

两种四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)壳内色 品系选育初探*

郭文学¹ 闫喜武¹ 马贵范¹ 肖露阳¹ 张国范²

(1. 大连海洋大学水产与生命学院 大连 116023; 2. 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 采用通径分析原理及个体间随机交配的方法,进行了两种壳内色四角蛤蜊的形态性状差异及品系选育研究。结果表明,两种壳内色四角蛤蜊除颜色不同外,其它形态性状间无显著差异($P>0.05$);两者的 4 个数量性状之间的相关系数均达到极显著水平($P<0.01$),但影响重量性状的主要形态性状并不相同;壳形态性状对活体重量的相关指数均大于 0.85,表明所选的壳形态性状是影响活体重的重点性状。两个品系 D 型及 3 日龄幼虫大小无显著差异($P>0.05$),6、12 和 15 日龄紫色品系的壳长和生长速度均高于白色品系,差异极显著($P<0.01$);幼虫期间,两者的存活率无显著性差异($P>0.05$),但紫色品系的孵化率和变态率明显高于白色品系($P<0.01$)。稚贝室内培育期间,白色品系的壳长明显大于紫色品系($P<0.01$);但室外养成期间,两者差异逐渐缩小,90 日龄两者壳长已无显著性差异($P>0.05$);稚贝期间两者的生长速度及成活率均无显著性差异($P>0.05$)。

关键词 四角蛤蜊,形态性状,品系选育,生长发育

中图分类号 S968.3

色彩作为可遗传的质量性状一直受到遗传、育种研究者的关注(郑怀平等,2008)。贝类贝壳呈现丰富多彩的颜色,以壳色作为遗传标记已应用于贝类育种实践。以往的研究中发现,华贵栉孔扇贝(张涛等,2009)的贝壳具有橙、褐、橙褐等颜色,马氏珠母贝(王庆恒等,2008)的贝壳具有黑、红、黄、白等色彩,海湾扇贝(郑怀平等,2008)有橙、棕、黄、紫、白等贝壳颜色,智利斑点扇贝(Nakamura *et al.*, 2005)具有褐、紫、橙、黄、白等壳色,蛤仔(闫喜武等,2005, 2008b)具有不同的壳色和花纹,皱纹盘鲍的野生型壳色有黑褐、绿(蓝绿)和暗红等多种表现型(刘晓等,2003),文蛤具有红壳、黑斑、细纹、暗纹 4 个壳色花纹(朱东丽等,2011)。目前未见关于四角蛤蜊贝壳内面壳色的研究报道。

四角蛤蜊(*Macra veneriformis*),俗称白蚬子,隶属于瓣鳃纲、帘蛤目、蛤蜊科、蛤蜊属,为常见的底

栖经济贝类,营养价值较高,已成为我国颇有养殖前途的滩涂贝类之一(闫喜武等,2011)。关于四角蛤蜊的研究已有一些报道, Lee 等(1996)研究了不同季节下四角蛤蜊的耗氧率, Nakamura 等(2005)对四角蛤蜊的行为生态学进行了研究, 闫喜武等(2008a, 2011)对北方沿海四角蛤蜊人工育苗技术进行了初步研究,并分析了壳形态性状对重量性状的影响效果。本研究旨在通过对不同壳内色四角蛤蜊的形态学比较及品系建立,为进一步杂交育种和选择育种提供理论依据,为开展四角蛤蜊高产抗逆优良品种的选育提供基础材料和数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)亲贝于 2011 年 3 月底采自大连庄河海区,按每层 15 个装于

* 现代农业产业技术体系建设专项, CARS-48 号; 辽宁省教育厅创新团队项目“滩涂贝类优良土著品种苗种规模培育技术及遗传改良”, 2007T014 号。郭文学, E-mail: guowenxue2009@126.com

