

生殖季节青蛤性别与形态相关性分析

董志国^{1,2}, 李晓英¹, 程汉良¹, 孟学平¹, 阎斌伦¹, 沈和定², 李家乐²

(1. 淮海工学院 江苏省海洋生物技术重点实验室, 江苏连云港 222005; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 运用判别分析、主成分分析和聚类分析 3 种多元分析方法, 测量其 11 个形态学比例参数, 对生殖季节青蛤(*Cyclina sinensis* Gmelin)的性别与形态相关性进行了分析。试验对象为 2008 年 9 月份采自连云港赣榆、2009 年 5 月份分别采自连云港赣榆和海南岛海口的雌雄青蛤。将上述 3 个群体独立和合并作为一个群体分别建立了 4 个群体的两性判别函数。结果表明, 4 个群体的综合判别率偏低(56.25%~71.01%), 显示雌雄间形态学差异未达到显著水平($P>0.05$); 主成分分析构建了 3 个主成分, 累计贡献率较低(58.11%~75.64%), 说明用少数几个独立的性状因子难以概括不同性别的形态差异。聚类分析结果表明青蛤群体内部的雌雄间形态距离最近, 而不同群体的形态距离相对较远。以上 3 种方法均说明不同性别的青蛤形态差异并不明显, 性别与形态不具有相关性, 从外部形态难以鉴定其雌雄。

关键词: 青蛤(*Cyclina sinensis* Gmelin); 性别; 形态差异; 多元分析

中图分类号: Q789, S917

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)08-0032-05

双壳类的性别一般为雌雄异体, 部分种类雌雄同体或在生命周期内有性逆转现象, 但大部分没有第二性征^[1], 因此很难用肉眼直接从外形上鉴定其性别。目前, 鉴定双壳类性别的方法通常是在生殖季节通过抽取生殖腺镜检或开壳通过性腺的颜色来判断。闫喜武等^[2]报道的一种贝类性别鉴定方法就是通过对贝壳打孔抽取性腺来实现的, 但该方法不可避免对贝壳和软件部组织产生创伤。刘晓等^[3]建立了栉孔扇贝专一性别鉴定技术, 判性系中子代的性别可以通过栉孔扇贝壳壳颜色特征进行判断, 其中贝壳颜色为红色或黄色的个体为雌性, 贝壳颜色为褐色的个体为雄性。但该方法仅适用于鉴定以贝壳颜色为黄色或红色为母本, 褐色的为父本定向交配产生后代的性别, 而对于反交组合的后代或其他壳色扇贝产生的后代则无法判定其雌雄。形态框架法结合多元分析方法在水产动物的群体判定研究中已具有普遍的应用, 且效果理想。如对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[4], 褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[5], 刀鲚(*Coilia ectenes*)^[6]等不同群体的判定取得了理想的结果。

青蛤(*Cyclina sinensis* Gmelin)是优质海产经济贝类, 近年来, 国内外有关青蛤的繁殖发育^[7-8]、生理生态^[9-10]和遗传结构^[11-12]研究较多, 而在人工繁殖和定向育种实践中, 鉴定其雌雄是一个基础而又非

常必要的内容, 但目前的方法还是通过开壳或贝壳钻孔取生殖腺来鉴别, 由于青蛤外套膜属三孔型, 外套膜多处愈合, 开壳很容易造成外套膜撕裂从而因感染导致亲贝死亡。目前, 通过肉眼观察尚难发现青蛤的第二性征, 但青蛤性别与形态是否存在着相关性还不得而知, 而在其他贝类也未见相关报道, 因此通过形态框架法结合多元分析方法来研究青蛤性别与形态的相关性, 对于青蛤的人工繁殖和育种研究具有一定的科学和应用价值。

1 材料与方法

1.1 试验材料

为了消除不同时间和空间对两性间形态的影响, 设置了两个时间和两个空间来采样比较。在 2008 年 9 月取得连云港赣榆池塘养殖青蛤 231 只, 2009 年 5 月分别采集海南岛海口海域池塘养殖青蛤 69 只和连云港赣榆池塘养殖青蛤 85 只, 所得到的样本即时运

收稿日期: 2010-03-11; 修回日期: 2010-05-06

基金项目: 农业部水产种质资源与利用重点开放实验室开放课题基金(KFT2008-4); 江苏省海洋生物技术重点实验室项目(HS2007004); 连云港市科技发展计划(科技攻关 CN0906)

