

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2013.04.004

3个单齿螺地理群体形态差异分析

王旭¹, 徐衡², 邹莉¹, 杜肖¹, 王凤丽¹, 郑伟¹, 韩志强¹, 水柏年¹

(1. 浙江海洋学院水产学院, 浙江舟山 316000; 2. 乐清市水产科学研究所, 浙江乐清 325600)

摘要: 运用多变量形态度量学方法, 采用8个量度特征对大连、舟山和厦门3个单齿螺(*Monodonta labio*)地理群体的形态差异进行分析研究。聚类分析和主成分分析结果表明, 舟山群体和厦门群体形态最为接近, 大连群体趋异程度最大。主成分分析得出了3个主成分, 其贡献率主成分1为57.49%, 主成分2为18.80%, 主成分3为10.40%, 累计贡献率为86.69%。通过判别分析, 建立了3个地理群体的判别函数, 其判别准确率 P_1 为63.16%~81.82%, 准确率 P_2 为60.00%~81.82%, 综合判别率为74.13%。3个地理群体间最大差异系数为0.1918~0.9457, 均小于1.28。多元分析结果表明, 3个地理群体的形态特征之间有一定程度的差异, 但差异尚未达到亚种水平。

关键词: 单齿螺; 群体; 形态差异分析

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2013)04-0022-06

Morphological variation analysis of three different geographic populations of *Monodonta labio*

WANG Xu¹, XU Heng², ZOU Li¹, DU Xiao¹, WANG Fengli¹,
ZHENG Wei¹, HAN Zhiqiang¹, SHUI Bonian¹

(1. Fishery College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China;

2. Fishery Science Institute of Yueqing City, Yueqing 325600, China)

Abstract: Through multivariate morphometrics methods and on 8 morphological proportional characters, we analyzed the morphological variations from three different geographical populations of *Monodonta labio*, which were collected from Dalian, Zhoushan and Xiamen. Cluster and principal component analyses showed that morphological characters were rather similar between Zhoushan population and Xiamen population, from which Dalian population was quite different. Three principal components were constructed, of which the contributory ratio, from high to low, were 57.49%, 18.80% and 10.40%, summing up to 86.69%. The discriminant functions of the three populations were established with discriminant accuracy 63.16%~81.82% for P_1 and 60.00%~81.82% for P_2 , and the average discriminant accuracy was 74.13%. C. D between three geographical populations of *Monodonta labio* was 0.1918~0.9457, less than 1.28. The results of multi-variant indicate that there are some morphological differences among the three different geographical populations, but the morphological variation of them is characterized under-subspecies.

Key words: *Monodonta labio*; populations; morphological variation analysis

单齿螺(*Monodonta labio*)隶属软体动物门、腹足纲、马蹄螺科, 俗名芝麻螺, 属广温广盐性种类, 是中国南、北沿岸潮间带生物群落组成的习见种^[1], 其肉味鲜美, 营养价值高, 深受沿海居民

收稿日期: 2013-01-22; 修回日期: 2013-03-21

资助项目: 浙江省重中之重“海洋渔业科学与技术学科”

作者简介: 王旭(1987-), 男, 硕士研究生, 从事海洋生物资源学研究。E-mail: wangxu123816@163.com

通信作者: 水柏年(1965-), 男, 博士, 教授, 从事海洋生物调查、评价及遗传多样性教学和研究工作。E-mail: shuibonian@163.com

的喜爱,是一种重要的经济性螺类。

贝壳因其坚硬,不易发生形变且易测量等特点,成为物种的鉴定与分类的重要依据之一^[2]。近年来中国关于贝类形态多样性的研究较多,刘德经等^[3]对福建与江苏的西施舌(*Coelomactra antiquata*)2个地理群体形态差异采用多元分析法开展研究,得出其差异达到亚种水平;梁超等^[4]对山东黄岛、山东蓬莱、江苏前三岛及韩国通营的魁蚶(*Scapharca broughtonii*)群体形态差异多元分析,李晓英等^[5]对杭州湾与海洲湾的彩虹明樱蛤(*Morella iridescens*)地理群体形态差异进行过研究,均得出了不同地理群体形态差异达到亚种水平的结论。但是,罗福广等^[2]关于广东湛江、广西北海、浙江温州及江苏连云港的管角螺(*Hemifusus tuba*)的地理群体间形态差异,以及古恒光等^[6]针对广东湛江、广东汕头、广西北海及海南海口的青蛤(*Cyclina sinensis*)不同地理群体的形态差异通过同样的多元分析法,却得出了其差异程度尚未达到亚种水平。这些研究表明,多元分析法适用于贝类不同地理群体间的形态差异分析,研究的结果能客观地反映其形态的差异是否显著。目前,对于单齿螺的资源调查^[7-8]、种群生态^[9]、代谢生理特性^[1]、毒害效应^[10]及营养成分^[11]等方面已进行过一些研究,有关其不同地理群体差异研究,DONALD等^[12]利用2个线粒体基因片段(COI与16S)和1个

