

文章编号: 1674 - 5566(2013)01 - 0017 - 06

中国鳢群体形态学初步研究

张红艳^{1,2}, 高天翔³, 李 健¹, 潘晓哲³, 张 辉³, 张 岩¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 3. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003)

摘 要: 对东营、青岛和温州近海的中国鳢(*Sillago sinica*) 3个地理群体共69尾样品进行了常规形态特征测定, 以框架测量法测定了18个框架数据, 并基于多变量分析法对测量数据进行了统计分析。研究表明, 中国鳢不同地理群体可数性状上均无显著差异; 单因子方差分析结果显示, 在27个形态特征值中, 东营群体与青岛和温州群体间分别有17个和14个变量存在显著差异, 温州和青岛群体间仅有6个变量存在显著差异; 聚类分析结果显示, 群体间存在交叉现象, 无法检测到与地理相对应的分支类群; 根据第一和第二主成分构建的散布图显示, 东营群体个体相对集中。以上实验结果均表明, 中国鳢3个群体间存在一定程度的形态差异, 东营群体与其它两群体间形态差异较大。该研究为中国鳢种群研究提供了形态学依据, 为其研究的深入开展奠定了基础。

研究亮点: 首次从形态学水平对新发现的鳢属鱼类中国鳢(*Sillago sinica*)的3个地理群体进行了遗传变异分析, 采用传统的形态学测量和框架法两种方法, 更直观和精确地反映了不同群体间的形态差异, 为中国鳢种群研究提供了基础性资料。

关键词: 中国鳢; 形态特征; 框架法; 多元分析

中图分类号: S 937; S 917

文献标志码: A

鱼类的外形特征和性状差异是进行鱼类分类和种群鉴别的基本依据。传统的形态学研究主要是测量鱼类的可数性状和可量性状, 并使用生物统计方法进行分析 and 判定, 而框架测量法则是通过测定鱼体上若干个坐标点之间的距离, 利用多元分析来描述鱼类的外部轮廓特征, 能够更加直观和精确地反映不同鱼类体型间的形态差异^[1]。传统形态特征分析方法应用广泛, 已有学者在蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)^[2]、钝吻黄盖鲈(*Pseudoplouronectes yokohama*)^[3]、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[4]以及墨西哥野生鳢(*Oncorhynchus chrysogaster*)^[5]等鱼类的形态研究中取得了初步的结果。近几年来, 框架法在海水鱼类中应用较为普遍, 如东黄海日本鲭^[6-7]、刀鲚(*Coilia nasus*)^[8]、花腹鲭^[9]等。

中国鳢(*Sillago sinica*) 隶属于鲈形目

(Perciforms)、鳢科(Sillaginidae)、鳢属(*Sillago*), 是新发现的一种鳢属鱼类, 目前仅发现于中国温州、东营及青岛附近海域^[10]。除新种报道之外, 尚未见关于中国鳢的研究。本研究采用传统形态特征分析与框架法, 对中国鳢3个地理群体进行了形态特征测定, 分析了不同群体间的形态差异情况, 以期为中国鳢种群研究提供资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集及保存

实验所用样品于2009-2011年间分别采自温州、东营和青岛近海。样品运回后在-20℃条件下冷冻保存。采样地点及数量见表1。

1.2 形态测量

采用游标卡尺对样本的17个可量性状进行测量, 包括全长、体长、头长、吻长、眼径、眼间距、

收稿日期: 2012-07-06 修回日期: 2012-09-05

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(201105005)

作者简介: 张红艳(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源与种群遗传学。E-mail: zhanghongyanshou@163.com

通信作者: 张 岩, E-mail: zhangyan@ysfri.ac.cn

眼后头长、上颌长、体高、体宽、尾柄长、尾柄高、第一背鳍基长、第二背鳍基长、臀鳍基长、胸鳍基长和腹鳍基长(精确到 0.01 cm)。用电子天平称量体重,精确到 0.1 g。

共采用 9 个解剖学坐标点(1~9)对样品进行框架测量,得到 18 个框架结构性状 $D_{12} - D_{89}$, 如图 1 所示, D_{12} 表示位点 1 与 2 之间的距离。

表 1 实验所用样本数及采样时间和地点

Tab.1 The sample numbers, sampling dates and locations for this research

群体	名称代码	采样地点	采样时间	样本数	体长范围/mm
浙江温州	WZ	飞云江水系入海口	2009. 06	15	97.79 ~ 157.37
山东东营	DY	黄河入海口	2010. 10	24	83.61 ~ 164.27
山东青岛	QD	沙子口、即墨、崂山头	2009 ~ 2011	30	79.21 ~ 141.17

