

基于数量性状的砂海螂(*Mya arenaria*) 选择指标评估*

孙振兴¹ 刘相全² 常林瑞¹

(1. 鲁东大学生命科学学院 烟台 264025; 2. 山东省海洋水产研究所 烟台 264006)

提要 采用多元回归和通径分析的方法,研究了砂海螂(*Mya arenaria*)形态性状对重量性状的影响,建立了利用形态性状估计重量性状的回归方程,以评估砂海螂育种的选择指标。结果表明,各形态性状与体重、软体部重之间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$);壳长对体重和软体部重的直接效应均为最大,其通径系数分别为0.4338和0.3265,是影响体重和软体部重的主要因素。壳宽对体重和软体部重的直接影响效应次之,但壳高对重量性状的影响主要是间接效应。决定系数分析的结果与通径分析结果具有一致的变化趋势。上述结果为砂海螂选择育种提供了依据,以壳长作为首选指标,能有效地增加体重和软体部重。

关键词 砂海螂;数量性状;选择指标;通径分析

中图分类号 Q953; S917

砂海螂(*Mya arenaria* Linnaeus)隶属于双壳纲(Bivalvia)、异齿亚纲(Heterodonta)、海螂目(Myoida)、海螂科(Myidae),广泛分布于太平洋和大西洋的北半球寒温带区,在我国分布于江苏连云港以北沿海,生活在潮间带至水深10m左右的泥沙底浅海区(徐凤山等,2008)。由于其个体大,肉味鲜美,有较高经济价值,适合增养殖,因而受到了国内外业界和学者的重视。宋志乐等(1995,1999)在研究砂海螂幼体与稚贝发育规律的基础上,开展了砂海螂的人工育苗,并利用人工繁育的砂海螂幼贝进行了底播增养殖;郑家声等(2001)分析了砂海螂的核型;张明亮等(2003)报道了砂海螂的性腺发育和生殖周期。国外学者研究了初始个体大小、放养密度和天敌防御网类型对养殖砂海螂幼贝生存和生长的交互效应(Beal *et al.*, 2002);还报道了商业蓄养对砂海螂增重的影响(Beal, 2002);以及海流、底质、天敌等对砂海螂移动和生存的影响等(St-Onge *et al.*, 2007; Flynn *et al.*, 2010; Redjah *et al.*, 2010)。

贝类的数量性状包括壳长、壳宽、壳高等形态性

状,以及体重、软体部重等重量性状。在育种实践中,了解生物的形态性状与产量性状之间的相互关系,可以加强对产量性状的间接选择以提高育种效率(Sabouri *et al.*, 2008)。贝类的体重、软体部重等重量性状是贝类的主要产量性状之一,也是育种的直接目标性状,而这些目标性状与贝类的形态性状有着极为密切的关系,探明形态性状与各重量性状之间的关系以及对各重量性状的影响程度,对贝类育种工作有着重要的意义。对双壳贝类而言,在选择育种或人工繁殖选择亲本的过程中,确定选择指标十分关键。即在壳长、壳宽、壳高等形态性状中,哪个对重量性状的直接影响效应最大,则该形态性状作为选择指标就更为合理。近年来,利用多元分析方法评估双壳贝类形态性状与重量性状的关系已有诸多报道,如栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)、紫石房蛤(*Saxidomus purpuratus*)、青蛤(*Cyclina sinensis*)、魁蚶(*Scapharca broughtonii*)、四角蛤蜊(*Macatra veneriformis*)等(刘小林等,2002;黎筠等,2008;高玮玮等,2009;吴彪等,2010;闫喜武等,2011),但有关砂海

* 山东省农业良种工程项目“优质高产抗逆贝类良种选育”,2009—2013;鲁东大学学科建设基金资助项目,2009—2012。
孙振兴,教授,E-mail: sunzhenxing56@163.com

收稿日期:2012-07-06,收修改稿日期:2012-09-25

螂的相关研究尚未见报道。本文采用多元回归分析和通径分析的方法,评估了砂海螂形态性状与重量性状的关系,以期为合理确定砂海螂的选择指标提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

