

北部湾沿岸钝缢锦蛤不同地理群体形态学差异研究

邱炬维, 刁宏山, 赖胜琪, 尹聪, 栗志民* (广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524000)

摘要 利用形态特征分析、方差分析、主成分分析、判别分析和聚类分析 5 种多元统计分析方法, 对北部湾沿岸东兴(DX)、北海(BH)和防城港(FCG) 3 个野生钝缢锦蛤(*Tapes dorsatus*) 群体进行形态学比较。结果表明: 东兴群体体型最大, 贝壳较为厚重; 北海群体软体部最为饱满; 防城港群体壳型“凸”形明显, 贝壳隆起程度最高。通过主成分分析共获得 3 个主成分, 主成分 1、主成分 2、主成分 3 的贡献率分别为 35.369%、21.282% 和 14.968%, 累计贡献率为 71.619%。通过逐步判别法选出 8 个贡献率较大的性状进行判别分析, 建立了 3 个种群的判别函数, 判别准确率 P_1 为 50.00%~90.00%, P_2 为 60.98%~78.95%, 3 个种群的综合判别率为 70.37%。聚类分析结果显示, 北海群体与防城港群体的钝缢锦蛤具有更为接近的形态特征, 而东兴群体由于壳型较扁, 在形态上与另外 2 个群体存在明显差异。北部湾地区钝缢锦蛤不同群体间的形态学差异是种间杂交和环境共同作用的结果。该研究结果可为北部湾钝缢锦蛤群体的人工养殖与种质资源保护提供依据。

关键词 钝缢锦蛤; 形态学差异; 主成分分析; 判别分析; 聚类分析

中图分类号 S917.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)06-0088-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Morphological Difference of Different Geographical Populations of *Tapes dorsatus* along the Coast of Beibu Gulf

QIU Ju-wei, DIAO Hong-shan, LAI Sheng-qi et al (Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524000)

Abstract By using five multivariate statistical analysis methods (morphological characteristics analysis, variance analysis, principal component analysis, discriminant analysis and cluster analysis), the morphological traits among three wild populations of *Tapes dorsatus* along the coast of Beibu Gulf, including Dongxing (DX), Beihai (BH), Fangchenggang (FCG), were compared. The results showed that Dongxing population had the largest body type and thick shell. The soft part of Beihai population was the most full. Fangchenggang population had obvious convex shell type and the highest shell uplift. Three principal components were obtained by the principal component analysis method, the contributory rates of principal component 1, 2, 3 were 35.369%, 21.282% and 14.968%, respectively, the cumulative contributory rate was 71.619%. The stepwise discriminant method was used to select 8 characters with higher contribution rate for discriminant analysis. The discrimination functions of the three populations were set up, and the identification accuracy P_1 and P_2 were 50.00%–90.00% and 60.98%–78.95% respectively. The total discriminate accuracy was 70.37%. The results of cluster analysis indicated that the morphological characters were similar between the populations of BH and FCG. Dongxing population was different from the other two populations in morphology because of its flat shell type. The morphological variations of *T. dorsatus* in Beibu Gulf region among different populations were resulted from the joint effects of interspecific cross and environment. The research results could provide basis for the conservation of germ plasma resources and artificial breeding of *T. dorsatus* in Beibu Gulf region.

Key words *Tapes dorsatus*; Morphological difference; Principal component analysis; Discrimination analysis; Cluster analysis

钝缢锦蛤(*Tapes dorsatus*) 隶属软体动物门(Mollusca) 瓣鳃纲(Bivalvia) 帘蛤目(Veneroida) 帘蛤科(Veneridae) 缢锦蛤属(*Tapes*), 是一种热带、亚热带海洋贝类, 广泛分布于西南太平洋地区。在日本、菲律宾、印度、印度尼西亚、澳大利亚、新西兰等国家的沿海浅滩和泥滩地带均发现野生钝缢锦蛤群体^[1], 而在我国则常见于东海、南海、北部湾地区与台湾岛海域。钝缢锦蛤生活在潮间带中、低潮区至潮下带沙泥和泥沙底质中, 营埋栖生活, 一般栖息深度为 3~15 cm, 喜碎石泥沙环境, 在潮间带下部珊瑚块处也能找到野生集群^[2-3]。钝缢锦蛤个体较大, 具有生长速度快、适应性广、抗污能力强等优点, 是一种品质优良的可食用贝类。目前钝缢锦蛤已经发展成为一种新的海水贝类养殖品种, 具有较高的经济价值及较好的养殖发展前景^[4]。近年来, 国外有关钝缢锦蛤的研究报道较少。Nell 等^[5]报道了钝缢锦蛤二倍体和三倍体的人工孵化, 认为它是一种具有养殖潜力的新品种。国内科研人员从多方面对该种贝类开展了研究, 包括海洋生物源肝素开发^[6]、形态分类^[7]、生态习性^[2]、分子学分类^[8]、繁殖发育^[4]

