

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2019.04.005

毛蚶天津群体形态性状对体质量的影响研究

张超, 李永仁, 郭永军, 梁健

(天津农学院 水产科学系 天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384)

摘 要: 为探讨形态性状对体质量的影响, 指导毛蚶的选育, 以毛蚶天津群体为研究对象, 测量壳长、壳宽、壳高、体质量, 并进行统计分析。结果表明, 壳宽是体质量的主要影响因子, 其与体质量的相关系数为 0.953, 直接作用为 0.505, 间接作用为 0.448, 壳长、壳高间接作用分别为 0.483、0.480, 综合决定系数为 0.706 6。毛蚶体质量多元回归方程为 $Y = -40.8 + 0.438X_1 + 1.124X_2 + 0.469X_3$, $R^2 = 0.924$; 以壳宽为自变量, 体质量回归方程为: $Y = 5.443 \times 10^{-3} X_2^{2519}$, $R^2 = 0.937$ 。

关键词: 毛蚶, 相关分析, 通径分析, 回归分析

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2019)04-0400-05

Effects of shell morphological traits on total weight in *Scapharca subcrenata* Lischke from Tianjin

ZHANG Chao, LI Yong-ren, GUO Yong-jun, LIANG Jian

(Tianjin Key Laboratory of Aqua-Ecology and Aquaculture, College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to guide the selective breeding of *Scapharca subcrenata* Lischke, this paper studies the correlation between *subcrenata* morphological traits and their total weight. Four traits of wild *subcrenata* samples in Tianjin were employed: shell length (X_1), shell width (X_2), shell height (X_3) and total weight (Y). Statistical analysis showed that the shell width was the main factor of the total weight. The correlation between shell width and total weight was 0.953, including direct effect (0.505) and indirect effect (0.448). The indirect effects of shell length and shell height on total weight were 0.483 and 0.480, respectively. The general determination coefficient of shell width on total weight was 0.706 6. To estimate total weight, the multiple regression equation is evolved: $Y = -40.8 + 0.438X_1 + 1.124X_2 + 0.469X_3$, $R^2 = 0.924$; while the regression equation with shell width as independent variable is: $Y = 5.443 \times 10^{-3} X_2^{2519}$, $R^2 = 0.924$.

Keywords: *Scapharca subcrenata* Lischke; correlation analysis; path analysis; regression equation

毛蚶 (*Scapharca subcrenata* Lischke), 俗称毛蛤、毛蚶子, 属软体动物门, 双壳纲, 列齿目, 蚶科, 毛蚶属。多栖于低潮线以下至水深二十多米的泥质海底, 主要分布于日本、朝鲜和中国近海, 黄渤海资源尤为丰富, 是我国重要的海产经济贝类之一 (张建中等, 1993)。毛蚶味道鲜美, 营养丰富, 深受消费者喜爱。目前, 国内毛蚶养殖业发展迅速, 但养殖所用苗种未经选育, 生长及存活均无

优势, 严重制约了产业的进一步发展。因此, 开展毛蚶的新品系选育, 提供优质苗种, 是产业发展的重要前提。

近年来, 经济性状的关联性分析、通径分析以及回归分析已广泛应用于大麻哈鱼 (*Oncorhynchus keta*) (李培伦等, 2018)、斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) (赵旺等, 2017)、圆斑星鲷 (*Verasper variegatus*) (边力等, 2017)、大泷六线鱼 (*Hex-*

收稿日期: 2019-01-13; 修订日期: 2019-02-22

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0901400); 天津市种业科技重大专项 (17ZXZYNC00020); 天津市现代产业技术体系-水产-贝类养殖岗位 (ITTFRS2017013); 天津市农业科技成果转化与推广项目 (201602050); 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS49)。

作者简介: 张超 (1990-), 硕士研究生, 主要从事海水养殖技术研究。电子邮箱: zchao2009@163.com

通讯作者: 李永仁, 副教授。电子邮箱: lyr1018@163.com

agrammos otakii) (李莉等, 2019)、小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) (刘峰等, 2016)、大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) (刘贤德等, 2008)、凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) (刘红等, 2016)、中华虎头蟹 (*Orithyia sinica*) (来守敏等, 2015) 等水产动物的育种指标筛选。对于多种经济贝类也已有报道, 如大扁玉螺 (*Glossaulax reini-ana*) (Zhao et al, 2014), 波纹巴非蛤 (*Paphia undulata*) (王庆恒等, 2010), 皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) (刘贤德等, 2010; Luo et al, 2013), 中国蛤蜊 (*Mactra chinensis*) (郭文学等, 2013) 等, 但鲜见对相关性及通径及回归分析综合应用的相关报道。本文以天津浅海野生毛蚶为研究对象, 采用相关、通径及回归分析综合探讨毛蚶主要形态性状对体质量的影响, 旨在为亲本选择提供科学依据, 提高选育效率, 为毛蚶的品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用毛蚶为采自天津大神堂以南浅海海域 (39°09'N, 117°59'E) 的野生群体, 该海域水深 5~7 m, 软泥底质, 海水盐度稳定终年保持在 30 左右。淡水清洗毛蚶壳表, 以吸水纸拭干水分后待用。