通讯作者: 闫喜武, 博士, 教授, E-mail: yanxiwu2002@163.com

收稿日期: 2011-09-15, 收修改稿日期: 2011-11-29

扇贝笼, 挂于生态池促熟。实验在庄河市海洋贝类苗种场进行。

1.2 方法

1.2.1 形态学比较 于 2011 年 6 月 9 日随机选取 380 枚四角蛤蜊统计两种壳内色的四角蛤蜊所占比例, 并随机测量相同规格 58 枚白色四角蛤蜊和 45 枚紫色四角蛤蜊的形态学指标[壳长(*SL*)、壳高(*SH*)、壳宽(*SW*)]和重量指标[活体重(*LW*)]。为了补充数据, 于 8 月份再次采集四角蛤蜊 200 余枚, 统计比例, 并测量两种壳内色四角蛤蜊的各性状指标。

各性状测定结果经统计整理, 计算平均数、标准差和变异系数, 获得各性状表型参数统计量, 使用 SPSS13.0 软件中的 K-S 单样本检验(Kolmogorov-Smirnov one sample test)各性状的分布是否符合正态分布。参照 Huo 等(2010)研究方法(公式 1—4), 分别进行各性状间表型相关分析和各性状指标对重量性状的通径分析, 并建立形态性状对各重量性状的回归方程。

设相关变量 Y 、 X_1 、 X_2 、 X_3 间存在线性关系, 回归方程式为:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + e \quad (1)$$

其中, Y 为依变量, X_1 、 X_2 、 X_3 为自变量, b_0 为常数项, b_1 、 b_2 、 b_3 分别为 Y 对 X_1 、 X_2 、 X_3 的偏回归系数, e 为剩余项。

根据通径分析原理, 计算形态性状对各重量性状的通径系数 P_{0i} , 相关指数 R^2 , 单性状决定系数 d_{0i} , 共同决定系数 d_{0ij} , 剖析各形态性性状对各重量性状的直接作用 P_{0i} 和间接影响 P_{0j} , r_{ij} 为相关系数。

$$P_{0i} = b_{xi} \sigma_{xi} / \sigma_y \quad (2)$$

$$d_{0i} = P_{0i}^2 \quad (3)$$

$$d_{0ij} = 2P_{0i}r_{ij}P_{0j} \quad (4)$$

根据通径分析结果, 剔除通径系数检验结果不显著的自变量, 利用逐步回归的方法建立估计重量性状的最优多元回归方程(刘贤德等, 2010)。

1.2.2 品系选育 采用个体间随机交配的方法, 分别建立四角蛤蜊两种壳内色品系。具体方法为: 将第一次随机测量的 58 枚白色四角蛤蜊和 45 枚紫色四角蛤蜊作为繁殖群体, 拿回室内养殖池阴干刺激 12h, 放入预先准备好的海水中待产, 2h 后两组几乎同时产卵。洗卵后放于 100L 白色塑料桶中孵化、培养。实验设置 3 个平行, 两种壳内色品系互为对照。实验海水为常规沙滤海水, 实验期间连续微量充气, 日投饵 3 次, 变态前投喂叉鞭金藻, 变态完全后投喂小球藻, 投饵量视水色而定。各实验组严格隔离防止混杂, 不

定期调整密度使各组密度保持一致; 定期抽检, 准确把握苗种状态。稚贝长到 >3mm 时, 将稚贝移至室外生态池中进行养成; 随稚贝的生长更换不同网目的网袋, 不定期调整密度, 清理网袋。

D 型幼虫测量各组孵化率, 3、6、9、12、30、60 和 90 日龄的壳长和成活率, 15 日龄测变态率。幼虫存活率为每次测量的存活率与上次测量的存活率的百分比, 变态率为出现次生壳的稚贝数量与足面盘幼虫数量的百分比, 稚贝成活率为成活稚贝占整个出现次生壳稚贝(包括死亡空壳)的百分比。计算两种壳内色品系的生长速度, 公式为:

$$G = (W_1 - W_0) / (t_1 - t_0)$$

式中, W_0 为第 1 次测定的壳长, W_1 为最后一次测定的壳长, t_0 为第 1 次测定的日龄, t_1 为最后一次测定的日龄, G 为绝对生长率。

使用 SPSS13.0 统计软件对数据进行处理。

2 结果

2.1 形态学比较

2.1.1 各性状表型参数统计量 庄河群体中紫色的四角蛤蜊占 12.3%, 两种壳内色四角蛤蜊的壳长(*SL*)、壳高(*SH*)、壳宽(*SW*)和活体重(*LW*)表型数据经整理后, 结果见表 1。在这些性状中, 以活体重的变异系数最大, 白色四角蛤蜊壳高的变异系数最小, 紫色四角蛤蜊的壳宽的变异系数最小, 说明不同壳内色四角蛤蜊形态性状的变异系数不同。单样本 K-S (Kolmogorov-Smirnov one sample test)检验结果显示, P 值均在 0.05 以上(表 1), 说明所分析性状的分布均没有显著偏离正态分布, 可以对这些性状作进一步的通径分析。