核基因片段对日本和澳大利亚的单齿螺群体进行过群体遗传结构研究;CHIN^[13]对香港不同地理群体的单齿螺形态差异与遗传结构开展研究,并就其原因进行分析。但是,关于单齿螺群体形态多样性的研究报道少见。笔者通过多变量形态度量学的方法对辽宁大连、浙江舟山和福建厦门的3个自然群体单齿螺的形态差异进行分析研究,以期今后不同地理群体的鉴别、利用、保护与管理以及增养殖等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

笔者研究采用的样本为2009年4月至2010年11月在辽宁大连、浙江舟山和福建厦门沿岸潮间带随机采集的单齿螺,共144个个体。

1.2 测量方法

每个地理群体采集的样本中,随机选取30~60个完整、规则、鲜活的个体,用酒精固定带回实验室。以游标卡尺按照传统的螺类形态测量方法^[2]对样本的8个量度特征进行测量,精确度为0.02 mm,测量部位及指标见图1和表1。

1.3 数据处理与分析方法

用SPSS 16.0软件进行主成分分析、聚类分析和判别分析,并用Excel 2003软件计算差异系数(C.D)。

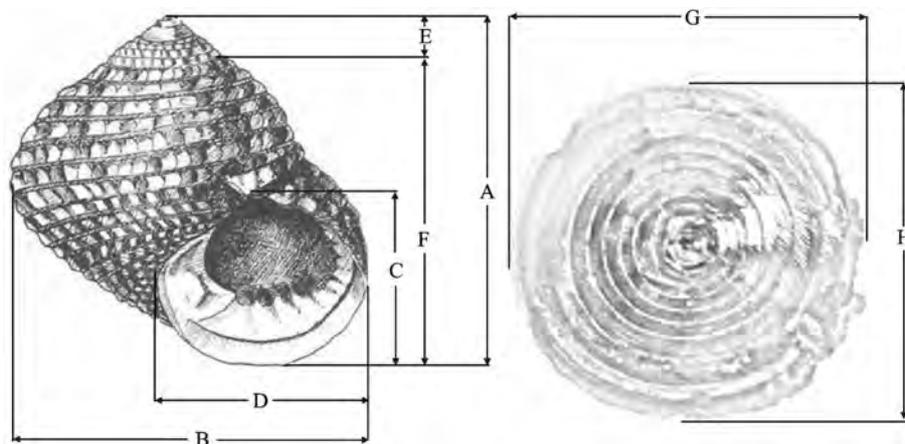


图1 单齿螺形态测定

A. 壳高; B. 壳宽; C. 壳口高度; D. 壳口宽度; E. 螺旋部高; F. 体螺层高; G. 厣宽; H. 厣高

Fig. 1 Morphological measurements of *M. labio*

A. shell height; B. shell width; C. aperture height; D. aperture width; E. spiral height;

F. body whorl height; G. opoerculum width; H. operculum height

表1 单齿螺形态特征测定结果($\bar{X} \pm SD$)Tab. 1 Sampling time, site and number of *M. labio*

mm

形态指标 quantitative character	群体 population		
	大连(DL)	舟山(ZS)	厦门(XM)
壳高 shell height (A)	17.226 ± 1.007	18.208 ± 2.229	15.620 ± 0.850
壳宽 shell width (B)	16.161 ± 0.844	16.480 ± 1.657	14.384 ± 0.771
壳口高度 aperture heigh (C)	14.311 ± 0.815	13.950 ± 1.614	12.364 ± 0.729
壳口宽度 aperture width (D)	11.759 ± 0.731	11.464 ± 1.258	10.341 ± 0.706
螺旋部高 spiral height (E)	2.056 ± 0.279	2.589 ± 0.541	2.054 ± 0.333
体螺层高 body whorl height (F)	15.148 ± 1.036	15.241 ± 1.772	13.081 ± 0.807
厝宽 opoerculum width (G)	6.554 ± 0.418	6.625 ± 0.728	5.656 ± 0.458
厝高 operculum height (H)	6.317 ± 0.415	6.469 ± 0.707	5.567 ± 0.432

