

中国沿海日本囊对虾5个地理群体间形态差异比较分析

蔡晓鹏¹, 游欣欣¹, 曾凡荣¹, 宋维彦^{1,2}, 李昂¹, 尤颖哲³, 丁少雄¹

(1. 厦门大学 海洋与环境学院, 福建 厦门 361005; 2. 日照职业技术学院 水产学院, 山东 日照 276826; 3. 漳州市水产技术推广站, 福建 漳州 363000)

摘要: 应用多元分析方法, 采用体质量和10个形态性状为指标对中国沿海陵水、北海、惠来、诏安、厦门5个地理群体的日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)进行了比较分析, 结果表明, 日本囊对虾雌雄个体间形态差异显著($P < 0.05$); 而同一性别不同地理群体间的形态以陵水、北海群体间较为相近, 厦门、诏安群体间较为相近, 但各地理群体间差异不显著($P > 0.05$); 雌性个体的体长、头胸甲宽和雄性个体的体长、第六腹节宽分别与体质量的相关系数达到了极显著水平($P < 0.01$); 雌性日本囊对虾的体长(X_2)、头胸甲宽(X_4)对体质量(Y)的最优多元回归方程为: $Y = -151.737 + 9.235X_2 + 23.194X_4$, 雄性日本囊对虾体长(X_2)、第六腹节宽(X_9)对体质量(Y)的最优多元回归方程为: $Y = 85.280 + 5.222X_2 + 43.656X_9$ 。以上结果为日本囊对虾的选择育种提供了理想的测度指标。[中国水产科学, 2010, 17(3): 478–486]

关键词: 日本囊对虾; 地理群体; 形态差异; 多元回归分析

中图分类号: S91

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)03-0478-09

日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*), 之前也称日本对虾(*Penaeus japonicus*)^[1-3], 是中国海水虾类养殖的主要种类之一, 特别是近年来在对虾养殖业深受病害侵害的情况下, 日本囊对虾以其相对抗病力较强、适应性广、经济效益高、离水性较好以及适于长距离运输等优点倍受养殖者的青睐。目前中国南起海南, 北至辽宁已形成大规模日本囊对虾产业, 并在日益扩大^[4]。随着日本囊对虾养殖面积不断扩大, 对日本囊对虾的优质虾苗需求量也在不断增加。如何选育优良性状的日本囊对虾, 已成为海水对虾养殖业健康可持续发展的重要课题。

应用多元分析方法研究经济水产动物自然种群、群体的资源现状, 为种质资源保护和亲体选育提供基础资料, 目前已有不少报道。刘小林等^[5]采用多元回归分析方法分析了凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)各形态性状对体质量的影响效果; 董世瑞等^[6]采用多元回归分析方法分析了中国明对虾(*Fenneropenaeus*

chinensis)的各形态性状对体质量的影响; 刘小林等^[7]采用多元回归分析方法分析了栉孔扇贝(*Chlamys (Azumapekten) farreri*)壳尺寸性状对活体质量的影响效果; 冯建彬等^[8]采用3种多元分析法分析了中国4海区不同群体文蛤(*Meretrix meretrix*)形态差异; 赵晓勤等^[9]运用3种多元分析方法分析了日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)4个种群的形态差异; 安丽等^[10]采用多元回归分析法分析了“黄海1号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果; 但有关日本囊对虾不同地理群体的形态差异对体质量影响的研究至今尚未见报道。笔者采用协方差分析、判别分析、主成分分析和聚类分析等方法分析了中国沿海日本囊对虾5个地理群体雌雄间的形态差异, 同时采用多元逐步回归法对不同性别日本囊对虾各形态性状与体质量的相关关系进行分析, 建立了形态性状与体质量之间的最优多元回归方程, 为日本囊对虾种质资源的保护和选育提供了数据支持。

收稿日期: 2009-09-29; 修订日期: 2009-11-17.

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(200803012); 福建省科技厅重大项目(2009N3011).

作者简介: 蔡晓鹏(1987-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋动物资源与育种研究. E-mail: 443201740@qq.com

通讯作者: 丁少雄, 副教授. E-mail: sxding@xmu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用的日本囊对虾共299只,雌、雄个体性腺成熟度均在Ⅱ期-Ⅲ期之间,为2008年10月-12月

分别捕捞自福建厦门(♀71尾,♂31尾),广西北海(♀28尾,♂26尾),海南陵水(♀51尾,♂23尾),广东惠来(♀11尾,♂24尾),福建诏安(♀23尾,♂11尾)沿海。各采样点地理位置如图1所示。

