

不同生长时期大黄鱼形态性状与体重的相关性分析

刘贤德^{1,2}, 蔡明夷¹, 王志勇¹, 赵广泰¹, 武祥伟¹, 姚翠鸾¹

(1. 建省高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301)

摘要: 研究不同生长时期大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* 形态性状对体重的影响效果, 分别测定了 1704 尾 13 月龄和 596 尾 20 月龄闽—粤东族大黄鱼的全长(x_1)、体长(x_2)、体高 (x_3)和体重(y), 计算相关系数, 采用通径分析方法计算了以体重(y)为依变量、其他性状为自变量的通径系数和决定系数。结果表明, 在两个不同生长时期, 全长、体长、体高和体重 4 个性状两两之间的相关系数在 0.800—0.977 之间, 均达到极显著水平($P<0.01$); 在 13 月龄, 体高对体重的直接影响(0.522)最大, 其次为体长(0.445), 全长对体重的直接影响不显著($P>0.05$)。在 20 月龄, 体高对体重的直接影响(0.394)最大, 其次为体长(0.328)、全长(0.271), 各性状对体重的直接影响均达到极显著水平($P<0.01$)。研究结果表明在不同生长时期, 各形态性状对体重的直接影响是不同的, 早期选种(13 月龄)时要注意体高和体长的挑选, 而在晚些时候(20 月龄)选种, 对体高、体长和全长均要考虑, 才能够保证选择效果。

关键词: 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea*; 通径分析; 形态性状; 体重

中图分类号: Q953; S917 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)05-0159-05

Correlation analysis of morphometric traits and body weight of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* at different growth stage

LIU Xian-de^{1,2}, CAI Ming-yi¹, WANG Zhi-yong¹, ZHAO Guang-tai¹, Wu Xiang-wei¹, Yao Cui-luan¹

(1. Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety of Fujian Province University, Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Laboratory of Marine Bio-resource Sustainable Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Guangzhou 510301, China)

Abstract: In order to study the effects of morphometric traits on body weight in large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* at different stage, 1704 13-month-old individuals and 596 20-month-old individuals from the Min-yue Dong Tribe were sampled for measuring the metric traits, including the total length (x_1), body length (x_2), body height (x_3), and body weight (y). The data were used in correlation analysis and path analysis. The results showed that the Pearson correlations between every two metric traits ranged from 0.800 to 0.977, and all reached significance level ($P<0.01$) at these two stages. At the 13-month-old stage, the trait with the strongest direct effect on body weight was the body height (0.522), then the body length (0.445); the direct effect of total length is not significant ($P>0.05$). At the 20-month-old stage, the trait with the strongest direct effect on body weight was also body height (0.394), then the body length (0.328), the total length (0.271), all reaching the significance level ($P<0.01$). The path analysis at the two stages showed that the effect of morphometric traits on body weight was different at different stage. For selection at the 13-month-old stage, we should keep our eyes on body height and body length. At a later stage (20-month-old stage), however, the body height, body length, total length should be considered.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; path analysis; correlation; morphometric traits; body weight

收稿日期: 2008-12-05; 修订日期: 2009-06-08。刘学东编辑

基金项目: 中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室(LMB); 广东省应用海洋生物学重点实验室(LAMB)和广东省海洋药物重点实验室(LMM); 国家“863”计划项目(2006AA10A405); 福建省青年人才项目(2007F3074)和集美大学创新团队基金(2006A001)

