

栉江珧形态性状对重量性状的影响

白临建^{1,2} 杨爱国^{1*} 周丽青¹ 吴彪¹ 刘志鸿¹

(¹农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

摘要 随机选取 101 只野生栉江珧, 测量其壳长(SL)、壳宽(SW)、壳高(SH)、壳顶角(AG)4 个形态性状和体重(WG)、软体重(WT)、闭壳肌重(WM)3 个重量性状, 采用相关分析和通径分析方法得出了不同形态性状对重量性状的影响效果。结果表明, 除壳顶角与闭壳肌重的相关系数不显著外, 其余形态性状与重量性状间的相关系数均达极显著水平($P < 0.01$); 壳高对重量性状的直接作用和间接作用均较大, 是影响重量性状的主要因素; 壳长和壳宽通过壳长对重量性状的间接作用较大, 直接作用较小, 是影响重量性状的两个次要因素; 利用逐步回归分析建立了栉江珧形态性状关于体重($Y = 69.112SH + 52.823SW - 751.367$)、软体重($Y = 37.161SH + 43.404SW + 4.111SA - 614.096$)和闭壳肌重($Y = 4.275SH - 18.610$)的最优回归方程。

关键词 栉江珧 形态特征 通径分析 回归方程

中图分类号 S917.4 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2012)06-0087-06

Effects of morphometric traits on weight traits of *Atrina pectinta*

BAI Lin-jian^{1,2} YANG Ai-guo^{1*} ZHOU Li-qing¹ WU Biao¹ LIU Zhi-hong¹

(¹ Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT Seven morphometric traits and weight traits of wild *Atrina pectinta*, including shell length (SL), shell width (SW), shell height (SH), live body weight (WG), tissue weight (WT), adductor muscle weight (WM) and shell dip angle (AG), were measured. The relationships between these morphological traits (SL, SW, SH, and SA) and weight traits (WG, WT, and WM) were evaluated by correlation analysis and path analysis. Traits such as SL, SW, SH and SA were used as independent variables, while WG, WT and WM were used as a dependent variables. It was found that correlation coefficients between morphometric traits (SL, SW, and SH) and weight traits (WG, WT, and WM) were significantly different ($P < 0.01$). Shell height, as a key effective factor, had predominant direct impact and indirect impact on weight traits. Shell length and width, as two secondary factors, showed significant indirect impact

山东省科技发展计划项目(2010GHY10513)、山东省自然科学基金项目(2009ZRB02158)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(20603022011013)共同资助

* 通讯作者。E-mail: yangag@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2012-03-24; 接受日期: 2012-04-10

作者简介: 白临建(1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事贝类遗传育种研究。E-mail: bairongjian@163.com

through shell height and slight direct impact on weight traits. The morphometric traits having significant impact on weight traits were used to establish the multiple regression equations of WG, WT and WM: $Y=69.112SH+52.823SW-751.36$, $Y=38.485SW-472.912$, $Y=4.275SH-18.610$. The results provide a theoretical tool for genetic breeding study of *A. pectinta*.

KEY WORDS *Atrina pectinta* Qualitative trait Path analysis Multiple regression

栉江珧 *Atrina pectinta* 是广泛分布于温、热带近海海域的大型深水双壳贝类, 又称“大海红”、“海铖”等, 隶属于软体动物门 Mollusca、瓣鳃纲 Lamellibranchia、翼形亚纲 Pteriomorphia、贻贝目 Mytiloida、江珧科 Pin-nidae, 在我国几乎沿海各省份均有广泛分布。栉江珧肉鲜味美、营养丰富, 后闭壳肌发达, 约占体长的 1/3~1/2 (吕振波等 2004), 可制成江珧柱, 其价值胜过干贝柱 (肖 湘等 2010)。

在水产贝类的选育中, 一般把体重、软体重和闭壳肌重等重量性状作为直接目标, 但由于贝类被捕捞上来时, 往往带有大量海水和附着生物, 致使这些重量性状不容易准确度量。而形态性状数据受其他因素影响较小, 可以十分便捷、快速地获得。研究贝类形态性状对重量性状的影响效果, 可以间接地实现对重量性状的选优, 对群体种质改良及育种策略的制定具有重要意义 (吴 彪等 2010)。

