

广西北部湾海域不同月龄施氏獭蛤 (*Lutraria sieboldii*)形态性状 对体质量的相关性和 通径分析

吴 韬^{1,2,3*}, 徐炳杰^{1,2}, 刘一鸣^{1,2}, 连昌朋^{1,2}, 王超奇^{1,2}, 李胜永^{1,2}, 杨 凌^{1,2},
潘 英^{1,2,3#}

¹广西大学, 动物科学技术学院, 广西 南宁

²广西高校水生生物健康养殖与营养调控重点实验室, 广西 南宁

³广西阿蚌丁海产科技有限公司, 广西 钦州

收稿日期: 2023年2月27日; 录用日期: 2023年3月19日; 发布日期: 2023年3月29日

摘 要

为确定不同月龄施氏獭蛤形态性状与体质量之间的关系, 随机选取施氏獭蛤3月龄(13.83 ± 4.25 mm)、6月龄(33.21 ± 4.53 mm)各200个样本和24月龄(94.17 ± 8.50 mm) 98个样本, 采用多元回归分析和通径分析研究对体质量的影响。使用偏相关性检验和方差膨胀系数排除对体质量影响不显著的性状和存在多元共线性的性状, 采用逐步回归的方法分别构建施氏獭蛤3月龄、6月龄和24月龄体质量的线性回归方程。回归分析结果显示, 除24月龄贝壳高外, 各月龄贝表型性状均显著或极显著影响体质量。通径分析结果显示, 壳长对3月龄稚贝和24月龄贝体质量影响最大, 壳宽对6月龄贝体质量影响最大, 各月龄贝的总决定系数(R^2)均大于0.85。不同月龄施氏獭蛤形态性状对体质量的回归方程如下, 3月龄贝: $W_3 = -0.744 + 0.027SH$, $R^2 = 0.916$; 6月龄贝: $W_6 = -9.217 + 0.185SL + 0.128SH + 0.535SW$, $R^2 = 0.853$; 24月龄贝: $W_{24} = -212.727 + 1.872SL + 2.748SW$, $R^2 = 0.850$ 。广西北部湾海域施氏獭蛤不同月龄各形态性状对体质量影响不同, 以施氏獭蛤体质量为选育目标时, 3月龄贝应以壳高为选择性状, 6月龄贝以壳宽为主选择性状同时兼顾壳高, 24月龄贝以壳长为主选择性状, 壳宽为辅助选择性状。研究结果为广西北部湾海域施氏獭蛤苗种培育和亲贝挑选提供了基础的资料。

关键词

施氏獭蛤, 通径分析, 多元回归分析

*第一作者。

#通讯作者。

Correlation and Path Analysis of Morphological Characters of *Lutraria sieboldii* at Different Months of Age on Body Mass in Beibu Gulf of Guangxi

Tao Wu^{1,2,3*}, Bingjie Xu^{1,2}, Yiming Liu^{1,2}, Changpeng Lian^{1,2}, Chaoqi Wang^{1,2}, Shengyong Li^{1,2}, Ling Yang^{1,2}, Ying Pan^{1,2,3#}

¹College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning Guangxi

²Key Laboratory of Aquatic Healthy Breeding and Nutrition Regulation of Guangxi University, Nanning Guangxi

