

日本镜蛤(*Dosinia japonica* Reeve)壳尺寸 与重量性状的相关与回归分析*

张伟杰 常亚青 丁君 肖登兵 于靖洋 周海森

(农业部北方海水增养殖重点实验室 大连海洋大学水产与生命学院 大连 116023)

提要 采用相关分析、共线性分析、多元回归分析及通径分析的方法对日本镜蛤(*Dosinia japonica*)的壳尺寸性状与重量性状间的关系进行了研究。相关分析结果表明,所测量的日本镜蛤的各性状间均呈极显著的表型相关($P < 0.01$);共线性分析剔除了与各壳性状存在严重共线性的壳长;通径分析表明,壳高和壳宽是直接影响体重和壳重的主要性状,壳宽和 b (壳顶至壳后)是直接影响软体部重和软体部干重的主要性状,而直接影响体积的壳尺寸性状只有壳高;采用逐步回归的方法,建立了壳尺寸性状对体积和重量性状的最优回归方程,可为日本镜蛤的养殖和选择育种提供理论依据。

关键词 日本镜蛤;壳尺寸;重量性状;相关分析;回归分析

中图分类号 S968.31

日本镜蛤属软体动物门、双壳纲、帘蛤目、帘蛤科(庄启谦, 2001),其不仅肉味鲜美,贝壳还可入药,具有软坚散结、清热解毒的功效(赵汝翼等, 1982)。该种自然分布十分广泛,在俄罗斯远东、朝鲜、日本及我国沿海均可见到。虽然如此,其天然数量并不多,不能作为主要的采捕对象(孙虎山等, 1993)。由于近年来对海产滩涂贝类的过度开发现象严重,日本镜蛤的天然资源受到了严重的破坏(孙虎山等, 1993)。为了保护日本镜蛤的物种资源,对其开展人工养殖十分必要。然而,目前国内对日本镜蛤生物学及人工养殖方面的研究甚少,仅见孙虎山等(1993)对日本镜蛤的性腺发育及其生殖周期规律进行过报道。日本镜蛤的生物学基础理论亟需完善。

贝类的壳尺寸和重量性状是其重要的经济性状,是贝类种苗繁殖与遗传育种的重要指标(Wang *et al.*, 2011; Kvingedal *et al.*, 2010)。在贝类生长过程和苗种生产中,壳尺寸性状较容易准确测量,而体重、软体部重等重量性状则相对难以准确测量或无法测量。在

多数水产动物养殖及育种中,重量性状相对于体尺寸性状是更为重要的经济性状,因此重量性状的度量困难无疑增加了水产动物养殖和育种研究难度。目前解决这一问题的方法主要是通过相关分析和多元回归分析,明确易测量性状与目标经济性状间的相关关系,建立对难测量性状的预测模型。Cibert 等(1999)通过测量鲤鱼的体型性状对其鱼排产量进行了预测;Bosworth 等(2001)通过相关、回归分析等方法建立了斑点叉尾鲷体型性状对胴体和鱼排产量的预测方程;Sang 等(2009)利用体尺性状预测了水晶巴丁鱼鱼排重量、鱼排产量及鱼排脂肪含量等重要经济性状。在贝类中,这一方法也已广泛应用于扇贝(刘小林等, 2002; 张存善等, 2009)、珍珠贝类(Deng *et al.*, 2008; 栗志民等, 2011; 刘志刚等, 2007)、牡蛎(孙泽伟等, 2010)、紫石房蛤(黎筠等, 2008)、青蛤(高玮玮等, 2009)、硬壳蛤(宋坚等, 2010)等。本研究对日本镜蛤壳尺寸和重量性状进行了测量和分析,旨在探明日本镜蛤壳性状与重量性状间的相关关系及回归关系,