以及人工育苗^[9]和育种^[10]等。

目前, 钝缢锦蛤的人工繁育和养殖受到科研人员的广泛关注。2019 年, 广东海洋大学刘志刚教授团队参与了广西创新驱动发展专项, 开展了钝缢锦蛤的人工繁育, 并开展了钝缢锦蛤良种选育, 2021 年 11—12 月培育苗种(壳长 2~3 mm) 约 1.9 亿粒。然而, 钝缢锦蛤的人工繁育和养殖仍处于试验阶段, 培育的人工苗种还很少。随着市场对钝缢锦蛤需求量的日益增大, 市场价格不断攀升。人工捕捞天然钝缢锦蛤不仅无法满足市场的需求, 而且酷渔滥捕造成自然资源量逐年锐减。为了保护北部湾海域钝缢锦蛤群体, 对北部湾海域该贝类种质资源现状进行评估十分必要。贝类不同地理群体形态学差异分析可作为评估贝类种质资源的一种重要手段。目前, 科研人员已对多种贝类开展了相关研究, 例如毛蚶^[11]、泥蚶^[12]、菲律宾蛤仔^[13]、青蛤^[14]、真曲巴非蛤^[15]等。笔者利用 5 种多元统计分析方法比较北部湾海域钝缢锦蛤 3 个不同地理群体的形态学差异, 并对该贝类的种质资源进行评估, 旨在为保护北部湾地区野生钝缢锦蛤群体资源、研究该贝类的遗传育种技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 2020 年 8 月, 选取北部湾海区 3 个不同地理群体野生钝缢锦蛤 2 龄贝, 采捕海区分别为广西东兴

基金项目 2019 年广西创新驱动发展专项(桂科 AA19254032-3)。

作者简介 邱炬维(2000—), 男, 云南曲靖人, 研究方向: 水产养殖。
* 通信作者, 教授, 从事贝类遗传育种研究。

收稿日期 2022-04-01

(107°97'E, 21°54'N)、广西北海(109°47'E, 21°55'N)、广西防城港(108°20'E, 21°37'N)。

1.2 试验方法

1.2.1 形态学性状测量。使用游标卡尺对壳长(LS)、壳宽(WS)、壳高(HS)、前缘长(LE)、后缘长(LT)、外韧带长(LY)、外韧带槽宽(WY)、壳厚(TS)共 8 个壳形态学性状(图 1)进行测量,精确到 0.01 mm。总质量(WT)、软体质量(PW)、壳质量(SW)使用电子天平称量,精确到 0.01 g。该研究使用的是各个性状的比值,以消除钝缀锦蛤个体规格不同所带来的影响^[16]。比例性状包括壳高/壳长(HS/LS)、壳宽/壳长(WS/LS)、壳宽/壳高(WS/HS)、前缘长/后缘长(LE/LT)、外韧带槽宽/外韧带长(WY/LY)、壳厚/壳长(TS/LS)、总质量/壳长(WT/LS)、软体质量/壳长(PW/LS)、壳质量/壳长(SW/LS)9 个指标。

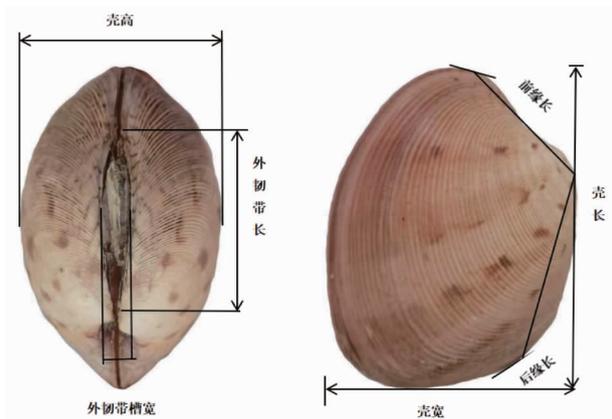


图 1 钝缀锦蛤的形态学性状测量

Fig.1 The morphological traits measurement of *T.dorsatus*

利用 Excel 2007 软件分析 3 个群体钝缀锦蛤的形态学性状,统计各比例性状的平均值(\bar{x})、标准差(SD)和变异系数(CV)。

1.2.2 方差分析。采用 SPSS 20.0 统计软件对钝缀锦蛤不同群体间形态学性状进行单因素方差(One-way ANOVA)分析。根据 P 值来判断 9 个比例性状在不同群体间是否存在显著差异。 $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示无显著差异。

1.2.3 主成分分析。使用 SPSS 20.0 统计软件对 3 个群体钝缀锦蛤的形态学性状进行主成分分析,从 9 个比例性状中

选出 3 个综合性指标,即互不关联的 3 个主成分,并分别计算各主成分的贡献率。根据得到的 3 个主成分贡献率,按从大到小的顺序进行排序,绘制主成分分布图。

1.2.4 判别分析。对所有样本进行逐步判别分析。判别准确率的计算公式如下:

$$\text{判别准确率 } P_1 = \text{判别正确的样本数} / \text{实测样本数} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{判别准确率 } P_2 = \text{判别正确的样本数} / \text{判别样本数} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{综合判别率} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\sum_{i=1}^k B_i} \quad (3)$$

式中,实测样本数是指该种群的采样个体数,判别样本数是指被判为该种群的个体数量; A_i 为第 i 个种群中判别正确的个体数, B_i 为第 i 个种群的样本数量, k 为种群数。

