

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20170110001

http://www.yykxjz.cn/

董浚键, 孙成飞, 田园园, 曾庆凯, 师红亚, 卢迈新, 叶星. 翘嘴鳊主要形态性状与体重的相关性及其雌雄形态性状差异分析. 渔业科学进展, 2018, 39(2): 76-84

Dong JJ, Sun CF, Tian YY, Zeng QK, Shi HY, Ye X. Correlation analysis of the main morphological traits and body weight of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) and morphological traits between males and females. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(2): 76-84

翘嘴鳊主要形态性状与体重的相关性及其雌雄形态性状差异分析*

董浚键¹ 孙成飞¹ 田园园^{1,2} 曾庆凯^{1,2} 师红亚^{1,2} 卢迈新^{1,2} 叶星^{1,2①}

(1. 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室 中国水产科学研究院珠江水产研究所 广州 510381;
2. 上海海洋大学 上海 201306)

摘要 为了解翘嘴鳊(*Siniperca chuatsi*)主要形态性状与体重的相关性,以及雌雄形态性状的差异,本研究测量了同塘养殖的 2837 尾翘嘴鳊的 7 个生长相关性状,包括全长、体高、头长、眼径、尾柄全长和尾柄高与体重。采用相关分析、通径分析和多元线性回归分析方法,分析各形态性状与体重的相关关系,并从中随机取雌雄个体各 150 尾建立多元回归方程,并另随机取 120 尾进行雌雄判别验证。结果显示,在各形态性状中,全长、体高与体重的相关系数最大。通过建立回归方程组并进行偏回归系数检验,发现头长和尾柄高与体重的相关性不显著,故剔除这 2 个性状后作进一步分析。通径分析显示,全长和体高对体重的直接作用最大,且大于间接作用;单性状及两两性状协同对体重的决定系数显示,全长及体高对体重的单独决定程度最高,且二者的协同作用也最大;4 个性状对体重的决定系数总和($\sum d$)达 0.896,说明这 4 个性状与体重有较大的相关性,拟合的多元回归方程具有较大的参考意义。建立雌雄鱼判别回归方程并分析验证显示,对于体重小于 200 g 的个体其雌雄性别判别的准确率较高。本研究可为翘嘴鳊生长性状选择评价指标的确定提供参考,将有助于提高选育种效率。

关键词 翘嘴鳊; 形态性状; 体重; 相关关系; 多元回归; 通径分析

中图分类号 S965.199 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)02-0076-09

体重作为重要的生长性状之一,常被作为鱼类选育的重要目标性状(Gae *et al.*, 2002; 袁美云等, 2010)。水产动物形态性状与体重性状间存在着相关关系,对重要经济性状的相关及通径分析不仅可以了解各性状与体重的相关程度及形态性状间的关联度,而且可

以为制定实际育种方案提供基础数据。研究形态性状与体重性状间的相关程度主要采用相关分析、多元回归分析、灰色关联分析和通径分析等方法(谭才钢等, 2015; 王新安等, 2013)。采用多元线性回归分析与偏相关分析,由于存在自变量与因变量的偏回归系数数量

* 广东省海洋渔业科技推广专项(A201601A06)、现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46)、广东省科技计划项目(2015A020209034)和广州市科技计划项目(2014132000291)共同资助 [This work was supported by the Ocean Fisheries Science and Technology Promotion Project of Guangdong Province (A201601A06), China Agriculture Research System (CARS-46), the Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (2015A020209034), and the Science and Technology Planning Project of Guangzhou City (2014132000291)]. 董浚键, E-mail: shantoumaliugan@gmail.com; dongjj@prfri.ac.cn

① 通讯作者: 叶星, 研究员, E-mail: gzyexing@163.com

收稿日期: 2017-01-10, 收修改稿日期: 2017-03-10

纲不同而不利于数据的直接比较。通径分析可以在多元回归分析的基础上扩展,分析自变量间的相互关系及它们对因变量的协同作用关系,并可逐步剔除不显著的自变量,建立准确的多元线性回归方程。在水产动物,如鱼类(严福升等, 2010; 胡玉龙等, 2015; 张永泉等, 2014;)、爬行类(王诚远等, 2013; 马晓等, 2013)、甲壳类(柴展等, 2015; 李洋等, 2012)、贝类(白临建等, 2012; 张嘉丽等, 2014)和头足类(平洪领等, 2015)等都有形态性状与体重性状间相关关系的报道。