作者简介: 刘贤德(1974—), 男, 山东省枣庄市人, 副教授, 博士, 从事水产动物遗传育种研究。

通信作者: 王志勇。电话: 0592-6183816, E-mail: zywang@jmu.edu.cn

通径分析是一种探索系统因果关系的统计方法, 现已广泛应用于计算近交系数、遗传力、遗传相关、确定综合选择指数等方面的研究^[1]。目前, 对部分重要经济性状的相关及通径分析在对虾^[2-4]、真鲷 *Pagrosomus major*^[5]、鲤鱼 *Cyprinus carpio*^[6]、鲑鱼 *Oncorhynchus keta*^[7]、贝类^[8-10]等水产动物上已有不少报道。刘小林等^[2]、李刚等^[3]应用通径分析的方法对凡纳滨对虾形态性状对体重或净肉质量影响效果进行分析, 结果均表明体长是影响体重或净肉质量的最主要因素。董世瑞等^[4]在中国对虾上的研究结果显示在各形态性状中, 以头胸甲宽对体重的决定作用最大, 其次为体长。王辉等^[10]采用通径分析方法研究了南海毛蚶 5 个形态特征对体重的总效应, 结果表明壳厚、壳高是影响体重最主要因素且都具有育种意义。佟雪红等^[6]将建鲤与黄河鲤进行正交、反交, 并用通径分析方法对子代的生长性状进行分析, 得出体长和体高在影响体重的增长方面具有决定性作用的结论。刘贤德等^[11]研究了 7 月龄大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* 各形态性状对体重的影响, 认为头长是该时期影响体重的最重要性状, 但成鱼各形态性状对体重的影响效果则未见报道。为此, 本研究分别测定 1704 尾 13 月龄和 596 尾 20 月龄大黄鱼的表型数据, 分析全长、体长等因素对体重的直接及间接影响, 旨在揭示不同性状之间的相互关系, 为大黄鱼的品种培育提供一些基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料来源

采用集美大学大黄鱼品种选育课题组培育的闽—粤东族大黄鱼, 2007 年 3 月 20 日孵化, 2008 年 4 月 12—14 日采样 1704 尾, 2008 年 11 月 23—25 日采样 596 尾测量, 采集数据。

1.2 样品测量

采用传统方法对大黄鱼的全长(x_1)、体长(x_2)、体高(x_3)、和体重(y)进行测量^[12]。长度测量用直尺(精度达到 1mm), 重量用电子天平(精度达到 1g)测量。

表 1 大黄鱼 4 个性状的在 13 月龄和 20 月龄的统计结果

Tab. 1 Statistics for four characters of large yellow croaker at 13- and 20-month-old stages

项目	13 月龄			20 月龄		
	样品数	均值±标准差/cm	变异系数	样品数	均值±标准差/cm	变异系数
体重	1704	52.07± 30.53	0.59	1,469	283.55± 81.10	0.28
全长	1704	16.80± 3.37	0.20	1,469	28.52± 2.59	0.09
体长	1704	13.77± 2.64	0.19	1,469	24.37± 2.28	0.09
体高	1704	3.83± 0.83	0.22	1,469	7.19± 0.88	0.12

1.3 数据处理

回归方程及通径系数的检验主要参照文献^[1]进行, 相关系数、通径系数、决定系数及回归方程的建立使用 SPSS 软件中的 regression 过程 linear 得出^[13]。采用 F 检验法检验回归方程的显著性: $F =$

$\frac{SS_{R'} / m}{SS_{r'} / (n - m - 1)}$, $SS_{R'}$ 为回归平方和, $SS_{r'}$ 为离回归平方和, m 为回归自由度, $n - m - 1$ 为离回归自由度, 其中 m 为自变量个数, n 为观测次数。通径系数显著性检验也采用 F 检验, 由统计数 $F_i =$

$\frac{p_{0i}^2 / c_{ii}}{SS_{r'} / (n - m - 1)}$, $df_1 = 1, df_2 = n - m - 1$ 检验通径系数 p_{0i} ($i = 1, 2, \dots, m$) 是否显著。其中 c_{ii} 为相关系数矩阵 R 的逆矩阵 $R^{-1} = C$ 中主对角线上的元素。通径系数差异显著性检验, 用 t 检验。由统计数 $t = \frac{p_{0i} - p_{0j}}{s_{p_{0i} - p_{0j}}}$,

