

文章编号: 1674-5566(2010)05-0583-05

## 北部湾 4个自然群体双线紫蛤形态 差异与判别分析

孙成波, 刘建勇, 陈 栎

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:** 采用 3种多元分析方法, 对北部湾 4个海区双线紫蛤的 7个形态性状进行比较研究。聚类分析和主成分分析结果表明, 广西钦州和广西北海群体形态最为接近, 广西湛江与广东廉江群体形态比较接近, 广西北海和广东廉江群体的趋异程度最大。主成分分析表明 3个主成分的贡献率为: 主成分 1为 38.395%, 主成分 2为 27.653%, 主成分 3为 20.224%, 累积贡献率为 86.272%。判别分析结果表明, 4个群体间形态差异显著 ( $P < 0.01$ ), 建立的判别函数的判别准确率  $P_1$  和  $P_2$  均为 73.30% ~ 90.00%, 综合判别率为 79.18%。相关分析发现, 双线紫蛤群体间的欧氏距离与地理距离之间有一定相关性, 相关系数  $r = 0.6699$ 。

**关键词:** 双线紫蛤; 地理群体; 形态变异; 判别分析

**中图分类号:** S968.31 **文献标识码:** A

### Morphological variations analysis of different geographic populations of *Sanguinolaria diplos* (Linnaeus) in Beibu Bay of China coast

SUN Chengbo, LIU Jianyong, CHEN Zhi

(Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** Morphological variations among four geographical populations of *Sanguinolaria diplos* were analyzed using three multivariate analysis methods using 7 morphometric proportional parameters. The results of clusters analysis and principal component analysis show that Qinzhou and Beihai populations, Zhanjiang and Lianjiang populations were morphological similar while Beihai and Lianjiang populations were quite different. The contribution rates of the first, second and third principal components ( $P_1$ ,  $P_2$  and  $P_3$ ) were 38.395%, 27.653% and 20.224%, respectively and the cumulative contribution rate was 86.272%. Results of discriminant analysis show that the morphological differences of the 4 populations were significant ( $P < 0.01$ ). Discriminant functions of the 4 populations were established and the discriminant accuracy rate of  $P_1$  and  $P_2$  were from 73.30% to 90.00% and from 73.30% to 90.00%, respectively and the comprehensive discriminant accuracy rate was 79.18%. Results of correlation analysis show that there were significant correlation between the Euclidean distance and the geographical distance ( $r = 0.6699$ ).

收稿日期: 2009-08-25

基金项目: 广东省科技计划项目 (2007A0204500001)

作者简介: 孙成波 (1970-), 男, 副教授, 博士, 主要从事水产经济动物增养殖学方面的研究。Tel: 0759-2339060 E-mail: suncb@gdoy.edu.cn

通讯作者: 刘建勇, Tel: 0759-2382109 E-mail: liujy@gdoy.edu.cn

Key words: *Sanguinolaria diPhos*; population; morphological variation; discriminant analysis

双线紫蛤 (*Sanguinolaria diPhos*) 属于软体动物门 (Mollusca), 瓣鳃纲 (Lamellibranchia), 异齿亚纲 (Heterodonta), 帘蛤目 (Veneroidea), 樱蛤总科 (Tellinacea), 紫云蛤科 (Pammobiidae), 紫云蛤属 (*Sanguinolaria*)<sup>[1]</sup>。在国内, 浙江, 福建及广东沿海广泛分布, 黄海比较少见。在国外的日本和菲律宾, 印度洋及亚丁湾也有分布。双线紫蛤是名贵的海珍品, 是广东省重点水生野生保护物种, 是重要的经济蛤类。由于捕捞过度, 双线紫蛤资源日益枯竭, 已远远不能满足市场需求, 价格不断攀升<sup>[2-6]</sup>, 如不抓紧保护, 有可能出现灭绝的危险<sup>[7-8]</sup>。国内外对双线紫蛤的研究并不多, 国内的研究主要集中在形态、生态、人工育苗技术等方面, 如林岳夫<sup>[9]</sup>对双线紫蛤的人工育苗进行的研究。国外, 双线紫蛤的研究多见于生化及遗传方面。

