

冯冰冰,梅肖乐,余 宁,等. 龙睛金鱼表型性状与体质量的相关与通径分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):255-257.

龙睛金鱼表型性状与体质量的相关与通径分析

冯冰冰,梅肖乐,余 宁,晁祥飞,张永江,陈焕根

(江苏省水产技术推广站,江苏南京 210036)

摘要:测定了 180 尾 1 龄龙睛金鱼体质量、体长、体高、头长、尾柄长、尾柄高、胸鳍长、腹鳍长、背鳍高、臀鳍长、尾鳍长等 11 个性状,计算各性状间的相关系数,采用通径分析方法计算以形态性状为自变量、体质量为依变量的通径系数、决定系数,对各形态性状与体质量的相关性进行分析。结果显示,各性状与体质量之间的相关性均达到极显著水平($P < 0.01$);体高对体质量的直接影响最大(为 0.505)。剔除通径系数检验不显著的自变量,利用逐步回归的方法,建立以体高(x_1)、体长(x_2)、头长(x_3)、尾柄高(x_4)、胸鳍长(x_5)为自变量估计体质量的最优多元线性回归方程为: $y = 2.225x_1 + 0.669x_2 + 1.117x_3 + 0.859x_4 + 0.396x_5 - 5.568$,其调整决定系数为 0.915,表明所选性状是影响体质量的主要性状。

关键词:龙睛金鱼(*Carassius auratus*);形态性状;相关分析;通径分析;体质量

中图分类号:S965.811.16 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)11-0255-03

金鱼(*Carassius auratus*)属鲤形目鲤科鲫属^[1]。金鱼作为一种珍贵而独特的观赏鱼类,色彩绚丽,体态优美,雅艳兼备,故被誉为“金鳞仙子”“水中牡丹”。体形美是鉴赏金鱼的第一要素,只有身材中正、丰腴有度、各器官功能正常,才能确保金鱼的品质。金鱼种类繁多,在江苏地区龙睛金鱼是目前农民养殖的主要品种之一,但随着时间的推移,龙睛金鱼的品种特征出现了明显的退化,主要表现为身体延长、体型瘦弱等方面,观赏性明显减弱。通过对龙睛金鱼体质量性状进行选育,以期提高龙睛金鱼的体态丰满度,增强其观赏性是开展龙睛金鱼良种选育工作的重要方面之一。在实际工作中,活体体质量不易直接和准确测量,往往需要借助其他形态性状进行间接选择。利用多元分析方法,判断各形态性状与活体体质量之间的关系及其对活体体质量的直接影响,通过对形态性状的选择达到选种目的具有非常重要的现实意义。近年来相关分析、通径分析、多元回归分析等多元分析已广泛应用于水产生物如鱼^[2-9]、虾^[10-12]、蟹^[13-14]、贝类^[15-18]选育目标的确定,在金鱼性状选育中的应用只有在长尾琉金鱼方面有报道^[19],而在龙睛金鱼上尚未见报道。

本研究选用 1 龄龙睛金鱼,对其体质量和各形态性状进行多元分析,利用相关分析、通径分析和回归分析的方法,确定影响体质量的主要形态性状,建立估计体质量的最优回归方程,为龙睛金鱼选育工作的进一步开展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2012 年 6 月 5 日从江苏省水产技术推广站扬中观赏鱼

收稿日期:2013-04-09

基金项目:江苏省水产三项工程(编号:PJ2011-57);江苏省“六大高峰人才”项目(编号:NY-120079)。

作者简介:冯冰冰(1981—),男,河南济源人,博士,工程师,主要从事水产动物种质资源与遗传育种研究。Tel:(025) 86999031; E-mail:ffb-1981@163.com。

通信作者:陈焕根,研究员。E-mail:tgk888@sina.com。

基地随机选取 1 龄龙睛金鱼 180 尾,其体质量 1.50~6.91 g,体长 2.574~4.112 cm。

1.2 测量方法

参照伍献文^[20]和王鸿媛^[21]的方法测量体质量、体长、体高、头长、尾柄长、尾柄高、胸鳍长、腹鳍长、背鳍高、臀鳍长、尾鳍长等 11 个性状。各长度性状的测量使用游标卡尺,精确到 0.01 cm。质量测量用电子天平,精确到 0.01 g。

