

文章编号:1674-7054(2011)03-0219-07

我国东南沿海5个织锦巴非蛤地理群体的形态差异分析

纪燕如 林志华 伍荣聪 刘建勇

(1. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 采用聚类分析、主成分分析和判别分析3种分析方法,对我国东南沿海5个织锦巴非蛤群体11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,海南三亚与福建厦门群体的形态较近,广东的湛江、深圳和汕头3个群体的形态最近,而这5个地理群体又很明显地分为2组。主成分分析构建了3个主成分,其贡献率为:第一主成分为37.489%,第二主成分为17.803%,第三主成分为10.704%,累计贡献率为66.005%。建立了5个群体的判别函数,判别准确率 P_1 为43.3%~66.7%, P_2 为43.5%~72.7%。5个群体的综合判别率为52.6%。织锦巴非蛤形态学差异是遗传和环境共同作用的结果,结合分子遗传学研究将更准确地描述巴非蛤5个群体间的遗传特性,为今后保护种质资源及遗传育种提供依据。

关键词: 织锦巴非蛤; 地理群体; 形态差异; 多元分析

中图分类号: Q 959.21

文献标志码: A

织锦巴非蛤(*Paphia textile*)属软体动物门、帘蛤科、巴非蛤属。其常栖息在浅海沙底、潮下带,主要分布于马来西亚、中国大陆和台湾。其营养丰富、肉味鲜美,在民间获得“花甲王”之美称;且以养殖成本低廉,易于管理,市场销量大,而成为我国近年来浅海增养殖的重要品种。目前,有关织锦巴非蛤的研究主要集中于生态、生理学特性及食品应用等方面。肖湘等^[1]通过建立4个抗氧化模型来测定缢蛏、织锦巴非蛤、二色裂江珧清除活性氧自由基的影响,同时比较了这3种贝类对脂质过氧化的抑制效果。赖增隆^[2]采集了8个不同地方的9种大型贝类(包括织锦巴非蛤),分别对其进行生物学形态特征描述等方面的研究,同时采用微波消解和原子吸收分光光度计,对各贝类软体组织内多种金属元素的含量进行测定,并做了食品安全标准评价。在食品应用方面,王万东^[3]对巴非蛤系列产品加工工艺进行了详细地叙述。但有关织锦巴非蛤的形态变异的研究未见报道。笔者主要运用聚类分析、主成分分析、判别分析3种多元分析方法,对海南三亚、广东的湛江、深圳、汕头和福建厦门5个不同自然地理种群织锦巴非蛤的11个形态性状差异进行综合分析,探讨织锦巴非蛤形态差异特点与地理分化之间的关系,为识别、保护和利用织锦巴非蛤提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 于2010年7、11月,随机采集我国东南沿海海区5个地方[海南三亚(18°27'N,109°23'E)、广东的湛江(21°07'N,110°14'E)、深圳(22°37'N,114°04'E)、汕头(23°23'N,116°41'E)和福建厦门(24°28'N,118°06'E)]的织锦巴非蛤样本,所有样本带回实验室直接测量。样本采集时间、地点、数目、各性状的平均值及标准差见表1。

收稿日期: 2011-09-02

基金项目: 广东省高校工程技术研究中心建设项目(GCZX-A0909); 广东海洋大学博士启动项目(1012187)及大学生创新实验项目(1056610005)

作者简介: 纪燕如(1989-),女,广东汕头人,广东海洋大学水产学院2008级养殖系本科学士。

通信作者: 刘建勇(1970-),男,教授, E-mail: liujy70@126.com

1.2 测量方法 采用游标卡尺(精确到0.02 mm)、直尺等测量工具对贝壳的个体形态特征进行测量,测量标准参考文献[4]。测量的11个性状分别是:壳长(SL)、壳宽(SW)、壳高(SH)、韧带长(ELL)、楯面长(EL)、楯面宽(EW)、小月面长(LL)、小月面宽(LW)、前端到腹缘(DAM)、后端到腹缘(DPM)、壳质量(SDW)。壳质量(SDW)使用千分天平称得,各性状的测量部位见图1,共测得1485个形态性状数据。各测量的形态性状的文字描述见表2。

表1 织锦巴非蛤的采样时间、地点、样本数目及性状 ($\bar{x} \pm s$, mm)

