

文章编号: 1674-7054(2014)03-0208-12

# 不同螯色罗氏沼虾形态性状对体质量的影响

杨世平, 刘慧玲, 江博杰, 陈兆明, 孙成波

(广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:** 运用通径分析方法, 研究了2种螯色、不同性别的6月龄罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*) (深蓝螯色雌虾、深蓝螯色雄虾、浅黄螯色雌虾、浅黄螯色雄虾)的22个形态性状对体质量的决定效应, 得到相关系数、通径系数和决定系数, 并进行了多元回归分析。结果表明, 蓝雌组6个性状、蓝雄组8个性状、黄雌组7个性状、黄雄组6个性状与体质量的相关系数达到极显著水平( $P < 0.01$ )。综合考虑相关系数、通径系数大小和可操作性后认为, 深蓝螯色雌虾的育种目标性状首选指标是第1腹节宽, 深蓝螯色雄虾、浅黄螯色雌虾和雄虾的首选指标均为全长。

**关键词:** 罗氏沼虾; 形态性状; 相关系数; 决定系数; 通径分析

中图分类号: S 963.14

文献标志码: A

罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)又名马来西亚大虾, 主要分布在东南亚地区<sup>[1]</sup>, 具有体形大、食性广、生长快等特点。我国自1976年引种以来, 罗氏沼虾逐渐成为我国主要养殖虾类之一, 具有重要经济价值<sup>[2]</sup>。但是, 长期以来用池塘养殖的成虾作为亲本, 种质逐年下降, 导致生长慢、成熟早、病害多, 从而影响经济效益。因此, 对罗氏沼虾种质进行改良, 开展优良性状的选育工作势在必行。体质量是水产动物选育的重要指标, 也是衡量经济效益的重要指标, 所以通过相关性分析和通径分析找到与体质量关系较大的其他形态性状, 在亲本选择过程中就可以辅以其他性状来进行选择了。目前, 科研工作者已将相关性分析和通径分析广泛应用于鱼<sup>[3-4]</sup>、虾<sup>[2, 5-8]</sup>、贝<sup>[9-14]</sup>等水产动物的育种研究中。关于罗氏沼虾形态性状间的关系已有研究报道<sup>[2, 6]</sup>, 但研究中均未将不同性别和螯色作为不同群体进行分析研究。为进一步研究不同性别、不同螯色的罗氏沼虾的形态性状与体质量的关系, 分析其决定效应, 笔者测量和分析了480尾6月龄的罗氏沼虾22个形态性状, 旨在为罗氏沼虾选育过程中亲本的选择提供基础资料。

## 1 材料与方法

**1.1 实验材料** 实验用的罗氏沼虾随机选自广东省湛江市麻章区志满镇大丰虾苗场。按螯色(深蓝、浅黄)和雌雄分成4组: 深蓝螯色雌虾(蓝雌组)、深蓝螯色雄虾(蓝雄组)、浅黄螯色雌虾(黄雌组)、浅黄螯色雄虾(黄雄组), 每组120尾, 共480尾。

**1.2 测量方法** 用游标卡尺(上海精密仪器仪表有限公司, 型号为530-312, 精度0.02 mm)分别测量体长( $X_1$ , mm)、全长( $X_2$ , mm)、尾长( $X_3$ , mm)、头胸甲长( $X_4$ , mm)、头胸甲宽( $X_5$ , mm)、第1腹节长( $X_6$ , mm)、第1腹节宽( $X_7$ , mm)、第1腹节高( $X_8$ , mm)、第3腹节宽( $X_9$ , mm)、第3腹节高( $X_{10}$ , mm)、第6腹节长( $X_{11}$ , mm)、右螯长( $X_{12}$ , mm)、右螯第1螯节长( $X_{13}$ , mm)、右螯第2螯节长( $X_{14}$ , mm)、右螯第3螯节长( $X_{15}$ , mm)、右螯第4螯节长( $X_{16}$ , mm)、左螯长( $X_{21}$ , mm); 用电子天平(上海精密仪器仪表有限公司, 型

收稿日期: 2014-06-05

基金项目: 广东省海洋与渔业局项目(A201201B01); 广东省良种体系项目(湛财农【2012】221号)

作者简介: 杨世平(1977-), 男, 高级工程师, 博士, 研究方向: 虾蟹健康养殖与水产微生物学。E-mail: ysp20010@sina.com

通信作者: 孙成波(1970-), 男, 教授, 博士, 研究方向: 对虾健康养殖与病害防治。E-mail: scb248@126.com

号为 XB2202 精度 0.01 g) 称量左螯质量( $X_{22}$  g)、右螯质量( $X_{17}$  g)、净肉质量( $X_{18}$  g) 和体质量( $Y$  g); 直接计数上缘齿数( $X_{19}$ )、下缘齿数( $X_{20}$ )。共统计 22 个形态性状。