1.2.5 聚类分析。利用分层聚类法对 3 个种群的 9 个比例性状进行分析,采用 NCSS 2007 统计软件求出各个比例性状的平均值,并进行系统聚类,最后用树状图显示 3 个群体间的亲疏程度。

2 结果与分析

2.1 各群体形态比例性状统计 3 个不同群体 9 个比例性状的统计结果见表 1。从表 1 可以看出,3 个群体钝缀锦蛤的 HS/LS 平均值均小于 1,其中防城港群体(FCG)钝缀锦蛤的 HS/LS 平均值最大(0.657 3),说明该群体钝缀锦蛤壳型较圆;东兴群体(DX)钝缀锦蛤 HS/LS 平均值最小,为 0.652 6,说明该群体钝缀锦蛤壳型较扁。从 WS/LS 来看,防城港群体(FCG)WS/LS 平均值最大(0.425 9),说明该群体钝缀锦蛤贝壳隆起程度最高;北海群体(BH)WS/LS 平均值最小(0.410 7),说明该群体钝缀锦蛤贝壳隆起程度最低。从 TS/LS 来看,防城港群体(FCG)TS/LS 平均值最大,为 0.304 2;北海群体(BH)TS/LS 平均值最小,仅为 0.254 1。防城港群体(FCG)除 PW/LS、SW/LS 以外的其他指标均最大,而北海群体这 2 个指标最大。在 3 个群体中,TS/LS、LE/LT 以及 WY/LY 的变异系数均超过 0.100 0。根据统计学原理^[17]可知,这 3 个性状在各群体间表现出广泛的变异。从 SW/LS 来看,东兴群体与北海群体钝缀锦蛤 SW/LS 的变异系数均超过 0.100 0,表明东兴群体与北海群体这一性状出现了变异。

表 1 北部湾 3 个钝缀锦蛤群体的 9 个比例性状统计

Table 1 Statistics of 9 ratio traits of three populations of *T.dorsatus* in Beibu Gulf

群体 Population	变量 Variables	HS/LS	WS/LS	WS/HS	LE/LT	WY/LY	TS/LS	WT/LS	PW/LS	SW/LS
DX	\bar{x}	0.652 6	0.415 6	0.020 6	0.485 2	0.171 0	0.298 2	0.636 8	0.622 3	0.080 5
	SD	0.018 9	0.020 0	0.002 0	0.057 5	0.027 9	0.033 5	0.025 4	0.054 1	0.015 0
	CV	0.029 0	0.048 2	0.098 7	0.118 5	0.163 4	0.112 4	0.039 8	0.086 9	0.173 4
BH	\bar{x}	0.657 2	0.410 7	0.021 2	0.415 8	0.140 2	0.254 1	0.625 0	0.650 5	0.089 4
	SD	0.020 5	0.019 5	0.002 2	0.044 9	0.021 4	0.026 4	0.024 8	0.041 2	0.016 4
	CV	0.031 2	0.047 5	0.105 4	0.108 1	0.152 5	0.104 1	0.039 6	0.063 4	0.183 3
FCG	\bar{x}	0.657 3	0.425 9	0.021 6	0.493 0	0.182 2	0.304 2	0.648 2	0.614 6	0.085 9
	SD	0.018 3	0.016 3	0.001 9	0.054 3	0.025 4	0.031 7	0.022 7	0.033 4	0.006 5
	CV	0.027 8	0.038 4	0.088 9	0.110 2	0.139 5	0.104 2	0.035 0	0.054 4	0.075 3

2.2 方差分析 3个群体钝缢锦蛤9个比例性状的单因素方差分析结果如表2所示。从表2可以看出,不同群体钝缢锦蛤除HS/LS、TS/LS、WY/LY外,其他比例性状均在不同群体间差异极显著($P<0.01$)。该研究结果揭示出不同性状在3个野生群体间存在一定的差异,为不同群体钝缢锦蛤的鉴别提供了可能。

表2 北部湾3个钝缢锦蛤群体9个比例性状方差分析

Table 2 ANOVA analysis of 9 ratio traits of three populations of *T. dorsatus* in Beibu Gulf

比例性状 Ratio traits	群体间均方差 Mean square error between groups	个体间均方差 Mean square error between individuals	F	P值 P value
HS/LS	0.032	0.000	0.884	0.415
WS/LS	0.071	0.000	6.788**	0.002
WS/LS	0.105	0.001	9.267**	0.000
LE/LT	0.179	0.002	8.020**	0.001
WY/LY	0.000	0.000	0.852	0.429
TS/LS	0.000	0.000	2.792	0.065
WT/LS	0.407	0.003	30.506**	0.000
PW/LS	0.205	0.001	33.301**	0.000
SW/LS	0.263	0.001	36.914**	0.000

注:**表示不同群体间差异极显著($P<0.01$)。

Note:** indicated extremely significant differences among different populations($P<0.01$).

