

养殖条件下不同年龄背瘤丽蚌(*Lamprotula leai*) 数量性状的相关与通径分析*

张根芳¹ 张文府² 方爱萍³ 叶容晖¹ 楼昕宇⁴

(1. 金华职业技术学院 金华 321007; 2. 金华市九色珍珠研究所 金华 321017;
3. 金华市威旺养殖新技术有限公司 金华 321017; 4. 绍兴市第一中学 绍兴 312000)

摘要 随机选取养殖 2 龄、3 龄和 4 龄的背瘤丽蚌(*Lamprotula leai*)各 30 个, 分别测定壳长、壳高、壳宽、壳厚、活体重和壳重等数量性状参数并计算了各性状间的相关系数。应用 Duncan 法多重比较分析了不同年龄个体的形态差异, 以壳重为因变量, 其它数量性状为自变量进行多元回归和通径分析, 计算了对应的通径系数和决定系数, 并建立了最优回归方程。结果表明: 2 龄蚌和 3 龄、4 龄蚌之间在形态上具有显著差异; 不同年龄背瘤丽蚌各数量性状(2 龄蚌壳厚除外)与壳重均极显著相关($P < 0.01$); 通过对各年龄段各种性状对壳重的通径分析和决定系数分析, 发现活体重对壳重的通径系数分别为 0.900、0.902 和 0.923, 决定系数分别达到 0.81000、0.81360 和 0.85193, 是影响壳重最主要的性状。采用逐步回归法, 剔除偏回归系数不显著的性状, 建立了数量性状对壳重的最优回归方程。基于对壳重决定效应的大小, 活体重可作为背瘤丽蚌良种选育的目标性状。

关键词 背瘤丽蚌; 数量性状; 相关系数; 通径分析; 决定系数

中图分类号 S966.22+9 **doi:** 10.11693/hyhz20140600177

丽蚌壳作为优质珠核材料, 是珍珠产业的重要基础物资, 另外还可以用于加工纽扣及工艺品, 经济价值较高(刘月英等, 1979)。由于过度开发, 丽蚌资源已经到了濒临灭绝的境地(魏青山等, 1994)。背瘤丽蚌(*Lamprotula leai*)又称麻皮蚌, 隶属于软体动物门(Mollusca)、瓣鳃纲(Lamellibranchia)、真瓣鳃目(Eulamellibranchia)、蚌科(Unionidae)、丽蚌属(*Lamprotula*), 其贝壳是生产珠核的首选材料, 作为育珠蚌也具有很大的开发潜能。2004 年后, 在背瘤丽蚌繁殖和发育生物学研究的基础上, 初步实现了背瘤丽蚌的规模化人工育苗和人工养殖(张根芳等, 2009, 2010a, b)。针对重要经济性状的选择育种是进一步提高背瘤丽蚌养殖效益的重要途径, 从利用其贝壳生产珠核的角度出发, 壳重是开展选择育种的首要经济性状。

受数量性状遗传特点的影响, 贝类各数量性状之间存在遗传基础上的密切联系。通过相关分析和通径分析查明各数量性状之间的相互关系和各性状对重要经济性状的影响和决定程度等, 对选择育种具有重要的参考价值。本文对不同养殖年龄背瘤丽蚌壳长、壳高、壳宽、壳厚、活体重和壳重 6 个数量性状进行了测量, 采用通径分析方法分析了其它性状对壳重的影响程度, 并建立了回归方程, 旨在为背瘤丽蚌的良种选育提供有价值的性状选择信息和理想的测度指标。

1 材料与方法

1.1 材料

鄞阳湖野生背瘤丽蚌, 经金华市威旺养殖新技术有限公司驯养, 选用壳长 8cm 以上、闭壳肌关闭迅

*浙江省科技计划项目, 2012C32017 号; 金华市科技计划项目, 2011-2-007 号; 浙江省水产育种专项, 2012C12907-5 号。张根芳, 教授, E-mail: fishman666@163.com

收稿日期: 2013-10-29, 收修改稿日期: 2014-03-05

速、喷水有力的健康蚌做亲本进行人工育苗。采用小水池流水育苗和稚蚌培育(张根芳, 2005), 网箱养殖幼蚌, 2 龄后, 转入无土网箱养殖, 3 龄后转入网夹吊养。随机选取 2 龄、3 龄和 4 龄背瘤丽蚌各 30 只用于测量。

