影响,亲鱼催产至鱼苗下塘均同步进行,控制培育过程养殖密度、养殖环境等,保持条件一致,环境条件、放养密度、饲养管理相同,使试验的误差降至最低,实验结果可信度增加。

1.2 试验数据的测定

用100 mg/L的鱼安定间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐(C₁₀H₁₅NO₅S 简称MS-222)浸泡麻醉草鱼1 min,用电子天平称量鱼体质量(精确到0.1 g),依据测量标准^[11]用游标卡尺测定体宽,眼间距,肛前距(精确到0.02 mm),并用数码相机拍照,拍照时鱼体上方摆放一个直尺,应用Winmeasure 1.0软件^[12]进行统计,将尺子上的单位长度作为像素,再测量全长,体长,头长,和体高共4项指标,指标长度除以像素后即每个指标的最终值。

1.3 数据统计

应用Excel 2007和SPSS 17.0软件对试验数据进行处理和分析:应用描述统计(descriptive statistics)进行表型参数分析,并按照蔡忠建^[13]的

分析方法对偏度和峰度进行分析;应用模板相关(correlate)进行相关分析;应用模板回归(regression)进行回归分析。通径系数中的直接

系数公式①^[14-15] $P_{yx} = b_{yx} \frac{\delta_x}{\delta_y}$, 间接系数公式②

$\sum r_{x_j} p_j$, 单独决定系数公式③ $d_{y x_i} = P_{y x_i}^2$, 共同决定系数公式④ $d_{y x_i} = 2r_{x_i} P_{y x_i} P_{y x_j}$ 。式中 b_{yx} 为自变量与依变量的偏回归系数, δ_x 为自变量标准差, δ_y 为依变量标准差, r_{xy} 为 person 系数。

2 结果

2.1 草鱼各性状表型参数

测量的草鱼基本数据如下:体质量为811.0 ~ 2 200.0 g, 全长为39.19 ~ 65.28 cm, 体长为33.70 ~ 57.44 cm, 头长为7.08 ~ 12.35 cm, 体高为7.93 ~ 13.89 cm, 体宽为5.70 ~ 8.40 cm, 眼间距为4.50 ~ 6.10 cm, 肛前距为27.70 ~ 36.80 cm。

表1中草鱼体质量的变异系数最大,为18.31%, 然后依次是体高(7.99%)、体长(7.24%)、全长(6.97%)、头长(6.96%), 体宽(6.55%), 肛前距(5.89%)和眼间距(5.67%)变异系数最小。8项性状的偏度、峰度都接近于0, 且偏度为正, 可以认为样本呈正态分布, 与标准正态分布相比, 其峰度偏向较小数值; 全长、体长、体高峰度为正, 表示与标准正态分布相比, 其分布相对尖锐; 体质量、头长、体宽、眼间距、肛前距峰度为负, 与标准正态分布相比, 其分布相对平坦。

表1 草鱼各形态性状的表型参数

Tab. 1 The phenotypic parameters of morphological traits in grass carp

n = 287

形态	代码	平均值	标准差	偏度	峰度	变异系数/%
体质量 BW	Y	1465.6	268.4	0.3	-0.3	18.31
全长 TL	X ₁	48.8	3.4	0.3	0.1	6.97
体长 SL	X ₂	42.4	3.1	0.3	0.1	7.24
头长 HL	X ₃	9.6	0.7	0.3	-0.15	6.96
体宽 BWD	X ₄	7.2	0.5	0.03	-0.2	6.55
体高 BH	X ₅	10.7	0.9	0.5	0.9	7.99
眼间距 IW	X ₆	5.3	0.3	0.04	-0.2	5.67
肛前距 LBA	X ₇	32.4	1.9	0.04	-0.6	5.89