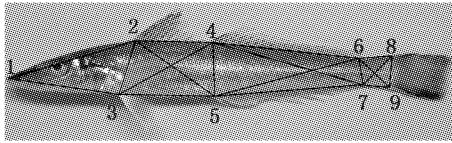


图 1 中国鳎测量框架结构示意图

Fig.1 The truss network for morphometrics measurements of *S. sinica*

9 个解剖学同源坐标点:1. 吻端;2. 第一背鳍起点;3. 腹鳍起点;4. 第二背鳍起点;5. 臀鳍起点;6. 第二背鳍末端;7. 臀鳍末端;8. 尾鳍背侧起点;9. 尾鳍腹侧起点。

1.3 数据统计及分析方法

为消除样品大小对形态参数造成的影响,先将全部原始数据与其体长之比作为校正值(头部特征除以头长),共构成 27 个形态特征参数,各参数编号为: V_{01} ——体长/全长、 V_{02} ——头长/体长、 V_{03} ——体高/体长、 V_{04} ——吻长/头长、 V_{05} ——眼后头长/头长、 V_{06} ——眼间隔/头长、 V_{07} ——眼径/头长、 V_{08} ——眼径/眼间隔、 V_{09} ——尾柄高/尾柄长、 V_{10} —— D_{12} /体长、 V_{11} —— D_{13} /体长、 V_{12} —— D_{23} /体长、 V_{13} —— D_{24} /体长、 V_{14} —— D_{25} /体长、 V_{15} —— D_{34} /体长、 V_{16} —— D_{35} /体长、 V_{17} —— D_{45} /体长、 V_{18} —— D_{46} /体长、 V_{19} —— D_{47} /体长、 V_{20} —— D_{56} /体长、 V_{21} —— D_{57} /体长、 V_{22} —— D_{67} /体长、 V_{23} —— D_{68} /体长、 V_{24} —— D_{69} /体长、 V_{25} —— D_{78} /体长、 V_{26} —— D_{79} /体长、 V_{27} —— D_{89} /体长。随后运用 SPSS 11.5 软件对形态特征参数进行主成分分析、单因子方差分析、聚类分析和判别分析。

2 实验结果

2.1 分节特征

对 3 个地理群体的中国鳎在形态学分节特征方面进行统计,列举了各个群体的数量特征范围和平均值(表 2)。从中可以看出,3 个群体的

第一背鳍、第二背鳍、胸鳍和臀鳍的鳍条数目分别在 X ~ XI, I - 20 ~ 23, 13 ~ 17, II - 19 ~ 23 之间,腹鳍鳍条数为定值 I - 5。

表 2 中国鳎 3 个群体的分节特征

Tab.2 Meristic characters of three *Sillago sinica* populations

分节特征	东营	青岛	温州
第一背鳍	X ~ XI	X ~ XI	XI
第二背鳍	I, 21 ~ 22	I, 20 ~ 22	I, 21 ~ 22
胸鳍	14 ~ 17	14 ~ 17	16 ~ 17
腹鳍	I, 5	I, 5	I, 5
臀鳍	II, 19 ~ 22	II, 20 ~ 24	II, 22 ~ 23

2.2 主成分分析

对中国鳎群体的 27 个变量参数进行主成分分析,前 7 个主成分的累计贡献率达到 83.31% (表 3)。从中可以看出,对第 1 主成分载荷量较大的是 V_{11} 、 V_{01} 和 V_{10} ,对第二主成分载荷量影响较大的是 V_{03} 、 V_{06} 和 V_{08} ,第 1、2 主成分主要反映了鱼体头部的特征;对第三主成分载荷量影响较大的是 V_{14} 、 V_{15} 和 V_{20} ,主要反映了鱼体躯干部的形态特征;对第四主成分载荷量影响较大的是 V_{09} 、 V_{17} 和 V_{22} ,主要反映了鱼体尾部的形态特征。

根据第 1 和第 2 主成分绘制的散布图(图 2)可以看出,中国鳎不同地理群体在主成分 1 和主成分 2 上群体间并无显著分化。东营群体与其它两群体除个别个体存在交叉现象外能够形成相对集中的组,表明东营群体与其它两群体间存在相对显著的分化。温州群体和青岛群体间存在较大范围的交叉,分化不显著。