砂海螂(*Mya arenaria*)为 4 龄野生个体,采自山东烟台近海,活体带回实验室并洗净泥沙,随机取 110 只。

1.2 数据采集与分析

采集数据时将砂海螂逐一编号,然后分别用游标卡尺测量壳长(X_1)、壳宽(X_2)和壳高(X_3),测量精确至 0.02mm;将砂海螂阴干后,用电子天平分别称量活体重(Y)和解剖并吸干表面水分后的软体部重(Z),称量精确至 0.0001g。

数据分析采用 IBM SPSS Statistics 19.0 软件。整

理数据后,对所有数据进行 Kolmogorov-Smirnova 正态性检验;计算各性状的描述统计量,进行相关分析;然后用逐步回归法进行回归分析,建立以形态性状估计重量性状的多元回归方程。根据通径分析的原理,将各自变量与因变量的相关系数($r_{x_{ij}}$)剖分为直接作用(即通径系数 P_i)和通过其它自变量的间接作用($r_{ij}P_j$)两部分,即 $r_{x_{ij}} = P_i + r_{ij}P_j$;并计算决定系数(袁志发等, 2000)。

2 结果与分析

2.1 各性状的描述统计量

砂海螂各性状的描述统计量如表 1 所示。从表 1 中可见,体重和软体部重的变异系数较大,二者分别为 17.67%和 19.17%,说明重量性状具有较大的选择潜力。此外, Kolmogorov-Smirnova 正态性检验的显著水平 $P > 0.05$,表 1 中各性状的偏斜度均接近 0,说明所有变量均服从正态分布,符合统计分析的要求。

表 1 砂海螂各性状的描述统计量($n=110$)
Tab.1 Statistics of various traits of *M. arenaria* ($n=110$)

性状	壳长(mm) X_1	壳宽(mm) X_2	壳高(mm) X_3	体重(g) Y	软体部重(g) Z
平均值	79.0898	28.6984	46.8171	58.7983	21.5357
标准差	4.5506	1.8177	2.6751	10.3918	4.1275
变异系数(%)	5.7537	6.3337	5.7139	17.6737	19.1659
偏斜度	0.1430	0.0749	0.1052	0.1935	0.3033

2.2 各性状之间的相关分析

对上述各性状进行相关分析的结果(表 2)显示,各性状之间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$),说明所选指标进行相关分析是有意义的。从相关程度的强弱看,大多数性状间呈高度正相关($R > 0.7$),部分性状间呈中度正相关($0.4 < R < 0.7$)。其中,各形态性状与体重间的相关系数大小依次为壳长>壳宽>壳

表 2 砂海螂各性状之间的相关系数
Tab.2 Correlation coefficients among various traits of *M. arenaria*

性状	X_1	X_2	X_3	Y	Z
X_1	1.0000	0.6394**	0.7782**	0.8256**	0.7134**
X_2		1.0000	0.6926**	0.7947**	0.6927**
X_3			1.0000	0.7906**	0.7095**
Y				1.0000	0.7516**
Z					1.0000

注:**表示相关性极显著($P < 0.01$),下同

高;各形态性状与软体部重之间的相关系数大小依次为壳长>壳高>壳宽。

2.3 形态性状与重量性状之间的回归分析

采用逐步回归法,各自变量的偏回归系数检验结果均达到极显著水平($P < 0.01$),分别得到各形态性状对砂海螂体重、软体部重的最优多元回归方程如下:

$$Y = -116.8536 + 0.9907 X_1 + 2.2369 X_2 + 0.7070 X_3$$

$$Z = -39.6793 + 0.2961 X_1 + 0.7354 X_2 + 0.3566 X_3$$

式中, Y 为体重, Z 为软体部重, X_1 为壳长, X_2 为壳宽, X_3 为壳高。

对以上两个回归方程进行方差分析的结果显示,回归关系均达到了极显著水平($P < 0.01$),表明所求的多元回归方程成立,对进行通径分析是有意义的。上述方程经回归预测,估计值与实际观测值差异不显著($P > 0.05$),表明上述方程客观地反映了砂海螂形态性状与重量性状之间的关系。

2.4 形态性状对重量性状影响的通径分析

砂海螂各形态性状对体重、软体部重影响的通径

分析如表 3 和表 4 所示。根据通径分析原理可知, 通径系数 P_i 反映了自变量对因变量的直接作用大小。从表 3 可见, 各形态性状对体重的直接作用由大到小依次为壳长(X_1)、壳宽(X_2)和壳高(X_3)。壳长对体重的直接通径系数最大, 为 0.4338; 壳宽对体重的间接作用略大于直接作用。而壳高的直接作用最小, 但间接作用最大, 它通过壳长和壳宽间接影响体重。因此, 壳长是影响体重的主要因素。

