

美国 4 个凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)种群形态差异与判别分析*

孙成波¹ 陈国良² 童汉荣¹ 叶宁¹ 邓超¹ 李婷¹ 王平¹

(1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524025; 2. 湛江海茂水产生物科技有限公司 湛江 524001)

提要 采用 3 种多元分析方法, 对来源于美国的 4 个凡纳滨对虾种群的 13 个形态比例参数进行比较研究。聚类分析结果表明, Kona Bay 种群与 Molokai 种群形态差异很小, 而 SIS 种群、OI 种群趋异程度逐渐增加。判别分析结果显示, 4 种群的 13 个形态比例参数有着极显著的差异($P > 0.01$); 4 个种群雌虾的判别准确率 P_1 为 61.76%—97.14%, 判别准确率 P_2 为 62.03%—96.43%, 综合判别率为 80.25%; 4 个种群雄虾的判别准确率 P_1 为 75.76%—97.06%, 判别准确率 P_2 分别为 67.57%—97.06%, 综合判别率为 80.71%, 各种群的判别函数判别准确率均较高; 主成分分析, 构建的雌体的 5 个主成分方差贡献率分别为, 主成分 1 :23.594%, 主成分 2 :19.534%, 主成分 3 :15.748%, 主成分 4 :13.653%, 主成分 5 :8.653%。累积贡献率为 81.182%。而在构建的雄体的 5 个主成分中, 方差贡献率分别为主成分 1 :22.095%, 主成分 2 :19.270%, 主成分 3 :15.430%, 主成分 4 :15.245%, 主成分 5 :7.885%。累积贡献率为 79.925%。综上所述, Kona Bay 种群与 Molokai 种群应是同一种群, 与 SIS 种群亲缘关系较为接近, SIS 种群和 OI 种群为独立的种群。

关键词 凡纳滨对虾, 聚类分析, 判别分析, 主成分分析

中图分类号 S968.31

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)原产于美洲太平洋沿岸水域, 主要分布于秘鲁北部至墨西哥湾沿岸, 以厄瓜多尔沿岸分布最为集中, 是当今世界最主要的对虾养殖品种(胡超群等, 2001), 2005 年中国养殖对虾总产量达到 109×10^4 t, 凡纳滨对虾占到 78.5×10^4 t(农业部渔业局, 2006)。凡纳滨对虾的亲虾主要从美国夏威夷海洋研究所、科纳湾海洋资源公司、摩洛凯海水养殖公司、佛罗里达对虾改良系统等 4 个单位引进。为清楚了解引进的不同企业或单位的凡纳滨对虾在形态上有何差异、是否为同一种群, 本实验中选取上述 4 个单位引进的凡纳滨对虾良种亲虾作为实验样本, 对这 4 种不同来源的亲虾做了外部形态性状的测定分析。有关凡纳滨对虾的遗传多样性的研究, 国内外均有较多的报道, 如分析了对不同

品系的凡纳滨对虾的遗传变异, 并成功地筛选出了一些特异性标记(Alcivar-Warren *et al.*, 1997), 采用 SSR 标记评估凡纳滨对虾养殖种群的遗传多样性(Cruz *et al.*, 2004), 采用微卫星位点对凡纳滨对虾选育家系进行研究(张留所等, 2005), 采用 RAPD 技术对凡纳滨对虾的亲代与子代的遗传多样性进行分析(李锋等, 2006)。采用多元分析的方法分析虾类的形态差异则较多, 如采用多元分析的方法分析了不同罗氏沼虾种群形态差异(郭惠等, 2006), 利用多元分析的方法分析了日本沼虾种群的形态差异(赵晓勤等, 2006)。也有关于利用多元分析的方法对物种的形态差异进行比较研究的报道, 如用多元分析的方法分析了不同地理种群泥蚶的形态差异(张永普等, 2004), 对三疣梭子蟹 4 个野生种群形态差异的分析(高宝全