* 辽宁省科技攻关重大项目, 2008203001 号。张伟杰, 硕士, E-mail: zhangweijie5217@163.com

通讯作者: 常亚青, 教授, E-mail: yqchang@dlou.edu.cn

收稿日期: 2012-02-28, 收修改稿日期: 2012-04-19

为日本镜蛤的人工养殖和品种培育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用日本镜蛤(*Dosinia japonica* Reeve)均为 2011 年 1 月 30 日采集自大连庄河的野生群体, 取样数量为 80 只, 样本取回后置于大连海洋大学农业部北方海水增殖重点实验室暂养 1d 后进行体尺和体重性状测量。

1.2 测量方法

用电子游标卡尺(精度为 0.01mm)逐一测量日本镜蛤样本的壳长(SL)、壳高(SH)、壳宽(SW)及其它 4 个壳型性状: 壳顶至壳前(a)、壳顶至壳后(b)、壳前至壳缘(c)、壳后至壳缘(d)(测量位点见图 1); 用排水法测量体积(BV); 用吸水纸擦干日本镜蛤样本的体表水分, 用电子天平(精度为 0.01g)测量逐一样本的体重(BW)。将日本镜蛤解剖, 用吸水纸吸除贝壳内外表面、软体部表面的水分, 用电子天平称量样本的壳重(SW)、软体部重(MW)。将称重后的软体部置于 65℃ 恒温干燥箱内 72h 至恒重, 用电子天平称量软体部干重(DMW)。

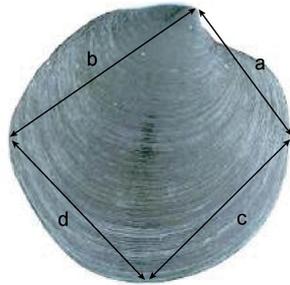


图 1 日本镜蛤壳型性状测量位点

Fig.1 Landmark points of morphological measurement of *D. japonica*

1.3 分析方法

用 Excel 对测量数据进行初步整理。利用 SPSS 16.0 软件统计各测量性状的均值(mean)、标准差(SD)和变异系数(CV%), 对各性状进行 K-S 正态性检验; 对所测性状等进行相关分析; 以壳尺寸性状为自变量、以重量性状为因变量做多元回归分析, 剔除存在共线性的自变量, 得到壳尺寸性状对重量性状的通径系数; 采用逐步回归分析的方法建立壳性状估计重量性状的回归方程。各分析显著性水平均设置为 $P < 0.05$, 极显著水平均设置为 $P < 0.01$ 。

2 结果

2.1 各测量性状统计量

各测量性状表型均值、标准差和变异系数见表 1。K-S 正态性检验结果表明, 所测性状原始数据均符合正态分布。

2.2 性状间的表型相关系数

性状间的表型相关系数见表 2。如表 2 所示, 日本镜蛤壳尺寸各性状间均呈极显著相关, 其中以壳高和壳长间的相关最大, 达 0.962。体重、体积、壳重、软体部重及软体部干重与壳长、壳高、壳宽和 b 间的相关较其它壳尺寸性状大。壳高与体重、体积及壳重的相关系数大于其它壳尺寸性状, 壳长与软体部重的相关系数大于其它壳尺寸性状, 壳宽与软体部干重的相关系数大于其它壳尺寸性状。

2.3 自变量的筛选和回归模型的建立

壳尺寸性状的方差膨胀因子(VIF)表明(表 3), 壳长、壳高与自变量间存在严重的共线性($VIF > 10$), 为

表 1 各测量性状的表型统计量
Tab.1 Statistics of traits measurements

测量性状	均值±标准差	变异系数(%)	K-S 值	P
壳长 SL(mm)	47.20±3.23	6.84	0.33	0.99
壳高 SH(mm)	45.21±3.20	7.08	0.44	0.99
壳宽 SW(mm)	18.43±1.54	8.35	0.66	0.77
壳顶至壳前 a(mm)	28.15±2.44	8.68	0.52	0.95
壳顶至壳后 b(mm)	29.41±2.08	7.06	0.74	0.64
壳前至壳缘 c(mm)	31.58±4.24	13.42	0.80	0.55
壳后至壳缘 d(mm)	33.05±3.40	10.29	0.66	0.77
体重 BW(g)	22.80±4.79	21.02	0.52	0.95
体积 BV(ml)	17.79±3.60	20.24	0.55	0.93
壳重 SW(g)	9.90±2.03	20.50	0.57	0.90
软体部重 MW(g)	6.71±1.77	26.36	0.61	0.85
软体部干重 DMW(g)	1.71±0.48	28.21	0.75	0.63

