

四角蛤蜊形态性状对重量性状的影响效果分析

闫喜武^{1*}, 王 琰¹, 郭文学¹, 霍忠明¹, 张跃环¹, 杨 凤¹, 张国范²

(1. 大连海洋大学生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:以随机选取的123只野生四角蛤蜊为材料,对其形态性状(壳长 X_1 、壳高 X_2 、壳宽 X_3)和重量性状(活体质量 Y 、软体质量 Z)进行了测量,然后运用相关分析、通径分析和回归分析等分析方法研究形态性状对重量性状的影响。结果表明,5个数量性状间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。形态性状对活体质量和软体质量的直接影响依次为壳宽 $>$ 壳长 $>$ 壳高。壳宽是影响活体质量和软体质量的主要因素,其决定系数分别为0.3025和0.2247。多元回归分析建立了估计活体质量、软体质量的最优回归方程: $Y = -19.537 + 0.244X_1 + 0.266X_2 + 0.732X_3$, $Z = -2.456 + 0.035X_1 + 0.035X_2 + 0.089X_3$ 。

关键词:四角蛤蜊; 形态性状; 重量性状; 相关分析; 通径分析

中图分类号: Q 178.1; S 917.4

文献标志码: A

四角蛤蜊(*Macra veneriformis* Reeve)隶属于瓣鳃纲(Lamellibranchia)异齿亚纲(Heterodonta),帘蛤目(Veneroidea),蛤蜊科(Mactridae)贝类。俗称白蚬子,是常见的底栖经济贝类,营养价值较高,颇有养殖前途。目前,关于四角蛤蜊的研究报道较少。在我国,学者们研究了四角蛤蜊繁殖生物学及其养殖技术^[1-3],并对其渔业资源进行了调查^[4],同时采用分子ISSR手段对其不同群体的遗传特性进行了分析^[5]。在国外,学者们先后对四角蛤蜊行为生态学^[6],氮收支平衡及不同季节下的耗氧率进行了研究^[7-8]。在此基础上,韩国学者研究了四角蛤蜊性腺发育,稚贝生长及渔业资源开发利用状况^[9-11]。

贝类壳型和生长指标作为数量性状是贝类遗传育种研究的主要内容。通过壳型与生长指标相关分析,筛选出与经济性状紧密相关的壳型,在贝类遗传改良中具有重要意义。生物在遗传上的差异及其与数量性状的关系即在研究遗传变异的同时,对数量性状进行全面的分析比较,用更多的有效参数来研究形态性状与基因变异的关系及不同群体间的差异,是现代群体遗传学研究的一个热点领域^[12]。在贝类苗种生产过程中,亲本选择非

常关键。形态性状、活体质量和鲜重等指标通常是亲本选择的重要依据,其中鲜重是最直接的目标性状。但鲜重的称量需要先去除多余水分,操作麻烦且有一定的误差,而贝壳性状则易于准确度量。在海产贝类中,人们已广泛运用相关分析、多元分析等方法研究贝类形态性状与重量性状的关系。这些研究主要集中在菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)^[13]、毛蚶(*Scapharca subcrenata*)^[14]、华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis* Reeve)^[15]、紫石房蛤(*Saxidomus purpuratus*)^[16]、马氏珠母贝(*Pinctada martensi*)^[17]、牡蛎(*Ostrea edulis*)^[18]等。关于四角蛤蜊的相关研究尚未见报道。本研究对四角蛤蜊的壳形态性状(壳长、壳高、壳宽)和重量性状(活体质量、鲜重)进行通径分析和多元回归分析,找出形态性状中影响重量性状主要因素,有助于科学便捷地选择亲本,进而为制定合理的育种计划提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2010年4月,以辽宁锦州海域采集的野生四

收稿日期:2011-01-03 修回日期:2011-02-23

资助项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-48);辽宁省教育厅创新团队项目(2007T104)

通讯作者:闫喜武, E-mail: yanxiwu2002@163.com

角蛤蜊为实验材料,清洗贝壳附着污物,然后在大连海洋大学农业部重点实验室中进行暂养。将 25 kg 成贝平均放置于 10 个 50 L 的培养箱中,微充气,密度为 50 kg/m³;期间水温 16.8 ~ 17.2 °C,盐度 30;每天 100% 换水 2 次,暂养时间为 3 d。

1.2 性状测量

随机选取 123 个四角蛤蜊,使用游标卡尺(0.02 mm)测量四角蛤蜊的壳长(X_1)、壳高(X_2)、壳宽(X_3)。用吸水纸吸除四角蛤蜊贝壳外海水,用电子天平(0.000 1 g)称量活体质量(Y),然后,解剖四角蛤蜊并用吸水纸吸除多余水分,称