1.2 方法

1.2.1 数据测定 用 BS3102 电子天平(精确到 0.01g)称量背瘤丽蚌活体重(WB), LD-DC1502 电子数显游标卡尺(精确到 0.02mm)测量壳长(SL)、壳高(SH)、壳宽(SW)和壳厚(ST); 切断前后闭壳肌, 取出软体部, 将贝壳干燥后称量壳重(WS); 壳重比例=壳重(WS)/活体重(WB)。

1.2.2 分析方法 应用 IBM SPSS Statistics 21 软件对数据进行分析处理, 方差分析采用 One-way ANOVA, 多重比较采用 Duncan 法进行, 并对壳重进行通径分析, 计算决定系数。数量性状统计数据采用 $M \pm SD$ 表示。

壳重(y)的回归方程采用的线性模型为:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_ix_i \quad (1)$$

式中, y 为因变量, b_0 为常数项, b_i 为自变量, x_i 为对应的偏回归系数。偏回归系数 b_i 是有单位属性的, 无法直接进行比较, 因此对 b_i 的分子、分母分别除以 y 和 x_i 的标准差, 得 x_i 到因变量 y 的直接通径系数, 即通径系数为:

$$P_{y,x_i} = b_i \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_y} \quad (2)$$

各性状之间的相关系数计算公式为:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

由通径分析理论可知, 任一自变量 x_i 与因变量 y 之间的简单相关系数(r_{xy}) = x_i 与 y 之间的直接通径系数(P_{y,x_i}) + 所有 x_i 与 y 的间接通径系数; 任一自变量 x_i 对 y 的间接通径系数 = 相关系数(r_{ij}) × 通径系数($P_{j,y}$)。可以分别表示为:

$$r_{xy} = P_{y,x_i} + \sum P_{x_ix_j} (i \neq j) \quad (4)$$

$$P_{x_ix_j} = r_{ij} P_{j,y} (i \neq j) \quad (5)$$

决定系数(determination coefficient)是表示原因变量对结果变量的相对决定程度的系数, 通常用字母 d 表示, 由通径系数的平方算得, 因此也有直接决定系数和间接决定系数之分。容易推导出其计算公式分别是:

$$\text{总的决定系数: } R = r_{ij}^2 \quad (6)$$

$$\text{直接决定系数: } d_i = P_{i,y}^2 \quad (7)$$

$$\text{间接决定系数: } d_{ij} = 2r_{ij} P_{i,y} P_{j,y} \quad (8)$$

2 结果与分析

2.1 各数量性状估计值及壳重比例

不同养殖年龄背瘤丽蚌各数量性状的表型参数估计值和壳重比例如表 1 所示。由表中数据可知, 在养殖条件下背瘤丽蚌生长速度非常快, 4 龄时的壳长均值就可达到(110.13 ± 7.47)mm, 壳重达(211.20 ± 35.61)g。3 龄背瘤丽蚌的壳重比 2 龄蚌增长了 8.5 倍, 壳重比例也增加到 73.73%, 比 2 龄蚌上升了 7.75%; 4 龄蚌的壳重虽然比 3 龄蚌增长 54.4%, 但是壳重比例却下降了 1.18%。从变异系数来看, 不管处在哪一年龄阶段重量性状(活体重和壳重)的变异系数均最大, 最高可达到 19.01%。数量性状变异系数的大小是选择育种的重要参考依据, 变异越大, 选择的潜力也越大, 开展选择育种的价值也越高。

表 1 背瘤丽蚌各数量性状的表型统计量及壳重比例
Tab.1 The average of each quantitative trait of *L. leai* and the shell weight to body weight ratio

规格	参数	壳长 S_L (mm)	壳高 S_H (mm)	壳宽 S_W (mm)	壳厚 S_T (mm)	活体重 W_B (g)	壳重 W_S (g)	壳重比例 (%)
2 龄蚌	平均数	50.40	28.90	19.33	3.10	19.88	13.07	65.88
	标准差	2.33	1.52	1.47	0.37	3.34	2.15	4.28
	变异系数%	4.62	5.25	7.60	11.79	16.81	16.43	6.49
3 龄蚌	平均数	97.07	49.47	40.70	8.86	188.67	139.00	73.73
	标准差	6.68	3.25	3.43	1.07	35.60	26.43	3.68
	变异系数%	6.88	6.56	8.42	12.10	18.87	19.01	4.98
4 龄蚌	平均数	110.13	58.23	46.63	10.52	291.33	211.20	72.55
	标准差	7.47	3.69	3.47	0.90	49.18	35.61	2.66
	变异系数%	6.78	6.34	7.44	8.56	16.88	16.86	3.67

