

皱纹盘鲍表型性状与肌肉重的相关与通径分析

刘贤德^{1,2}, 张国范¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 福建省高校水产科学技术与食品安全省重点实验室, 集美大学 水产学院, 福建厦门 361021)

摘要: 选取日本岩手县×中国大连獐子岛的一个杂交家系, 随机测定 132 尾三年龄皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)的壳长(x_1)、壳宽(x_2)、总重(x_3)、壳重(x_4)、软体部重(x_5)及肌肉重(y) 6 个指标, 计算各性状间的相关系数, 采用通径分析方法计算以表型性状为自变量, 肌肉重为依变量的通径系数、决定系数, 对各性状的影响大小进行剖分, 明确影响皱纹盘鲍肌肉重的主要表型性状, 为皱纹盘鲍选育提供理论依据和理想的测度指标。结果表明: 所测各表型性状与肌肉重之间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$); 软体部重对肌肉重的直接影响最大(为 0.512), 其次为总重, 对肌肉重的直接影响为 0.484, 二者差异不显著($P > 0.05$), 其他性状对肌肉重的直接影响均不大。剔除通径系数检验不显著的自变量, 利用逐步回归的方法, 建立以肌肉重为依变量的最优多元线性回归方程为: $\hat{y} = -0.381 + 0.239x_3 + 0.342x_5$, 其调整决定系数为 0.989, 表明所选性状是影响肌肉重的主要性状。

关键词: 皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino); 相关; 通径分析; 肌肉重

中图分类号: S93, Q-332

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)04-0040-05

皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)是我国重要的经济海洋生物资源, 以其营养价值高、味道鲜美而居海产八珍之首。我国自 20 世纪 80 年代中期开展皱纹盘鲍的人工养殖以后, 在 90 年代初便开始出现病害, 危害严重时, 大多数单位颗粒无收, 造成极大的经济损失^[1]。为保障鲍养殖业的可持续发展, 亟待对皱纹盘鲍进行遗传改良。肌肉重是遗传改良的最直接的目标性状, 也是生产性能的直接反映, 然而肌肉重需解剖后才能测定, 与形态指标相比不直观, 若能利用通径分析查清表型性状与肌肉重之间的关系以及对肌肉重的直接影响大小, 通过形态性状的选择达到选中目的, 具有极其重要的现实意义。

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^[2]。目前, 部分重要经济性状的相关与通径分析在对虾^[3-5]、鲤鱼^[6]、鲑鱼^[7]、贝类^[8-10]、大黄鱼^[11] 和大菱鲆^[12]上已有不少报道。刘小林等^[9]在栉孔扇贝上的研究表明, 栉孔扇贝壳长、壳厚、壳高与活体重、净肉重、熟肉重的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$), 壳高对活体重的直接影响(0.6682)最大, 是影响活体重的主要因素。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。Ahmed 和 Abbas^[8]利用多元相关分析了鱼、鲸和贝类幼龄期体长、体重相关的生长参数, 但没有区分自变量对依变量的直接作用和间接影响。迄今为止, 尚未见到皱纹盘鲍在这方面的研究报道。本研究测定了 132 个皱纹盘鲍的表型数据, 分析壳长、总重等因素对皱纹盘鲍肌肉重的直接及间接影响, 旨在揭示不同性状之间的相互关系, 为皱纹盘鲍的品种培育提供一些基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验所用的皱纹盘鲍家系建于 2000 年 5 月, 该家系以来自日本岩手县海区的 1 个野生皱纹盘鲍(标记为 J)为母本、我国大连獐子岛海区的 1 个野生皱纹盘鲍(标记为 C)为父本构建的家系。该家系在大连市水产研究所陆地养鲍场按该场的培育方法^[1]进行

收稿日期: 2009-01-15; 修回日期: 2009-04-10

基金项目: 国家 973 计划项目(2010CB1264002); 福建省青年人才项目(2007F3074)

作者简介: 刘贤德(1974-), 男, 山东枣庄人, 博士, 副教授, 研究方向: 水产动物遗传育种与生物技术, E-mail: xdlou@jmu.edu.cn; 张国范, 通信作者, 电话: 0532-82898701, E-mail: gzfzhang@qdio.ac.cn