³A Bang-Ding Marine Technology Co., Ltd., Qinzhou Guangxi

Received: Feb. 27th, 2023; accepted: Mar. 19th, 2023; published: Mar. 29th, 2023

Abstract

To understand the relationship between morphological traits and body weight in different months of age, we randomly selected 200 samples at 3 months (13.83 ± 4.25 mm), 200 samples at 6 months (33.21 ± 4.53 mm) and 98 samples at 24 months (94.17 ± 8.50 mm) to study the effects of multiple regression analysis and path analysis on body weight. Partial correlation test and variance expansion coefficient were used to exclude the characters with no significant effect on body weight and the characters with multiple collinearity. The linear regression equations of the body weight of *L. sieboldii* at 3 months, 6 months and 24 months were constructed by stepwise regression method. The results of regression analysis showed that the phenotypic traits of seashells at each month old had significant or extremely significant effects on body weight except the height of seashells at 24 months old. The results of path analysis showed that shell length had the greatest effect on the body weight of 3-month-old juveniles and 24-month-old juveniles, while shell width had the greatest effect on the body weight of 6-month-old juveniles. The total coefficient of determination (R^2) of each month was greater than 0.85. The regression equation of morphological traits on body weight of *L. sieboldii* at different months of age was as follows: $W_3 = -0.744 + 0.027SH$, $R^2 = 0.916$; 6-month-old shellfish: $W_6 = -9.217 + 0.185SL + 0.128SH + 0.535SW$, $R^2 = 0.853$; 24-month-old shellfish: $W_{24} = -212.727 + 1.872SL + 2.748SW$, $R^2 = 0.850$. Guangxi beibu gulf *L. sieboldii* different months each morphological characters influence on body quality is different, *L. sieboldii* body quality breeding goal, Shell height should be selected for 3-month-old shellfish. Shell width was the main selection trait of 6 month old shellfish, while shell height was also considered. Shell length was the main selection trait and shell width was the auxiliary selection trait in 24-month-old shellfish. The results provided basic data for the breeding and selection of parental shells in Beibu Gulf of Guangxi.

Keywords

Lutraria sieboldii, Path Analysis, Multiple Regression Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*)俗称象鼻螺, 隶属瓣鳃纲(Lamellibranchia)、异齿亚纲(Heterodonta)、帘蛤目(Veneroida)、蛤蜊总科(Mactracea)、蛤蜊科(Mactridae)、獭蛤属(*Lutraria*) [1], 主要分布在中国北部湾海域[2]。该贝经济价值高, 养殖规模较小, 具有较大的养殖潜力[3]。目前国内外对施氏獭蛤的研究较少, 主要集中在人工增养殖[3]-[8]、营养成分分析[9]、生长和发育过程研究[10] [11] [12] [13]、遗传和育种研究等方面[14] [15] [16], 国外研究仅见种质资源调查[17]和壳成分分析[18], 但关于影响不同月龄施氏獭蛤体质量的分析尚未见报道。

在贝类选择中, 通常将体质量等经济指标作为重要指标[19], 而壳形态作为重要的可遗传性状, 与这些重要的经济指标紧密相关。施氏獭蛤苗种壳长达到 0.81~0.83 mm 时, 转为底栖生活, 具有微弱的潜沙能力, 经过中间培育后壳长达 2.50 mm 左右具有完全的潜沙能力[11], 可转入自然海区底播养殖。施氏獭蛤生物学寿命最长为 4 年, 24 月龄贝平均体重月增长和年增长最快[8], 生产上常将 24 月龄贝选为亲贝[6]。本研究选用同一批人工培育的施氏獭蛤苗种, 在培养至 3 月龄、6 月龄和 24 月龄时分别取样, 对其数量性状与体质量进行途径分析, 旨在找到影响不同月龄, 不同生长阶段施氏獭蛤体质量的主要因素, 为施氏獭蛤稚贝、苗种中间培育和亲贝的挑选提供一定的参考。

2. 材料与方法

2.1. 样品来源

施氏獭蛤苗种购自广东湛江雷州市, 在室内过渡期培育后, 移入广西北海营盘海区进行海区中间培育和海区养成。2020 年 4 月和 7 月在广西防城港富群虾苗场和广西北海营盘海区随机采集 3 月龄(13.83 ± 4.25 mm)和 6 月龄(33.21 ± 4.53 mm)施氏獭蛤 200 粒, 测量壳长、壳高、壳宽和体质量。2022 年 1 月在广西北海营盘海区随机采集 24 月龄(94.17 ± 8.50 mm)施氏獭蛤生长群体 98 只测量壳长、壳高、壳宽和体质量。

2.2. 数据分析方法

采用部分相关性及偏相关性分析计算相关系数, 使用共线性统计检验形态性状间是否存在多重共线性现象, 排除产生多重共线性的形态性状。

参考张雷雷等[20]方法, 计算各形态性状与体质量的相关系数。参考马雄威[21]方法, 利用方差膨胀因子检验自变量间是否存在多重共线性现象, 排除导致出现多重共线性的形态性状后, 建立形态性状估算体质量的最优回归方程。