2.2 不同年龄背瘤丽蚌形态特征的差异

不同年龄背瘤丽蚌壳高与壳长(SH/SL)、壳宽与壳长(SW/SL)以及壳宽与壳高(SW/SH)的比值见表 2。2 龄蚌的 SH/SL 显著高于另外两者($P<0.01$), 3 龄蚌与 4 龄蚌之间也具有显著性差异($P<0.05$); 3 龄蚌、4 龄蚌的 SW/SL 显著高于 2 龄蚌($P<0.01$), 3 龄蚌与 4 龄蚌之间差异不显著($P>0.05$); 3 龄蚌、4 龄蚌的 SW/SH 显著高于 2 龄蚌($P<0.01$), 3 龄蚌与 4 龄蚌之间差异不显著($P>0.05$)。综合分析认为: 2 龄背瘤丽蚌的壳宽较小形态特征偏向于扁平型, 而 3 龄蚌和 4 龄蚌的壳宽隆起, 几乎与壳高相等, 形态特征偏向于圆型。

2.3 各性状间的相关系数

由于遗传和环境的影响, 背瘤丽蚌的各数量性

状不仅与壳重之间存在不同程度的相关, 而且它们彼此间也存在着相关。由表 3 可知, 除壳厚以外, 2 龄背瘤丽蚌的各数量性状与壳重之间的相关系数均达到了极显著水平($P<0.01$); 3 龄和 4 龄蚌的各数量性状与壳重之间的相关系数均达到了极显著水平($P<0.01$)。三个年龄段的活体重与壳重的相关性均为最大(0.908、0.960、0.953), 在 2 龄和 3 龄蚌中其次是壳宽(0.760、0.790), 而在 4 龄蚌中其次是壳长(0.750)。某数量性状与壳重间的相关表示的是该性状对壳重的总影响, 其中还包含其它变量的间接影响, 因而不能仅以相关程度来确定变量的重要性, 还要通过通径分析揭示各数量性状对壳重的效应机理, 有必要对这种相关关系作进一步分解。

表 2 不同年龄背瘤丽蚌形态特征参数的 Duncan 多重比较
Tab.2 Duncan multiple comparison of morphological parameters for different-aged *L. leai*

规格	样本量	SH/SL	SW/SL	SW/SH
2 龄蚌	30	0.574±0.023 ^a	0.384±0.021 ^b	0.669±0.042 ^b
3 龄蚌	30	0.511±0.031 ^c	0.420±0.034 ^a	0.824±0.056 ^a
4 龄蚌	30	0.530±0.034 ^b	0.424±0.031 ^a	0.802±0.051 ^a

同一列中标有相同字母的差异不显著($P>0.05$)

表 3 背瘤丽蚌各数量性状间的表型相关系数
Tab.3 The phenotypic correlation coefficient between quantitative trait pairs of *L. leai*

规格	性状	SH	SW	ST	WB	WS
2 龄蚌	SL	0.656**	0.695**	0.029	0.762**	0.699**
	SH		0.572**	0.039	0.687**	0.570**
	SW			0.042	0.778**	0.760**
	ST				0.183	0.105
	WB					0.908**
3 龄蚌	SL	0.603**	0.450*	0.184	0.730**	0.666**
	SH		0.612**	0.171	0.641**	0.605**
	SW			0.494**	0.817**	0.790**
	ST				0.553**	0.624**
	WB					0.960**
4 龄蚌	SL	0.534**	0.504**	0.393*	0.826**	0.750**
	SH		0.599**	0.193	0.665**	0.631**
	SW			0.594**	0.783**	0.747**
	ST				0.612**	0.693**
	WB					0.953**

*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关, **表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关