量软体质量(Z)。

1.3 数据分析

使用 SPSS 16.0 对贝壳活体质量进行正态检验并对各壳形态性状及重量性状进行相关分析,运用回归分析建立壳长、壳高和壳宽对活体质量、软体质量的回归方程。参照杜家菊等^[19]的方法,进行贝壳各性状与重量性状的通径分析。

2 结果

2.1 各性状表型参数统计量

四角蛤蜊的表型性状,包括壳长、壳高、壳宽、活体质量、软体质量指标见表 1。

表 1 四角蛤蜊各性状表型参数($n = 123$)

Tab. 1 Statistical analyses of various traits of *M. veneriformis* Reeve($n = 123$)

	X_1/cm	X_2/cm	X_3/cm	Y/g	Z/g
平均数 \bar{x}	30.317	27.641	19.289	9.324	1.282
标准差 SD	2.135	1.792	1.680	2.235	0.345
变异系数(CV%)	7.043	6.482	8.708	23.969	24.536

2.2 各性状间的相关性分析

本实验用 Q-Q (Quantile-Quantile) 检验法对样本活体质量、软体质量进行了正态检验,符合正态分布可以对其进行回归分析。所测各壳形态性状与活体质量、软体质量表型相关系数见表 2。所列各性状间表型相关均达到极显著水平($P < 0.01$),活体质量、软体质量与各壳形态性状的相关系数大小依次为壳宽 > 壳高 > 壳长。

表 2 四角蛤蜊各性状间表型相关系数

Tab. 2 The phenotype correlation coefficients among the traits

性状 trait	X_1	X_2	X_3	Y	Z
X_1	1	0.812 **	0.770 **	0.830 **	0.764 **
X_2	-	1	0.859 **	0.875 **	0.799 **
X_3	-	-	1	0.913 **	0.828 **
Y	-	-	-	1	0.856 **
Z	-	-	-	-	1

注: * 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$),下同。

Notes: * means significant difference($P < 0.05$), ** means highly significant difference($P < 0.01$), the same as below.

2.3 形态性状对各重量性状的通径系数和相关指数

经统计分析,形态性状对各重量性状的通径系数和相关指数见表 3。通径系数反应自变量对依变量的直接影响,结果表明,壳宽对活体质量和软体质量的直接影响最大其次为壳长。当相关指数

大于或等于 0.85(即 85%) 时,表明影响依变量的主要自变量已经找到,表中壳形态对活体质量的相关指数大于 0.85,表明表中所列壳形态性状是影响各重量性状的重点性状,但表中壳形态对软体质量的相关指数小于 0.85,说明除 3 个形态性状对软体质量影响外,其它某些条件也是影响软体质量重要因素。

表 3 四角蛤蜊壳形态性状对重量性状的通径系数和相关指数

Tab. 3 Path coefficient and correlation index of the morphological traits on the weight traits of *M. veneriformis*

重量性状 weight trait	通径系数和相关指数 path coefficient and correlation index			
	P_1	P_2	P_3	R^2
LW	0.233	0.214	0.550	0.882
MW	0.236	0.200	0.474	0.732

注:表中 P_1 、 P_2 、 P_3 分别表示壳长、壳高、壳宽的直接通径系数, R^2 表示相关指数。

Notes: P_1 , P_2 , P_3 means the directional path coefficient of shell length, shell height, shell width, respectively, and R^2 means correlation index.

2.4 形态性状对各重量性状的作用

将形态性状与活体质量、软体质量的相关系数剖分为各性状的直接作用和各性状通过其它性状的间接作用两部分见表 4。结果表明,壳宽与活体质量、软体质量的相关系数最大,直接作用也

最大(0.550)、(0.474)是影响活体质量、软体质量的主要因素;壳高与活体质量、软体质量的相关系数较大;壳长、壳高通过壳宽的间接作用是影响活体质量、软体质量的次要因素。

表 4 四角蛤蜊形态性状对各重量性状的影响
Tab. 4 The effects of morphological traits on weight traits of *Macra veneriformis* Reeve

