

华贵栉孔扇贝主要经济性状对闭壳肌重的影响效果分析

刘志刚, 章启忠, 王辉

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 闭壳肌是华贵栉孔扇贝 *Chlamys nobilis* (Reeve) 的产品形式, 它的大小成为选择育种的一个重要目标性状, 由于其不易测性给选育工作带来困难。采用多元回归和通径分析来了解各经济性状对闭壳肌重的影响程度, 从而找出与闭壳肌重的关联度最大的性状作为选育目标性状是本研究的目的。随机挑取同一养殖群体中的 152 只 1 龄华贵栉孔扇贝, 对其壳长、壳高、壳宽、铰合线长、活体重、软体部重和闭壳肌重等 7 个性状进行测定并计算性状间的相关系数。以闭壳肌重为依变量, 其它性状为自变量进行多元回归和通径分析, 计算出对应的通径系数和决定系数。结果表明, 7 个性状间的相关系数均达到极显著水平 ($P < 0.01$); 通径分析表明软体部重对闭壳肌重的直接影响最大 (0.712), 其次是壳宽 (0.394), 其它经济性状对闭壳肌重的影响是通过软体部重、壳宽来间接实现的; 决定系数分析表明其结果与通径分析呈现一致的变化趋势。经多元回归分析, 逐步剔除偏回归系数不显著的壳高和铰合线长, 建立了壳长、壳宽、活体重和软体部重对闭壳肌重的回归方程: $Y = -4.403 + 0.032X_1 + 0.243X_2 - 0.035X_3 + 0.228X_4$, $R^2 = 0.856$ 。本研究为华贵栉孔扇贝的选择育种提供理论依据。

关键词: 华贵栉孔扇贝 *Chlamys nobilis* (Reeve); 闭壳肌; 经济性状; 相关系数; 决定系数; 通径分析

中图分类号: S968.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-5470(2009)01-0061-06

Effects of main economic traits on adductor weight of *Chlamys nobilis* (Reeve)

LIU Zhi-gang, ZHANG Qi-zhong, WANG Hui

(Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: The adductor is the product form of *Chlamys nobilis* (Reeve), and its weight is an important objective trait for selective breeding. However, it is not easy to measure the adductor weight, which makes the selective breeding difficult. The aim of this paper is to study the degree of influence of each economic trait on adductor by adopting multiple regression analysis and path analysis in order to find the trait that is most closely associated with adductor and use it as the objective trait for selective breeding. A total of 152 one-year-old *Chlamys nobilis* (Reeve) were chosen at random for measuring the main economic traits, including shell length, shell height, shell width, hinge length, body weight, edible-part weight, and adductor weight. The correlation coefficients between the traits were calculated, and then multiple regression analysis and path analysis were conducted by taking the adductor weight as a dependent variable and other six economic traits as independent variables; the corresponding path coefficients and determination coefficients were also calculated. The results show that the correlation coefficients between the seven main economic traits are all very significantly different ($P < 0.01$); the edible-part weight has a predominantly direct effect on the adductor weight (0.712), followed by the shell width (0.394); the other economic traits have indirect effects on the adductor weight through the edible-part weight and shell width. The a-

收稿日期: 2008-01-24; 修订日期: 2008-05-28。刘学东编辑

基金项目: 广东省科技厅资助项目(2007c20825)。

作者简介: 刘志刚(1963—), 男, 广东省潮州市人, 教授, 从事贝类养殖及贝类遗传育种研究。

通讯作者: 王辉, (1966—)。E-mail: whh524@sina.com.

analysis of determination coefficients shows a consistent trend with path coefficients. The shell height and hinge length, with insignificant partial regression coefficients, were gradually excluded, so the multiple regression equation, viz. the relation of adductor weight (Y) to shell height (X_1), shell width (X_2), body weight (X_3) and edible-part weight (X_4) was established as $Y = -4.403 + 0.032X_1 + 0.243X_2 - 0.035X_3 + 0.228X_4$, $R^2 = 0.856$.