2.3 聚类分析

为了更直观地显示 3 个群体间的个体差异,对所测得的 27 个特征值进行聚类分析(图 4)。结果显示,3 个地理种群个体间没有形成明显的分支,群体间存在交叉现象。

表 3 中国鳊 27 组形态学性状的主成分载荷
Tab.3 Loadings of the first seven principal components for 27 morphological characteristics of *S. sinica*

性状	主成分						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
V ₀₁	-0.15	0.08	-0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
V ₀₂	0.09	-0.07	0.16	0.08	0.01	-0.07	0.21
V ₀₃	0.13	0.14	-0.03	0.07	0.05	0.11	-0.07
V ₀₄	-0.03	0.07	0.03	0.13	-0.20	-0.08	-0.14
V ₀₅	0.05	0.06	-0.10	-0.04	0.25	-0.24	0.00
V ₀₆	0.02	0.17	-0.16	-0.12	-0.08	0.10	0.06
V ₀₇	-0.08	-0.12	-0.02	-0.07	0.12	0.21	-0.13
V ₀₈	-0.06	-0.20	0.08	0.05	0.12	0.05	-0.10
V ₀₉	0.08	0.01	-0.04	0.23	-0.02	0.01	-0.14
V ₁₀	0.15	-0.06	0.07	-0.06	0.09	0.11	-0.04
V ₁₁	0.16	-0.03	0.07	-0.01	0.07	0.04	0.10
V ₁₂	0.07	0.17	0.02	0.14	0.12	0.15	-0.19
V ₁₃	-0.04	0.05	-0.07	-0.11	0.18	0.08	0.04
V ₁₄	-0.02	-0.06	0.18	-0.01	-0.12	0.17	-0.07
V ₁₅	-0.06	-0.02	0.17	-0.04	0.20	-0.04	-0.06
V ₁₆	-0.03	-0.13	-0.07	-0.03	-0.08	0.28	0.06
V ₁₇	0.05	0.05	-0.03	0.23	0.13	0.09	0.18
V ₁₈	0.11	-0.05	0.05	-0.07	-0.21	0.10	0.11
V ₁₉	0.14	-0.05	-0.03	-0.08	-0.12	-0.07	0.13
V ₂₀	0.01	-0.12	-0.18	-0.09	0.04	-0.08	0.22
V ₂₁	0.00	-0.10	-0.17	0.08	-0.20	-0.07	-0.01
V ₂₂	-0.03	-0.11	-0.05	0.18	0.13	0.10	0.29
V ₂₃	-0.07	0.12	0.17	-0.09	-0.02	-0.03	0.19
V ₂₄	0.01	0.14	0.12	-0.12	0.02	0.10	0.23
V ₂₅	-0.09	0.04	0.02	0.15	-0.02	0.00	0.40
V ₂₆	-0.08	0.11	-0.036	0.05	-0.12	0.23	0.02
V ₂₇	-0.05	-0.01	0.137	0.09	-0.08	-0.23	-0.02
特征值	5.42	3.93	3.60	3.23	2.42	2.26	1.63
贡献率/%	20.07	14.55	13.33	11.98	8.97	8.37	6.05
累积贡献率/%	20.07	34.61	47.94	59.92	68.89	77.26	83.31

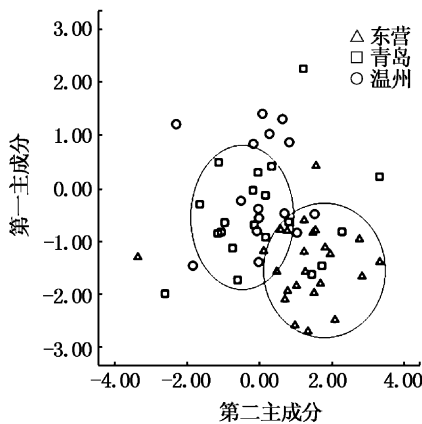


图 2 中国鳊第一、二主成分分布图
Fig.2 Plot of the first and second principal components from PCA of three populations of *S. sinica*