2.1.2 各性状间的相关性分析 两种壳内色四角蛤蜊各性状间表型相关系数见表 2。对角线以上为白色四角蛤蜊各性状间的相关系数, 对角线以下为紫色四角蛤蜊各性状间相关系数。经检验各性状间的相关系数均极显著($P < 0.01$)。两种壳内色四角蛤蜊各形态性状与活体重相关系数大小顺序均为壳长 > 壳高 > 壳宽。

2.1.3 形态性状对活体重的通径系数和相关指数 通径系数反应自变量对依变量的直接影响, 根据通径分析原理计算形态性状对各重量性状的通径系数和相关指数见表 3。结果表明: 白色四角蛤蜊壳长对活体重的直接影响最大, 其次为壳高, 壳宽最小; 而紫色四角蛤蜊壳高的直接影响最小。两种壳内色形态

表 1 两种壳内色四角蛤蜊各性状表型统计量
Tab.1 Apparent statistics of various traits of *M. veneriformis* with different inner-shell colors

壳内色	性状	SL(mm)	SH(mm)	SW(mm)	LW(g)
白色	平均值±SD	36.84±0.42	32.75±0.34	23.71±0.29	16.98±0.53
	变异系数 CV(%)	1.140	1.038	1.223	3.121
	K-S 值	0.047	0.085	0.102	0.097
	P 值	0.200	0.200	0.200	0.200
紫色	平均数±SD	35.96±0.50	31.60±0.42	22.82±0.30	15.28±0.61
	变异系数 CV(%)	1.390	1.329	1.315	3.992
	K-S 值	0.092	0.063	0.114	0.116
	P 值	0.200	0.200	0.200	0.200

表 2 两种壳内色四角蛤蜊各性状表型相关系数
Tab.2 Phenotype correlation coefficient among the characters of *M. veneriformis* with different inner-shell colors

性状	SL	SH	SW	LW
SL	—	0.876**	0.606**	0.934**
SH	0.898**	—	0.586**	0.891**
SW	0.817**	0.791**	—	0.708**
LW	0.966**	0.921**	0.898**	—

注: 对角线以上为白色四角蛤蜊各性状表型相关系数, 对角线以下为紫色四角蛤蜊各性状表型相关系数; 表中 SL、SH、SW、LW 分别表示为壳长(X_1)、壳高(X_2)、壳宽(X_3)、活体重(Y); *表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$), 下同

表 3 两种壳内色四角蛤蜊壳形态性状对活体重的通径系数和相关指数

Tab.3 Path coefficient and correlation index of morphological characters on the weight performance of *M. veneriformis* with different inner-shell colors

壳内色	性状	通径系数和相关指数			
		P_{01}	P_{02}	P_{03}	R^2
白色	LW	0.581**	0.263*	0.202**	0.921
紫色	LW	0.556**	0.189*	0.294**	0.975

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

性状对活体重的相关指数均大于 0.85, 表明影响依变量的主要自变量已经找到。

2.1.4 形态性状对活体重的作用 将形态性状与活体重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: 两种壳内色四角蛤蜊壳长与活体重的相关系数均最大, 直接作用也最大(0.581, 0.556)是影响活体重的主要因素; 壳宽通过壳长的间接作用是影响活体重的次要因素。

2.1.5 形态性状对活体重的决定系数分析 各形态性状及形态性状间对活体重的决定系数见表 5。对角线位置为每个壳性状单独对活体重的决定系数, 非对角线位置为两两性状共同对活体重的决定系数。两种壳内色四角蛤蜊的壳长对活体重的单独决定程度最大(33.8%, 30.9%), 白色四角蛤蜊壳长与壳高对活体重的共同决定程度最大为 26.7%; 而紫色四角蛤蜊壳长与壳宽的共同决定系数最大为 26.7%。两种壳内色四角蛤蜊形态性状对重量性状的决定系数的总和 d 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一致。