$df = n - m - 1, (i, j = 1, 2, \dots, m; i \neq j)$, 检验通径系数 p_{0i} 与 p_{0j} 间的差异是否显著。其中, $s_{p_{0i} - p_{0j}}$ 称为通径系数差数的标准误, 其计算公式为: $s_{p_{0i} - p_{0j}} = \sqrt{(c_{ii} + c_{jj} - 2c_{ij})SS_{r'} / (n - m - 1)}$ 。

2 结果及分析

2.1 13 月龄和 20 月龄大黄鱼各性状的基本统计结果

13 月龄和 20 月龄大黄鱼全长、体长、体高和体重的表型数据经整理后结果见表 1。在这些性状中, 以体重的变异系数最大, 全长、体长和体高的变异系数均较小。相对而言, 13 月龄各性状的变异系数要大于 20 月龄, 13 月龄体重的变异系数高达 59%。

2.2 性状间的相关系数

大黄鱼的全长、体长、体高和体重在所观测两个生长时期, 其两两之间的相关性均达到了显著水平 ($P < 0.01$), 13 月龄体长与体高的相关系数最大, 为 0.977, 20 月龄鱼以体长和全长之间的相关系数最大, 为 0.967(表 2)。

表 2 13 月龄和 20 月龄大黄鱼各性状之间的相关系数

Tab. 2 Pearson correlations between the traits in large yellow croaker at 13-month-old and 20-month-old stages

项目	13 月龄				20 月龄			
	全长	体长	体高	体重	全长	体长	体高	体重
全长	1	0.894**	0.879**	0.860**	1	0.967**	0.800**	0.904**
体长		1	0.977**	0.958**		1	0.820**	0.914**
体高			1	0.959**			1	0.880**

注: **表示 $P < 0.01$ 。

2.3 通径系数

根据所求得的性状之间的简单相关系数, 建立 13 月龄和 20 月龄的通径系数的正规方程组, 分别为 A、B。

$$A \begin{cases} p_{0.1} + 0.894p_{0.2} + 0.879p_{0.3} = 0.860 \\ 0.894p_{0.1} + p_{0.2} + 0.977p_{0.3} = 0.958, \\ 0.879p_{0.1} + 0.977p_{0.2} + p_{0.3} = 0.959 \end{cases}$$

$$B \begin{cases} p_{0.1} + 0.967p_{0.2} + 0.800p_{0.3} = 0.904 \\ 0.967p_{0.1} + p_{0.2} + 0.820p_{0.3} = 0.914 \\ 0.800p_{0.1} + 0.820p_{0.2} + p_{0.3} = 0.880 \end{cases}$$

求得 13 月龄全长、体长和体高对体重的通径系数分别为 $p_{0.1} = 0.003$, $p_{0.2} = 0.445$, $p_{0.3} = 0.522$ 。求得 20 月龄全长、体长和体高对体重的通径系数分别为: $p_{0.1} = 0.271$, $p_{0.2} = 0.328$, $p_{0.3} = 0.394$ 。

2.4 显著性检验

2.4.1 线性关系显著性检验——F 检验

以体重为依变量, 其他 3 个变量为自变量, 对 13 月龄和 20 月龄回归方程进行 F 检验。13 月龄: 因为 $SS_{R'} = p_{0.1}r_{1.0} + p_{0.2}r_{2.0} + p_{0.3}r_{3.0} = 0.929$, 所以 $SS_{r'} = 1 - SS_{R'} = 0.071$, 而 $df_{R'} = m = 3$, $df_{r'} = n - m - 1 = 1700$, 所以 $F = \frac{SS_{R'}/m}{SS_{r'}/(n-m-1)} = 7414.554$, 因为