* 科技部科技成果转化项目, 2006GB2E000224 号; 广东省科技计划项目, 2007A02040500001 号; 广东省重大科技兴海(兴渔)项目, B200608A203 号; 广东海洋大学引进人才启动经费项目, 0512100 号。孙成波, 博士, 副教授, 硕士生导师, E-mail: suncb@gdou.edu.cn
收稿日期: 2007-09-17, 收修改稿日期: 2007-12-18

等, 2007)。但利用多元分析的方法分析不同凡纳滨对虾种群之间的差异与亲缘关系的研究则未见报道。本文中采用聚类分析、判别分析和主成分分析 3 种多元分析方法进行分析, 以期选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)取自湛江海茂水产生物科技有限公司的亲虾基地和湛江国联水产开发股份有限公司南三基地。其中佛罗里达对虾改良系统公司雌虾为 65 尾, 雄虾 64 尾; 科纳湾海洋资源公司雌虾 68 尾, 雄虾 64 尾; 夏威夷海洋研究所雌虾 70 尾, 雄虾 68 尾; 摩洛凯海水养殖公司雌虾 62 尾, 雄虾 66 尾。4 个种群(8 种群)的来源与代码见表 1。

表 1 实验用虾的来源与代码

Tab.1 Code and source of the experimental animals

种群代码	编号	材料来源
SIS	1	佛罗里达对虾改良系统公司
Kona Bay	2	科纳湾海洋资源公司
OI	3	夏威夷海洋研究所
Molokai	4	摩洛凯海水养殖公司

1.2 形态参数的测量

采用游标卡尺测量每尾虾的体长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高、第一腹节宽、第一腹节高、第三腹节宽、第三腹节高、第六腹节长, 精确到 0.1mm; 用电子天平称体质量, 精确到 0.01g。

1.3 数据统计

实验数据用 Excel 进行初步的整理, 再用 SPSS11.5 软件处理, 采用聚类分析、判别分析和因子分析 3 种多元分析方法, 对所得数据进行分析, 划分归属。

1.3.1 Excel 进行初步的整理 先测量数据输入 Excel, 再对测量数据进行标号, 计算其平均值与各形态参数比。

1.3.2 聚类分析 为了科学合理地进行实验数据的整理与分析, 消除虾体规格大小对参数的影响, 多元分析中多采用以体长为基数或取 2 个形态参数比值的方法。本研究中选用 13 个形态特征比例参数, 各参数的代号见表 2。

在聚类分析中采用“层次聚类分析方法”(Hierarchical Cluster Analysis)中的 Q 型聚类分析, 使

具有共同特点的样本聚集在一起, 以便对不同类的样本进行分析。

表 2 形态比例参数及代号

Tab.2 The morphological parameters and the code

形态参数比	代码	形态参数比	代码
体质量/体长	A ₁	第三腹节高/体长	A ₈
头胸甲长/体长	A ₂	第六腹节长/体长	A ₉
头胸甲宽/体长	A ₃	头胸甲宽/第一腹节宽	A ₁₀
头胸甲高/体长	A ₄	头胸甲高/第一腹节高	A ₁₁
第一腹节宽/体长	A ₅	第三腹节宽/头胸甲宽	A ₁₂
第一腹节高/体长	A ₆	第三腹节高/头胸甲高	A ₁₃
第三腹节宽/体长	A ₇		

1.3.3 判别分析 先根据已知测量值的参数比例体现出的各种群性质, 用 SPSS 自动建立判别函数, 最后用程序分析判别出各种群的类别。判别准确率的计算公式参照李思发等(1998)方法:

$P_1 = \text{某凡纳滨对虾种群判别正确的尾数} / \text{该种群实际尾数} \times 100\%$

$P_2 = \text{某凡纳滨对虾种群判别正确的尾数} / \text{判入该种群尾数} \times 100\%$

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

式中, A_i 为第 i 个种群中判别正确的尾数, B_i 为第 i 个种群中的实际尾数, k 为种群数。

1.3.4 主成分分析 输入各比例参数, 通过 SPSS 的因子分析, 得出各主成分贡献率与累计贡献率, 进而得出这 13 个比例参数中有哪些参数起决定性作用, 可用来概括不同种群雌虾间的形态变异, 最后得出是哪些性状决定着各种群分类的主要依据。

2 结果与分析

2.1 凡纳滨对虾 4 种群的聚类分析

2.1.1 归属情况分析 分析结果把 4 种群自动分为 3 种群: 1、SIS; 2、Kona Bay 与 Molokai; 3、OI。雌体与雄体的结果一致。见表 3。

2.1.2 欧氏距离的最短距离系统聚类法 运用欧氏距离的最短距离系统聚类法, 显示出层次分析树形图, 雌、雄虾的结果是一致的, 见图 1。从图 1 可以看出, Kona Bay 种群与 Molokai 种群的欧式距离最短, 形态最为接近, 而与 SIS 种群和 OI 种群的趋异程度逐渐增加。

表 3 雌虾和雄虾归属情况表
Tab.3 Female and male cluster membership

雌虾		雄虾	
种群	3 种群(Clusters)	种群	3 种群(Clusters)
SIS	1	SIS	1
Kona Bay	2	Kona Bay	2
OI	3	OI	3
Molokai	2	Molokai	2

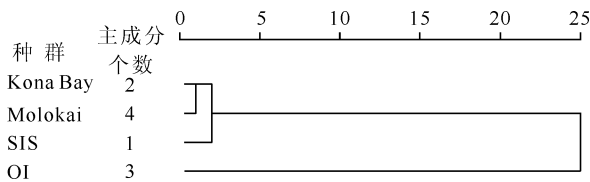


图 1 4 种群凡纳滨对虾聚类分析图

Fig.1 Clustering analysis on four different populations of *L. vannamei*

注: 雌虾、雄虾聚类结果一致

2.2 判别分析

在判别分析中, 采用逐步分析(Use stepwise method)的方法, 对 13 个形态比例参数进行分析, 建

立 4 个种群的判别函数, 进行判别。

2.2.1 雌虾 4 个种群的判别函数

SIS 种群: $Y = 15.321A_1 + 5234.163A_2 + 882.662A_4 + 1570.777A_5 + 2701.993A_6 + 467.974A_{12} - 1205.654$

Kona Bay 种群: $Y = 14.691A_1 + 5011.855A_2 + 1131.806A_4 + 1291.473A_5 + 2986.801A_6 + 496.630A_{12} - 1210.229$

OI 种群: $Y = 39.682A_1 + 5199.794A_2 + 905.826A_4 + 1301.112A_5 + 2843.783A_6 + 487.166A_{12} - 1242.640$

Molokai 种群: $Y = 17.758A_1 + 5082.943A_2 + 1217.587A_4 + 1244.725A_5 + 2919.052A_6 + 479.265A_{12} - 1219.856$

对 4 个种群雌虾 13 个比例参数进行逐步判别, *F* 检验的结果表明, 判别效果均较好($P < 0.01$), 其中雌体的 A_8 和 A_9 性状差异不显著($P > 0.01$), SIS 种群、Kona Bay 种群、OI 种群、Molokai 种群的判别准确率 P_1 分别为 83.08%、61.76%、97.14%、79.03%, 判别准确率 P_2 分别为 96.43%、68.85%、95.77%、62.03%, 见表 4。 *F* 检验结果表明, 判别效果较好($P < 0.01$), 因此, 种群的判别公式是可靠的。

表 4 4 种群凡纳滨对虾雌虾判别结果
Tab.4 Discrimination results of four populations of 7 female *L. vannamei*