1.3 数据分析 对测定的形态性状进行统计整理, 获得各性状的参数估计值, 再分别进行形态性状的相关分析、形态性状各指标对体质量的通径分析和决定系数计算。通过回归分析中逐步回归剔除偏回归系数不显著的性状, 偏回归系数显著的性状对体质量建立多元回归方程。用 SPSS11.5 和 EXCEL 统计软件对实验数据进行分析, 计算公式和方法参考文献 [15-16]。

## 2 结果与分析

2.1 罗氏沼虾形态性状的参数统计 从表 1 可知: 蓝雌组、蓝雄组、黄雌组的右螯质量变异系数最大, 其次是左螯质量; 黄雄组的左螯质量变异系数最大, 其次是右螯质量; 蓝雌组、黄雄组的上缘齿数变异系数最小, 其次是第 6 腹节长; 蓝雄组上缘齿数变异系数最小, 其次是下缘齿数; 黄雌组的第六腹节长变异系数最小, 其次是全长。变异系数是衡量数据变异程度的一个特征数, 因此, 笔者认为, 测量指标中, 左、右螯的变异程度较大。

表 1 罗氏沼虾各形态性状的表型参数值  
Tab.1 The phenotypic parameters of morphometric traits in *M. rosenbergii*

性状 Trait	蓝雌组 FB group			蓝雄组 MB group			黄雌组 FY group			黄雄组 MY group		
	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient variation									
$X_1$ /mm	79.07	7.12	9.01	88.16	12.06	13.68	78.02	6.89	8.84	93.17	8.42	9.03
$X_2$ /mm	102.64	12.74	12.41	115.44	15.33	13.28	101.83	8.71	8.55	122.01	11.12	9.11
$X_3$ /mm	13.21	13.21	9.90	14.77	14.77	12.59	12.92	12.92	9.48	15.34	15.34	9.22
$X_4$ /mm	49.47	5.59	11.30	57.79	8.12	14.05	49.42	4.74	9.60	60.87	5.98	9.83
$X_5$ /mm	17.57	1.96	11.14	20.23	3.10	15.34	17.32	1.68	9.70	21.57	2.21	10.25
$X_6$ /mm	4.08	4.08	11.34	4.63	4.63	15.12	4.10	4.10	10.09	4.89	4.89	10.04
$X_7$ /mm	14.92	1.49	10.00	16.21	2.36	14.58	14.28	1.38	9.63	17.09	1.67	9.75
$X_8$ /mm	16.26	1.89	11.59	16.76	2.33	13.93	15.17	1.69	11.17	17.57	1.75	9.96
$X_9$ /mm	11.56	1.24	10.75	12.27	2.12	17.28	11.03	1.15	10.46	13.07	1.17	8.93
$X_{10}$ /mm	17.00	1.70	10.01	17.06	2.24	13.15	15.98	1.65	10.29	17.72	1.63	9.17
$X_{11}$ /mm	8.05	0.66	8.16	9.07	1.53	16.90	7.95	0.62	7.78	9.23	0.75	8.10
$X_{12}$ /mm	59.84	8.10	13.53	125.90	25.34	20.13	58.88	8.38	14.23	90.54	16.52	18.24
$X_{13}$ /mm	11.58	1.41	12.19	16.64	2.69	16.19	11.40	1.40	12.24	15.28	2.13	13.93
$X_{14}$ /mm	12.32	1.53	12.39	24.30	5.47	22.49	11.85	1.43	12.07	16.80	2.78	16.57
$X_{15}$ /mm	15.02	2.10	13.98	30.73	6.73	21.91	14.51	1.98	13.67	20.00	3.50	17.50
$X_{16}$ /mm	20.94	3.79	18.11	53.68	11.88	22.13	20.68	4.12	19.95	37.50	10.07	26.85
$X_{17}$ /g	0.20	0.11	55.40	2.06	1.31	63.74	0.18	0.09	51.77	0.80	0.51	63.96
$X_{18}$ /g	4.15	1.14	27.39	5.53	2.81	50.88	3.94	0.98	24.78	6.98	1.92	27.52
$X_{19}$ /mm	12.44	0.92	7.35	12.54	0.89	7.08	12.33	1.06	8.63	12.58	0.84	6.64
$X_{20}$ /mm	10.92	1.03	9.40	11.13	0.92	8.23	10.88	1.31	12.07	11.13	1.01	9.09
$X_{21}$ /mm	60.54	7.74	12.79	124.99	23.71	18.97	58.48	7.77	13.28	89.87	16.69	18.58
$X_{22}$ /g	0.20	0.09	46.37	1.97	1.11	55.98	0.17	0.08	49.39	0.78	0.52	66.89
$Y$ /g	11.81	3.18	26.90	21.86	9.80	44.81	11.07	2.96	26.75	21.03	6.58	31.30

表 2 蓝雌组各性状的相关系数  
Tab. 2 Correlation matrix of traits of FB group of *M. rosenbergii*