翘嘴鳊(*Siniperca chuatsi*), 俗称桂花鱼, 是我国重要的优质养殖鱼类之一, 在我国多个省市进行养殖(吴斌等, 2015)。2015 年, 我国翘嘴鳊的养殖产量达 29.8 万 t, 广东省约为 10 万 t(袁晓初等, 2016)。随着鳊养殖业的发展, 急需开展翘嘴鳊快长抗逆的优良品种选育研究。目前, 对翘嘴鳊形态特征与生长性状的相关研究尚不多见。张进等(2013a、b)对翘嘴鳊和杂交鳊形态性状进行了通径分析, 证实不同月龄翘嘴鳊和杂交鳊的全长和体高对体重影响最大; 窦亚琪等(2014)对不同月龄性状的主成分进行分析, 证明了体重、体长和体高是翘嘴鳊早期生长阶段最重要的性状指标, 且发现了翘嘴鳊早期生长阶段为等速生长。这些研究所抽取的群体样本数都在 40~70 尾之间, 可满足统计分布的最低样本要求(不少于 30 个), 但统计分析中样本量越大, 越能反应总体特征。当给定置信水平时, 样本量越大, 误差区间越小, 能有效提高判别效果, 能够得到更准确可靠的多元回归方程。本研究采用多元回归和偏回归系数检验, 结合通径分析对达到上市规格的 184 个家系共 2837 尾同塘养殖的翘嘴鳊的全长(TL)、体高(BH)、头长(HL)、眼径(ED)、尾柄全长(CPTL)和尾柄高(CPH)共 6 个性状与体重(BW)的关联度进行分析; 从中随机取雌雄翘嘴鳊各 150 尾

建立多元回归方程, 最后随机抽取 120 尾进行雌雄判别分析验证。本研究结果可为下一步翘嘴鳊的选育提供合理科学的选育评价指标, 以提高选育效率。

1 材料与方法

1.1 材料

实验中翘嘴鳊 3 个亲本群体分别为广东养殖群体(62 尾)、安徽秋浦河养殖群体(37 尾)和湖南洞庭湖野生群体(63 尾), 共计 162 尾。其中, 广东和安徽的 2 个养殖群体均由广东省清远市清新县宇顺农牧渔业科技服务有限公司养殖和保种, 湖南野生群体则于 2015 年采自湖南洞庭湖。以 3 个群体为亲本, 采用完全双分列杂交法配对繁殖, 获得 9 个群体(184 个家系), 共 2837 尾 F₁ 代个体。幼鱼经电子芯片标记后放养于清远市宇顺农牧渔业科技服务有限公司鳊鱼养殖基地同一口池塘中, 养殖 140 d 后收获、测量。

1.2 样本形态性状测定

测量前先用 Tricaine (MS-222) 麻醉实验鱼, 麻醉剂浓度为 7.5~13.5 g/m³, 水温为 20℃~25℃。体重性状采用电子天平称量(精确至 0.01 g); 全长、体高等形态性状先通过数码相机拍照, 并采用本实验室设计的鱼类外部形态测量软件 V1.0(登记号: 2013SR144497), 对全长、体高、头长、眼径、尾柄全长和尾柄高 6 个形态性状进行测量, 通过与标尺的像素比较, 计算出各性状的数值(精确到 0.001 mm)(图 1); 性别通过解剖检查其生殖腺进行鉴定。

1.3 数据处理

使用 SPSS 18.0 软件对翘嘴鳊全长、体高、头长、

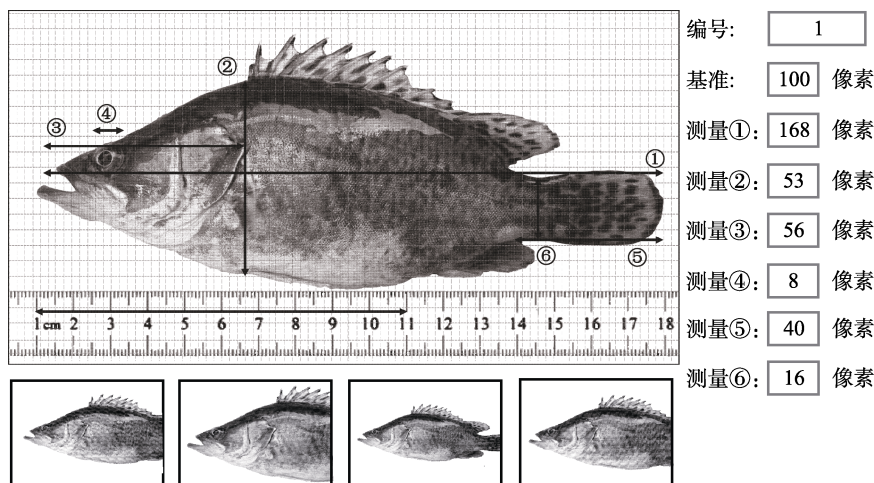


图 1 翘嘴鳊各形态性状的软件测量

Fig. 1 The measurement of the morphological traits of *S. chuatsi* by software

眼径、尾柄全长、尾柄高和体重共7个性状测定结果进行统计分析(杜家菊等, 2010; 何风华等, 2005), 根据统计量计算平均数(\bar{x})、标准差(S)和变异系数(C_v), 进而分析形态性状间的相关系数(r_{xy})、偏回归系数(b_i)和通径系数(标准偏回归系数 $P_{x,y}$, 简称为 P_i), 并进行偏回归系数检验, 排除不显著相关的形态性状; 通过分析各形态性状对体重的直接作用(通径系数 P_i)和间接作用($\sum r_{x,x_j} P_{x_j,y}$, 简称为 $\sum r_{ij} P_j$), 结合单个性状对体重的决定系数($d_{x,y}$, 简称为 d_i)、两个性状对体重的共同决定系数($d_{x,x_j,y}$, 简称为 d_{ij})建立回归方程。