1.3.1 主成分分析 为消除个体大小对形态分析的影响,将除壳高(A)以外的7个量度特征除以壳高,得到新的参数,并对参数进行主成分分析。其负荷及方差贡献率的计算参照宋志刚等^[14]的方法,并根据主成分得分绘制散点图。

1.3.2 聚类分析 为消除单齿螺个体大小对聚类分析的影响,7个量度特征按 COULD^[15]比值法进行转化,8个长度指标(A、B、C、D、E、F、G和H)两两相除得到28个参数,并对28个参数进行标准化,以求得的平均值进行聚类分析,所采用的聚类方法为欧氏距离中的最短距离系统聚类法^[16]。

1.3.3 判别分析 同样为消除单齿螺个体大小的影响,将7个量度特征(B、C、D、E、F、G和H)分别除以壳高(A),并把得到的参数以逐步判别法进行判别分析,利用筛选后的参数建立3个群体的判别式。判别准确率及综合判别率的计算公式参照罗福广等^[2]。

判别准确率 $P_1(\%) = (\text{判别正确的个数} / \text{实际个数}) \times 100$ (1)

$P_2(\%) = (\text{判别正确的个数} / \text{判别个数}) \times 100$ (2)

综合判别率 = $\left(\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n B_i} \right) \times 100\%$ (3)

式中实际个体数是指该群体的采样数目,判别个体是指被判为该群体的个体数; A_i 为第 i 个群体中判别正确的个体数, B_i 为第 i 个群体实际判别的个体数, n 为群体数。

1.3.4 计算差异系数(C. D) 3个不同地理群体的7个量度特征(B、C、D、E、F、G和H)分别除以壳高(A)得到的7个参数,参照MAYER等^[17]方法,进一步计算3个群体间10个参数的差异系数,评价3个地理群体之间的差异程度。差异系数计算公式:

$$C. D = \frac{M_1 - M_2}{S_1 + S_2} \quad (4)$$

式中 M_1 和 M_2 分别代表了2个群体某项参数的平均值, S_1 和 S_2 为其对应的标准差。参照划分亚种的75%规则,若 $C. D \geq 1.28$,则表明2个地理群体差异达到亚种水平,否则属种群间差异。

2 结果

2.1 主成分分析

根据累计贡献率 $\geq 85\%$ 所需最少主成分的原则选出3个主成分,其主成分1、主成分2和主成分3贡献率依次为57.49%、18.80和10.40%,累计贡献率为86.69%。主成分1受B/A、C/A及D/A影响最大,其负荷值依次为0.807、0.848和0.862,均大于0.8,主成分2与主成分3由G/A、H/A综合影响决定(表2)。在主成分1轴上,大连地理群体与舟山地理群体分区明显。在主成分2轴上,3个地理群体重叠较多,说明3个地理群体形态特征具有较大的相似性(图2)。

2.2 聚类分析

聚类分析结果表明,舟山地理群体和厦门地理群体的距离最短,首先聚为一类,然后再与大连地理群体聚类,说明大连地理群体可能与舟山、厦门地理群体的亲缘关系较远(图3)。

表2 单齿螺形态特征的主成分的负荷值及贡献率

Tab. 2 Contribution ratios and loading values of principal components on the characters of *M. labio*

参数 parameter	负荷值 loading value		
	主成分1 Factor 1	主成分2 Factor 2	主成分3 Factor 3
B/A	0.807	0.047	0.467
C/A	0.848	-0.260	0.215
D/A	0.862	-0.214	0.282
E/A	-0.681	0.415	0.400
F/A	0.701	-0.381	-0.409
G/A	0.713	0.634	-0.198
H/A	0.669	0.694	-0.147
贡献率/% contribution ratio	57.49	18.80	10.40

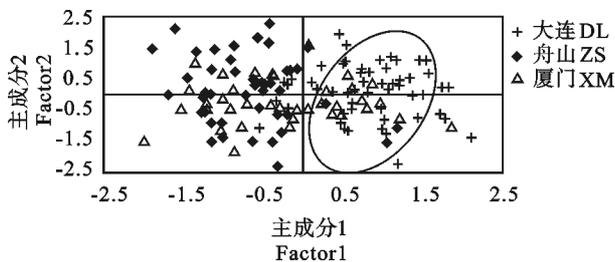


图2 3个单齿螺地理群体的主成分1和主成分2的散点分布图

Fig. 2 Scattering of Factor 1 and Factor 2 of three geographical populations of *M. labio*