性状 Trait	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$	$X_{19}$	$X_{20}$	$X_{21}$	$X_{22}$	$Y$		
$X_1$																									
$X_2$	0.709**																								
$X_3$	0.844**	0.570**																							
$X_4$	0.797**	0.610**	0.680**																						
$X_5$	0.843**	0.602**	0.708**	0.690**																					
$X_6$	0.781**	0.591**	0.664**	0.683**	0.639**																				
$X_7$	0.940**	0.702**	0.784**	0.763**	0.789**	0.755**																			
$X_8$	0.816**	0.577**	0.703**	0.616**	0.632**	0.688**	0.869**																		
$X_9$	0.921**	0.696**	0.768**	0.768**	0.766**	0.741**	0.929**	0.840**																	
$X_{10}$	0.875**	0.589**	0.744**	0.684**	0.689**	0.683**	0.918**	0.851**	0.873**																
$X_{11}$	0.851**	0.663**	0.737**	0.695**	0.719**	0.648**	0.778**	0.657**	0.780**	0.706**															
$X_{12}$	0.718**	0.486**	0.687**	0.602**	0.660**	0.524**	0.690**	0.584**	0.611**	0.641**	0.645**														
$X_{13}$	0.782**	0.543**	0.697**	0.652**	0.710**	0.576**	0.757**	0.627**	0.734**	0.718**	0.651**	0.851**													
$X_{14}$	0.668**	0.477**	0.599**	0.568**	0.597**	0.497**	0.659**	0.549**	0.597**	0.616**	0.567**	0.903**	0.812**												
$X_{15}$	0.517**	0.389**	0.486**	0.475**	0.451**	0.399**	0.518**	0.419**	0.416**	0.480**	0.450**	0.879**	0.723**	0.871**											
$X_{16}$	0.714**	0.490**	0.630**	0.578**	0.593**	0.512**	0.699**	0.609**	0.628**	0.660**	0.644**	0.905**	0.798**	0.831**	0.762**										
$X_{17}$	0.617**	0.424**	0.584**	0.490**	0.554**	0.410**	0.613**	0.520**	0.538**	0.572**	0.568**	0.895**	0.766**	0.819**	0.786**	0.868**									
$X_{18}$	0.969**	0.696**	0.780**	0.781**	0.834**	0.755**	0.910**	0.790**	0.899**	0.825**	0.822**	0.683**	0.783**	0.648**	0.489**	0.680**	0.604**								
$X_{19}$	0.070	0.113	0.063	0.142	0.185**	0.044	0.090	-0.010	0.068	0.086	0.000	0.049	-0.003	0.090	0.078	0.071	0.062	0.005							
$X_{20}$	0.122	0.120	0.183**	0.201**	0.076	0.117	0.126	0.076	0.145	0.113	0.029	0.069	0.077	0.095	0.030	0.076	0.030	0.066	0.416**						
$X_{21}$	0.697**	0.457**	0.698**	0.588**	0.614**	0.517**	0.648**	0.524**	0.612**	0.646**	0.606**	0.800**	0.722**	0.748**	0.654**	0.762**	0.728**	0.637**	0.192**	0.140					
$X_{22}$	0.663**	0.432**	0.658**	0.526**	0.555**	0.471**	0.644**	0.524**	0.598**	0.618**	0.568**	0.811**	0.714**	0.768**	0.678**	0.788**	0.850**	0.622**	0.155	0.132	0.865**				
$Y$	0.954**	0.673**	0.803**	0.761**	0.818**	0.753**	0.931**	0.820**	0.903**	0.865**	0.790**	0.683**	0.753**	0.647**	0.497**	0.683**	0.547**	0.940**	0.039	0.093	0.657**	0.623**			

表 3 蓝雄组各性状的相关系数  
Tab. 3 Correlation matrix of traits of MB group of *M. rosenbergii*