平均数(\bar{x})、标准差(S)、标准误(σ)和变异系数(C_v)的计算公式如下(蔡一林等, 2011; 李春喜等, 2013; 王新安等, 2013):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}};$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}}; C_v(\%) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%;$$

$n=2837$; $i=1, 2, 3, \dots, n$; x_i 表示形态性状数值。性状间的相关系数(r_{xy})的计算公式:

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

$n=2837$; $i=1, 2, 3, \dots, n$; x_i 表示形态性状数值; y_i 表示体重性状数值。

直接作用(P_i)和间接作用($\sum r_{ij} P_j$)公式:

$$P_i = b_i \frac{S_{x_i}}{S_y};$$

$$\sum r_{ij} P_j = r_{xy} - P_i;$$

b_i 表示偏回归系数; S_{x_i} 和 S_y 表示形态性状和体重的标准差; r_{xy} 表示形态性状与体重间的相关系数。形态性状对体重的决定系数(d_i 和 d_{ij})公式:

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

r_{ij} 表示形态性状间的相关系数; d_i 表示单个性状对体重的决定系数; d_{ij} 表示2个性状对体重的共同决定系数。

复相关指数(R^2)公式:

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

x_i 表示各个形态性状; $r_{x_i,y}$ 表示形态性状与体重间的相关系数; P_i 形态性状对体重的直接作用。

多元线性回归方程模型:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_i X_i;$$

X_i 表示各个形态性状; y 表示体重性状。

2 结果

2.1 翘嘴鳊各生长性状参数

共测定了2837尾翘嘴鳊成鱼的体重、全长、体高、头长、眼径、尾柄全长和尾柄高。在这些性状中, 体重的变异系数最高, 达44.275%, 眼径的变异系数最低, 为10.964%, 其余各性状变异系数在13.884%~16.967%之间(表1); 各性状标准误均较小, 说明所取样本各参数对总体的估计较接近, 可靠性高。

2.2 翘嘴鳊所测各性状的相关性

对翘嘴鳊各形态性状分别进行相关分析, 获得各性状表型值相关系数(表2)。其中, 全长与体高的相关系数最大, 为0.974; 体重与其他形态性状的相关系数均呈极显著正相关, 与全长和体高的相关系数最大, 分别为0.929和0.932, 而与眼径的相关系数最小; 各性状两两之间的相关性均达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.3 翘嘴鳊形态性状对体重的决定程度比较分析

由于各性状间可能存在不同程度的多重共线性现象, 需进一步对各性状进行偏回归系数检验和通径分析。通径分析能解析各形态性状间复杂的相互关

表1 翘嘴鳊各生长性状的参数统计

Tab.1 Statistics of the morphological traits of *S. chuatsi* ($n=2837$)

性状 Traits	平均数 Mean	标准差 Standard deviation	标准误 Standard error	变异系数 Variable coefficient(%)
体重 BW (g)	285.096	126.226	2.375	44.275
全长 TL (mm)	24.982	3.674	0.069	14.706
体高 BH (mm)	7.690	1.281	0.024	16.662
头长 HL (mm)	7.509	1.153	0.022	15.352
眼径 ED (mm)	1.150	0.126	0.002	10.964
尾柄全长 CPTL (mm)	6.539	0.908	0.017	13.884
尾柄高 CPH (mm)	2.384	0.404	0.008	16.967

表 2 翘嘴鲈形态性状间的相关系数

Tab.2 The correlation coefficients between the morphological traits of *S. chuatsi* (n=2837)

性状 Traits	体重 BW	全长 TL	体高 BH	头长 HL	眼径 ED	尾柄全长 CPTL	尾柄高 CPH
体重 BW	—						
全长 TL	0.929**	—					
体高 BH	0.932**	0.974**	—				
头长 HL	0.841**	0.901**	0.881**	—			
眼径 ED	0.492**	0.549**	0.530**	0.649**	—		
尾柄全长 CPTL	0.804**	0.899**	0.860**	0.721**	0.437**	—	
尾柄高 CPH	0.855**	0.913**	0.906**	0.793**	0.478**	0.856**	—

注: **表示极显著(P<0.01), 表 4 同

Note: ** indicate extremely significant differences (P<0.01), the same in Tab.4

系。建立翘嘴鲈各形态性状对体重的通径系数回归方程组, 显著性检验(R=0.947, F=3490.266, P<0.01)显示, 鲈形态性状与体重间的复相关关系和多元回归关系真实存在, 可进行通径分析; 但偏回归系数检验头长和尾柄高变量未达到显著水平(P>0.05) (表 3), 故剔除头长及尾柄高性状后进一步分析。

分析除头长和尾柄高性状外的 4 个形态性状对体重的直接作用和间接作用, 发现全长对体重的直接作用最大(0.633), 而全长通过其他性状对体重的间接作用最小(0.296), 直接作用远大于间接作用; 体高的