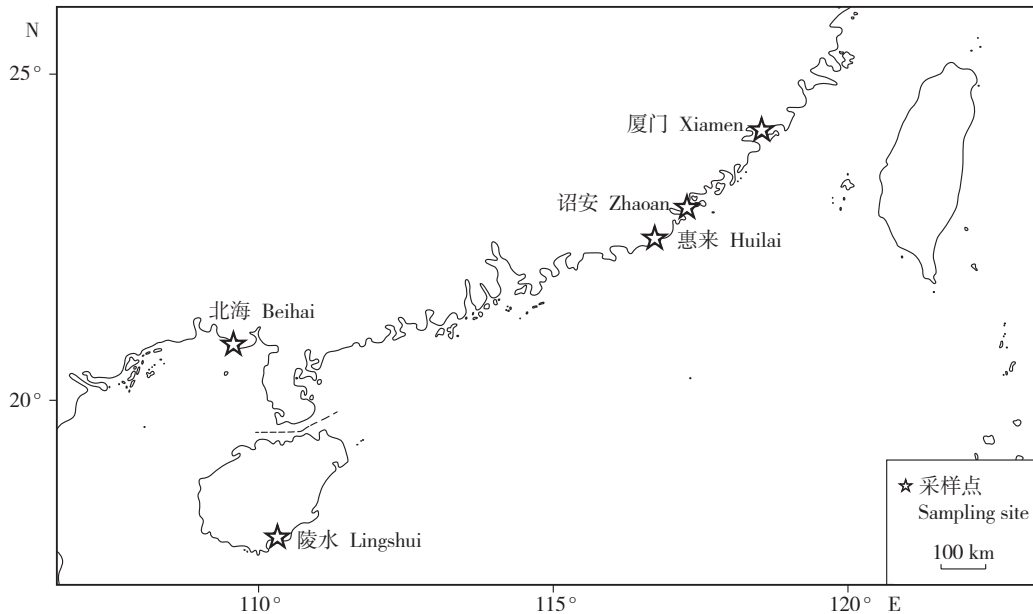


图1 本研究采样点地理位置

Fig. 1 Locations of the sampling stations in this survey

1.2 测定方法

使用精确度为0.02 mm的游标卡尺测量全长、体长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高、第一腹节宽、第一腹节高、第六腹节长、第六腹节宽、尾节长等10个形态性状(图2)。用滤纸吸干对虾体表水分后,用精确度为0.001 g的电子天平测量对虾体质量。

1.3 分析方法

1.3.1 各性状的表型参数估计值(统计量) 对所测形态性状和体质量的数据资料进行表型统计量分析。变异系数=(标准差/平均数)×100%

1.3.2 协方差分析 分别以性别、地理群体为分组依据,以头胸甲长为协变量,对其他9个形态性状进行协方差分析。

1.3.3 判别分析 为消除日本囊对虾个体大小对参数值的影响,先将每尾对虾的所有参数分别除以头胸甲长予以校正,得出9个形态学比例性状,再用逐步判

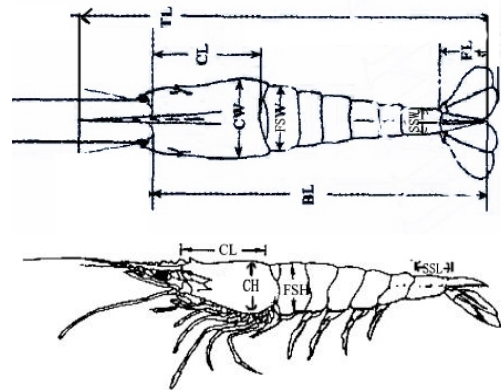


图2 日本囊对虾形态参数测定部位示意图

TL-全长;BL-体长;CL-头胸甲长;CW-头胸甲宽;CH-头胸甲高;FSW-第一腹节宽;FSH-第一腹节高;SSW-第六腹节宽;SSL-第六腹节长;FL-尾节长。

Fig. 2 Sketch of measurement part of morphometric attributes for *Marsupenaeus japonicus*

TL-Total length; BL-Body length; CL-Carapace length; CW-Carapace width; CH-Carapace height; FSW-First segment width; FSH-First segment height; SSW-Sixth segment width; SSL-Sixth segment length; FL-Tail-fan length.