1.3 数据分析与计算公式

各形态性状测定结果利用数据统计分析软件 SPSS 19.0 中的 K-S 单样本检验(Kolomogorov-Simirnov one sample test)检验各性状是否符合正态分布。进行各性状间表型相关分析、各形态性状指标对体质量的通径分析和决定系数计算。根据相关系数的组成原理,将各形态性状与体质量的相关系数剖分为各性状的直接作用(即通径系数)和各性状通过其他性状的间接作用 2 个部分;决定系数分为各性状对体质量的直接决定系数和各性状通过其他性状对体质量的共同决定系数,由此剖析各性状对体质量的直接影响和间接影响。运用逐步多元线性回归法,通过偏回归系数检验剔除不显著的性状,取偏回归系数显著的形态性状对体质量建立多元回归方程,并对方程进行拟合度检验。各计算公式分别为:

$$r_i = P_i + \sum r_{ij}P_j;$$

$$d_i = P_i^2;$$

$$d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j。$$

式中: r_i 为单个性状对体质量的简单相关系数; r_{ij} 为单个性状间的相关系数; P 为通径系数,即为单个性状对体质量的直接作用; d_i 为单个性状对体质量的决定系数; d_{ij} 为两个性状对体质量的共同决定系数。

多个自变量对依变量的决定系数为:

$$R^2 = \sum P_i^2 + 2 \sum r_{ij}P_iP_j。$$

2 结果与分析

2.1 各性状的表型参数

本研究所测表型数据见表 1。单样本 K-S 检验结果显

示, P 值均在 0.05 以上, 说明所分析性状的分布均没有显著偏离正态分布, 可以对这些性状进行进一步的通径分析。变异系数是选择潜力的一个指征, 可做为衡量群居鱼大小变动, 即生长离散程度的尺度。由表 1 可知体质量的变异系数最大, 说明其具有较大的选择潜力, 然后依次是尾柄长、臀鳍长和尾鳍长; 而体长、头长和体高的变异系数较小, 选择潜力较弱。

2.2 性状间表型相关系数

对龙睛金鱼各性状进行表型相关分析, 获得各性状间的表型相关系数(表 2)。结果显示, 尾鳍长与尾柄长、尾柄高之间相关不显著($P > 0.05$); 尾鳍长与体长、头长之间呈显著相关($P < 0.05$); 其余各性状间的表型相关均极显著($P < 0.01$)。体长、体高、头长等各形态性状与体质量间均呈极显著相关, 相关系数大小依次为: 体高 > 头长 > 体长 > 尾柄高 > 胸鳍长 > 腹鳍长 > 背鳍高 > 尾柄长 > 臀鳍长 > 尾鳍长。

表 2 龙睛金鱼性状间表型相关系数

性状	相关系数										
	体质量	体长	体高	头长	尾柄长	尾柄高	胸鳍长	腹鳍长	背鳍高	臀鳍长	尾鳍长
体质量	1	0.848 **	0.902 **	0.849 **	0.480 **	0.595 **	0.576 **	0.496 **	0.482 **	0.458 **	0.190 **
体长		1	0.712 **	0.788 **	0.594 **	0.571 **	0.570 **	0.472 **	0.472 **	0.476 **	0.162 *
体高			1	0.761 **	0.364 **	0.490 **	0.515 **	0.486 **	0.482 **	0.441 **	0.227 **
头长				1	0.505 **	0.576 **	0.460 **	0.423 **	0.453 **	0.360 **	0.133 *
尾柄长					1	0.634 **	0.249 **	0.198 **	0.224 **	0.308 **	0.013
尾柄高						1	0.241 **	0.200 **	0.176 **	0.217 **	-0.017
胸鳍长							1	0.739 **	0.629 **	0.651 **	0.508 **
腹鳍长								1	0.712 **	0.737 **	0.704 **
背鳍高									1	0.646 **	0.566 **
臀鳍长										1	0.628 **
尾鳍长											1

注: “*”表示相关性达显著水平($P < 0.05$), “**”表示相关性达极显著水平($P < 0.01$)。

2.3 各性状对体质量的影响

根据通径分析原理, 利用 SPSS 19.0 软件分析得到各性状对体质量的通径系数, 经显著性检验, 保留达到显著水平的体高、体长、头长、尾柄高和胸鳍长 5 个性状(表 3), 结果显

表 1 龙睛金鱼各性状表型参数($n = 180$)

性状	平均值	标准差	变异系数	K-S Z 值	P 值
体质量(g)	2.959	0.723	0.244	0.968	0.306
体长(cm)	3.351	0.287	0.086	0.445	0.989
体高(cm)	1.753	0.164	0.094	0.607	0.855
头长(cm)	1.305	0.114	0.087	0.696	0.718
尾柄长(cm)	0.419	0.086	0.205	0.778	0.580
尾柄高(cm)	0.541	0.063	0.116	0.652	0.789
胸鳍长(cm)	0.996	0.113	0.113	0.730	0.661
腹鳍长(cm)	1.081	0.130	0.120	0.728	0.664
背鳍高(cm)	0.998	0.104	0.104	0.755	0.619
臀鳍长(cm)	0.867	0.118	0.136	0.733	0.656
尾鳍长(cm)	2.008	0.273	0.136	0.675	0.753