2.4 单因子方差分析

表 4 列出的是 27 组变量在 $P=0.05$ 显著性差异水平上的单因子方差分析结果,从表中可以看出,东营群体和青岛群体间有 17 个变量(V_{01} 、

V_{02} 、 V_{04} 、 V_{07} 、 V_{08} 、 V_{10} 、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V_{14} 、 V_{15} 、 V_{16} 、 V_{18} 、 V_{19} 、 V_{20} 、 V_{21} 、 V_{24})存在显著差异。青岛和温州群体有 6 个变量(V_{01} 、 V_{04} 、 V_{07} 、 V_{08} 、 V_{09} 、 V_{11})存在显著差异。东营和温州群体有 14 个变量(V_{02} 、 V_{09} 、 V_{10} 、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V_{14} 、 V_{15} 、 V_{16} 、 V_{18} 、 V_{19} 、 V_{20} 、 V_{21} 、 V_{24})存在显著差异。

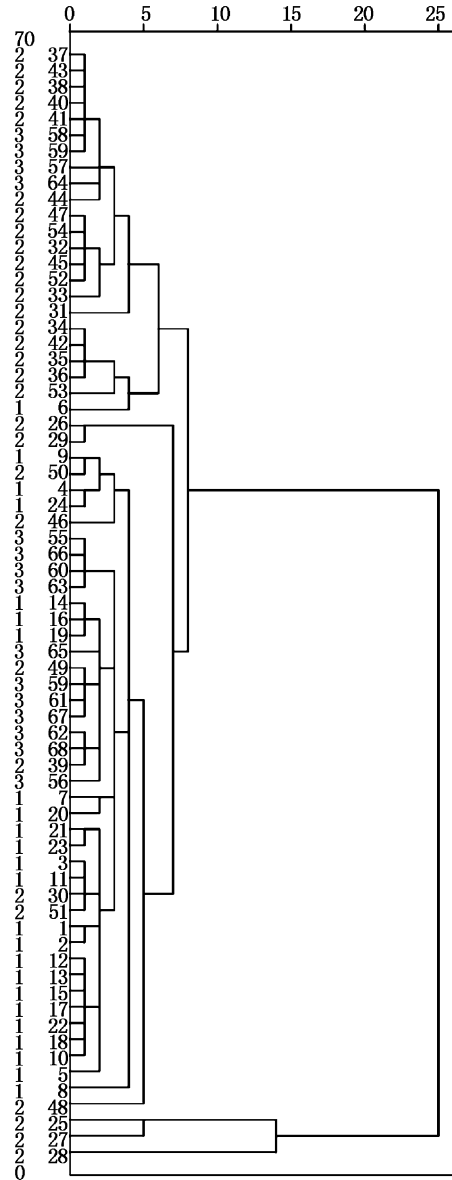


图 3 基于 27 个形态特征的欧氏距离构建的中国鳊个体聚类关系图
Fig.3 Clustering dendrogram of Euclidean distant of *S. sinica* individuals based on 27 morphological characters
1 为青岛群体; 2 为东营群体; 3 为温州群体。

2.5 判别分析

对不同地理群体的 27 个形态比例参数进行判别分析(表 5),样本综合判别率为 97.1%。在

确保一定的判别准确率的前提下,进一步筛选出 8 个贡献较大的特征,建立了如下判别公式。

表 4 中国鳎各群体单因子方差分析结果
(平均值 ± 标准差, $P=0.05$)

Tab. 4 One-way ANOVA results among
populations of *S. sinica* (Mean ± S. D, $P=0.05$)