群 体	采样时间/ (年·月)	样本数目/ 个	性 状					
			壳长	壳宽	壳高	韧带长	楯面宽	楯面长
三亚/SY	2010.07	30	49.53 ± 2.270	17.70 ± 1.380	28.61 ± 1.924	16.64 ± 1.576	4.17 ± 0.582	22.64 ± 1.433
湛江/ZJ	2010.07	30	66.35 ± 5.003	24.77 ± 1.770	38.74 ± 1.954	22.88 ± 1.641	5.53 ± 0.762	34.75 ± 3.034
深圳/SZ	2010.11	30	67.49 ± 3.895	24.31 ± 1.812	38.71 ± 2.200	23.33 ± 1.781	5.94 ± 0.511	36.30 ± 2.748
汕头/ST	2010.11	30	67.71 ± 2.903	24.73 ± 2.522	38.68 ± 1.687	23.20 ± 1.643	5.48 ± 0.579	36.72 ± 2.533
厦门/XM	2010.07	15	50.01 ± 3.421	17.92 ± 1.251	28.74 ± 2.039	16.85 ± 1.688	4.08 ± 0.554	23.13 ± 2.631

群 体	采样时间/ (年·月)	样本数目/ 个	性 状				
			小月面长	小月面宽	前端到腹缘	后端到腹缘	壳质量
三亚/SY	2010.07	30	13.61 ± 0.698	3.90 ± 0.409	23.11 ± 2.544	34.97 ± 2.270	10.84 ± 1.388
湛江/ZJ	2010.07	30	18.42 ± 1.613	5.20 ± 0.573	29.07 ± 1.742	49.52 ± 2.790	26.87 ± 2.791
深圳/SZ	2010.11	30	18.15 ± 0.959	5.32 ± 0.570	29.36 ± 1.920	49.52 ± 3.287	26.77 ± 5.067
汕头/ST	2010.11	30	18.49 ± 1.301	5.55 ± 0.574	29.24 ± 1.475	49.89 ± 2.645	27.68 ± 4.614
厦门/XM	2010.07	15	14.03 ± 1.58	3.94 ± 0.396	23.15 ± 1.637	35.24 ± 3.269	10.79 ± 1.999

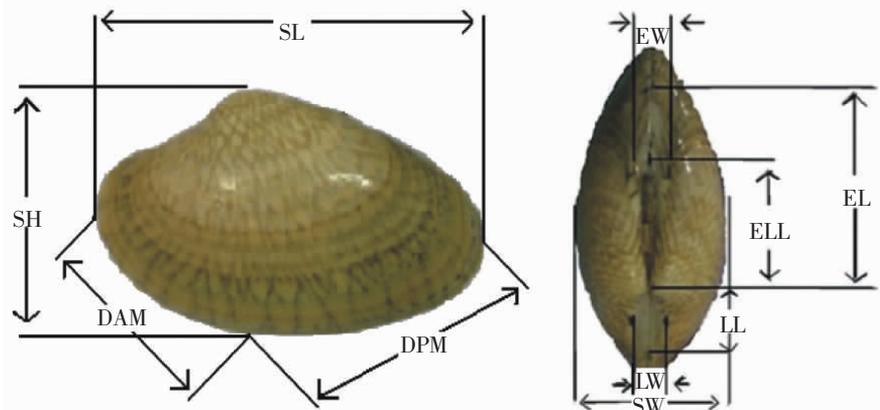


图1 织锦巴非蛤的形态性状测量

表2 织锦巴非蛤各测量性状的文字描述

形态性状	描 述
壳长/SL	前端到后端之间的最长距离
壳宽/SW	贝壳左右两壳面之间的最大距离
壳高/SH	穿过壳顶与壳长垂直到腹缘的距离
韧带长/ELL	黑色几丁质韧带的长度
楯面长/EL	楯面最长的两点之间的距离
楯面宽/EW	在楯面里与楯面长垂直的最远两点间的距离
小月面长/LL	在小月面里距离最远两点间的距离
小月面宽/LW	在小月面里与小月面长垂直的最远的两点距离
前端到腹缘/DAM	贝壳前端到底端腹缘之间的距离
后端到腹缘/DPM	贝壳后端到底端腹缘之间的距离
壳质量/SDW	去除软体部分,吸干表面水分后的壳质量