作者简介: 董志国(1977-), 博士, 讲师, 研究方向: 水产动物种质资源与养殖生态环境, E-mail: dzg7712@yahoo.com.cn; 沈和定, 通信作者, E-mail: hdshen@shou.edu.cn

到实验室并在第一时间对其进行数据的测量。

1.2 测量方法

采用天平测量青蛤的体质量,精确到 0.000 1 g,由于青蛤的形状大小各异,对壳部位的定点受人为因素影响较大,为减小由此引起的测量误差所采用的方法是:先将青蛤进行编号,用记号笔标出韧带的位置,以直尺为参照物,对青蛤一一拍照,然后用图像处理软件 Image-Pro Plus 5.1 处理照片,并定点测量。关键点如下: A.壳顶, B.壳前端, C.腹缘底, D.壳后端, E.外韧带末端。测量性状有 L_{AB} 、 L_{AC} 、 L_{AD} 、 L_{AE} 、 L_{BC} 、 L_{BD} (壳长)、 L_{BE} 、 L_{CD} 、 L_{CE} 、 L_{DE} 等 10 个参数再加体质量 W_T 共有 11 个可量性状(L_{AB} 表示 A、B 两点的长度,余同)。测量部位如图 1 所示。

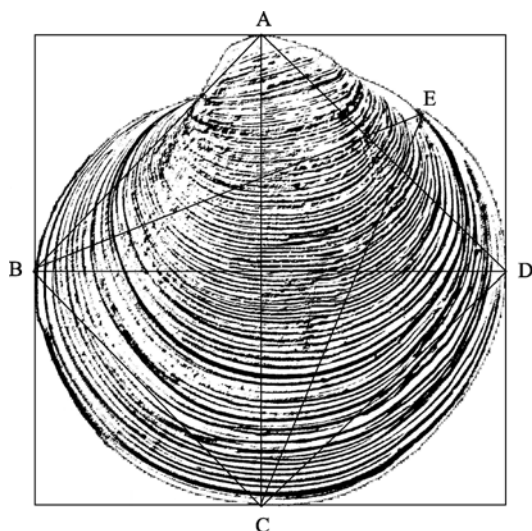


图 1 青蛤形态学框架测量位点
Fig. 1 Truss network of *Cyclina sinensis*

1.3 数据处理

使用 STASTICA 5.0 软件进行数据处理,采用判别分析、主成分分析和聚类分析 3 种多元分析方法对青蛤进行形态差异分析。为了消除青蛤规格大小对参数值的影响,先将每只贝壳的所有参数分别除以壳长(L_{BD})予以校正得出 10 个形态学比例性状。

1.3.1 判别分析

逐步判别时对所有参数进行校正的方法参照文献[13],对所有样本进行逐个判别。判别准确率的计算公式为:

$$\text{判别准确率 } P_1(\%) = \frac{\text{判别正确的数目}}{\text{实测数目}} \times 100$$

$$\text{判别准确率 } P_2(\%) = \frac{\text{判别正确的数目}}{\text{判别数目}} \times$$

100

$$\text{综合判别率} = \frac{\sum_{i=1}^k B_i}{\sum_{i=1}^k A_i}, \text{ 其中, } A_i \text{ 为第 } i \text{ 个}$$

群体判别正确的青蛤数目, B_i 为第 i 个群体实际判别的青蛤的数目, k 为群体数。

1.3.2 主成分分析

先将 3 个不同的群体进行判别分析再整合进行判别分析,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,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。

1.3.3 聚类分析

分别求出 3 群体样本雌雄各自的平均校正正值,再用平均校正正值进行聚类分析。所采用的聚类方法为欧氏距离的最短系统聚类法^[14]。

2 结果与讨论

2.1 不同群体青蛤数量性状测定结果

3 个采样群体分别于 2008 年 9 月采自连云港赣榆(GY9), 2009 年 5 月分别采自连云港赣榆(GY5)和海南岛海口(HN5), 经测量 3 群体的体质量为 10.68~21.58 g, L_{AB} 长为 2.49~3.20 cm, L_{AC} 长为 3.58~4.86 cm, L_{AD} 长为 2.56~3.65 cm, L_{AE} 长为 1.40~1.87 cm, 其余性状见表 1。对 3 群体内雌雄间 11 个性状检验均不存在显著差异($P>0.05$)。