2.2 各性状间的表型相关系数

统计分析结果表明:各形态性状间的表型相关均达到极显著水平($P < 0.01$), 体宽与体质量的相关系数最大, 为0.900。草鱼各形态性状与

体质量间的相关关系由大到小的顺序为体宽 > 眼间距 > 肛前距 > 体长 > 全长 > 体高 > 头长。

2.3 4个形态性状对体质量的通径系数

以体质量为依变量, 其余形态参数为自变

量,利用 SPSS 回归线性 (linear regression),采用逐步剔除法 (stepwise),进行多元回归分析,剔除 $P > 0.05$ 的参数,保留了与体质量极显著的全长、体宽、眼间距、肛前距、体长。共线性检测中,两自变量间相关系数 r^2 越接近于 1,共线性越强。体长与全长的相关系数最大(表 2),为 0.981, r^2

= 0.962 3;另外当方差膨胀因子大于 10,表明存在共线性,全长和体长的方差膨胀因子分别为 27.35 和 32.49,均大于 10,由此可见体长和全长存在共线性,剔除全长,保留体宽、眼间距、肛前距、体长 4 个形态性状进行通径分析。

表 2 草鱼各形态性状之间的表型相关系数

Tab. 2 Pearson correlations between morphological traits in grass carp

性状	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Y	1							
X ₁	0.679**	1						
X ₂	0.715**	0.981**	1					
X ₃	0.507**	0.732**	0.757**	1				
X ₄	0.900**	0.657**	0.680**	0.498**	1			
X ₅	0.657**	0.830**	0.840**	0.692**	0.685**	1		
X ₆	0.873**	0.575**	0.604**	0.449**	0.805**	0.563**	1	
X ₇	0.868**	0.614**	0.638**	0.407**	0.807**	0.523**	0.810**	1

注: * 表示显著相关 ($P < 0.05$); ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

通径系数分为直接通径系数和间接通径系数,在本文中即草鱼形态性状对体质量的直接作用和间接作用。由表 3 可见:草鱼 4 个形态性状对体质量的直接作用由大到小的顺序为体宽 > 眼间距 > 肛前距 > 体长;对体质量的间接影响从大到小的顺序为肛前距 > 体长 > 眼间距 > 体宽。体宽与体质量相关系数 (0.900) 最大,对体质量的直接作用 (0.376) 也最大,但间接作用 (0.525) 最小。4 个形态性状对体质量的间接作用均大于直接作用,且间接作用都很大。但体宽和肛前距,体宽和眼间距共同对体质量影响较大,说明体宽对体质量所产生的间接作用最大。体宽受

环境影响较大,体重及其他形态性状也都受环境影响。为了避免环境和人为因素对草鱼生长的影响,水花都是选择同批繁育出来的草鱼同塘饲养,控制养殖密度、投料量及统一人工饲养技术和规范等,尽量确保养殖环境、放养密度相统一,饲养技术和管理水平相统一,减少试验的误差,提高实验数据及结果的准确率。另外,SPSS 17.0 软件可以计算出误差多少,消除误差进行对比,可最大限度降低误差对数据的干扰,使环境及人为因素对草鱼的影响降至最低,因此本实验的结果可信。

表 3 草鱼 4 个形态性状对体质量的影响

Tab. 3 The effects of four morphological traits on weight of grass carp

性状	间接作用				总和 $\sum r_{xi,xj} P_j$	相关系数 r_{xy}	直接作用 P_i
	体宽 X ₄	眼间距 X ₆	肛前距 X ₇	体长 X ₂			
体宽 X ₄		0.232	0.194	0.082	0.525	0.900	0.376
眼间距 X ₆	0.302		0.194	0.073	0.582	0.873	0.289
肛前距 X ₇	0.303	0.233		0.077	0.628	0.868	0.240
体长 X ₂	0.255	0.174	0.152		0.594	0.715	0.121

2.4 4 个形态性状对体质量的决定程度

根据各性状对体质量的决定系数公式,计算出各性状及性状间协同对体质量的决定系数(表 4)。位于对角线上的数据是每个形态性状对体

质量的决定系数,对角线下为两两性状对体质量的共同决定系数。体宽对体质量的单独决定系数最大,为 14.1%,眼间距、肛前距、体长对体质量的单独决定系数均很小。两两性状对体质量