1.2 测定方法

随机取 2~3 龄毛蚶 310 只, 使用精度为 0.0001 g 电子天平称量体质量 (Y), 用精度为 0.02 mm 游标卡尺测量毛蚶的壳长 (X_1), 壳宽 (X_2), 壳高 (X_3)。每组数据测量 3 次。

1.3 分析方法

采用 Excel 软件进行初步数据处理, 获得描述统计量; 使用 SPSS 24.0 软件对各性状的统计参数进行相关分析和回归分析, 建立毛蚶形态性状与体质量间的回归方程并制图; 依据相关系数、通径系数和决定系数进行通径分析和决定程度分析。

2 结果

2.1 描述性统计

毛蚶各性状的描述性统计量见表 1, 各性状变

异系数大小依次为体质量 > 壳宽 > 壳长 > 壳高, 其中体质量的变异系数最大, 为 44.38%。形态性状中, 壳高变异系数最小, 为 15.34%, 壳宽变异系数最大, 为 18.51%, 表明 3 种形态性状中壳宽性状具有相对较大的选择潜力。

表 1 毛蚶形态性状的描述性统计量

性状	壳长 X_1/mm	壳宽 X_2/mm	壳高 X_3/mm	体质量 Y/g
平均值	43.01	28.09	33.45	26.05
标准差	6.89	5.20	5.13	11.56
变异系数/%	16.01	18.51	15.34	44.38

2.2 相关分析

毛蚶形态性状间的相关系数见表 2。各性状间的相关性均极显著 ($P < 0.01$)。其中, 形态性状与体质量间的相关系数大小依次为壳宽 > 壳长 > 壳高, 形态性状间的相关系数大小依次为壳长与壳高 > 壳长与壳宽 > 壳宽与壳高, 各性状间相关系数均大于 0.9 且为正相关。

表 2 毛蚶形态性状间的相关系数

性状	X_1	X_2	X_3	Y
X_1	1.000	0.956**	0.964**	0.945**
X_2		1.000	0.950**	0.953**
X_3			1.000	0.941**
Y				1.000

注: ** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)

根据通径分析原理, 利用性状间的表型相关系数分析结果, 建立各形态性状对体质量的通径系数正则方程组, 解该方程组得到各形态性状对体质量的统计系数, 分别为 $P_1 = 0.261$, $P_2 = 0.505$, $P_3 = 0.208$, 相关指数 $R^2 = \sum P_i r_{xy} = 0.9236$ 。

根据相关系数组成, 将形态性状与体质量的相关系数分为直接作用 P_i 和间接作用 $r_{xy} = P_i + \sum P_j r_{xy}$ 。各性状间的通径系数见表 3, 直接作用大小依次为壳宽 > 壳长 > 壳高, 间接作用则相反; 壳宽直接作用大于间接作用, 壳长、壳高的直接作用均小于间接作用。

单个性状对体质量的决定系数为 $d_i = P_i^2$, 两个性状对体质量的共同决定系数为 $d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j$, 各形态性状对体质量的决定系数见表 4。决定系数总和

表3 毛蚶形态性状对体质量影响的通径分析

性状	相关系数 r_{ij}	直接作用 P_i	间接作用 $r_{ij} P_j$			
			Σ	X_1	X_2	X_3
X_1	0.945	0.261	0.684		0.483	0.201
X_2	0.953	0.505	0.448	0.250		0.198
X_3	0.941	0.208	0.732	0.252	0.480	

表4 毛蚶形态性状对体质量的决定系数

性状	X_1	X_2	X_3
X_1	0.068 121	0.252 011	0.104 667
X_2		0.255 025	0.199 576
X_3			0.043 264

$\sum d = 0.9227$ ，与相关指数 R^2 相差 1.4‰，说明本次选用 3 个形态性状是影响体质量的重要性状，其他性状影响相对较小。本次选用的 3 个形态性状对体质量的相对决定程度分别为 6.81%，25.50%，4.33%，共同决定系数分别为 25.20%，10.47%，19.96%。