直接作用也较高(0.473), 略高于间接作用(0.459) (表 4); 眼径和尾柄全长性状则是间接作用显著大于直接作用, 其中, 尾柄全长对体重的直接作用最小(-0.152), 而间接作用最大(0.980)(表 4)。

2.4 翘嘴鲈形态性状对体重的决定程度分析

计算各形态性状(d_i)及形态性状两两间(d_{ij})协同对体重的决定系数, 所有决定系数的总和为 0.896, 与复相关系数(R^2)相等, 该结果表明全长、体高、眼径和尾柄全长 4 个形态性状为影响体重的重点性状,

表 3 翘嘴鲈主要形态性状与体重的偏回归系数检验

Tab.3 Partial regression coefficient test of the morphological traits and body weight of *S. chuatsi* (n=2837)

变量 Variables	偏回归系数	标准化的偏回归系数	t	P
	Partial regression coefficient	Standardized partial regression coefficient		
常量 Constant	-433.401		-51.386	0.000
全长 TL	21.740	0.633	15.253	0.000
体高 BH	46.602	0.473	16.043	0.000
头长 HL	-3.406	-0.031	-1.687	0.092
眼径 ED	-28.001	-0.028	-3.257	0.001
尾柄全长 CPTL	-21.107	-0.152	-8.817	0.000
尾柄高 CPH	5.366	0.017	1.032	0.302

注: P<0.05 表示显著

Note: P<0.05 indicated significant differences

表 4 翘嘴鲈形态性状对体重影响的通径分析

Tab.4 Path analysis of the effects of the morphological traits on the body weight of *S. chuatsi* (n=2837)

性状 Traits	相关系数 Correlation index	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect						
			总计 Total	全长 TL	体高 BH	头长 HL	眼径 ED	尾柄全长 CPTL	尾柄高 CPH
全长 TL	0.929**	0.633	0.296	—	0.461	-0.028	-0.015	-0.137	0.016
体高 BH	0.932**	0.473	0.459	0.616	—	-0.027	-0.015	-0.131	0.016
头长 HL	0.841**	-0.031	0.872	0.570	0.417	—	-0.018	-0.110	0.014
眼径 ED	0.492**	-0.028	0.520	0.348	0.251	-0.020	—	-0.066	0.008
尾柄全长 CPTL	0.804**	-0.152	0.980	0.569	0.407	-0.022	0.012	—	0.015
尾柄高 CPH	0.855**	0.017	0.838	0.578	0.428	-0.025	-0.013	-0.130	—

注: **表示极显著(P<0.01)

Note: ** indicated extremely significant differences (P<0.01)

头长和尾柄高性状对体重的影响相对较小;单独性状决定作用中以全长和体高的影响最高,分别为 0.400

和 0.224, 两两共同决定作用中全长和体高的协同作用程度最大(0.583)(表 5), 其余的均较小(<0.05)。

表 5 翘嘴鳊形态性状对体重的决定系数

Tab.5 The determinant coefficients of the morphological traits on the body weight of *S. chuatsi* ($n=2837$)

性状 Traits	全长 TL	体高 BH	头长 HL	眼径 ED	尾柄全长 CPTL	尾柄高 CPH
全长 TL	0.400	0.583	<i>x</i>	-0.023	-0.174	<i>x</i>
体高 BH		0.224	<i>x</i>	-0.017	-0.125	<i>x</i>
头长 HL			<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
眼径 ED				0.001	0.003	<i>x</i>
尾柄全长 CPTL					0.023	<i>x</i>
尾柄高 CPH						<i>x</i>

注:表中对角线数值为单个形态性状对体重的决定系数,对角线以上数值为两两性状协同对体重的决定系数

Note: The data on the diagonal line in the table were the determinant coefficient of single morphometric trait on body weight. The data above the diagonal line were determinant coefficients of the pairwise traits on body weight

2.5 翘嘴鳊形态性状对体重多元回归方程的建立

根据测定数据进行逐步多元回归分析,由于头长和尾柄高偏回归系数不显著(表 3),因此,剔除头长和尾柄高 2 个自变量,再次进行多元回归分析(表 6),建立以全长、体高、眼径和尾柄全长与鳊体重关联的新回归方程:

$$y = -433.157 + 20.678x_1 + 47.338x_2 - 34.056x_3 - 18.84x_4$$

y 为体重(g), x_1 为全长(mm), x_2 为体高(mm), x_3 为眼径(mm), x_4 为尾柄全长(mm)。

多元回归方程的方差分析及相关指数分析结果显示,回归关系极显著($P < 0.01$)(表 7),且各形态性状对体重的偏回归系数也极显著($P < 0.01$)(表 6);4 个性状对体重的显著性检验 $R=0.947$,说明 4 个性状对体重有较大的相关性。