2.1.6 多元回归方程建立及显著性检验 经显著性检验, 两种壳内色四角蛤蜊的活体重(Y)对壳高(X_1)、壳长(X_2)及壳宽(X_3)的回归关系极显著($P<0.01$), 可建立多元回归方程:

表 4 两种壳内色四角蛤蜊形态性状对活体重的影响
Tab.4 Effects of morphological characters on live body weight of *M. veneriformis* with different inner-shell colors

壳内色	形态性状	相关系数 r_{ij}	直接作用 P_i	间接作用 $r_{ij} P_j$			
				SL	SH	SW	
白色	SL	0.934**	0.581**	—	0.230	0.122	0.352
	SH	0.891**	0.263*	0.509	—	0.118	0.627
	SW	0.708**	0.202**	0.352	0.154	—	0.506
紫色	SL	0.966**	0.556**	—	0.170	0.240	0.410
	SH	0.921**	0.189*	0.499	—	0.264	0.763
	SW	0.898**	0.294**	0.454	0.149	—	0.603

表 5 形态性状对活体重的决定系数

Tab.5 Determinant coefficients of the morphological characters on live body weight

性状	白色			紫色		
	SL(X ₁)	SH(X ₂)	SW(X ₃)	SL(X ₁)	SH(X ₂)	SW(X ₃)
SL	0.338	0.267	0.142	0.309	0.189	0.267
SH		0.069	0.062		0.036	0.088
SW			0.041			0.086
总和 d		0.919			0.975	
相关指数 R ²		0.921			0.975	

$$Y_{白} = -31.702 + 0.726X_1 + 0.404X_2 + 0.368X_3$$

$$Y_{紫} = -31.529 + 0.680X_1 + 0.280X_2 + 0.592X_3$$

用以上方程对各形态性状的偏回归系数进行显著性检验, 具体如表 6 所示。回归分析结果显示, 两种壳内色四角蛤蜊活体重与壳长、壳宽为极显著相关, 与壳高显著相关, 无通径系数不显著的自变量需要剔除, 故所得回归方程即为最优回归方程。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两种壳内色四角蛤蜊形态性状与活体重之间的真实关系。

表 6 两种壳内色四角蛤蜊形态性状偏回归系数检验

Tab.6 Test of partial regression coefficients for morphologic characters of *M. veneriformis* with different inner-shell colors

壳内色	参数	常数	X ₁	X ₂	X ₃
白色	偏回归系数	-31.702	0.726	0.404	0.368
	t 值	-12.365	5.646	2.605	3.288
	显著性 Sig.	0.000**	0.000**	0.014*	0.002**
紫色	偏回归系数	-31.529	0.680	0.280	0.592
	t 值	-20.846	7.297	2.632	5.365
	显著性 Sig.	0.000**	0.000**	0.014*	0.000**

表 7 两种壳色品系幼虫的平均壳长(μm)和生长速度(μm/d)

Tab.7 Larval mean shell length and growth rate of two pedigrees

品系	幼虫日龄						生长速度(μm/d)
	D 型幼虫	3 日龄	6 日龄	9 日龄	12 日龄	15 日龄	
白色	91.50±0.87 ^a	93.17±1.02 ^a	136.67±3.19 ^a	159.33±2.14 ^a	169.33±2.67 ^a	188.33±2.92 ^a	6.46±0.19 ^a
紫色	89.83±0.34 ^a	94.17±1.35 ^a	111.00±1.47 ^b	160.67±2.14 ^a	198.33±4.01 ^b	211.33±2.34 ^b	8.10±0.15 ^b

注: 同列中具有相同字母者表示差异不显著($P>0.05$), 具有不同字母者差异显著($P<0.05$)

表 8 两种壳色品系幼虫的孵化率(D 型)、成活率(2—12 日龄)及变态率(15 日龄)

Tab.8 Larval hatching rate (D larvae), survival rate (Days 3—12) and metamorphosis (Days 15) of two pedigrees