多元分析用于研究多个自变量与因变量的相互关系, 广泛应用在水产动物形态性状与重量性状关系的分析中, 在多种具有较高经济价值的贝类中都已报道, 如扇贝科 (常亚青等 2008; 孙秀俊等 2008)、贻贝科 (石琼等 1996)、蚶科 (王 辉等 2007; 吴 彪等 2010)、珍珠贝科 (王爱民等 2004; 何毛贤等 2006)、牡蛎科 (孙泽伟等 2010)、玉螺科 (孙振兴等 2010)、蛤蜊科 (闫喜武等 2011)、帘蛤科 (薛林海等 2006)。本研究共测量 101 只野生栉江珧的 7 项形态和重量性状, 运用 SPSS 软件进行了相关分析、通径分析、回归分析。分析了各形态性状对重量性状的影响, 建立了形态性状估计体重、软体重和闭壳肌重的最优回归方程, 以期研究结果能为栉江珧的选育种工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

栉江珧于 2011 年 11 月取自山东日照海域, 为野生群体, 活体带回实验室。

1.2 各性状测量方法

用游标卡尺测量栉江珧的壳高 (SH) 和壳宽 (SW), 精确至 0.01 mm; 使用直尺测量壳长 (SL), 精确至 0.01 mm。体重 (WG) 是用电子天平称量脱水阴干后的总重量; 解剖后, 使用吸水纸吸干闭壳肌和贝壳表面水分后测量闭壳肌鲜重 (WM) 和壳重, 并用体重减去壳重得到软体重 (WT); 壳顶角 (AG) 使用量角器测量, 精确至 0.1°。壳长、壳宽、壳高的测量参照吴天明等 (1985) 的方法: 壳长取贝壳前后两端的最大长度, 壳宽取两壳间最厚处的长度, 壳高取壳顶至腹缘的最大长度, 测量方法见图 1。

1.3 统计分析

利用 SPSS 11.5.0 软件, 统计了所测 7 项形态性状 (SL、SW、SH、SA) 与重量性状 (WG、WT、WM), 计算表型参数统计量、表型相关系数、偏相关系数; 然后结合表型相关系数与通径分析, 计算出形态性状对重量性状的直接作用、间接作用以及决定系数, 最后建立形态性状关于重量性状的最优回归方程。

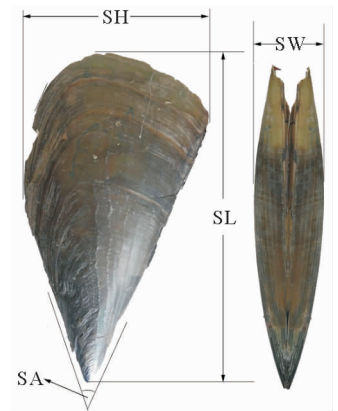


图 1 栉江珧的形态性状测量
Fig. 1 Scheme for morphological characters measurement of *A. pectinta*

通径分析采用杜家菊等(2010)的方法;相关系数的计算参照宋春妮等(2010)的方法;偏相关系数的计算参照了严丽坤(2003)的方法;偏相关系数 $r_{ij \cdot E}$ 表示除去性状 E 的影响后 i 与 j 之间的偏相关系数, E 为 i, j 外的所有已统计到的性状。

2 结果与分析

2.1 栉江珧各形态性状的表型统计量

所测得栉江珧各形态性状数据均可通过正态检验。各形态性状的表型统计量见表 1。

表 1 栉江珧各形态性状的表型统计量
Table 1 The apparent statistics of morphological traits of *A. pectinata*

性状 Traits	平均数 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)
SL (cm)	22.227 7	2.249 7	0.080 4
SW (cm)	4.645 6	0.751 4	0.148 8
SH (cm)	11.507 1	1.652 2	0.114 7
SA (°)	41.229 7	2.798 1	0.063 6
WT (g)	184.643 8	106.826 1	0.419 3
WM (g)	30.583 8	10.597 0	0.497 4
WG (g)	289.312 0	160.260 7	0.269 3

从表 1 看出,本次取样的规格比较整齐,且形态性状的变异系数较重量性状的变异系数小。

2.2 栉江珧各性状间的表型相关系数及偏相关系数的计算

通过相关分析(Correlation analysis),计算栉江珧各性状之间的 Pearson 表型相关系数,结果见表 2。

表 2 栉江珧各性状间的表型相关系数(r_{ij})
Table 2 The Pearson-phenotype correlation coefficient between the traits of *A. pectinata*(r_{ij})

	SL	SW	SH	SA	WT	WM	WG
SL	1	0.872**	0.900**	0.268**	0.824**	0.643**	0.883**
SW		1	0.883**	0.352**	0.851**	0.634**	0.877**
SH			1	0.353**	0.882**	0.667**	0.931**
SA				1	0.418**	0.194	0.378**
WM					1	0.682**	0.975**
WT						1	0.744**
WG							1