2.3 主成分分析 为明确钝缢锦蛤群体形态学差异的主成分因子,利用SPSS 20.0统计软件进行综合运算,以经过校正

的形态学指标作为基础数据进行分析,得到了3个互不关联的主成分,结果如表3所示。

由表3可知,主成分1的贡献率为35.369%,主成分2的贡献率为21.282%,主成分3的贡献率为14.968%,累计贡献率为71.619%。在主成分1中,SW/LS的影响最大,其贡献率为81.2%;其次为WT/LS,其贡献率为78.6%。在主成分2中,TS/LS的影响最大,其贡献率为52.2%;其次为WS/LS,其贡献率为49.5%。在主成分3中,HS/LS的影响最大,其贡献率为48.4%;其次为LE/LT,其贡献率为46.7%。

根据表3中各比例性状与主成分载荷矩阵,计算出每个样品的主成分值,以3个主成分大小的中间值(即主成分2)作为基本关联量,分别以主成分1和主成分3作为散布图的横坐标轴,以主成分2作为散布图的纵坐标轴,绘制钝缢锦蛤3个地理群体的散布图,如图2所示。图2中主成分1、主成分2、主成分3均为相对值,无量纲。在图2A中,从主成分1和主成分2的关联性可以看出,北海群体与防城港群体明显交叠在一起,说明这2个群体主成分1和主成分2的关联性具有较高的相似性;东兴群体与另外2个群体间无重叠区域,且分布较为零散,说明东兴群体与其他2个群体间的差异较大。在图2B中,3个群体之间无重叠区域,但在主成分2轴上北海群体与防城港群体具有较高的相似度,而东兴群体则明显不同;在主成分3轴上,3个群体分成3组,证实了该项指标在不同群体间存在一定的差异。

表3 北部湾钝缢锦蛤3个群体9个比例性状的主成分贡献率与负荷值

Table 3 Principal component contribution rate and load value of 9 ratio traits of three populations of *T. dorsatus* in Beibu Gulf

主成分 Principal component	HS/LS	WS/LS	WS/HS	LE/LT	WY/LY	TS/LS	WT/LS	PW/LS	SW/LS	贡献率 Contribution rate//%
主成分1 Principal component 1	0.474	0.724*	0.498	0.157	0.224	0.515	0.786*	0.754*	0.812*	35.369
主成分2 Principal component 2	0.466	0.495	0.243	0.525	0.362	0.522	-0.540	-0.521	-0.389	21.282
主成分3 Principal component 3	0.484	-0.395	-0.809	0.467	0.148	0.106	0.175	0.106	0.099	14.968

注:每个主成分有主要贡献率的变量(负荷值 >0.700)用*表示。

Note:Variables which had a major contribution rate for each each principal component(load value >0.700) were marked with *.

○东兴群体 DX population □北海群体 BI population ×防城港群体FCG population

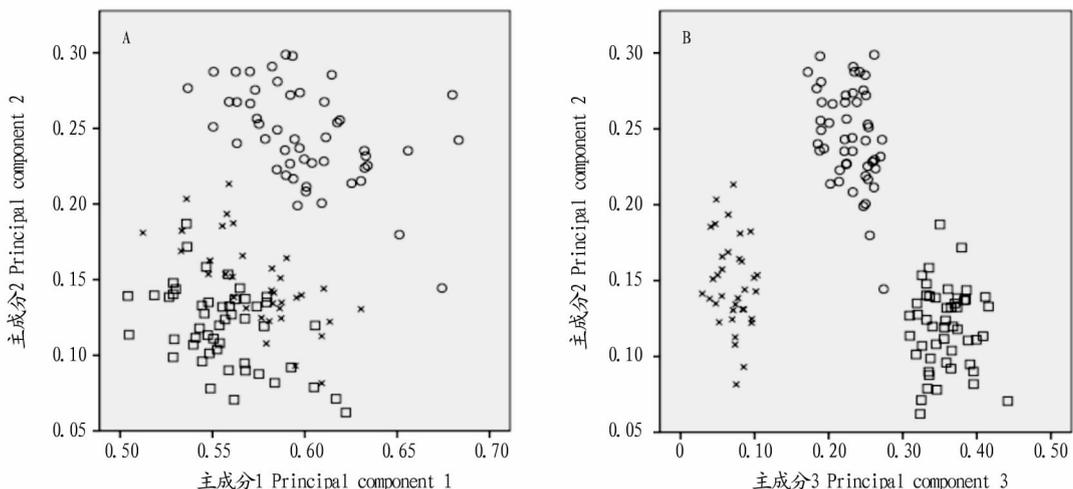


图2 北部湾钝缢锦蛤3个群体的主成分散布图

Fig.2 Scatter map of principal components in three populations of *T. dorsatus* in Beibu Gulf

2.4 判别分析 采用逐步判别分析对矫正后的钝缢锦蛤性状特征值进行筛选,分别以 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 代表壳高/壳长(HS/LS)、壳宽/壳长(WS/LS)、壳厚/壳长(TS/LS)、总质量/壳长(WT/LS)、软体质量/壳长(PW/LS)、壳质量/壳长(SW/LS)、前缘长/后缘长(LE/LT)、外韧带槽宽/外韧带长(WY/LY),建立3个钝缢锦蛤群体的判别函数,得到3个群体钝缢锦蛤形态比例性状判别函数的各项系数及常数项,如表4所示。

表4 3个群体钝缢锦蛤9个比例性状判别函数系数及常数项

Table 4 The discriminant function coefficients and constant of 9 ratio traits in three populations of *T.dorsatus*

