

钝吻黄盖鲽不同群体形态学比较研究

张 岩^{1,2} 肖永双¹ 高天翔¹ 范厚丽³

(¹ 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 青岛 266003)

(² 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(³ 临沂师范学院, 276005)

摘 要 运用主成分分析、多变量分析和单因子方差分析方法,对蓬莱、朝鲜近海和日本釜石 3 个钝吻黄盖鲽 *Pleuronectes yokohamae* 群体 (78 尾) 10 个分节特征和 7 个量度特征进行了比较分析。多重比较和单因子方差结果显示,3 个群体在 2~5 个形态特征上均存在显著差异 ($P=0.05$)。采用逐步判别法对形态特征综合分析,利用贡献率大的参数对 3 个地理群体进行判别分析表明,判别准确率 $P1$ 为 83.3%~100.0%,综合判别率为 92.31%。以上分析结果表明,3 个群体间存在一定程度的分化,中、日群体间有明显的差异,研究结果可为钝吻黄盖鲽群体遗传学研究提供形态学依据。

关键词 钝吻黄盖鲽 群体 主成分分析 多变量解析 单因子方差分析 判别分析
中图分类号 Q954-3 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2010)05-0015-07

Comparisons of morphological characteristics of different populations of marbled sole *Pleuronectes yokohamae*

ZHANG Yan^{1, 2} XIAO Yong-shuang¹ GAO Tian-xiang¹ FAN Hou-li³

(¹ Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(² Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(³ Linyi Normal University, 276005)

ABSTRACT Ten meristic traits and seven morphological characteristics of marbled sole, *Pleuronectes yokohamae* (78 individuals), collected from Penglai, North Korea and Kamaishi populations, were measured and compared by the principal component analysis method, multivariate analysis method and one-way ANOVA. The multivariate analysis and one-way ANOVA results show that there are significant differences ($P=0.05$) among the three populations in two to five morphological characteristics. Discriminant analysis on the high contributing morphological parameters show that there are extremely significant differences among the three populations of *P. yokohamae*, with 83.3%~100.0% identification accuracy and 92.31% synthetic identification accuracy. There are significant differences between Chinese population and Japanese population, and a certain extent of geographical variances existed in the three populations.

国家 863 计划项目 (2006AA09Z418)、国家重点基础研究发展计划项目 (2005CB422306) 和农业部海洋渔业资源可持续利用重点实验室开放课题 (实开 2005-07) 共同资助

收稿日期: 2009-10-16; 接受日期: 2010-12-07

作者简介: 张 岩 (1963-), 女, 研究员, 主要从事种群遗传学研究。E-mail: zhangyan@ysfri.ac.cn, Tel: (0532) 85830494

KEY WORDS Marbled sole *Pleuronectes yokohamae* Principal component analysis
Multivariate analysis One-way ANOVA Discriminant analysis

钝吻黄盖鲽 *Pleuronectes yokohama* (Günther 1877) 隶属于鲽形目 Pleuronectiformes、鲽科 Pleuronectidae、黄盖鲽属 *Pleuronectes*, 为北温带浅海底层鱼类(李思忠等 1995), 是我国重要的海洋经济鱼类, 作为地域性资源, 钝吻黄盖鲽是拖网作业的重要对象, 产量在黄、渤海鲆鲽类中仅次于高眼鲽(李思忠等 1995; 宋宗诚等 2003), 近年来由于捕捞过度和环境变化, 其资源正在迅速衰减。钝吻黄盖鲽具有肉质鲜美、食性温和、可在局部水域过半定居性生活等优良属性, 是理想的增殖对象(陈大刚 1991)。国内学者关于钝吻黄盖鲽的研究很少, 主要集中在生物学、生态学等方面的研究(李思忠等 1995; Dou 1995a、b), 尚未见关于钝吻黄盖鲽不同群体形态学比较研究报道。