表 2 各性状间的表型相关系数
Tab.2 Phenotypic correlation coefficients among measured traits

性状	SL	SH	SW	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	BW	BV	SL	MW
SH	0.962										
SW	0.865	0.875									
<i>a</i>	0.722	0.766	0.671								
<i>b</i>	0.857	0.877	0.777	0.743							
<i>c</i>	0.503	0.501	0.471	0.502	0.507						
<i>d</i>	0.474	0.510	0.470	0.414	0.470	0.626					
BW	0.943	0.957	0.933	0.712	0.870	0.512	0.528				
BV	0.847	0.867	0.811	0.645	0.772	0.494	0.421	0.865			
SW	0.895	0.900	0.890	0.722	0.850	0.517	0.505	0.928	0.828		
MW	0.858	0.851	0.853	0.691	0.819	0.548	0.488	0.878	0.754	0.915	
DMW	0.862	0.856	0.868	0.685	0.801	0.515	0.470	0.885	0.772	0.921	0.980

注: 表内所有性状间相关系数均为极显著($P < 0.01$)

表 3 自变量间共线性分析
Tab.3 Collinearity statistics among independent variables

性状	全部自变量		去除壳长后	
	容忍度	方差膨胀因子	容忍度	方差膨胀因子
SL	0.069	14.473		
SH	0.052	19.079	0.123	8.149
SW	0.226	4.424	0.233	4.291
<i>a</i>	0.370	2.705	0.376	2.657
<i>b</i>	0.213	4.695	0.215	4.642
<i>c</i>	0.516	1.937	0.528	1.895
<i>d</i>	0.541	1.849	0.553	1.809

使分析结果准确, 考虑到壳高与多个目标性状存在最高的相关系数, 将壳长予以剔除。第二次共线性分析表明, 自变量间共线性程度较小($VIF < 10$)。

以壳尺寸性状为自变量, 以体积和重量性状为因变量, 进行逐步回归分析, 得到对因变量影响显著的各自变量的通径系数(表 4)。通径系数表明一个性状对另一个性状直接影响, 表 4 表明, 直接影响体积及重量性状的壳尺寸性状并不相同, 直接影响体重等重量性状的壳尺寸性状主要为壳高、壳宽和 *b*, 而直接影响体积的壳尺寸性状只有壳高, 壳尺寸性状 *d* 在逐步回归中被剔除。

逐步回归分析最终得到壳尺寸性状对重量性状的预测模型如下:

$$BW = -42.163 + 0.803SH + 1.266SW + 0.324b - 0.149a, r^2 = 0.960;$$

$$BV = -26.314 + 0.976SH, r^2 = 0.752;$$

$$SW = -16.448 + 0.197SH + 0.565SW + 0.238b, r^2 = 0.868;$$

$$MW = -14.766 + 0.601SW + 0.298b + 0.052c, r^2 = 0.800;$$

$$DMW = -4.046 + 0.193SW + 0.074b, r^2 = 0.794。$$

经多元回归的显著性检验和各个回归系数的显著性检验表明, 各回归模型中回归常数和所有的回归系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。经回归预测, 估计值和实际测定值差异不显著($P > 0.05$), 说明该回归方程可以应用于实际生产中。

表 4 壳尺寸性状对体积及重量性状的直接影响
Tab.4 Direct effects of shell size traits on body volume and weight traits

因变量	自变量	直接影响	<i>P</i>
BW	SH	0.536	0.000
	SW	0.406	0.000
	<i>a</i>	0.140	0.006
BV	<i>b</i>	-0.076	0.043
	SH	0.867	0.000
	SW	0.428	0.000
MW	SH	0.311	0.007
	<i>b</i>	0.244	0.006
	SW	0.523	0.000
DMW	<i>b</i>	0.349	0.000
	<i>c</i>	0.125	0.040
	SW	0.618	0.000
	<i>b</i>	0.321	0.000

