

青蛤(*Cyclina sinensis*)贝壳形态性状对 软体部重的影响分析*

高玮玮¹ 袁媛¹ 潘宝平¹ 吴琪²

(1. 天津师范大学化学与生命科学学院 细胞遗传与分子调控天津市重点实验室 天津 300387;
2. 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 随机抽取中国及日本海域的1龄青蛤(*Cyclina sinensis*)245个,分别测量其壳高、壳长、壳宽、韧带长、壳重及软体部重等形态学和生产性状,采用相关分析、通径分析、决定系数分析和多元回归分析方法,讨论了贝壳各形态性状对软体部重的影响。结果表明,青蛤的壳高对软体部重相关系数 r_{1y} 和直接影响通径系数 P_i 分别达到了0.953和0.938,统计检验均达到了极显著水平($P<0.01$)。此外,壳高对软体部重的决定系数 R^2_1 为0.9080,多元回归分析亦显示出青蛤的壳高与软体部重具有显著的相关性($P<0.01$)。实验结论认为,壳高对青蛤的生产性状影响最大,可以作为青蛤种质选育的重要甄别性状。

关键词 青蛤,形态性状,相关分析,通径分析,多元回归方程

中图分类号 Q789

青蛤(*Cyclina sinensis* Gmelin, 1791)是我国近年来崛起的重要海产养殖对象(庄启谦, 2001),随着细胞学与分子生物学等分析方法广泛应用于贝类养殖领域,给经典的贝类遗传育种提供了先进的技术手段和丰富的研究思路。但直到目前为止,贝壳的形态特征仍然是经济软体动物十分重要的选种指标(Dan *et al.*, 1997),如贝壳的壳高、壳宽、壳长、韧带长、壳重、体重等不但是贝类的测量指标,还常被作为产量评估和繁育亲本选择的基本依据。近年来,随着青蛤的大规模人工养殖和育种技术的发展,亟待探索更为简捷、可靠的个体生物量甄别的形态标志,为青蛤的遗传育种和种质评价提供有价值的实验数据。从现有的文献资料看来,国内外有关水产经济动物形态性状多元分析的报道较多(Caputi *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 1999; Harue *et al.*, 2000; Dan *et al.*, 2001; 刘小林等, 2002; 耿绪云等, 2007; 安丽等, 2008),但有关青蛤贝壳性状与生产性指标的研究尚未见正式报道。

1 材料与方法

1.1 材料

青蛤(*Cyclina sinensis*)1龄活体样品分别采自我国三亚(南海)、黄岩(东海)、青岛(黄海)、北戴河(渤海)(2003年3—4月)四个野生种群的188个个体,另一野生种群采于日本仙台(Miyagi, 2005年3月)的57个个体,样品总数为245个。

1.2 方法

使用游标卡尺(精确到0.1mm)测量贝壳的主要形态指标,包括壳长、壳高、壳宽、韧带长。利用电子天平(精确到0.01g)分别称量每个个体的离水阴干后的活体全重,去肉后的壳重。上述测量均进行两次,取平均值作为基础数据。算出每个体的软体部重,具体计算为:

软体部重 = 体重 - 壳重。全部数据输入 Excel 表格备用。

* 天津市科委应用基础研究面上项目资助,06YFJMJC11800号。高玮玮,硕士研究生, E-mail: weiweigao19840223@163.com

通讯作者: 潘宝平, 博士, 教授, E-mail: panbaoping@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-04-17, 收修改稿日期: 2008-06-18

1.3 分析方法

测量所得的壳长、壳高、壳宽、韧带长、软体部重及壳重数据使用 SPSS13.0 软件进行统计分析。获得各项表型参数估计值后, 分别进行表型相关分析、形态性状各指标对软体部重通径分析和决定系数的计算, 剖析这些性状对软体部重、壳重的直接作用和间接影响, 并建立多元回归方程, 进一步对方程进行拟合度检验。

相关系数的(r_{xy})的计算公式为:

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

通径系数(P_i)的计算公式为: $P_i = b_{xi} \times \frac{\sigma_{Xi}}{\sigma_y}$, 式

中, b_{xi} 为自变量的回归系数, σ_{Xi} 为自变量的标准差, σ_y 为依变量的标准差。

某个性状对质量总的决定系数方程为: $R_i^2 = 2P_i r_{iy} - P_i^2$, 式中, P_i 为某个性状对体质量的通径系

数, r_{iy} 为某个性状与体质量的相关系数。

2 结果与分析

2.1 形态性状表型参数统计量

所测量的 245 个样品的形态性状的基本数据描述, 经初步整理后的表型统计量如表 1 所示。从表 1 可以看出, 青蛤的软体部重和壳重变异系数相对较大, 其中以壳重的变异系数最大, CV 值达到 44.85%。

2.2 形态性状间的相关系数

将上述多种形态性状间建立相关系数。具体结果如表 2 所示, 其中显示青蛤的各性状间相关系数均达到了极显著水平($P < 0.01$)。鉴于贝类养殖过程中软体部重是生产的目的性指标, 软体部重 Y 与其它性状的相关系数由大到小依次为: r_{1y} 、 r_{2y} 、 r_{5y} 、 r_{3y} 、 r_{4y} 。

2.3 各性状对软体重量影响的通径系数

在表型相关分析基础上, 根据通径系数原理建立通径系数正规方程组, 计算各形态性状对软体部重的通径系数, 以反映自变量(壳形态)对因变量(软体部重量)的直接影响, 具体结果见表 3。

表 1 青蛤形态性状的表型参数值

Tab.1 The phenotypic parameters of morphologic traits for *C. sinensis*

性状	壳高(mm)	壳长(mm)	壳宽(mm)	韧带长(mm)	壳重(g)	软体部重(g)
代码	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y
平均值	38.2931	37.5294	23.3641	15.8951	9.06490	10.1996
标准差(SD)	4.8007	4.5024	3.3747	2.8528	4.065135	3.7591
变异系数 $CV(\%)$	12.54	12.00	14.44	17.95	44.85	36.86

表 2 青蛤形态性状间的表型相关系数

Tab.2 The phenotypic correlation coefficient among the morphologic traits for *C. sinensis*

性状	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y
X_1	1	0.969**	0.907**	0.822**	0.908**	0.953**
X_2		1	0.897**	0.811**	0.893**	0.919**
X_3			1	0.790**	0.861**	0.879**
X_4				1	0.715**	0.804**
X_5					1	0.915**
Y						1

**表示差异极显著($P < 0.01$)

表 3 青蛤各形态性状对软体部重影响的通径系数

Tab.3 The path coefficient between each morphologic trait and the body weight of *C. sinensis*

性状	相关系数 r_{xy}	直接作用 P_i	间接作用 $r_{ij} \times P_j$				
			X_1	X_2	X_3	X_4	
X_1	0.953**	0.938**	- 0.045	1	- 0.103	0.010	0.048
X_2	0.919**	0.106	1.025	0.909	1	0.069	0.047
X_3	0.879**	0.077	0.802	0.851	- 0.095	1	0.046
X_4	0.804**	0.058	0.746	0.771	- 0.086	0.061	1

**表示差异极显著($P < 0.01$)

表 3 显示的青蛤形态性状对软体部重的通径系数检验表明, X_1 壳高对软体部重的直接作用通径系数为 $P_1 = 0.938$, 达到了极显著($P < 0.01$)的水平, 说明青蛤的壳高对软体部重的直接影响最大。其它直接作用指标依次为 X_2 壳长($P_2 = 0.106$)、 X_3 壳宽($P_3 = 0.077$)及 X_4 韧带长($P_4 = 0.058$), 根据各性状对软体重量的通径系数, 进一步计算出相关指数 $R^2 = P_i r_{xy} = 0.9108$ 。