变量	东营	青岛	温州
V_{01}	0.881 ± 0.189 ^a	0.858 ± 0.129 ^b	0.872 ± 0.025 ^a
V_{02}	0.246 ± 0.010 ^a	0.268 ± 0.019 ^b	0.278 ± 0.009 ^b
V_{03}	0.138 ± 0.011 ^a	0.146 ± 0.013 ^a	0.147 ± 0.009 ^a
V_{04}	0.426 ± 0.014 ^a	0.407 ± 0.038 ^b	0.415 ± 0.012 ^a
V_{05}	0.415 ± 0.024 ^a	0.415 ± 0.040 ^a	0.417 ± 0.025 ^a
V_{06}	0.215 ± 0.013 ^a	0.220 ± 0.021 ^a	0.222 ± 0.015 ^a
V_{07}	0.159 ± 0.014 ^a	0.188 ± 0.023 ^b	0.168 ± 0.009 ^a
V_{08}	0.745 ± 0.080 ^a	0.858 ± 0.126 ^b	0.762 ± 0.077 ^a
V_{09}	0.662 ± 0.064 ^a	0.670 ± 0.162 ^a	0.579 ± 0.051 ^b
V_{10}	0.305 ± 0.009 ^a	0.334 ± 0.019 ^b	0.344 ± 0.013 ^b
V_{11}	0.281 ± 0.012 ^a	0.297 ± 0.014 ^c	0.308 ± 0.009 ^b
V_{12}	0.136 ± 0.012 ^a	0.145 ± 0.012 ^b	0.144 ± 0.007 ^b
V_{13}	0.186 ± 0.012 ^a	0.203 ± 0.012 ^b	0.208 ± 0.010 ^b
V_{14}	0.233 ± 0.014 ^a	0.254 ± 0.015 ^b	0.255 ± 0.009 ^b
V_{15}	0.250 ± 0.016 ^a	0.272 ± 0.014 ^b	0.274 ± 0.021 ^b
V_{16}	0.215 ± 0.014 ^a	0.235 ± 0.017 ^b	0.247 ± 0.018 ^b
V_{17}	0.136 ± 0.015 ^a	0.140 ± 0.012 ^a	0.137 ± 0.007 ^a
V_{18}	0.336 ± 0.011 ^a	0.356 ± 0.021 ^b	0.358 ± 0.016 ^b
V_{19}	0.346 ± 0.015 ^a	0.370 ± 0.020 ^b	0.371 ± 0.018 ^b
V_{20}	0.341 ± 0.020 ^a	0.367 ± 0.014 ^b	0.374 ± 0.009 ^b
V_{21}	0.343 ± 0.016 ^a	0.364 ± 0.022 ^b	0.364 ± 0.012 ^b
V_{22}	0.075 ± 0.027 ^a	0.073 ± 0.014 ^a	0.074 ± 0.003 ^a
V_{23}	0.106 ± 0.012 ^a	0.111 ± 0.012 ^a	0.104 ± 0.011 ^a
V_{24}	0.121 ± 0.011 ^a	0.128 ± 0.009 ^b	0.128 ± 0.007 ^b
V_{25}	0.125 ± 0.011 ^a	0.131 ± 0.010 ^a	0.127 ± 0.005 ^a
V_{26}	0.101 ± 0.007 ^a	0.104 ± 0.013 ^a	0.102 ± 0.006 ^a
V_{27}	0.076 ± 0.005 ^a	0.079 ± 0.007 ^a	0.081 ± 0.007 ^a

注:英文字母上标表示群体间的差异程度。上标相同表示差异不显著($P>0.05$),上标不同表示差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)。

东营群体: $Y(DY) = -2\ 068.393 + 4\ 878.722V_{02} + 1649.580V_{04} + 1237.474V_{05} + 2150.191V_{07} + 0.656V_{09} + 2373.662V_{12} + 1451.620V_{16} - 2803.493V_{17} + 1669.716V_{20} + 1618.313V_{21}$

青岛群体: $Y(QD) = -2339.294 + 5134.193V_{02} + 1640.219V_{04} + 1249.682V_{05} + 2469.190V_{07} + 30.576V_{09} + 2593.418V_{12} + 1503.627V_{16} - 3028.563V_{17} + 1869.306V_{20} + 1750.206V_{21}$

温州群体: $Y(WZ) = -2339.294 + 5227.224V_{02} + 1754.100V_{04} + 1339.458V_{05} + 2246.362V_{07} - 8.017V_{09} + 2667.612V_{12} + 1639.480V_{16} - 3181.422V_{17} + 1869.648V_{20} + 1675.084V_{21}$

将所校正后的形态参数值,分别代入上述公

式计算比较得最大值,即可确定为该鱼所属种群。

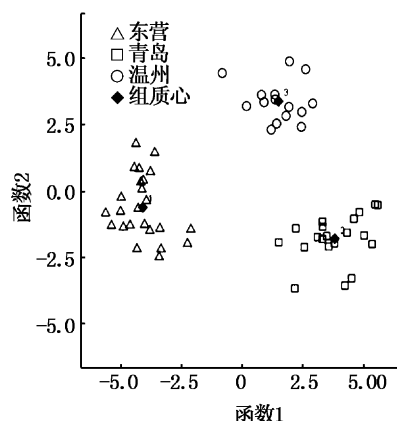


图 4 中国鳎不同群体典型判别分析分类
Fig. 4 Scatter plot of canonical discriminant analysis for three populations of *S. sinica*

