

钟立强,陈校辉,王明华,等.斑点叉尾鲟形态性状对体质量的影响[J].江苏农业科学,2015,43(5):230-232.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.076

# 斑点叉尾鲟形态性状对体质量的影响

钟立强<sup>1,2</sup>, 陈校辉<sup>1,2</sup>, 王明华<sup>1,2</sup>, 陈友明<sup>1</sup>, 秦 钦<sup>1,2</sup>, 边文冀<sup>1,2</sup>

(1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏南京 210017; 2. 江苏省农业种质资源保护与利用平台, 江苏南京 210014)

**摘要:**随机挑选 100 日龄的初孵斑点叉尾鲟仔鱼 524 尾,测定其全长、体长、尾柄长、尾柄高、体高、头长、头宽和体质量等 8 项性状,采用相关分析、通径分析和多元回归分析方法对斑点叉尾鲟 8 个形态性状与体质量进行相关性分析,计算以形态性状为自变量对体质量因变量的相关系数、通径系数、决定系数及相关指数,建立形态性状对体质量的回归方程。结果表明,斑点叉尾鲟全长、体长等 7 个形态性状均与体质量的相关系数达到显著水平( $P < 0.05$ );形态性状对体质量的通径系数达到显著水平;形态性状对体质量的决定系数为  $r^2 = 0.916$ ,这表明主要自变量都被纳入。通过直接作用与间接作用分析,确定全长和体高是影响体质量的主要性状。

**关键词:**斑点叉尾鲟;形态性状;体质量;通径分析;回归模型;全长;体高

**中图分类号:** Q173 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0230-03

斑点叉尾鲟(*Ictalurus Punctatus*)别称美洲鲇、沟鲇等,隶属于鲇形目(Siluriformes)鲇科(Ictaluridae)斑点鲇属(*Ictalurus*),是美国主要的淡水养殖品种,1984 年引入我国,因其肉质细嫩、营养丰富、无肌间刺、易于加工等特点而广受欢迎,已发展成为我国淡水养殖业中令人瞩目的特色产业<sup>[1]</sup>,纳入《全国水产品优势养殖区域发展规划(2008—2015 年)》和《全国优势农产品区域布局规划(2008—2015 年)》的重点规划品种,成为我国出口美国的主要淡水养殖品种之一。

形态性状和体质量是鱼类育种、苗种繁殖和科学研究的重要依据。体质量是决定水产动物生产性能的重要指标,也是最直接的育种目标性状之一<sup>[2]</sup>。水产动物不同的形态性状与体质量之间往往存在一定的相关性,这为水产动物选育提供便利,对提高育种效果具有十分重要的意义<sup>[3]</sup>,特别是对体质量遗传力较低、直接选育较难获得预期效果的水产动物,利用与体质量相关的形态性状进行间接选育,可以相应提高其育种效率。通径分析、相关分析和多元回归分析等统计学方法<sup>[4-6]</sup>在鱼类、虾、蟹和贝类等水产动物<sup>[7-23]</sup>育种工作中已被广泛应用,目前还未见有关斑点叉尾鲟形态性状与体质量相关分析的研究报道。本研究对斑点叉尾鲟的体质量与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方法,建立估计体质量的多元回归方程,给出影响斑点叉尾鲟体质量的主要性状,以期对斑点叉尾鲟的选育提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

斑点叉尾鲟 G1 代核心家系,江苏省淡水水产研究所国

家斑点叉尾鲟遗传育种中心南京禄口基地于 2012 年 6 月繁殖。从构建的 47 个家系中随机挑选 100 日龄的斑点叉尾鲟初孵仔鱼 524 尾,分别测定其全长( $x_1$ )、体长( $x_2$ )、尾柄长( $x_3$ )、尾柄高( $x_4$ )、体高( $x_5$ )、头长( $x_6$ )、头宽( $x_7$ )和体质量( $y$ )共 8 项性状。

### 1.2 样品测定

采用游标卡尺测量全长、体长、尾柄长、尾柄高、体高、头长和头宽等 7 项体型性状指标,精确到 0.01 mm;用电子天平称量体质量,精确到 0.01 g。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 18.0 软件,统计全长、体长、尾柄长、尾柄高、体高、头长、头宽和体质量等数据;利用各表型参数统计量,分别进行表型相关分析、形态性状各指标对体质量的通径分析和决定系数的计算;依据各性状对体质量的直接作用和间接影响建立回归方程。相关系数的计算公式为:

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

通径系数  $P_i$  是标准化变量的偏回归系数,也称为标准偏回归系数,计算公式为:  $P_i = b_i s_{x_i} / s_y$ , 其中,  $b_i$  为偏回归系数,  $s_{x_i}$  为  $x_i$  的标准差,  $s_y$  为  $y$  的标准差;决定系数分为 2 种,即单个性状对体质量的决定系数  $d_i$  和 2 个性状对体质量的共同决定系数  $d_{ij}$ , 单个性状对体质量的决定系数计算公式为:  $d_i = P_i^2$ , 2 个性状对体质量的决定系数计算公式为:  $d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 斑点叉尾鲟各性状的特征数

由表 1 可知,斑点叉尾鲟 8 个形态性状中,全长平均值为 135.41 mm,尾柄高 11.27 mm,体高与体质量的平均值分别为 23.41 mm 和 21.96 g,比较接近;从变异系数看,体质量是变异程度最高的性状,变异系数为 39.39%,其后依次为头长与尾柄高,变异系数分别为 20.54%、15.17%,其余各性状表型值的变异系数比较接近,介于 13%~16%之间。

收稿日期:2014-06-06

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD26B03-04);江苏省科技支撑计划(编号:BE2013445);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)2040]。

作者简介:钟立强(1985—),男,江苏高邮人,助理研究员,主要从事鱼类遗传育种研究。E-mail:stevezhong1985@163.com。

通信作者:边文冀,研究员。E-mail:js6060@sina.com。

表 1 斑点叉尾鲴各性状的表型统计量

项目	全长 (mm)	体长 (mm)	尾柄长 (mm)	尾柄高 (mm)	体高 (mm)	头长 (mm)	头宽 (mm)	体质量 (g)
平均值	135.41	109.57	15.29	11.27	23.41	25.22	16.89	21.96
标准差	18.10	16.10	2.32	1.94	3.54	5.18	2.36	8.65
变异系数	13.37%	14.69%	15.17%	17.21%	15.12%	20.54%	13.97%	39.39%

2.2 斑点叉尾鲴各性状间的相关系数

由表 2 可知,各性状间的表型相关都达到显著水平( $P < 0.05$ );体质量与其他各性状间均为显著正相关,相关程度从大到小依次为体高 > 全长 > 头宽 > 尾柄长 > 体长 > 尾柄高 > 头长,除头长与体质量相关程度呈中等正相关外,体质量与其他性状间均表现出强的正相关。

表 2 斑点叉尾鲴各性状间的相关系数

性状	相关系数						
	全长	体长	尾柄长	尾柄高	体高	头长	头宽
体长	0.945						
尾柄长	0.800	0.750					
尾柄高	0.742	0.668	0.712				
体高	0.786	0.729	0.768	0.736			
头长	0.459	0.418	0.438	0.395	0.453		
头宽	0.814	0.744	0.793	0.783	0.777	0.439	
体质量	0.884	0.809	0.846	0.793	0.885	0.493	0.871

2.3 斑点叉尾鲴各表型性状对体质量的通径系数

通径系数去除了各性状单位的影响,能够直接反映各性状对体质量影响的重要程度。以体质量为因变量,其他 7 个形态性状为自变量进行通径分析,利用 SPSS 软件得到各性状对体质量的通径系数,并进行显著性检验。由表 3 可见,斑点叉尾鲴的尾柄高和头长达到显著水平( $P < 0.05$ ),其余性状均达到极显著水平( $P < 0.01$ )。斑点叉尾鲴各性状对体质量的通径系数分别为  $P_1 = 0.394$ 、 $P_2 = -0.122$ 、 $P_3 = 0.149$ 、 $P_4 = 0.058$ 、 $P_5 = 0.344$ 、 $P_6 = 0.035$ 、 $P_7 = 0.204$ ( $P_1 \sim P_7$  分别对应斑点叉尾鲴的 7 个性状  $x_1 \sim x_7$ ,下同)。对斑点叉尾鲴

表型性状与体质量的多元回归进行显著性检验,得到  $R = 0.957$ 、 $F = 753.51$ 、 $P < 0.01$ ,表明斑点叉尾鲴表型性状与体质量间的复相关关系和多元回归关系真实存在,可以进行通径分析,全部表型性状对体质量的通径系数均达到极显著水平。

表 3 斑点叉尾鲴各性状偏回归系数检验

变量	偏回归系数	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
常量	-40.878		0.000
全长	0.188	7.950	0.000
体长	-0.066	-2.989	0.003
尾柄长	0.554	5.957	0.000
尾柄高	0.257	2.520	0.012
体高	0.817	13.614	0.000
头长	0.059	2.334	0.020
头宽	0.746	7.426	0.000

