

不同贝龄毛蚶壳形态性状对体质量的影响

李莉^{1,2}, 郑永允^{1,2}, 徐科凤³, 邱兆星^{1,2}, 郭萍萍¹

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266002; 2. 青岛市浅海底栖渔业增殖重点实验室, 山东 青岛 266002; 3. 青岛国家海洋科学研究中心, 山东 青岛 266071)

摘要: 选取毛蚶(*Scapharca subcrenata* Lischke) 1龄、2龄和3龄个体各100粒, 分别测量壳长、壳高和壳宽等壳形态性状, 并称其体质量, 采用多元分析的方法分析了各表型性状间的相关性, 以及壳形态性状对体质量的影响效果。结果表明, 各性状间呈正相关, 且达到极显著水平($P < 0.001$); 通径分析与决定程度分析的结果相似, 不同贝龄期影响毛蚶体质量的主要因素是不同的, 壳长是影响1龄毛蚶体质量的主要因素, 壳长和壳宽是影响2龄毛蚶体质量的主要因素, 且两者的共同决定系数最大(0.244), 壳宽是影响3龄毛蚶体质量的主要因素, 其与壳高的共同决定系数最大(0.230)。

关键词: 毛蚶(*Scapharca subcrenata* Lischke); 形态性状; 体质量; 相关分析; 通径分析

中图分类号: Q173; Q954 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)06-0054-05

doi: 10.11759/hyxx20140826002

毛蚶(*Scapharca subcrenata* Lischke)隶属于软体动物门(Mollusca)、瓣鳃纲(Lamellibranchia)、蚶目(Arcoida)、蚶科(Arcidae)、毛蚶属(*Scapharca*), 广泛分布于日本、朝鲜、中国沿海, 在我国北起鸭绿江、南至广西均有分布, 以莱州湾、渤海湾、辽东湾、海州湾等浅海区资源最为丰富^[1]。20世纪90年代以来, 由于过度捕捞、生态环境破坏等因素, 毛蚶资源逐年衰退, 已远远不能满足市场需求, 价格不断攀升。因此, 近几年毛蚶增养殖工作越来越受到人们的重视, 并已逐渐成为我国南北方沿海重要的增养殖经济贝类之一。

生物学特征研究对于开展一个物种的增养殖是十分必要的, 尤其是有关水产经济动物经济性状相关性研究的报道较多, 所涉及的物种有鱼类^[2-3]、贝类^[4-5]以及甲壳类^[6-8]等数十种。如刘贤德等^[9]对不同生长时期大黄鱼的研究表明, 早期选种应注重对体高和体长的挑选, 而后期选种时全长也是保证选择效果的考虑因素; 宋坚等^[10]对长蛸的研究建立了体质量预测净肉质量的最优模型。这些研究通过分析形态学性状与体质量的关系, 为水产经济动物的遗传育种、增养殖方案优化和生产量估计等提供理论依据。

关于毛蚶各形态性状与质量性状间的相关分析已有研究报道^[11-13], 但上述研究对象均为毛蚶成贝, 不同贝龄时期毛蚶各性状的相互关系, 尤其是壳性状对体质量的影响效果尚未见报道。本研究分别分

析了3个不同贝龄期毛蚶壳形态性状与体质量之间的相互关系, 以确定不同贝龄毛蚶不同壳形态性状对体质量的影响效果, 完善毛蚶的生物学资料, 同时为毛蚶的遗传育种及其资源的合理利用等提供基础资料。

1 材料与方法

所用毛蚶来源于2011年10月底播增殖个体, 底播于山东省广饶县海区。底播苗种为当年人工繁育苗种(1龄), 2012年10月、2013年10月回捕个体分别为2龄、3龄。随机抽取3个贝龄期毛蚶个体各100粒, 测量其壳长(SL)、壳高(SH)、壳宽(SW)和体质量(BW)。壳形态指标用数显测量尺测量, 精确到0.01 mm。活体质量用电子天平称量, 精确到0.01 g。

使用SPSS16.0统计软件进行表型性状间的相关分析和通径分析。通径分析参照杜家菊和陈志伟^[14]的方法进行, 设BW为因变量, SL、SH、SW为自变量, 因变量实施正态性检验后, 采用逐步多元线性回归法建立壳性状对质量性状的线性回归方程。