表 5 不同地理群体判别分析结果

Tab. 5 Discriminant results of three
different populations of *S. sinica*

群体	判别 样本数	预测分类			判别 准确率
		东营(DY)	青岛(QD)	温州(WZ)	
东营(DY)	24	23	0	1	95.8%
青岛(QD)	30	0	29	1	96.7%
温州(WZ)	15	0	0	15	100%
合计	69	24	20	15	97.1%

3 讨论

3.1 结果分析

该研究中使用 4 种多元统计分析方法从不同角度分析了中国鳎 3 个群体间的形态差异。主成分分析、聚类分析、单因子方差分析及判别分析结果基本一致:东营群体与其它两个群体在形态上差异较大,青岛群体与温州群体差异并不显著。

在分节特征方面,5 种分节特征的分布显示,不同地理群体在第一背鳍、第二背鳍、胸鳍、腹鳍、臀鳍鳍条数等方面差异均较小。由此可见,中国鳎的分节特征在不同群体内差异并不显著。这一结果与 GAO 等^[10]研究结果相近。张岩等^[3]对钝吻黄盖鲽进行研究发现,其可数性状分布范围大致相当,并无明显差异。可见,不同群体间分节特征比较稳定,很难作为群体划分依据。

主成分分析是一种多元变量统计分析方法^[3]。将多个形态比例性状综合成少数几个因子,从而得出不同群体的差异大小,并可根据不

同群体的主成分值找出各群体在各主成分值上差异较大的参数^[11]。主成分分析被广泛地应用于物种性状选择标准的判定及物种的确认。李镛等^[12]对大口黑鲈的研究结果显示全长可作为其早期形态性状的选择指标;李倩等^[13]运用主成分分析在形态上区分了黄河鲤鱼群体与野生四鼻须鲤鱼群体。本研究中,3个群体在第1主成分和第2主成分上没有明显的分化,不同地理群体的形态性状相差不大。但除个别个体交叉重叠外,东营群体基本可形成相对集中的组,说明东营群体与其它两个群体形态差异相对较大。此结果与单因子方差分析结果一致。

迄今,判别分析在鉴定种内^[4]及种间^[14-15]形态差异的研究中已得到广泛应用。逐步判别分析是从大量的已知因子中挑选若干必要的(能提供附加信息)、最佳组合的因子来建立判别函数的一种方法^[16]。本研究中,基于可量性状对中国鳊不同地理群体进行逐步判别分析,结果显示,判别效果极显著($P < 0.01$),判别准确率为97.1%,3个不同地理群体均能完全判别,此结果表明中国鳊群体间存在一定的形态差异。

聚类分析可以用来对不同的群体进行初步归类,量化群体间的差异,直观地反映个体间的差异程度。聚类分析也是鉴定鱼类种群形态差异的常用方法,在不同品系尼罗罗非鱼及中、日青鳞小沙丁鱼形态差异方面都有相关应用^[17-18],该研究中聚类结果显示,3个地理种群相互重叠,群体间存在交叉现象,表明群体间形态差异不显著。

3.2 群体间形态差异成因分析

从本研究分析结果上看,青岛群体和温州群体之间差异较小,东营群体和其它两群体之间差异相对较大,这与遗传学分析结果相近^[19]。对于这种结果,可从以下几个方面进行解释。

首先,东营群体和其它两群体之间差异相对较大,可能与中国鳊的生活习性有关。鳊科鱼类均为近岸洄游性鱼类,营底栖生活,主要栖息于河口区,活动范围有限,东营群体与其它群体的基因交流有限,可能产生了一定的分化^[19];温州和青岛群体间的形态差异分化不显著,可能是由于海洋环境里缺少影响扩散的障碍,有利于两群体间产生基因交流;其次,水生动物的形态差异也可能会受到环境的影响,包括地区海洋洋

流^[20-22]、海水温度^[23]、地理条件^[15,24]等。受我国渤海、黄海、东海沿岸流和黑潮暖流的影响,分别处于黄海与东海的青岛群体和温州群体在黑潮以及沿岸流的作用下可能得到了相互的交流,这种现象在其他海洋鱼类中也存在。XIAO等^[22]对小黄鱼种群进行了研究,认为洋流是小黄鱼遗传分化极不显著的重要原因之一,本文中中国鳊的分布范围与小黄鱼的类似,因此也可能受到洋流的影响,使青岛群体与温州群体间发生相互交流,从而造成形态差异不显著。