$F_{0.01}(3, 1700) \approx 3.78$, 所以 $P < 0.01$, 说明体重与全长、体长、体高之间存在极显著的线性关系, 可以进行通径分析。又因为 $d_{0.e} = 1 - R^2 = 1 - SS_{R'} = SS_{r'} = 0.071$, 所以 $p_{0.e} = \sqrt{d_{0.e}} = 0.266$ 。对于 20 月龄, 同样可以求出: $SS_{R'} = 0.891$, $SS_{r'} = 0.109$, 而 $df_{R'} = m = 3$, $df_{r'} = n - m - 1 = 592$, 所以 $F = \frac{SS_{R'}/m}{SS_{r'}/(n-m-1)} = 1613.06$, 因为 $F_{0.01}(3, 592) = 3.82$,

所以 $P < 0.01$, 说明体重与全长、体长、体高之间存在极显著的线性关系, 可以进行通径分析。

$d_{0.e} = 0.109$, $p_{0.e} = \sqrt{d_{0.e}} = 0.330$ 。

2.4.2 通径系数的显著性检验——F 检验

分别计算检验通径系数 $p_{0.1}, p_{0.2}, p_{0.3}$ 的 F 值。13

月龄: $F_1 = 0.043$, $F_2 = 177.72^{**}$, $F_3 = 292.975^{**}$, 由 $df_1 = 1, df_2 = 1700$, 临界 F 值 $F_{0.05}(1, 1700) \approx 3.84$, $F_{0.01}(1, 1700) \approx 6.64$, 表明通径系数 $p_{0.2}, p_{0.3}$ 达到极显著水平 ($P < 0.01$), 而 $p_{0.1}$ 不显著 ($P > 0.05$)。20 月龄: $F_1 = 26.11^{**}$, $F_2 = 34.77^{**}$, $F_3 = 275.17^{**}$, 由 $df_1 = 1, df_2 = 592$, 临界 F 值 $F_{0.01}(1, 592) = 6.69$, 表明通径系数 $p_{0.1}$ 、 $p_{0.2}$ 和 $p_{0.3}$ 均到极显著水平 ($P < 0.01$)。

2.4.3 通径系数差数的显著性检验——t 检验

13 月龄, 求得 $t_{12} = -11.05$, $t_{13} = -15.265$, $t_{23} = -1.262$ 由 $df = n - m - 1 = 1700$ 临界值 $t_{0.05} = 1.960$, $t_{0.01} = 2.576$ 因为 $|t_{12}|, |t_{13}|$ 均大于临界值 $t_{0.01}$, 表明 $p_{0.1}$ 与 $p_{0.2}, p_{0.3}$ 之间的差异均达到极显著水平, 而 $|t_{23}|$ 小于 $t_{0.05}$, 所以 $p_{0.2}$ 与 $p_{0.3}$ 之间的差异不显著。

20 月龄, 求得 $t_{12} = -0.593$, $t_{13} = -2.077$, $t_{23} = -0.988$, 由 $df = n - m - 1 = 592$ 求得 $t_{0.05} = 1.960$, $t_{0.01} = 2.576$ 。 $|t_{13}|$ 大于 $t_{0.05}$, 所以 $p_{0.1}$ 与 $p_{0.3}$ 之间的差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。而 $|t_{12}|, |t_{23}|$ 小于临界值 $t_{0.05}$, 表明 $p_{0.1}$ 与 $p_{0.2}$, $p_{0.2}$ 与 $p_{0.3}$ 之间的差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.5 直接作用和间接作用分析

在 13 月龄, x_1, x_2, x_3 对 y 的直接作用分别为: $p_{0.1} = 0.003$, $p_{0.2} = 0.445$, $p_{0.3} = 0.522$, 其中 $p_{0.1}$ 不显著, $p_{0.2}, p_{0.3}$ 均极显著。由此说明在这一阶段, 体长和体高是影响大黄鱼体重的最重要的性状。全长对体重的影响很小, 主要通过体长、体高起间接作用(表 3)。