数量形态学研究不仅可以获得物种的形态特征信息, 还可以反映出种间及种内的差异程度, 也是对进化关系、遗传多样性等进行研究的重要方法之一, 在种类或种群辨别分析中具有一定的准确性和实用性。利用数量形态学研究结果还可以对种群识别、遗传育种和种质资源保护等研究提供基础信息及指导作用<sup>[10-11]</sup>。为确保我国沿海特有的双线紫蛤资源的维护和可持续利用, 迫切需要对其中种质状况与遗传背景的研究。本研究采用聚类分析、主成分分析、判别分析 3 种多元分析方法, 对广西北海、广西钦州、广东湛江、广东廉江等 4 个地理群体的形态差异进行比较研究, 探讨双线紫蛤种内形态差异特点与地理分化规律, 为双线紫蛤地理群体的识别, 种

质资源保护和利用, 以及生产实践提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

双线紫蛤为 2007 年 7—8 月, 随机采集的 4 个沿海自然群体, 即广西北海 (BH) 和钦州 (QZ), 广东湛江 (ZJ) 和廉江 (LJ), 如图 1 和表 1。样本经过 5% 福尔马林处理带回实验室。

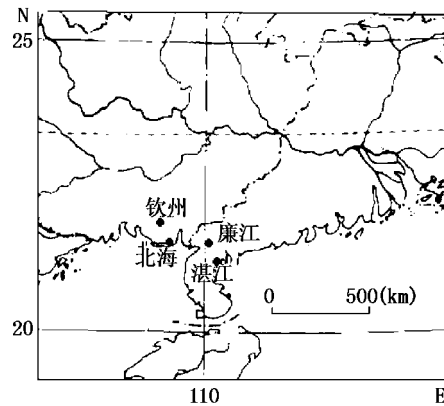


图 1 双线紫蛤采集地点分布图

Fig. 1 The sampling sites for *Sanguinolaria diPhos*

### 1.2 测量方法

参考冯建彬等<sup>[11]</sup>方法, 采用游标卡尺 (精度 0.02 mm) 测量壳长 (KC)、壳宽 (KK)、壳高 (KG)、壳顶到前缘长 (QC)、壳顶到后缘长 (HC)、韧带长 (RC)、壳重 (KZ) 等形态指标 (表 1 和图 2)。每个采样点测量的样本数为 30 个, 本研究共测得 1 440 个形态学数据。

表 1 双线紫蛤的采集地点及测量性状均值和方差

Tab. 1 Sampling sites and mean variance of measured traits in *Sanguinolaria diPhos*

群体	湛江	北海	钦州	廉江
壳长 (mm)	5.207 ± 0.459	6.792 ± 0.311	6.813 ± 0.306	5.438 ± 0.381
壳宽 (mm)	1.158 ± 0.096	1.553 ± 0.071	1.541 ± 0.075	1.228 ± 0.093
壳高 (mm)	2.623 ± 0.205	3.360 ± 0.154	3.291 ± 0.176	2.682 ± 0.201
壳顶到前缘 (mm)	2.841 ± 0.226	3.702 ± 0.175	3.641 ± 0.182	3.070 ± 0.232
壳顶到后缘 (mm)	2.948 ± 0.277	3.841 ± 0.201	3.842 ± 0.205	3.017 ± 0.250
韧带长 (mm)	0.760 ± 0.147	1.216 ± 0.089	1.209 ± 0.111	0.862 ± 0.115
壳重 (mm)	1.925 ± 0.743	5.002 ± 0.554	4.502 ± 0.610	2.488 ± 0.660

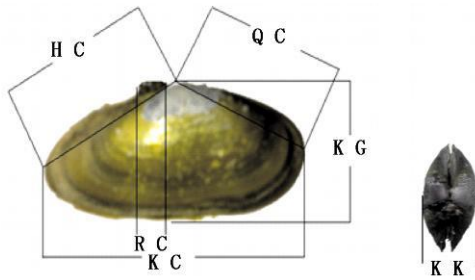


图 2 双线紫蛤形态测量  
Fig 2 Morphological measurement profile of Sanguinolaria diPhos

### 1.3 数据处理

使用 SPSS10.0<sup>[12]</sup> 软件进行数据处理。多元分析采用主成分分析 (PCA)、聚类分析 (CA) 和判别分析 (DA) 3 种方法。

#### 1.3.1 聚类分析

为消除规格大小对参数值的影响, 先将每个参数分别除以壳长来校正, 得出 6 个形态学比例参数, 再分别求出样本中每个参数校正值的平均值, 采用欧式距离的最长系统聚类法对平均值进行聚类分析。

#### 1.3.2 主成分分析

从 6 个比例性状中通过计算机程序得出两个综合性指标, 即互不关联的两个主成分。主成分贡献率和累计贡献率的计算参照张尧庭等<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.3 判别分析