别法对所有样本进行分析。判别准确率的计算公式:

$P_1(\%) = \text{某日本囊对虾群体判别正确的尾数} / \text{该群体实际尾数} \times 100$

$P_2(\%) = \text{某日本囊对虾群体判别正确的尾数} / \text{判入该群体尾数} \times 100$

$$\text{综合判别率 } P = \sum_{i=1}^k A_i / \sum_{i=1}^k B_i$$

其中 A_i 为第 i 个群体判别正确的日本囊对虾数, B_i 为第 i 个群体实际判别的日本囊对虾数, k 为群体数。

1.3.4 聚类分析 为将多个指标作为小数指标的统计方法,所有数值处理参照判别分析方法,先进行校正处理,得出9个形态比例性状后,再分别求出各组样本每个参数校正值的平均值,用平均校正值进行聚类分析。所采用的聚类方法为欧式距离的最短系统聚类法。

1.3.5 主成分分析 为将多个指标作为小数指标的统计方法,所有数值处理同判别分析方法,先进行校正处理获得9个形态比例性状,通过SPSS 13.0的主成分分析法得出2个综合性指标(即互不关联的2个主成分),以及主成分贡献率和累计贡献率等。

1.3.6 多元逐步回归分析 将所获得的体质量及

10个形态性状的数据经初步统计整理,获得各项表型参数估计值(统计量)后再通过回归分析逐步剔除偏回归系数不显著的形态性状,将偏回归系数显著的形态性状对体质量建立多元回归方程。

相关系数的计算公式如下:

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

通径系数(P_i)就是标准化标量的偏回归系数:

$$P_i = R_{xy}^{-1} R_{xi}$$

决定系数分为2种:(1)单个决定系数(d_i): $d_i = P_i^2$; (2)共同决定系数(d_{ij}): $d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$ 。

2 结果与分析

2.1 表型统计量分析

对所测形态性状和体质量的数据进行表型统计量分析。最后选取雌雄不同地理群体的全长和体质量的平均值和标准差列于表1。由表1可见,各地理群体雌虾的全长和体质量均比雄虾大;厦门虾的全长和体质量最大,而北海虾的全长和体质量最小。各地理群体对应的全长变异系数差异较小,体质量变异系数大于全长的变异系数。

表1 日本囊对虾部分所测性状的表型统计量

Tab. 1 Measured values of total length and body weight of *Marsupenaeus japonicus*

指标 Parameter	雌性 Female					雄性 Male				
	厦门 XM	北海 BH	陵水 LS	惠来 HL	诏安 ZA	厦门 XM	北海 BH	陵水 LS	惠来 HL	诏安 ZA
全长/cm TL	23.13	18.56	21.30	21.72	21.80	20.25	15.84	17.06	18.50	18.54
全长标准差/cm SD of TL	2.63	1.18	1.52	1.39	1.68	0.85	0.67	1.32	1.79	1.07
全长变异系数/% CV of TL	11.37	6.38	7.14	6.40	7.71	4.20	4.23	7.74	9.68	5.77
体质量/g BW	96.94	47.75	72.71	74.68	75.80	58.03	27.35	32.93	42.80	42.88
体质量标准差/g SD of BW	9.81	9.95	14.98	15.52	12.47	9.77	4.11	8.14	11.91	5.84
体质量变异系数/% CV of BW	10.12	20.84	20.60	20.78	16.45	16.84	15.03	24.72	27.83	13.62

注: TL-全长; BW-体质量; SD-标准差; CV-变异系数; XM-厦门; BH-北海; LS-陵水; HL-惠来; ZA-诏安。

Note: TL-Total length; BW-Body weight; SD-Standard deviation; CV-Coefficient of variation; XM-Xiamen; BH-Beihai; LS-Lingshui; HL-Huilai; ZA-Zhaoan.

2.2 协方差分析

分别将5个地理群体的实验虾分成雌雄两组,共得到5个雌性地理群体和5个雄性地理群体。以

头胸甲长为协变量,分别以性别和地理群体为分组依据,对其他9个形态性状进行协方差分析,结果如表2所示。分析结果表明,在排除头胸甲长(个

体大小)影响后,中国沿海日本囊对虾雌、雄个体在头胸甲宽(X_4)、第一腹节宽(X_6)、第一腹节高(X_7)这3个形态特征的差异显著($P<0.05$); 雄性日本囊对

虾不同地理群体在全长(X_1)、体长(X_2)上差异显著($P<0.05$)。雌性日本囊对虾不同地理群体间各形态性状差异不显著($P>0.05$)。

表2 不同地理群体日本囊对虾9个形态性状的协方差分析

Tab. 1 Analysis of covariance on nine morphological traits among different geographic populations of *Marsupenaeus japonicus*

方差来源 Source of variance	X_1	X_2	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
雌雄间 Between males and females	0.617	0.714	0.000*	0.277	0.027*	0.006*	0.411	0.497	0.356
雌性不同地理群体间 Among different populations of females	0.702	0.475	0.459	0.952	0.711	0.293	0.078	0.276	0.188
雄性不同地理群体间 Among different populations of males	0.011*	0.031*	0.125	0.055	0.194	0.159	0.051	0.251	0.374