性状 Trait	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$	$X_{19}$	$X_{20}$	$X_{21}$	$X_{22}$	Y	
$X_1$																								
$X_2$	0.984**																							
$X_3$	0.903**	0.912**																						
$X_4$	0.956**	0.985**	0.895**																					
$X_5$	0.878**	0.878**	0.798**	0.873**																				
$X_6$	0.885**	0.905**	0.808**	0.894**	0.799**																			
$X_7$	0.972**	0.979**	0.897**	0.964**	0.892**	0.887**																		
$X_8$	0.942**	0.940**	0.849**	0.914**	0.829**	0.843**	0.932**																	
$X_9$	0.857**	0.856**	0.784**	0.824**	0.790**	0.792**	0.862**	0.835**																
$X_{10}$	0.963**	0.967**	0.878**	0.952**	0.858**	0.873**	0.950**	0.932**	0.833**															
$X_{11}$	0.759**	0.755**	0.703**	0.719**	0.679**	0.734**	0.765**	0.699**	0.777**	0.737**														
$X_{12}$	0.654**	0.668**	0.710**	0.669**	0.578**	0.588**	0.667**	0.691**	0.564**	0.677**	0.401**													
$X_{13}$	0.868**	0.871**	0.849**	0.863**	0.811**	0.795**	0.876**	0.865**	0.766**	0.866**	0.634**	0.833**												
$X_{14}$	0.600**	0.619**	0.651**	0.625**	0.536**	0.539**	0.623**	0.648**	0.523**	0.631**	0.368**	0.951**	0.789**											
$X_{15}$	0.488**	0.503**	0.572**	0.514**	0.426**	0.439**	0.514**	0.538**	0.422**	0.526**	0.277**	0.930**	0.714**	0.928**										
$X_{16}$	0.660**	0.669**	0.713**	0.662**	0.570**	0.572**	0.663**	0.692**	0.557**	0.679**	0.402**	0.979**	0.819**	0.921**	0.895**									
$X_{17}$	0.674**	0.693**	0.705**	0.690**	0.593**	0.600**	0.699**	0.710**	0.583**	0.697**	0.429**	0.930**	0.825**	0.918**	0.887**	0.896**								
$X_{18}$	0.961**	0.959**	0.879**	0.934**	0.842**	0.870**	0.957**	0.905**	0.841**	0.931**	0.774**	0.605**	0.851**	0.553**	0.436**	0.611**	0.647**							
$X_{19}$	0.084	0.098	0.050	0.114	0.102	0.016	0.085	0.064	0.069	0.095	-0.020	0.130	0.079	0.106	0.107	0.133	0.160	0.045						
$X_{20}$	0.050	0.033	0.030	0.042	0.066	0.045	-0.005	0.035	-0.014	0.019	-0.065	0.001	0.024	-0.015	-0.044	0.007	0.030	0.016	0.427**					
$X_{21}$	0.645**	0.656**	0.697**	0.659**	0.576**	0.556**	0.663**	0.692**	0.556**	0.677**	0.377**	0.955**	0.818**	0.931**	0.913**	0.942**	0.888**	0.595**	0.119	-0.062				
$X_{22}$	0.669**	0.680**	0.697**	0.678**	0.597**	0.575**	0.690**	0.718**	0.580**	0.699**	0.407**	0.910**	0.825**	0.881**	0.864**	0.881**	0.927**	0.646**	0.131	-0.046	0.940**			
Y	0.952**	0.960**	0.896**	0.945**	0.851**	0.860**	0.961**	0.926**	0.834**	0.943**	0.725**	0.759**	0.915**	0.732**	0.628**	0.744**	0.823**	0.950**	0.118	0.026	0.747**	0.801**		





2.2 罗氏沼虾形态性状的相关分析 除上、下缘齿数( $X_{19}, X_{20}$ )外,所测量的罗氏沼虾各形态性状与体质量之间的表型相关都呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),表明所选指标进行相关分析具有重要的实际意义。各形态性状与体质量相关系数(表2~5)的大小依次为:

蓝雌组:  $r_{1y} > r_{18y} > r_{7y} > r_{9y} > r_{10y} > r_{8y} > r_{5y} > r_{3y} > r_{11y} > r_{4y} > r_{6y} = r_{13y} > r_{12y} = r_{16y} > r_{2y} > r_{21y} > r_{14y} > r_{22y} > r_{17y} > r_{15y}$ ;

蓝雄组:  $r_{7y} > r_{2y} > r_{1y} > r_{18y} > r_{4y} > r_{10y} > r_{8y} > r_{13y} > r_{3y} > r_{6y} > r_{5y} > r_{9y} > r_{17y} > r_{22y} > r_{12y} > r_{21y} > r_{16y} > r_{14y} > r_{11y} > r_{15y}$ ;

黄雌组:  $r_{18y} > r_{2y} > r_{1y} > r_{5y} > r_{7y} > r_{9y} > r_{4y} > r_{10y} > r_{11y} > r_{14y} > r_{3y} > r_{21y} > r_{12y} > r_{22y} > r_{13y} > r_{8y} > r_{15y} > r_{17y} > r_{6y} > r_{16y}$ ;

黄雄组:  $r_{18y} > r_{5y} > r_{2y} > r_{1y} > r_{4y} > r_{9y} > r_{14y} > r_{21y} > r_{12y} > r_{17y} > r_{11y} > r_{8y} = r_{10y} = r_{22y} > r_{7y} > r_{13y} > r_{16y} > r_{15y} > r_{6y} > r_{3y}$ 。