1.3 数据处理 采用 SPSS11.0 通过聚类分析、主成分分析和判别分析 3 种分析方法对 5 个织锦巴非蛤地理群体进行形态差异分析。

1.3.1 聚类分析 因为每只织锦巴非蛤的各个参数都会受到规格大小的影响,所以必须先将原本的所有参数分别除以壳长进行校正以消除这种影响,最后得到 10 个校正后的形态学比例性状。分别求出各组样本每个参数校正值的平均值,用平均值进行聚类分析。采用 10 个形态学比例性状对全部群体个体进行聚类分析,聚类方法均为欧氏距离的最长系统聚类法。

1.3.2 主成分分析 主成分分析是将多个指标作为小数指标的统计方法。所有数值处理同聚类分析方法一样,要先进行校正处理,从 10 个比例性状中通过计算机程序得出 3 个综合性指标,即互不关联的 3 个主成分。主成分贡献率、累计贡献率的计算参照 Brzeski 等的方法^①。

1.3.3 判别分析 对所有的样本进行逐步判别分析。判别准确率的计算公式为

$$P_1 = \text{判别正确的巴非蛤数} / \text{实测巴非蛤数} \times 100\%$$

$$P_2 = \text{判别正确的巴非蛤数} / \text{判别巴非蛤数} \times 100\%$$

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

式中 A_i 为第 i 个种群判别正确的织锦巴非蛤数, B_i 为第 i 个种群实际判别的织锦巴非蛤数, k 为种群数。

2 结果

2.1 聚类分析 基于校正后的形态度量学数据计算群体间的欧氏距离值,对比各群体间的欧氏距离值,发现群体 SY 和 XM 之间的距离值(0.010 2)最小,群体 ST 和 XM 之间的距离(0.214 0)最大。基于欧氏距离,采用最小邻接法构建织锦巴非蛤不同地理群体间的聚类图(见图 2)。图 2 显示 5 个织锦巴非蛤地理群体聚类成 2 个不同的组,第 1 组包括群体 SZ、ST 和 ZJ,第 2 组包括群体 SY 和 XM。这提示 SZ、ST 和 ZJ 群体间亲缘关系较近;SY 和 XM 群体间亲缘关系较近。

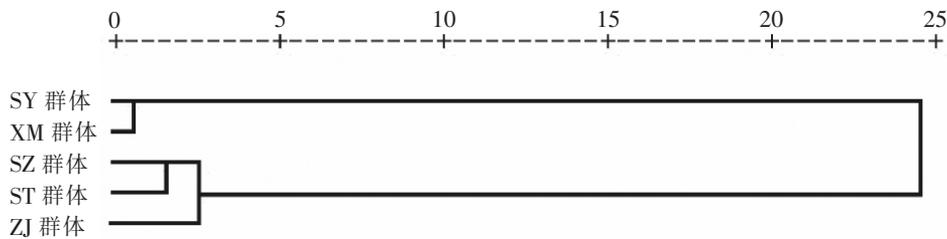


图 2 5 个织锦巴非蛤地理群体的聚类图

2.2 主成分分析 由表 3 可知,前 3 个主成分对不同群体间总变异方差的贡献率分别为:第 1 主成分为 37.489%,第 2 主成分为 17.803%,第 3 主成分为 10.704%,累积贡献率为 66.005%,未达到“累计贡献率大于或等于 85% 的要求”,说明织锦巴非蛤不宜用几个相互独立的因子来概括不同群体间的形态差异。在第 1 主成分中 SH/AB 和 ELL/AB 的影响最大,其负荷值分别为 79.0% 和 71.8%,主要反应的是壳高和韧带的长度特征;第 2 主成分中 SDW/AB 影响最大,其负荷值为 81.6%,主要反应的是壳重特征;第 3 主成分中 EW/AB 贡献率最大,其负荷值为 66.7%,主要反应的是椭圆宽的特征。

根据主成分载荷矩阵分别计算取样个体的第 1 和第 2 两个主成分得分,根据主成分得分构建散点图(见图 3)。从图 3 中可以看出 5 个地理群体明显地分为 2 组,海南三亚群体和福建厦门群体明显地相互叠交成为一组,而广东的湛江、深圳和汕头 3 个群体也明显地叠交成另一组,且这两组群体明显分开。无

^① BRZESKI V J, DOYLE R W, A morphometric criterion for sex discrimination in tilapia. The second international symposium on tilapia in aquaculture: ICLARM conference proceeding. Department of Fisheries. Bangkok, Thailand, and International Conference of Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 1988: 439 - 444.