收稿日期: 2014-08-26; 修回日期: 2014-11-03

基金项目: 国家贝类产业技术体系项目(CARS-48); 山东省农业良种工程课题“水产经济生物种质资源收集、保护与评价”

作者简介: 李莉(1980-), 女, 山东青岛人, 副研究员, 博士, 主要从事贝类育种与增养殖研究, 电话: 0532-82655582, E-mail: yzslili@163.com; 郑永允, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-82677800, E-mail: zyy19541201@163.com

依据相关分析结果和通径系数计算决定系数,参照刘春雷等^[15]的计算方法。

2 结果

2.1 各性状的表型参数统计量

各性状的表型参数统计信息见表 1,不同贝龄期毛蚶壳形态性状和体质量等表型性状的变异趋势是一致的,均表现为体质量>壳宽>壳高>壳长,其中 1 龄贝的变异系数最大,2 龄贝的变异系数最小。

2.2 各性状间的相关系数

各性状的相关分析结果见表 2,不同贝龄毛蚶各

性状间呈正相关,且均达到极显著水平($P<0.001$),表明所选指标进行相关分析具有重要的现实意义。从毛蚶壳形态性状与体质量的相关性来看,1 龄壳形态性状中壳长与体质量之间的相关系数最大,壳宽与体质量之间的相关系数最小;2 龄与 3 龄均表现为壳宽与体质量之间的相关系数最大。

2.3 壳形态性状对体质量的通径分析

以体质量为因变量,利用单个样本 Kolmogorov-Smirnov Test 进行正态性检验。1 龄、2 龄、3 龄体质量 K-S 分析的 Z 值依次为 0.847、0.793 和 0.706,显著性水平 P 值(0.469、0.555、0.701)大于 0.05,表明因变量服从正太分布,可以进行通径分析。

表 1 不同贝龄期各性状表型的参数统计

Tab.1 The descriptive of morphometric traits of *S. subcrenata* at different years of age

贝龄	测定数	统计量	性状			
			壳长(mm)	壳高 (mm)	壳宽 (mm)	体质量 (g)
1	100	平均值	10.986	8.299	5.952	0.363
		标准差	2.219	1.701	1.495	0.197
		变异系数(%)	20.1984	20.4964	25.1176	54.2700
2	100	平均值	25.474	18.973	15.076	4.213
		标准差	2.166	1.667	1.340	1.172
		变异系数 (%)	8.5028	8.7862	8.8883	27.8187
3	100	平均值	35.851	28.887	23.762	13.388
		标准差	3.625	3.027	2.927	4.396
		变异系数(%)	10.1113	10.4788	12.3180	32.8354

表 2 不同贝龄期各性状间的相关系数

Tab.2 Correlation coefficients among quantitative of *S. subcrenata* at different years of age

贝龄	性状	体质量	壳长	壳高	壳宽
1	体质量	-	0.936*	0.902*	0.881*
	壳长		-	0.952*	0.899*
	壳高			-	0.808*
	壳宽				-
2	体质量	-	0.903*	0.901*	0.910*
	壳长		-	0.873*	0.860*
	壳高			-	0.905*
	壳宽				-
3	体质量	-	0.933*	0.939*	0.941*
	壳长		-	0.939*	0.927*
	壳高			-	0.938*
	壳宽				-

注: *. $P < 0.001$

不同壳形态性状对体质量的影响作用见表 3。不同贝龄期毛蚶壳性状对体质量的影响作用不同。1 龄时,壳长是影响体质量的主要因素,壳高、壳宽的间接影响作用大,且均是通过壳长间接影响体质量;2 龄时,壳长、壳宽是影响体质量的主要因素,壳高的间接作用最大;3 龄时,壳宽是影响体质量的主要因素,壳长的间接作用最大。

2.4 壳形态性状对体质量的决定程度分析

不同壳形态性状对体质量的决定程度分析见表 4。不同贝龄期毛蚶壳形态性状对体质量的决定作用不同。1 龄时,壳长是决定体质量的主要因素,其直接决定系数最大(0.202),与壳高对体质量的共同决定系数最大(0.219);2 龄时,壳长、壳宽是决定体质量的主要因素,直接决定系数依次为 0.143 和 0.140,且两者的共同决定系数最大(0.244);3 龄时,壳宽是

表 3 不同贝龄期各形态性状对体质量的通径分析

Tab.3 Path analysis of morphological traits to total weight of *S. subcrenata* at different years of age