2.3 罗氏沼虾各形态性状对体质量的通径分析 根据罗氏沼虾各形态性状对体质量的通径分析中相关系数的组成效应,各性状与体质量的相关系数包括各性状的直接效应  $P_i$  和各性状通过其他性状的间接效应  $r_{xij} = P_i + \sum r_{ij}P_j$  两个部分。通径系数通过显著性检验,保留其显著性状(表6)。表6中通径系数由大到小,蓝雌组:  $P_{18} > P_7 > P_1 > P_{12} > P_{22} > P_{17}$ ; 蓝雄组:  $P_{18} > P_{17} > P_2 > P_7 > P_{14} > P_{22} > P_{19} > P_{16}$ ; 黄雌组:  $P_{18} > P_2 > P_{17} > P_{10} > P_9 > P_{11} > P_4$ ; 黄雄组:  $P_{18} > P_2 = P_{22} > P_{17} > P_5 > P_{10}$ 。由此可见,在所测的不同蟹色、不同性别的罗氏沼虾各形态性状中,都是净肉质量性状的直接影响最大,而其中只有黄雌组的净肉质量性状对体质量的直接影响大于间接影响。

表6 罗氏沼虾各形态性状对体质量的通径分析

Tab.6 Path analysis of major traits on body weight of *M. rosenbergii*

类型 Type	性状 Trait	直接作用 $P_i$ Direct effect	间接作用 $r_{ij}P_j$ Indirect effect	相关系数 $r_{ij}$ Correlation coefficients	类型 Type	性状 Trait	直接作用 $P_i$ Direct effect	间接作用 $r_{ij}P_j$ Indirect effect	相关系数 $r_{ij}$ Correlation coefficients
蓝雌组 FB group	体长 Body length	0.236	0.718	0.954	黄雌组 FY group	全长 Body length	0.282	0.674	0.956
	第1腹节宽 First abdominal segment width	0.341	0.590	0.931		头胸甲长 Carapace length	-0.118	0.993	0.875
	右螯长 Right clamp length	0.234	0.449	0.683		第3腹节宽 Third abdominal segment width	0.059	0.825	0.884
	右螯质量 Right clamp weight	-0.339	0.886	0.547		第3腹节高 Third abdominal segment height	0.097	0.738	0.835
	净肉质量 Net meat weight	0.378	0.562	0.940		第6腹节长 Sixth abdominal segment length	0.047	0.785	0.832
	左螯质量 Left clamp weight	0.110	0.513	0.623	右螯质量 Right clamp weight	0.130	0.634	0.764	
					净肉质量 Net meat weight	0.556	0.427	0.983	

续表 6 Continued to Tab. 6

类型 Type	性状 Trait	直接作用 $P_i$ Direct effect	间接作用 $r_{ij} P_j$ Indirect effect	相关系数 $r_{ij}$ Correlation coefficients	类型 Type	性状 Trait	直接作用 $P_i$ Direct effect	间接作用 $r_{ij} P_j$ Indirect effect	相关系数 $r_{ij}$ Correlation coefficients
蓝雄组 MB group	全长 Body length	0.246	0.714	0.960	黄雄组 MY group	全长 Body length	0.163	0.796	0.959
	第 1 腹节宽 Third abdominal segment width	0.132	0.829	0.961		头胸甲宽 Carapace length	0.097	0.863	0.960
	第 2 螯节长 Second segment length of clamp	0.102	0.630	0.732		第 3 腹节高 Third abdominal segment height	0.055	0.798	0.853
	第 4 螯节长 Fourth segment length of clamp	-0.186	0.930	0.744		右螯质量 Right clamp weight	0.138	0.741	0.879
	右螯质量 Right clamp weight	0.299	0.524	0.823		净肉质量 Net meat weight	0.449	0.517	0.966
	净肉质量 Net meat weight	0.401	0.549	0.950		左螯质量 Left clamp weight	0.163	0.690	0.853
	上缘齿数 Number of upper frontal eminence spine	0.020	0.098	0.118					
	左螯质量 Left clamp weight	0.078	0.723	0.801					

2.4 罗氏沼虾各形态性状对体质量的决定程度分析 决定系数可分为单个形态性状对体质量的决定系数  $d_i = P_i^2$  和 2 个形态性状对体质量的决定系数  $d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$ 。表 7 对角线上的数字为每个性状对闭壳肌的单独决定系数 对角线以上是两两性状对体质量的共同决定系数。蓝雌组  $\Sigma d = 0.941$  ,蓝雄组  $\Sigma d = 0.990$  ,黄雌组  $\Sigma d = 0.984$  ,黄雄组  $\Sigma d = 0.991$  都与其对应的相关指数  $R^2$  的数值相等 ,说明表 3 中列出的形态性状都是重点性状。

表 7 罗氏沼虾各主要性状与体质量的决定系数  
Tab. 7 Determinant coefficient of major traits on body weight of *M. rosenbergii*

类型 Type	性状 Trait	$X_1$	$X_7$	$X_{12}$	$X_{17}$	$X_{18}$	$X_{22}$
蓝雌组 FB group	$X_1$	0.055 8					
	$X_7$	0.152 3	0.116 4				
	$X_{12}$	0.079 0	0.110 4	0.054 8			
	$X_{17}$	-0.098 7	-0.142 2	-0.141 4	0.115 1		
	$X_{18}$	0.172 5	0.234 8	0.120 2	-0.154 6	0.142 8	
	$X_{22}$	0.038 5	0.048 9	0.042 2	-0.062 9	0.052 2	0.012 1