钝吻黄盖鲽具有局部洄游的生活习性(李思忠等 1995), 经过长时间、长距离的隔离, 不同地理群体间的形态是否存在显著的差异? 本研究基于形态学特征对采自于山东蓬莱、朝鲜和日本釜石的钝吻黄盖鲽群体展开了形态学比较研究。形态学比较研究方法, 属于传统物种鉴别方法, 是物种分类的最基本的方法之一, 也是早期经典遗传学研究物种遗传变异的主要方法。长期以来, 形态比较研究方法是物种分类、资源评价、物种起源和进化研究最基本的方法, 到目前为止, 形态指标依然是分类学研究的常用方法, 并且已经得到了广泛的应用(杨军山等 2004; 高天翔等 2008)。本研究将传统形态度量学方法和统计学比较分析相结合, 将形态学方法应用于种群的研究中, 阐明钝吻黄盖鲽群体间是否存在形态差异, 为种群的划分及其资源的可持续利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集

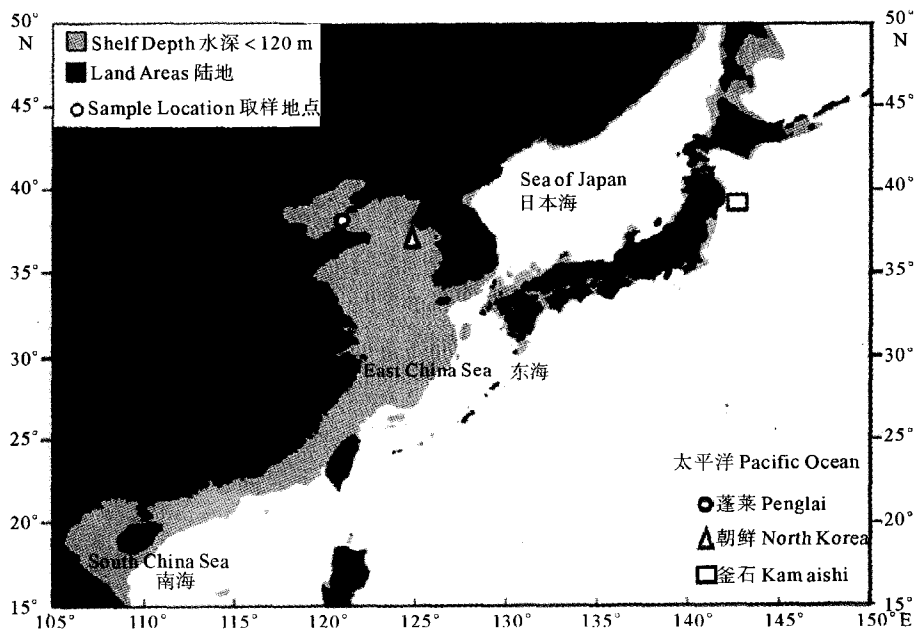


图 1 钝吻黄盖鲽采样地点

Fig. 1 Locations of *P. yokohamae* sampling

表1 钝吻黄盖鲈群体采样信息

Table 1 Information including population names, sampling dates and locations, sample sizes for *P. yokohama*

群体 Population	采样地点 Location	采样时间 Date(年-月)	样本数 Sample size
蓬莱 Penglai	中国近海 Chinese coastal waters (37°52'45"N, 120°40'04"E)	2005-04	33
朝鲜 North Korea	朝鲜近海 Korean coastal waters (37°28'14"N, 125°05'19"E)	2007-04	30
釜石 Kamaishi	日本近海 Japanese coastal waters (39°14'42"N, 142°03'01"E)	2006-11	15

注:实验所用钝吻黄盖鲈样品于2006~2007年采自山东蓬莱、朝鲜近海和日本的釜石近海(图1和表1)。所有样品运回实验室后均在-20℃条件下冷冻保存。测量前,对钝吻黄盖鲈样品进行解冻,完全解冻后进行生物学测定,本研究中钝吻黄盖鲈平均体长为23.34cm,平均体重为296.08g

1.2 实验方法

对样本的10个可数性状进行计数(背鳍鳍条数、胸鳍鳍条数、腹鳍鳍条数、尾鳍鳍条数和臀鳍鳍条数,以及脊椎骨数、上鳃耙数、下鳃耙数、鳃耙数和侧线鳞数)。对9个可量性状用游标卡尺进行测量(体长、头长、体高、眼后头长、吻长、眼径、眼间隔、尾柄高、尾柄长),长度精确到0.01cm。用电子天平测量体重,重量精确到0.1g。