多元线性回归方程模型

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i \quad (1)$$

y 为质量性状, x_i 为各表型性状的偏回归系数。

直接决定系数公式

$$d_i = P_i^2 \quad (2)$$

P_i 为通径系数。

间接决定系数公式

$$d_{ij} = 2r_{ij} P_i P_j \quad (3)$$

r_{ij} 为各形态性状对体质量的相关系数, P_i 、 P_j 为形态性状 x_i 对体质量的标准化系数。

各形态性状对体质量的通径系数计算公式

$$r_{ij} = P_i + \sum r_{ij}P_j \tag{4}$$

r_{ij} 为表型性状对体质量的相关系数, P_i 直接途径系数, $\sum r_{ij}P_j$ 为间接途径系数之和。
总决定系数计算公式

$$R^2 = P_i r_{.xy} \tag{5}$$

$r_{.xy}$ 为形态性状与体质量的 Pearson 系数。

方差膨胀系数

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} (j = 1, 2, 3, 4, \dots, i) \tag{6}$$

R_i^2 是形态性状对体质量的总决定系数, VIF_i 的倒数 TOL_i 也称为容限。

3. 结果与分析

3.1. 各性状测定分析

不同月龄施氏獭蛤生物学性状测量结果如图 1 和表 1 所示, 从壳尺寸和体质量来看, 施氏獭蛤经过 2 年养殖可达上市规模。体质量的变异系数是各形态性状的 2.58~2.77 倍, 说明体质量的选育潜力更大。其中 3 月龄贝体质量变异系数为(86.0%), 6 月龄(38.0%)和 24 月龄贝(31.0%), 随着养殖月份的增加, 变异系数逐渐减小。

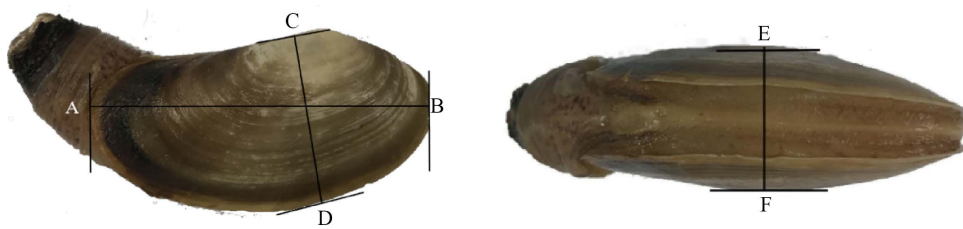


Figure 1. Measurement sites of *Lutrariasieboldii* shell morphological traits. The distance of d_{AB} is shell length, d_{CD} is shell height, d_{EF} is shell width

图 1. 施氏獭蛤壳形态性状测量位点。 d_{AB} 为壳长, d_{CD} 为壳高, d_{EF} 为壳宽

Table 1. Statistics of phenotypic characters and body weight of *L. sieboldii*

表 1. 施氏獭蛤表型性状和体质量的统计

月龄 Month age	参数 Parameter	壳长 SL/mm	壳高 SH/mm	壳宽 SW/mm	体质量 Body weight/g
3	平均值 ± 标准差 mean ± SD	13.830 ± 4.250	7.700 ± 2.130	4.790 ± 1.460	0.420 ± 0.360
	变异系数 % coefficient of variation	0.310	0.280	0.300	0.860
6	平均值 ± 标准差 mean ± SD	33.210 ± 4.530	17.340 ± 2.080	11.500 ± 1.620	5.300 ± 1.990
	变异系数 % coefficient of variation	0.140	0.120	0.140	0.380
24	平均值 ± 标准差 mean ± SD	94.170 ± 8.500	46.030 ± 3.940	31.970 ± 3.760	99.050 ± 30.830
	变异系数 % coefficient of variation	0.090	0.090	0.120	0.310

3.2. 各性状间的相关性分析

不同月龄施氏獭蛤各性状相关系数即 Pearson 相关系数结果如表 2 所示。施氏獭蛤各形态性状不仅影响体质量, 各形态性状间也相互影响。壳长对 3 个不同月龄贝体质量影响最大(0.951、0.874、0.896), 其次是壳宽(0.931、0.869、0.838)和壳高(0.929、0.817、0.936)。3 个不同月龄贝各性状间的相关系数均呈极显著正相关($P < 0.01$), 可以判断实验所选的形态性状对体质量的影响分析有意义。