种群类型	总数	预测分类				判别准确率(%)		综合判别率(%)
		SIS	Kona Bay	OI	Molokai	P_1	P_2	
SIS	65	54	5	0	6	83.08	96.43	80.25
Kona Bay	68	2	42	1	23	61.76	68.85	
OI	70	0	1	68	1	97.14	95.77	
Molokai	62	0	13	0	49	79.03	62.03	

2.2.2 雄虾 4 个种群的判别函数

SIS 种群: $Y = 49.802A_1 - 552.013A_4 + 6388.863A_5 + 801.379A_{10} + 272.475A_{11} - 996.073$

Kona Bay 种群: $Y = 47.661A_1 - 22.258A_4 + 5968.498A_5 + 774.649A_{10} + 230.390A_{11} - 952.553$

OI 种群: $Y = 81.594A_1 - 346.714A_4 + 6189.831A_5 + 804.582A_{10} + 251.294A_{11} - 1037.236$

Molokai 种群: $Y = 52.269A_1 - 17.764A_4 + 6033.590A_5 + 788.963A_{10} + 245.875A_{11} - 994.733$

对 4 种群雄虾 13 个比例参数进行逐步判别, *F* 检验的结果表明, 判别效果均较好($P < 0.01$), 其中雄体的 A_2 、 A_7 、 A_8 和 A_9 、 A_{12} 性状差异不显著($P > 0.01$), SIS 种群、Kona Bay 种群、OI 种群、Molokai 种群的判别准确率 P_1 分别为 78.13%、71.88%、97.06%、75.76%,

判别准确率 P_2 分别为 96.15%、67.65%、97.06%、67.57%, 见表 5。 *F* 检验结果表明, 判别效果较好($P < 0.01$), 因此, 种群的判别公式是可靠的。

2.3 主成分分析

2.3.1 主成分的方差贡献率 由表 6 可得出雌虾各主成分的方差贡献率。在因子分析中选用了方差贡献率较大的 5 个主成分, 其贡献率分别是主成分 1: 23.594%, 主成分 2: 19.534%, 主成分 3: 15.748%, 主成分 4: 13.653%, 主成分 5: 8.653%。累积贡献率为 81.182%。5 个成分累计贡献率包含了其总变异的绝大部分, 表明可以用这 5 个相互独立的因子来概括不同种群雌虾间的形态变异。在主成分 1 中, A_{10} 、 A_5 、 A_6 这 3 个变量影响最大。

由表 7 可得出雄虾的各主成分的方差贡献率。方

表 5 4 种群凡纳滨对虾雄体判别结果
Tab.5 Discriminant results of four populations of male *L. vannamei*

种群类型	总数	预测分类				判别准确率		综合判别率(%)
		SIS	Kona Bay	OI	Molokai	P_1	P_2	
SIS	64	50	9	0	5	78.13	96.15	80.71
Kona Bay	64	1	46	0	17	71.88	67.65	
OI	68	0	0	66	2	97.06	97.06	
Molokai	66	1	13	2	50	75.76	67.57	

表 6 4 种群凡纳滨对虾雌性主成分分析中的因子负荷矩阵及主成分对总变差的贡献率
Tab.6 Component matrix and contribution of principal components to total variances in PCA analysis for four populations of female *L. vannamei*

形态比例参数	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
A_1	-0.158	0.587	-0.032	0.295	-0.323
A_2	0.034	0.036	0.399	0.399	0.403
A_3	-0.221	0.247	0.710	0.423	-0.265
A_4	-0.107	-0.764	0.118	0.528	-0.085
A_5	0.897	0.093	0.158	0.227	-0.102
A_6	-0.738	0.186	-0.181	0.382	0.208
A_7	0.004	0.117	-0.487	0.763	-0.099
A_8	0.521	0.428	0.175	0.413	0.012
A_9	0.163	-0.090	0.274	0.133	0.797
A_{10}	-0.917	0.029	0.252	0.008	-0.056
A_{11}	0.547	-0.728	0.235	0.091	-0.235
A_{12}	0.177	-0.101	-0.922	0.257	0.130
A_{13}	0.403	0.871	0.018	-0.164	0.078
贡献率(%)	23.594	19.534	15.748	13.653	8.653