1.3 数据处理

1.3.1 分析方法

采用多变量解析和单因子方差分析的方法来分析其形态差异,并用SPSS软件对3个群体进行判别分析,并绘制了典型判别分析的分类图。对3个群体的所有形态特征数据进行主成分分析,根据各主成分的得分绘制主成分散布图。

1.3.2 判别准确率计算

判别准确率 $P1 = \text{判别正确的尾数} / \text{实际尾数}$; 判别准确率 $P2 = \text{判别正确的尾数} / \text{判别尾数}$

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

式中,实际尾数为该种群的采样数目,判别尾数为被判别为该种群的尾数, A_i 为第*i*个种群中判别正确的尾数, B_i 为第*i*个种群的实际尾数, n 为种群数。

在本研究中,蓬莱、朝鲜和釜石群体的实际尾数分别为33、30和15。

2 结果

2.1 可数性状

表2是钝吻黄盖鲈群体在形态学可数性状方面的实验结果。从表2可以看出,3个群体的背鳍鳍条数平均值分别为66.73、66.40、66.58;胸鳍鳍条数平均值分别为9.88、10.20、10.53;腹鳍鳍条数平均值均为II-4;尾鳍鳍条数平均值分别为18.52、18.93、18.13;臀鳍鳍条数平均值分别为51.58、51.57、52.13;脊椎骨数平均值分别为39.15、38.53、39.13;上鳃耙数平均值分别为3.20、3.03、3.00;下鳃耙数平均值分别为7.18、6.73、6.60;鳃耙数平均值分别为9.52、9.77、9.60;侧线鳞数平均值分别为86.61、79.33、83.73。朝鲜近海钝吻黄盖鲈群体的侧线鳞数平均值略低于蓬莱和釜石群体。

2.2 判别分析

为减少个体实际长度大小对可量性状变量的影响,利用SPSS软件中的相关分析对每条鱼的可量性状进行两两组合求其相关性。以其中的7组数据作为标准化值进行判别分析:A为眼后头长/体长比值、B为吻长/

头长比值、C为眼径/头长比值、D为眼径/眼后头长比值、E为眼间隔/头长比值、F为尾柄长/体长比值 G为尾柄长/尾柄高比值。采用逐步判别方法对以上形态参数进行判别分析,贡献率依次为: E>B>A>G>D>F>C。基于贡献率大的形态参数进行判别分析,结果见表3,判别效果显著(P<0.05)。利用贡献率大的参数建立3个种群的判别公式如下:

表2 钝吻黄盖鲈3个群体的可数性状

Table 2 Meristic counts of three *P. yokohama* populations

可数性状	Meristic count	蓬莱 Penglai	朝鲜 North Korea	釜石 Kamaishi	总计 Total
背鳍	Dorsal fin	55~73 (66.73)	62~71 (66.40)	66~72 (66.58)	55~73 (66.56)
胸鳍	Pectoral fin	8~11 (9.88)	9~11 (10.20)	9~12 (10.53)	8~12 (10.13)
腹鳍	Pelvic fin	II-4	II-4	II-4	II-4
尾鳍	Caudal fin	17~22 (18.52)	17~19 (18.93)	18~20 (18.13)	17~22 (18.60)
臀鳍	Anal fin	46~56 (51.58)	47~54 (51.57)	51~53 (52.13)	46~56 (51.68)
脊椎骨	Vertebrae	36~44 (39.15)	37~40 (38.53)	38~40 (39.13)	36~44 (38.91)
上鳃耙	Upper gill rakers	3~4 (3.20)	3~4 (3.03)	2~4 (3.00)	2~4 (3.12)
下鳃耙	Lower gill rakers	4~11 (7.18)	6~8 (6.73)	5~8 (6.60)	4~11 (6.90)
鳃耙	Gill rakers	6~13 (9.52)	9~12 (9.77)	7~12 (9.60)	6~13 (9.63)
侧线鳞	Lateral line scales	80~95 (86.61)	78~81 (79.33)	77~93 (83.73)	77~95 (83.26)