重量性状 weight trait	形态性状 morphological trait	相关系数 correlation coefficient r_{ij}	直接作用 direct effect P_i	间接作用 indirect effect $r_{ij}P_j$			总和 total Σ
				X_1	X_2	X_3	
活体质量 live body weight	X_1	0.830 **	0.233	-	0.173 7	0.423 5	0.597 2
	X_2	0.875 **	0.214	0.189 0	-	0.472 0	0.661 0
	X_3	0.913 **	0.550	0.179 0	0.183 8	-	0.362 8
软体质量 edible tissue weight	X_1	0.764 **	0.236	-	0.162 4	0.365 0	0.527 4
	X_2	0.799 **	0.200	0.191 6	-	0.407 2	0.598 8
	X_3	0.828 **	0.474	0.181 7	0.171 8	-	0.353 5

2.5 形态性状对重量性状的决定系数分析

各形态性状及形态性状间对各重量性状的决定系数由公式 $d_i = p_i^2$; $d_{ij} = 2 \times r_{ij} \times p_i \times p_j$ (单性状决定系数 d_i , 共同决定系数 d_{ij} , 直接作用 P_i 和间接影响 P_j , r_{ij} 为相关系数) 得出(表 5)。对角线上为每个壳性状单独对重量性状的决定系数, 对角线下为两两性状共同对重量性状的决定系数。

壳宽对活体质量、软体质量的单独决定程度最大为 0.302 5、0.224 7。壳高与壳宽对活体质量的共同决定程度最大为 0.202 2。壳长与壳宽对软体质量的共同决定程度最大为 0.172 3。四角蛤蜊形态性状对重量性状的决定系数的总和 Σd 与各自的相关指数 R^2 的数值近似相等。因此, 所得结果与通径分析和相关指数分析结果近似一致。

表 5 形态性状对各重量性状的决定系数
Tab. 5 The determinant coefficients of the morphological traits on weight traits

性状 trait	Y			Z		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
X_1	0.054 3	0.080 9	0.197 4	0.055 7	0.076 7	0.172 3
X_2	-	0.045 8	0.202 2	-	0.040	0.162 9
X_3	-	-	0.302 5	-	-	0.224 7
总和 $\Sigma d'$ total	0.883 1	0.732 2				
相关指数 R^2 ' correlation index	0.882 0	0.732 0				

2.6 多元回归方程建立

通过回归法对各性状进行多元回归分析, 得到四角蛤蜊壳长、壳宽和壳高对活体质量、软体质量的回归方程分别为

$$Y = -19.537 + 0.244X_1 + 0.266X_2 + 0.732X_3$$

$$Z = -2.456 + 0.035X_1 + 0.035X_2 + 0.089X_3$$

3 讨论

双壳类的活体质量和鲜重等经济性性状指标是选育工作的重要指标, 通过形态指标与经济性性状相关性分析, 筛选出与经济性性状紧密相关的贝壳形态性状, 在人工繁育和育种中具有重要意义, 有助于科学地优化育种方案, 进而高效的获得贝类经济性状的改良。本研究中, 四角蛤蜊壳宽对活

体质量和软体质量的直接影响最大。刘小林等^[20]在栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 壳形态对重量性状研究中表明活体质量受壳高影响最大, 而常亚青等^[21]在研究虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 形态性状对重量性状的影响中得出壳长对各重量性状的直接影响最大, 是影响重量性状的主要因素, 这说明不同双壳贝类由于其生物学特征不同, 影响其活体质量的壳形态性状也不同。

形态性状对重量性状的分析研究不仅在贝类的研究中得到重视, TORO 等^[18]研究了欧洲牡蛎 (*Ostrea edulis*) 壳长与壳高的关系。在鱼类和甲壳类中也有较多报道。佟雪红等^[22]将建鲤 (*Cyprinus carpio* var. Jian) 与黄河鲤进行正交、反交, 并用通径分析方法对子代的生长性状进行分

析,得出体长和体高在影响体质量的增长方面具有决定性作用的结论;刘贤德等^[23]对闽—粤东族大黄鱼(*Larimichthys crocea*)生长性状进行了相关与通径分析,得出头长对体质量的直接影响(0.429)最大。董世瑞等^[24]对中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)的形态性状与体质量进行了通径分析,头胸甲宽对体质量的直接影响最大,额剑上刺数目、额剑下刺数目对体质量的直接影响较小。耿绪云等^[25]利用多元回归对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)幼蟹的外部形态性状与体质量进行了分析,得出头胸甲宽对体质量的直接作用(0.5984)最大,对体质量的决定程度最高(35.81%),是影响体质量的主要因素。