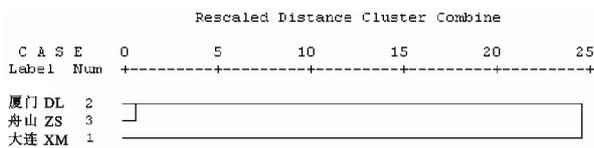


图3 3个单齿螺地理群体的聚类分析

Fig. 3 Dendrogram of *M. labio* from three geographical populations

2.3 判别分析

F 检验表明，除 E/A、G/A、及 H/A 外，其余 4 个参数判别效果较好 ($P \leq 0.01$)，根据得到的 4 个参数建立了 3 个群体的判别函数，其公式为：

$$\text{大连群体 } y_1 = 523.627x_1 + 87.803x_2 - 82.379x_3 + 1379.571x_4 - 861.466 \quad (5)$$

$$\text{舟山群体 } y_2 = 566.865x_1 + 47.912x_2 - 141.061x_3 + 1333.131x_4 - 791.088 \quad (6)$$

$$\text{厦门群体 } y_3 = 536.098x_1 + 60.220x_2 - 80.960x_3 + 1312.941x_4 - 794.441 \quad (7)$$

式中的 x_1 、 x_2 、 x_3 及 x_4 分别代表了 B/A、C/A、D/A 和 F/A 等 4 个参数。 y_1 、 y_2 和 y_3 分别代

表大连地理群体、舟山地理群体和厦门地理群体。

将 3 个地理群体中任一单齿螺的 4 个参数分别代入公式(5)、(6)和(7)，3 个计算结果中若函数值最大，则表明该个体应归为哪一群体。把公式(1)、(2)和(3)计算所得结果列入表 3，其中判断准确率 P_1 依次为 81.82%、74.51% 和 63.16%， P_2 依次为 81.82%、79.17% 和 60.00%。3 个群体综合判别率为 74.31%，判别效果良好，说明所建立的判别方程可以用来判定单齿螺个体在大连、舟山和厦门 3 个地理群体中的归属。

2.4 差异系数(C. D)计算

由公式(4)计算差异系数(C. D)，得出 3 个地理群体的 7 个参数差异系数均小于 1.28(表 4)，由此得出，大连、舟山和厦门 3 个地理群体差异尚未达到亚种水平。

3 讨论

通过主成分分析可知，决定形态差异的主成分 1 为壳宽、壳口高度和壳口宽度，而决定形态差异的主成分 2 和主成分 3 为螺旋部高，这说明不同地理群体的单齿螺形态差异主要取决于壳宽、壳口、螺旋部高等外形的大小和形状，这与其他贝类的研究结果相一致^[4-5,18]。判别准确率 P_1 为 63.16% ~ 81.82%，准确率 P_2 为 60.00% ~ 81.82%，厦门群体判别率较低可能是因为它与舟山群体形态相近，从而导致误判率较高。综合判别率较高(74.31%)，今后判定某一单齿螺地理群体归属时可以采纳文章构建的判别公式。3 个地理群体的聚类分析与主成分分析的结果基本一致，即舟山地理群体与厦门地理群体聚为一类，再与大连地理群体聚类，这与其地理空间距离远近差异相一致，表明螺类的外部形

表3 不同地理群体单齿螺判别分析结果

Tab. 3 Discriminant results of different geographical populations of *M. labio*

群体 population	样本数 samples	判别准确率/% discriminant accuracy		预测分类 predicted group membership			综合判别率/% average discriminant accuracy
		P ₁	P ₂	y ₁	y ₂	y ₃	
y ₁	55	81.82	81.82	45	3	6	74.31
y ₂	51	74.51	79.17	3	38	10	
y ₃	38	63.16	60.00	7	7	24	
合计 total	144			55	48	40	

表4 不同地理群体之间差异最大的参数值

Tab. 4 Parameters of the largest variance among different geographical populations