品系	幼虫日龄					
	D 型幼虫(%)	3 日龄(%)	6 日龄(%)	9 日龄(%)	12 日龄(%)	15 日龄(%)
白色	31.67±1.67 ^a	78.33±1.67 ^a	80.00±5.00 ^a	41.67±9.28 ^a	83.33±1.67 ^a	73.33±1.67 ^a
紫色	51.00±0.58 ^b	96.00±0.58 ^b	78.33±1.67 ^a	63.33±3.33 ^a	66.67±6.67 ^a	86.67±1.67 ^b

2.2 品系选育

2.2.1 幼虫的生长与存活 2 个壳色品系幼虫大小及生长速度见表 7。结果表明: 2 个品系 D 型幼虫大小和 3 日龄壳长无显著差异($P>0.05$), 但紫色品系的四角蛤蜊 D 型幼虫孵化率明显高于白色品系($P<0.01$, 表 8); 6、12 和 15 日龄紫色品系的壳长和生长速度均表现出明显的生长优势, 与白色品系差异极显著($P<0.01$); 2 个内壳色品系幼虫的存活率无显著性差异($P>0.05$), 但紫色品系的变态率(15 日龄)明显高于白色品系(表 8), 统计分析表明差异极显著($P<0.01$)。

2.2.2 稚贝的生长与存活 2 个品系稚贝的平均壳长及生长速度见表 9。结果表明: 稚贝室内培育期间(30—45 日龄), 白色品系表现出明显的生长优势, 壳长明显大于紫色品系, 差异极显著($P<0.01$); 但室外养成期间(60—90 日龄), 两者差异逐渐缩小, 60 日龄两者壳长差异显著($P<0.05$), 90 日龄两者最终壳长已无显著性差异($P>0.05$); 稚贝期间(30—90 日龄)两者的生长速度差异不显著($P>0.05$), 成活率均 $>90%$, 无显著性差异($P>0.05$)。

表 9 两种壳色品系稚贝的平均壳长和生长速度
Tab.9 Shell length and growth rate of two pedigrees at nursing and grown-out stages

品系	幼虫日龄				生长速度 (mm/d)
	30 日龄(μm)	45 日龄(mm)	60 日龄(mm)	90 日龄(mm)	
白色	1036.67 \pm 33.75 ^a	5.43 \pm 0.25 ^a	8.42 \pm 0.24 ^a	16.17 \pm 0.43 ^a	0.27 \pm 0.04 ^a
紫色	807.67 \pm 32.89 ^b	4.04 \pm 0.21 ^b	7.76 \pm 0.23 ^b	16.14 \pm 0.47 ^a	0.26 \pm 0.04 ^a

3 讨论

3.1 不用发育时期形态性状对重量性状的影响

本实验中, 两壳内色四角蛤蜊壳长与活体重的相关系数均最大, 直接作用也最大(0.581, 0.556)是影响活体重的主要因素。这与闫喜武等(2011)对四角蛤蜊壳形态性状对重量性状的影响效果分析有所差异(壳宽的直接作用最大), 分析原因可能是本次实验是在 6 月进行, 此时四角蛤蜊处于放散期(笔者于此时成功催产并获得苗种), 而闫喜武等(2011)研究是在 4 月份, 四角蛤蜊性腺处于快速增殖期(已做切片研究, 待发表), 取样时间不同导致结果有所差异。这与一些学者的研究是一致的: 安丽等(2008)分析了“黄海 1 号”中国明对虾 5 月龄和 6 月龄形态性状对体质量的影响, 发现 5 月龄和 6 月龄影响体质量的主要性状并不完全相同; Huo 等(2010)在对菲律宾蛤仔壳形态性状对重量性状的影响效果分析中发现, 不同年龄菲律宾蛤仔影响重量性状的主要性状也不相同; 邱盛尧等(2006)对美洲帘蛤的年龄与生长的研究表明, 美洲帘蛤属均匀生长型, 体重的生长拐点在 2.15 龄处, 说明体重的生长情况在各年龄段不同; 张汉华等(1996)在对白沙湖四角蛤蜊繁殖期的研究中发现白沙湖四角蛤蜊的肥满度最低值出现在 5 月份, 繁殖盛期为 9—12 月, 间接说明不同时期四角蛤蜊的肥满度是不同的。