决定系数中,眼间距和体宽,肛前距和体宽对体质量的共同决定系数较大,为 17.4%,体长与体宽对体质量的共同决定程度最小,仅为 0.61%。表 4 中 4 个形态性状对体质量的单独决定系数和两两共同决定系数的总和 $R^2 = 0.866$,说明其他尚未测量的性状对体质量的影响相对较小。

表 4 草鱼 4 个形态性状对体质量的决定系数
Tab. 4 The determinant coefficients of four morphological traits on the weight of grass carp

性状	体宽 X_4	眼间距 X_6	肛前距 X_7	体长 X_2
体宽 X_4	0.141			
眼间距 X_6	0.174	0.083		
肛前距 X_7	0.145	0.112	0.057	
体长 X_2	0.061	0.042	0.037	0.014

4 个形态性状对体质量的共同作用分析见表 5,复相关系数反映了所有自变量和依变量关系的密切程度,其值越接近 1,说明线性关系越强。多元回归中,自变量的变异在因变量变异中所占的比率会随着自变量个数的增加而增大,为了消除自变量个数对相关系数的影响而引进校正 R^2 。4 个自变量对体质量的复相关系数为 0.949。校正相关指数为 0.899,误差概率 $P = 0.000 < 0.01$,达到极显著水平。4 个形态参数对体质量的相关指数 $R^2 = 0.900$,相关指数 R^2 表示利用回归方程进行预测的可靠程度,相关指数大于或等于 0.85 时,表明已找到影响依变量的主要自变量^[16]。

表 5 草鱼 4 个形态性状与体质量的复相关分析
Tab. 5 The multiple-correlation coefficients of four morphological traits to the weight of grass carp

	1 个自变量	2 个自变量	3 个自变量	4 个自变量
复相关系数	0.900	0.934	0.945	0.949
相关系数	0.810	0.873	0.893	0.900
校正相关系数	0.809	0.872	0.891	0.899
标准误差	0.805	0.062	0.023	0.014
F 统计值	1 212.859	140.337	52.385	21.493
误差概率	0	0	0	0

2.5 多元回归方程的建立

根据多元回归分析原理,形态性状与体质量的相关关系达到显著或极显著水平,便可进行多元回归分析。由于对通径系数进行显著性检验

与多元回归分析中对偏回归系数的显著性检验是等价的,因此通径系数就是标准的偏回归系数。回归常数显著性检验表明体宽、眼间距、肛前距、体长对体质量的通径系数均为正值,说明对体质量的直接作用为正向作用,且相关关系均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。根据体宽 ($t = 10.349, P = 0.000 < 0.01$)、眼间距 ($t = 8.233, P = 0.000 < 0.01$)、肛前距 ($t = 6.619, P = 0.000 < 0.01$)、体长 ($t = 4.636, P = 0.000 < 0.01$),建立多元回归方程,如下:

$$Y = -3048.127 + 220.925X_4 + 262.367X_6 + 33.776X_7 + 10.648X_2$$

式中: Y 为体质量 (g), X_4, X_6, X_7, X_2 分别为体宽,眼间距,肛前距,体长。

回归平方和反映了自变量 X 的重要程度;残差平方和反映了实验误差以及其他意外因素对实验结果的影响,用 F 检验来分析二者之间的差别是否显著,可检验自变量和因变量之间的线性关系是否显著。当 F 值接近 1,则说明数据间的差异没有统计学意义,大于 1,则说明数据间的差异有统计学意义,自变量与因变量之间线性关系显著。表 6 中 $F = 635.596$,说明实验样本间数据的差异具有统计学意义且形态性状与体质量之间线性关系显著。回归关系均达到极显著水平 ($P < 0.01$),说明这 4 个形态性状与体质量的多元回归关系是真实可靠的。

3 讨论

3.1 3 种统计方法的特点

回归分析表明变量间相关的具体形式,相关分析表明变量间变化的相关程度,而通径系数具有相关分析和多元回归分析所不具备的优势,可直接比较原因对结果的效应,区分原因对结果的直接作用和间接作用,还能避免参数间的共线性关系^[17]。安丽等^[18]得出宝石鲈所有形态性状与体质量相关程度均达到极显著水平,但是经过通径分析和回归分析,剔除未达到显著性参数,找出了影响体质量的主要性状。由此可见,有必要结合相关分析、回归分析和通径分析,以确切找出对体质量影响最大的形态性状,使结果更趋合理。