续表 7 Continued to Tab. 7

类型 Type	性状 Trait	$X_2$	$X_7$	$X_{14}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$
蓝雄组 MB group	$X_2$	0.060 5					
	$X_7$	0.062 7	0.017 3				
	$X_{14}$	0.031 0	0.016 2	0.010 4			
	$X_{16}$	-0.061 5	-0.031 8	-0.035 0	0.034 7		
	$X_{17}$	0.101 2	0.054 5	0.055 1	-0.100 4	0.089 1	
	$X_{18}$	0.189 9	0.101 4	0.045 3	-0.091 7	0.155 3	0.160 8
黄雌组 FY group	性状 Trait	$X_2$	$X_4$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{17}$
	$X_2$	0.079 3					
	$X_4$	-0.062 3	0.014 0				
	$X_9$	0.029 9	-0.011 4	0.003 5			
	$X_{10}$	0.045 5	-0.016 3	0.010 1	0.009 4		
	$X_{11}$	0.021 2	-0.009 4	0.004 4	0.006 4	0.002 2	
$X_{17}$	0.050 6	-0.020 4	0.009 5	0.012 2	0.007 9	0.016 9	
黄雄组 MY group	性状 Trait	$X_2$	$X_5$	$X_{10}$	$X_{17}$	$X_{18}$	$X_{22}$
	$X_2$	0.026 4					
	$X_5$	0.030 6	0.009 5				
	$X_{10}$	0.015 4	0.008 5	0.003 0			
	$X_{17}$	0.034 4	0.021 0	0.011 0	0.018 9		
	$X_{18}$	0.138 6	0.082 7	0.042 1	0.095 5	0.201 3	
$X_{22}$	0.040 6	0.024 8	0.011 4	0.041 1	0.106 7	0.026 7	

2.5 复相关和回归分析 将测得的数据通过 SPSS 进行负相关分析和多元分析,逐步剔除偏回归系数不显著的形态性状(自变量),结果见表 8、9。

表 8 罗氏沼虾各主要性状与体质量的复相关系数

Tab. 8 Multiple-correlation coefficients of major traits on body weight of *M. rosenbergii*

类型 Type	自变量数 No. of variables	复相关系数 Multiple $R$	相关指数 $R$ square	校正相关系数 Adjusted $R$ square
蓝雌组 FB group	6	0.970	0.941	0.938
蓝雄组 MB group	8	0.995	0.990	0.990
黄雌组 FY group	7	0.992	0.984	0.983
黄雄组 MY group	6	0.995	0.991	0.990

表9 罗氏沼虾各主要性状与体质量的回归关系的方差分析  
Tab.9 ANOVA analysis of regression of major traits on body weight of *M. rosenbergii*

类型 Type	自变量数 No. of variables	项目 Item	平方和 Sum of square	自由度 df	均方 Mean square
蓝雌组 FB group	6	回归 Regression	1 130.694	6	188.449
		残差 Residual	70.886	113	0.627
		总计 Total	1 201.580	119	
蓝雄组 MB group	8	回归 Regression	11 312.013	8	1 414.002
		残差 Residual	109.083	111	0.983
		总计 Total	11 421.095	119	
黄雌组 FY group	7	回归 Regression	1 027.055	7	146.722
		残差 Residual	16.248	112	0.145
		总计 Total	1 043.304	119	
黄雄组 MY group	6	回归 Regression	5 108.687	6	851.448
		残差 Residual	48.912	113	0.433
		总计 Total	5 157.599	119	

2.6 多元回归方程的建立 根据多元相关和途径分析的结果,以体质量为因变量,其他性状为自变量,对显著的形态性状进行多元回归分析,建立了  $X_i$  与体质量  $Y$  的多元回归方程:

$$\text{蓝雌组 } Y = -16.045 + 0.105X_1 + 0.727X_7 + 0.092X_{12} - 9.747X_{17} + 1.057X_{18} + 3.774X_{22};$$

$$\text{蓝雄组 } Y = -17.820 + 0.157X_2 + 0.545X_7 + 0.183X_{14} - 0.154X_{16} + 2.232X_{17} + 1.396X_{18} + 0.225X_{19} + 0.695X_{22};$$

$$\text{黄雌组 } Y = -8.673 + 0.096X_2 - 0.074X_4 + 0.152X_9 + 0.174X_{10} + 0.225X_{11} + 4.158X_{17} + 1.687X_{18};$$

$$\text{黄雄组 } Y = -14.691 + 0.096X_2 + 0.290X_5 + 0.223X_{10} + 1.772X_{17} + 1.539X_{18} + 2.055X_{22}。$$