注: *表示不同地理群体间差异显著($P<0.05$)。 X_1 为全长(cm), X_2 体长(cm), X_4 头胸甲宽(cm), X_5 头胸甲高(cm), X_6 第一腹节宽(cm), X_7 第一腹节高/(cm), X_8 第六腹节长(cm), X_9 第六腹节宽(cm), X_{10} 尾节长(cm)。

Note: * indicates significant difference among populations ($P<0.05$). X_1 -Total length (cm), X_2 -Body length (cm), X_4 -Carapace width (cm), X_5 -Carapace height (cm), X_6 -First abdominal segment width (cm), X_7 -First abdominal segment height (cm), X_8 -Sixth abdominal segment length (cm), X_9 -Sixth abdominal segment width (cm), X_{10} -Tail-fan length (cm)。

2.3 判别分析

分别对5个雌性地理群体和5个雄性地理群体进行判别分析,结果如表3、表4和表5所示。雌雄群体间、雌性不同地理群体间、雄性不同地理群体间的综合判别率分别为89.6%、55.4%、47.8%。可见不同性别间判别率较高,而同一性别不同地理群体间综合判别率较低,说明中国沿海日本囊对虾雌雄个体间形态差异较明显,而同一性别不同地理群体间形态差异较小。

2.4 聚类分析

所有样本的9个形态参数分别除以头胸甲长校正后进行聚类分析,结果如图3、图4所示,不同地理群体的雌性和雄性日本囊对虾聚类结果相似,均表明北海、陵水群体形态特征较接近,厦门、诏安群体形态特征较接近,彼此间均以较小的欧式距离(差异)聚合成群;而惠来群体则独体于厦门-诏安群体和北海-陵水群体成为独体的一支,但与后者较近。

表3 日本囊对虾雌雄群体间判别分析

Tab. 3 Discrimination analysis between female and male *Marsupenaeus japonicus*

群体类型 Population type	预测分类 Predicted group membership		判别准确率/% Identification accuracy		综合判别率/% Total discrimination accuracy
	雌性 Females	雄性 Males	P_1	P_2	
雌性 Female	160	24	87.0	94.7	89.0
雄性 Male	9	106	92.2	81.5	

表4 日本囊对虾雌性不同地理群体间判别分析

Tab. 4 Discrimination analysis among five female *Marsupenaeus japonicus* populations

群体类型 Population type	预测分类 Predicted group membership					判别准确率/% Identification accuracy		综合判别率/% Total discrimination accuracy
	厦门 XM	北海 BH	陵水 LS	惠来 HL	诏安 ZA	P_1	P_2	
厦门 XM	36	12	6	8	9	50.7	78.3	55.4
北海 BH	5	10	4	6	3	35.7	35.7	
陵水 LS	3	3	35	9	1	68.6	71.4	
惠来 HL	2	1	3	3	2	27.3	10.7	
诏安 ZA	0	2	1	2	18	78.3	54.5	

表5 日本囊对虾雄性不同地理群体间判别分析
Tab. 5 Discrimination analysis among five male *Marsupenaeus japonicus* populations

群体类型 Population type	预测分类 Predicted group membership					判别准确率/% Identification accuracy		综合判别率/% Total discrimination accuracy
	厦门 XM	北海 BH	陵水 LS	惠来 HL	诏安 ZA	P_1	P_2	
厦门XM	17	2	3	6	3	54.8	60.7	47.8
北海BH	5	3	8	5	5	11.5	25.0	
陵水LS	1	3	15	3	1	65.2	51.7	
惠来HL	5	4	3	9	3	37.5	39.1	
诏安ZA	0	0	0	0	11	100.0	47.8	

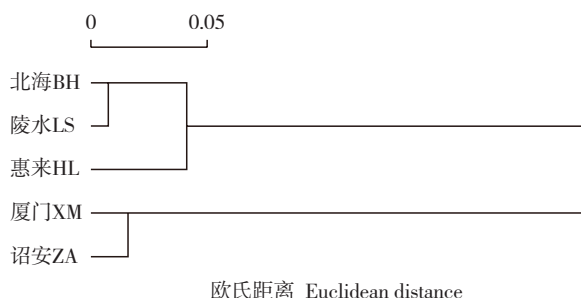


图3 5个地理群体雌性日本囊对虾聚类图
Fig. 3 Diagram of cluster analysis of five populations of female *Marsupenaeus japonicus*