2.4 各性状对壳重的通径分析

根据相关系数的组成效应, 可将各数量性状与壳重的相关系数剖分为各性状的直接作用 P_i (即通径)和各性状通过其它性状的间接影响两部分, 如公式(4), 剖分结果见表 4。因为, 2 龄蚌的壳厚与壳重无相

关性, 故在通径分析中予以剔除。由表 4 可知, 2 龄、3 龄和 4 龄背瘤丽蚌的活体重对壳重的直接作用都最大, 直接作用大于间接作用, 是影响壳重的最主要因素; 而壳长、壳高、壳宽、壳厚(3 龄和 4 龄蚌)对壳重的间接作用大于各自的直接作用, 而这种间接作

表 4 背瘤丽蚌各数量性状对壳重的影响
Tab.4 The effects of quantitative traits on the shell weight of *L. leai*

规格	性状	相关系数 r_{ij}	直接作用 P_i	间接影响 $r_{ij} P_j$					
				Σ	通过 SL	通过 SH	通过 SW	通过 ST	通过 WB
2 龄蚌	SL	0.699**	-0.033	0.717	0	-0.075	0.106	—	0.686
	SH	0.570**	-0.114	0.684	-0.022	0	0.087	—	0.618
	SW	0.760**	0.152	0.612	-0.023	-0.065	0	—	0.700
	WB	0.908**	0.900**	0.015	-0.025	-0.078	0.118	—	0
3 龄蚌	SL	0.666**	-0.028	0.694	0	0.021	-0.01	0.025	0.658
	SH	0.605**	0.035	0.571	-0.017	0	-0.014	0.023	0.578
	SW	0.790**	-0.023	0.813	-0.013	0.021	0	0.068	0.737
	ST	0.624**	0.137	0.488	-0.005	0.006	-0.011	0	0.499
	WB	0.960**	0.902**	0.059	-0.020	0.022	-0.019	0.076	0
4 龄蚌	SL	0.750**	-0.086	0.837	0	0.048	-0.055	0.083	0.762
	SH	0.631**	0.089	0.543	-0.046	0	-0.066	0.041	0.614
	SW	0.747**	-0.110	0.858	-0.043	0.053	0	0.125	0.723
	ST	0.693**	0.211*	0.483	-0.034	0.017	-0.065	0	0.565
	WB	0.953**	0.923**	0.031	-0.071	0.059	-0.086	0.129	0

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

用效应主要是通过影响体重而产生的;壳长、壳高和壳宽等体尺性状在大多数时候对壳重起负向作用影响。由此可见,活体重可以作为间接选择壳重的一个指标;在控制其它性状的情况下,体尺性状尽量向小的方向选择对提高壳重有利。

2.5 各性状对壳重的决定程度分析

决定系数是表示一个自变量对因变量的决定程度,某一性状作用的大小主要由决定系数的大小来决定。根据单个性状对壳重的决定系数计算公式(公

式 7)和两个性状对壳重的共同决定系数计算公式(公式 8),计算出各形态性状以及它们协同对壳重的决定系数见表 5。表中对角线上给出了每个数量性状单独对壳重的决定系数,对角线以上给出间接决定系数。在所有性状中,活体重对壳重的直接决定程度最大(81.00%, 81.36%, 85.19%);2 龄蚌的壳宽通过体重对壳重的间接决定程度最大(21.29%),3 龄和 4 龄蚌的壳厚通过体重对壳重的间接决定程度最大(13.67%, 23.84%)。

表 5 背瘤丽蚌各数量性状对壳重的决定系数
Tab.5 The determination coefficients of quantitative traits on the shell weight of *L. leai*

规格	性状	SL	SH	SW	ST	WB
2 龄蚌	SL	0.00109	0.00494	-0.00697	—	-0.04526
	SH		0.01300	-0.01982	—	-0.14097
	SW			0.02310	—	0.21286
	WB				—	0.81000
3 龄蚌	SL	0.00078	-0.00118	0.00058	-0.00141	-0.03687
	SH		0.00123	-0.00099	0.00164	0.04047
	SW			0.00053	-0.00311	-0.03390
	ST				0.01877	0.13667
	WB					0.81360
4 龄蚌	SL	0.00740	-0.00817	0.00954	-0.01426	-0.13113
	SH		0.00792	-0.01173	0.00725	0.10926
	SW			0.01210	-0.02757	-0.15900
	ST				0.04452	0.23838
	WB					0.85193