Key words: *Chlamys nobilis* (Reeve); adductor; economic trait; correlation coefficient; determination coefficient; path analysis

华贵栉孔扇贝 *Chlamys nobilis* (Reeve) 为暖水性贝类, 个体大、生长快、肉质细嫩而味美, 闭壳肌干制品俗称“干贝”, 为海产“八珍品”之一, 是我国重要的经济养殖贝类^[1]。在湛江地区海域养殖已形成一定的规模, 现已成为北部湾地区支柱养殖产业。

闭壳肌是华贵栉孔扇贝的产品形式, 闭壳肌产量的大小, 直接影响生产者们的经济利益。因此, 它的大小成为选择育种的一个重要目标性状。但由于它的不易测性给选育工作带来困难, 若能以易测性状极高的可信度推测闭壳肌大小, 则问题将迎刃而解。利用多元回归和通径分析来了解各经济性性状对闭壳肌重的影响程度, 从而找出与闭壳肌重的关联度最大的目标性状, 上述问题将得到解决, 选择育种将有据可依。

多元回归和通径分析已广泛应用于水产动物的研究中, 佟雪红等^[2]报道了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; Debowski 等^[3]用多元回归方法对大西洋鲑鱼形态学特征(体长、体重和体高)估计体脂肪含量的研究; Henderson 等^[4]做了气候、捕食者、竞争因素与幼龄比目鱼丰度的多元回归分析; Harue 等^[5]做了红海鲤科养殖鱼类的标准体长、体重对体脂肪含量的多元相关分析; 董世瑞等^[6]研究了中国对虾形态性状对体重影响的通径分析; Caputi 等^[7]用多元回归分析, 根据叶状幼体和稚虾丰富度指数预测西方岩龙虾的捕获量; Ahmed 等^[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; Turker 等^[9]利用小龙虾体脂肪和净肉组织导电性的差异, 采用回归分析方法, 通过体导电性来估计净肉量、脂肪、蛋白质、水分和粗灰份等相关指标; 刘志刚等^[10]采用通径分析方法研究了马氏珠母贝经济性性状对体重的决定效应; 刘小林等^[11]用多元回归方法考察了栉孔扇贝形态特征对其体重的影响, 得出壳高是影响活体重的主要因素; 何毛贤等^[12]进行了马氏珠母贝生长性状的相关分析的研究。关于华贵栉孔扇贝生长指标相互关系的研究甚少, 仅见金启增等^[13]研究了大亚湾海区华贵栉孔

扇贝各生长指标两两之间的相关关系。而用多元回归和通径分析的方法来研究华贵栉孔扇贝主要经济性性状对闭壳肌重的影响效果还未见报道。本实验采用通径分析的方法研究华贵栉孔扇贝壳长、壳高、壳宽、铰合线长、活体重和软体重等 6 个性状与闭壳肌重的关系, 明确各自对闭壳肌重的真实影响效应, 并对多元回归估测闭壳肌重的可能性进行探讨, 建立“最优”回归方程, 为华贵栉孔扇贝的选择育种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

2007 年 3 月 30 日在雷州市流沙村实验点从同一批种苗来源的养殖群体中随机抽取 1 龄(2006 年 3 月—2007 年 3 月)华贵栉孔扇贝 152 只。该养殖群体的养殖方法如下: 用直径为 28cm 的 10 层扇贝养殖专用网笼在扇贝养殖专用浮子延绳筏上进行吊养, 水层为 1.5—3.0m。在壳高为 1.0cm 左右时进入套网笼(盘孔直径 0.5cm, 养殖笼网孔 2.5cm, 套网孔径 0.8cm)中培, 密度按 100 粒·层⁻¹。在壳高 3cm 左右时进入养成笼(盘孔直径 1.0cm, 养成笼网孔 2.5cm)培养至收获, 密度按 25 粒·层⁻¹, 养殖中途对不同大小不予分笼。

1.2 方 法

1.2.1 数据测定

测定 152 个个体的壳长、壳高、壳宽、铰合线长、活体重、软体部重和闭壳肌重等 7 个性状, 测定前把贝体表面附着物及淤泥洗刷干净。7 个性状的测定标准如下: 壳长为壳前后与铰合线平行的最大距离; 壳高为从壳顶至腹缘与铰合线垂直的最大距离; 壳宽为捏紧两边贝壳使壳宽不再变小时测量壳左右两侧间与铰合线垂直的最大距离; 铰合线长为前后耳两端最大距离; 活体重为等贝自然开壳后, 倒去壳内海水, 用纱布吸去表面及壳缘水分后的重量; 软体重为取出软体部, 用纱布吸去表面水分的重量; 闭壳肌重为从软体部中分离出闭壳肌, 用纱布吸去表面水分的重量。在实际操作过程中尽