群体 Population	X_1 (HS/LS)	X_2 (WS/LS)	X_3 (TS/LS)	X_4 (WT/LS)	X_5 (PW/LS)	X_6 (SW/LS)	X_7 (LE/LT)	X_8 (WY/LY)	常数 Constant
DX	1 595.532	393.058	-3 121.808	68.007	-56.243	-71.163	110.875	-85.193	-603.123
BH	1 629.373	351.312	-2 796.137	70.943	-86.095	-126.497	131.571	-57.262	-611.873
FCG	1 591.711	421.394	-2 960.636	53.773	-19.729	-64.730	102.767	-105.057	-610.642

判别分析结果如表5所示,3个群体钝缢锦蛤判别准确率 P_1 为 50.00%~90.00%,判别分析准确率 P_2 为 60.98%~78.95%,综合判别率为 70.37%。

表5 钝缢锦蛤3个群体判别分析结果

Table 5 The discriminant analysis results of three populations of *T.dorsatus*

群体 Population	样本数 Sample size 个	判别准确率 Discriminant accuracy // %		预测数 Predicted number // 个		
		P_1	P_2	DX	BH	FCG
DX	50	50.00	67.57	25	10	15
BH	50	90.00	78.95	4	45	1
FCG	35	71.43	60.98	8	2	25
合计 Total	135			37	57	41

2.5 聚类分析 3个群体钝缢锦蛤的聚类分析表明,北海与防城港群体的形态学差异不大,较为接近;东兴群体的趋异程度最大,与其他2个群体的形态学差异最大(图3)。

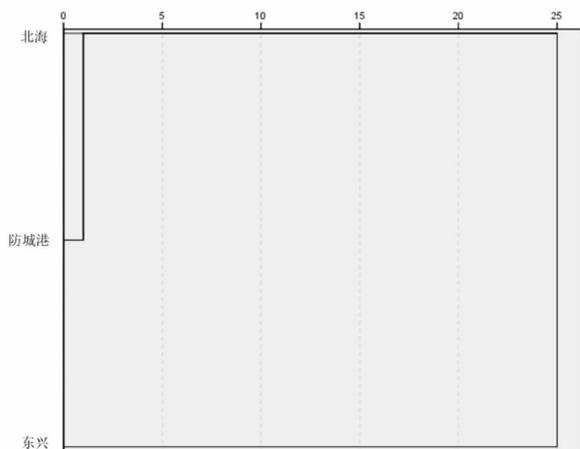


图3 北部湾钝缢锦蛤3个群体形态特征的聚类分析

Fig.3 The cluster analysis of the morphological characteristics in three populations of *T.dorsatus* in Beibu Gulf

3 讨论

3.1 不同群体的形态学差异分析 3个钝缢锦蛤群体中,防城港群体的壳高/壳长(HS/LS)平均值最大,壳型较圆;东兴

3个群体的判别函数如下:

$$Y_{DX} = 1\ 595.532X_1 + 393.058X_2 - 3\ 121.808X_3 + 68.007X_4 - 56.243X_5 - 71.163X_6 + 110.875X_7 - 85.193X_8 - 603.123$$

$$Y_{BH} = 1\ 629.373X_1 + 351.312X_2 - 2\ 796.137X_3 + 70.943X_4 - 86.095X_5 - 126.497X_6 + 131.571X_7 - 57.262X_8 - 611.873$$

$$Y_{FCG} = 1\ 591.711X_1 + 421.394X_2 - 2\ 960.636X_3 + 53.773X_4 - 19.729X_5 - 64.730X_6 + 102.767X_7 - 105.057X_8 - 610.642$$

群体 HS/LS 平均值最小,壳型较扁。从壳宽/壳长(WS/LS)来看,防城港群体 WS/LS 平均值最大,说明该群体钝缢锦蛤贝壳隆起程度最高;北海群体 WS/LS 平均值最小,说明该群体钝缢锦蛤贝壳隆起程度最低。在3个钝缢锦蛤群体中,壳厚/壳长、前缘长/后缘长以及外韧带槽宽/外韧带长的变异系数均超过 0.100 0,说明这3个性状在同一群体内不同个体间具有广泛的变异。从壳质量/壳长来看,东兴与北海群体 SW/LS 的变异系数均超过了 0.100 0,表明东兴与北海群体这一性状出现了变异。牛泓博等^[13]对辽宁沿海菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)8个野生群体进行形态学比较,结果发现由于各海域生态环境存在一定差异,不同海域菲律宾蛤仔群体形态表现出一定的差异。刘童等^[18]以韩国釜山、中国荣成、中国即墨、中国长岛4个地理群体魁蚶为研究对象,结果发现4个群体魁蚶形态存在一定差异,笔者认为魁蚶形态不同可能是对不同环境适应的结果。环境底质是决定形态变异的主要因素之一,这种表型特征的地理变异也是长期演变的结果。该研究中北部湾海域钝缢锦蛤3个野生群体(东兴、北海、防城港)在形态上存在一定的差异,可能与北部湾海域3个群体所在的海域环境有关。