Table 2. Correlation coefficients of various characters of *L. sieboldii*

表 2. 施氏獭蛤各性状相关系数

月龄 Month age	性状 Trait	体质量 Body weight /g	壳长 SL/mm	壳高 SH/mm	壳宽 SW/mm
3	体质量 WB	1.000	0.951**	0.929**	0.931**
	壳长 SL		1.000	0.965**	0.945**
	壳高 SH			1.000	0.913**
	壳宽 SW				1.000
6	体质量 WB	1.000	0.874**	0.817**	0.869**
	壳长 SL		1.000	0.829**	0.787**
	壳高 SH			1.000	0.769**
	壳宽 SW				1.000
24	体质量 WB	1.000	0.896**	0.836**	0.838**
	壳长 SL		1.000	0.884**	0.786**
	壳高 SH			1.000	0.739**
	壳宽 SW				1.000

注: **表示极显著相关($P < 0.01$)。

3.3. 形态性状对体质量的通径分析

根据公式(2)、(3)、(4)计算得到各形态性状对体质量的直接关系和其他间接关系, 结果如表 3 所示。不同月龄施氏獭蛤的形态性状对体质量存在极显著($P < 0.01$)或显著关系($0.01 < P < 0.05$), 而在 24 月龄施氏獭蛤中壳高对体质量无显著影响, 直接关系 $P > 0.05$ 。壳长与 3 月龄贝体质量的直接关系最大(0.512); 壳宽与 6 月龄贝体质量的直接关系最大(0.435); 与 24 月龄贝直接关系最大的为壳长(0.516)。除对 6 月龄进行通径分析的结果与相关性分析得到的结果不同外, 其他两月龄贝通径分析结果与相关性分析结果均相同。

Table 3. Path analysis of morphological characters to body weight of *L. sieboldii*

表 3. 施氏獭蛤各形态性状对体质量的通径分析

月龄 Month age	性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient/ r_{ij}	直接关系 Direct relation/ P_i	间接关系 Indirect relationship/ $r_{ij}P_j$			
				Σ	壳长 SL/mm	壳高 SH/mm	壳宽 SW/mm
3	壳长 SL	0.951**	0.512**	0.439		0.154	0.285
	壳高 SH	0.929**	0.160*	0.769	0.494		0.275
	壳宽 SW	0.931**	0.301**	0.630	0.484	0.146	

Continued

6	壳长 SL	0.874**	0.420**	0.454		0.111	0.343
	壳高 SH	0.817**	0.134*	0.683	0.348		0.335
	壳宽 SW	0.869**	0.435**	0.434	0.331	0.103	
24	壳长 SL	0.896**	0.516**	0.380		0.117	0.263
	壳高 SH	0.836**	0.132	0.704	0.456		0.248
	壳宽 SW	0.838**	0.335**	0.503	0.406	0.097	

注：**表示极显著相关($P < 0.01$)；*表示显著相关($0.01 < P < 0.05$)。

3.4. 形态性状对体质量的决定系数分析

根据公式(2)、(3)、(5)计算得出 3 个不同月龄贝各形态性状对体质量的决定系数(图 2)。就单个表型性状的决定系数来看,对 3 月龄、24 月龄贝决定程度最大的为壳长(0.262、0.266),对 6 月龄贝决定程度最大的为壳宽(0.189)。对 3 个不同月龄贝共同决定程度最大的均为壳长与壳宽。决定系数总和 $\sum d$ 约等于相关系数 R^2 ,相关性分析、通径分析和决定系数分析结果相同,但还需进行共线性统计以消除多变量情况下的自变量共线情况。