采用逐步判别法进行判别分析, 参数校正参照 Bræsk 等<sup>[14]</sup>。判别准确率的计算公式为:

$$P_1 = A/B \tag{1}$$

$$P_2 = A/C \tag{2}$$

$$P = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\sum_{i=1}^k B_i} \tag{3}$$

式中:  $P_1$ 、 $P_2$  分别为判别准确率;  $P$  为综合判别率;  $A$ 、 $B$ 、 $C$  分别为判别正确的双线紫蛤数、实测紫蛤数及判别蛤数;  $A_i$  为第  $i$  个群体判别正确的尾数;  $B_i$  为第  $i$  个群体的实际尾数,  $k$  为群体数。

#### 1.3.4 相关分析

应用 TFPGA<sup>[15]</sup> 软件中的 Mantle test 检验对欧氏距离和采样点间的直线地理距离进行相关分析。

## 2 结果

### 2.1 聚类分析

聚类分析见图 3 广西北海和广西钦州形态

比较接近, 广东湛江与广东廉江形态比较接近。北海、钦州组和湛江、廉江组的差异程度大。

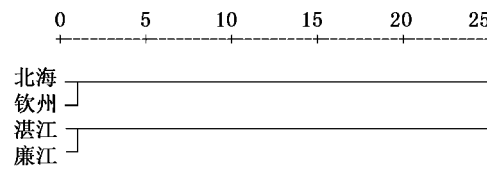


图 3 4 种群双线紫蛤聚类分析图  
Fig 3 Diagram of cluster analysis of four sex populations of Sanguinolaria diPhos

### 2.2 主成分分析

主成分分析结果见表 2 和图 4。各成分的方差贡献率分别为: 主成分 1 ( $PC_1$ ) 为 38.395%, 主成分 2 ( $PC_2$ ) 为 27.653%, 主成分 3 ( $PC_3$ ) 为 20.224%, 累积贡献率为 86.272%。而壳顶到前缘、壳顶到后缘在第一主成分有较高的负负载系数, 在第二主成分中韧带长和壳重有较高的负负载系数, 第三主成分壳宽的影响最大, 贡献率为 85.51%。

表 2 双线紫蛤形态特征的主成分的负荷值和贡献值  
Tab 2 Contributive proportion and loading of principal components on the morphological characteristics of Sanguinolaria diPhos

	负荷值		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3
壳宽	0.160	0.215	0.851*
壳高	0.225	-0.516	0.655
壳顶到前缘	0.883*	-0.414	-0.169
壳顶到后缘	0.883*	-0.414	-0.169
韧带长	0.604	0.671	0.053
壳重	0.549	0.743*	-0.029
主成分值得	2.304	1.659	1.213
贡献率 (%)	38.395	27.653	20.224

注: 只要有贡献的变量用“\*”注明 (负荷值 > 0.700)。

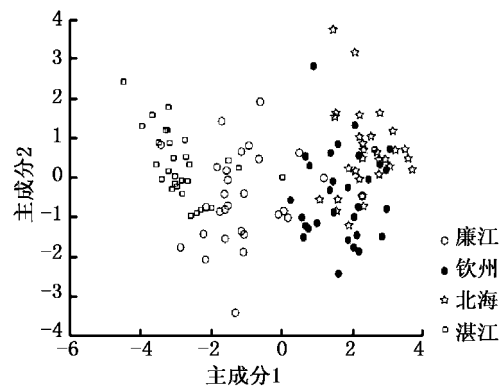


图 4 4 种群的双线紫蛤主成分散布图  
Fig 4 Scatter diagram for the first and second principal components of four populations of Sanguinolaria diPhos

图 4 为 4 个地理群体的第 1、2 主成分的散布图。由图 4 可以看出, 4 个地区群体的双线紫蛤中, 无论是  $PC_1$  或者  $PC_2$ , 北海与钦州的重叠区域最多, 因此形态特征最接近, 湛江与廉江的群体在  $PC_1$  与  $PC_2$  上有一部分重叠而且不重叠的区域距离也比较接近。在  $PC_1$  上可以看出, 北海与钦州的群体最为接近且与其它两个地区的群体差异明显, 主成分分析与聚类分析的结果一致。