主成分分析是一种常用的简化数据集方法,能够将原有的多个指标转化为少数几个代表性较好的综合性指标,且保持各个指标之间相对独立,以此来反映原来指标大部分的信息。判别分析是根据事物各特征的变量值和它所属类别得出判别函数,以此为依据对研究对象进行所属类判别的方法,这2种方法已在贝类形态学差异分析中广泛应用^[19]。古恒光等^[14]分析了4个野生青蛤群体的7个比例性状,得到3个主成分,累计贡献率为63.428%;将7个比例性状全部引入判别公式,综合判别率为64.3%。刘达博等^[20]对我国沿海7个地理群体缢蛭的12个形态学性状进行了研究,得到3个主成分,累计贡献率为71.23%;建立7个群体缢蛭的判别函数,综合判别率为77.93%。纪燕如等^[21]对我国东南沿海5个织锦巴非蛤群体11个形态学性状进行比较研究,通过主成分分析构建了3个主成分,累计贡献率为66.005%;建立了5个群

体的判别函数,综合判别率为 52.60%。该研究结果表明,通过主成分分析共获得 3 个主成分,累计贡献率为 71.619%;利用逐步判别法选择出 8 个贡献率较大的性状进行判别分析,建立了 3 个种群的判别函数,综合判别率为 70.37%。

3.2 环境条件对不同钝缢锦蛤群体形态的影响 在贝类生长发育过程中,不同的地理环境会显著影响贝类的形态学性状,造成群体与群体之间、个体与个体之间都会存在一定的差异。这些影响因素主要包括温度、光照、盐度、饵料等外界条件。大多数学者认为,贝类的形态变异是一种生态适应现象,是对栖息地生活环境长期适应的表现,是遗传因子与环境因子共同作用的结果。冯建彬等^[22]对我国 4 个海区的野生文蛤群体进行形态学分析,结果发现造成文蛤不同群体间形态学性状差异的主要因素为温度、盐度和底质营养。宋菲菲等^[11]认为地理距离限制是造成毛蚶群体变异程度不同的主要原因。Laudien 等^[23]认为浪蛤的形态学差异是由地理环境差异决定的,而不同群体间的遗传相似性则是由基因交流、选择压力和进化造成的。该研究通过形态特征分析、方差分析、主成分分析、判别分析与聚类分析发现,钝缢锦蛤 3 个群体在不同地理环境下出现了形态学变异。北部湾沿海海岸线曲折,受东南亚热带季风的影响,容易产生小气候区^[24],形成独特的生态环境。钝缢锦蛤活动能力较差,无法进行长距离快速移动,极易受到栖息地环境的影响。研究表明,东兴市 6—8 月平均气温约 29.2 ℃^[25],而防城港市与北海市气温相差不大,6—8 月平均气温约 30.1 ℃^[26]。盐度调查表明,防城港海域平均海水盐度为 28.0^[27],北海海域平均海水盐度为 29.28,均高于东兴海域平均海水盐度^[28]。陈宜展等^[29]对北部湾北部季节环流的研究表明,防城港以东至北海的外海海域呈现出夏季顺时针环流、冬季逆时针环流的特殊环境使得两地海域环境出现极大的相似性。东兴市地处中国与越南边境接壤处,受全年逆时针环流的影响,使得该地区气温与海水盐度更容易受到东南亚海洋季风的影响,呈现出不同的生态环境。这些环境差异很可能影响钝缢锦蛤的生长发育速度,从而反映为外部形态特征的差异。

3.3 钝缢锦蛤种质资源保护与利用 近年来,如何保护和利用好贝类种质资源、如何确保我国养殖海水贝类产量稳步增加等问题层出不穷,掀起了我国水产动物研究和海水贝类养殖的新热潮。种质资源的完好是一个物种能够延续至今的重要法宝,也是所有水产科学研究前沿工作者的重点研究内容。每一个物种都具有独特的基因多样性^[30],因此物种是组成大自然基因多样性的基础,而自然生物资源评价则很大程度上取决于大自然的基因多样性^[31]。由于多年来人们对北部湾海域钝缢锦蛤的酷渔滥捕,该种贝类的野生群体已经遭到严重破坏,自然资源量锐减,因此开展该贝类种质资源保护与利用就显得十分必要。种质资源的研究对于了解贝类种源的适应性、起源、基因资源分布、基因资源保护以及种群改良等方面都具有重要价值,已经越来越为广大育种和养殖人员所重视。钝缢锦蛤形态学分析可为揭示其种群遗传学特征提供重要依据。钝缢锦蛤在我国北部湾海域广泛分布,

近年来该种贝类已经成为这一海域重要的养殖品种,目前已经有少量苗种供应养殖,然而随着养殖规模的扩大,当地苗种供给不够充足,无法满足养殖的需要,因此不得不将来自不同海域的钝缢锦蛤苗种引进北部湾海域进行人工养殖。由于不同地理种群的交流,容易造成杂交污染,使北部湾海域土著钝缢锦蛤种群遗传多样性降低。该研究中笔者采用各个性状的比值作为分析指标,很好地消除了不同个体间因规格不同所带来的误差。

采用方差分析、主成分分析、判别分析和聚类分析等多种统计方法,分析各群体钝缢锦蛤的形态学指标,从不同角度分析了钝缢锦蛤不同群体间的形态学差异。主成分分析和聚类分析显示,防城港和北海群体相似性较大,可能与地理距离较近,这两个群体的基因交流频繁有关。因此,只用贝类的形态学指标不能完全揭示各群体的特性。在今后的研究中应结合形态学分析开展分子遗传学的相关研究,有利于全面证实该种贝类不同群体间的遗传关系。