从表 4 可以看出, 各形态性状对软体部重的直接作用由大到小依次为壳长(X_1)、壳宽(X_2)和壳高(X_3)。壳长对软体部重的直接通径系数最大, 为 0.3265, 但与壳宽的通径系数 0.3239 接近, 由此可见, 壳长也是影响软体部重的主要因素, 而壳宽对软体部重的直

接影响程度与壳长基本相当。壳高对软体部重的直接作用最小, 它通过间接作用影响软体部重。

2.5 形态性状对重量性状的决定程度分析

表 5 是各单一形态性状及不同形态性状间协同作用对重量性状的决定系数。从表 5 中可见, 壳长(X_1)、壳宽(X_2)和壳高(X_3)对体重(Y)的相对决定程度分别为 18.82%, 15.31%和 3.31%; 壳长(X_1)、壳宽(X_2)和壳高(X_3)对软体部重(Z)的相对决定程度分别为 10.66%, 10.49%和 5.34%, 其中, 壳长对体重和软体部重的决定程度都最大, 这与通径分析结果的趋势是一致的。在共同决定系数中, 壳长与壳宽对体重的共同决定程度最大, 为 21.71%; 同样, 壳长与壳宽对软体部重的共同决定程度也是最大, 为 13.52%。

表 3 砂海螂形态性状对体重影响的通径分析

Tab.3 Path analysis on effect of morphological trait on body weight of *M. arenaria*

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_1	0.8256 **	0.4338 **	0.3918	0.2502	0.1416
X_2	0.7947 **	0.3913 **	0.4034	0.2774	0.1260
X_3	0.7906 **	0.1820	0.6086	0.3376	0.2710

表 4 砂海螂形态性状对软体部重影响的通径分析

Tab.4 Path analysis on effect of morphological trait on soft-tissue weight of *M. arenaria*

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_1	0.7134 **	0.3265 **	0.3869	0.2070	0.1799
X_2	0.6927 **	0.3239 **	0.3688	0.2087	0.1601
X_3	0.7095 **	0.2311	0.4784	0.2540	0.2244

表 5 砂海螂形态性状对重量性状的决定系数

Tab.5 Determinant coefficients of morphological traits on weight traits of *M. arenaria*

性状	Y			Z		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
X_1	0.1882	0.2171	0.1229	0.1066	0.1352	0.1174
X_2		0.1531	0.0986		0.1049	0.1037
X_3			0.0331			0.0534

注: 粗体数据是单一自变量对因变量的决定系数(d_i), 其它数据是两个自变量共同对因变量的决定系数(d_{ij})

3 讨论

3.1 选择指标在育种中的重要性

选择就是选优去劣, 是使符合育种目标的变异

能有效遗传下来的根本手段。任何育种方法都离不开选择, 因此, 选择是育种过程中不可缺少的重要环节。贝类的体重、软体部重等重量性状是育种的目标性状, 在育种或人工繁殖选留亲本时, 软体部重、闭壳肌重等需解剖而无法活体测定; 活体重量需要阴干除去水分, 短时间内称量往往有一定误差。因此, 有必要寻找与重量性状密切相关的形态性状进行间接选择。贝壳的形态性状易于准确测量, 从中确定合理的选择指标是十分必要的。

利用相关性状进行间接选择, 在家禽家畜育种中已被广泛应用, 在水产动物育种中也不乏其例。譬如, 虹鳟(*Salmo gairdneri*)的卵重量与卵径、卵粒数、体重之间有较强的相关性, 在育种实践中经常将卵重量作为生殖性状的选择指标(范兆廷, 2005)。佟雪

红等(2007)通过对建鲤(*Cyprinus carpio var.*)与黄河鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)杂交子代生长性状的分析,确定了在杂交子代的选育中,以体长作为选择指标;而在建鲤子代选育时,则应同时兼顾体长、体高。