2.6 最优回归方程的建立

经多元回归关系的显著性检验, 2 龄、3 龄和 4 龄背瘤丽蚌壳长(x_1)、壳高(x_2)、壳宽(x_3)、壳厚(x_4)和体重(x_5)对壳重(y)的回归关系均达到极显著水平($P<0.01$), 可建立多元回归方程为:

$$\begin{aligned} y_{2\text{ 龄}} &= 3.660 - 0.031x_1 - 0.162x_2 + 0.222x_3 + 0.568x_5 \\ y_{3\text{ 龄}} &= -13.222 - 0.110x_1 + 0.283x_2 - 0.179x_3 + 3.370x_4 + 0.669x_5 \\ y_{4\text{ 龄}} &= -23.104 - 0.410x_1 + 0.858x_2 - 1.131x_3 + 8.332x_4 + 0.668x_5 \end{aligned}$$

对各数量性状偏回归系数的显著性检验结果如表 6 所示。检验结果显示, 部分偏回归系数不显著

($P>0.05$), 没有明显的分析意义。通过逐步回归剔除部分偏回归系数不显著的性状, 建立数量性状对壳重的最优回归方程为:

$$\begin{aligned} y_{2\text{ 龄}} &= 1.564 + 0.577x_5 \\ y_{3\text{ 龄}} &= -14.552 + 3.324x_4 + 0.658x_5 \\ y_{4\text{ 龄}} &= -40.267 + 6.943x_4 + 0.612x_5 \end{aligned}$$

经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显著水平($P<0.05$)。经回归预测, 由上述 3 个回归方程计算所得的估计值与观测值差异不显著($P>0.05$)。

表 6 背瘤丽蚌各数量性状的偏回归系数检验
Tab.6 The test of partial regression coefficients for quantitative traits of *L. leai*

规格	参数	常量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
2 龄蚌	偏回归系数	3.660	-0.031	-0.162	0.222	—	0.568
	t 值	0.685	-0.252	-1.027	1.200	—	5.892
	显著性 Sig.	0.500	0.803	0.314	0.242	—	0.000**
3 龄蚌	偏回归系数	-13.222	-0.110	0.283	-0.179	3.370	0.669
	t 值	-0.309	-0.302	0.460	-0.227	1.984	6.301
	显著性 Sig.	0.760	0.765	0.650	0.823	0.059	0.000**
4 龄蚌	偏回归系数	-23.104	-0.410	0.858	-1.131	8.332	0.668
	t 值	-0.333	-0.837	1.141	-1.150	2.779	5.829
	显著性 Sig.	0.742	0.411	0.265	0.261	0.010**	0.000**

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

3 讨论

3.1 养殖条件下背瘤丽蚌的生长

一般认为背瘤丽蚌生长缓慢, 人工养殖经济效益不高。凌高等(2005)对鄱阳湖野生种群的调查显示, 自然条件下生长的 2 龄背瘤丽蚌壳长仅为 32mm, 17 龄的个体壳长为 101mm, 野生背瘤丽蚌最大年龄应该在 18 龄, 其壳长的最大理论长度为 108.36mm。在本研究中, 人工养殖条件下背瘤丽蚌 2 龄蚌的壳长就可以达到(50.40±2.33)mm, 约为同龄野生蚌的 2 倍, 4 龄蚌壳长可以达到(110.13±7.47)mm, 已达到了野生状态壳长生长的极限。有研究表明污损生物附着、食物条件、水流和水温等方面的差异都可导致不同水层养殖贝类生长表现出差异(高吉华等, 2007)。本研究将背瘤丽蚌吊养于 25—30cm 的水层, 改变了野生背瘤丽蚌原本的底栖生活环境, 阳光充足, 饵料丰富, 生长速度快, 经济效益有保障。