2.6 翘嘴鳊雌雄多元回归方程的建立及验证

翘嘴鳊形态性状对体重的决定系数中,全长和体高对体重的决定系数最高(表 5),因此,利用雌雄鱼的全长和体高数据分别进行多元回归分析,建立全长和体高与体重关联的回归方程(表 8):

$$\text{雌鱼: } y = -480.563 + 24.976x_1 + 18.182x_2;$$

$$\text{雄鱼: } y = -436.168 + 13.502x_1 + 49.657x_2$$

式中, y 为体重, x_1 为全长, x_2 为体高。

利用建立的雌雄回归方程,用 120 尾鳊进行验

证,结果显示,总的判别准确率为 61.667%,在体重小于 200 g 的鳊鱼雌雄判别准确率达到 72.131%,但在大于 200 g 的准确率只有 50.847%(表 9)。

3 讨论

3.1 影响翘嘴鳊体重性状的主要形态性状

体重是鱼类重要的生长性状,且其变异系数较大,被作为大多数鱼类选育的重要指标(袁美云等,2010)。本研究测量了 2837 尾翘嘴鳊的 7 个生长相关

表 6 翘嘴鳊主要形态性状与体重的偏回归系数检验(剔除头长、尾柄高)

Tab.6 Partial regression coefficient test of the morphological traits and body weight of *S. chuatsi* (HL and CPH were eliminated) ($n=2837$)

变量 Variable	偏回归系数 Partial regression coefficient	t	P
常量 Constant	-433.157	-51.498	0.000
全长 TL	20.678	17.474	0.000
体高 BH	47.338	16.692	0.000
头长 HL	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
眼径 ED	-34.056	-4.320	0.000
尾柄全长 CPTL	-18.840	-8.905	0.000
尾柄高 CPH	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>

表 7 多元回归方程的方差分析

Tab.7 Analysis of variance of multiple regression equations

指数 Index	总平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	P
回归 Regression	39645930.53	6	6607655.088	3490.266	0.000
残差 Residual error	5333050.77	2817	1893.167		
总计 Total	44978981.30	2823			

表 8 雌雄翘嘴鳊主要形态性状与体重的偏回归系数检验(剔除头长、尾柄高)

Tab.8 Partial regression coefficient test of the morphological traits and body weight of male and female *S. chuatsi* (HL and CPH were eliminated) $n(\text{female})=150, n(\text{male})=150$

性别 Sex	变量 Variable	偏回归系数 Partial regression coefficient	<i>t</i>	<i>P</i>
雌性 Female	常量 Constant	-480.563	-23.682	0.000
	全长 TL	24.976	7.991	0.000
	体高 BH	18.182	2.050	0.042
雄性 Male	常量 Constant	-436.168	-19.688	0.000
	全长 TL	13.502	4.978	0.000
	体高 BH	49.657	6.502	0.000

表 9 翘嘴鳊雌雄判别验证结果

Tab.9 The results of sexual determination of *S. chuatsi*

体重 Body weight(g)	尾数 Number(ind.)	判别数 Discriminant number (ind.)		准确率 Accuracy rate (%)
		正判 True	误判 False	
<200 g	61	44	17	72.131
>200 g	59	30	29	50.847
全部 All	120	74	46	61.667

性状,包括全长、体高、头长、眼径、尾柄全长、尾柄高和体重,发现体重性状变异系数最大,说明以体重为目标性状进行翘嘴鳊的选择育种是可行的,也说明所检测的翘嘴鳊群体具有较大的选择育种潜力。

形态性状是生物种质状况和生长特征的综合反映,也是生物选择育种的重要指标(王新安等, 2012)。在选育过程中,通过研究性状间的相互关系,可为间接选育、多性状选育和选择指数提供参考(李思发等, 2006)。利用通径分析,结合多元线性回归分析与偏相关分析,可以精确、直观地处理复杂的变量关系(敬艳辉等, 2006)。本研究对翘嘴鳊的体重与各形态性状进行了系统分析,发现各形态性状测量值间均存在显著差异。进一步建立多元回归方程并通过偏回归系数检验,发现头长和尾柄高的偏回归系数值不显著,故剔除这 2 个性状后建立了最终的多元回归方程,并通过通径分析确定各形态性状对体重性状的直接作用以及每个形态性状通过其他性状对体重的间接作用。翘嘴鳊的全长和体高对体重的单独决定程度最高,且全长和体高的共同决定系数也显著高于其他两两性状。这与硬头鳊(*Oncorhynchus mykiss*)幼鱼、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)、红鳍东方鲀(*Fugu rubripes*)和白斑红点鲑(*Salvelinus leucomaenis*)等鱼类形态性状的研究结果相同,这些鱼类对体重的决定系数最大的单独性状也均为体高和全长,两两共同决定系数也主要以全长/体高的协同作用程度最大(佟广香等, 2011; 杨贵强等, 2011; 王新安等, 2013; 袁美云等, 2010; 张永泉等, 2014)。进行决定系数分析时,当各自变量对依变量的单独决定系数及两两共同

决定系数的总和($\sum d$)大于 0.85 时,表明自变量与依变量的相关性较大(刘小林等, 2004)。本研究中,全长、体高、眼径和尾柄全长 4 个性状对体重的决定系数总和达 0.896,表明这 4 个性状是影响体重的重点性状,其他尚未测定或剔除的性状对体重的影响相对较小。本研究通过分析大样本所建立的回归方程量化了翘嘴鳊体重与全长、体高、眼径和尾柄全长的相关关系,翘嘴鳊的全长、体高和体重可以作为多性状选育的主要选择参数。