示, 体高对体质量的直接作用(0.505)最大, 且大于其间接作用(0.398), 是影响体质量的主要因素, 其它 4 个表型性状对体质量的直接作用均小于间接作用, 主要通过体高对体质量间接产生影响。

表 3 龙睛金鱼各性状对体质量影响的通径分析

性状	相关系数	直接作用	间接作用					合计
			体高	体长	头长	尾柄高	胸鳍长	
体高	0.902	0.505 **		0.189	0.140	0.036	0.032	0.398
体长	0.848	0.266 **	0.360		0.145	0.042	0.035	0.582
头长	0.849	0.184 **	0.384	0.210		0.043	0.029	0.665
尾柄高	0.595	0.075 **	0.247	0.152	0.106		0.015	0.520
胸鳍长	0.576	0.062 *	0.260	0.152	0.085	0.018		0.514

注: “*”表示性状对体质量的直接作用达到显著水平($P < 0.05$), “**”表示相性状对体质量的直接作用达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.4 各性状对体质量的决定程度

表 4 结果显示, 各性状对体质量单独的决定系数中体高的决定程度最大, 为 0.255 0, 胸鳍长的决定程度最小, 为 0.003 8; 两两共同决定系数中, 体高和体长的共同决定程度最大, 为 0.191 3, 尾柄高和胸鳍长的共同决定程度最小, 为 0.002 2。单独的决定系数和两两共同决定系数的总和等于总的决定系数, 5 个性状对体质量的总决定系数为 0.917 4。

2.5 多元回归方程

运用 SPSS 线性多元回归中的逐步回归方式, 剔除通径系数检验不显著的变量, 对剩余变量建立以体质量为依变量的

表 4 龙睛金鱼各性状对体长的决定系数

性状	体高	体长	头长	尾柄高	胸鳍长
体高	0.255 0	0.191 3	0.141 4	0.036 6	0.032 3
体长		0.070 8	0.077 1	0.022 5	0.018 8
头长			0.033 9	0.015 7	0.010 5
尾柄高				0.005 5	0.002 2
胸鳍长					0.003 8

最优线性回归方程: $y = 2.225x_1 + 0.669x_2 + 1.117x_3 + 0.859x_4 + 0.396x_5 - 5.568$ 。式中: y 为体质量(g), x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 分别为体高(cm)、体长(cm)、头长(cm)、尾柄高(cm)、

胸鳍长(cm)。

检验结果显示体高、体长、头长和尾柄高对体质量的偏回归系数达到极显著水平(体高: $t = 14.075, P < 0.01$;体长: $t = 6.594, P < 0.01$;头长: $t = 4.507, P < 0.01$;尾柄高: $t = 2.684, P < 0.01$),胸鳍长对体质量的偏回归系数达到显著水平(胸鳍长: $t = 2.265, P < 0.05$)。经回归预测,估计值与实际值差异不显著($P > 0.05$)。经过计算,体质量与体高、体长、头长、尾柄高、胸鳍长的复相关系数为 0.958,调整决定系数为 0.915(表 5),说明这 5 个形态性状变量与体质量有极强的线性相关关系。

表 5 多元回归的复相关分析

复相关系数	决定系数	调整决定系数	估值标准误
0.958	0.917	0.915	0.211 182

3 讨论

3.1 影响龙睛金鱼体质量主要性状的确定

本研究结果显示,各形态性状与体质量的表型相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$),其中体高、头长、体长、尾柄高和胸鳍长与体质量的相关系数相对较大,但由于表型相关未剔除其他变量的影响,不能准确地反映自变量与因变量之间的关系,因此本研究进一步采用通径分析和多元回归分析来探讨各形态性状与体质量的真实关系。结果显示,通径分析和多元回归分析的结果一致,体高、体长、头长、尾柄高和胸鳍长是影响体质量的主要性状。因此,采用相关系数、通径系数、决定系数及多元回归等综合分析,才能提高研究结果的可信度。龙睛金鱼体高、体长、头长、尾柄高和胸鳍长是影响体质量的主要性状,5 个自变量的共同决定系数为 0.917。根据只有当复相关系数或者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 $\sum d$ (在数值上 $R^2 = \sum d$) 大于或等于 0.85 时,表明影响依变量的主要自变量已经找到^[10,15]。本研究中, $R^2 = \sum d = 0.917 4$,说明所保留的体高、体长、头长、尾柄高和胸鳍长是影响体质量的主要性状,其他尚未测度的性状和已经剔除的性状对体质量的影响相对较小。