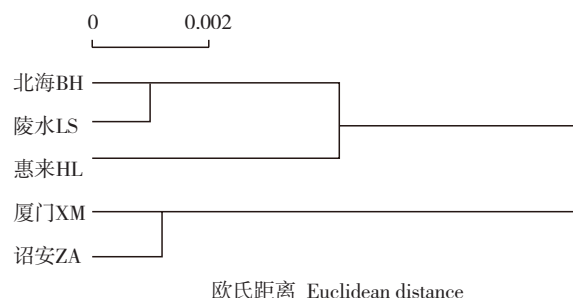


图4 5个地理群体雄性日本囊对虾聚类图
Fig. 4 Diagram of cluster analysis of five populations of male *Marsupenaeus japonicus*

2.5 主成分分析

分别对同一性别不同地理群体的日本囊对虾的9个形态参数除以头胸甲长校正后进行主成分分析。分析结果表明,雌性日本囊对虾不同地理群体的总方差贡献率中,第1主成分占75.5%,第2主成分占20.8%,累积贡献率达96.3%;雄性日本囊对虾不同地理群体的总方差贡献率中,第一主成分占56.1%,第2主成分占42.3%,累积贡献率为98.4%。上述几个主成分中,各比例性状对相应主成分的贡献率均未超过70%,即没有一个比例性状对相应的主成分有明显影响。

同一性别不同地理群体的日本囊对虾的第1、2主成分的散布图分别如图5、图6所示。图5、图6结果相似,可看出雌(雄)性日本囊对虾5个地理群体的重叠较大,几乎难以区分。但重叠程度表明北海、陵水群体更为接近,厦门、诏安群体更为接近,而惠来群体则处于厦门-诏安组群和北海-陵水组群之间。主成分分析的结果与判别分析、聚类分析的结果相一致。

2.6 多元逐步回归分析

上述分析综合表明,中国沿海日本囊对虾雌雄间形态差异显著,而同一性别不同地理群体间差异则不显著。因此通过通径分析、多元逐步回归法分析中国沿海不同性别日本对虾的形态性状与体质量间的关系。分析结果如表6、表7、表8、表9所示。

表6为雌性日本囊对虾各形态性状对体质量的通径系数,经显著性检验,保留达到显著水平的体长、头胸甲宽。其中体长 $P_1=0.700$,头胸甲宽 $P_2=0.271$,进而得到相关指数 $R^2=\sum p_i \cdot r_{xiy}=0.930$ 。而根据单个性状对体质量的决定系数为 $d_i=p_i^2$,2个性状对体质量的共同决定系数 $d_{ij}=2r_{ij} \cdot p_i \cdot p_j$ 。由表中可得2个单独决定系数和1个两两共同决定系数的总和 $\sum d=0.930$,它与相关指数数值相等,且大于0.85。表明表中所列形态性状是影响体质量的重点性状,其他性状影响相对较小。

表7结果中得到雄性日本囊对虾各性状对体质量的通径系数,经显著性检验,保留了达到显著水平

的体长、第六腹节宽。其中体长 $P_1=0.568$, 头胸甲宽 $P_2=0.369$, 进而得到相关指数 $R^2=\sum p_i \cdot r_{xy}=0.877$ 。而根据单个性状对体质量的决定系数为 $d_i=p_i^2$, 2个性状对体质量的共同决定系数 $d_{ij}=2r_{ij} \cdot p_i \cdot p_j$ 。由表7中可得2个单独决定系数和1个两两共同决定系数的总和 $\sum d=0.862$, 它与相关指数数值基本相等, 且大于0.85。表明表中所列形态性状是影响体质量的重点性状, 其他性状影响相对较小。

表8结果中剔除偏回归系数不显著的全长、头胸甲长、头胸甲高、第一腹节宽、第一腹节高、第六腹节长、第六腹节宽、尾节长, 保留偏回归系数显著

($P<0.05$)的体长、头胸甲宽。建立了雌性日本囊对虾以体长、头胸甲宽构成的多元回归方程:

$$Y=-151.737+9.235X_2+23.194X_4$$

其中 Y 为体质量(g), X_2 为体长(cm), X_4 为头胸甲宽(cm)。

表9结果表明, 剔除偏回归系数不显著的全长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高、第一腹节长、第一腹节高、第六腹节长、尾节长, 保留偏回归系数显著($P<0.05$)的体长、第六腹节宽。建立了雄性日本囊对虾以体长、第六腹节宽构成的多元回归方程:

$$Y=-85.280+5.222X_2+43.656X_6$$

表6 日本囊对虾形态性状对体质量的影响和决定系数(雌性)

Tab. 6 The effects and determinant coefficients of morphometric traits on body weight (females)