3.2 雌雄翘嘴鳊的形态性状判别

在水生动物中,有些鱼类雌雄个体的生长存在明显差异,比如大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)、黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)和红鳍东方鲀等(谌微等, 2014; 胡玉龙等, 2015; 林植华等, 2004; 岳亮等, 2015);有些鱼类则不存在明显的生长差异,如大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)和北部湾口眼镜鱼(*Mene maculate*)等(安丽等, 2011; 杜时强等, 2012;)。翘嘴鳊雌雄个体的生长也存在差异(王晓清等, 2006),但翘嘴鳊在未达性成熟前或非生殖季节,从外部形态上难以区别其雌雄个体,在选育种过程进行后备亲本雌雄个体的选留时难度很大。

本研究分析体重、全长和体高 3 个性状与性别的相关关系,建立了翘嘴鳊雌雄个体形态参数的回归方程,进行雌雄判别验证准确率为 61.667%;而且对小规格(<200 g)的样本判别准确率更高,可达 72.131%(表 9)。通常达性成熟的个体其雌雄个体的判别可借

助是否能挤出精液进行鉴定,而较小个体通常是无法判断雌雄的。本研究通过形态参数对小规格样本的雌雄鉴别在鳃选育过程中具有实际应用价值。

本研究通过相关分析、通径分析及多元回归分析确定了翘嘴鳊的全长和体高性状对体重性状影响最大,且建立了翘嘴鳊体重的回归方程;同时建立的翘嘴鳊雌雄个体形态参数的回归方程对小规格样本具有较高的鉴别率。本研究结果可为下一步翘嘴鳊的选育提供合理科学的选育评价指标,以提高选育效率。

参 考 文 献

- An L, Zhu YA, Wang YX, *et al.* Statistic morphology difference between sexual dimorphism of *Paramisgurnus dabryanus* Sauvage. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 11(1): 289–290 [安丽, 朱永安, 王玉新, 等. 大鳞副泥鳅雌雄个体的形态特征比较. *安徽农业科学*, 2011, 11(1): 289–290]
- Bai LJ, Yang AG, Zhou LQ, *et al.* Effects of morphometric traits on weight traits of *Atrina pectinata*. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, 33(6): 87–92 [白临建, 杨爱国, 周丽青, 等. 栉江珧形态性状对重量性状的影响. *渔业科学进展*, 2012, 33(6): 87–92]
- Cai YL, Yue YS. *The aquatic biological statistics*. Beijing: China Agriculture Press, 2001 [蔡一林, 岳永生. *水产生物统计*. 北京: 中国农业出版社, 2001]
- Chai Z, Luan S, Luo K, *et al.* Correlation analysis of fillet yield with phenotypic traits for families from conservation population of *Litopenaeus vannamei*. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(6): 63–70 [柴展, 栾生, 罗坤, 等. 基于家系水平的凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)保种群体出肉率与表型性状的相关性分析. *渔业科学进展*, 2015, 36(6): 63–70]
- Chen W, Wang PP, Xiao SJ, *et al.* Analysis of morphological index system and sexual differences of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*). *Journal of Jimei University (Natural Science)*, 2014, 19(6): 401–408 [谌微, 王盼盼, 肖世俊, 等. 大黄鱼形态指标体系及雌雄差异分析. *集美大学学报(自然科学版)*, 2014, 19(6): 401–408]
- Dou YQ, Liang XF, Yi TL, *et al.* Principal component and discriminant analyses of traits of *Siniperca chuatsi* at different ages. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(6): 1116–1124 [窦亚琪, 梁旭方, 易提林, 等. 翘嘴鳊不同月龄性状的主成分与判别分析. *中国水产科学*, 2014, 21(6): 1116–1124]
- Du JJ, Chen ZW. Using the SPSS method to realize size analysis of linear regression. *Bulletin of Biology*, 2010, 45(2): 4–6 [杜家菊, 陈志伟. 使用SPSS线性回归实现通径分析的方法. *生物学通报*, 2010, 45(2): 4–6]
- Du SQ, Feng B, Hou G, *et al.* Age and growth of moonfish, *Mene maculate* from mouth of the Beibu Gulf, South China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(4): 576–583 [杜时强, 冯波, 侯刚, 等. 北部湾口眼镜鱼年龄与生长. *水产学报*, 2012, 36(4): 576–583]
- Gae 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. *Aquaculture*, 2002, 212(1–4): 93–113
- He FH, Li MH. Excel application in path analysis. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2005, 22(5): 331–332 [何风华, 李明辉. Excel在通径分析中的应用. *中国卫生统计*, 2005, 22(5): 331–332]
- Hu YL, Wang WJ, Kong J, *et al.* Sex ratio and body weight analysis of four-month Juvenile Turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(3): 50–55 [胡玉龙, 王伟继, 孔杰, 等. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)四月龄幼鱼雌雄性比及体重差异分析. *渔业科学进展*, 2015, 36(3): 50–55]
- Jing YH, Xing LW. Path analysis and its application. *Statistical Education*, 2006(2): 24–26 [敬艳辉, 邢留伟. 通径分析及其应用. *统计教育*, 2006(2): 24–26]
- Li CX, Jiang LN, Shao Y, *et al.* *Biostatistics*. Beijing: Science Press, 2013 [李春喜, 姜丽娜, 邵云, 等. *生物统计学*. 北京: 科学出版社, 2013]
- Li SF, Wang CH, Liu ZG, *et al.* Analysis of heterosis and genetic corelation of growth traits in three variants of red common carp. *Journal of Fisheries of China*, 2006, 30(2): 175–180 [李思发, 王成辉, 刘志国, 等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析. *水产学报*, 2006, 30(2): 175–180]
- Li Y, Liu P, Li J, *et al.* Correlation and path analysis of morphometric traits on body weight for *Exopalamon carinicauda*. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, 33(6): 59–65 [李洋, 刘萍, 李健, 等. 脊尾白虾形态性状对体重的相关性通径分析. *渔业科学进展*, 2012, 33(6): 59–65]
- Lin ZH, Lei HZ. Sexual dimorphism and female reproductive characteristics of *Pseudobagrus fulvidraco*. *Chinese Journal of Zoology*, 2004, 39(6): 13–17 [林植华, 雷焕宗. 黄颡鱼的两性异形和雌性繁殖特征. *动物学杂志*, 2004, 39(6): 13–17]
- Liu XL, Wu CG, Zhang ZH, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight for *Penaeus vannamei*. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 857–862 [刘小林, 吴长功, 张志怀, 等. 凡纳滨对虾形态性状对体重的影响效果分析. *生态学报*, 2004, 24(4): 857–862]
- Ma X, Wang XQ, Du HB, *et al.* Correlation analysis of morphological traits and body weight of Chinese soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*). *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2013, 39(2): 179–182 [马晓, 王晓清, 杜海波, 等. 中华鳖的体重与形态特征的关联分析. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2013, 39(2): 179–182]