### 2.3 判别分析

4 个群体判别公式如下:

$$Y_{ZJ} = 1224.130X_1 + 980.772X_2 + \dots - 74.972$$

$$X_3 - 25.384X_6 - 1300.449 \quad (4)$$

$$Y_{BH} = 1309.978X_1 + 862.272X_2 + \dots + 0.829$$

$$X_3 + 35.896X_6 - 1297.117 \quad (5)$$

$$Y_{QZ} = 1318.092X_1 + 818.531X_2 + \dots + 24.108$$

$$X_3 + 21.748X_6 - 1267.640 \quad (6)$$

$$Y_{LJ} = 1264.108X_1 + 886.987X_2 + \dots - 2.404$$

$$X_3 - 9.143X_6 - 1285.899 \quad (7)$$

式中的  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$  分别代表壳宽/壳长、壳高/壳长、壳顶到前缘/壳长、壳顶到后缘/壳长、韧带长/壳长、壳重/壳长, 6 个比例性状。4 群体双线紫蛤判别分析结果见表 3。

表 3 4 群体双线紫蛤判别分析结果

Tab 3 Discriminant results of four populations of *Sanguinolaria diPhos*

群体	样本(个)	判别结果				判别准确率(%)	
		北海	廉江	钦州	湛江	$P_1$	$P_2$
湛江	30	27	1	0	2	90	90
北海	30	0	23	7	0	76.7	76.7
钦州	30	0	7	23	0	76.7	76.7
廉江	30	3	1	4	22	73.3	73.3
合计	120	30	30	30	30	79.18	

将随机个体 6 个性状的特征值分别代入上述公式, 计算出 6 个函数值。对 4 个群体的 6 个性状比例的判别分析 F 检验结果表明, 判别效果较好 ( $P < 0.01$ ), 说明不同群体之间形态差异明显, 结果见表 3。判别准确率  $P_1$  为 73.30% ~ 90.00%,  $P_2$  为 73.30% ~ 90.00%。4 个群体的综合判别为 79.18%。

### 2.4 欧式距离与地理距离的相关性分析

使用 SPSS 的相关分析得出各地区间双线紫蛤性状的欧式距离, 通过 THPGA 软件中的 Mantle test 检验不同地理群体欧式距离与直线距离的相关性, 经过 1 000 次随机排列, 相关分析结果见图 5。由图 5 可见各地区群体双线紫蛤间的欧式距离与地理直线距离之间有显著相关性 ( $r = 0.6699$ ,  $P = 0.005$ )。

## 3 讨论

### 3.1 4 个群体形态差异比较分析

采用 3 种多元分析方法, 对北部湾 4 个群体的双线紫蛤的 7 个形态性状进行比较研究。聚类分析和主成分分析的结果基本一致, 表明 4 个

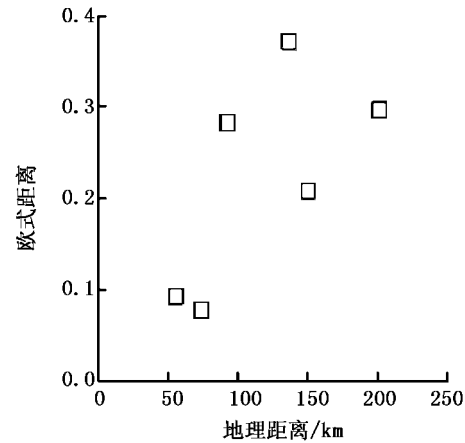


图 5 双线紫蛤欧式距离与地理距离相关性分析图  
Fig 5 The analysis of correlation between Euclidean distance and Geographical distance of *Sanguinolaria diPhos*

海区的双线紫蛤在形态上有一定程度的差异。从双线紫蛤判别分析结果来看, 判别准确率  $P_1$  为 73.30% ~ 90.00%,  $P_2$  为 73.30% ~ 90.00%, 而综合判别率为 79.18%, 判别率比较高。聚类分析和主成分分析结果表明, 广西钦州和广西北海群体形态最为接近, 广西湛江与广东廉江群体形态比较接近, 广西北海和广东廉江群体的趋异程

度最大。形态特征是由遗传因子与环境因子共同作用的结果,而地理屏障,使一个种群与同种的另一种群存在某种程度的地理分隔,从而在形态、生理甚至遗传上形成一定的差异<sup>[16]</sup>。本研究中双线紫蛤不同群体形态上的差异程度可能与遗传因素和环境因子均有关系。对形态性状的欧氏距离与地理距离进行相关性分析,结果显示各地区双线紫蛤群体的欧氏距离与地理距离有显著的相关性,也表明了各双线紫蛤群体的形态的差异程度与地理距离的远近有一定的关系。北海和钦州、湛江和廉江在地理位置上相互靠近,精卵和幼体随洋流漂流而增加了基因交换几率。此外,各地区的底质和水底生物组成结构差异使饵料的量和种类有所不同,会导致双线紫蛤在生长过程中产生差异。