本文的结果显示,在砂海螂壳长、壳宽、壳高 3 个形态性状中,壳长对体重和软体部重的直接影响效应都最大(表 3、表 4),表明它与体重、软体部重的关系最为密切,对体重、软体部重的直接贡献也最大。决定系数分析的结果与通径分析结果具有一致的变化趋势,即壳长对体重、软体部重的决定程度大于壳宽和壳高(表 5)。由此可见,砂海螂的壳长是决定体重和软体部重的最主要性状。因此在砂海螂选留亲本时,应以壳长作为首选指标。

3.2 双壳贝类的壳形对选择指标的影响

在有关双壳贝类形态性状与重量性状的通径分析中,壳长、壳宽、壳高 3 个主要形态性状对重量性状的影响程度不尽相同(表 6),笔者认为,这与双壳贝类的壳形有很大关系。扇贝、珠母贝、日月贝同属珍珠贝目,它们的贝壳呈圆扇形、圆形或卵圆形,其共同特点是壳形扁平,而且壳长/壳高的比例较接近。从表 6 几种已有的报道看,其壳长与壳宽、壳高与壳宽的比值达 2.8 以上,足以说明其贝壳的扁平程度。栉孔扇贝、华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*)、马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)、长肋日月贝(*Amusium pleuronectes*)的壳高都是直接影响体重的最大因素(表 6),反映出以体重作为育种目标时,壳高是这些贝类的选择指标。

表 6 部分双壳贝类形态性状对重量性状的通径分析结果比较
Tab. 6 Comparison in path analysis results of morphological traits on weight traits of some Bivalvia

种名	形态性状平均值(mm)			形态性状比例			对重量性状直接影响最大的因素		数据来源
	壳长	壳宽	壳高	壳长/壳宽	壳高/壳宽	壳长/壳高	体重	软体部重	
栉孔扇贝	57.52	20.31	61.81	2.83	3.04	0.93	壳高	—	刘小林等(2002)
华贵栉孔扇贝	66.22	23.33	70.68	2.84	3.03	0.94	壳高	—	郑怀平等(2009)
马氏珠母贝	62.49	21.82	65.71	2.86	3.01	0.95	壳高	—	Deng 等(2008)
长肋日月贝	69.72	13.71	70.98	5.09	5.18	0.98	壳高	—	王雨等(2009)
青蛤	37.53	23.36	38.29	1.61	1.64	0.98	—	壳高	高玮玮等(2009)
紫石房蛤	91.83	47.56	74.50	1.93	1.57	1.23	壳宽	—	黎筠等(2008)
四角蛤蜊	30.32	19.29	27.64	1.57	1.43	1.10	壳宽	壳宽	闫喜武等(2011)
翡翠贻贝	81.62	35.54	22.70	2.30	0.64	3.60	—	壳长	王庆恒等(2009)
魁蚶	57.23	37.84	44.58	1.51	1.18	1.28	壳长	—	吴彪等(2010)
砂海螂	79.09	28.70	46.82	2.76	1.63	1.69	壳长	壳长	本文

青蛤、紫石房蛤、四角蛤蜊同属帘蛤目,它们的贝壳呈圆形、卵圆形或椭圆形,其共同特点是两壳较膨胀,即壳宽的尺寸较大。四角蛤蜊、紫石房蛤、青蛤三者的壳高/壳宽比例约为 1.4—1.6 左右(表 6),较为接近。显而易见,四角蛤蜊、紫石房蛤由于两壳膨胀增加了壳宽的尺寸,而成为直接影响体重的最大因素。

翡翠贻贝、魁蚶、砂海螂在分类上属于不同的目,其壳形差异较大,但它们无论贝壳的膨胀程度如何(即壳高/壳宽的比值),壳长/壳高的比值都比前述两种壳形大。其中,魁蚶、砂海螂的壳长是直接影响体重的最大因素。从以上分析可以看出,双壳贝类形态性状对体重直接影响的最大的因素取决于壳形的变

化。但对影响软体部重的主要因素,根据目前已有的资料尚难以判断,有待于今后的研究。

致谢 鲁东大学生命科学学院水产养殖专业 2010 级学生崔文晓、牛海滨、付正阳、柴成举、李远协助采集数据,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王 雨, 叶 乐, 陈 旭等, 2009. 海南野生长肋日月贝形态性状与重量性状的通径分析. 安徽农业科学, 37(8): 3570—3572
- 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东等, 2009. 翡翠贻贝形态性状对软体部质量的影响. 广东海洋大学学报, 29(4): 1—4
- 刘小林, 常亚青, 相建海等, 2002. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 33(6): 673—678