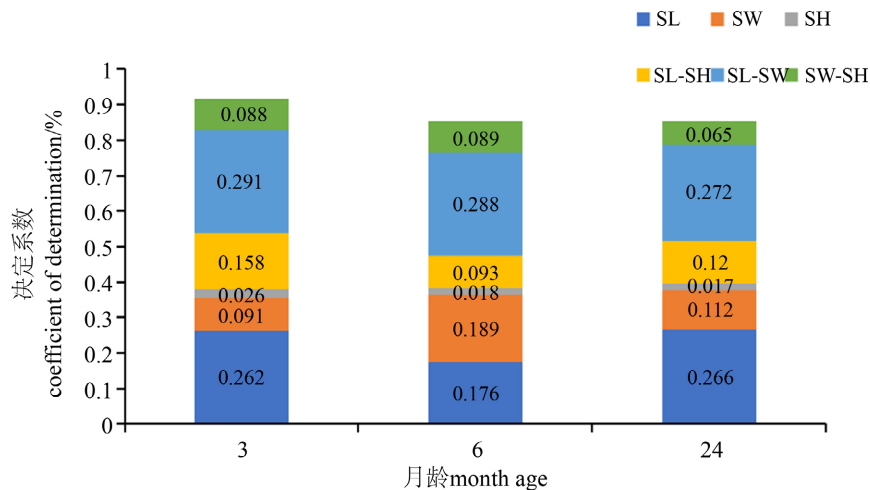


Figure 2. The coefficient of determination of the body weight of *L. sieboldii*. SL, SH, SW were determining coefficients of single independent variable on body weight; SL-SH, SL-SW, SH-SW were determining coefficients of two independent variables on body weight

图 2. 各形态性状影响施氏獺蛤体质量的决定系数。SL、SH、SW 表示壳长、壳高、壳宽对体质量的决定系数；SL-SH、SL-SW、SH-SW 表示壳长与壳高、壳长与壳宽、壳高与壳宽对体质量的决定系数

3.5. 偏相关性与共线性统计分析

对 3 个不同月龄施氏獺蛤形态性状与体质量采用偏相关性检验和共线性统计得到各形态性状对体质量影响显著的偏回归系数 B 和方差膨胀系数 VIF (表 4)。 P 值检验表明,除 24 月龄贝壳高对体质量影响不显著外,3 个不同月龄贝形态性状对体质量影响均极显著($P < 0.01$)或显著($0.01 < P < 0.05$),应排除对 24 月龄贝影响不显著的壳高。根据公式(6)计算得出各形态性状对体质量的方差膨胀系数,参考高慧璇等 [22]的方法,在 3 个不同月龄贝的共线性统计中,只有 3 月龄贝的壳长和壳宽方差膨胀系数大于 10,应

剔除导致出现多重共线性现象的自变量。

3.6. 最优多元回归方程的建立

根据公式(1)及偏回归系数检验和共线性检验结果(表 4), 剔除不显著的形态性状和方差膨胀系数 $VIF_j > 10$ 的形态性状, 表 5 中 P 值检验表明, 3 个不同月龄贝的回归关系相关性极显著。建立壳长、壳宽、壳高对体质量的线性回归方程如下:

$$3 \text{ 月龄施氏獭蛤: } W_3 = -0.744 + 0.027SH, R^2 = 0.916;$$

$$6 \text{ 月龄施氏獭蛤: } W_6 = -9.217 + 0.185SL + 0.128SH + 0.535SW, R^2 = 0.853;$$

$$24 \text{ 月龄施氏獭蛤: } W_{24} = -212.727 + 1.872SL + 2.748SW, R^2 = 0.850。$$

Table 4. Test of significance of the partial correlation and collinearity of *L. sieboldii*

表 4. 不同月龄施氏獭蛤数量性状对体质量的偏相关性和共线性检验

月龄 Month age	参数 Parameter	偏回归系数 Partial regression coefficient B	标准差 Mean	T	P	共线性检验 Collinearity test	
3	常数 C	-0.744	0.029	-25.562	0.000	容差	VIF
	壳长 SL	0.043	0.008	5.210	0.000	0.045	22.407
	壳高 SH	0.027	0.013	2.023	0.044	0.107	9.305
	壳宽 SW	0.074	0.016	4.743	0.000	0.069	14.469
6	常数 Ct	-9.217	0.471	-19.559	0.000		
	壳长 SL	0.185	0.024	7.637	0.000	0.258	3.879
	壳高 SH	0.128	0.051	2.521	0.013	0.338	2.962
	壳宽 SW	0.535	0.059	9.055	0.000	0.277	3.609
24	常数 C	-212.727	14.425	-14.747	0.000		
	壳长 SL	1.872	0.336	5.570	0.000	0.180	5.540
	壳高 SH	1.034	0.667	1.551	0.124	0.373	2.678
	壳宽 SW	2.748	0.529	5.199	0.000	0.214	4.674

Table 5. variance analysis of regression between morphological traits and body mass of *L. sieboldii* Schneider