3 讨论

贝类的体重、软体部重和软体部干重作为衡量贝类产量的主要依据, 是贝类养殖生产最重要的经济指标, 也是育种研究中首要的目标性状。贝类的体积

由于测量难度高,并不为人所重视。然而,在贝类的销售环节,销售商往往主观地将一种贝类按其体积大小进行分级,同种贝类的价格则与其体积成正比。因此,贝类养殖生产和育种研究也应将贝类体积作为重要的目标性状。贝类贝壳的形成在海洋碳汇中有着重要的作用(刘慧等, 2011; 张继红等, 2005),从这一角度来看,贝壳重量是贝类固碳能力的反映,养殖或放流固碳能力强的贝类种类或品种对整个地球的生态环境稳定具有重要意义。

本研究选取了日本镜蛤的上述几个具有重要经济及生态意义的性状作为目标性状。在进行相关分析和回归分析前,首先对各自变量和因变量进行了正态性检验,结果表明,所取变量均符合正态分布(表 1),这一过程是分析结果可靠的基本前提(杜家菊等, 2010; 刘小林等, 2004)。所测的日本镜蛤的各性状间均存在极显著的表型相关关系(表 2),表明日本镜蛤各性状相互间存在着较强的影响,这与已有的对其它多种贝类的研究结果一致(Deng *et al*, 2008; 高玮玮等, 2009; 黎筠等, 2008; 栗志民等, 2011; 刘小林等, 2002; 刘志刚等, 2007; 张存善等, 2009; 宋坚等, 2010)。然而,简单的表型相关并不能很好地说明性状间的真正关系(Yücel, 2004),进一步的通径分析则确定了壳尺寸性状对目标性状的直接影响。日本镜蛤的壳长与其它自变量存在严重的共线性,其它一些壳尺寸性状在对不同目标性状回归过程中也因通径系数不显著被剔除(表 3, 表 4),这就保证了结果和推断的准确(何小燕等, 2009; 刘小林等, 2004; 任红松等, 2006)。

依据通径分析结果,在对日本镜蛤体重的间接选择中,应选取壳高、壳宽、 a 和 b 这四个性状,它们权重大小为:壳高>壳宽> a > b (周洪松等, 1997)。对日本镜蛤的软体部重和软体部干重的间接选择应主要侧重壳宽和 b 。对体积来说,只有壳高对其产生直接影响,这表明在销售环节中可以只依靠壳高对日本镜蛤进行快速而科学的分级。对壳重来说,壳高、壳宽和 b 是其主要影响因素,通过选择相对较小或较大的这三个自变量有望将日本镜蛤培育为轻壳和重壳品系,这两个品系可对养殖生产和生态环境的保护产生重要意义。对体积和重量性状的预测模型阐释了壳性状对它们的回归关系,较高的复相关指数和回归预测准确性证明,这些模型可有效应用于养殖生产和育种研究中。

