

形态性状对鲤鱼家系 F₁ 代体重的影响

廖愚¹, 覃俊奇¹, 袁宗伟¹, 吕业坚^{1*}, 黄建盛²

(1. 广西壮族自治区水产引育种中心, 广西南宁 530031; 2. 广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524025)

摘要 [目的] 探讨鲤鱼家系 F₁ 代形态性状与体重的相关性。[方法] 对鲤鱼家系 F₁ 代全长(X_1)、体长(X_2)、体高(X_3)、体宽(X_4)和体重(Y)进行测定,运用通径分析、相关分析及多元回归分析对其主要性状对体重的直接作用和间接作用进行评估,建立多元回归方程,定量分析鲤鱼家系 F₁ 代形态性状对体重的影响效果。[结果] 鲤鱼家系 F₁ 代全长和体高与体重的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$);全长对体重的直接效应最大,其通径系数为 0.756,是影响体重的主要因素。体高对体重的影响主要是间接效应,其通径系数为 0.201。保留的形态性状与体重的相关系数 R^2 为 0.891,说明所保留形态性状是影响体重的主要性状。采用逐步线性回归的方法,以体重为依变量(Y),以全长(X_1)和体高(X_3)为自变量,建立了多元回归方程: $Y = -820.966 + 30.580X_1 + 36.505X_3$ 。[结论] 该研究结果可为杂交鲤鱼的选择育种提供科学依据,以全长作为首选指标能有效增加体重。

关键词 鲤鱼家系;形态性状;通径分析;多元回归

中图分类号 S965.116 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)35-167-03

Effects of Morphological Traits on Body Weight of Selective Strain F₁ Generation of Carp
LIAO Yu¹, QIN Jun-qi¹, YUAN Zong-wei¹, LV Ye-jian^{1*} et al (1. Guangxi Introduction and Breeding Centre of Aquatic Products, Nan-ning, Guangxi 530031; 2. Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangxi 524025)
Abstract [Objective] The aim was to study the relationship between the morphological traits and body weight of selective strain F₁ generation of carp. [Method] The total length(X_1), body length(X_2), body depth (X_3), body width(X_4) and body weight(Y) of selective strain F₁ genera-tion of carp were measured. The direct effect and indirect effect of main traits of hybrid F₁ generation were estimated by path analysis, correlation analysis and multiple regression analysis. The multiple regression equitation was established to make quantitative analysis on the influences of mor-phological traits on the body weight of selective strain F₁ generation of selective strain F₁ generation of carp. [Result] The correlation between tot-al length, body height and body weight of selective strain F₁ generation of carp reached extremely significant level($P < 0.01$). The whole length had the maximum indirect effect on the body weight with its path coefficient of 0.756, so it was the key influencing factor of body weight. The main effect of body height on the body weight was the indirect effect with the path coefficient of 0.201. The correlation coefficient (R^2) between re-tained morphological traits and body weight was 0.891, which indicated that retained morphological traits were main influencing traits of body weight. With the body weight as dependent variable(Y), with total length(X_1) and body height (X_3) as independent variables, the multiple re-gression equation was established as $Y = -820.966 + 30.580X_1 + 36.505X_3$. [Conclusion] The research can provide scientific basis for the se-lection and breeding of hybrid carp, the body weight can be effectively improved with total length as first-selected index.
Key words Carp selective strain; Morphological traits; Path analysis; Multiple regression

鱼类的数量性状包括全长、体长、体高、体宽、体重等形态性状。在育种实际实践中,为了提高育种效率,研究人员往往以鱼类体重为直接目标性状进行选育,这为育种工作带来便利^[1]。为了弄清直接效应和间接效应,通径系数分析方法自提出以来,已被广泛应用于优化水产品育种方案和评估产量^[2-4]。近年来,已有学者报道了关于杂交鲤鱼性状与体重的多元分析方法评估。佟雪红等^[5]报道了建鲤与黄河鲤杂交 F₁ 代体长和体高是影响体重决定性的作用。佟雪红等^[6]研究表明建鲤自交及与黄河鲤正反杂交子代在 398 d 对体重的决定系数均以体长占主导。