3.2 壳色对贝类生长发育的影响

Newkirk(1980)对贻贝的研究发现高温季节蓝色个体的生长速度比棕色个体快 10%—20%。Wolf 等(1991)对智利斑点扇贝的研究发现不同壳色的个体生长发育存在差异; 闫喜武等(2005, 2008b)对蛤仔研究发现不同壳色蛤仔生长存在显著差异, 其中斑马蛤具有较强的抗逆性, 珍珠白蛤生长速度较快; 郑怀平等(2003, 2008)通过建立杂交、自交、壳色家系, 发现不同壳色个体间存在生长、存活上的差异; 在养殖群体中, 棕色个体总是最大, 紫色个体总是最小; 王庆恒等(2008)建立了马氏珠母贝 4 个选育系, 发现 F₁ 代壳长和壳高生长存在差异; 张涛等(2009)对华贵栉孔扇贝的研究发现, 不同壳色在受精卵孵化率、幼虫存

活率、幼虫及稚贝生长等方面都存在显著差异。本研究发现不同壳色品系四角蛤蜊在不同时期生长与抗逆是不同的: 紫色品系在幼虫期表现出明显的生长优势($P < 0.01$), 抗逆性也比白色品系强, 主要表现在孵化率和变态率上。而稚贝期, 白色品系则表现出一定的生长优势(表 9), 但 2 个壳色品系的存活则无显著差异。90 日龄两者无论从壳长还是存活均无显著差异, 这与笔者的壳型比较结果一致, 即两者最终壳长无显著差异。但天然群体中紫色四角蛤蜊仅占 12.3%, 与其较强的抗逆性不符, 笔者认为由于其在天然群体中的比例很低, 精卵在水中的密度和受精机会远小于白色四角蛤蜊, 导致其比例并没有发生变化。而最终紫色四角蛤蜊的比例是否有增大的趋势, 有待于进一步研究。

3.3 壳色在贝类品种选育中的应用

杂交和选育是新品种培育的重要途径, 以壳色作为形态标记已广泛应用于贝类品种选育上。张国范等(2003)利用海湾扇贝壳色稳定遗传的原理, 以壳色为标记, 成功选育出国家级水产新品种“中科红”海湾扇贝。刘晓等(2003)通过“质量-数量性状协同选择”的育种模式成功培育出皱纹盘鲍“中国红”品系; 闫喜武等(2005, 2008b)在对菲律宾蛤仔研究中发现壳色这一质量性状可以稳定遗传给后代, 成功选育出菲律宾蛤仔“斑马蛤”、“两道红”等品系并首次通过群体杂交获得了世界上唯一的“红斑马”品系; 何毛贤(2006)选出了马氏珠母贝“南科珍珠红”品系; 王庆恒等(2008)建立了马氏珠母贝黑色、黄色、白色和红色 4 个选系 F₁ 代。郑怀平等(2003)通过自体受精的方式构建了不同壳色海湾扇贝自交家系。张涛等(2009)建立了华贵栉孔扇贝橙色、褐色、橙褐色三个不同群体。本研究通过个体间随机交配方式, 成功获得不同壳内色四角蛤蜊新品系, 为四角蛤蜊高产抗逆优良新品种提供了理论依据和基础材料。

参 考 文 献

- 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东等, 2008. 马氏珠母贝 4 个壳色选系 F₁ 幼虫的生长比较. 中国水产科学, 15(3): 488—492
朱东丽, 林志华, 董迎辉等, 2011. 文蛤(*Meretrix meretrix*)4 个