表 7 4 种群凡纳滨对虾雄性主成分分析中的因子负荷矩阵及主成分对总变差的贡献率
Tab.7 Component matrix and contribution of principal components to total variances in PCA analysis for four populations of male *L. vannamei*

形态比例参数	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
A_1	0.342	0.565	0.013	-0.057	-0.513
A_2	-0.166	0.272	-0.060	0.346	0.305
A_3	0.072	0.603	-0.108	0.510	-0.104
A_4	0.216	-0.153	0.330	0.843	-0.159
A_5	-0.827	0.391	0.042	0.067	-0.221
A_6	0.817	0.340	-0.071	0.096	0.067
A_7	0.121	0.317	0.903	-0.228	0.058
A_8	-0.169	0.750	-0.063	0.387	-0.035
A_9	-0.316	0.204	0.111	0.280	0.699
A_{10}	0.835	0.003	-0.115	0.280	0.187
A_{11}	-0.606	-0.404	0.302	0.522	-0.183
A_{12}	0.112	0.254	0.912	-0.282	0.068
A_{13}	-0.325	0.724	-0.328	-0.404	0.114
贡献率(%)	22.095	19.270	15.430	15.245	7.885

差贡献率较大的 5 个主成分, 其贡献率分别是主成分 1 : 22.095%, 主成分 2 : 19.270%, 主成分 3 : 15.430%, 主成分 4 : 15.245%, 主成分 5 : 7.885%。累积贡献率为 79.925%。雄虾和雌虾的情况相同, 在主成分 1 中, 都是 A_{10} 、 A_5 、 A_6 这 3 个变量影响最大。

2.3.2 主成分 1、主成分 2 散布图 为了更加清楚与直观的显示出 4 种群的差异情况, 使用主成分 1 与主成分 2 进行联合分析, 绘制散布图。从图 2、图 3 可看出, Molokai 与 Kona Bay 的重叠程度最高, SIS 与 OI 基本没有重叠, SIS、OI 与 Molokai、Kona Bay 的重叠程度相近, 但从主成分 1 来看, SIS 与 Molokai 与 Kona Bay 的亲源关系应该更近。

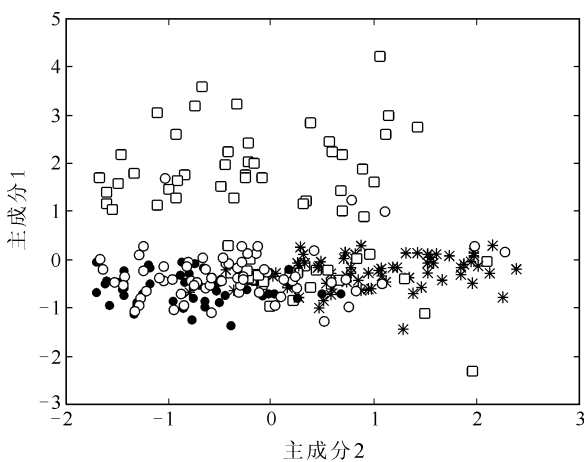


图 2 种群凡纳滨对虾雌性主成分 1、主成分 2 散布图
Fig.2 Distribution of factor 2 vs. factor 1 for four populations of female *L. vannamei*