广西壮族自治区水产引育种中心于 2004 年引进并经过 8 年选育、已适应广西生长环境的建鲤,笔者将其和 2012 年从黑龙江、广西本地封闭水域等引进的鲤鱼作为育种材料,选用不同水系的雌、雄亲鱼进行杂交获得杂交 F₁ 代,并应用多元回归分析和通径分析方法对杂交 F₁ 代主要性状对体重的直接作用和间接作用进行评估,建立多元回归方程,以期

基金项目 广西科技开发计划项目(桂科能 1347013-11);现代农业产业技术体系大宗淡水鱼产业技术体系项目(CARS-46);广西水产畜牧兽医局部门预算渔业生产项目。

作者简介 廖愚(1979-),男,安徽泗县人,工程师,从事水产动物养殖与育种工作。*通讯作者,高级工程师,硕士,从事水产动物育种与养殖研究工作。

收稿日期 2015-11-18

为不同水系鲤鱼育种实践选择正确育种指标提供科学依据,选育出适合广西养殖需要的鲤鱼新品系,更好地促进水产养殖业的发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料 挑选广西壮族自治区水产引育种中心 2004 年引进并适应广西生长环境的优选建鲤 60 尾和 60 尾外省引进鲤鱼,构建 60 个家系,采用不同水系间正反交“一对一”配对的方式在网箱内隔离繁殖,选育系 F₁ 代在武鸣基地进行池塘培养,并采用被动整合应答(Passive integrated transponder, PIT,由德国公司生产,型号为 ID100/01)标记。

1.2 试验方法

1.2.1 选育系 F₁ 代的 PIT 标记。 为了获得选育系 F₁ 代的生长数据,采用 PIT 标记方法对 F₁ 代进行数码标记,在每尾鱼腹部埋植 1 枚 PIT 标记。2012 年 11 月对 60 个家系进行标记,每个家系选取 40 尾,并测量了选育系 F₁ 代的生长参数。

1.2.2 选育系 F₁ 代室外同塘混养。 F₁ 代完成标记后暂养 7 d,挑选活力好、健康的 F₁ 代移至室外池塘进行同塘混养。2014 年 4 月对选育系 F₁ 代进行扫描,按照读码数据测量相应鱼的生长参数,同塘混养时间共计 18 个月。

1.2.3 测定项目与方法 测量的相关指标包括全长(X_1)、体长(X_2)、体高(X_3)、体宽(X_4)、体重(Y)。用 MS-222(100

mg/L)麻醉后,先用电子天平称量体重(精确到 0.1 g),然后依据测量标准^[7]用游标卡尺测量(精确到 0.02 mm)体长、全长、体宽及体高。

先对测量的各性状数据进行统计整理,并求得各性状的平均值、标准差及变异系数。运用 SPSS 17.0 统计软件中非参数检验的单样本 Kolmogorov-Smirnova 检验程序对体质量性状进行正态性检验。以体重为依变量、体长、全长、体高及体宽为自变量,求出相关系数、通径系数及决定系数。根据文献的方法^[8-9],采用 SPSS17.0 统计软件的多元线性回归分析程序获得通径系数、相关系数以及显著性检验等信息。

2 结果与分析

2.1 各性状的表型参数 由表 1 可知, F_1 代各性状变异系数最大为体重,为 38.60%,说明体重这一性状具有较大的选择潜力。变异系数最小的是全长,为 12.44%。另外,所测体质量性状经 Kolmogorov-Smirnova 正态性检验的显著水平 $P>0.05$,说明服从正态分布,可进行后续的多元回归分析。

表 1 各性状的描述统计量($n=345$)