表 5. 施氏獭蛤形态性状对体质量回归的方差分析表

月龄 Month age	方差来源 Variance source	平方和 Ss	自由度 Df	均方 Mean square	F 值 F -value	P 值 P -value
3	回归 Regression	23.695	3.000	7.898	706.887	0
	残差 Residual error	2.190	196.000	0.110		
	总计 Total	25.885	199.000			
6	回归 Regression	642.056	3.000	214.019	365.111	0
	残差 Residual error	109.028	186.000	0.586		
	总计 Total	751.085	189.000			

Continued

	回归 Regression	78768.979	3.000	26256.326	183.535	0
24	残差 Residual error	13447.547	94.000	143.059		
	总计 Total	92216.526	97.000			

4. 讨论

4.1. 形态性状与体质量的相关性和通径分析

在贝类遗传育种中,借助相关性和通径分析手段,找到影响贝类体质量的主要因素,有助于良种选育[23]。相关性分析是多元回归分析的基础,相关系数体现两变量间关系[24]。某形态性状对体质量的相关系数包含该形态性状对体质量的直接关系和通过其他形态性状产生的间接关系,反映出两性状间的综合相关性,还需对各性状进行通径分析[25] [26]。利用通径分析解析形态性状和质量性状间的关系现已在水产动物研究中应用。龚雅婷等[27]对大口黑鲈(*Micropterus salmoides*) 2 群体双列杂交子代各生长形状对体质量的影响进行了分析,表明全长对不同杂交子代体质量的直接作用最大;张新明等[28]利用通径分析研究了解放眉足蟹(*Blepharipoda liberate* Shen)形态性状对体质量的影响,表明对雌、雄个体直接影响最大的均为体长;唐琼英等[29]研究了罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)的研究表明,除上、下额刺数 2 个表型性状外,其他 9 个表型性状与体质量呈显著正相关($P < 0.01$);巫旗生等[30]利用相关性和通径分析,研究了对钝缀锦蛤(*Tapes conspersus*)体质量产生影响的原因,表明壳宽与体质量相关系数最大,对其影响最大。这说明对于不同的水产动物,影响其体质量的形态性状有较大区别。本研究结果显示,不同月龄施氏獭蛤的相关性分析和通径分析略有差别。相关性分析结果显示对不同月龄贝影响最大的均为壳长,通径分析结果表明,壳长为主要影响 3 月龄、24 月龄贝体质量的因素,壳宽为影响 6 月龄贝体质量的最主要因素,与相关性分析结果不同。梁健等[31]对影响不同地理群体菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)体质量的研究结果表明,北方土著群体相关性与通径分析结果不同;林先鑫等[32]对影响两种贝龄企鹅珍珠贝(*Pteria Penguin*)体质量的研究结果表明,8 月龄企鹅珍珠贝相关性与通径分析结果不同;魏海军等[33]对靛巴非蛤(*Paphia schnelliana*)形态性状与体质量的研究结果表明,靛巴非蛤相关性和通径分析结果不同。以上实验均产生与本实验相同的结果。形态性状对不同月龄施氏獭蛤的体质量均存在直接或间接关系,表明本次研究所选取的形态性状有一定的实际意义。

4.2. 偏相关性和共线性检验

在多元线性回归方程中,各自变量间可能存在相关性太高导致各自变量无法独立预测因变量的值[21]。因此,在进行多元分析之前,需要先检验是否存在多元共线性现象及产生共线性的自变量并将之剔除。共线性检验中将方差膨胀系数 VIF 值作为量度, VIF_j 值越大, R_j^2 越接近 1,说明第 j 个变量与其它自变量间共线性越强,在共线性统计中,若自变量的 VIF_i 值 > 10 ,说明模型中有很强的共线问题[21] [22]。本实验中,3 月龄施氏獭蛤壳长和壳宽的 VIF 值分别为 22.407 和 14.469,表明其壳长和壳宽存在多元共线性,这可能是由于 3 月龄施氏獭蛤苗种过小,壳长和壳宽差异不明显所致。

4.3. 不同月龄施氏獭蛤形态性状对体质量的影响

决定系数表示自变量对因变量的决定程度,体现自变量对因变量的影响程度。当相关指数和所有性状的总决定系数 $\sum d$ 大于或等于 0.85,表明影响不同月龄施氏獭蛤生长的关键性状已找到[34]。本研究中,不同月龄施氏獭蛤形态性状对体质量的相关指数(R^2)均大于 0.85,与决定系数总和 $\sum d$ 相等。在同一养殖