论主成分分析结果还是聚类分析结果均表明,海南三亚、福建厦门与广东3个地理群体存在着较大的差异。

表3 织锦巴非蛤形态性状的主成分的负荷值和贡献率

形态性状	负荷值		
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
SW/AB	0.64	0.075	-0.315
SH/AB	0.79	-0.212	-0.232
ELL/AB	0.718	0.047	-0.237
EW/AB	0.464	-0.172	0.667
EL/AB	0.581	0.561	0.098
LL/AB	0.678	-0.371	-0.034
LW/AB	0.556	-0.111	0.609
DAM/AB	0.541	-0.674	-0.186
DPM/AB	0.679	0.337	-0.03
SDW/AB	0.355	0.816	-0.019
主成分值	3.75	1.78	1.07
贡献率/%	37.489	17.803	10.704
累计贡献率/%	37.489	55.3	66.005

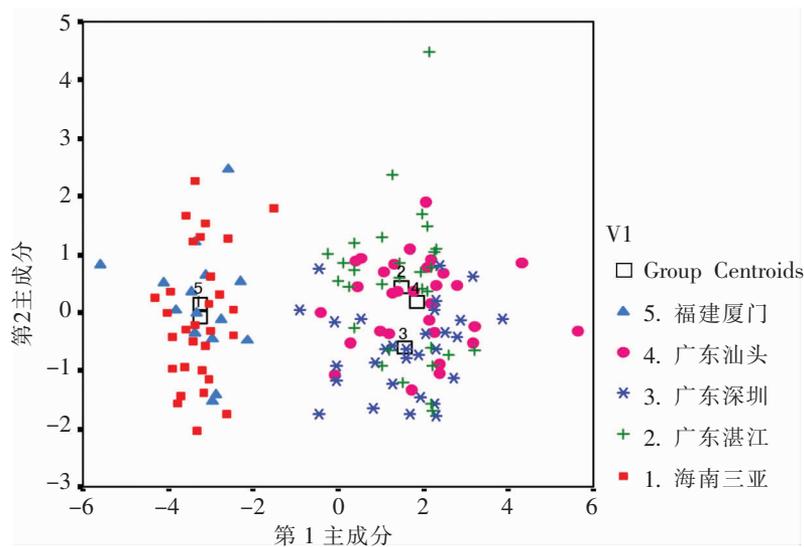


图3 不同地理种群织锦巴非蛤的第1和2主成分的散布图

2.3 判别分析 利用逐步判别的方法,筛选出4个校正后的性状特征值,建立5个群体织锦巴非蛤的判别函数,式中的 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别代表椭圆宽/壳长、椭圆长/壳长、小月面长/壳长、前端到腹缘/壳长等4个性状。表4为判别函数的各项系数及常数项。

5个群体的费歇尔判别公式如下:

$$Y_{SY} = 352.533X_1 + 112.040X_2 + 271.927X_3 + 54.206X_4 - 111.506$$

$$Y_{ZJ} = 346.939X_1 + 146.105X_2 + 218.452X_3 + 148.965X_4 - 133.109$$

$$Y_{SZ} = 394.175X_1 + 153.327X_2 + 206.783X_3 + 142.104X_4 - 133.158$$

$$Y_{ST} = 318.144X_1 + 158.930X_2 + 207.462X_3 + 148.586X_4 - 132.648$$

$$Y_{XM} = 324.510X_1 + 118.081X_2 + 268.970X_3 + 51.587X_4 - 110.016$$

判别分析结果(见表5)显示,5个群体织锦巴非蛤的判别准确率 P_1 为43.3%~66.7%,判别分析准确率 P_2 为43.5%~72.7%,综合判别率为52.6%。

表4 群体织锦巴非蛤形态差异判别函数各项系数及常数

变量	性状	三亚	湛江	深圳	汕头	厦门
X_1	EW/AB	352.533	346.939	394.175	318.114	324.51
X_2	EL/AB	112.04	146.105	153.327	158.93	118.081
X_3	LL/AB	271.927	218.452	206.783	207.462	268.97
X_4	DAM/AB	54.206	148.965	142.104	148.586	51.587
常数		-111.506	-133.109	-133.158	-132.648	-110.016

表5 群体织锦巴非蛤判别分析结果

群体	样本数目/ 个	判别准确率/%		预测分类				
		P_1	P_2	SY	ZJ	SZ	ST	XM
三亚 SY	30	53.3	72.7	16	0	1	0	13
湛江 ZJ	30	46.7	50	1	14	8	8	0
深圳 SZ	30	60	50	1	6	18	5	0
汕头 ST	30	43.3	50	0	8	9	13	0
厦门 XM	15	66.7	43.5	5	0	0	0	10
合计	135		52.6	23	28	36	26	23