陆地全人工培育, 日常管理中注意隔离, 避免家系外的个体混入。2003 年 5 月随机取家系 F_1 代中的 132 个个体测定每个鲍的壳长、壳宽、壳重、总重、软体部重和肌肉重。

1.2 分析方法

各性状测定结果经统计整理, 计算平均数、标准差和变异系数, 获得各性状表型参数统计量, 使用 SPSS 13.0 软件中的 K-S 单样本检验(Kolomogorov-Simirnov one sample test)各性状的分布是否符合正态分布。分别进行各性状间表型相关分析、各性状指标对肌肉重的通径分析。通径系数显著性检验采用 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, n 为样品个数, m 为自变量个数。通径系数差异显著性检验, 用 t 检验, 由统计数

$$t = \frac{p_{0i} - p_{0j}}{S_{p_{0i} - p_{0j}}}, \quad df = n - m - 1, (i, j = 1, 2, \dots, m; i \neq j),$$

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:

$$S_{p_{0i} - p_{0j}} = \sqrt{(c_{ii} + c_{jj} - 2c_{ij})SS_r / (n - m - 1)}.$$

根据通径分析结果, 选取经检验显著的变量剖析各性状对肌肉重的直接作用(即通径系数)和间接作用并计算其大小。依据相关分析和通径系数计算决定系数, 决定系数分为单个性状对肌肉重的决定系数 d_{0i} 和两个性状对肌肉重的共同决定系数 d_{0ij} 。单个性状对肌肉重的决定系数的计算公式为 $d_{0i} = p_{0i}^2$, 两个性状对肌肉重的共同决定系数的计算公式为 $d_{0ij} = 2p_{0i}r_{ij}p_{0j}$ 。

根据通径分析结果, 剔除通径系数检验结果不显著的自变量, 利用逐步回归的方法建立估计肌肉重的

最优多元回归方程。文中相关数据分析采用 SPSS for Windows(13.0)^[13]统计分析软件处理。

2 结果及分析

2.1 皱纹盘鲍各性状的基本统计结果及性状的相关性

本研究共测定了 132 个皱纹盘鲍的表型数据, 其中有 11 个因为存在数据缺失(予以剔除), 因而实际参与分析的个体共有 121 个。皱纹盘鲍壳长、壳宽、总重、壳重、软体部重和肌肉重表型数据经整理后结果见表 1。在这些性状中, 以肌肉重的变异系数最大, 壳宽的变异系数较小。单样本 $K-S$ 检验结果显示, P 值均在 0.05 以上(表 1), 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。

壳长、壳宽、总重、壳重、软体部重与肌肉重之间相关系数的均在 0.9 以上, 相关性均达到了极显著水平($P < 0.01$, 表 2), 表明用所选指标进行相关分析具有重要的实际意义。

2.2 通径系数及检验

根据通径分析原理, 利用 SPSS 软件得到各性状对肌肉重的通径系数, 经显著性检验, 保留达到显著水平的总重和软体部重 2 个性状, 其余通径系数不显著的性状被剔除。在所保留的 2 个性状中, 软体部重对肌肉重的直接作用要大于总重对肌肉重的直接作用。根据相关系数的组成效应, 将各性状与肌肉重的相关系数剖分为各性状的直接作用 p_{0i} 和各性状通过其他性状的间接作用两部分, 即: $r_{i0} = p_{i0} + \sum r_{ij}p_{0j}$ 。结果表明, 软体部重和总重对肌肉重的直接作用分别为 0.512、0.484, 二者差异不显著($P > 0.05$)。软体部重和总重对肌肉重间接作用分别为 0.481 和 0.509(表 3)。

表 1 皱纹盘鲍 6 个性状的基本统计结果

Tab. 1 The statistics of the six traits of pacific abalone

性状	平均值	标准差	变异系数	$K-S$ Z 值	P 值
肌肉重(g)	5.45	3.56	0.65	0.987	0.284
壳长(mm)	44.62	9.66	0.22	0.834	0.489
壳宽(mm)	29.64	6.28	0.21	0.819	0.514
总重(g)	12.11	7.20	0.59	0.981	0.290
壳重(g)	2.86	1.60	0.56	1.032	0.238
软体部重(g)	8.59	5.33	0.62	0.947	0.332