注:括号内为平均数 Note: numbers in brackets are mean values

$$\text{蓬莱群体} = -95.091 + 1.076.089A + 155.488B + 440.088E$$

$$\text{朝鲜群体} = -109.458 + 1.038.160A + 179.737B + 779.323E$$

$$\text{釜石群体} = -120.087 + 1.213.903A + 291.685B + 17.556E$$

根据得到的判别公式,可以判别3群体所属。将校正过的形态参数(A, B, E)代入判别公式中,即可判断该鱼的所属种群。判别准确率为83.3%~100%,综合判别率为92.3%。基于形态参数典型判别分类散点图结果与逐步判别法的结果一致,中、日钝吻黄盖鲈群体完全判别,蓬莱群体和朝鲜群体存在不完全判别个体(图2)。

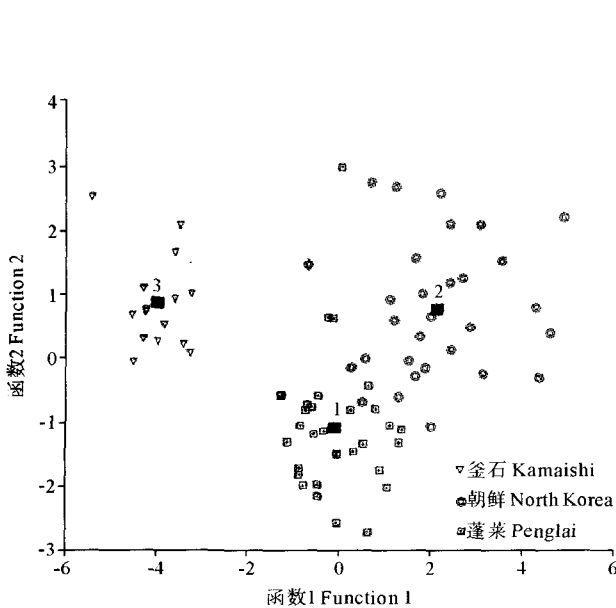


图2 钝吻黄盖鲈群体典型判别分析分类

Fig. 2 Scatter plot of canonical discriminant analysis for three *P. yokohama* populations

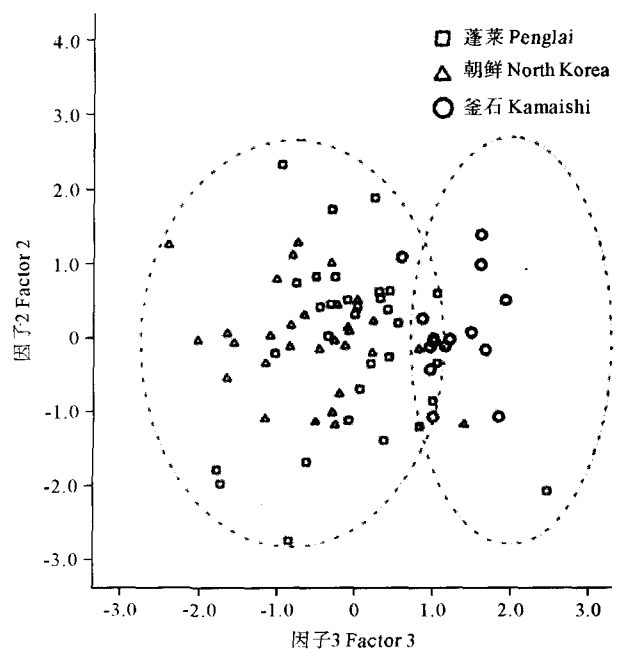


图3 钝吻黄盖鲈3个群体形态特征第2、3主成分分布
Fig. 3 Plot of the second and third principal components from PCA based on the morphological characteristics of three *P. yokohama* populations

2.3 主成分分析

对钝吻黄盖鲈 3 个地理种群的形态参数进行主成分分析,表 3 给出了 7 个比例性状的主成分分析载荷值。从表 3 可以看出,对第 1 主成分载荷量较大的是 G(尾柄长/尾柄高比值)、D(眼径/眼后头长比值)、F(尾柄长/体长比值);对第 2 主成分载荷量较大的是 D(眼径/眼后头长比值)、C(眼径/体长比值)、F(尾柄长/体长比值);对第 3 主成分载荷量较大的是 A(眼后头长/体长比值)、C(眼径/体长比值)、E(眼间隔/头长比值)。