2.2 不同性别青蛤形态学判别分析

将 3 个代表不同时空的青蛤群体分成 3 个独立的群体,对同一群体内的雌雄间用逐步判别分析程序进行性别与形态的判别分析,从体质量、 L_{AB} 、 L_{AC} 、 L_{AD} 、 L_{AE} 等 10 个形态参数中选出几个对判别贡献率较大的几个参数进行判别分析,其中 GY9 群体的 W_T/L_{BD} 、 L_{AB}/L_{BD} 、 L_{BC}/L_{BD} 、 L_{BE}/L_{BD} 对判别贡献率比较大,但均未达到显著水平($P>0.05$), 雌性判别准确率 P_1 为 88.23%, P_2 为 61.54%, 雄性判别准确率 P_1 为 21.05%, P_2 为 55.56%, 综合判别率为 60.61%; GY5 群体 L_{BE}/L_{BD} 、 L_{CE}/L_{BD} 对判别贡献率较大,但未达到显著水平($P>0.05$), 判别准确率雌性 P_1 为 76%, P_2 为 62.29%, 雄性 P_1 为 34.29%, P_2 为 50%, 综合判别率为 58.82%; HN5 群体 L_{AB}/L_{BD} 、 L_{AC}/L_{BD} 、 L_{CE}/L_{BD} 和 L_{DE}/L_{BD} 对判别贡献率比较大,但也未达到显著水平($P>0.05$), 判别准确率雌性 P_1 为 41.67%, P_2 为 62.5%, 雄性 P_1 为 86.67%, P_2 为 32.56%, 综合判别率为

表 1 3 群体青蛤生物数据(x±s)

Tab. 1 Biological data of three populations of *C.sinensis*(x±s)

采集群体 性别	赣榆 9 月 GY9		赣榆 5 月 GY5		海南 5 月 HN5	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
<i>n</i>	136	95	50	35	24	45
体质量(g)	11.03±1.09	10.68±1.82	21.58±3.70	20.94±4.21	21.46±5.51	20.13±4.07
<i>L</i> _{AB} (cm)	2.49±0.17	2.49±0.17	3.02±0.16	3.00±0.19	3.20±0.21	3.19±0.17
<i>L</i> _{AC} (cm)	3.60±0.21	3.58±0.20	4.46±0.24	4.42±0.27	4.86±0.29	4.77±0.19
<i>L</i> _{AD} (cm)	2.60±0.16	2.56±0.17	3.29±0.19	3.26±0.21	3.65±0.22	3.59±0.14
<i>L</i> _{AE} (cm)	1.41±0.13	1.40±0.13	1.82±0.16	1.81±0.16	1.87±0.24	1.79±0.30
<i>L</i> _{BC} (cm)	2.54±0.16	2.49±0.16	2.99±0.19	3.02±0.27	3.46±0.20	3.40±0.16
<i>L</i> _{BD} (cm)	3.58±0.21	3.55±0.20	4.24±0.24	4.24±0.29	4.66±0.24	4.63±0.19
<i>L</i> _{BE} (cm)	3.22±0.22	3.23±0.24	3.87±0.22	3.86±0.25	4.08±0.28	4.04±0.25
<i>L</i> _{CD} (cm)	2.56±0.22	2.55±0.20	3.01±0.20	2.99±0.23	3.13±0.18	3.11±0.16
<i>L</i> _{CE} (cm)	3.20±0.21	3.18±0.21	3.93±0.24	3.89±0.28	4.20±0.22	4.16±0.19
<i>L</i> _{DE} (cm)	1.31±0.16	1.30±0.16	1.67±0.15	1.65±0.16	2.01±0.26	1.95±0.23

70.01%；将上述 3 个群体合并成一个群体对其雌雄个体进行判别分析，结果 *L*_{AB}/*L*_{BD}、*L*_{AC}/*L*_{BD}、*L*_{AE}/*L*_{BD}、*L*_{BE}/*L*_{BD}、*L*_{CD}/*L*_{BD} 对判别贡献率比较大，但达到显著水平(*P*>0.05)，判别准确率为雌性 *P*₁ 为 88.09%，*P*₂ 为 56.40%，雄性 *P*₁ 为 17.82%，*P*₂ 为 55.36%，综合判别率为 56.25%。判别分析结果见表 2，判别方程如下：

$$Y_{\text{♀}} = 0.07252L_{\text{WT}}/L_{\text{BD}} - 0.09068L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} + 0.09978L_{\text{BC}}/L_{\text{BD}} - 0.08054L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} - 0.54205$$

$$Y_{\text{♂}} = -0.10381L_{\text{WT}}/L_{\text{BD}} + 0.12982L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} - 0.14284L_{\text{BC}}/L_{\text{BD}} + 0.11530L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} - 0.91373$$