表 2 皱纹盘鲍各性状之间的相关系数

Tab. 2 *Pearson* correlations among the traits of Pacific abalone

性状	壳长	壳宽	总重	壳重	软体部重	肌肉重
壳长	1	0.989**	0.960**	0.970**	0.949**	0.952**
壳宽		1	0.968**	0.975**	0.958**	0.959**
总重			1	0.988**	0.995**	0.993**
壳重				1	0.978**	0.980**
软体部重					1	0.993**

注: **表示 $P < 0.01$

表 3 直接作用和间接作用分析

Tab. 3 Direct and indirect analysis for Pacific abalone

性状	相关系数	直接作用	间接作用	
			总重 (x_3)	软体部重 (x_5)
总重(x_3)	0.993	0.484		0.509
软体部重(x_5)	0.993	0.512	0.481	

2.3 各性状对肌肉重的决定程度

总重和软体部重对肌肉重的共同决定系数最大, 其次为软体部重, 再次为总重(表 4)。误差对肌肉重的决定系数为 0.011, 说明误差相对较小。

表 4 皱纹盘鲍总重、软体部重对肌肉重的决定系数

Tab. 4 The determinant coefficients of the total weight and weight of soft part on the muscle weight of Pacific abalone

	总重(x_3)	软体部重(x_5)
总重(x_3)	0.2098	0.4931
软体部重(x_5)		0.2621

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

表 5 多元回归的方差分析表

Tab. 5 ANOVA for multiple regression

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
回归	1 501.73	2	750.863	5 262.85	0.000
离回归	16.835	118	0.143		
总变异	1 518.56	120			

表 6 回归常数、偏回归系数 t 检验结果

Tab. 6 t -test results of regression constants and partial regression coefficients

	非标准化系数		标准化系数	t 值	P 值
	值	标准差			
常数	-0.381	0.071		-5.395	0.000
总重	0.239	0.047	0.484	5.030	0.000
软体部重	0.342	0.064	0.512	5.322	0.000

2.4 最优线性回归方程的建立

剔除通径系数检验不显著的变量, 对剩余变量利用逐步回归的方法建立以肌肉重为依变量的最优线性回归方程。其多元回归分析的方差表、偏回归系数和回归常数的显著性检验结果分别列于表 5 和表 6。从表 5 可以看出, 方程的回归效果非常显著 ($F=5262.851, P<0.001$)。表 6 的结果显示总重 x_3 和软体部 x_5 的回归系数均达到极显著水平(总重: $t=5.03, P<0.001$; 软体部重: $t=5.322, P<0.001$), 因而这两个变量均进入回归方程。表 7 为多元回归的复相关分析表。经过计算, 肌肉重与总重、软体部重的复相关系数为 0.994, 调整决定系数为 0.989, 说明这两个变量与肌肉重有极强的线性相关关系。根据上述分析结果, 得出的以肌肉重为依变量、总重和软体部重为自变量的最优线性回归方程为: $\hat{y} = -0.381 + 0.239x_3 + 0.342x_5$ 。经回归预测, 估计值与实际值差异不显著 ($P>0.05$), 表明该方程可简便可靠地应用于实际工作。

表 7 多元回归的复相关分析表

Tab. 7 The multiple correlation analysis table for multiple regression

复相关系数	决定系数	调整决定系数	估值标准误
0.994	0.989	0.989	0.37772

3 讨论

3.1 共线性问题

从各性状的相关分析结果可以看出,壳长、壳宽、总重、壳重、软体部重和肌肉重,其两两之间的相关性均达到了极显著水平($P < 0.01$),这说明各变量之间存在着严重的共线性问题。所谓共线性是指其中一个变量可以用其他变量的线性表达式表示。对于共线性的问题,解决途径之一就是进行通径分析^[14]。本研究通过通径分析剔除经检验不显著的自变量,建立以总重和软体部重为自变量的回归方程,其调整决定系数等于 0.989,误差所占的比例仅为 0.011,说明仅用这两个变量就可以很好地预测肌肉重。