对钝吻黄盖鲈的 3 个群体 78 个个体形态学变量进行主成分分析,得到主成分分析特征值及累积贡献率。结果显示,到第 5 主成分的累积贡献率为 96.860% (表 4)。由个体的第 2、3 主成分散点图可以看出,钝吻黄盖鲈蓬莱群体和朝鲜群体形成一个相对集中的组,个体间交叉混合;日本釜石群体独自形成一个相对集中的组。基于第 3 主成分分析显示中、日钝吻黄盖鲈群体分成两支,且两支存在个体交叉现象(图 3)。

表 3 钝吻黄盖鲈 3 个群体 7 组形态学性状组合主成分分析的载荷值

Table 3 Factor loadings of principal components extracted from seven morphological characteristics in three populations

性状 Characteristic	第 1 主成分 1 st principal component	第 2 主成分 2 nd principal component	第 3 主成分 3 rd principal component
A	0.382	-0.263	0.823
B	0.271	0.424	0.155
C	-0.566	0.585	0.544
D	-0.736	0.660	
E	-0.583	-0.202	-0.445
F	0.663	0.513	-0.225
G	0.783	0.440	-0.250

表 4 钝吻黄盖鲈 3 个群体的主成分分析

Table 4 The principal component analysis of *P. yokohama* in three populations

主成分 Principal component	1	2	3	4	5
特征值 Eigen value	2.475	1.523	1.310	0.904	0.567
累计贡献率 Cumulative contribution (%)	35.356	57.117	75.837	88.756	96.860

2.4 单因子方差分析 (ANOVA)

对钝吻黄盖鲈 3 个群体 7 组形态组合特征进行单因子方差分析,同时对各群体形态学指标进行多重比较分析,对具有方差齐性的变量采用 LSD 比较法,对不具有方差齐性的变量统一采用 Tamahane's T2 比较法。表 5 列出的是 7 组变量在 $P=0.05$ 显著性差异水平上单因子方差分析的结果。结果显示,蓬莱群体和日本釜石群体有 5 个变量(A, B, D, E, G)存在差异;朝鲜群体和日本釜石群体有 5 个变量(A, B, D, E, G)存在差异;蓬莱群体和朝鲜群体有两个变量(B, E)存在差异(表 5)。

3 讨论

3.1 可数性状

从可数性状方面的实验结果来看,3 个群体的背鳍鳍条数、胸鳍鳍条数、尾鳍鳍条数、臀鳍鳍条数、脊椎骨数和侧线鳞数分别为 55~73, 8~12, 17~22, 46~56, 36~44 和 77~95, 腹鳍鳍式恒为 II-4(表 2), 这一统计结

果与以前学者的研究结果基本一致(李思忠等 1995),但范围略微偏大。不同群体可数性状的分布范围大致相当,并无明显差异。因此在本研究中可数性状的差异没有作为钝吻黄盖鲮种群划分的依据。

表 5 钝吻黄盖鲮群体单因子方差分析
Table 5 ANOVA results for *P. yokohama* populations

变量 Variable	群体 Population		
	蓬莱 Penglai	朝鲜 North Korea	釜石 Kamaishi
A	0.145 ± 0.013 ^a	0.141 ± 0.012 ^a	0.157 ± 0.006 ^b
B	0.091 ± 0.025 ^a	0.125 ± 0.030 ^b	0.161 ± 0.020 ^c
C	0.044 ± 0.007 ^a	0.043 ± 0.003 ^a	0.044 ± 0.004 ^a
D	0.307 ± 0.049 ^a	0.310 ± 0.034 ^a	0.280 ± 0.026 ^b
E	0.040 ± 0.006 ^a	0.061 ± 0.010 ^b	0.021 ± 0.004 ^c
F	0.100 ± 0.015 ^a	0.097 ± 0.011 ^a	0.105 ± 0.009 ^a
G	0.852 ± 0.129 ^a	0.796 ± 0.091 ^a	0.955 ± 0.092 ^b