表 6 多元回归方程的方差分析结果
Tab. 6 Analysis of variance of multiple regression equations

自变量个数		平方和 SS	自由度 DF	均方 MS	F 值	显著性
1 个自变量	回归	16.668E + 7	1	1.668E + 7	1212.859	0
	残差	3919476.259	285	137525.548		
	总计	20.060E + 7	286			
2 个自变量	回归	1.798E + 7	2	8 988 075.396	973.081	0
	残差	2 623 226.82	291	9 236.714		
	总计	2.060E + 7	293			
3 个自变量	回归	1.849E + 7	3	6 128 626.276	783.556	0
	残差	2 293 535.691	290	7 821.550		
	总计	2.078E + 7	293			
4 个自变量	回归	1.878E + 7	4	4 635 659.266	635.596	0
	残差	2 001 580.693	284	7 293.406		
	总计	2.078E + 7	288			

本实验中,草鱼各形态性状与体质量的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$),但经逐步剔除法进行回归分析后,头长和体高对体质量的直接影响不显著($P > 0.05$),因此被剔除,保留了对体质量的直接影响达到极显著水平的体长、全长、体宽、眼间距及肛前距;再经通径分析后,去除与体长具有共线性的全长,确定影响体质量的主要性状是体宽、眼间距、肛前距及体长。

3.2 鱼类体型对主要形态性状的影响

通过与其他鱼类研究结果进行对比,分析总结后发现对体质量影响较大的形态性状及其对体质量的单独决定系数大小与鱼体型密切相关。于飞等^[19]报道大菱鲂体长对体质量影响最大,单独决定系数为 0.601,王凯等^[20]报道牙鲆体长对体质量影响最大,单独决定系数为 0.439,牙鲆、大菱鲂体型为扁平型,背腹轴短,这种体型的鱼类多数为体长是影响体质量的最主要形态性状,且对体质量直接作用较大;唐瞻杨等^[21]报道的尼罗罗非鱼雌鱼体长对体质量影响最大,决定系数为 0.178,雄鱼体高对体质量影响最大,决定系数为 0.136,尼罗罗非鱼等多数鱼类为纺锤形,背腹轴较扁平型明显,使鱼体呈三维立体结构,对体质量的影响较大的形态性状呈多元化,不但包括体长,还包括体宽,体高,头长等都可以是对体质量起主要决定作用的形态性状,且对体质量的直接作用较扁平型小。本实验得出草鱼体宽对体质量影响最大,单独决定系数为 0.141,数值较低,因为草鱼体型也为纺锤形,略呈圆筒形,腹部大而浑圆^[22],由此可见不同体型鱼类,影响体质量的主要形态性状也不尽相同。

3.3 对草鱼体质量影响较大的形态性状

4 个主要形态性状对体质量的共同决定系数为 $R^2 = 0.900$,说明草鱼体质量的 90% 变异是由这 4 个形态性状决定的,其余 10% 的变异是由剩余的形态性状及随机误差所引起的。但这 4 个主要形态性状对体质量主要的间接作用均远远大于直接作用,单独决定系数也很小,说明这 4 个主要性状作为一个整体影响草鱼体质量。

本研究获得了草鱼主要形态性状与体质量的相关性分析结果,认为体宽,眼间距,肛前距和体长是直接或间接影响草鱼体质量的主要形态性状。在下一步快长草鱼的选育过程中除对体质量进行直接选择,还需考虑这些形态性状的间接选择。鉴于市场上人们偏爱细长条体态的草鱼,因此可以将体宽和体长同时作为间接选择的指标。

参考文献:

- [1] 严福升,王志刚,刘旭东,等. 3 月龄牙鲆形态、性状对体质量的通径分析[J]. 渔业科学进展,2010,31(2):45-50.
- [2] 李加纳. 数量遗传学概论[M]. 重庆:西南师范大学出版社,2007:166.
- [3] 王雪辉,杜飞雁,邱永松,等. 南海北部主要经济鱼类体长与体重关系[J]. 台湾海峡,2006,25(2):262-266.
- [4] 王波,刘世禄,张锡烈,等. 美国红鱼形态和生长参数的研究[J]. 海洋水产研究,2002,2(1):47-54.
- [5] DEBOSKI P, DOBOSZ S, ROBAK S, et al. Fat level in body of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L), and sea trout (*Salmo trutta* L), and method of estimation from morphometric data[J]. Archives of Polish Fisheries, 1999, 7(2):237-243.
- [6] 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]. *Aquaculture Research*, 2001, 32(4):277-285.
- [7] 佟雪红, 董在杰, 缪为民, 等. 建鲤与黄河鲤的杂交优势研究与主要生长性状的通径分析[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(3):159-163.
- [8] 杨贵强, 徐绍刚, 王跃智, 等. 硬头鲂幼鱼部分形态性状和体重的关系[J]. 动物学杂志, 2011, 46(1):16-22.
- [9] 何小燕, 刘小林, 白俊杰, 等. 大口黑鲈形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 水产学报, 2009, 33(4):597-603.
- [10] 刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等. 闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关通径分析[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(6):916-920.
- [11] 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖, 等. 鱼类分类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:29-30.
- [12] 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.
- [13] 蔡忠建. 对描述性统计量的偏度和峰度应用的研究[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(3):75-77.
- [14] 李宁. 动物遗传学[M]. 北京: 农业出版社, 2003:178.
- [15] 顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2006:320.
- [16] 明道绪. 生物统计附试验设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006:216-217.
- [17] 王新安, 马爱军, 许可, 等. 大菱鲂幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J]. 动物学报, 2008, 54(2):540-545.
- [18] 安丽, 孟庆磊, 王成武, 等. 宝石鲈形态性状与体重的关系分析[J]. 长江大学学报, 2010, 7(3):43-37.
- [19] 于飞, 张庆文, 孔杰, 等. 大菱鲂测量性状对体重的影响效果分析[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(6):33-39.
- [20] 王凯, 刘海金, 刘永新, 等. 牙鲆形态性状对体重的影响效果分析[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6):655-670.
- [21] 唐瞻杨, 林勇, 陈忠, 等. 尼罗罗非鱼的形态性状对体质量影响效果分析[J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(5):428-434.
- [22] 李春洲, 沈正钱. 草鱼养殖中的病害防治(1)[J]. 渔业致富指南, 2008(4):65-66.

The relationship between morphological characters and body weight of *Ctenopharyngodon idellus*

LI Xi-yang^{1,2}, BAI Jun-jie¹, FAN Jia-jia¹, YU Ling-yun¹, LIANG Xu-fang²

(1. Key Lab of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation, Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380, Guangdong, China; 2. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China)

Abstract: To study the effects of morphological attributes on body weight of grass carp, 287 2-year-old individuals were sampled for measuring seven metric traits, including the total length, standard length, head length, body width, body height, interorbital width, length before anus. The relationship between morphological attributes and body weight was quantified by correlation analysis, path analysis and multiple regression analysis to determine the major morphological attributes. The results showed that the correlation coefficients of each morphological trait to body weight were all very significant ($P < 0.01$). Head length, body height were eliminated from the variable data, because of no significance in multiple regression analysis. Total length was also kicked out from variable data because it was co-linear with standard length. The regression equation was obtained as $Y = -3048.127 + 220.925X_4 + 262.367X_6 + 33.776X_7 + 10.648X_2$, in which body weight (Y) was used as the dependent variables and body width (X_4), interorbital width (X_6), length before anus (X_7), standard length (X_2) were as independent variables. Judged from the results of high correlation index ($R^2 = 0.900$) it suggests that the main variables have been selected, among them the body width weighted the most ($P = 0.430$) to the body weight, and it was key effective factor on body weight. In the selection process, four main morphological traits were considered as a whole, which provided essential theoretical basis and ideal measure for selective breeding of grass carp.

Key words: grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*); morphological characters; correlation analysis; path analysis; multiple regression