贝龄	性状	直接作用	间接作用			
			壳长	壳高	壳宽	合计
1	壳长	0.449	-	0.244	0.243	0.487
	壳高	0.256	0.427	-	0.218	0.646
	壳宽	0.270	0.404	0.207	-	0.611
2	壳长	0.378	-	0.203	0.322	0.525
	壳高	0.232	0.330	-	0.339	0.669
	壳宽	0.374	0.325	0.211	-	0.536
3	壳长	0.275	-	0.290	0.368	0.658
	壳高	0.309	0.258	-	0.372	0.630
	壳宽	0.396	0.255	0.290	-	0.545

表 4 不同贝龄期各形态性状对体质量的决定系数

Tab.4 Coefficient of determination of morphological traits to total weight of *S. subcrenata* at different years of age

贝龄	性状	直接决定系数	间接决定系数			
			壳长	壳高	壳宽	合计
1	壳长	0.202	-	0.219	0.218	0.639
	壳高	0.066		-	0.112	0.178
	壳宽	0.073			-	0.073
2	壳长	0.143	-	0.153	0.244	0.540
	壳高	0.054		-	0.157	0.211
	壳宽	0.140			-	0.140
3	壳长	0.076	-	0.159	0.202	0.437
	壳高	0.095		-	0.230	0.326
	壳宽	0.158			-	0.158

决定体质量的主要因素(0.158), 其与壳高的共同决定系数最大(0.230)。不同贝龄期毛蚶壳形态性状对体质量的决定系数总和依次为 0.890、0.891 和 0.921, 与相关性指数基本一致, 均大于 0.85, 表明所选 3 个壳形态性状是影响不同贝龄期毛蚶体质量的主要性状, 其他性状的影响相对较小。

2.5 多元回归方程的建立

以体质量为依变量, 壳形态性状为自变量, 采用逐步回归的方法, 进行多元线性回归分析。多元共线性诊断以方差膨胀因子(VIF)为指标。通常情况下,

当 VIF > 10 时, 认为自变量间存在严重共线性。从表 5 看, 剔除存在严重共线性关系的自变量, 模型 1 中所列性状的方差膨胀因子均小于 10。

表 5 方差膨胀因子

Tab.5 Variance inflation factors

模型	贝龄					
	1		2		3	
	性状	方差膨胀因子	性状	方差膨胀因子	性状	方差膨胀因子
1	壳长	5.215	壳宽	3.848	壳宽	8.375
	壳宽	5.215	壳长	3.848	壳高	8.375
	壳长	22.417	壳宽	6.237	壳宽	9.832
2	壳宽	6.007	壳长	4.757	壳高	11.753
	壳高	12.359	壳高	6.834	壳长	10.000

建立 3 个不同贝龄期毛蚶的线性回归方程, 其线性回归系数都达到极显著水平($P < 0.001$), 表明各自变量对于因变量存在显著的线性关系, 拟合的线性统计模型及相应参数的估计可靠。

$$BW_1 = -0.530 + 0.067SL + 0.027SW \quad (R^2 = 0.884)$$

$$BW_2 = -8.915 + 0.251SL + 0.447SW \quad (R^2 = 0.884)$$

$$BW_3 = -24.167 + 0.680SH + 0.753SW \quad (R^2 = 0.912)$$

式中, BW_1 、 BW_2 、 BW_3 依次为 1 龄、2 龄、3 龄毛蚶的体质量, SL 为壳长, SH 为壳高, SW 为壳宽。

3 讨论

体质量的增长是水生经济动物养殖的关键, 它是养殖产量与周期的体现, 而体质量生长性能优劣往往通过体型表现出来, 这是遗传育种的理论依据, 也是选苗的依据。利用多元回归分析研究形态性状与体质量之间的关系已广泛应用于水生动物研究中。Ahmed 和 Abbas^[16]对鱼和贝类幼龄期体长、体质量相关的生长参数进行了多元相关分析; 刘春雷等^[15]运用相关分析研究了转大麻哈鱼生长激素基因鲤与对照鲤 10 个表型性状对体质量的影响程度; 孙振兴等^[17]对扁玉螺表型形态性状与质量性状等 8 个参数进行了相关分析。本研究中利用多元回归分析研究了海区底播增殖毛蚶不同贝龄壳长、壳高、壳宽等 3 个壳形态性状与体质量的相关性, 相关系数均呈正相关, 并达到极显著水平($P < 0.001$), 研究表明, 进一步的统计分析具有现实意义。