上述公式中的形态性状在多元回归关系的显著性检验和偏回归系数的显著性检验均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ) 或显著水平 ( $P < 0.01$ ) (表10),说明选择的性状对体质量有较大的决定作用。

表10 偏回归系数和回归参数的显著性检验表  
Tab.10 Significance test of partial regression coefficient and regression constant

类型 Type	模式与性状 Mode and traits	非标准化系数 B Unstandardized coefficients B	标准误差 Standard error	标准化系数 Standardized Coefficients	t 值 t-value	误差概率 P-value	95% 下限 Lower 95%	95% 上限 Upper 95%
蓝雌组 FB group	回归截距 Intercept	-16.045	2.364		-6.787	0	-20.729	-11.361
	$X_1$	0.105	0.054	0.236	1.960	0.052	-0.001	0.212
	$X_7$	0.727	0.144	0.341	5.053	0	0.442	1.011
	$X_{12}$	0.092	0.023	0.234	3.964	0	0.046	0.138
	$X_{17}$	-9.746	1.762	-0.339	-5.532	0	-13.235	-6.256
	$X_{18}$	1.057	0.265	0.378	3.981	0	0.531	1.582
	$X_{22}$	3.774	1.609	0.110	2.346	0.021	0.587	6.962

续表 10 Continued to Tab. 10

类型 Type	模式与性状 Mode and traits	非标准化系数 B Unstandardized coefficients B	标准误差 Standard error	标准化系数 Standardized Coefficients	t 值 t-value	误差概率 P-value	95% 下限 Lower 95%	95% 上限 Upper 95%
蓝雄组 MB group	回归截距 Intercept	-17.820	2.287	-7.793	0	-22.351	-13.289	
	$X_2$	0.157	0.033	0.246	4.802	0	0.092	0.222
	$X_7$	0.545	0.206	0.132	2.652	0.009	0.138	0.953
	$X_{14}$	0.183	0.053	0.102	3.428	0.001	0.077	0.289
	$X_{16}$	-0.154	0.022	-0.186	-6.983	0	-0.197	-0.110
	$X_{17}$	2.232	0.236	0.299	9.476	0	1.765	2.698
	$X_{18}$	1.396	0.128	0.401	10.930	0	1.143	1.650
	$X_{19}$	0.225	0.106	0.020	2.117	0.036	0.014	0.436
黄雌组 FY group	回归截距 Intercept	-8.673	1.010	-8.584	0	-10.675	-6.671	
	$X_2$	0.096	0.022	0.282	4.351	0	0.052	0.139
	$X_4$	-0.074	0.025	-0.118	-2.975	0.004	-0.123	-0.025
	$X_9$	0.152	0.071	0.059	2.135	0.035	0.011	0.293
	$X_{10}$	0.174	0.046	0.097	3.745	0	0.082	0.266
	$X_{11}$	0.225	0.104	0.047	2.163	0.033	0.019	0.431
	$X_{17}$	4.158	0.600	0.130	6.929	0	2.969	5.347
	$X_{18}$	1.687	0.131	0.556	12.894	0	1.428	1.947
黄雄组 MY group	回归截距 Intercept	-14.691	1.665	-8.822	0	-17.990	-11.391	
	$X_2$	0.096	0.022	0.163	4.346	0	0.052	0.140
	$X_5$	0.290	0.106	0.097	2.730	0.007	0.080	0.501
	$X_{10}$	0.223	0.074	0.055	3.003	0.003	0.076	0.371
	$X_{17}$	1.772	0.360	0.138	4.923	0	1.059	2.485
	$X_{18}$	1.539	0.108	0.449	14.298	0	1.326	1.752
	$X_{22}$	2.055	0.329	0.163	6.252	0	1.404	2.706

### 3 讨论

鱼类方面,王新安等研究了大菱鲂(*Scophthalmus maximus*) 幼鱼表型形态性状与体质量之间的关系<sup>[3]</sup>,王凯等研究了牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 形态性状对体质量的影响效果<sup>[4]</sup>。虾类方面,刘博等研究了中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*) “黄海 1 号”生长性状对体质量的影响效果<sup>[5]</sup>,刘凯等研究了长江下游日本沼虾(*M. nipponense*) 形态特征及主要性状对体质量的影响<sup>[7]</sup>。贝类方面,刘志刚等采用通径分析方法分析了不同养殖区马氏珠母贝(*Pinctada martensii*) 各经济性状对体质量的决定效应<sup>[13]</sup>,常亚青等研究了 1 龄虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*) 各形态性状对体质量的影响<sup>[11]</sup>,栗志民等<sup>[14]</sup>研究了企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*) 主要经济性状对体质量的影响效果。笔者应用统计分析方法研究了罗氏沼虾形态性状对体质量的影响效果,保留与体质量显著相关的、直接作用大的形态性状,结合考虑大规模生产过程中操作方便,剔除不易测量或测量过程中对动物造成伤害的性状,结果认为:蓝雌组的育种目标性状首选指标是第 1 腹节宽,蓝雄组、黄雌组和黄雄组的都是全长。