在 20 月龄, x_1, x_2, x_3 对 y 的直接作用分别为: $p_{0.1} = 0.271$, $p_{0.2} = 0.328$, $p_{0.3} = 0.394$ 。 $p_{0.1}, p_{0.2}, p_{0.3}$ 均极显著, 对体重的直接作用还是以体高最大, 这点与 13 月龄的结果相同, 其次为体长, 最后为全长, 而全长对体重的直接作用达到显著水平 ($P < 0.01$), 这点与 13 月龄的鱼有所差异(表 3)。

2.6 各性状对体重的决定程度

13 月龄: 以体长、体高共同对体重的决定系数最大, 为 0.4539; 其次为体高, 对体重的决定系数为 0.2725; 体长对体重的决定系数为 0.1980(表 4)。误差对体重的决定系数(0.071)排第 4 位, 说明误差相对较小。

20 月龄: 体长与体高共同对体重 y 的决定程度为 0.2119, 其绝对值在各决定系数中居第一; 此外, 全长与体长、全长与体高以及体长与体高体重的共同决定程度也很大(表 4)。误差对体重的决定系数(0.109)排第 5 位, 说明误差较小。

2.7 各自变量对回归方程估测可靠程度 R^2 总贡献分析

13 月龄: $p_{0.1}r_{1.0} = 0.000258$, $p_{0.2}r_{2.0} = 0.4263$, $p_{0.3}r_{3.0} = 0.5006$, 说明体高(x_3)对回归方程的总贡献居首, 其次为体长(x_2), 全长(x_1)对回归方程的总贡献很小。

20 月龄: $p_{0.1}r_{1.0} = 0.2449$, $p_{0.2}r_{2.0} = 0.2998$, $p_{0.3}r_{3.0} = 0.3467$ 。结果也显示体高(x_3)对回归方程的总贡献居首, 其次为体长(x_2)和全长(x_1)。

2.8 建立最优线性回归方程

剔除途径系数检验不显著的变量, 建立最优的线性回归方程。

13 月龄的回归方程: $\hat{y} = -92.267 + 5.173x_2 + 19.224x_3$, 其调整决定系数等于 0.929。

20 月龄的回归方程: $\hat{y} = -502.933 + 8.496x_1 +$

$11.657x_2 + 36.141x_3$, 其调整决定系数等于 0.891。

3 讨论

3.1 各性状与体重的相关性

无论在 13 月龄还是 20 月龄, 结果均显示全长、体长、体高与体重的线性关系极为显著($P < 0.01$)。在 13 月龄与 20 月龄, 全长、体长、体高与体重的相关指数分别为 0.929 和 0.891, 而剩余项对体重的相对决定程度分别为 0.071 和 0.109, 若用体重与全长、体长、体高之间的线性回归方程来估测体重, 其可靠程度分别为 92.9%和 89.1%, 说明方程拟合得很好, 把影响体重的主要形态因素均考虑到了。在本研究中, 13 月龄各性状的变异系数要大于 20 月龄, 主要原因是在大黄鱼养殖过程中, 都要经过一个分选的过程, 一般在鱼龄 1 年左右的时候, 将大鱼与小鱼分别挑出, 分别放在不同的网箱养殖。我们测定的 20 月龄的鱼是经过分选的大鱼, 而 13 月龄鱼是未经分选的鱼, 所以最终测定的全长、体长等数据的变异系数反而比 13 月龄的变异系数小。

3.2 各性状对体重的直接作用与间接作用

在 13 月龄, 体长和体高是影响体重的最重要的性状, 这点与佟雪红等^[6]在鲤鱼得出的结论是一致的。在 20 月龄, 全长、体长和体高对大黄鱼的体重均有显著影响, 这点与幼鱼^[11](7 月龄)和早期阶段(13 月龄)成鱼的表现不同, 全长在早期阶段影响不显著, 可能原因是尾鳍的比例太大, 影响到全长对

表 3 直接作用和间接作用分析(13 月龄和 20 月龄)