量做到阴干时间、吸收水分程度等条件一致。壳形态性状以游标卡尺测量(精度±0.02mm)，重量性状用 SHIMADZU AU120 电子天平(精度±0.1mg)称量。

1.2.3 分析方法

用 SPSS13.0 统计软件对实验数据进行处理，分别对各经济性状进行统计描述、表型相关分析，通过主要经济性状对闭壳肌重的通径分析和决定系数计算，剖析各经济性状对闭壳肌重的直接作用和间接作用的效应及其大小。通过多元分析逐步剔除偏回归系数不显著的性状，建立多元回归方程，并对方程进行显著性检验。

相关系数(r_{xy})、通径系数(P_i)、直接决定系数 d_i 、间接决定系数 d_{ij} 、总决定系数 d 、各性状对闭壳肌重的总决定系数(R_i^2)的计算公式分别为：

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} ;$$

$$P_i = R_{xx}^{-1} R_{xy}; d_i = P_i^2; d_{ij} = 2P_i r_{ij} P_j ;$$

$$d = \sum_{i=1}^n d_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij}; R_i^2 = d_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n d_{ij}$$

公式中 r_{xy} 为 x 性状对 y 性状的相关系数； P_i 为通径系数； R_{xx}^{-1} 为 x 性状间的相关矩阵的逆矩阵； R_{xy} 为 x 对 y 的相关矩阵； d_i 表示第 i 个性状对闭壳肌重的直接决定系数； d_{ij} 为第 i 个性状通过第 j 个性状对闭壳肌重的间接决定系数， d 为所有性状的总决定系数， R_i^2 为各性状对闭壳肌重的总决定系数， r_{ij} 为 i 性状对 j 性状的相关系数， $i, j = 1 \cdots n, i \neq j, n$ 为经济性状的个数； P_i, P_j 为相应的通径系数。

2 结果

2.1 数据描述

华贵栉孔扇贝各主要经济性状的描述统计量列于表 1。从表 1 数据可见，各性状的变异系数差异

较大，其中壳长、壳高、壳宽和铰合部长等形态性状的相对较小，而全重、软体重和闭壳肌重等重量性状的相对较大，其中软体重的变异系数最大，为 0.211。

2.2 各经济性状间的相关系数

华贵栉孔扇贝各经济性状间的表型相关系数见表 2。由表 2 可见，所有各主要经济性状间的表型相关均为正相关，呈极显著水平($P < 0.01$)。各经济性状与闭壳肌重之间的相关系数的大小依次为软体重大于壳长大于壳宽大于壳高大于全重大于铰合线长，且前 5 个性状相关系数明显大于后 1 个性状，说明前 5 个性状对闭壳肌重有较大决定效应。

表 1 所测各性状的表型统计量 ($n=152$)

Tab.1 Apparent statistics of various traits ($n=152$)

指标	壳长/ mm	壳高/ mm	壳宽/ mm	铰合线 长/mm	全重 /g	软体重 /g	闭壳肌 重/g
平均数	70.630	74.346	24.795	43.096	57.160	21.430	6.760
标准差	5.603	5.665	2.030	3.887	11.195	4.521	1.416
标准误	0.454	0.459	0.165	0.315	0.908	0.367	0.115
变异系数	0.079	0.076	0.082	0.090	0.196	0.211	0.209

表 2 各经济性状间的表型相关

Tab.2 Phenotype correlation coefficients between economic traits

性状	壳高/ mm	壳宽/ mm	铰合线 长/mm	全重/ g	软体重/ g	闭壳肌 重/g
壳长	0.809**	0.579**	0.682**	0.658**	0.707**	0.781**
壳高		0.541**	0.651**	0.646**	0.697**	0.734**
壳宽			0.507**	0.471**	0.499**	0.755**
铰合线长				0.473**	0.502**	0.567**
全重					0.870**	0.705**
软体重						0.851**

注：** 表示相关极显著($P < 0.01$)。

2.3 各主要经济性状对闭壳肌重影响的通径系数及分析

华贵栉孔扇贝各经济性状对闭壳肌重的通径分析见表 3。由表 3 数据可得出壳长、壳高、壳宽、铰合线长、活体重、软体重与闭壳肌重之间存在极显著($P < 0.01$)的线性关系，可以对闭壳肌重进行通径分析。结果表明，壳长、壳宽、全重、软体重