□ : SIS; * : OI; ○ : Molokai; △ : Kona Bay

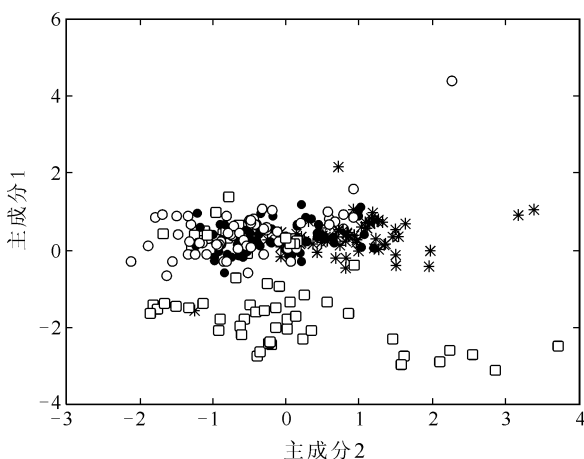


图 3 种群凡纳滨对虾雄性主成分 1、主成分 2 散布图
Fig.3 Distribution of factor 2 vs. factor 1 for four populations of male *L. vannamei*

□ : SIS; * : OI; ○ : Molokai; △ : Kona Bay

3 讨论

3.1 采用 3 种多元分析方法进行形态差异分析

在数据分析中, 采用聚类分析、判别分析和因子分析这 3 种方法, 目的主要是从不同分析角度反映不同种群间的形态学差异, 这些方法之间不能相互替代。聚类分析将不同种群进行初步归类, 测量种群的亲疏程度, 量化种群间的差异程度, 分析种群间的相似程度, 使得共同特点的种群聚齐在一起; 判别分析主要是通过建立判别函数, 来对种或种群进行判别, 得出各种群的归属情况, 也可以用其来对聚类分析结果的准备性进行检验; 因子分析则分析各形态比例参数, 将多个形态比例参数综合成少数几个因子, 得出各主成分贡献率, 并可根据不同种群的主成分值, 找出对应种群在各主成分值上差异较大的参数, 用散点图直观表示出来。目前越来越多的育种和进化方面的研究都利用多元分析和数值分类方法, 如绒螯蟹(王武等, 2007)、青蛤(*Cyclina sinensis*)(么宗利等, 2007)、文蛤(*Meretrix meretrix*)(冯建彬等, 2005)、三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii* Lea)(钱荣华等, 2003)、尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)(李思发等, 1998)等。

3.2 4 个种群凡纳滨对虾的形态差异与亲缘关系

分析结果表明, 4 个种群凡纳滨对虾的形态差异主要集中在头胸甲与第一腹节上; Molokai 与 Kona Bay 这两种群之间的差异最小, 几乎没有差异, 作者认为 Molokai 与 Kona Bay 应是同一个种群; SIS 与 Molokai、Kona Bay 的差异较小, 但在一定程度上表明它们之间不是同一种群, 不过这两种群之间的亲缘关系很近; OI 与 Molokai 种群、Kona Bay 种群、SIS 种群的差异均很大, 认为 OI 是另一种群, 区别于 Molokai 种群、Kona Bay 种群、SIS 种群, 从分析结果可得出 OI 与其他 3 种群的亲缘关系比较远, 但 OI 种群与 Molokai、Kona Bay 种群的亲缘关系较近于它与 SIS 种群, 作者认为 Molokai 种群、Kona Bay 种群可能来源于 SIS 种群, 而 OI 种群与 SIS 种群是两个相对独立的种群。

3.3 凡纳滨对虾种群的判别区分的性状依据

在主成分 1 中, A_{10} 、 A_5 、 A_6 这 3 个变量影响最大。即头胸甲宽/第一腹节宽、第一腹节宽/体长、第一腹节高/体长, 说明第一腹节宽、体长、第一腹节高、头胸甲宽这 4 个性状是决定 4 个种群形态分类的主要依据, 这 4 个性状不仅可用于判别这 4 种虾种群, 也可以运用到其他种群的鉴别中。