3 讨论

3.1 5个自然群体织锦巴非蛤形态差异比较分析 本研究结果表明,广东的湛江、深圳、汕头3个地理群体与海南三亚、福建厦门2个群体的形态差异显著。在遗传学上,同一生物种群在不同的环境下会表现出不同的适应性和进化的潜力,在缺乏基因交流的情况下,足够程度的隔离,这一生物种群的不同地理群体可能会出现较为明显的表型和遗传差异^[5]。在我国沿海的部分海洋生物的不同地理群体均有相似的遗传分化,如:鱼^[6]、泥蚶^[7]、青蛤^[8]等。织锦巴非蛤在我国东南沿海分布广泛,其群体间的基因交流主要通过浮游幼虫漂移来完成,已有研究表明,这种现象在其他的双壳类贝类较为常见,如:Hare等^[9]对美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)的种内渐变群进行遗传结构分析,发现其幼虫可随海流迁移,在一定范围内促使不同地理群体间进行基因交流。Tremblay等^[10]对海湾扇贝(*Placopecten magellanicus*)幼虫随海流迁移的情况进行研究,发现潮汐和海流能改变海湾扇贝幼虫的迁移路线,从而影响地理种群间的基因交流。本研究中,地理距离较近的湛江、深圳、汕头3个地理群体形态较为一致,这可能与3个群体间存在着一定的基因交流有关。由于地形的阻隔和海流的影响,致使广东3个地理群体和海南三亚、福建厦门2个群体间缺乏基因交流,长期的独立进化也导致了织锦巴非蛤不同群体间出现遗传差异。但值得注意的是,海区距离最远的2个地理群体(福建厦门与海南三亚群体)的形态却较为相似,显然,这2个群体间基于浮游幼虫的扩散进行基因交流的可能性较小。由于织锦巴非蛤具较高的经济价值,我国南方很多海区已发展养殖,养殖过程中的种苗主要是采用天然苗,而天然苗在不同地区间交流较为频繁,特别是福建沿海的天然种苗经常销往我国南方海域进行养殖,从而人为地造成了这2个群体间的基因交流,由此可见,福建厦门与海南三亚群体的形态相似很可能是人为因素造成的。

然而,织锦巴非蛤形态学上所有的差异并不是全由遗传学差异造成的,有研究表明,环境因素也可能对贝类形态产生影响^[11-12]。各海区不同的温度、盐度和栖息的底质,以及所拥有的不同饵料,均有可能导致织锦巴非蛤在适应不同环境的过程中形成形态上的差异^[13],所以织锦巴非蛤不同群体形态学上的差异是否由于群体间遗传上的差异造成,尚需从分子遗传学等方面作进一步探讨与比较。

本研究采用聚类分析、主成分分析、判别分析法,从不同角度对5个群体织锦巴非蛤的形态特征进行分析,这3个多元统计分析得到基本一致的结果:5个地理群体中,除了海南三亚和福建厦门出现聚类偏

差外,其他3个群体均符合地理分布的特点。与分子分析相比,形态分析虽然未必能准确地反映出不同地理群体的亲缘关系,但形态分析方法较为方便、快捷,且对生物的破坏性更小,同时形态特征作为织锦巴非蛤分类的一个重要依据在群体划分中是不可缺少的。因此,本研究结果可为我国织锦巴非蛤的种质判断、良种选育、种质资源保护提供可靠的基本资料。但鉴于形态特征差异判定的单一性,建议将形态、生理生态、分子遗传标记相结合进行织锦巴非蛤种间差异的全面评估,并综合这几种分析方法,为推广织锦巴非蛤的养殖提供更为全面的鉴别方法。