2.4 各形态性状与软体部重相关系数的剖分

根据相关系数的组成效应, 将形态性状与软体部重的相关系数(r_{xy})剖分为各性状的直接作用(通径系数, P_i)和各性状通过其它性状的间接作用($r_{ij}P_j$)两部分, 即 $r_{xy} = P_i + r_{ij}P_j$, 具体见表 3。

结果显示, 除 X_1 壳高外, 其它性状对软体部重的间接作用均大于直接影响, 即壳高对软体部重的直接影响最大, 其它各性状主要通过 X_1 壳高的作用间接影响到软体部重。

2.5 各性状对软体部重的决定程度的分析

计算出贝壳各形态性状对软体部重的最佳决定路径, 青蛤各性状对软体部重的决定系数为: $R^2_1 = 0.9080$, $R^2_2 = 0.2061$, $R^2_3 = 0.1294$, $R^2_4 = 0.0899$, 它们

由大到小依次为: R^2_1 、 R^2_3 、 R^2_4 、 R^2_2 。同时参照数理统计有关决定系数大于或等于 0.85 时, 才考虑影响因变量的主要自变量已找到的原则, 得到壳高为青蛤软体部重的主要决定系数, 该结果与通径分析结论一致。

2.6 多元回归方程的建立

经过显著性检验, 软体部重(Y)对壳高(X_1)、壳长(X_2)、壳宽(X_3)及韧带长(X_4)的回归关系极为显著($P < 0.01$)(表 4), 可建立回归方程。 $Y = -17.825 + 0.735X_1 - 0.089X_2 + 0.086X_3 + 0.076X_4$ 。

对各形态性状的偏回归系数进行显著性检验, 具体如表 5 所示。回归分析结果显示青蛤软体部重与壳高为显著相关, 即壳的高度直接关系到软体部的重量。而其它形态性状与软体部回归系数的检验不显著, 没有明显的分析意义。以软体部重(Y)为因变量, 以壳高为自变量的建立最优回归方程为: $Y = -18.369 + 0.746X_1$ 。其中: X_1 代表壳高(mm)。多元回归关系和偏回归系数的显著性检验表明回归关系和偏回归系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。回归预测表明估计值和实际观察值差异不显著($P > 0.05$), 说明上述结果能够客观地反映出青蛤的形态性状间的真实关系。

表 4 青蛤形态性状多元回归方程的方差分析

Tab.4 The ANOVA analysis on morphologic traits and the body weight of *C. sinensis*

项目	平方 SS	df	均方 MS	F 检验值	显著性 Sig.
回归	3139.362	4	784.840	610.596	0.000**
残差	308.488	240	1.285		
总计	3447.850	244			

**表示差异极显著($P < 0.01$)

表 5 青蛤形态性状的偏回归系数检验

Tab.5 The test of partial regression coefficients for morphologic traits of *C. sinensis*

参数	常量	壳高 X_1	壳长 X_2	壳宽 X_3	韧带长 X_4
偏回归系数	-17.825	0.735	-0.089	0.086	0.076
t 值	-28.293	11.017	-1.323	1.632	1.666
显著性 Sig.	0.000**	0.000**	0.187	0.104	0.097

**表示差异极显著($P < 0.01$)

3 讨论

3.1 相关分析与综合分析

袁志发等(2001, 2002)指出, 性状间的相关系数是变量间相互关系的综合作用, 它包含了两者的直接关系和通过其它变量的间接关系。有时自变量和因变量的相关系数很大, 但是它对因变量的直接影响并不一定显著。通径系数一般用来表示自变量对因变

量的直接影响大小, 它会随着所选择的自变量的个数和性质的不同而发生变化, 如果增减自变量的个数或者更换, 通径系数都会发生改变, 一般考虑的性状越多通径系数分析结果就越可靠(敬艳辉等, 2006)。已有的一些研究报道发现, 有时甚至自变量与因变量的相关系数不显著, 但通径系数却达到了显著水平。如刘小林等(2004)在对凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)各形态性状对体质量的影响研究中, 胸高与体重表