形态参数 morphological parameter	群体 population			最大差异系数 max coefficient of difference
	大连(DL)	舟山(ZS)	厦门(XM)	
B/A	0.937 6 ± 0.035 5	0.938 1 ± 0.0420	0.907 7 ± 0.036 2	0.417 1
C/A	0.830 2 ± 0.034 2	0.803 7 ± 0.035 9	0.767 6 ± 0.036 3	0.887 9
D/A	0.682 8 ± 0.027 7	0.675 2 ± 0.035 3	0.631 0 ± 0.027 1	0.945 7
E/A	0.119 4 ± 0.012 7	0.139 9 ± 0.017 9	0.141 5 ± 0.017 6	0.731 9
F/A	0.879 3 ± 0.021 3	0.838 7 ± 0.022 5	0.838 0 ± 0.023 3	0.929 3
G/A	0.380 4 ± 0.022 4	0.368 5 ± 0.025 6	0.365 3 ± 0.029 1	0.292 9
H/A	0.366 6 ± 0.022 2	0.358 2 ± 0.025 2	0.356 8 ± 0.028 9	0.191 8

态差异与地理距离相关, 距离越远, 形态差异越大, 这与罗福广等^[4] 研究结果类似。单齿螺的生长主要与该区域的底质条件、风浪、流态及生物因子有关^[19], 厦门、舟山的采样地点位于开放性沿岸, 且地理位置相近, 总体上气候、风浪、流态等差异较小, 这可能导致底质、底形、气候、风浪、流态等外力所影响的外形特征磨损相似, 以及生物因子、生长特征等具有较大的相似性有关。而大连的采样地点位于封闭性沿岸, 总体上气候、风浪、流态等与前两者差异较大, 外力因子所致的磨损较小, 导致大连群体与前两者的形态差异较大。因此, 不同的地理、气候、水文、底质、底形等因素及生态环境条件可能导致了不同地理群体形态上的差异, 这与 LAUDIEN 等^[20] 的贝类研究结论相符。

根据差异系数(C. D)及物种分化程度的标准可知, 3个不同地理群体各形态参数之间的最大差异系数为0.191 8~0.945 7, 均小于1.28, 其差异尚未达到亚种水平, 说明它们之间的形态差异仍属于种群内差异, 即3个群体仍应归为同一种群。这与罗广福等^[2] 对管角螺不同地理群体的形态差异, 以及刘达博等^[21] 关于缢蛏(*Sinonovacula constricta*)

不同地理群体的形态多样性分析结果相一致。3个单齿螺地理群体间的差异属种群内差异, 仍为同一种群。这可能与单齿螺在幼体阶段具有浮游期的特性有关, 其浮游幼体随着沿岸流及洋流进行扩散, 待沉底栖息后生长、发育、成熟, 源于不同地理群体的个体之间在繁殖期产生基因交流, 从而导致群体间难以形成有效的地理隔离。而刘建勇等^[22] 指出东南沿海波纹巴非蛤(*Paphia undulata*)精、卵和幼体因沿岸流与南海西南季风漂流得到交换, 不利于生成地理隔离和生殖隔离。这与笔者研究结论相一致。但与李晓英等^[5] 对杭州湾与海洲湾的彩虹明樱蛤群体形态差异分析研究结果, 以及刘德经等^[3] 对福建和江苏的西施舌研究结论不同。综合研究结果表明, 不同种贝类的地理群体间的差异程度, 有的达到亚种水平, 而有的却未达到亚种水平。究其原因, 除了不同地理群体受海域环境差异影响大小所致外, 还可能是由于分布于沿岸海域的不同种贝类的幼体浮游期长短, 以及耐盐强度大小、幅度宽窄不同, 导致幼体随海流逾越长江、闽江、珠江等入海的江河径流所形成的盐度屏障的能力不同, 群体基因交流机会不同所致^[23]。CHIN

等^[13]通过对香港不同单齿螺地理群体研究, 得出环境因子是单齿螺形态差异的主要影响因素。因此, 单齿螺各生物学指标的表现型与基因型可能会存在错位。另外, DONALD 等^[12]利用 2 个线粒体基因片段(COI 与 16S)和 1 个核基因片段对单齿螺亚科的系统学与分类学研究中, 发现采自澳大利亚的单齿螺样本与采自日本单齿螺样本遗传差异较大, 为不同的进化枝, 认为单齿螺为一个含有多个隐存种的复合种。这表明地理距离越长, 越有可能导致地理群体之间的遗传分化, 可能产生不同的地理种群, 甚至分化出不同的地理种。而笔者研究得出单齿螺 3 个地理群体间的形态分化尚不足以达到不同的亚种水平。因此, 笔者建议在今后研究中应借助分子技术手段探究中国沿岸单齿螺不同地理群体的遗传变异, 以为其分类、种群划分、良种选育、增殖放流、养殖生产和保护管理等提供科学依据。