性状	平均值	标准差	标准误差	方差	变异系数//%
体重 $Y//g$	434.880	167.883	11.613	28 184.721	38.60
全长 $X_1//cm$	32.377	4.028	0.279	16.225	12.44
体长 $X_2//cm$	26.485	3.546	0.245	12.575	13.39
体高 $X_3//cm$	6.998	0.885	0.061	0.783	12.65
体宽 $X_4//cm$	4.427	0.626	0.043	0.392	14.15

2.2 各性状间的相关分析 由表 2 可知,除了体重与体高之间的相关性达到显著水平外,与其他性状的相关性均达到极显著水平($P<0.01$),说明选取体长、全长、体高及体宽进行相关分析具有重要意义。从相关系数来看,体重与各性状的相关系数大小依次为:全长>体长>体高>体宽。

表 2 各数量性状间的相关系数

性状	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
Y	1.000				
X_1	0.941**	1.000			
X_2	0.918**	0.972**	1.000		
X_3	0.896**	0.919**	0.903**	1.000	
X_4	0.793**	0.839**	0.796**	0.787**	1.000

注: ** 表示相关性达到极显著水平。

2.3 各性状对体重的通径系数与作用分析 使用 SPSS17.0 软件的多元线性回归分析程序,获得体长、全长、体高及体宽对体重的通径系数,该系数反映了各性状对体重的直接影响。通过显著性检验,保留了达到显著水平的全长和体高,通径系数分别为 0.756 和 0.201。这说明各测量性状中全长对体重的直接影响最大。根据相关系数的组成效应,可将相关系数分成直接作用和间接作用 2 个部分。由表 3 可知,全长对体重的直接作用(0.756)远远大于间接作用(0.185),而体高对体重的直接作用(0.201)则小于间接作用(0.695)。

2.4 各形态性状对体重的决定程度 全长和体高对体重的决定系数由全长、体高对体重的决定系数和全长、体高 2 个

性状对体重的共同决定系数组成。由表 4 可知,全长和体高单独的决定系数和两两共同的决定系数总和为 0.891,与相关系数 R^2 的数值相等,表明全长和体高是影响体重的重点性状。全长和体高单独对体重的决定系数分别为 0.572 和 0.040,两两共同对体重的决定系数为 0.279。

表 3 各形态性状对体重影响的通径分析

性状	相关系数 r_{xy}	直接作用 P_j	间接作用($r_{ij} \times P_j$)				
			Σ	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	0.941	0.756	0.185	-	-	0.185	-
X_3	0.896	0.201	0.695	0.695	-	-	-

表 4 各性状对体重的决定系数

性状	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	0.572	-	0.279	-
X_3	-	-	0.040	-

2.5 复相关分析和多元回归分析 由表 5 可知,由于体长和体宽对体重的偏回归系数不显著,因此逐步剔除体长和体宽 2 个自变量后再进行回归分析,全长和体高 2 个自变量的复相关系数为 0.944,校正相关系数为 0.891。对多元回归方程的方差分析表明 F 值为 1 402.78。

表 5 复相关分析

复相关分析	复相关系数(R)	相关系数	校正相关系数	标准误差
1 个自变量(X_1)	0.941	0.885	0.885	55.098
2 个自变量(X_1, X_3)	0.944	0.891	0.891	53.657

2.6 多元回归方程的建立 根据以上分析结果,剔除回归系数不显著的体长和体宽,保留偏回归系数显著的全长和体高,建立了以全长和体高为自变量的多元回归方程: $Y = -820.966 + 30.580X_1 + 36.505X_3$ 。经过多元回归分析、各个偏回归的显著性检验,发现回归关系达到极显著水平($P<0.01$)。经回归预测分析,实际值和估计值差异不显著(表 6),说明建立的回归方程可靠,可应用于实际生长的预测。

表 6 偏回归系数

模式	非标准化系数		标准化系数 β	t 值
	回归系数 B	标准误差 $S.E$		
截距	-820.966	23.926		-34.312
全长 X_1	30.580	1.832	0.756	16.696
体高 X_3	36.505	8.230	0.201	4.436