表 3 各经济性状对闭壳肌重的通径分析

Tab.3 Path analysis of effects of economic traits on adductor weight

性状	相关系数	直接作用 (通径系数)	间接作用						
			Σ	壳长/mm	壳高/mm	壳宽/mm	铰合线长/mm	全重/g	软体重/g
壳长/mm	0.781**	0.199**	0.582		0.038	0.227	-0.029	-0.156	0.502
壳高/mm	0.734**	0.047	0.687	0.161		0.213	-0.028	-0.155	0.496
壳宽/mm	0.755**	0.394**	0.361	0.116	0.025		-0.021	-0.114	0.355
铰合线长/mm	0.567**	-0.043	0.610	0.136	0.032	0.199		-0.114	0.357
全重/g	0.705**	-0.242**	0.947	0.131	0.031	0.186	-0.020		0.619
软体重/g	0.851**	0.712**	0.139	0.142	0.033	0.197	-0.022	-0.211	

注：** 表示相关极显著($P < 0.01$)。

对闭壳肌重的通径系数达到极显著水平 ($P < 0.01$)；在作为自变量的主要经济性状中，壳宽、软体重对闭壳肌重的直接作用大于间接作用，其余的性状为间接作用大于直接作用；直接作用最大的为软体重，其次为壳宽，其它的性状则主要通过软体重和壳宽对闭壳肌重间接产生影响。

2.4 各主要经济性状对闭壳肌重的决定程度

华贵栉孔扇贝各经济性状对闭壳肌重的决定程度分析见表 4。由表 4 可见，所有性状总决定系数为 0.898，说明影响闭壳肌重的主要经济性状已经找到，而其它影响因素在该样本中较小，已基本被排除；壳长、壳高、壳宽、铰合线长、活体重、软

体重对闭壳肌重的总决定系数分别为 0.155、0.034、0.297、-0.024、-0.171 和 0.606，可得出各经济性状对闭壳肌重决定程度大小排列(绝对值)分别为软体重大于壳宽大于全重大于壳长大于壳高大于铰合线长；结合各性状对闭壳肌重的直接决定程度(对角线上所给出的数值)的大小，可知软体重、壳宽对闭壳肌重的直接决定效应大于间接决定效应。另外，在通径分析中(表 3)直接作用显著的壳长、壳宽、全重、软体重 4 个性状对闭壳肌重的总决定系数(表 4)的和达到 0.887，说明了这 4 个性状是影响闭壳肌重最主要的性状，影响力大小排列为软体重大于壳宽大于全重大于壳长。

表 4 各主要经济性状对闭壳肌重的决定系数

Tab. 4 Determinant coefficients of economic traits on adductor weight

性状	壳长/mm	壳高/mm	壳宽/mm	铰合线长/mm	全重/g	软体重/g	各性状总决定系数
壳长/mm	0.040	0.015	0.091	-0.012	-0.063	0.200	0.155
壳高/mm		0.002	0.020	-0.003	-0.015	0.047	0.034
壳宽/mm			0.155	-0.017	-0.090	0.280	0.297
铰合线长/mm				0.002	0.010	-0.031	-0.024
全重					0.059	-0.299	-0.171
软体重/g						0.507	0.606
所有性状总决定系数							0.898
剩余项的决定系数							0.102

2.5 多元回归方程的建立

根据多元相关和通径分析的结果，以闭壳肌重为依变量，其它性状为自变量对主要经济性状进行多元回归分析。通过逐步剔除偏回归系数不显著的壳高、铰合线长，建立以壳长、壳宽、全重、软体重为自变量，闭壳肌重为依变量的多元回归方程。并进行方差分析(表 5)，结果显示，线性回归关系达到极显著水平。多元回归方程为：

$$Y = -4.403 + 0.032X_1 + 0.243X_2 - 0.035X_3 + 0.228X_4, \quad R^2 = 0.856.$$

公式中 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为壳长(mm)、壳宽(mm)、全重(g)、软体重(g)。

表 5 自变量与依变量关系的方差分析表

Tab. 5 ANOVA table for relationship between independent variables and dependent variable