GY5:

$$Y_{\text{♀}} = 0.11372L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} + 0.20005L_{\text{CE}}/L_{\text{BD}} - 0.55226$$

$$Y_{\text{♂}} = -0.16246L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} - 0.28579L_{\text{CE}}/L_{\text{BD}} - 0.93146$$

HN5:

$$Y_{\text{♀}} = -0.26266L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} + 0.73497L_{\text{AC}}/L_{\text{BD}} - 0.51693L_{\text{CE}}/L_{\text{BD}} + 0.37072L_{\text{DE}}/L_{\text{BD}} - 1.18896$$

$$Y_{\text{♂}} = 0.140086L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} - 0.39198L_{\text{AC}}/L_{\text{BD}} + 0.27569L_{\text{CE}}/L_{\text{BD}} - 0.19772L_{\text{DE}}/L_{\text{BD}} - 0.46525$$

3 群体合并:

$$Y_{\text{♀}} = -0.02952L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} - 0.03674L_{\text{AC}}/L_{\text{BD}} + 0.06779L_{\text{AE}}/L_{\text{BD}} - 0.04502L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} + 0.08228L_{\text{CD}}/L_{\text{BD}} - 0.60819$$

$$Y_{\text{♂}} = 0.03563L_{\text{AB}}/L_{\text{BD}} + 0.04434L_{\text{AC}}/L_{\text{BD}} - 0.08182L_{\text{AE}}/L_{\text{BD}} + 0.05433L_{\text{BE}}/L_{\text{BD}} - 0.0993L_{\text{CD}}/L_{\text{BD}} - 0.79837$$

从判别准确率可以看出，雌性的判别准确率比较高，除了 HN5 相反外，其余均>75%，然而雄性的判别准确率却偏低，不到 50%。可见，形态指标 *L*_{AB}/*L*_{BD}、*L*_{AC}/*L*_{BD}、*L*_{BE}/*L*_{BD}、*L*_{CE}/*L*_{BD} 对筛选出青蛤雌性有一定帮助，但对青蛤雄性却无多大意义。4 个群体的综合判别率也偏低，只有 56.25%~71.01%。Kong^[15]对来自江苏启东、山东日照和即墨以及福建长乐的 4 个西施舌群体的形态进行判别，结果显示其准确率为 74.5% (日照)到 100.0% (长乐)。郑汉丰^[16]

表 2 雌雄青蛤判别分析结果

Tab. 2 Discriminant analysis results of male and female *C.sinensis*

群体	性别	样本数目(个)	观测分类		判别准确率(%)		综合判别率 (%)
			♀	♂	<i>P</i> ₁	<i>P</i> ₂	
GY9	♀	136	120	16	88.23	61.54	60.61
	♂	95	75	20	21.05	55.56	
GY5	♀	50	38	12	76.00	62.29	58.82
	♂	35	23	12	34.29	50.00	
HN5	♀	24	10	14	41.67	62.50	71.01
	♂	45	6	39	86.67	32.56	
3 群体合并	♀	210	185	25	88.09	56.40	56.25
	♂	174	143	31	17.82	55.36	

对三角帆蚌与池蝶蚌自交与正反杂交后的 4 个群体间的判别分析结果显示, 其准确率 P_1 为 45.16% ~ 65.71%, P_2 为 43.17% ~ 70.97%, 综合判别率仅为 57.46%。与两亲本自交后代间的判别率相比非常低, 而本研究中作为不同性别群体与郑汉丰的研究结果相比高一点, 但总体形态特征与性别的相关性并不显著, 这说明单纯通过形态还不能用于鉴别青蛤的性别, 二者相关性不高。因此, 本研究中建立的判别方程在性别鉴定中仅作为参考, 在性别鉴定的实践中仍需要更深入的研究。此外, 本研究结果显示海南青蛤的两性间判别准确率与连云港赣榆池塘养殖青蛤的结果相反, 连云港赣榆池塘养殖青蛤 5 月和 9 月雌性的判别准确率均高于雄性, 而海南的则为雄性判别准确率高于雌性。这一现象可能与青蛤产地环境差异有关, 可能是连云港群体是养殖环境, 而海南是野生环境, 也有可能是黄海与南海海洋生境差异所致, 具体原因还有待深入研究。