3 讨论

3.1 多元回归方程的建立 在生物数据统计中,多元回归方程中的自变量之间可能会存在一定程度的相关性,如果存在相关则结果会受到共线性的影响。自变量的共线性会引起分析模型参数的不稳定性、模型参数置信区的膨胀及标准误差增大等一系列问题^[10]。

逐步回归分析法是解决自变量共线性问题最简单而有效的方法,其基本思想是将变量一一引入,然后对其进行偏回归平方和 F 检验,显著时方可引入,而将新的变量引入后

又要对旧的变量重新进行检验,直到无变量需剔除也无变量引入,再对所有变量给出最理想的回归方程^[11]。在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)的形态对体质量的影响效果分析中,剔除了与头胸甲高度共线性的尾长自变量,建立了理想的回归方程^[12]。褐牙鲂(*Paralichthys olivaceus*)生长性状的通径分析中,采用逐步回归的方法,在回归方程中剔除了与全长高度相关的体长自变量,有效减少了共线性,同时剔除在回归方程中偏回归系数不显著的吻长和体高,建立具有较好的参考价值的回归方程^[13]。大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)形态性状对体重的影响效果分析中,剔除与体长存在显著共线性的全长、体高、头长、尾柄高及回归方程中不显著的吻长和尾柄长,应用逐步多元回归分析建立了回归方程^[2]。在牙鲂(*Paralichthys olivaceus*)形态性状对体质量的影响效果分析中,剔除全长保留全长进行多元回归,以降低回归方程中的共线性问题^[14]。该研究中体重和形态性状之间的表型相关系数均到显著水平或极显著水平,这是由于未排除其他变量的干扰。笔者采用逐步回归方法分析所测性状(全长、体长、体高及体宽)对体重的影响,结果表明 F₁ 代全长、体高与体重的标准回归系数极显著,通过逐步回归分析剔除了与全长存在严重共线性的体长和体宽,建立了由全长和体高构成的多元回归方程。

3.2 影响体重的主要性状的确定 进行决定系数分析时,当相关指数大于或等于 0.85 时,说明依变量的主要自变量已找到^[8,15]。该研究中鲤鱼家系 F₁ 代的相关系数 $R^2 = \Sigma d = 0.891$,说明所保留的全长和体高是影响体重的主要家系性状,进一步说明通径系数分析结果能够反映形态性状与体重之间的真实关系。笔者借助多元逐步回归的方法排除了形态性状间的共线性问题,建立了回归方程。

3.3 对选育的指导意义 有效选择具有体重优势的优良个体是选育的关键。该研究中体重的变异系数在所测性状中最大,若直接根据体重进行选育,由于环境因素会导致较大选择误差的产生,从而降低选育的效率。全长、体长、体高及体宽的变异系数较小,且与体重同属于数量性状,又因为基因连锁及基因多效性的影响,若通过对体重存在较高遗传相关的性状进行选育,则会体高选育的效率。建鲤(*Cyprinus*

carpio var.) 和黄河鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*) 的杂交后代体长和体高在影响体重的增长方面具有决定作用^[5];红鲤的体重主要受到全长、体长等主要长度性状的决定^[1]。建鲤自交及与黄河鲤正杂杂交 398 d 子代对体重的决定系数均以体长的占主导^[6],杂交子代以体长作为选择指标,而在建鲤子代选育时则应同时兼顾体长和体高。该研究结果表明全长和体高与体重存在极显著的正相关,是直接或间接影响杂交鲤鱼体重的主要形态性状。笔者认为鲤鱼家系 F₁ 代体重选育过程中全长和体高可作为重要的选育指标。这些研究所造成的差异可能是因为不同性状对其体重增加的决定程度不同。