2.4 斑点叉尾鲴各性状对体质量的作用

根据相关系数的组成效应,将各性状与体质量的相关系数剖分为各性状的直接作用(通径系数  $P_i$ )和各性状通过其他性状的间接作用 2 部分。由表 4 可知,斑点叉尾鲴各性状对体质量的直接作用均小于其间接作用,这说明体质量的主要影响因素是由多个性状组成的;在直接作用中,以全长对体质量的作用最大,其次为体高、头宽、尾柄长、尾柄高;体长、尾柄高、尾柄长、头宽和体高等 5 个性状对体质量的间接作用都很大,这些性状作为一个整体对体质量起作用,其中,体长通过全长(0.372)、体高(0.243)、头宽(0.152)和尾柄长(0.112)等对体质量产生间接作用,并通过这些性状的间接作用抵消直接作用产生的负向作用,而呈现正向作用。

表 4 斑点叉尾鲴各性状对体质量的影响

性状	相关系数	直接作用	间接作用							
			总和	全长	体长	尾柄长	尾柄高	体高	头长	头宽
全长	0.884	0.394	0.492		-0.115	0.119	0.043	0.263	0.016	0.166
体长	0.809	-0.122	0.933	0.372		0.112	0.039	0.243	0.015	0.152
尾柄长	0.846	0.149	0.698	0.315	-0.092		0.041	0.257	0.015	0.162
尾柄高	0.793	0.058	0.737	0.292	-0.081	0.106		0.246	0.014	0.160
体高	0.885	0.334	0.553	0.310	-0.089	0.114	0.043		0.016	0.159
头长	0.493	0.035	0.459	0.181	-0.051	0.065	0.023	0.151		0.090
头宽	0.871	0.204	0.668	0.321	-0.091	0.118	0.045	0.260	0.015	

2.5 斑点叉尾鲴各表型性状对体质量的相关系数剖分

根据单个性状对体质量的决定系数与 2 个性状对体质量的共同决定系数,计算出形态性状间协同对体质量的决定系数。由表 5 可知,斑点叉尾鲴 7 个单独的决定系数和 7 个两两共同决定系数的总和为 0.916,与  $r^2$  的数值相等,这表明试验所列的斑点叉尾鲴全长、体长、尾柄长、尾柄高、体高、头长和头宽等 7 个性状是影响体质量的重点性状;全长对体质量的相对决定程度最大,为 15.5%,头长的决定程度最小,为 0.1%;全长与体高决定作用程度最大,其共同作用的决定系数为 0.267。

2.6 多元回归方程的建立

根据多元相关分析和通径系数分析结果,获得以体质量为因变量的多元线性最优回归方程为: $y = -40.878 + 0.188x_1 - 0.066x_2 + 0.554x_3 + 0.257x_4 + 0.817x_5 + 0.059x_6 + 0.746x_7$ ,经显著性检验(表 6),回归关系达到极显著水平( $P < 0.01$ )。由于各性状对体质量的决定系数  $r^2 = 0.916$ ,值较大,这说明回归方程显著存在,且所选性状对体质量有较大的决定作用,拟合的方程具有较强的参考价值。

3 结论与讨论

通径分析可将自变量和因变量之间的相关系数剖分为自

表 5 斑点叉尾鲷各性状对体质量的决定系数

性状	决定系数						
	全长	体长	尾柄长	尾柄高	体高	头长	头宽
全长	0.155	-0.091	0.094	0.034	0.207	0.013	0.131
体长		0.015	-0.027	-0.009	-0.059	-0.004	-0.037
尾柄长			0.022	0.012	0.076	0.005	0.048
尾柄高				0.003	0.029	0.002	0.019
体高					0.112	0.011	0.106
头长						0.001	0.006
头宽							0.042

注: 对角线为每个性状单独对体质量的决定系数, 对角线以上为两两性状共同对体质量的决定系数。

表 6 斑点叉尾鲷各性状多元回归方程的方差分析

指数	总平方和	自由度	均方	F 值	P 值
回归	35 677.40	7	5 096.77	753.51	0.000
残差	3 490.26	516	6.76		
总计	39 167.66	523			

变量(形态性状)对因变量(目标性状)的直接作用和间接作用<sup>[9]</sup>。本研究中,虽然各形态性状与体质量的相关系数均达到显著水平且差异不大,但通径分析结果却显示,各形态性状对体质量的直接影响差异明显,其中,体长对体质量的直接影响为负值,但是体长通过全长、体高、头宽和尾柄长等对体质量产生的间接作用较大,结果表现为与体质量显著相关。由此可见,仅通过各性状间表型相关系数无法正确判断各形态性状对体质量的影响大小,只有通过通径分析将相关系数划分为直接影响和间接影响,才可能进一步找出影响体质量的主要形态性状。