2.3 回归分析

2.3.1 形态性状与体质量间的多元回归分析

形态性状与体质量间的多元回归方程为： $Y = -40.08 + 0.438X_1 + 1.124X_2 + 0.469X_3$ ， $R^2 = 0.925$ 。各回归系数及回归方程均达极显著水平 ($P < 0.01$)，回归方程成立。通过预测，实际观测值与估计值差异不显著 ($P > 0.01$)，回归方程可反映形态性状与体质量间的数量关系。

2.3.2 单一性状与体质量的回归分析

壳长与体质量之间的曲线拟合见图 1。曲线拟合方程为： $Y = 4.085 \times 10^{-4} X_1^{2.921}$ ，相关指数 $R^2 = 0.925$ 。自变量回归系数及截距回归系数差异极显著 ($P < 0.01$)，回归关系差异极显著 ($P < 0.01$)。

壳宽与体质量之间的曲线拟合见图 2。曲线拟合方程为： $Y = 5.443 \times 10^{-3} X_2^{2.519}$ ，相关指数 $R^2 = 0.937$ 。自变量回归系数及截距回归系数差异极显著 ($P < 0.01$)，回归关系差异极显著 ($P < 0.01$)。

壳高与体质量之间的曲线拟合见图 3。曲线拟合方程为： $Y = 5.238 \times 10^{-4} X_3^{3.058}$ ，相关指数 $R^2 = 0.904$ 。自变量回归系数及截距回归系数差异极显著 ($P < 0.01$)，回归关系差异极显著 ($P < 0.01$)。

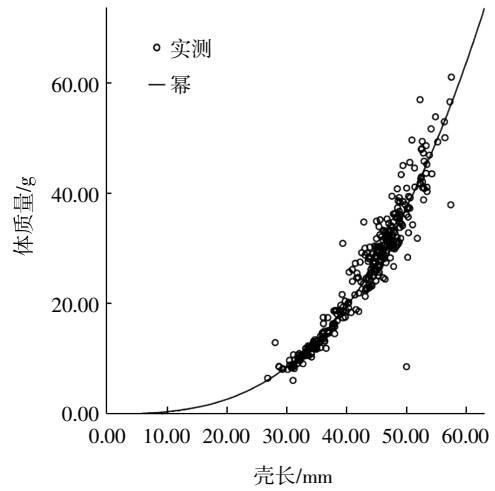


图1 壳长与体质量的曲线拟合

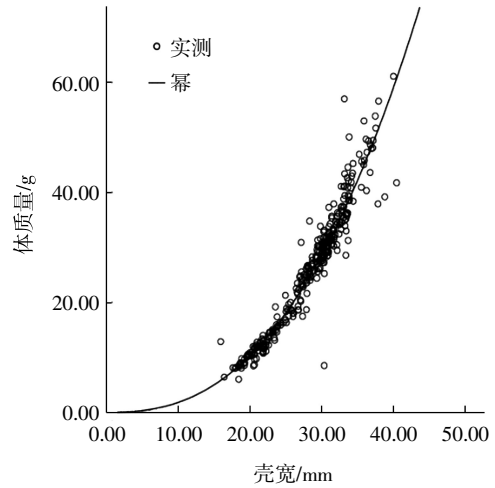


图2 壳宽与体质量的曲线拟合

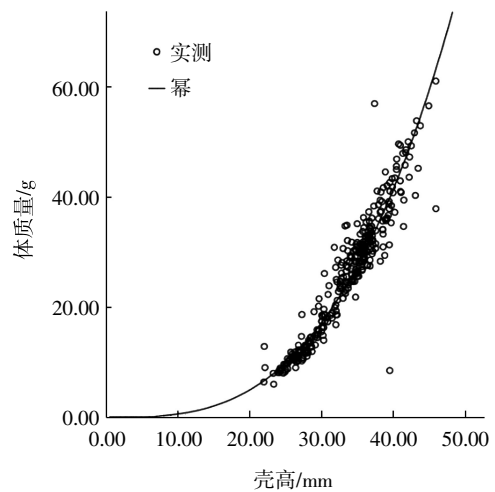


图3 壳高与体质量的曲线拟合

3 讨论

双壳类形态性状有多种测度指标, 但壳长、壳宽和壳高为最重要的表观形态指标 (郭文学等, 2013; 闫喜武等, 2011), 本研究中, 3 种指标决定系数总和与相关指数 R^2 相差仅 1.4‰, 说明这 3 个指标是影响体质量的决定性性状。通过相关性分析、回归分析, 从 3 个指标中筛选对个体质量影响最大的性状指标, 对毛蚶性状选育方案的制定与优化具有重要意义。