参考文献:

- [1] 朱爱意, 谢佳彦, 陈金海. 温度和个体大小对单齿螺耗氧率和排氮率的影响[J]. 生态科学, 2007, 26(3): 232-236.
- [2] 罗福广, 李斌, 罗平秀, 等. 中国沿海管角螺 4 个自然群体形态差异的比较[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(3): 65-70.
- [3] 刘德经, 朱善央. 福建与江苏西施舌群体形态差异研究[J]. 南方水产, 2010, 6(2): 29-34.
- [4] 梁超, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 4 个地理群体魁蚶的形态差异与判别分析[J]. 海洋科学, 2011, 35(11): 107-113.
- [5] 李晓英, 董志国, 王美珍, 等. 杭州湾与海洲湾彩虹樱蛤群体形态差异分析[J]. 水产科学, 2010, 29(11): 648-652.
- [6] 古恒光, 刘建勇, 杨国宏. 我国南海 4 个青蛤野生群体的形态差异分析[J]. 广东海洋大学学报, 2010, 30(3): 1-5.
- [7] 王一农, 魏月芬. 舟山沿海马蹄螺科的生态调查[J]. 浙江水产学院学报, 1994, 13(1): 38-44.
- [8] 邹莉, 张龙, 张宾, 等. 浙江省沿岸岛礁区贝类种类组成与分布特征[J]. 水产学报, 2010, 34(11): 1769-1775.
- [9] 王一农, 王旭华, 魏月芬. 舟山沿海单齿螺 (*Monodonta labio*) 种群的年龄结构、生物量与生长特征[J]. 海洋湖沼通报, 1995(1): 54-60.
- [10] 南旭阳, 戴灵鹏, 曹琦. Cu^{2+} 胁迫对单齿螺的毒性影响[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(3): 277-281.
- [11] 张建设, 朱爱意, 吴常文. 单齿螺肉营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 353-356.
- [12] DONALD K M, KENNEDY M, SPENCER H G. The phylogeny and taxonomy of Austral *Monodonta* topshells (Mollusca: Gastropoda: Trochidae), inferred from DNA sequences [J]. Mol Phylogenet Evol, 2005, 37(2): 474-483.
- [13] CHIN I-M. Variation in *Monodonta labio* among different intertidal habitats in Hongkong [D]. Hongkong: The University of Hongkong, 2003: 90-177.
- [14] 宋志刚, 谢蕾蕾, 何旭洪, 等. SPSS 16 实用教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008: 1-300.
- [15] GOULD S J. An evolutionary microcosm: pleistocene and recent history of the land snail *P. (Poecilozonites)* in Bermuda [J]. Bull Mus Comp Zool Harv, 1969, 13(8): 407-532.
- [16] 王庆恒, 师尚丽, 杜晓东, 等. 翡翠贻贝三个野生种群形态性状的差异分析[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(6): 7-11.
- [17] MAYER E, LIMSLEY E G, USINGER R I. Methods and principles of systematic zoology [M]. New York: McGraw Hill Book Company, Inc, 1953: 1-328.
- [18] 张永普, 林志华, 应雪萍. 不同地理种群泥蚶的形态差异与判别分析[J]. 水产学报, 2004, 28(3): 339-342.
- [19] 王一农, 曾国权. 单齿螺 *Monodonta labio* 的实验生态与环境分布[J]. 海洋科学, 1994(3): 14-16.
- [20] LAUDIEN J, FLINT N S, BANK F H, et al. Genetic and morphological variation in four population of the surf clam *Donax selta* from southern African sandy beaches [J]. Biochem Systemat Ecol, 2003, 31(7): 751-752.
- [21] 刘达博, 牛东红, 姜志勇, 等. 缢蛏 7 群体的形态差异与判别分析[J]. 海洋渔业, 2009, 31(4): 363-368.
- [22] 刘建勇, 吴继兴, 孙成波. 我国东南沿海 5 个波纹巴非蛤 (*Paphia undulata*) 地理群体的形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(1): 114-120.
- [23] 高爱根, 董永婷, 王慧珍, 等. 南麂列岛邻近海域贝类生态分布的初步研究[J]. 东海海洋, 1998, 16(2): 49-54.