3.2 不同年龄阶段其它数量性状对壳重的影响

凌高等(2005)对鄱阳湖野生背瘤丽蚌壳长、壳宽、壳高、体重和软体组织重之间相互关系的研究表

明, 其壳长、壳宽、壳高之间呈线性关系; 而壳长、体重、软体组织重和壳重之间呈明显的幂函数关系。本研究结果表明, 除 2 龄蚌的壳厚外所考察各数量性状均与壳重之间存在极显著的表型相关关系($P<0.01$), 说明它们与壳重之间存在较强的相互影响(相关系数大于 0.500), 这与对其它贝类的研究结果相一致。但是, 简单的表型相关并不能很好地反映性状间的本质关系(Yücel, 2004), 进一步的通径分析则明确了其它性状对壳重的直接影响。通径分析方法已经在水产贝类育种上得到了广泛应用。刘小林等(2002)对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)贝壳尺寸性状对活体重的影响效果进行了分析; 郑怀平等(2009)和刘志刚等(2009)对华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*)产量及闭壳肌大小进行了通径分析; 王辉等(2007)分析了南海毛蚶(*Scapharca subcrenata*)形态特征对体重影响; 常亚青等(2008)和孙秀俊等(2008)对虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)活体质量分别进行了研究; 其它贝类如马氏珠母贝(*Pinctada maxima*) (邓岳文等, 2007; 刘志刚等, 2007)、三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*) (闻海波等, 2012)、香港巨牡蛎(*Crassostrea hongkongensis*) (肖述

等, 2011)、海湾扇贝(*Argopecten irradians*) (李朝霞等, 2009)、紫石房蛤(*Saxidomus purpuratus*) (黎筠等, 2008)、四角蛤蜊(*Mactra veneriformis*) (闫喜武等, 2011)和青蛤(*Cyclina sinensis*) (高玮玮等, 2009)也有相关的报道。

通径分析结果进一步表明, 无论处于哪一年龄段, 活体重都是影响壳重的最主要因素(通径系数为 0.900, 0.960, 0.953); 而壳长、壳高、壳宽和壳厚对壳重的影响作用较小, 甚至有些性状对壳重的增加起负作用(2 龄蚌的壳长与壳高, 3 龄蚌的壳长与壳宽, 4 龄蚌的壳长与壳宽)。各数量性状在不同年龄段所起的作用也不尽相同, 壳厚在 4 龄蚌中对壳重的影响显著($P < 0.05$), 而在 2 龄和 3 龄蚌中的影响不显著($P > 0.05$); 壳高在 2 龄蚌中对壳重起负作用(-0.114), 而在 3 龄和 4 龄蚌中起正作用(0.035, 0.089); 壳宽在 2 龄蚌中对壳重起正作用(0.152), 而在 3 龄和 4 龄蚌中起负作用(-0.023 , -0.110)。在选用不同年龄背瘤丽蚌作为繁殖亲本时, 以上研究结果可作为调整育种策略和选择性状的依据。

3.3 活体重可作为选育的目标性状

背瘤丽蚌贝壳是生产珠核的首选材料, 壳重是最重要的经济性性状。但是在进行良种选育时壳重无法直接测量(测量壳重需要将蚌杀死), 只能通过其它性状进行间接选择。本研究通过对不同年龄段背瘤丽蚌各性状对壳重的决定系数分析, 结果显示所有考察性状总决定系数为: 2 龄蚌 $R^2 = \sum d = 0.849$, 3 龄蚌 $R^2 = \sum d = 0.936$, 4 龄蚌 $R^2 = \sum d = 0.935$, 都接近于 1, 而其它未考察影响因素对壳重的影响较小(分别为 0.151, 0.064, 0.065)。刘小林等(2002, 2004)认为在表型相关分析的基础上, 进行通径系数分析和决定系数分析时, 只有当相关指数 R^2 或各自变量对因变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总和 $\sum d$ (在数值上 $R^2 = \sum d$) 大于或等于 0.85(即 85%)时, 才能表明影响因变量的主要自变量已经找到。本研究发现活体重对壳重的决定程度明显高于其它性状, 是影响背瘤丽蚌壳重的主要数量性状, 在背瘤丽蚌良种选育的过程中可将其作为选育目标性状。

参 考 文 献

王 辉, 刘志刚, 符世伟, 2007. 南海毛蚶形态特征对体重的相关分析. 热带海洋学报, 26(6): 59—61
 邓岳文, 张善发, 符 韶等, 2007. 马氏珠母贝黄壳色选系 F_1 和养殖群体形态性状比较. 广东海洋大学学报, 27(6): 77—81