3.1 相关分析及指标筛选

通径分析可以从复杂自变量相关网络中确定某自变量并决定依变量的最佳路径, 能够反映出多变量间直接关系的大小 (袁志发等, 2002)。同时, 综合决定系数中包含直接作用与间接作用, 较为全面, 因此选择综合决定系数为决策准则 (刘小林等, 2004)。根据相关系数, 3 种形态性状均超过 0.94, 这 3 种壳态性状均可作为影响毛蚶体质量的主要指标 (李莉等, 2015); 根据通径系数, 壳宽的直接作用为 0.505, 明显高于壳长、壳高的 0.261、0.208, 同时, 壳宽通过壳长、壳高产生的间接作用分别为 0.483、0.480, 壳长、壳宽的总间接作用为 0.684、0.732, 壳宽间接作用占比分别为 70.6%、65.6%, 且在壳长、壳高与体质量相关系数中占比分别为 51.1%、51.0%, 超过一半, 说明壳宽对体质量的影响超过壳长、壳高; 根据决定系数, 壳长、壳宽、壳高对体质量的决定系数总和

$\sum d = 0.9227$, 与相关指数 $R^2 = 0.9236$ 近似相等, 且大于 0.85 (即 85%) (刘小林等, 2004), 说明本次选用的 3 个形态性状是影响体质量的决定性性状, 其他性状影响相对较小; 壳宽对体质量的相对决定程度为 25.50%, 综合决定系数为 70.66%, 说明 3 种主要形态性状与体质量相互关系中壳宽起到主要作用。另外, 对毛蚶群体间形态差异的研究 (陈蓉等, 2009) 中发现, 壳宽为群体间差异性的主要来源之一, 说明该性状具有较强的可塑性, 符合育种指标的要求。在对其他种类的相关研究中发现, 栉孔扇贝的壳高及文蛤的壳长对体质量影响最大 (吴杨平等, 2010; 刘小林等, 2002), 说明由

于各自生物学特性不同, 双壳类体质量的主要影响因素亦不同。

3.2 回归分析及拟合方程优化

回归分析中, 自变量不断增加, 虽然不能增加模型的解释力, 但 R^2 并不会降低 (R^2 为自变量数目的非递减函数) (邱皓政, 2013), 同时, 多元回归分析中, 由于自变量高度共线性产生的重要信息流失使回归方程缺乏合理性。本研究中, 多元回归分析共线性诊断发现回归方程自变量存在高度共线性, 结合相关分析结果, 同时考虑模型简效性, 利用 3 种形态性状的高度相关性和高度共线性, 对回归模型进行优化。得到 3 个回归方程, 发现 3 种形态性状与体质量间均呈幂函数关系, 壳宽为自变量的回归方程决定系数最高, 为 0.938, 与相关分析结果吻合, 且高于多元回归方程决定系数。

3.3 统计学方法的应用

使用统计学方法研究生长过程, 可以了解生物的生长规律, 并进行预测 (刘颖等, 2008)。通过相关、通径及回归分析方法研究形态性状对体质量性状的影响效果, 发现影响目标性状的主要因素, 制定合理的育种方案, 已在贝类遗传育种中广泛应用。闫喜武等 (2011) 采用通径分析方法研究四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*) 5 个数量性状间的影响效应, 结果表明壳宽是影响活体质量和软体质量的主要因素; 张根芳等 (2018) 采用通径分析方法研究 1 龄三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 5 个数量性状间的影响效应, 结果表明壳长综合决定系数最大, 是所选性状中理想的选育目标性状; Huo 等 (2017) 采用通径分析方法研究菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 不同贝龄形态性状对体质量的影响效果, 结果表明不同贝龄蛤仔体质量的主要影响因素不同; 孔宁等 (2015) 采用回归分析的方法研究长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 快速生长选育群体的生长特性, 结果表明壳型性状与体质量均呈幂函数关系, 且壳长的回归方程决定系数最大。本研究结果表明, 毛蚶壳宽是对体质量影响最大的形态性状且对体质量的估计效果更佳, 同时, 形态性状对软体重的决定系数较小而体质量与软体重又普遍呈显著正相关 (王冲等, 2015)。在毛蚶选育中, 选择体质量为目标性状更为经济, 从形态性状上应以壳宽为主要选育指标。