性状 Traits	相关系数 r_{xy} Correlation coefficient	直接作用 p_i Direct effect	间接作用 $r_{ij} \cdot p_j$ Indirect effect		决定系数 $\sum p_i^2+2r_{ij} \cdot p_i \cdot p_j$ Determinant coefficient	
			总和 $\sum$	体长 Body length	头胸甲宽 Carapace width	体长 Body length
体长 BL	0.962	0.700	0.261		0.261	0.490
头胸甲宽 CW	0.948	0.271	0.664	0.664		0.073

表7 日本囊对虾形态性状对体质量的影响和决定系数(雄性)

Tab. 7 The effects and determinant coefficients of morphometric traits on body weight (males)

性状 Traits	相关系数 r_{xy} Correlation coefficient	直接作用 p_i Direct effect	间接作用 $r_{ij} \cdot p_j$ Indirect effect			决定系数 $\sum p_i^2+2r_{ij} \cdot p_i \cdot p_j$ Determinant coefficient	
			总和 $\sum$	体长 Body length	第六腹节宽 SSW	体长 Body length	第六腹节宽 SSW
体长 BL	0.937	0.568	0.364		0.364	0.323	0.403
头胸甲宽 CW	0.935	0.369	0.531	0.531			0.136

表8 日本囊对虾偏回归系数(雌性)

Tab. 8 Partial regression coefficient of female *Marsupenaeus japonicus*

模式 Model	非标准化系数		标准化系数		t 值 t value	P
	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient			
	B	标准误差 SE	(Beta)			
回归截距 Intercept	-151.737	5.007			-30.304	0.000
体长 Body length (X_2)	9.235	0.992	0.700		9.314	0.000
头胸甲宽 Carapace width (X_4)	23.194	6.432	0.271		3.611	0.000

表9 日本囊对虾偏回归系数(雄性)

Tab. 9 Partial regression coefficient of male *Marsupenaeus japonicus*

模式 Model	非标准化系数		标准化系数		<i>t</i> 值 <i>t</i> value	<i>P</i>
	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient			
	<i>B</i>	标准误差 SE	(Beta)			
回归截距 Intercept	-85.280	4.059			-18.305	0.000
体长 Body length (<i>X</i> ₂)	5.222	1.000	0.508		5.225	0.000
头胸甲宽 Carapace width (<i>X</i> ₄)	43.656	12.208	0.389		3.570	0.001

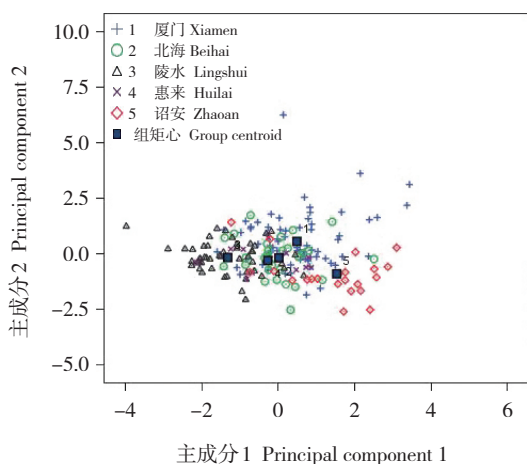


图5 5个地理群体雌性日本囊对虾主成分散布图
Fig. 5 Scattering diagram of the principal components of the five populations of female *Marsupenaeus japonicus*

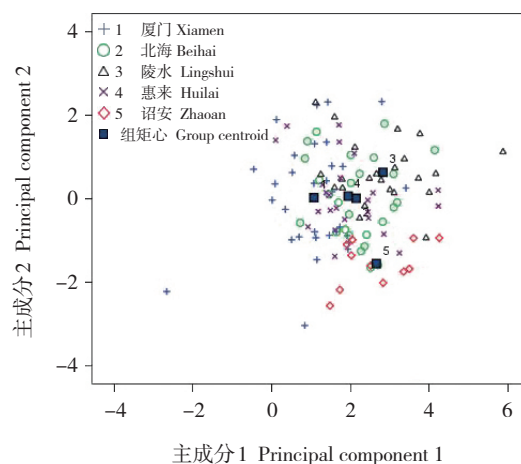


图6 5个地理群体雄性日本囊对虾主成分散布图
Fig. 6 Scattering diagram of the principal components of the five populations of male *Marsupenaeus japonicus*