3.2 影响皱纹盘鲍肌肉重主要性状的确定

据刘小林^[3,9],当复相关指数或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。本研究中, $R^2 = \sum d = 0.965$,说明所保留的软体部重和肌肉重是影响肌肉重的重点性状,其他尚未测度的性状和已剔除的性状对肌肉重的影响相对较小。

3.3 对选育的指导意义

在本研究中,软体部重和总重对肌肉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 2 个指标均要考虑,但由于软体部重不好直接测量(要测量需要将鲍杀死后方可获得软体部及其肌肉重量数据),考虑到总重和软体部重及肌肉重均存在极显著的正相关,因此,在进行选育的时候,可以选择只测量总重,以总重来间接选择肌肉重,而软体部重可以不测量,这样在减少工作量的同时,还可以保证选育的有效性。当然,由于本研究只使用一个家系的数据,样本数也有些偏少,这个研究对于指导育种实际意义究竟有多大,还需要进一步在实践中验证。

参考文献:

- [1] 赵洪恩. 鲍的增养殖 [M]. 沈阳: 沈阳出版社, 1999.
- [2] 明道绪. 高级生物统计 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006. 58-71.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [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] 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. 闽-粤东族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] 王新安, 马爱军, 许可, 等. 大菱鲂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.
- [13] SPSS Inc. SPSS® Base 13.0 User's Guide [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2004. 409-424.
- [14] 张文彤, 闫洁. SPSS 统计分析高级教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. 114-115.

Correlation and path analysis of phenotypic traits and muscle weight of Pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino

LIU Xian-de^{1, 2}, ZHANG Guo-fan¹

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety of Fujian Province University, Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Received: Jan., 15, 2009

Key words: *Haliotis discus hannai* Ino; correlation; path analysis; muscle weight

Abstract: In order to study the correlation between phenotypic traits and muscle weight of Pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino, 132 three-years-old individuals were sampled from a family constructed by crossing two Pacific abalones J255 and C26, which came from different geographic areas (Japan and China, respectively). Totally six metric traits were measured, including shell length (x_1), shell width (x_2), total weight (x_3), shell weight (x_4), weight of soft part (x_5), and muscle weight (y). The data were submitted to correlation and path analysis. The results showed that the *Pearson* correlations between every two metric traits ranged from 0.958 to 0.995, and all reached significance levels ($P < 0.01$). The trait with the strongest direct effect on muscle weight was the weight of soft part (0.512), and to a less extent the total weight (0.484). Whereas, the difference of direct effect between the total weight and the weight of soft part was not significant ($P > 0.05$). Other traits, such as shell length, shell width, and shell weight were not significantly correlated with muscle weight ($P > 0.05$). The multiple regression equation ($\hat{y} = -0.381 + 0.239x_3 + 0.342x_5$) was established using the stepwise regression method with x_1 , x_2 and x_4 being excluded; the R^2 of this equation was 0.989, suggesting that the selected attributes are relevant.

(本文编辑: 张培新)

(上接第 31 页)

Effects of dimethylhydantoin and dietary carbohydrate levels on the growth and immune factors of *Litopenaeus vannamei*

WANG Xing-qiang¹, MA Shen², CAO Mei¹, YAN Bin-lun¹

(1. Jiangsu Key Laboratory of Marine Biotechnology, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China; 2. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Jun., 12, 2009

Key words: dimethylhydantoin; carbohydrate; *Litopenaeus vannamei*; growth; immunity

Abstract: Three experiments were conducted to determine the effects of dimethylhydantoin and dietary carbohydrate levels on the growth and immune factors of *Litopenaeus vannamei* under low-salinity conditions. We found that the survival rate of *L. vannamei* was decreased with increasing dimethylhydantoin concentrations at salinities of 0.2‰, 5‰ and 20‰. The safety concentrations of dimethylhydantoin was increased with increasing salinities. Under the low-salinity conditions, long-term treatment of dimethylhydantoin environment led to stress in *L. vannamei*. More immune factors in vivo were consumed, phenoloxidase and superoxide dismutase activity were decreased, and the growth rates were lowered down. An adequate level of carbohydrate provided in diets could not only improve the growth of *L. vannamei* significantly, but also have a protein-sparing effect.

(本文编辑: 梁德海)