参考文献

- [1] 蔡英亚,庄启谦.关于拉汉软体动物名称一些问题的商榷[J].湛江海洋大学学报,2001,21(4):84.
- [2] 黄洋,杜涛,杨世平.钝缢锦蛤生态习性的初步研究[J].水产科学,2008,27(4):175-178.
- [3] 巫旗生,曾志南,宁岳,等.钝缢锦蛤形态性状对活体质量的影响[J].水产科学,2018,37(1):110-114.
- [4] 巫旗生,文字,曾志南,等.钝缢锦蛤繁殖周期和胚胎发育[J].中国水产科学,2017,24(3):488-496.
- [5] NELL J A, O'CONNOR W A, HAND R E, et al. Hatchery production of diploid and triploid clams, *Tapes dorsatus* (Lamarck 1818): A potential new species for aquaculture[J]. Aquaculture, 1995, 130(4): 389-394.
- [6] 杜振兴,周斯义,钟赛意,等.不同海洋生物源肝素的理化性质及抗凝血活性[J].食品科学,2019,40(17):134-140.
- [7] 蔡英亚,谢绍河.广东的海贝[M].修订版.汕头:汕头大学出版社,2006:336.
- [8] 陈道海,李洪英,吴秋颖,等.10 种帘蛤科贝类 COI 基因序列分析及系统发育研究[J].生物资源,2018,40(3):277-284.
- [9] 彭银辉.钝缢锦蛤的人工育苗方法[R].广西壮族自治区,广西壮族自治区海洋研究所,2014-08-06.
- [10] 聂振平,彭慧婧,邹杰,等.钝缢锦蛤选育群体 F₂ 生长性状相关性遗传力分析[J].广西科学,2020,27(3):241-247.
- [11] 宋菲菲,王其翔,刘名,等.不同地区毛蚶群体的形态差异的比较研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2012,42(11):40-45.
- [12] 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.
- [13] 牛泓博,聂涛涛,赵力强,等.辽宁沿海菲律宾蛤仔不同地理群体形态差异研究[J].海洋科学,2015,39(11):54-60.
- [14] 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.
- [15] 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):72-77.
- [16] 钱荣华,李家乐,董志国,等.中国五大湖三角帆蚌形态差异分析[J].海洋与湖沼,2003,34(4):436-443.
- [17] 蔡一林,岳永生.水产生物统计[M].北京:中国农业出版社,2004:11-21.
- [18] 刘童,邹琰,王英俊,等.魁蚶 4 个群体形态差异比较分析[J].水产科学,2019,38(5):676-681.
- [19] 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.
- [20] 刘达博,牛东红,姜志勇,等.缢蛭 7 群体的形态差异与判别分析[J].海洋渔业,2009,31(4):363-368.
- [21] 纪燕如,林志华,伍荣聪,等.我国东南沿海 5 个织锦巴非蛤地理群体的形态差异分析[J].热带生物学报,2011,2(3):219-225.
- [22] 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(自然科学版),2005,24(4):318-323.

pens)、披散问荆(*Equisetum diffusum*)、柳叶菜(*Epilobium hirsutum*)、尼泊尔酸模(*Rumex nepalensis*)、地八角(*Astragalus bhotanensis*)、碎米荠(*Cardamine hirsuta*)、积雪草(*Centella asiatica*)、紫雀花(*Parochetus communis*)、泽漆(*Euphorbia hioscopia*)等。层间植物仅粉枝莓(*Rubus biflorus*) 1种。

3.4.14 紫茎泽兰-野坝子草甸。紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)、野坝子(*Elsholtzia rugulosa*)草甸灌木层盖度约8%,高度0.6~0.9 m,其中乔木幼树为云南松(*Pinus yunnanensis*),灌木有地桃花(*Urena lobata*)、野牡丹(*Melastoma candidum*)、山梗子(*Hypericum pseudohenryi*)等。草本层盖度60%,高度0.2~2.0 m,主要有野坝子、紫茎泽兰、滇龙胆草(*Gentiana rigescens*)、橘草(*Cymbopogon goeringii*)、薊(*Cirsium japonicum*)、下田菊(*Adenostemma lavenia*)、圈纹簪牙菜(*Swertia cincta*)、川续断(*Dipsacus asper*)、西南委陵菜(*Potentilla fulgens*)、夏枯草(*Prunella vulgaris*)等。

3.4.15 水生植物群落。水生植物群落作为保护区湿地的群系,分布于海拔1 930~2 055 m区域。灌木层盖度不大,主要的物种有2种,即石棒头草(*Polygonum fugax*)、地果(地石榴)(*Ficus tikoua*)。草本层植物盖度约35%,高度达0.8 m,有灯心草(*Juncus effusus*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、马来眼子菜(*Potamogeton malainus*)、水芹(*Oenanthe javanica*)、柳叶菜(*Epilobium hirsutum*)、茵茵蒜(*Ranunculus chinensis*)、草木樨(*Melilotus suaveolens*)、马鞭草(*Verbena officinalis*)、五叶草(*Geranium nepalense*)等。