### 3.2 3种多元分析方法在双线紫蛤形态判别上的应用

在贝类分类与鉴定上,形态描述只是通过测定壳长、壳高、壳宽等少数几个形态数量和一些质量性状如贝壳颜色、纹理、形状等来进行简单归类,对于一些形态相似的种类和种群的鉴别,这些方法却往往显得无能为力<sup>[17]</sup>。而采用聚类分析、主成分分析和判别分析3种多元分析方法,通过分析贝类的几个形态特征,可以较好地区分不同地区该贝的差异程度。本研究中采用聚类分析、主成分分析和判别分析3种多元分析方法,分析双线紫蛤的7个形态学参数,6个比例性状,可以较好地形态上区分4个群体的双线紫蛤。这3种方法分析结果相似,但各自从不同角度反映了不同种群间的形态学差异,因此都相互不可替代。聚类分析可将不同种群进行初步归类,量化种群间的差异程度,分析种群间的相似程度<sup>[18]</sup>。主成分分析则将多个形态比例性状综合成少数几个因子,从而得出不同种群的差异大小,并可根据不同种群的主成分值找出各种群在各主成分值上差异较大的参数。判别分析是种群鉴定的常用方法,通过建立判别函数,对种或种群进行判别。本研究中采用逐步判别方法对4种群的6个双线紫蛤比例性状建立判别函数,其判别效果比较理想。逐步判别方法,可对多个因子进行合理选择,从大量因子中挑选出若干必要的最佳组合因子建立判别函数。在运用3

种多元分析方法时,为消除个体大小不一所引起的误差,须将各个参数与壳长相比,对校正后的比例值再标准化,这样就可正确分析各种群及群体间的形态差异。

### 参考文献:

- [1] 蔡英亚,张英,魏若飞.贝类学概论[M].上海:上海科学技术出版社,1979:7-327.
- [2] 庄启谦.中国动物志·软体动物门·双壳纲·帘蛤科[M].北京:科学出版社,2001:1-245.
- [3] 徐凤山.中国海双壳类软体动物[M].北京:科学出版社,1997:1-266.
- [4] 王方平,黄一鸣.福建沿海双壳类区系的研究[J].福建师范大学学报:自然科学版,1994,10(3):81-91.
- [5] 张年,齐钟彦,李洁民,等.南海双壳类软体动物[M].北京:科学出版社,1990:193-194.
- [6] 胡自强,韦清伟.硃洲岛沿海双壳类的种类组成和生态分布[J].湖南师范大学学报:自然科学版,1996,19(1):76-82.
- [7] 劳赞.紫蛤生态的观察[J].湛江海洋大学学报,2003,23(3):22-25.
- [8] 蔡英亚,张志强,翁德全.紫蛤的人工繁殖[J].海洋科学,1986,10(5):32-34.
- [9] 林岳夫.双线紫蛤规模化人工育苗获得成功[J].海洋信息,2006,4:31-32.
- [10] 郑长春,詹秀美.长江口以南我国沿岸海域经济贝类中的重金属[J].台湾海峡,1995,14(3):262-268.
- [11] 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.
- [12] SPSS J. SPSS 10.0.7 for Macintosh [M]. Chicago: Illinois, 2001.
- [13] 张尧庭,方开泰.多元统计分析引论[M].北京:科学出版社,1982:393-404.
- [14] Brzeski V J, Doyle R W. A morphometric criterion for sex discrimination in tiliapia [C] // The Second International Symposium on tiliapia in Aquaculture. CLARM Conference Proceeding Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center of Living Aquatic Resources Management Manila, Philippines, 1988:439-444.
- [15] Miller M P. Tools for population genetic analysis (TFPGA) version 1.3 [M]. Flagstaff: Northern Arizona University, 1997.
- [16] 沈怀舜,朱建一,丁亚平,等.我国沿海三个文蛤地理群的RAPD分析[J].海洋学报,2003,25(5):97-102.
- [17] 何晓群.多元统计分析[M].北京:中国人民大学出版社,2000:54-167.
- [18] 李勤生,蔡庆华,华俐,等.东湖异养细菌群落的分类结构和聚类分析[J].水生生物学报,1991,15(3):242-253.