- 壳色花纹品系的遗传差异分析. 海洋与湖沼, 42(3): 374—379
- 刘 晓, 张国范, 赵洪恩, 2003. 皱纹盘鲍“中国红”品系的选育. 动物学杂志, 4: 27
- 刘贤德, 张国范, 2010. 皱纹盘鲍表型性状与肌肉重的相关与通径分析. 海洋科学, 34(4): 40—44
- 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—1517
- 闫喜武, 张国范, 杨 凤等, 2005. 菲律宾蛤仔莆田群体 2 个壳色品系生长发育的比较. 大连水产学院学报, 20(4): 266—269
- 闫喜武, 张跃环, 左江鹏等, 2008a. 北方沿海四角蛤蜊人工育苗技术的初步研究. 大连水产学院学报, 23(5): 348—352
- 闫喜武, 张跃环, 霍忠明等, 2008b. 不同壳色蛤仔品系间双列杂交的研究. 水产学报, 32(6): 864—875
- 安 丽, 刘 萍, 李 健, 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, 15(5): 779—786
- 邱盛尧, 吕振波, 魏振华等, 2006. 美洲帘蛤的年龄与生长. 水产学报, 30(3): 429—432
- 何毛贤, 2006. 马氏珠母贝红壳品系“南科珍珠红”的培育. 热带海洋学报, 25: 58
- 张 涛, 郑怀平, 孙泽伟等, 2009. 华贵栉孔扇贝不同壳色后代早期发育阶段性状比较. 中国农学通报, 25(23): 478—484
- 张汉华, 梁超愉, 李茂照等, 1996. 白沙湖四角蛤蜊的繁殖期及增养殖效果的研究. 南海研究与开发, 3: 52—55
- 张国范, 刘述锡, 刘 晓等, 2003. 海湾扇贝自交家系和自交效应. 中国水产科学, 10(6): 441—445
- 郑怀平, 许 飞, 张国范等, 2008. 海湾扇贝壳色与数量性状之间的关系. 海洋与湖沼, 39(4): 328—333
- 郑怀平, 张国范, 刘 晓等, 2003. 不同贝壳颜色海湾扇贝(*Argopecten irradians*)家系的建立及生长发育研究. 海洋与湖沼, 34(6): 632—639
- Huo Zhong-ming, Yan Xi-wu, Zhao Li-qiang *et al*, 2010. Effects of shell morphological traits on the weight traits of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*). Acta Ecologica Sinica, 30: 251—256
- Lee J Y, 1996. Study on the oxygen consumption of surfcalm *Mactra veneriformis* Reeve. Journal of the Korean Fisheries Society, 29(5): 614—619
- Nakamura Y, Hashizume K, Koyama K *et al*, 2005. Effect of salinity on sand burrowing activity, feeding and growth of the clams *Mactra veneriformis*, *Ruditapes philippinarum* and *Meretrix lusoria*. Journal of Shellfish Research, 24(4): 1053—1059
- Newkirk G F, 1980. Genetics of shell color in *Mytilus edulis* L. and the association of growth rate with shell color. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 47(1): 892—894
- Wolf M, Garrido J, 1991. Comparative study of growth and survival of two color morphs of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck) in suspended culture. Journal Shellfish Research, 10(1): 47—53

A PRELIMINARY STUDY ON PEDIGREE SELECTION OF *MACTRA VENERIFORMIS* WITH TWO INNER-SHELL COLORS

GUO Wen-Xue¹, YAN Xi-Wu¹, MA Gui-Fan¹, XIAO Lu-Yang¹, ZHANG Guo-Fan²

(1. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian, 116023;

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

Abstract The difference on morphological characters of *Mactra veneriformis* with two inner-shell colors and associated pedigrees selection were studied by using the method of path analysis and random mating among individuals. It was showed that the difference on morphological characters of *M. veneriformis* with two inner-shell colors was not significant ($P>0.05$) except for their colors. In both, the correlativity were all significant for all four characters ($P<0.01$), but the mean morphological characters that effect body weight were different. The correlation index (R^2) of morphological characters on live body weight were all larger than 0.85, which indicated that these characters were the key traits for body weight. There was no significant difference on D larvae and at days 3 between two pedigrees ($P>0.05$), but the shell length of purple pedigree was larger than the other ($P<0.01$) at days 6, 12 and 15. The difference on survival rate between two pedigrees was not significant ($P>0.05$), but the hatching rate and metamorphic rate of purple pedigree was higher than that of white pedigree ($P<0.01$). At nursing stage, the shell length of white pedigree was larger than that of purple pedigree ($P<0.01$). However, the variation between two pedigrees was decreased during the outdoor period, and it was no difference at days 90 finally. Accordingly, there was no significant difference on growth rate and survival rate at nursing and grown-out stages ($P>0.05$).

Key words *Mactra veneriformis*, Morphological characters, Pedigrees selection, Growth and development