张涛等通过对华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*) 性状间关系的研究,认为同一物种的不同群体中性状间的多元回归及通径分析的结果会有很大的不同,即使是亲本所在群体与其子代群体的通径分析结果差异也会有很大<sup>[10]</sup>。刘凯在研究日本沼虾形态性状对体质量影响的时候,为避免日本沼虾因雌雄个体间规格、形态差异而导致更大的统计误差,没有按照常规方法将雌雄群体合并统计,而是分别进行了相关分

析、通径分析并拟合了回归方程<sup>[7]</sup>。笔者经过相关系数分析、通径分析、决定系数筛选及偏回归关系检验筛选,分别拟合了不同鳌色、不同性别的罗氏沼虾群体的最优回归方程。在研究中笔者也发现,在同一批、同一池塘的不同性别、不同鳌色的群体中,对体质量直接影响较大的性状不尽相同,且虽直接影响最大的都是净肉质量,但是系数差别也较大,分别是0.378、0.401、0.299和0.556。因此,在罗氏沼虾选择育种的实际应用过程中,应针对不同性别、鳌色的群体做相应统计分析,以便能够选择最佳的形态性状。

### 参考文献:

- [1] 史建华,肖雨,徐琴英.罗氏沼虾引种复壮技术的研究[J].水产科技情报,2001,28(2):64-67.
- [2] 邓平平,戴习林,臧维玲,等.罗氏沼虾形态性状对体重的影响[J].江苏农业科学,2012,40(7):205-211.
- [3] 王新安,马爱军,许可,等.大菱鲂幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J].动物学报,2008,54(3):540-545.
- [4] 王凯,刘海金,刘永新,等.牙鲆形态性状对体重的影响效果分析[J].上海水产大学学报,2008,17(6):655-660.
- [5] 刘博,李健,刘萍,等.中国对虾“黄海1号”生长性状对体重的影响效果分析[J].海洋科学集刊,2009,(49):96-103.
- [6] 罗坤,孔杰,栾生,等.罗氏沼虾生长性状的遗传参数及其相关性[J].海洋水产研究,2008,29(3):80-84.
- [7] 刘凯,张敏莹,段金荣,等.长江下游日本沼虾形态特征及主要性状对体重的影响[J].云南农业大学学报(自然科学版),2011,26(5):645-651.
- [8] FARMER A S D. Morphometric relationships of commercially important species of penaeid shrimp from the Arabian Gulf [J]. Kuwait Bull. Mar. Sci., 1986(7): 1-21.
- [9] 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.
- [10] 张涛.华贵栉孔扇贝养殖群体数量性状及壳色遗传的初步研究[D].汕头:汕头大学,2010.
- [11] 常亚青,张存善,曹学彬,等.一龄虾夷扇贝形态性状对重量性状的影响效果分析[J].大连水产学院学报,2008,23(5):330-334.
- [12] DENG Y W, LIU X, ZHANG G F, et al. Genetic parameter estimates for growth traits at early stage of Pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2007, 26(5): 90-95.
- [13] 刘志刚,王辉,孙小真,等.马氏珠母贝经济性状对体重决定效应分析[J].广东海洋大学学报(自然科学版),2007,27(4):15-20.
- [14] 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.
- [15] 袁志法,周静芋.试验设计与分析[M].北京:高等教育出版社,2000:142-182.
- [16] 盛志廉,吴常信.数量遗传学[M].北京:中国农业出版社,1995:120-168.

## Effects of Morphometric Traits on Body Weight of *Macrobrachium rosenbergii* with Different Clamp Colors

YANG Shiping, LIU Huiling, JIANG Bojie, CHEN Siuming, SUN Chengbo  
(College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** The six-months-old *Macrobrachium rosenbergii* with different clamp colors and sex, i. e. male shrimps with dark blue clamp (MB), female shrimps with dark blue clamp (FB), male shrimps with light yellow clamp (MY), female shrimps with light yellow clamp (FY), were collected to measure their 22 morphometric traits. The effects of the morphometric traits on body weight were analyzed by path analysis, and the resulted correlation coefficients, path coefficients and determination coefficients were put for multiple aggression analysis. The results showed that the morphometric traits, i. e. six traits of FB group, eight traits of MB group, seven traits of FY group and six traits of MY group were highly significantly correlated with the correlation coefficients of the body weight ( $P < 0.01$ ). Considering the correlation coefficients, path coefficients and readiness of traits measurement it is believed that the first abdominal segment width should be the first target trait for breeding of FB and that the body length be the first target trait for breeding of MB, MY and FY.

**Key words:** *Macrobrachium rosenbergii*; morphological traits; correlation coefficient; determination coefficient; path analysis