在通径分析中,当相关指数大于或等于0.85(即85%)时,表明影响依变量的主要自变量已经找到。本研究中壳形态对活体质量的相关指数大于0.85,表明所列壳形态性状是影响各重量性状的重点性状,但本研究中壳形态对软体质量的相关指数小于0.85,说明除三个形态性状对软体质量影响外,其它某些条件也是影响软体质量重要因素。常亚青等^[21]对1龄虾夷扇贝形态性状对重量性状的影响效果分析中发现,贝壳形态性状是影响活体质量、软体质量的重点性状,但形态性状对闭壳肌重的决定系数总和仅为0.7369,说明还有其它未测量的形态性状,指出这些性状有可能与贝壳的凹凸性、两壳的绞合角度、表面积及水环境因子等有关。HUO等^[13]对菲律宾蛤仔2龄和3龄蛤仔的壳形态对软体质量性状研究中也发现其相关指数和决定系数小于0.85,说明除三个形态性状对软体质量具有影响作用外,还有其它条件是影响软体质量的重要因素,并认为蛤仔的性腺重可能也是影响软体质量的主要因素。蛤仔在繁殖期,性腺包围整个内脏团,并延伸至足基部,因此性腺重在软体质量中也占有一定的比例,随着季节的变化,性腺发育情况不断变化,软体质量也随之受到影响。四角蛤蜊和菲律宾蛤仔同属滩涂贝类,其软体部组织结构与菲律宾蛤仔相似,因此性腺重也可能是影响软体质量的重要指标。

参考文献:

- [1] 李霞. 四角蛤蜊人工刺激催产的初步研究[J]. 松辽学刊:自然科学版,1998,(3):29-31.
- [2] 闫喜武,张跃环,左江鹏,等. 北方沿海四角蛤蜊人工育苗技术的初步研究[J]. 大连水产学院学报,

2008,23(5):348-352.

- [3] 项福椿. 辽宁沿海四角蛤蜊生殖与生长及其开发养殖技术的探讨[J]. 水产科学,1991,10(4):16-19.
- [4] 董景岳,李金明,何贵如. 渤海湾南部四角蛤蜊渔业生物学及开发利用研究[J]. 齐鲁渔业,1991,32:41-44.
- [5] HOU L, LU H, ZOU X, et al. Genetic characterizations of *Macra veneriformis* (Bivalve) along the Chinese coast using ISSR-PCR markers [J]. Aquaculture,2006,261(3):865-871.
- [6] NAKAMURA Y, HASHIZUME K, KOYAMA K, et al. Effects of salinity on sand burrowing activity, feeding and growth of the clams *Macra veneriformis*, *Ruditapes philippinarum* and *Meretrix lusoria* [J]. Journal of Shellfish Research,2005,24(4):1053-1059
- [7] HIWATARI T, KOHATA K, IJIMA A. Nitrogen budget of the bivalve *Macra veneriformis*, and its significance in Benthic-pelagic systems in the Sanbanse Area of Tokyo Bay [J]. Estuarine, Coastal and Shellfish Science,2002,55(2):299-308
- [8] LEE J Y. Study on the oxygen consumption of surfclam *Macra veneriformis* Reeve [J]. Journal of the Korean Fisheries Society, 1996, 29 (5): 614-619.
- [9] CHUNG E Y, RYOU D K. Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Macra veneriformis* on the west coast of Korea [J]. Malacologia,2000,42(1-2):149-163.
- [10] RYOU D K, CHUNG S C. Settlement and recruitment of *Macra veneriformis* R. around the inshore of Kunsan, Korea [J]. Journal of the Korean Fisheries Society,1995,28(5):667-676.
- [11] SHIN H C, KOH C H. Growth and production of *Macra veneriformis* (Bivalvia) on the Songdo tidal flat, west coast of Korea [J]. Journal of the Oceanological Society of Korea, 1995, 30 (5): 403-412.
- [12] 张跃环,闫喜武,杨凤,等. 菲律宾蛤仔大连群体两种壳型家系生长发育比较[J]. 生态学报,2008,28(9):4246-4252.
- [13] HUO Z M, YAN X W, ZHAO L Q, et al. Effects of shell morphological traits on the weight traits of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) [J]. Acta Ecologica Sinica,2010,30:251-256.
- [14] 王辉,刘志刚,符世伟. 南海毛蚶形态特征对体质量的相关分析[J]. 热带海洋学报,2007,26(6):