通过逐步多元回归分析,去除了偏回归系数不显著的性状,进一步确定了影响龙睛金鱼体质量的性状,与通径分析和决定系数的结果一致。因此,通过相关分析、通径分析和多元回归分析找出影响龙睛金鱼体质量的主要表型性状,为其选择育种提供了理论依据和理想的测定指标,可用于指导龙睛金鱼的选育工作。

3.2 对选育的指导意义

在鱼类育种过程中,性状的选择极为重要。由于基因连锁和基因多效性的存在,生物体各个性状间存在着不同程度的相关性。这反映在选择育种实践中,有的性状可通过直接选择获得较满意的效果,而有的性状通过直接选择则很难获得理想的结果,但可通过与它相关性较高的性状的选育来达到间接选育的目的^[22]。多元分析在鱼类育种中已经得到比较广泛的应用^[2-9],在长尾琉金鱼性状选育的初步研究中有过报道^[19],但在其他金鱼品种性状选育中的应用尚未见报道。

体态丰满也是金鱼良种选育的一个重要指标。本研究测

量了龙睛金鱼的各形态性状和体质量,以期发现与体质量相关性较高的形态性状,通过形态性状选择间接提高体质量,从而达到体态丰满的目的。在龙睛金鱼选育中,体高、体长、头长、尾柄高和胸鳍长是影响体质量的主要性状,是理想的测度选育指标,理清各性状间的关系,将形态性状纳入选择指数中,采用多性状选择指数法选育更容易提高选择效率^[5,15]。

参考文献:

- [1] 孟庆闻. 鱼类分类学[M]. 北京:中国农业出版社,1995:249.
- [2] Harue K, Mutsuysli T, Katsuya M, et al. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream[J]. Fish Sci(Tokyo), 2000, 66(2): 365-371.
- [3] 佟雪红,袁新华,董在杰,等. 建鲤自交及与黄河鲤正反杂交子代的生长比较和通径分析[J]. 水产学报,2008,32(2):182-189.
- [4] 王新安,马爱军,许可,等. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J]. 动物学报,2008,54(3):540-545.
- [5] 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):655-660.
- [6] 何小燕,刘小林,白俊杰,等. 大口黑鲈形态性状对体重的影响效果分析[J]. 水产学报,2009,33(4):597-603.
- [7] 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[J]. 中国水产科学,2010,17(3):507-513.
- [8] 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.
- [9] 唐瞻杨,林勇,陈忠,等. 尼罗罗非鱼的形态性状对体重影响效果的分析[J]. 大连水产学院学报,2010,25(5):428-433.
- [10] 刘小林,吴长功,张志怀,等. 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析[J]. 生态学报,2004,24(4):857-862.
- [11] 安丽,刘萍,李健,等. “黄海 1 号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 中国水产科学,2008,5(5):779-786.
- [12] 张敏堂,刘凯,段金荣,等. 太湖秀丽白虾形态性状对体重影响的通径分析[J]. 中国农学通报,2010,26(21):417-421.
- [13] 耿绪云,王雪惠,孙金生,等. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 一龄幼蟹外部形态性状对体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼,2007,38(1):49-54.
- [14] 高保全,刘萍,李健,等. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分析[J]. 海洋水产研究,2008,29(1):44-50.
- [15] 刘小林,常亚青,相建海,等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼,2002,33(6):673-678.
- [16] 王辉,刘志刚,符世伟. 南海毛蚶形态特征对体重的相关分析[J]. 热带海洋学报,2007,26(6):58-61.
- [17] 刘贤德,张国范. 皱纹盘鲍表型性状与肌肉重的相关与通径分析[J]. 海洋科学,2010,34(4):40-44.
- [18] 杜美荣,王彬,张继红,等. 一龄栉孔扇贝壳壳长与壳高对湿重的相关性和通径分析[J]. 中国农学通报,2012,28(20):136-139.
- [19] 杨璞,穆祥兆,梁拥军,等. 长尾琉金鱼形态性状的相关与通径分析[J]. 淡水渔业,2011,41(1):83-86.
- [20] 伍献文. 中国鲤科鱼类志(下卷)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1964:431-434.
- [21] 王鸿媛. 中国金鱼图鉴[M]. 北京:文化艺术出版社,2000:10-11.
- [22] 李思发,王成辉,刘治国,等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析[J]. 水产学报,2006,30(2):175-180.