指标	总平方和	自由度 df	均方	F 值	显著性
回归	259.379	4	64.845	219.071	0.000
残差	43.464	147	0.296		
总计	302.843				

3 讨论

3.1 在华贵栉孔扇贝选育上进行通径分析的合理性

在本实验中，通过相关分析可以了解华贵栉孔

扇贝各经济性状之间关系密切程度。表 2 的结果表明了各经济性状间的表型相关均为正相关，呈极显著水平 ($P < 0.01$)，表明所选经济性状对闭壳肌重都产生一定程度的影响。在此前提下，为了弄清各经济性状对闭壳肌重影响程度的大小而进行的以闭壳肌重为依变量，其余经济性状为自变量的多元回归和通径分析才具有实际意义。

由于表型相关分析只是简单的估测了两个变量之间的相关系数，而通径分析则把相关系数剖分成直接和间接影响部分。其中直接影响部分即是通径系数，其不受其他有关变量的影响，从而可以通过通径分析来探明两个性状之间的真正关系^[14]。如在本实验中通过相关分析得出各主要经济性状与闭壳肌重之间的相关系数的大小依次为软体重大于壳长大于壳宽大于壳高大于全重大于铰合线长，其中壳长与闭壳肌重之间的相关系数为 0.781(表 2)，次序排在第二位，但通过通径分析，其通径系数只有 0.199(表 3)，经检验虽达到极显著水平，但其影响主要是通过间接作用实现的，说明了相关系数大的不一定通径系数就大。通径分析结果表明软体重对闭壳肌重产生直接作用且为最大，其次是壳宽，而壳长等其它性状则主要通过软体重和壳宽对闭壳肌重间接产生影响(表 3)。因此，采用通径分

析不仅可以分析计算出各个自变量与依变量之间的直接关系和间接关系，并且可以发现各个自变量之间存在相互制约关系，才产生了相关系数大而通径系数不一定大的现象。

此外，通径分析的结果得出壳长、壳宽、全重、软体重对闭壳肌重的通径系数达到极显著水平 ($P < 0.01$)。而壳高、铰合线长对闭壳肌重的通径系数不显著，说明后两个经济性状对闭壳肌重的影响较小。在对主要经济性状进行了多元回归分析时发现，壳高、铰合线长的偏回归系数不显著，在建立回归方程时予以逐步剔除，说明在本实验中回归分析和通径分析的结果也呈一致的趋势。所建立的方程为： $Y = -4.403 + 0.032X_1 + 0.243X_2 - 0.035X_3 + 0.228X_4$ ， $R^2 = 0.856$ ，经检验，回归关系极显著，偏回归关系也极显著，表明该方程具有较广泛的适用范围和实用价值。

通径分析由 Wright^[15] 提出，在研究多个相关变量间关系中具有精确、直观等优点，因此在遗传育种工作中得到了广泛的应用，成为分析各变量决定效应的有效手段^[16]。在本研究中，由上述分析结果可以得出，运用通径分析来明确各主要经济性状对闭壳肌的影响程度是可行的，具备一定的合理性。但在线性回归模型中若存在严重多重共线性问题，则会极大影响通径分析的结果，使其失去可靠性，所以在进行通径分析时应该予以注意。

3.2 华贵栉孔扇贝重量性状变异系数较大的原因探讨

本实验随机挑取的亲贝是由同一批种苗在相同环境下养成的，对所取样本进行测定后发觉个体之间在形态性状和重量性状方面存在一定的差异。在对各主要经济性状的统计量进行描述时(表 1)，得出形态性状的变异系数为 0.076—0.090，而重量经济性状变异系数为 0.196—0.211，相对较大。由于在重量性状测定过程中尽量做到阴干时间、吸除水分等条件上一致，使人为造成的误差减少到最低程度。因此造成全重、软体部重变异系数大的原因，一是形态性状和重量性状之间呈幂函数关系，使得后者变异速度大于前者；二是与该贝在同期性腺肥满程度不同有关。调查发现，同一个体繁殖前后体重差异可达 10% 以上，而这种差异的存在会对统计分析的精度产生一定的影响。但由于实验挑取的样本容量较大，使其影响在一定程度上得以消除，而且在实际情况也很难找到一个样本不含有繁殖前后的个体。在相关研究^[6,10,11] 中，对所取样本各性状进行统计分析时得出体重或软体重的变异系数也相对较大。而闭壳肌是从软体部剥离出来