其中 Y 为体质量(g), X_2 为体长(cm), X_9 为第六腹节宽(cm)。

3 讨论

3.1 对虾大小参照基数的选择

郭慧等^[11]在对不同罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)种群形态差异的比较研究中采用体长为基数来消除罗氏沼虾个体大小对形态参数值的影响;而Diaz等^[12]在对桃红美对虾(*Farfantepenaeus duorarum*)的多元异速生长分析中则采用头胸甲长为基数来消除桃红美对虾个体大小对形态参数的影响。本研究参照Diaz等^[12]的方法采用头胸甲长为基数来消除日本囊对虾个体大小对形态参数值的影响,因为在所有的形态参数中,头胸甲长的测量结果是最准确的^[12]。

3.2 日本囊对虾5个地理群体间的形态差异

目前北方(如大连、青岛)的日本囊对虾的人工放流现象已有不少报道^[13-14],但在南方地区的这种现象迄今未见公开报道。为了避免由于人工放流带来的人为干扰,本次实验主要检测台湾海峡以南海域日本囊对虾的群体差异。由所测性状的表型测量值分析、协方差分析、判别分析、主成分分析结果可知,日本囊对虾不同性别间形态差异较大,而同一性

别不同地理群体间形态差异则较小。雌性的5个地理群体和雄性的5个地理群体日本囊对虾的聚类分析和主成分分析结果一致,表明北海、陵水群体形态特征较近,厦门、诏安群体形态特征较近,而惠来群体形态特征则介于厦门-诏安群体和北海-陵水群体之间,但与后者较接近。

不同性别日本囊对虾形态差异较大,主要原因在于性腺成熟度和性腺大小的差异。因为本实验所研究的日本囊对虾性腺成熟度都在Ⅱ期—Ⅲ期之间,此时雌性个体的性腺明显大于雄性个体的性腺。而性腺的大小差异直接影响到雌雄个体在形态上的差异,特别是头胸部,因为日本囊对虾的性腺器官主体在头胸部并向后延伸至第六腹节,性腺发育亦由头胸部率先启动再向后发展,第一腹节是离头胸甲最近的一个体节,性腺发育仅次于头胸部。协方差分析的结果中,排除头胸甲长因素后,雌雄日本囊对虾正是在头胸甲宽、第一腹节宽、第一腹节高上存在差异显著。表明排除头胸甲长因素后,性腺发育对头胸甲宽、第一腹节宽、第一腹节高影响显著。值得一提的是排除头胸甲长因素后,雌雄个体间长度差异不显著,这与桃红美对虾的分析结果一致^[12],说明性腺发育程度主要影响对虾的宽度和高度对长度的比例,并不影响对虾各体节间的长度比例。

不同地理群体间的形态差异与地理分布、纬度高低关系比较大。北海、陵水群体地理位置较为接近,在5个地理群体中是纬度最低的2个群体;厦门、诏安地理位置也较为接近,在5个地理群体中是纬度最高的2个群体;而惠来群体的地理位置则处于上述4个群体之间。纬度高低影响日本囊对虾的生活环境,特别是温度。Atkinson^[15]在1994年发现,大约80%以上的实验研究论证了培养温度和成年个体大小之间有相反的关系,即在较低温度下生长的成熟个体比在较高温度下生长的成熟个体大。而北海、陵水、惠来、福建海域均属于亚热带海域,但受纬度和南海暖水系的影响,5个栖息地中,北海、陵水海域常年水温最高,惠来海域次之,而福建海域则最低。相对应的性腺成熟度为Ⅱ期—Ⅲ期的日本囊对虾中,北海—陵水的群体个体一般较小,厦门—诏安群体的个体一般较大,而惠来群体个体大小则介于上述2组群体之间,更接近于北海—陵水群体。

综上所述,在排除个体大小因素后,中国沿海日本囊对虾雌雄个体形态差异显著,而不同地理群体个体间随纬度不同在形态上有着一定的差异,但差异程度较不显著。

3.3 影响体质量的重点性状的确定

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,才表明影响因变量的主要自变量已经找到。本研究中,雌性 $\sum d = 0.930 > 0.85$,雄性 $\sum d = 0.862 > 0.85$,说明所保留的雌雄日本囊对虾的形态性状是影响体质量的重点性状,其他尚未测度的性状和剔除的性状影响相对较小,进一步说明通径系数分析结果能够反映形态性状与体质量之间的真实关系。

中国沿海雌性日本囊对虾的体长、头胸甲宽对体质量的影响显著,雄性日本囊对虾的体长、第六腹节宽对体质量的影响显著。而在凡纳滨对虾中对体质量有显著影响的性状为体长、头胸甲长、头胸甲胸宽

和额剑下刺数^[5];在中国明对虾为体长、全长、头胸甲长、头胸甲宽和第5腹节高^[6]。可见种类不同或性别不同,对虾个体对体质量影响显著的形态参数不同,但上述3种对虾的体长对体质量的的影响均显著。