现显著的正相关, 但通径系数很小。而额剑下刺数与体重的相关系数很小, 但通径系数却达到显著水平。上述结果表明, 相关分析只是进行多元分析的基础, 它不一定能确切阐述两个变量之间的真实关系。因此, 一般需要采取相关系数、通径系数、决定程度及多元回归等综合分析, 方能提高研究结果的可信度。

3.2 青蛤的生产性选育性状

本实验通过对分布于我国及邻近海区的 245 个青蛤形态性状综合分析认为, 青蛤的壳高对软体部重相关系数 r_{1y} 和直接影响通径系数 P_i 分别达到了 0.953 和 0.938, 统计检验均达到了极为显著水平 ($P < 0.01$)。此外, 壳高对软体部重的决定系数 R^2_1 为 0.9080, 其结果与通径分析结果基本一致。回归方差分析结果亦显示青蛤的软体部重与壳高具有显著的相关性 ($P < 0.01$)。说明在诸多的贝壳形态性状中, 壳高能够间接反映出青蛤的软体部重(目的生物量), 而贝壳其它形态性状对生产性指标影响较小, 壳高可以作为青蛤种质选育过程中的形态甄别性状。

参 考 文 献

- 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, 236—241
- 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
- 安 丽, 刘 萍, 李 健等, 2008. “黄海 1 号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析. 中国水产科学, 5(15): 779—786
- 袁志发, 周敬芋, 2002. 多元统计分析. 北京: 科学出版社, 130—131
- 袁志发, 周敬芋, 郭满才等, 2001. 决定系数——通径系数的决策指标. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 29(5): 131—133
- 耿绪云, 王雪惠, 孙金生等, 2007. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)一龄幼蟹外部形态性状对体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 38(1): 49—54
- 敬艳辉, 邢留伟, 2006. 通径分析及其应用. 统计教育, 2: 24—26
- Caputi N, Brown L S, Phillips B F, 1995. Predicting catches of the western rock lobster (*Panulirus Cygnus selective*) based on indices of peurlus and juvenile abundance. ICES. Copenhagen (Denmark), 287—293
- Dan C M, Maureen K K, William S A *et al*, 1997. Systematic relationships among Florida population of *Argopecten irradians* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Pectinidae). Nautilus, 110(2): 31—41
- Dan C M, William S, 2001. Arnold shell morphologies of bay scallops, *Argopecten irradians*, from extant and prehistoric populations from the Florida Gulf coast: Implications for the biology of past and present metapopulations. Journal of Archaeological Science, 28: 577—586
- Harue K, Mutsuyshi T, Katsuya M *et al*, 2000. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured red sea bream. Fish Sci Tokyo, 66(2): 365—371
- Yang Hongsheng, Zhang Tao, Wang Jian *et al*, 1999. Growth characteristics of *Chlamys farreri* and its relation with environmental factors in intensive raft-culture areas of Sishiliwan Bay, Yantai. Journal of Shellfish Research, 18(1): 71—76

THE RELATIONSHIP BETWEEN SHELL MORPHOLOGY AND BODY WEIGHT OF *CYCLINA SINENSIS*

GAO Wei-Wei¹, YUAN Yuan¹, PAN Bao-Ping¹, WU Qi²

(1. College of Chemistry and Life Science, Tianjin Key Laboratory of Cyto-Genetical and Molecular Regulation, Tianjin Normal University, Tianjin, 300387; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract A statistic study on the relationship between the phenotypic feature and the body weight was done on 245 samples of wild *Cyclina sinensis* collected randomly in China and Japan, using SPSS 13.0 package, in which the body weight was used as a dependent variable and other 6 morphological traits as independent variables, including shell height, shell length, shell width, ligament length, shell weight and total weight. The results show that only the coefficient between the body weight and the shell height is significant ($P < 0.01$), the correlation index, path coefficients and determination coefficients are 0.953, 0.938 and 0.9080 respectively, indicating that the shell height is an important indicative trait for seed selection or breeding of *C. sinensis*.

Key words *Cyclina sinensis*, Morphological traits, Correlation analysis, Path analysis, Multiple regression equation