- Ping HL, Wang TM, Lü ZM, *et al.* Effects of morphological traits on the weight of *Sepiella japonica*. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(3): 218–220 [平洪领, 王天明, 吕振明, 等. 曼氏无针乌贼(*Sepiella japonica*)体型性状对体质量的影响. *江苏农业科学*, 2015, 43(3): 218–220]
- Tan CG, Liu BS, Zhang DL, *et al.* Analysis of grey relationship between morphological traits and body weight of pearl oyster (*Pinctada fucata*). *South China Fisheries Science*, 2015, 11(2): 35–40 [谭才钢, 刘宝锁, 张东玲, 等. 合浦珠母贝主要形态性状与体质量的灰色关联分析. *南方水产科学*, 2015, 11(2): 35–40]
- Tong GX, Kuang YY, Xu LX, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometrics attributes on body weight in Taimen *Hucho taimen*. *Chinese Journal Fisheries*, 2011, 24(2): 31–36 [佟广香, 匡友谊, 许凌霄, 等. 哲罗鲑形态性状与体重的相关性分析. *水产学杂志*, 2011, 24(2): 31–36]
- Wang CY, Fei CP, Xiang GS, *et al.* Effect of morphometric traits on body weight for turtle *Chinemys reevesii*. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 2013, 37(1): 83–87, 92 [王诚远, 费春平, 项国仕, 等. 乌龟形态性状对体重的影响效果. *南昌大学学报(理科版)*, 2013, 37(1): 83–87, 92]
- Wang XA, Ma AJ, Zhuang ZM, *et al.* Judgment of selection index of morphological traits in *Fugu rubripes*. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, 33(6): 10–15 [王新安, 马爱军, 庄志猛, 等. 红鳍东方鲀体型性状选育指标的综合判定. *渔业科学进展*, 2012, 33(6): 10–15]
- Wang XA, Ma AJ, Zhuang ZM, *et al.* Effects of morphometric attributes on body weight of *Takifugu rubripes* (temminck et schlegel). *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(1): 135–140 [王新安, 马爱军, 庄志猛, 等. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)形态性状对体重的影响效果. *海洋与湖沼*, 2013, 44(1): 135–140]
- Wang XQ, Li CW, Xie ZG, *et al.* Studies on the growth difference of the male and female *Siniperca chuatsi*. *Freshwater Fisheries*, 2006, 36(3): 34–37 [王晓清, 李传武, 谢中国, 等. 鳊雌雄生长差异的研究. *淡水渔业*, 2006, 36(3): 34–37]
- Wu B, Fang CL, Zhang YP, *et al.* The assessment of biological parameters and stock biomass of *Siniperca chuatsi* in the Poyang Lake. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(4): 21–26 [吴斌, 方春林, 张燕萍, 等. 鄱阳湖翘嘴鳊(*Siniperca chuatsi*)的生物学参数及资源量的估算. *渔业科学进展*, 2015, 36(4): 21–26]
- Yan FS, Wang ZG, Liu XD, *et al.* Path analysis of the effects of morphometric traits on body weight for 3-month aged *Paralichthys olivaceus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(2): 45–50 [严福升, 王志刚, 刘旭东, 等. 3月龄牙鲮形态性状对体质量的通径分析. *渔业科学进展*, 2010, 31(2): 45–50]
- Yang GQ, Xu SG, Wang YZ, *et al.* The relationship between partial morphometric and body weight of juvenile steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Chinese Journal of Zoology*, 2011, 46(1): 16–22 [杨贵强, 徐绍刚, 王跃智, 等. 硬头鳟幼鱼部分形态性状和体重的关系. *动物学杂志*, 2011, 46(1): 16–22]
- Yuan MY, Liu SF, Han ZZ, *et al.* Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Acipenser schrenckii* Brandt. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(3): 507–513 [袁美云, 刘双凤, 韩志忠, 等. 3月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析. *中国水产科学*, 2010, 17(3): 507–513]
- Yuan XC, Zhao WW. *China fishery statistical yearbook*. Beijing: China Agriculture Press, 2016 [袁晓初, 赵文武. *中国渔业统计年鉴*. 北京: 中国农业出版社, 2016]
- Yue L, Wang XA, Ma AJ, *et al.* Comparison of the morphological traits between male and female individuals of *Takifugu rubripes*. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(1): 30–35 [岳亮, 王新安, 马爱军, 等. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)雌、雄个体的形态特征比较. *渔业科学进展*, 2016, 37(1): 30–35]
- Zhang J, Liang XF, Guo XZ, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric traits on body weight of *Siniperca chuatsi*. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2013a, 32(5): 100–105 [张进, 梁旭方, 郭小泽, 等. 翘嘴鳊形态性状对体质量的影响. *华中农业大学学报*, 2013a, 32(5): 100–105]
- Zhang J, Liang XF, Yi TL, *et al.* Diet domestication and morphometry of body weight in hybrid F_1 by *Siniperca scherzeri* (♀) \times *S. chuatsi* (♂). *Fisheries Science*, 2013b, 32(1): 1–6 [张进, 梁旭方, 易提林, 等. 翘嘴鳊与斑鳊杂交 F_1 代食性驯化及主要形态性状的通径分析. *水产科学*, 2013b, 32(1): 1–6]
- Zhang JL, Wang QH, Deng YW, *et al.* Effects of morphological traits on the weight of *Meretrix lamarchii*. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(6): 110–113 [张嘉丽, 王庆恒, 邓岳文, 等. 斧文蛤(*Meretrix lamarchii*)形态性状对体质量的影响效果分析. *渔业科学进展*, 2014, 35(6): 110–113]
- Zhang YQ, Bai QL, Gu W, *et al.* Effects of morphometric attributes on body weight of *Salvelinus leucomaeni*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 45(3): 116–122 [张永泉, 白庆利, 谷伟, 等. 白斑红点鲑(*Salvelinus leucomaeni*)形态性状对体重影响效果. *海洋与湖沼*, 2014, 45(3): 116–122]