3.4 日本囊对虾数量性状的选育

数量性状的生长指标一般有2类:以长度度量的生长指标和以体质量度量的生长指标。本研究用日本囊对虾的长度性状和质量性状来共同探讨日本囊对虾数量性状间的关系。把长度性状作为自变量,其对质量性状的回归相关性极显著($P < 0.01$),可见对日本囊对虾而言,长度性状作为自变量是恰当的,对凡纳滨对虾、中国明对虾、栉孔扇贝等的研究中也得到相似的结果^[5-7]。从本研究结果可知,雄虾与性腺成熟雌虾形态性状对体质量的影响有所差异,这主要是由于性腺占体质量比例不一致。因此如果要对性腺成熟的雄虾或雌虾进行选育,可分别采用本研究中雄性或雌性日本囊对虾形态特征对体质量的回归方程。总之,选育对象不同,所采用的形态选育指标也有所差异。

参考文献:

- [1] Perez-Farfante I, Kensley B. Panaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world [C]// Key and diagnoses for the families and genera. Memoires du Museum Nationald' Histoire naturelle, 1997: 1-233.
- [2] 刘瑞玉. 关于对虾类(属)学名的改变和统一问题[C]// 甲壳动物学论文集. 第四辑. 北京: 科学出版社, 2003: 104-122.
- [3] 刘瑞玉 钟振如. 南海对虾类[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 132-138.
- [4] 王克行, 吴琴琴, 纪成林. 虾蟹类增养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [5] 刘小林, 吴长功, 张志怀, 等. 凡纳滨对虾形态性状的影响效果分析[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 857-862.
- [6] 董世瑞, 孔杰, 万初坤, 等. 中国对虾形态性状影响的通径分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 15-22.
- [7] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 673-678.
- [8] 冯建彬, 李家乐, 王美珍, 等. 我国四海区不同群体文蛤形态差异与判别分析[J]. 浙江海洋学院学报, 2005, 24(4): 318-323.
- [9] 赵晓勤, 倪娟, 陈立侨, 等. 日本沼虾4种群的形态差异分析[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 224-229.

- [10] 安丽,刘萍,李健,等. “黄海1号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(5): 779–786.
- [11] 郭慧,陈立侨,杨国梁,等. 不同罗氏沼虾种群形态差异的比较研究[J]. 中国水产科学, 2006, 13(4): 530–535.
- [12] Diaz G A, Smith S G, Serafy J, et al. Allometry of the growth of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in a subtropical bay [J]. Trans Am Fish Soc, 2001, 130: 328–335.
- [13] 李旭杰,任一平,徐宾铎,等. 青岛市古镇口湾增殖放流日本囊对虾的生长特性[J]. 南方水产, 2008, 4(4): 26–29.
- [14] 何晓明,于深礼,王建芳,等. 辽东湾渔场日本囊对虾移殖放流状况及发展[J]. 水产科学, 2002, 21(4): 42–43.
- [15] Atkinson D. Temperature and organism size—A biological law for ectotherms? [J]. Adv Ecol Res, 1994, 25: 1–58.

Analysis on morphological variations among five populations of *Marsupenaeus japonicus* from coastal areas of China

CAI Xiaopeng¹, YOU Xinxin¹, ZENG Fanrong¹, SONG Weiyan^{1,2}, LI Ang¹, YOU Yingzhe³, DING Shaoxiong¹

(1. College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. College of Fishery, Rizhao Occupation Technique College, Rizhao 276826, China; 3. Zhangzhou Aquaculture Technique Popularizing Department, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: Body weight and ten morphological traits in five geographic groups of *Marsupenaeus japonicus* in coastal areas of China were compared using multivariate analysis method. Results show that there were significant variations between male and female *M. japonicus* while no significant variations between different geographic populations. For the same gender, populations from Hainan and Beihai were closely linked and those from Xiamen and Zhaoan were closely linked. Significant correlation coefficients ($P < 0.01$) were found between body weight (Y) and morphological traits of body length (X_2) and carapace width (X_4) for females, and between body weight (Y) and body length (X_2) and the sixth abdominal segment width (X_9) for males, which are ideal indicators of measurement for *M. japonicus* aquaculture. The multiple regression equations were established as $Y = -151.737 + 9.235X_2 + 23.194X_4$ for females and $Y = 85.280 + 5.222X_2 + 43.656X_9$ for males. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 478–486]

Key word: *Marsupenaeus japonicus*; population; morphological variation; multiple regression analysis

Corresponding author: DING Shaoxiong. E-mail: sxding@xmu.edu.cn