变异系数是衡量各观测值变异程度的一个统计量。本研究中 2 龄贝各性状的变异系数小于 3 龄贝, 表现为 3 个不同龄中的最小值, 分析其主要原因可

能有两个方面：一是在底播后苗种受自然环境变化与敌害生物捕食等的影响，经历了自然淘汰；二是在拖捕过程中网具的使用可能将毛蚶进行了分选，使得捕获毛蚶规格趋于整齐。

性状间相关性是变量间相互关系的综合作用，包含了两者之间关系和通过其他变量的间接关系^[18-19]。一般采用相关系数、通径系数、决定程度及多元回归等综合分析，从而提高结果的可信度^[20]。本研究中，在表型相关分析的基础上进行通径分析和决定系数分析，不同贝龄毛蚶壳形态性状对体质量的相关指数均大于 0.85，表明所列性状是影响毛蚶体质量的主要性状^[21]，并且影响不同贝龄期毛蚶体质量的主要因素是不同的。壳长是影响 1 龄毛蚶体质量的主要因素，壳高、壳宽均是通过壳长间接影响体质量；2 龄时，壳长、壳宽是影响体质量的主要因素，且两者的共同决定系数最大；3 龄时，壳宽是影响体质量的主要因素，其与壳高的共同决定系数最大。宋坚等^[22]对 3 种规格硬壳蛤的研究表明小规格硬壳蛤的壳宽、中规格和大规格硬壳蛤的壳长分别是影响体质量的主要因素；刘文广等^[23]对 5 种规格华贵栉孔扇贝的研究表明壳高是影响体质量的主要指标。说明贝壳的形状随着贝类的生长是不断发生变化的，而不同双壳贝类由于其生物学特征不同，其贝壳生长变化的趋势不同，影响其体质量的贝壳性状也不同。

同时，本研究结果与毛蚶相关研究报道之间存在相同之处，也存在不同之处。如王辉等^[11]对 2 龄南海毛蚶雌雄两个性别的分析表明，壳高是影响雄性毛蚶体质量的主要因素，壳宽是影响雌性的主要因素。陈丽梅等^[12]对渤海地区毛蚶的分析表明，壳高对体质量的直接作用和综合决定系数最大，是影响体质量的主要因素。郝伟等^[13]对不同性别 3 龄池塘底播养殖毛蚶的分析表明，壳长、壳高是影响雌性组体质量的主要因素，壳长、壳宽是影响雄性组的主要因素，壳长对混合组的影响最大。可见，不同的遗传背景、年龄、生长环境与状况等要素均会影响毛蚶贝壳形态性状对体质量的影响效果。该现象也常见于其它经济贝类的研究中，如郑怀平等^[24]对 1 龄华贵栉孔扇贝分析认为，选育指标应以壳高为主，同时加强对壳长的协同选择；而刘志刚等^[25]则认为应以壳高作为第一选育目标性状。

本研究中通过对 1 龄、2 龄以及 3 龄毛蚶壳形态性状与体质量的相关性分析，进一步摸清了毛蚶壳

长、壳高、壳宽等主要壳形态性状随着生长的变化及其对体质量的影响，利用多元线性回归分析得到了 3 个回归方程，可分别应用于毛蚶不同养殖时期增养殖方案的制定与生产量的估计，同时为下一步毛蚶选育工作的开展提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 陈建华, 闫斌伦, 高焕. 毛蚶生物学特性及其研究进展[J]. 河北渔业, 2006, 9: 24-25, 49.
- [2] Deboski 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.
- [3] Tomomi H, Tetsuya T, Mitsuhiro N, et al. Maternal effects and larval survival of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae* [J]. Journal of Sea Research, 2007, 58(1): 78-89.
- [4] 吴彪, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 魁蚶两个不同群体形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 54-59.
- [5] 白临建, 杨爱国, 周丽青, 等. 栉江珧形态性状对重量性状的影响[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(6): 87-92.
- [6] 李洋, 刘萍, 李健, 等. 脊尾白虾形态性状对体重的相关性及其通径分析[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(6): 60-65.
- [7] 边力, 钟声平, 刘洪涛, 等. 两月龄日本囊对虾形态性状对体质量的通径分析[J]. 厦门大学学报, 2013, 52(3): 427-432.
- [8] 孙苗苗, 陈百尧, 杨其彬, 等. 斑节对虾形态性状对体质量影响的分析[J]. 海洋科学, 2013, 37(5): 50-54.
- [9] 刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等. 不同生长时期大黄鱼形态性状与体重的相关性分析[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 159-163.
- [10] 宋坚, 肖登兵, 张伟杰, 等. 长蛸体尺与重量性状间相关关系的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 118-122.
- [11] 王辉, 刘志刚, 符世伟. 南海毛蚶形态特征对体重的相关分析[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(6): 58-61.
- [12] 陈丽梅, 刘利华, 秦传新, 等. 渤海地区毛蚶形态性状对活体重的影响效果[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 13813-13814.