环境下, 具有相同遗传背景的施氏獭蛤在不同生长月龄, 其体型特征表现不同, 不同月龄施氏獭蛤影响其体质量的主要决定因子不同。3 月龄施氏獭蛤的主要影响因子为壳长, 其次是壳高通过壳长产生的间接作用; 6 月龄施氏獭蛤主要影响因子为壳宽, 其次是壳长; 24 月龄施氏獭蛤主要影响因子为壳长, 其次为壳高通过壳长产生的间接作用。本研究结果与其他贝类研究结果类似。杜美荣等[35]在对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)数量性状关系的研究中, 得出不同贝龄栉孔扇贝对体质量起主要影响的因子并不相同。李莉等[36]对不同贝龄毛蚶壳(*Scapharca subcrenata Lischke*)形态性状对体质量的影响表明, 影响不同贝龄毛蚶体质量的主要因素随着贝类的生长不断变化。出现上述现象的原因可能与施氏獭蛤的遗传背景、生长环境及选择有关。

5. 结论

本研究测量不同生长月龄施氏獭蛤的壳长、壳宽、壳高与体质量, 使用相关性分析方法分析了壳形态性状与体质量关系的显著性, 使用通径分析的方法阐明了施氏獭蛤的形态性状对体质量的影响。以施氏獭蛤体质量为选育目标时, 3 月龄贝应以壳高为选择性状, 6 月龄贝以壳宽为主选择性状同时兼顾壳高, 24 月龄贝以壳长为主选择性状, 壳宽为辅助选择性状。对 24 月龄成贝的分析结果与邹杰等[15]研究结果不同, 邹杰等[15]对 20 月龄施氏獭蛤成贝的分析结果表明, 壳质量对体质量影响最大。本研究结果为广西北部湾海域施氏獭蛤苗种培育和亲贝挑选提供了一定参考。

基金项目

广西创新驱动发展专项(桂科 AA19254032); 国家重点研发计划项目(2018YFD0901400)。

参考文献

- [1] 徐凤山, 张素萍. 中国海产双壳类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 162-163.
- [2] 潘英, 苏以鹏. 大獭蛤的核型研究[J]. 海洋科学, 2007, 31(9): 87-90.
- [3] 王斌, 栗志民, 刘志刚, 等. 施氏獭蛤室内规模化人工育苗技术研究[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(1): 35-42.
- [4] 刘超, 彭张明, 黄佳, 等. 不同盐度对施氏獭蛤浮游期幼虫存活与生长的影响[J]. 海洋科学, 2015, 39(12): 65-69.
- [5] 彭慧婧, 张守都, 郑德斌, 等. 施氏獭蛤全同胞家系建立及生长与存活性状分析[J]. 海洋科学, 2019, 43(7): 132-138.
- [6] 刘永, 梁飞龙, 毛勇, 等. 施氏獭蛤人工育苗技术的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(3): 98-101.
- [7] 刘超, 郭景兰, 彭张明, 等. 施氏獭蛤稚贝对高温和干露的耐受性研究[J]. 水产科学, 2015, 34(3): 169-173.
- [8] 张春芳, 刘永. 施氏獭蛤稚贝中间培育与海区养殖试验[J]. 水产养殖, 2010, 31(5): 5-8.
- [9] 潘英, 秦小明, 潘红平. 大獭蛤软体部营养成分的分析与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(3): 78-81.
- [10] 焦宗焱, 刘永, 张春芳. 施氏獭蛤融合卵裂及其胚胎发育过程观察[J]. 动物学研究, 2010, 31(4): 408-414.
- [11] 刘永, 余祥勇, 梁飞龙, 等. 施氏獭蛤幼虫和稚贝发育及行为的研究[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(1): 17-21.
- [12] 李斌, 何俊锋, 区小玲, 等. 广西和广东地区施氏獭蛤 3 个自然群体的形态差异和遗传多样性分析[J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(5): 414-421.
- [13] 曹伏君, 刘永, 张春芳, 等. 施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*)性腺发育和生殖周期的研究[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(5): 976-982.
- [14] Su, X., Pan, Y., Zuo, Z., et al. (2013) Isolation and Characterization of Microsatellite Loci in the Clam *Lutraria sieboldii* Reeve (Bivalvia: Veneroida). *Conservation Genetics Resources*, 5, 223-225. <https://doi.org/10.1007/s12686-012-9774-7>
- [15] 邹杰, 彭慧婧, 张守都, 等. 施氏獭蛤壳体表型性状对体质量的影响分析[J]. 水产科学, 2020, 39(4): 573-578.
- [16] 邹杰, 张守都, 彭慧婧, 等. 施氏獭蛤早期生长性状遗传参数和育种值估计[J]. 海洋科学, 2021, 45(2): 99-105.
- [17] Hauton, C., Atkinson, R.J.A. and Moore, P.G. (2003) The Impact of Hydraulic Blade Dredging on a Benthic Mega-