注: * 表示差异显著, ** 表示差异极显著, 下同

Note: ** represents significance at 0.01 level, * represents significance at 0.05 level. Same in the following tables

由表 2 可见,壳顶角与闭壳肌重的相关系数较小(0.194),两性状相关不显著;除此之外,各性状间均相关极显著($P < 0.01$),表明所选性状间存在较大程度的依存关系,分析具有重要的实际意义。体重与形态性状相关系数(r_{ij})由大到小依次为 $r_{SH \cdot WG}$ 、 $r_{SL \cdot WG}$ 、 $r_{SW \cdot WG}$ 、 $r_{SA \cdot WG}$;软体重与形态性状的相关系数由大到小依次为 $r_{SH \cdot WT}$ 、 $r_{SW \cdot WT}$ 、 $r_{SL \cdot WT}$ 、 $r_{SA \cdot WT}$;闭壳肌重其他性状的相关系数由大到小依次为 $r_{SH \cdot WM}$ 、 $r_{SL \cdot WM}$ 、 $r_{SW \cdot WM}$ 、 $r_{SA \cdot WM}$,所选性状间均表现为较强的正相关。

二元变量的简单相关分析在一些情况下无法较为真实准确地反映事物之间的相关关系,在含有多个性状的交互影响时,两性状之间的相关关系需要剔除其他相关性状的影响,此时适宜做偏相关分析(Partial correlation analysis)。偏相关可排除其他变量的影响,能够真实反映相关的密切程度。通过偏相关分析,计算栉江珧各性状之间的偏相关系数,结果见表3。

表3 栉江珧各性状间的偏相关系数($r_{ij \cdot E}$)

Table 3 The Pearson-phenotype partial correlation coefficient between the traits of *A. pectinata*($r_{ij \cdot E}$)

	SL	SW	SH	SA	WT	WM	WG
SL	1	0.359 1**	0.238 4*	-0.138 2	-0.287 1**	-0.117 2	0.339 9**
SW		1	0.258 3*	0.075 1	0.176 9	0.058 9	-0.075 5
SH			1	0.087 9	-0.288 4**	-0.178 1	0.482 6**
SA				1	0.168 5	-0.070 9	-0.064 8
WT					1	-0.351 5**	0.901 0**
WM						1	0.498 6**
WG							1

偏相关系数是在对其他变量的影响进行控制的条件下,衡量多个变量中某两个变量之间的线性相关程度的指标。通过表3可以看到,栉江珧的3个形态性状(壳长、壳宽、壳高)之间存在显著性偏相关关系,说明三者之间存在较强的内在线性关系;软体重和体重都与壳长、壳高存在显著的偏相关关系,说明它们之间各自存在着较强的内在线性关系。

2.3 形态性状对重量性状的通径分析

相关关系的计算仅能反映两性状之间的表型相关关系,并不能反应性状间直接相关关系的大小,通径系数(P_i)则可以说明形态性状对重量性状的直接影响效果。

根据通径分析可以得到各形态性状对重量性状的通径系数。相关系数的组成效应表明,两性状间的相关关系(r_{XY})由自变量性状对因变量性状的直接作用系数(P_i)和自变量性状通过其他性状对因变量性状的间接作用($\sum r_{ij}P_j$)组成,则有 $r_{XY} = P_i + \sum r_{ij}P_j$,结果见表4。

表4 栉江珧形态性状对重量性状的影响

Table 4 Effects of morphometric traits on weight traits of *A. pectinata*

	性状 Traits	相关系数 r_{XY}	直接作用 P_i	间接作用 $r_{ij}P_j$				
				\sum	SL	SW	SH	SA
WG	SL	0.883**	0.181	0.702	—	0.152	0.535	0.016
	SW	0.877**	0.174	0.703	0.158	—	0.525	0.021
	SH	0.931**	0.594	0.337	0.163	0.154	—	0.021
	SA	0.378**	0.059	0.319	0.049	0.061	0.210	—
WT	SL	0.824**	0.072	0.751	—	0.243	0.478	0.030
	SW	0.851**	0.279	0.571	0.063	—	0.469	0.040
	SH	0.882**	0.531	0.351	0.065	0.246	—	0.040
	SA	0.418**	0.113	0.305	0.019	0.098	0.187	—
WM	SL	0.643**	0.146	0.496	—	0.144	0.365	-0.012
	SW	0.634**	0.165	0.469	0.127	—	0.358	-0.016