- [13] 郝伟, 徐国成, 庞作宽, 等. 毛蚶壳性状对体质量和软体部质量的影响效果分析[J]. 淮海工学院学报, 2012, 21(3): 81-87.
- [14] 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.
- [15] 刘春雷, 常玉梅, 梁利群, 等. 转大麻哈鱼生长激素基因鲤表型性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1893-1899.
- [16] Ahmed M, Abbas G. Growth parameters of finfish and shellfish juveniles in the tidal waters of Bhanbhore' Korangi Creek and Miani Hor Lagoon [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2000, 32(1): 21-26.
- [17] 孙振兴, 常林瑞, 徐建鹏. 扁玉螺(*Neverita didyma*)表型性状对体重和软体部重的影响效应分析[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(4): 513-518.
- [18] Jonah P M, Adeniji O T, Wammanda D T. Genetic correlations and path analysis in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) [J]. Journal of Agriculture & Social Sciences, 2010, 6: 1-5.
- [19] Reza A. Correlations between some horticultural traits in walnut [J]. Hort Science, 2010, 45(11): 1690-1694.
- [20] 高玮玮, 袁媛, 潘宝平, 等. 青蛤贝壳形态性状对软体部重的影响分析[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(2): 166-169.
- [21] 朱波, 青长乐, 牟树森. 紫色土外源锌、镉形态的生物有效性[J]. 应用生态学报, 2012, 13(5): 555-558.
- [22] 宋坚, 张伟杰, 常亚青, 等. 硬壳蛤形态性状对活体重的影响效果分析[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 273-277.
- [23] 刘文广, 林坚士, 何毛贤. 不同贝龄华贵栉孔扇贝数量性状的通径分析[J]. 南方水产科学, 2012, 8(1): 43-48.
- [24] 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.
- [25] 刘志刚, 章启忠, 王辉. 华贵栉孔扇贝主要经济性状对闭壳肌重的影响效果分析[J]. 热带海洋学报, 2009, 28(1): 61-66.

The relationship between morphometric traits and body weight of *Scapharca subcrenata* at different ages

LI Li^{1, 2}, ZHENG Yong-yun^{1, 2}, XU Ke-feng³, QIU Zhao-xing^{1, 2}, GUO Ping-ping¹

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266002; 2. Key Laboratory of Benthic Fisheries Aquaculture and Enhancement, Qingdao, Qingdao 266002 ; 3. National Oceanographic Center, Qingdao, Qingdao 266071)

Received: Aug., 26, 2014

Key words: *Scapharca subcrenata*; Morphological traits; Body weight; Correlation analysis; Path analysis

Abstract: To study the difference in morphological traits of *Scapharca subcrenata* Lischke at different ages, samples were collected at 1, 2 and 3 years. The shell length, shell height, shell width and the live body weight were measured individually. The correlation between the phenotypic data and the body weight, the direct and indirect effect of body size on body weight were analyzed by correlation analysis and path analysis, and then the regression equation was established. The results showed that there is a significant positive correlation among the 4 traits ($P < 0.001$). The path analysis and the determination coefficient of morphological traits to body weight showed a similar trend. The effect of morphometric traits on body weight was different at different ages. The shell length had major effects on the body weight at one year old. The shell length and shell width had major effects on the body weight at two years old, while their total coefficient of determination was the biggest (0.244). The shell width had major effects on the body weight at three years old, and the total coefficient for the shell width and shell height was the biggest (0.230)

(本文编辑: 康亦兼)