注:英文字母上标表示群体间的差异程度,上标相同或包含关系表示差异不显著,不同或交集关系表示差异显著,差异系数为各群体间的最大值

Note: The superscript means the difference among populations. The same superscript or inclusion relation means the differences are not significant, while the different superscript or intersection relation means the differences are significant

3.2 判别分析

判别分析是根据测量的若干变量值判断研究对象如何分类的统计方法。判别分析具有很强的实用性,被广泛应用于各个领域(丁士晟 1981;张晓庭等 1982)。逐步判别法是目前判别分析中用的最多的一种方法。它从大量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。判别分析也是鱼类种群鉴定的常用方法(李思法等 1990)。在水产领域,判别分析主要应用于鉴定不同水系的河蟹和罗非鱼的不同品系(许加武等 1997;李思发等 1998;李勇等 2001),取得了很有意义的成果。建立了不同水系河蟹的判别公式,这对正确区分不同水系的河蟹,防止种质混杂,有重要作用。

本研究基于可量性状对钝吻黄盖鲮蓬莱群体、朝鲜群体和日本釜石群体进行逐步判别分析。判别结果显示,判别准确率为 83.3%~100%,综合判别率为 92.3%。基于形态参数典型判别分类散点图结果与逐步判别法的结果一致,中、日钝吻黄盖鲮群体完全判别,蓬莱群体和朝鲜群体存在不完全判别个体(图 2)。说明逐步判别分析法对中、日钝吻黄盖鲮种群的鉴定是有效的。

3.3 主成分分析和单因子方差分析

主成分分析方法是一种多变量统计分析方法,该方法能够用于直观地检测个体间相似度,被广泛地应用于物种的确认和鱼类群体间的遗传分化等问题的研究(Gibson *et al.* 1984; Voss *et al.* 1990; Eisenhour 1999; Golubtsov *et al.* 1999)。主成分分析结果显示,钝吻黄盖鲮 3 个地理群体的样本在第 2 主成分和第 3 主成分上明显分为两支,且两支间存在个体交叉现象(图 3)。对第 2 主成分而言,3 个地理群体样本均位于横轴两侧,没有显著的分化;对第 3 主成分而言,蓬莱和朝鲜群体样本本大多位于横轴的左侧,且存在相互重叠现象,与第 3 主成分呈负相关,而日本的釜石群体样本则全部分布在横轴右侧,与第 3 主成分呈正相关,尽管与蓬莱和朝鲜群体存在一定的重叠,但从一定程度上体现了中、日钝吻黄盖鲮存在着地理差异(图 3)。单因子方差分析(ANOVA)结果显示,钝吻黄盖鲮 3 个群体均检测到较大差异,不同地理群体间在 2~5 个形态变量上存在着显著差异(表 5),表明钝吻黄盖鲮 3 个群体在形态上存在一定程度的差异,与判别分析和主成分分析结果一致。相似的研究结果也在青鳞小沙丁和太平洋鲱中出现(刘名等 2007;高天翔等 2008),暗示中、日海域物种群体间存在分化的趋势。

3.4 群体间差异成因分析

海洋鱼类的发生、扩布并形成如今格局,是地史演化、古海洋变迁与自身适应性进化相互作用的结果。全球75%左右的边缘性海盆都分布于西部太平洋陆架边缘(Tamaki *et al.* 1991)。在第四纪末期的冰期过程中,海平面变化导致的环境变迁在西太平洋的边缘海内尤为强烈。钝吻黄盖鲽主要分布在北太平洋西部近海,东北北部到黄、渤海,北达朝鲜近海半岛、鞑靼海峡及北海道南部,因此钝吻黄盖鲽的分布及群落结构必然受到了冰期的强烈影响。在西北太平洋,冰期最盛期,对马海峡、朝鲜近海海峡、津轻、宗谷、鞑靼海峡全部变为陆桥(日本第四纪学会 1984),琉球群岛成为中国东海和外太平洋的隔离屏障,这就使得黄、渤海与外太平洋和日本海之间完全隔离,从而使得分布于日本海和黄、渤海的钝吻黄盖鲽产生了隔离。随着间冰期的到来,海平面的上升,中国东海和日本海及外太平洋通过海峡联通,一定程度上促进边缘海与外太平洋间的物种交流。但是,钝吻黄盖鲽作为一种浅海陆棚底层鱼类,洄游路线和范围非常有限。因此基于古气候冰期对钝吻黄盖鲽的影响和其自身对浅海陆棚环境的适应性,钝吻黄盖鲽中、日群体可能发生了分化。