参 考 文 献

- 么宗利, 王 慧, 周 凯等, 2007. 我国 5 个青蛤地理种群形态差异分析. 海洋水产研究, 28(2): 63—70
- 王 武, 徐 灿, 张文博等, 2007. 4 个地方种群绒螯蟹形态差异的比较研究. 中国农学通报, 23(6): 658—663
- 冯建彬, 李家乐, 王美珍等, 2005. 我国 4 海区不同种群文蛤形态差异与判别分析. 浙江海洋学院学报, 24(4): 318—323
- 农业部渔业局主编, 2006. 中国渔业年鉴. 北京: 海洋出版社, 1—288
- 李 锋, 林继辉, 刘楚吾, 2006. 凡纳滨对虾引进亲虾及其子一代的遗传多样性研究. 海洋科学, 30(9): 64—68
- 李思发, 李晨虹, 李家乐, 1998. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析. 动物学报, 44(4): 450—457
- 张永普, 林志华, 应雪萍, 2004. 不同地理种群泥蚶的形态差异与判别分析. 水产学报, 28(2): 339—342
- 张留所, 相建海, 2005. 凡纳滨对虾微卫星位点在两个选育家系中遗传的初步研究. 遗传, 27(6): 919—924
- 赵晓勤, 倪 娟, 陈立侨等, 2006. 日本沼虾 4 种群的形态差异分析. 中国水产科学, 13(2): 224—229
- 胡超群, 张吕平, 任春华等, 2001. 集约化防病养殖技术及其在 3 种对虾养殖中的应用. 第 3 届全国海珍品养殖研讨会论文集. 45—51
- 钱荣华, 李家乐, 董志国等, 2003. 中国五大湖三角帆蚌形态差异分析. 海洋与湖沼, 34(4): 436—443
- 高宝全, 刘 萍, 李 健等, 2007. 三疣梭子蟹 4 个野生种群形态差异分析. 中国水产科学, 14(2): 223—228
- 郭 惠, 陈立侨, 杨国梁等, 2006. 不同罗氏沼虾种群形态差异的比较研究. 中国水产科学, 13(4): 531—535
- Alcivar-Warren A, Overstreet R M, Dhar A K, 1997. Genetic susceptibility of cultured shrimp (*Penaeus vannamei*) to infection hypodermal and hematopoietic necrosis virus and *Baculovirus penaei*: Possible relationship with growth and metabolic gene expression. J Invertebr Pathol, 70(3): 190—197
- Cruz P, Ibarra A M, Mejia-Ruiz H *et al*, 2004. Genetic variability assessed by microsatellites in a breeding program of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Mar Biotechnol (NY), 6: 157—164

MORPHOLOGICAL DIFFERENCES OF FOUR IMPORTED *LITOPENAEUS VANNAMEI* GROUPS FROM THE UNITED STATES

SUN Cheng-Bo¹, CHEN Guo-Liang², TONG Han-Rong¹, YE Ning¹, DENG Chao¹, LI Ting¹, WANG Ping¹

(1. Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang, 524025; 2. Zhanjiang Haimao Aquatic Biological Technology Co., Ltd, Zhanjiang, 524001)

Abstract Morphological differences among four shrimp groups of *Litopenaeus vannamei* imported from aquicultural agencies of the United States were studied with 13 morphological parameters using three multivariation analysis methods (cluster analysis, discriminant analysis, and component analysis). Cluster analysis indicated increasing divergence degrees between SIS and OI groups, and no obvious difference was found between the Kona Bay and the Molokai ones. Discriminant analysis revealed significant differences among groups ($P < 0.01$) in identification rates ranging 62%—97% or 80.25% in overall, and 68%—97% and 80.71%, for females and males of the groups, respectively. Principal component analysis on the female ones distinguished out five principal components with the contribution of 23.59%, 19.53%, 15.75%, 13.65% and 8.65% respectively, cumulatively to 81.18%; and for the male ones, at 22.10%, 19.27%, 15.43%, 15.25% and 7.89% respectively, and adding up to 79.93%. The results show that the Kona Bay and Molokai groups are in the same population, while OI and SIS groups has become independent ones due to long-term breeding.

Key words *Litopenaeus vannamei*, Cluster analysis, Discriminant analysis, Principal component analysis