- faunal Community in the Clyde Sea Area, Scotland. *Journal of Sea Research*, **50**, 45-56.
[https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(03\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(03)00045-5)
- [18] Hunt, S. (1973) Chemical and Physical Studies of the Chitinous Siphon Sheath in the *Lamellibranch lutraria* and It's Relationship to the Periostracum. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **45**, 311-323.
[https://doi.org/10.1016/0305-0491\(73\)90066-7](https://doi.org/10.1016/0305-0491(73)90066-7)
- [19] 闫喜武, 王琰, 郭文学, 等. 四角蛤蜊形态性状对重量性状的影响效果分析[J]. 水产学报, 2011, 35(10): 1513-1518.
- [20] 张雷雷, 滕爽爽, 李腾腾, 等. 不同月龄青蛤形态性状对活体质量的影响分析[J]. 海洋科学, 2019, 43(12): 74-80.
- [21] 马雄威. 线性回归方程中多重共线性诊断方法及其实证分析[J]. 华中农业大学学报, 2008(2): 78-81, 85.
- [22] 高慧璇. 处理多元线性回归中自变量共线性的几种方法——SAS/STAT 软件(6.12)中 REG 等过程增强功能的使用[J]. 数理统计与管理, 2000, 20(5): 49-55.
- [23] 孙静, 陈明强, 魏海军, 等. 不同地理群体合浦珠母贝双列杂交子代数量性状比较及其相关和通径分析[J]. 南方农业学报. 2020, 51(6): 1451-1461.
- [24] 薛宝宝, 李浩, 牛东红, 等. 不同月龄缙蛭新品种数量性状的相关与通径分析[J]. 水产学报, 2018, 42(6): 941-949.
- [25] 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.
- [26] 栗志民, 刘志刚, 王辉, 等. 企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)主要经济性状对体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(6): 798-803.
- [27] 龚雅婷, 傅建军, 朱文彬, 等. 大口黑鲈 2 群体双列杂交子代的生长比较及通径分析[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(1): 131-139.
- [28] 张新明, 程顺峰, 张敏. 解放眉足蟹形态性状对重量性状影响的效果分析[J]. 中国水产科学, 2020, 27(1): 62-74.
- [29] 唐琼英, 夏正龙, 蔡缪荧, 等. 罗氏沼虾养殖群体表型性状间的相关性及类群差异分析[J]. 中国水产科学, 2019, 26(6): 1075-1085.
- [30] 巫旗生, 曾志南, 宁岳, 等. 钝缙锦蛤形态性状对活体质量的影响[J]. 水产科学, 2018, 37(1): 110-114.
- [31] 梁健, 王俊杰, 郭永军, 等. 不同地理群体菲律宾蛤仔表型性状的相关性与通径分析[J]. 水产科学, 2020, 39(1): 40-47.
- [32] 林先鑫, 邓正华, 陈明强, 等. 两种贝龄企鹅珍珠贝形态性状对湿重的通径分析[J]. 南方农业学报, 2019, 50(9): 2088-2094.
- [33] 魏海军, 邓正华, 陈明强, 等. 靓巴非蛤形态性状对体质量的影响[J]. 水产科学, 2021, 40(2): 233-238.
- [34] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2002(6): 673-678.
- [35] 杜美荣, 方建光, 高亚平, 等. 不同贝龄栉孔扇贝数量性状的相关性和通径分析[J]. 水产学报, 2017, 41(4): 580-587.
- [36] 李莉, 郑永允, 徐科凤, 等. 不同贝龄毛蚶壳形态性状对体质量的影响[J]. 海洋科学, 2015(6): 54-58.