从表 4 可见,壳高对重量性状的直接作用最大,分别为 0.594、0.531、0.405;壳长和壳宽对重量性状的直接作用并不大,它们主要是通过与其他性状的两两共同作用来影响重量性状,由此导致了壳长与壳宽对重量性状的间接作用远大于其直接作用;除对软体重的直接作用大于壳长外,壳顶角对各重量性状的直接作用和间接作用均是 4 个形态性状中最小的。

在线性回归模型中, R^2 可以解释自变量对因变量变化的贡献率,它的值越接近于数值 1 表示回归的效果越好,且只有当相关指数 $R^2 \geq 0.85$ 时,才能说回归分析拟合较好,已经找到了影响因变量的自变量(刘小林等 2004)。通径计算给出了相应的 R^2 值:栉江珧形态性状对体重的相关指数 $R^2 = 0.888$,表明已经找到影响体重的主要形态性状,而对于栉江珧的软体重和闭壳肌重, R^2 分别为 0.813 和 0.460,表明尚有未测量到的影响栉江珧软体重和闭壳肌重的主要性状。

2.4 最优回归方程的建立

相关分析和通径分析的结果表明,栉江珧形态性状与重量性状的相关系数、通径系数均达到显著或极显著的程度,对重量性状进行回归估计可行。使用逐步回归(Stepwise)的方法,剔除对重量性状影响不显著的形态性状变量,建立了栉江珧形态性状关于体重($Y = 69.112SH + 52.823SW - 751.367$)、软体重($Y = 37.161SH + 43.404SW + 4.111SA - 614.096$)和闭壳肌重($Y = 4.275SH - 18.610$)的最优回归方程。

对多元回归关系和各偏回归系数的显著性检验以及对 3 个多元回归方程的方差分析表明,3 个回归方程的回归关系均达到显著或极显著水平,各因素的偏回归系数显著或极显著。回归预测表明估计值与实际测量值差异不显著,这 3 个方程可简便可靠地应用于实际生产中。

3 讨论

3.1 各分析方法的特点

相关分析可以对性状间的相关关系进行明确定量,有利于排除对目的性状影响不大的次要性状,制定合理的多性状选择方案。表型相关系数(r_{ij})包含了自变量和因变量的直接关系和通过其他变量的间接关系。但是,相关系数(r_{ij})大并不能代表自变量对因变量的直接影响就一定大,比如栉江珧的壳顶角与体重相关极显著(0.378),但其对体重的直接作用(P_i)只有 0.059 且不显著,从而没有出现在形态性状对体重的最优回归方程中。

偏相关系数则是在对其他变量的影响进行控制的条件下,衡量多个变量中某两个变量之间的线性相关程度的指标,偏相关关系的计算有利于获知两个形态性状与重量性状之间的内在线性关系,对偏相关系数取绝对值可以显示线性关系的大小,绝对值越接近于 1 说明线性关系愈强烈。

通径分析(Path analysis)可以用来剖分形态性状对重量性状的直接作用和间接作用,显现多个自变量与因变量之间的线性关系,是回归分析的拓展。本研究结合相关分析和通径分析,剖分了栉江珧各形态性状对重量性状的直接作用和间接作用,并进一步通过逐步回归,保留对栉江珧重量性状影响显著的形态性状,删除不显著的性状,建立了形态性状关于体重、软体重和闭壳肌重的最优回归方程,具有重要的实际意义。

3.2 重点形态性状对重量性状的影响

通过对栉江珧性状间的相关关系的分析,除壳顶角与闭壳肌重相关系数不显著外,所测 4 种形态性状与 3 种重量性状的相关系数均极显著($P < 0.01$),表明栉江珧多数性状之间有重要的相互作用关系,这与在其他贝类中的研究结果相一致(常亚青等 2008; 孙秀俊等 2008; 吴彪等 2010),同时也表明接下来的统计分析具有重要的实际意义。另外,栉江珧各形态性状与各重量性状的相关性具有明显的主次顺序,体现为壳高大于壳长和壳宽,壳长和壳宽又大于壳顶角。

通径分析可揭示形态性状对体重的直接影响和间接影响。本研究结果表明,对栉江珧来说,壳高对各重量性状的直接作用、间接作用均较大,是影响各重量性状最主要的因素。壳长、壳宽对软体重和闭壳肌重的直接作用都很小,主要是通过壳高的间接作用来影响重量性状,是影响重量性状的次要因素;壳顶角除了对软体重有一定