参考文献

- [1] 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[J]. 水产学报,2006,30(2): 175-180.
- [2] 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.
- [3] 王新安,马爱军,庄志猛,等. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)形态性状[J]. 海洋与湖沼,2013,44(1): 135-140.
- [4] KORA H A, TSUCHIMOTO M U, MIYATA K A, et al. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream[J]. Fisheries Sci, 2000, 66(2): 365-371.
- [5] 佟雪红,董在杰,缪为民,等. 建鲤与黄河鲤的杂交优势研究及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.
- [6] 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.
- [7] 孟庆闻,苏锦祥,缪学祖. 鱼类分类学[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [8] 平洪领,李玉全. 逐步线性回归法实现天津厚蟹(*Helice tientsinensis*)[J]. 海洋与湖沼,2013,44(5): 1353-1357.
- [9] 杜家菊,陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2): 4-6.
- [10] QUINN G P, KEOUGH M J. Experimental design and data analysis for biologists[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- [11] 孙成波,邓光余,李镇泉,等. 北部湾野生日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*) 体重和形态性状的关系[J]. 海洋与湖沼,2008,39(3): 263-268.
- [12] 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.
- [13] 詹伟,楼宝,毛国民,等. 褐牙鲂生长性状的相关与通径分析[J]. 泉州师范学院学报,2010,28(6): 29-32.
- [14] 王凯,刘海金,刘永新,等. 牙鲂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.
- [15] 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.

(上接第 166 页)

- [7] 谭建林,苏钟,璧韩熠,等. 高效液相色谱法同时测定食品包装材料中 9 种禁用染料含量[J]. 安徽农业科学,2012,40(16): 8954-8955, 8966.
- [8] 任秀莲,魏琦峰,曲径,等. 反相高效液相色谱法测定水产品中孔雀石绿、结晶紫及其代谢物[J]. 化学分析计量,2006,15(4): 32-34.
- [9] 张志刚,施冰,陈鹭平,等. 液相色谱法同时测定水产品中孔雀石绿和结晶紫残留[J]. 分析化学研究简报,2006,34(5): 663-667.
- [10] 郭德华,叶长淋,朱莹洁. 液相色谱法测定鳊鱼中的孔雀石绿[J]. 化学分析计量,2002,11(2): 20-21.
- [11] 唐宁,周梅仙,杨平. HPLC 测定鱼体内孔雀石绿主要代谢物的残留[J]. 安徽农业科学,2008,36(27): 11635-11636.
- [12] 龚朋飞,王权,陈永军. 孔雀石绿毒性及其检测研究进展[J]. 水利渔业,2007,27(4): 1-4.
- [13] 高华鹏,李永夫,刘海山,等. 孔雀石绿等染料物质残留检测过程中实验室污染的来源分析[J]. 中国兽药杂志,2008,42(8): 21-25.
- [14] 朱宽正,王鹏,林雁飞,等. 液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中孔雀石绿、结晶紫及其他的隐色代谢物残留[J]. 色谱,2007,25(1):

- 66-69.
- [15] 苏建峰,连文浩,陈文凯. 超高效液相色谱-串联质谱快速检测水产品中孔雀石绿及无色孔雀石绿[J]. 理化检验(化学分册),2007,43(11): 937-939, 942.
- [16] 刘海新,张农,钱卓真. 水产品中孔雀石绿检测方法研究进展[J]. 福建水产,2007(1): 41-45.
- [17] 郭德华,叶长淋,李波. 高效液相色谱-质谱法测定水产品中孔雀石绿及代谢物[J]. 分析测试学报,2004,13(5): 206-208.
- [18] 朱宽正,王鹏,林雁飞. 液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中孔雀石绿、结晶紫及它们的隐色代谢物残留[J]. 色谱,2007,25(1): 66-69.
- [19] 全国水产标准化技术委员会. 水产品中孔雀石绿和结晶紫残留量的测定: 高效液相色谱荧光检测法: GB/T 20361-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [20] 中华人民共和国农业部. 水产品中孔雀石绿残留量的测定: 液相色谱法: SC 3021-2004[S]. 北京: 农业部, 2004.