3.2 3种多元分析方法在织锦巴非蛤形态判别上的应用 在鉴别与鉴定一些形态相似的贝类的种类和种群时,仅仅通过贝壳颜色、纹理、形状等属性特征和测定壳长、壳高、壳宽等少数几个形态性状,难以达到将其准确分辨的目的。本研究通过聚类分析、主成分分析和判别分析3种多元分析方法,分析织锦巴非蛤的11个形态学参数和10个比例性状,可以较好地形态上区分5个群体的织锦巴非蛤形态。这3种分析方法虽然在结果上是相似的,但相互间是不可替代的,因为它们是从不同角度反映了不同种群间形态学的差异。聚类分析通过量化种群间的差异程度,分析种间的相似程度,在整体上将不同种群进行初步归类。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。判别分析是从大量的已知因子中挑选若干必要的、最佳组合的因子来建立判别函数,它是种群鉴定的常用方法。本研究中采用逐步判别方法对5个种群织锦巴非蛤10个比例性状建立判别函数,其判别效果比较理想。在运用3种多元分析方法时,为消除蛤体大小不一所引起的误差,必须将各个参数与壳长相比较,用校正后的比例值再标准化,这样才能正确分析各种群及群体间的形态差异。

参考文献:

- [1] 肖湘,方明英,张尔贤,等. 缢蛏、织锦巴非蛤、二色裂江珧清除氧自由基作用研究[J]. 中国海洋药物, 2002, 3(5): 5-7.
- [2] 赖增隆. 利用贝类监测海洋重金属污染的研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2009.
- [3] 王万东. 巴非蛤系列产品加工工艺[J]. 福建水产, 2006(1): 66-68.
- [4] 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, 1995: 28-30.
- [5] ERGUDEN D, TURAN C. Examination of genetic and morphologic structure of sea-bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) populations in Turkish coastal waters [J]. Turk J Vet AniSci, 2005, 29: 727-733.
- [6] LIU J, GAO T X, WU S, et al. Pleistocene isolation in the Northwestern Pacific marginal seas and limited dispersal in a marine fish, *Chelon haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845) [J]. Mol Ecol, 2007, 16: 275-288.
- [7] 李太武,宋林生. 5个泥蚶群体遗传多样性的RAPD分析[J]. 生物多样性, 2003, 11(2): 118-124.
- [8] 潘宝平,宋林生,卜文俊,等. 青蛤两个异域种群的遗传多样性与分化研究[J]. 水生生物学报, 2005, 29(4): 372-378.
- [9] HARE M P, WILBUR A E. RFLP analysis of genetic diversity in a Siberian population of the Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. Journal of Shellfish Research, 1996, 15(2): 477-479.
- [10] JOHN M T, JOHN W L, FRANCISCO E W, et al. Drift of sea scallop larvae *Placopecten magellanicus* on Georges Bank: a model study of the roles of mean advection, larval behavior and larval origin [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 1994, 41(1): 7-49.
- [11] SHEPHERD G. Meristic and morphometric variation in black sea bass north of cape hatteras, North Carolina [J]. N Am J Fish Manage, 1991, 11: 139-148.
- [12] WEST-EBERHARD M J. Phenotypic plasticity and the origins of diversity [J]. Annu Rev Ecol S, 1989, 20: 249-278.
- [13] 刘建勇,孙成波,李文,等. 我国南海4个真曲巴非蛤自然种群的形态差异分析[J]. 热带生物学报, 2010, 1(1): 72-76.

Morphological Variation Analysis of Five Different Geographic Populations of *Paphia textile* Along South China Sea

JI Yan-ru ,LIN Zhi-hua ,WU Rong-cong ,LIU Jian-yong

(Fisheries College , Guangdong Ocean University , Zhanjiang 524025 , China)

Abstract: The multivariation analysis methods(cluster analysis , principal component analysis and discriminate analysis) were used to compare the eleven morphological characters of five populations of *Paphia textile* in Zhanjiang , Shenzhen , Shantou , Sanya , and Xiamen. The results of clusters analysis and principal component analysis indicated that the morphological characters were similar among the populations in Sanya and Xiamen , while the polulations in Zhanjiang , Shenzhen and Shantou were morphologically grouped together , all of which were apparently divided into two groups. Three principal components were constructed by the principal component analysis method , the contributory ratio of the first principal component was 37.489% ; that of the second principal and the third principal were 17.803% and 10.704% , respectively; the cumulative contributory ratio was 66.005% . Then , the discrimination functions of the five populations were set up , the identification accuracy was 43.3% - 66.7% (P1) and 43.5% - 72.7% (P2) . The total discriminate accuracy was 52.6% . These data suggested that the morphological variations of *Paphia textile* were resulted from the joint effects of genetic components and environment , Combined with studies of molecular genetics , the genetic characteristics of the five populations will be described more exactly , which can provide science basis for germplasm resources protection and genetic breeding.

Key words: *Paphia textile*; geographic population; morphological variation; multivariation analysis