的，在同一养殖环境和操作条件下造成该样本闭壳肌重变异系数较大的原因应与不同个体遗传背景差异较大有关。而这种差异的存在对闭壳肌大小的选育提供了可能，这也是为找出最为影响闭壳肌重的经济性状并通过该性状来对其进行间接选择的目的所在。另外，所有性状的标准误差很小，说明所取样本各参数对总体的估计较接近，可靠性高，具有代表性。

3.3 华贵栉孔扇贝选育目标性状的确定

通过各经济性状对闭壳肌重之间的决定系数分析，得出了总的决定系数为 0.898，较接近于 1 (表 4)，说明影响闭壳肌重的主要经济性状已经找到，其它影响闭壳肌重的因素较小，可不作考虑。在所研究的性状中，作用显著的性状包括壳长、壳宽、全重和软体重等 4 个性状，其对闭壳肌重的总决定系数达 0.887，因此，选育目标性状可将这 4 个性状作为考虑对象。再从 4 个性状对闭壳肌重的决定系数看，软体重是决定闭壳肌重最主要的因素，其次是壳宽，再者为全重，最后是壳长。并且软体重和壳宽对闭壳肌重的影响主要通过直接影响，其余性状通过间接影响来实现的，这与通径分析的结果一致。上述分析的结果与刘小林等^[11] 的研究结果有所不同，后者在考察栉孔扇贝形态特征对其体重的影响效果时，得出壳高是影响活体重的主要因素；刘志刚等^[10] 在研究马氏珠母贝经济性状对体重的决定效应时，得出壳长对体重的决定效应最大。而本实验结果为软体重对闭壳肌重的影响程度最大，其原因应与贝种以及因变量的选择不同有关。

综上所述，在对华贵栉孔扇贝的选育过程中，为获得较高单位产量的闭壳肌，应优先考虑的性状为软体重，其次是壳宽。但由于软体重的测量在实际操作中有一定的困难，因此不太适合作为育种目标性状。而壳宽为易测性状，且对闭壳肌重的通径系数和总的决定系数在所有形态性状中最大，是影响闭壳肌重的最重要的形态性状，因此，其可以作为第一目标性状加以选育。同理，可把体重和壳长作为第二和第三目标性状对壳宽加以辅助选育，以达到最佳的选育效果。

参考文献：

- [1] 张丹. 华贵栉孔扇贝人工育苗试验[J]. 海洋渔业, 1982, (2): 21—24.
- [2] 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.

- [3] DEBOWSKI 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.
- [4] HENDERSON P A, SEABY R M H. On the factors influencing juvenile flatfish abundance in the lower Severn Estuary[J]. Neth J Sea Res, 1994, 33: 321—330.
- [5] HARUE K, MUTSUYSHI T, KATSUYA M, 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] 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.
- [7] CAPUTI N, BROWN R S, PHILLIPS B F. Predicting catches of the western rock lobster (*Panulirus Cygnus* selective) based on indices of peurulus and juvenile abundance. [J]. ICES, Copenhagen(Denmark), 1995, 287—293.
- [8] AHMED M, ABBAS G. Growth parameters of finfish and shellfish juveniles in the tidal waters of Bhanbhore[J]. Pakistan Journal of Zoology, 2003, 32(1): 21—26.
- [9] TURKER H, EVERSOLE A G. Evaluation of nondestructive method for determining body composition of crayfish [J]. Journal of Shellfish Research, 1998, 17(1): 339.
- [10] 刘志刚, 王辉, 孙小真, 等. 马氏珠母贝经济性状对体重决定效应分析[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(4): 15—20.
- [11] 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.
- [12] 何毛贤, 史兼华, 林岳光, 等. 马氏珠母贝生长性状的相关分析[J]. 海洋科学, 2006, 30(11): 1—4.
- [13] 金启增. 华贵栉孔扇贝育苗与养殖生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 90—98.
- [14] 盛志廉, 吴常信. 数量遗传学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 16—26.
- [15] WRIGHT S. Evolution and the genetics of population III. Experimental results and evolutionary deductions[C]. University of Chicago Press, Chicago. 1977, (71): 456—461.
- [16] 明道绪. 生物统计附试验设计(第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 228—245.