根据通径系数和决定系数的分析结果可知,100 日龄斑点叉尾鲷的全长、体长、尾柄长、尾柄高、体高、头长和头宽等 7 项体型性状对体质量的直接作用均达到显著水平,其中全长和体高对体质量的决定程度较大,这 2 个性状可作为该阶段的理想选育指标。在表型相关分析的基础上进行通径系数分析和决定系数分析时,只有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或者多元回归模型中的决定系数( $r^2$ )在数值上 $\geq 0.85$ 时,表明影响依变量的主要自变量已经找到<sup>[16]</sup>。本研究中,进入回归方程的 7 个形态性状的总决定系数为 0.916,这说明影响 100 日龄斑点叉尾鲷体质量的主要形态性状均已被纳入。同时,本研究还表明,这 7 个形态性状对体质量的直接作用均小于间接作用,这说明它们是作为一个整体影响体质量的,全长和体高对体质量的决定程度最大。因此,在进行斑点叉尾鲷下一步选育工作时,可以重点根据全长和体高性状进行选种,以保证选种的有效性与稳定性。

在本研究中,仅对斑点叉尾鲷 100 日龄仔鱼的数据进行分析,至于仔鱼到商品鱼阶段对应性状与体质量的关系如何、不同月龄的斑点叉尾鲷间影响体质量的重点性状是否存在差异、固定的重点性状是否存在等问题都有待于进一步探讨。

参考文献:

[1] 王玉堂,刘 绯. 我国斑点叉尾鲷产业发展现状及对策[J]. 中国水产,2007,12(12):14-16.

[2] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:3-5.

[3] 李加纳. 数量遗传学概论[M]. 重庆:西南师范大学出版社,1995:166.

[4] Land K C. Principles of path analysis[J]. Sociological methodology, 1969,1:3-37.

[5] Mordecai E. Methods of correlation analysis[M]. 2nd ed. New York:Wiley,1941.

[6] Efroymson M A. Mathematical methods for digital computers[M]. New York:Wiley,1960.

[7] 于 飞,张庆文,孔 杰,等. 大菱鲆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.

[8] Ahmed M, Abbas G. Growth parameters of finfish and shellfish juvenile in the tidal waters of Bhanbhere, Korangi Creek and Miani Hor Lagoon[J]. Pakistan Journal of Zoology,2000,32(1):21-26.

[9] 齐福升,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.

[10] 曾 兰,林 勇,张永德,等. 奥利亚罗非鱼形态性状与体重的通径分析[J]. 西南农业学报,2012,25(1):295-301.

[11] 谈佳玉,徐文其,欧阳杰,等. 叉斑狗母鱼形态性状的相关性及通径分析[J]. 中国农学通报,2013,29(5):71-75.

[12] 杨慧赞,林 勇,唐章生,等. 吉富罗非鱼生长性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报,2011,26(S1):264-268.

[13] 张 进,梁旭方,易提林,等. 翘嘴鲌与斑鳊杂交  $F_1$  代食性驯化及主要形态性状的通径分析[J]. 水产科学,2013,32(1):1-6.

[14] 杜 华,李 军,宋文华. 鸭绿沙塘鳢形态性状对体质量影响的通径分析[J]. 辽东学院学报:自然科学版,2012,19(4):237-241.

[15] 李玉全. 线性回归法实现半滑舌鳎幼鱼表型性状与体重的通径分析[J]. 生物数学学报,2014,29(1):185-191.

[16] 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.

[17] 边 力,钟声平,刘洪涛,等. 两月龄日本囊对虾形态性状对体质量的通径分析[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2013,52(3):427-432.

[18] 李玉全,王仁杰,王春德,等. 通径分析在脊尾白虾育种形态性状选择中的应用[J]. 生物数学学报,2012,27(4):747-752.

[19] 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.

[20] 徐海龙,刘 杨,谷德贤,等. 渤海湾 4 种蟹类形态性状关系及对体质量的影响[J]. 水产科学,2014,33(3):142-146.

[21] 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.

[22] 张爱菊,朱俊杰,蒋文枰,等. 三角帆蚌外荡养殖群体数量性状间的相关及通径分析[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2013,32(1):20-24,30.

[23] 郭华阳,陈明强,王 雨,等. 黄颡鱼野生群体主要经济性状间的相关性及通径分析[J]. 南方水产科学,2013,9(2):1-8.