2.3 不同性别青蛤形态学主成分分析

对 3 群体独立和合并共 4 个群体分别进行主成分分析, 总方差的贡献率: GY9 主成分 1 为 32.34%, 主成分 2 为 18.44%, 主成分 3 为 10.72%; GY5 主成分 1 为 29.45%, 主成分 2 为 24.43%, 主成分 3 为 18.87%; HN5 主成分 1 为 28.95%, 主成分 2 为 24.37%, 主成分 3 为 18.11%; 合并群体主成分 1 为 29.48%, 主成分 2 为 20.79%, 主成分 3 为 13.87%。无论哪一个群体的样本, 3 个主成分的累计贡献率均较低, 说明用少数几个独立的性状因子难以概括不同性别的形态差异。从 10 个比例性状综合成的 3 个主成分的贡献率来看, 第一主成分(28.95% ~ 32.34%) 略高于对中国五大湖三角帆蚌的研究结果(27.87%)^[17], 但低于魏开建^[18]对褶纹冠蚌等 5 种蚌的 6 个形态性状构建的两个主成分贡献率(主成分 1 为 41.8%; 主成分 2 为 34.08%)。这是由于本研究中群体是在同一种的不同性别上的研究, 而前者为种水平上的差异, 相对要大些。么宗利^[19]比较研究了我国青蛤 5 个地理群体(福建、浙江、江苏、天津及辽宁)的形态差异, 其贡献率:主成分 1 为 28.05%, 主成分 2 为 18.6%, 主成分 3 为 14.0%, 累计贡献率为 60.65%, 与本研究得到的主成分分析结果相近。

2.4 不同性别青蛤形态学聚类分析

对所有样本 10 个比例性状数据进行聚类分析, 3 个群体雌雄间作为独立群体得出 6 个青蛤群体形态

的聚类结果, 见图 2。应用欧氏距离法聚类结果显示 3 个群体雌雄 6 个组合聚为两支, 其中 HN5 群体作为一支, 而来自连云港赣榆的 GY5 和 GY9 两个群体聚为一支, 但来自同一个群体的雌雄间距离最近, 因此来自同一群体的雌雄间首先聚在一起, 如 HN5 雌雄间距离最小, 为 0.038, 其次为 GY5(0.162)和 GY9(0.234), 而 3 个不同群体间的距离则较大, 特别是海南群体与连云港赣榆群体距离最大, 这可能是由于地理距离较远造成的变异。

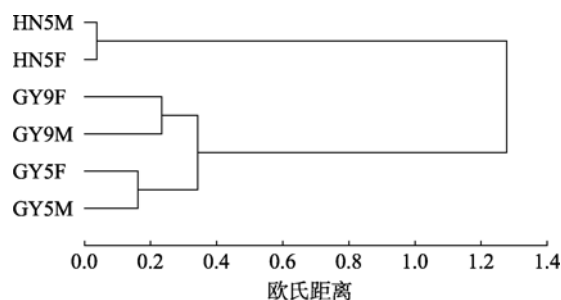


图 2 6 个群体青蛤形态聚类分析图

Fig. 2 Cluster dendrogram for *C.sinensis* from six stocks

3 结论

通过对代表不同时空特性的 3 个青蛤群体研究, 可以得出如下结果:

- (1) 雌雄青蛤在生殖季节形态学差异并不显著;
- (2) 不同地理分布的青蛤在生殖季节雌雄间形态学差异并不显著;
- (3) 青蛤的外部形态与其性别相关性不大, 这与传统观点一致。

致谢: 海南大学宣雄志硕士采集了本项目用的海南岛青蛤样本, 淮海工学院 2009 届王建美同学参与了本试验中形态数据的处理, 特致谢忱! 另外, 特别致谢审稿专家和编辑为本文定稿提出的宝贵意见!