参 考 文 献

- Huo Z, Wu Y, Gao Z, et al, 2017. Effects of shell morphological traits on the weight trait of the orange strain of the Manila clam. *Acta Ecologica Sinica*, 37(2): 75–78.
- Luo X, Ke C, You W, 2013. Estimates of Correlations for Shell Morphological Traits on Body Weight of Interspecific Hybrid Abalone (*Haliotis discus hannai* and *Haliotis gigantea*). *Journal of Shellfish Research*, 32(1): 115–118.
- Zhao L, He Y, Yang F, et al, 2014. Correlation and path analysis of morphological and weight traits in marine gastropod *Glossaulax reini-ana*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 32(4): 821–827.
- 边力, 刘长琳, 陈四清, 等, 2017. 不同生长期圆斑星鲷形态性状对体重影响的通径分析. *中国水产科学*, 24(6): 1168–1175.
- 陈蓉, 刘建勇, 唐连俊, 等, 2009. 中国 5 个海区不同群体毛蚶形态差异分析. *海洋科学*, 33(7): 64–69.
- 郭文学, 闫喜武, 肖露阳, 等, 2013. 中国蛤蜊壳形态性状对体质量性状的影响. *大连海洋大学学报*, 28(1): 49–54.
- 孔宁, 李琪, 丛日浩, 等, 2015. 长牡蛎 F3 代快速生长选育群体生长特性的研究. *海洋科学*, 39(3): 7–11.
- 来守敏, 王仁杰, 姜令绪, 等, 2015. 逐步线性回归法实现中华虎头蟹 (*Orithyia sinica*) 形态指标与体重的通径分析. *海洋与湖沼*, 46(6): 1438–1443.
- 李莉, 王雪, 菅玉霞, 等, 2019. 不同月龄大泷六线鱼形态性状与体质量的相关性及通径分析. *上海海洋大学学报*, 28(1): 58–66.
- 李莉, 郑永允, 徐科凤, 等, 2015. 不同贝龄毛蚶壳形态性状对体质量的影响. *海洋科学*, 39(6): 54–58.
- 李培伦, 刘伟, 王继隆, 等, 2018. 大麻哈鱼放流期形态性状对体质量的影响分析. *水产学杂志*, 31(2): 6–11.
- 刘峰, 陈琳, 楼宝, 等, 2016. 小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 形态性状与体质量的相关性及通径分析. *海洋与湖沼*, 47(3): 655–662.
- 刘红, 郝敏, 孔丹丹, 等, 2016. 不同种群凡纳滨对虾形态性状对体质量的影响. *水产科学*, 35(5): 466–472.
- 刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等, 2008. 闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, (6): 916–920.
- 刘贤德, 张国范, 2010. 皱纹盘鲍表型性状与肌肉重的相关与通径分析. *海洋科学*, 34(4): 40–44.
- 刘小林, 常亚青, 相建海, 等, 2002. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析. *海洋与湖沼*, (6): 673–678.
- 刘小林, 吴长功, 张志怀, 等, 2004. 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析. *生态学报*, (4): 857–862.
- 刘颖, 薛敏, 任泽林, 等, 2008. 鱼类的生长模型及其在营养需求研究中的应用. *饲料工业*, (10): 20–23.
- 邱皓政, 2013. 量化研究与统计分析: SPSS (PASW) 数据分析范例解析. 重庆: 重庆大学出版社.
- 王冲, 孙同秋, 王玉清, 等, 2015. 不同群体毛蚶形态性状对重量性状的影响效果分析. *海洋渔业*, 37(5): 427–433.
- 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东, 2010. 波纹巴非蛤 *Paphia undulata* 表型性状通径和回归分析. *热带海洋学报*, 29(5): 132–135.
- 吴杨平, 陈爱华, 姚国兴, 等, 2010. 文蛤贝壳形态性状对活体重的影响分析. *海洋渔业*, 32(3): 320–325.
- 闫喜武, 王琰, 郭文学, 等, 2011. 四角蛤蜊形态性状对重量性状的影响效果分析. *水产学报*, 35(10): 1513–1518.
- 袁志发, 周静芋, 2002. 多元统计分析. 北京: 科学出版社.
- 张根芳, 张文府, 罗雨, 等, 2018. 1 龄三角帆蚌壳形态性状对体质量的通径分析. *大连海洋大学学报*, (6): 755–759.
- 张建中, 王如才, 王昭萍, 1993. 海水贝类养殖学. 青岛: 青岛海洋大学出版社.
- 赵旺, 杨蕊, 胡静, 等, 2017. 斜带石斑鱼形态性状与体质量的相关性和通径分析. *水产科学*, 36(5): 591–595.

(本文编辑: 袁泽轶)