的直接作用和间接作用外,对其余重量性状影响极小,是影响软体重的一个次要因素。通径分析得到3种形态性状对体重的决定系数 R^2 达到0.888,大于0.85,表明已经找到了影响体重的主要形态性状;而软体重和闭壳肌重的 R^2 为0.813和0.460,说明尚有影响软体重和闭壳肌重的重要指标未检测到,这些指标有可能与贝壳的凹凸性、绞合度、表面积及生存环境等因素有关(常亚青等 2008),有待进一步的研究。

在多元回归分析中,栉江珧的壳高对各重量性状的偏回归系数均差异显著,是3个回归方程的共同指标;壳长、壳宽性状对闭壳肌重的偏回归系数不显著,在闭壳肌重为因变量的回归方程中被剔除;值得一提的是,壳顶角对软体重的偏回归系数显著($P < 0.05$),目前,作者尚未见到壳顶角对贝类重量性状影响的报道,这种显著关系可能是栉江珧有别于其他贝类的特殊形状导致的。

通过研究可知,壳高、壳宽是影响栉江珧重量性状的首要因素。一般来说,贝类的壳高、壳宽越大,则壳长也相应的大,贝的体积就越大,从而为贝类组织的生长和营养物质的积累提供有利条件,产出经济价值较高的贝类。因此在栉江珧的选育中,应首先考虑栉江珧的壳高、壳宽,选择壳高和壳宽较大的亲贝来育种,不仅能够间接实现对重量性状的选择,同时还有利于提高后代营养品质。

参 考 文 献

- 王爱民,石耀华,周志刚. 2004. 马氏珠母贝不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代形态性状参数及相关性分析. 海洋水产研究,25(3): 39~45
- 王 辉,刘志刚,符世伟. 2007. 南海毛蚶形态特征对体重的相关分析. 热带海洋学报,26(6): 58~61
- 石 琼,陈舜华. 1996. 翡翠贻贝壳长与体重关系的研究. 生态科学,(1): 48~51
- 孙秀俊,杨爱国,刘志鸿,周丽青. 2008. 2种壳色虾夷扇贝的形态学指标比较分析. 安徽农业科学,36(23): 10 008~10 010
- 孙泽伟,郑怀平,杨彦鸿,王迪文,张 涛,刘合露,张 倩. 2010. 近江牡蛎养殖群体数量性状间的相关及通径分析. 中国农学通报,26(6): 332~336
- 孙振兴,常林瑞,徐建鹏. 2010. 扁玉螺(*Neverita didyma*)表型性状对体重和软体部重的影响效应分析. 海洋与湖沼,41(4): 513~518
- 吕振波,丛日祥,曲世科,邱盛尧,曲 琳. 2004. 栉江珧人工育苗的初步研究. 齐鲁渔业,(06): 36~38
- 刘小林,吴长功,张志怀,黄 皓,李 斌,张愚夫,孙成波,相建海. 2004. 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析. 生态学报,24(4): 857~862
- 闫喜武,王 琰,郭文学,霍忠明,张跃环,杨 凤,张国范. 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): 1 513~1 518
- 杜家菊,陈志伟. 2010. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法. 生物学通报,45(2): 4~6
- 严丽坤. 2003. 相关系数与偏相关系数在相关分析中的应用. 云南财贸学院学报, 19(3): 78~80
- 肖 湘,燕 青,邢佳燕. 2010. 江珧活性蛋白的分离及抗氧化作用研究. 天然产物研究与开发,22(1): 86~88
- 吴 彪,杨爱国,刘志鸿,周丽青,邱 梅,辛 梅,李 靖. 2010. 魁蚶两个不同群体形态性状对体质量的影响效果分析. 渔业科学进展,31(6): 54~59
- 吴天明,许章程. 1985. 兴化湾栉江珧生态调查. 海洋渔业,(03): 106~110
- 何毛贤,史兼华,林岳光,姜卫国,黄良民. 2006. 马氏珠母贝生长性状的相关分析. 海洋科学, 30(11): 1~4
- 宋春妮,李 健,刘 萍,高保全,陈 萍. 2010. 日本鲟形态性状对体重的影响效果. 大连水产学院学报,25(4): 365~369
- 常亚青,张存善,曹学彬,杨小刚,李云峰. 2008. 1 龄虾夷扇贝形态性状对重量性状的影响效果分析. 大连水产学院学报, 23(5): 330~334
- 薛林海,张永普,胡金乾. 2006. 小菱蚌数量性状的相关分析. 温州师范学院学报, 27(2): 58~61