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
 刘月英, 张文珍, 王跃先等, 1979. 中国经济动物志——淡水软体动物. 北京: 科学出版社, 68—132
 刘志刚, 王 辉, 孙小真等, 2007. 马氏珠母贝经济性状对体重决定效应分析. 广东海洋大学学报, 27(4): 15—21
 刘志刚, 章启忠, 王 辉, 2009. 华贵栉孔扇贝主要经济性状对闭壳肌重的影响效果分析. 热带海洋学报, 28(1): 61—66
 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
 孙秀俊, 杨爱国, 刘志鸿等, 2008. 两种壳色虾夷扇贝的形态学指标比较分析. 安徽农业科学, 36(23): 10008—10010, 10160
 李朝霞, 王春德, 2009. 海湾扇贝自交与杂交子代的生长比较和通径分析. 中国农学通报, 25(08): 282—285
 肖 述, 符政君, 喻子牛, 2011. 香港巨牡蛎雌雄群体的数量性状通径分析. 南方水产科学, 7(4): 1—9
 张根芳, 2005. 河蚌育珠学. 北京: 中国农业出版社, 60—65
 张根芳, 许式见, 方爱萍, 2009. 背瘤丽蚌胚胎发育的初步研究. 动物学杂志, 2009, 44(4): 96—101
 张根芳, 许式见, 方爱萍, 2010a. 背瘤丽蚌钩介幼虫寄生变态发育和有效积温的研究. 淡水渔业, 40(03): 18—22
 张根芳, 许式见, 方爱萍, 2010b. 背瘤丽蚌稚蚌的生长与发育. 动物学杂志, 45(5): 105—110
 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
 闻海波, 顾若波, 曹哲明等, 2012. 3 个地理种群三角帆蚌育珠相关性状比较及壳重的通径分析. 上海海洋大学学报, 21(2): 161—166
 凌 高, 吴小平, 欧阳珊等, 2005. 背瘤丽蚌(*Lamprotula leai* Gray, 1835)的年龄与生长. 南昌大学学报(理科版), 29(5): 497—499
 高吉华, 王伟良, 王 岩等, 2007. 吊养在池塘不同水层中的三角帆蚌的存活和生长. 淡水渔业, 37(4): 61—64
 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
 常亚青, 张存善, 曹学彬等, 2008. 1 龄虾夷扇贝形态性状对重里性状的影响效果分析. 大连水产学院学报, 23(5): 330—334
 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
 魏青山, 王玉凤, 1994. 论丽蚌资源的保护与增殖. 水产科技情报, 21(1): 38—39
 Yücel C, 2004. Correlation and path coefficient analyses of seed yield components in the narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28(5): 371—376

CORRELATION AND PATH ANALYSIS OF QUANTITATIVE TRAITS OF DIFFERENT-AGE *LAMPROTULA LEAI* IN ARTIFICIAL BREEDING

ZHANG Gen-Fang¹, ZHANG Wen-Fu², FANG Ai-Ping³, YE Rong-Hui¹, LOU Xin-Yu⁴

(1. Jinhua Polytechnic, Jinhua 321007, China; 2. Jinhua Jewel Pearl Institute, Jinhua 321017, China; 3. Jinhua Wellwant New Aquaculture Te. Co., Ltd., Jinhua 321017, China; 4. Shaoxing First Middle School, Shaoxing 312000, China)

Abstract To study the correlation between quantitative traits and shell weight, 30 individuals of cultured *Lamprotula leai* in each group of two-, three-, and four-year-old ones were sampled randomly. Six quantitative traits were measured, including the length, height, width, and thickness of shell, body weight, and shell weight. The data were statistically processed by Duncan multiple comparisons, correlation analysis, path analysis, and stepwise regression analysis. Results show that differences in morphology among group was significant ($P < 0.05$). Pearson correlations between quantitative traits (except for the shell thickness of the two-year old mussel) and shell weight reached highly significant levels ($P < 0.01$) at all ages. Path and coefficient analyses on traits effect on shell weight showed that the path coefficient of the 3 age groups were 0.900, 0.902, and 0.923, and the determination coefficients reached 0.81000, 0.81360, and 0.85193, respectively. Multiple regression equations were established in age-specific manner. We proposed that the shell weight is the target trait for selective breeding of *L. leai*.

Key words *Lamprotula leai*; quantitative trait; correlation coefficient; path analysis; determination coefficient