参 考 文 献

任红松, 朱家辉, 杨 斌等, 2006. EXCEL 在通径分析中的应

- 用. 农业网络信息, 45(3): 90—92
- 庄启谦, 2001. 中国动物志. 软体动物门双壳纲: 帘蛤科. 北京: 科学出版社, 138—140
- 刘 慧, 唐启升, 2011. 国际海洋生物碳汇研究进展. 中国水产科学, 18(3): 695—702
- 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, 24(4): 857—862
- 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, 33(6): 673—678
- 刘志刚, 王 辉, 孙小真等, 2007. 马氏珠母贝经济性性状对体重决定效应分析. 广东海洋大学学报, 27(4): 15—20
- 孙虎山, 黄清荣, 1993. 日本镜蛤的性腺发育和生殖周期. 烟台师范学院学报: 自然科学版, 9(3): 68—72
- 孙泽伟, 郑怀平, 杨彦鸿等, 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(3): 332—336
- 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
- 何小燕, 刘小林, 白俊杰等, 2009. 大口黑鲈形态性状对体重的影响效果分析. 水产学报, 33(4): 597—603
- 宋 坚, 张伟杰, 常亚青等, 2010. 硬壳蛤形态性状对活体重的影响效果分析. 安徽农业大学学报, 37(2): 273—277
- 张存善, 常亚青, 曹学彬等, 2009. 虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响效果分析. 水产学报, 33(1): 87—94
- 张继红, 方建光, 唐启升, 2005. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献. 地球科学进展, 20(3): 359—365
- 周洪松, 赵益贤, 1997. 蛋鸡血液生化指标多辅助性状综合选择指数的研究. 畜牧兽医学报, 28(1): 23—28
- 赵汝翼, 程济民, 赵大东, 1982. 大连海产软体动物志. 北京: 海洋出版社, 109—110
- 栗志民, 刘志刚, 王 辉等, 2011. 企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)主要经济性性状对体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 42(6): 798—803
- 高玮玮, 袁 媛, 潘宝平等, 2009. 青蛤(*Cyclina sinensis*)贝壳形态性状对软体部重的影响分析. 海洋与湖沼, 40(2): 166—169
- 黎 筠, 王昭萍, 于瑞海等, 2008. 紫石房蛤壳性状对活体重影响的定量分析. 海洋水产研究, 29(6): 71—77
- Bosworth B G, Holland M, Brazil B L, 2001. Evaluation of ultrasound imagery and body shape to predict carcass and fillet yield in farm-raised catfish. Journal of Animal Science, 79(6): 1483—1490
- Cibert C, Fermon Y, Vallod D *et al*, 1999. Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. Aquatic Living Resources, 12(1): 1—10
- Deng Yuewen, Du Xiaodong, Wang Qingheng *et al*, 2008. Correlation and path analysis for growth traits in F₁ population of pearl oyster *Pinctada martensii*. Marine Science Bulletin, 10(2): 68—73
- Kvingedal R, Evans B S, Lind C E *et al*, 2010. Population and family growth response to different rearing location, heritability estimates and genotype × environment interaction in

- the silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*). *Aquaculture*, 304(1): 1—6
- Sang N V, Thomassen M, Klemetsdal G *et al*, 2009. Prediction of fillet weight, fillet yield, and fillet fat for live river catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture*, 288(3—4): 166—171
- Wang H, Chai X, Liu B, 2011. Estimation of genetic parameters for growth traits in cultured clam *Meretrix meretrix* (Bivalvia: Veneridae) using the Bayesian method based on Gibbs sampling. *Aquaculture Research*, 42(2): 240—247
- Yücel C, 2004. Correlation and path coefficient analyses of seed yield components in the narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(5): 371—376

CORRELATION AND REGRESSION OF SHELL SIZE AND WEIGHT OF *DOSINIA JAPONICA* REEVE

ZHANG Wei-Jie, CHANG Ya-Qing, DING Jun, XIAO Deng-Bing,
YU Jing-Yang, ZHOU Hai-Sen

(Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China's Sea,
Ministry of Agriculture, College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian, 116023)

Abstract In this study, correlation analysis, collinearity analysis, multiple regression analysis and path analysis were used to investigate the relationship between shell size and weight of *Dosinia japonica* Reeve. Correlation analysis show that all the measured traits were significantly correlated with each other ($P < 0.01$). Shell length was excluded by collinearity analysis for its high collinearity with other independent variables. Path analysis show that, shell height and shell width had dominant direct effects on both body weight and shell weight. Shell width and *b* (umbo to back end) had dominant direct effects on both meat weight and dry meat weight. While only shell height had a dominant direct effect on body volume. Optimal regression equations were established by stepwise regression method with shell size traits as independent variables, body volume and weight as dependent variables. The conclusions above could provide theoretical tools in culture and selective breeding in *D. japonica* Reeve.

Key words *Dosinia japonica* Reeve; shell size; weight; correlation analysis; regression analysis