- 闫喜武, 王 琰, 郭文学等, 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): 1513—1518
- 吴 彪, 杨爱国, 刘志鸿等, 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
- 佟雪红, 董在杰, 缪为民等, 2007. 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. 大连水产学院学报, 22(3): 159—163
- 宋志乐, 孙永杰, 赵玉山等, 1999. 砂海螂底播增养殖的研究. 中国水产科学, 6(2): 70—73
- 宋志乐, 薛永兴, 孙振兴等, 1995. 砂海螂人工育苗的研究. 海洋学报, 17(3): 140—145
- 张明亮, 王娥叶, 2003. 芝罘湾砂海螂的性腺发育和生殖周期. 烟台教育学院学报, 9(1): 66—68
- 范兆廷主编, 2005. 水产动物育种学. 北京: 中国农业出版社, 58—72
- 郑怀平, 孙泽伟, 张 涛等, 2009. 华贵栉孔扇贝1龄贝数量性状的相关性及通径分析. 中国农学通报, 25(20): 322—326
- 郑家声, 郑大海, 王梅林, 2001. 砂海螂 *Mya arenaria* Linnaeus 核型. 青岛海洋大学学报, 31(5): 735—738
- 袁志发, 周敬芋, 2000. 试验设计与分析. 北京: 高等教育出版社, 142—202
- 徐凤山, 张素萍, 2008. 中国海产双壳类图志. 北京: 科学出版社, 257
- 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
- Beal B F, 2002. Adding value to live, commercial size soft-shell clams (*Mya arenaria* L.) in Maine, USA: results from repeated, small-scale, field impoundment trials. Aquaculture, 210(1—4): 119—135
- Beal B F, Kraus M G, 2002. Interactive effects of initial size, stocking density, and type of predator deterrent netting on survival and growth of cultured juveniles of the soft-shell clam, *Mya arenaria* L., in eastern Maine. Aquaculture, 208(1—2): 81—111
- Deng Y, Du X, Wang Q *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
- Flynn A M, Smee D L, 2010. Behavioral plasticity of the soft-shell clam, *Mya arenaria* (L.), in the presence of predators increases survival in the field. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 383(1): 32—38
- Redjah I, Olivier F, Tremblay R *et al*, 2010. The importance of turbulent kinetic energy on transport of juvenile clams (*Mya arenaria*). Aquaculture, 307(1—2): 20—28
- Sabouri H, Rabiei B, Fazlalipour M, 2008. Use of selection indices based on multivariate analysis for improving grain yield in rice. Rice Science, 15(4): 303—310
- St-Onge P, Miron G, 2007. Effects of current speed, shell length and type of sediment on the erosion and transport of juvenile softshell clams (*Mya arenaria*). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 349(1): 12—26

ESTIMATION OF SELECTION INDEX OF SOFT-SHELL CLAM (*MYA ARENARIA*) BASED ON QUANTITATIVE TRAITS

SUN Zhen-Xing¹, LIU Xiang-Quan², CHANG Lin-Rui¹

(1. College of Life Science, Ludong University, Yantai, 264025; 2. Shandong Marine Fisheries Research Institute, Yantai, 264006)

Abstract To estimate the selection index of soft-shell clam (*Mya arenaria*) breeding, effect of morphological trait on weight trait of *M. arenaria* was studied by methods of multivariate regression and path analysis. *M. arenaria* of four-year-old 110 individuals were randomly sampled, from which five quantitative traits were measured including shell length, shell width, shell height, body weight, and soft-tissue weight. The regression equations were also established to estimate weight traits with morphological traits. The results show that all the correlation coefficients between each morphological trait and body weight or soft-tissue weight are at extremely significant level ($P < 0.01$). Shell length has the greatest direct effect on the body weight and soft-tissue weight, the path coefficients were 0.4338 and 0.3265, respectively. Shell length is the key influencing factor of body weight and soft-tissue weight. Shell width has the second greatest direct effect on body weight and soft-tissue weight, but the effect of shell height on weight traits is mainly indirect. The analysis results of determination coefficients for the morphological traits against weight traits agreed well with the results of path analysis.

Key words *Mya arenaria*; quantitative traits; selection index; path analysis