4 结论与讨论

通过对35块样地的调查分析,研究结果表明,双河磨南德水源林自然保护区植被类型丰富,植被保存比较完整,共有6个植被型、9个植被亚型和15个群系。共调查到野生种子植物122科448属828种,与滇中地区雕翎山^[8]、西山喀斯特地区^[9]、武定县^[10]、小百草岭地区^[11]等相比,存在一定差异。保护区分布有蛇足石杉(*Huperzia serrata*)、金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、春兰(*Cymbidium goeringii*)等保护植物,作为传统的民族药用植物;有蕨类植物25科113种,当地老百姓采集蕨类作为蔬菜食用,蕨类植物大面积分布,穿插在杜鹃丛中,具备了较高的观赏价值;保护区杜鹃种类丰富,共有7种杜鹃,是杜鹃种质资源的天然基因库,保护区还

种植了大面积的玫瑰花,民族村寨已经作为当地特色重点发掘,开发旅游等,当地世居民族保留了民族植物学的价值,对保护区内很多植物有食用和药用的传统,具有较好的开发利用价值^[12]。

保护区内生境相对复杂多样,水平植被分布规律变化不明显,垂直分布随海拔高度的不同形成垂直地带谱,随着海拔升高,林分逐渐矮化,物种数量减少,结构趋于简单,层次减少并难区分,灌木、草本聚集分布加剧,盖度减少。因此,对保护区不同植被类型分类和研究进行经营管理,为更好地保护生物多样性和种质资源具有重要意义。保护区具有良好的植被覆盖,物种多样性丰富,同时,保护区位于滇中高原省会城市昆明,是当地居民休闲避暑和游览观光场所,人为活动痕迹较明显,因此,保护区承担了自然保护和服务大众的双重角色,这给保护区的管理提出了挑战。在加强保护区建设和管理的同时,应针对主要保护对象开展科研监测,如建立永久固定样地,对固定样地内的乔木树种编号并测定胸径,定期或不定期复测。建立系统的科研监测体系,积极探索保护策略,为保护区的晋升提供科学依据。保护区人为活动频繁,植物多样性受到影响,因此对保护和开发利用植物资源还有待进一步探索。

参考文献

- [1] 《云南植被》编写组.云南植被[M].北京:科学出版社,1987.
- [2] 丁智强,王平,李玉辉,等.双河—磨南德水源林自然保护区地貌特征[J].中国水土保持科学,2021,19(4):34-43.
- [3] 张蓉,何承刚,刘绍娟,等.我国水源林保护区分级区划研究与实践:以昆明市双河磨南德水源林保护区为例[J].林业建设,2012(5):31-35.
- [4] 《中国植被》编辑委员会.中国植被[M].北京:科学出版社,1980.
- [5] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].植物资源与环境学报,1991(S4):1-139.
- [6] 冯建孟,朱有勇.云南地区中国种子植物特有属的研究[J].生态环境学报,2010,19(3):621-625.
- [7] 应俊生,张玉龙.中国种子植物特有属[M].北京:科学出版社,1994.
- [8] 吴娅萍,梁丽艳,陈中华,等.云南雕翎山自然保护区种子植物区系研究[J].西南林业大学学报,2016,36(2):113-120,141.
- [9] 段华超,李双智,茶晓飞,等.昆明西山喀斯特地区种子植物区系研究[J].福建农林大学学报(自然科学版),2020,49(3):380-385.
- [10] 李品荣,孟广涛,方向京,等.滇中武定县种子植物区系[J].东北林业大学学报,2009,37(3):106-108.
- [11] 王利松,孔冬瑞,马海英,等.滇中小百草岭种子植物区系的初步研究[J].云南植物研究,2005,27(2):125-133.
- [12] 沈新华,丁发林.兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型调查研究[J].林业调查规划,2021,46(2):106-109,113.

(上接第92页)

- [23] LAUDIEN J, FLINT N S, VAN DER BANK F H, et al. Genetic and morphological variation in four populations of the surf clam *Donax serra* (Röding) from southern African sandy beaches[J]. Biochemical systematics and ecology, 2003, 31(7): 751-772.
- [24] 符华儿,尹业民,罗海鹏,等.季风对北部湾北岸海平面的影响[J].广西科学院学报,1983(1):68-71.
- [25] 夏华永,古万才.广西沿海海洋站观测海水温度的统计分析[J].海洋通报,2000,19(4):15-21.
- [26] 黎彦佐,李妍君.防城港市气温与降水南北气候差异分析[J].气象研

- 究与应用,2018,39(3):30-34.
- [27] 曹振轶,鲍敏,管卫兵,等.北部湾东北部水团分布及季节变化分析[J].海洋与湖泊,2019,50(3):532-542.
- [28] 杨芳.三个细基江藻繁枝变种种群的生长和氮营养特征研究[D].南宁:广西大学,2014:1-2.
- [29] 陈宜展,杨威,曹永港,等.北部湾北部环流的季节特征[J].广东海洋大学学报,2020,40(4):68-74.
- [30] PRIMACK R B. Tropical community dynamics and conservation biology[J]. BioScience, 1992, 42(11): 818-821.
- [31] 孙振兴,常林瑞.贝类种质资源保护研究进展[J].海洋湖沼通报,2005(3):103-108.