参考文献:

- [1] 蔡英亚. 贝类学概论[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995: 156-157.
- [2] 闫喜武, 杨凤, 张国范, 等. 贝类亲本性别的鉴定方法: 中国, 200810013314.X[P]. 2009-03-04.
- [3] 刘晓, 张国范. 一种栉孔扇贝的判性系及制备方法和应用: 中国, 200410020959.8[P]. 2008-04-23.
- [4] 孙成波, 陈国良, 童汉荣, 等. 美国 4 个凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 种群形态差异与判别分析[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(1): 27-32.
- [5] 楼宝, 龚小玲, 毛国民, 等. 青岛和舟山褐牙鲷群体形态差异分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(1):

- 14-20.
- [6] 程起群, 李思发. 刀鲚和湖鲚种群的形态判别[J]. 海洋科学, 2004, 28(11): 39-43.
- [7] Wenshan Liu, Yuehua Ma, Shouyi Hu, et al. Rearing venus clam seeds, *Cyclina sinensis* (Gmelin), on a commercial scale[J]. Aquaculture, 2002, 211: 109-114.
- [8] 于业绍, 王慧, 刘渝仙, 等. 青蛤生态及繁殖习性研究[J]. 海洋科学, 1994, (2): 17-19.
- [9] 李晓英, 董志国, 薛洋, 等. 温度骤升和窒息条件对青蛤酸性磷酸酶和溶菌酶的影响[J]. 水产科学, 2009, 28(6): 321-324.
- [10] 李晓英, 沈睿杰, 董志国, 等. 温度骤升和窒息胁迫对青蛤抗氧化酶活性的影响[J]. 中国饲料, 2009(1): 39-41.
- [11] 么宗利, 周凯, 来琦芳, 等. 我国五个青蛤地理群体遗传变异的 RAPD 分析[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 102-108.
- [12] Cheng Han-liang, Xia De-quan, Wu Ting-ting, et al. Study on sequences of ribosomal DNA internal transcribed spacers of clams belonging to the Veneridae family (Mollusca: Bivalvia)[J]. Acta Genetica Sinica, 2006, 33(8):702-710.
- [13] Li Si-fa, Wang Cheng-hui, Cheng Qi-qun. Morphological variations and phylogenesis of four strains in *Cyprinus carpio*[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(5): 606-611.
- [14] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 393-401.
- [15] Kong Ling-feng, Li Qi, Hao Xing-qiu. Genetic and morphological differentiation in the clam *Coelom actra antiquata* (Bivalvia: Veneroida) along the coast of China [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2007, 343(1): 110-117.
- [16] 郑汉丰, 张根芳, 李家乐, 等. 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F₁ 代早期形态差异分析[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14 (3): 225-230.
- [17] 钱荣华, 李家乐, 董志国, 等. 中国五大湖三角帆蚌形态判别分析[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(4): 112-119.
- [18] 魏开建, 熊邦喜, 赵小红, 等. 五种蚌的形态变异与判别分析[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 13-18.
- [19] 么宗利, 王慧, 周凯, 来琦芳, 等. 我国 5 个青蛤地理群体形态差异分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(2): 63-70.

Correlation analysis of gender and morphology of *Cyclina sinensis* in the reproductive season

DONG Zhi-guo^{1,2}, LI Xiao-ying¹, CHENG Han-liang¹, MENG Xue-ping¹, YAN Bin-lun¹, SHEN He-ding², LI Jia-le²

(1. Huaihai Institute of Technology, Provincial Key Lab of Marine Biotechnology of Jiangsu, Lianyungang 222005, China; 2. Aquatic and Life School, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Received: Mar., 11, 2010

Key words: *Cyclina sinensis*; gender; morphological variation; multivariate analysis

Abstract: Based on 11 morphological characters of *Cyclina sinensis*, three multivariate analysis methods (discriminant, principal component, and cluster analysis) were used to investigate the correlation of gender with morphology between male and female *C. sinensis* populations collected from GY (Ganyu stock in Lianyungang) in Sept. 2008 and May 2009 and Haikou (in Hainan island) in May 2009. The male and female discriminant functions were constructed for the four populations (the three individual population and their combination into one population). The total discriminant accuracy was low (56.25%~71.01%) with no significant difference ($P>0.05$) between male and female in the morphological variations. By principal component analysis, three principal components were constructed, and the value of cumulative contributory ratio was 58.11%~75.64% which indicated several separate morphological factors could not describe the variation from the male and the female. The cluster analysis indicated that the morphological distance of the clam between the male and the female from the same population was shorter than that from different population. Therefore, our three multivariate analysis showed there were no significant correlation between morphology and gender.

(本文编辑: 张培新)