Tab. 3 Direct and indirect analysis for 13- and 20-month-old large yellow croaker

性状	相关系数	直接作用	总的	其中通过		
				全长(x_1)	体长(x_2)	体高(x_3)
13 月龄	全长(x_1)	0.86	0.003	0.857		0.398
	体长(x_2)	0.958	0.445	0.513	0.003	
	体高(x_3)	0.959	0.522	0.438	0.003	0.435
20 月龄	全长(x_1)	0.904	0.271	0.633		0.317
	体长(x_2)	0.914	0.328	0.586	0.263	
	体高(x_3)	0.88	0.394	0.486	0.217	0.269

表 4 大黄鱼全长、体长和体高对体重的决定系数

Tab. 4 Determinant coefficients of the total length, body length and body height on the body weight of large yellow croaker at 13- and 20-month-old stages

	13 月龄			20 月龄		
	全长(x_1)	体长(x_2)	体高(x_3)	全长(x_1)	体长(x_2)	体高(x_3)
全长(x_1)	0.0001	0.0024	0.0028	0.0734	0.1719	0.1708
体长(x_2)		0.1980	0.4539		0.1076	0.2119
体高(x_3)			0.2725			0.1552

注: 对角线位置表示各变量对体重的决定系数, 非对角线位置表示两者共同对体重的决定系数。

体重的回归效果。随着鱼的生长, 尾鳍的比例相对于全长的比例在逐渐缩小, 所以全长对体重的影响也逐渐增强, 因而在 20 月龄, 全长对体重的直接影响也变得显著($P<0.01$)。

3.3 对选育的指导意义

体重的变异系数在所有的 4 个性状中是最大的, 而全长、体长和体高的变异系数相对较小。因此, 如果根据体重进行直接选择, 可能会因为环境因素的影响产生较大的系统误差, 而如果能根据全长、体长和体高进行间接选择, 可以最大限度地减少环境的

影响, 从而保证了选种效果。在早期阶段(13 月龄), 由于体高、体长和体重的正相关性, 可以重点根据体高、体长(全长被剔出最优回归方程组)性状进行选种, 从而对体重进行间接选择。对于后期选种(20 月龄), 由于全长、体长和体高对体重的直接影响均达到极显著水平($P<0.01$), 因而在选育的时候这几个指标均要考虑, 但由于全长和体长存在极显著的正相关, 相关系数达到 0.967, 可以选择只测量体长, 全长不测, 这样在减少工作量的同时, 还可以保证选育的效果。

参考文献

- [1] 明道绪. 高级生物统计[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 58-71.
- [2] 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.
- [3] 李刚, 刘小林, 黄皓, 等. 凡纳滨对虾净肉质量的影响因素分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(6): 70-74.
- [4] 董世瑞, 孔杰, 万初坤, 等. 中国对虾形态性状对体重影响的通径分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 15-22.
- [5] KORA H, TSUCHIMOTO M, MIYATA K, et al. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream [J]. Fisheries Science, 2000, 66(2): 365-371.
- [6] 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.
- [7] DEBOSKI P, DOBOSZ S, ROBAK S, et al. Fat level in body of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), and sea trout (*Salmo trutta* M. *trutta* L.), and method of estimation from morphometric data [J]. Archives of Polish Fisheries, 1999, 7(2): 237-243.
- [8] AHMED M, ABBAS G. Growth parameters of finfish and shellfish Juveniles in the tidal waters of Bhanbhore, Korangi Creek and Miani Hor Lagoon [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2000, 32(1): 21-26.
- [9] 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.
- [10] 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, 2002, 26(6): 58-61.
- [11] 刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等. 大黄鱼生长性状的相关与通径分析[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2008, 38, 916-920.
- [12] 福建省科学技术厅. 大黄鱼养殖[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 12.
- [13] SPSS® Base 13.0 User's Guide [M], SPSS Inc, 2004: 409-424.