综上所述,形态方法在鱼类的比较、划分研究中最基本、最主要的研究方法之一。本研究从形态学角度综合采用了多种分析手段,对钝吻黄盖鲽3个群体进行了比较研究,检测到了钝吻黄盖鲽中、日群体间存在一定程度的分化,该结果可为其他遗传标记研究分析提供形态学资料。今后,需要增加样本数量,结合遗传学、生态学等方面内容进行深入的研究。

参 考 文 献

- 丁士晟. 1981. 多元分析方法及其应用. 长春:吉林人民出版社, 259~315
- 日本第四纪学会. 1984. 日本第四纪研究. 北京:海洋出版社, 1~20
- 许加武, 任明荣, 李思发. 1997. 长江、辽河和瓯江中华绒螯蟹种群的形态判别. 水产学报, 21(3): 269~274
- 刘名, 王艳军, 高天翔, 庄志猛, 柳本卓, 櫻井泰宪. 2007. 中日太平洋鲽形态学比较研究. 中国海洋大学学报, 37(Supp.): 131~136
- 张晓庭, 方开泰. 1982. 多元统计分析引论. 北京:科学出版社, 393~401
- 陈大刚. 1991. 黄、渤海渔业生态学. 北京:海洋出版社, 416~421
- 李思法, 王强, 吴力钊. 1990. 长江、珠江、黑龙江江鲢、鳊、草鱼种质资源研究. 上海:上海科学技术出版社, 145~162
- 李思忠, 王惠民. 1995. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲽形目. 北京:科学出版社, 241~246
- 李思发, 李晨虹, 李家乐. 1998. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析. 动物学报, 44(4): 450~457
- 李勇, 李思发, 王成辉, 李晨虹, 赵金良. 2001. 三水系中华绒螯蟹幼蟹形态判别程序的建立和使用. 水产学报, 25(2): 120~126
- 宋宗诚, 林占德, 陈四清, 于东祥, 张少华. 2003. 钝吻黄盖鲽的工厂化人工育苗. 渔业现代化, 2: 19~20
- 杨军山, 陈毅峰. 2004. 副沙鳅属的多变量形态分析. 动物分类学报, 29(1): 10~16
- 高天翔, 杨天燕. 2008. 中、日青鳞小沙丁鱼形态学比较分析. 中国海洋大学学报, 38(2): 201~206
- Dou, S. Z. 1995a. Food utilization of adult flatfishes co-occurring in the Bohai Sea of China. Neth. J. Sea Res. 34(1-3): 183~193
- Dou, S. Z. 1995b. Life history cycles of flatfishes in the Bohai Sea, China. Neth. J. Sea Res. 34(1-3): 195~210
- Eisenhour, D. J. 1999. Systematics of *Macrhybopsis tetranema* (Cypriniforms: Cyprinidae) Coapeia. Syst. Zool. 4: 969~980
- Golubtsov, A. S., and Berendzen, P. B. 1999. Morphological evidence for the occurrence of two electric catfish (*Malapterurus*) species in the White Nile and Omo-Turkana systems (East Africa). J. Fish. Biol. 55(3): 492~505
- Gibson, A. R., Baker, A. J., and Moeed, P. 1984. Morphometric variation in introduced population of the common myna (*Acridotheres tristis*): An application of the jackknife to principal component analysis. Syst. Zool. 33: 408~421
- Tamaki, K., and Honza, E. 1991. Global tectonics and formation of marginal basins; role of the western Pacific. Episodes, 14: 224~230
- Voss, R. S., Marcus, L. F., and Escalante, P. 1990. Morphological evolution in muroid rodents. I. Conservative patterns of craniometric covariance and their ontogenetic basis in the Neotropical genus *Zygodontomys*. Evolution, 44: 1568~1587