Correlation Analysis of the Main Morphological Traits and Body Weight of Mandarin Fish (*Siniperca chuatsi*) and Morphological Traits Between Males and Females

DONG Junjian¹, SUN Chengfei¹, TIAN Yuanyuan^{1,2}, ZENG Qingkai^{1,2},
SHI Hongya^{1,2}, LU Maixin^{1,2}, YE Xing^{1,2}^①

(1. Key Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resources Utilization & Cultivation, Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380;
2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract To assess the correlation between the main morphological traits and body weight of *Siniperca chuatsi* as well as the morphological differences between males and females, 2837 *S. chuatsi* individuals from the same farm pond were used to measure seven growth-related morphological traits including total length, body height, head length, eye diameter, caudal peduncle length, caudal peduncle depth, and body weight. Correlation analysis, path analysis, and multivariate linear regression analysis were used to analyze the correlation between morphological traits and body weight. A total of 150 males and 150 females were randomly selected to establish multiple regression equations, and 120 individuals were used for gender verification. The results showed the correlation coefficients of body weight to total length and body height are the highest among all the morphological traits. The established regression equations and partial regression coefficient tests indicated no significant correlation of head length or caudal peduncle depth to body weight, which were excluded for further analysis. Path analysis revealed the largest direct effect of total length and body height upon body weight, which was greater than their indirect effect. The highest determinant coefficients of single and pairwise traits to body weight were total length and body height in both single trait determination and pairwise determination. The determination coefficient ($\sum d$) of the four traits was 0.896, suggesting a greater correlation for the four traits to body weight and a higher reference value for the fitted multiple regression equation. A regression equation for the gender was established. Verification results indicated that higher verification accuracy of gender was obtained for individuals with body weight less than 200 g. This study provides an essential reference for determining the evaluation indices for the morphological growth traits of *S. chuatsi*, and would facilitate the breeding selection.

Key words *Siniperca chuatsi*; Morphological traits; Body weight; Correlation coefficient; Multiple regression; Path analysis

① Corresponding author: YE Xing, E-mail: gzyexing@163.com