- 58-61.
- [15] 郑怀平,孙泽伟,张涛,等. 华贵栉孔扇贝 1 龄贝数量性状的相关性及通径分析[J]. 中国农学通报, 2009,25(20):322-326.
- [16] 黎筠,王昭萍,于瑞海,等. 紫石房蛤壳性状对活体质量影响的定量分析[J]. 海洋水产研究,2008,29(6):71-77.
- [17] DENG Y W, DU X D, WANG Q H, *et al.* Correlation and path analysis for growth traits in F_1 population of pearl oyster *Pinctada martensii* [J]. Marine Science Bulletin,2008,10(2):68-72.
- [18] TORO J E, NEWKIK G F. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: response to selection and estimation of genetic parameters [J]. Marine Ecology Progress Series, 1990,62:219-227.
- [19] 杜家菊,陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2):4-6.
- [20] 刘小林,常亚青,相建海,等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体质量的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2002,33(6):673-677.
- [21] 常亚青,张存善,曹学彬,等. 1 龄虾夷扇贝形态性状对重量性状的影响效果分析[J]. 大连水产学院学报,2008,23(5):330-334.
- [22] 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.
- [23] 刘贤德,蔡明夷,王志勇,等. 闽粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析[J]. 中国海洋大学学报,2008,38(6):916-920.
- [24] 董世瑞,孔杰,万初坤,等. 中国对虾形态性状对体质量影响的通径分析[J]. 海洋水产研究,2007,28(3):15-22.
- [25] 耿绪云,王雪惠,孙金生,等. 中华绒螯蟹一龄幼蟹外部形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼,2007,38(1):49-54.

欢迎订阅 2012 年《淡水渔业》

《淡水渔业》创刊于 1971 年,是国内外公开发行的淡水渔业综合性学术期刊,中文核心期刊,中国科学引文数据库(CSCD)扩展库期刊,中国自然科学核心期刊,曾荣获全国优秀学术期刊、全国优秀水产报刊及湖北省优秀科技期刊等荣誉。主要刊载水产基础科学、生物技术、遗传与育种、渔业生态与资源、水生生物多样性、渔业环境与保护、渔业设施与机械、网具与捕捞、水产养殖与增殖、水产生物病害控制、水产动物营养与饲料、水产品质量安全、水产品加工与综合利用等方面的科学研究和突破性生产试验报告,少量刊登研究简报和综述。全面反映我国淡水渔业新进展,新成果,为科研、教学和生产服务。

欢迎水产类及相关科研院所专业技术人员、大专院校师生、各级技术推广人员、管理人员和生产者订阅。

本刊为双月刊,大 16 开,96 页,国内外公开发行。国内统一刊号:CN 42-1138/S,邮发代号:38-32,国际标准刊号:ISSN 1000-6907。本刊定价 16 元/期,全年 6 期共 96 元。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款到杂志社订阅。

地址:湖北省武汉市东湖新技术开发区武大科技园武大园一路 8 号

邮编:430223

电话和传真:027-81780185

E-mail: dsyy@chinajournal.net.cn

Effects of shell morphological traits on the weight traits of clam *Mactra veneriformis* Reeve along northern coast in China

YAN Xi-wu^{1*}, WANG Yan¹, GUO Wen-xue¹, HUO Zhong-ming¹,
ZHANG Yue-huan¹, YANG Feng¹, ZHANG Guo-fan²

(1. Institute of Life Science and Technology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: 123 clams *Mactra veneriformis* Reeve were randomly sampled in April 2010. The shell length (X_1), height (X_2), width (X_3), and the live body weight (Y) and edible tissue weight (Z) were measured. The shell morphological traits were used as independent variables, and live body weight or edible tissue weight used as a dependent variable for calculating the path coefficients, correlation index and determinant coefficients. The direct and indirect effects of all shell morphological traits on weight traits were analyzed and a multiple regression equation was obtained. The results showed that the live body weight and edible tissue weight were significantly correlated with the three shell morphological traits ($P < 0.01$). The direct effects of three shell morphological traits on live body weight and edible tissue weight were in order of shell widths > shell lengths > shell heights. Shell width had greatest direct effect on the live body weight and was the key influencing factor. The determinant coefficients of shell width on live body weight and edible tissue weight were 0.3025 and 0.2247. The multiple regression equations were obtained to estimate live body weight and edible tissue weight as $Y = -19.537 + 0.244X_1 + 0.266X_2 + 0.732$; $Z = -2.456 + 0.035X_1 + 0.035X_2 + 0.089X_3$. This study shows in selective breeding of *M. veneriformis* Reeve the shell width was the ideal measurement index. The results provide a theoretical basis for breeding of *M. veneriformis* Reeve.

Key words: *Mactra veneriformis*; morphological traits; weight traits; correlation; path analysis

Corresponding author: YAN Xi-wu. E-mail: Yanxiwu2002@163.com