最后,3个群体间的形态差异也可能与样本量较少及采样年度不同相关,今后会增加采样做更进一步的研究。

鱼类外形特征和性状差异在形态学研究中占有重要地位,是鱼类系统发育、种群鉴别和分类最基本的依据,也是养殖生产技术的操作依据。从形态水平或表型水平来检测遗传变异是最经典也是最简便易行的方法^[25]。本研究采用多元分析方法从形态学角度对中国鳊3个群体进行了比较研究,结果可为中国鳊的种质资源评价和保护提供形态学依据,为中国鳊群体的深入研究奠定了基础。

参考文献:

- [1] 李思发. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1996:183-184.
- [2] 水柏年,孙希福,韩志强,等. 黄海、东海蓝点马鲛群体的形态特征分析 [J]. 水产学报,2009,33(3):445-451.
- [3] 张岩,肖永双,高天翔,等. 钝吻黄盖鲮不同群体形态学比较研究 [J]. 渔业科学进展,2010,31(5):15-21.
- [4] 马爱军,王新安,雷霖霖,等. 大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 4个不同地理群体数量形态特征比较 [J]. 海洋与湖沼,2008,39(1):24-28.
- [5] RUIZC G, CAMARENA R F, VARELA R A, et al. Morphometric variation of wild trout populations from Northwestern Mexico (Pisces: Salmonidae) [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2003, 13(1): 91-110.
- [6] 刘楚珠,严利平,李建生,等. 基于框架法的东黄海日本鳊产卵群体形态差异分析 [J]. 中国水产科学,2011,18(4):908-917.
- [7] ERGUDEN D, OZTURK B, AKA E Z, et al. Morphologic structuring between populations of chub mackerel *Scomber japonicus* in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas [J]. Fish Science, 2009, 75(1):129-135.
- [8] 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.

- [9] TZENG T D. Morphological Variation between Populations of Spotted Mackerel (*Scomber australasicus*) off Taiwan [J]. Fisheries Research, 2004, 68(1/3):45-55.
- [10] GAO T X, JI D P, XIAO Y S, et al. Description and DNA barcoding of a new sillago species, *Sillago sinica* (Perciformes: Sillaginidae), from coastal waters of China [J]. Zoological Studies, 2011, 50(2):254-263.
- [11] 张健东, 马龙, 陈刚, 等. 不同地理群体多鳞鳕的形态差异分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11):5678-5681.
- [12] 李榕, 白俊杰, 李胜杰, 等. 大口黑鲈家系早期形态性状的相关和主成分分析 [J]. 海洋渔业, 2011, 33(3):282-288.
- [13] 李倩, 凌去非, 王磊, 等. 4 个鲤鱼群体形态学差异研究 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25):404-405.
- [14] 韩冰, 王艳君, 高天翔. 黄、东海 3 个黄姑鱼群体和一个鲈鱼群体的形态学比较研究 [J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3):23-29.
- [15] 高天翔, 张秀梅, 柳广东, 等. 10 个日本绒螯蟹群体与中华绒螯蟹形态的主成分分析 [J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(4):273-277.
- [16] 许加武, 任明荣, 李思发. 长江、辽河和瓯江中华绒螯蟹种群的形态判别 [J]. 水产学报, 1997, 21(3):269-274.
- [17] 李思发, 李晨虹, 李家乐. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析 [J]. 动物学报, 1998, 44(4):450-457.
- [18] 高天翔, 杨天燕. 中、日青鳞小沙丁鱼形态学比较分析 [J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(2):201-206.
- [19] 薛泰强. 鳕科几种鱼类的形态学及遗传学研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [20] SCHULTE P. Environmental adaptations as windows on molecular evolution [J]. Comparative Biochemistry and Physiology part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2001, 128(3):597-611.
- [21] HEMMER-HANSEN J, NIELSEN E E, GRØNKJÆR P, et al. Evolutionary mechanisms shaping the genetic population structure of marine fishes; lessons from the European flounder (*Platichthys flesus* L.) [J]. Molecular Ecology, 2007, 16(15):3104-3118.
- [22] XIAO Y S, ZHANG Y, GAO T X. Genetic diversity in the mtDNA control region and population structure in the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* [J]. Environmental Biology of Fishes, 2009, 85(4):303-314.
- [23] 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.
- [24] PLANES S, DOERTY P, BERNARDI G. Strong genetic divergence among populations of a marine fish with limited dispersal, *Acanthochromis polyacanthus*, within the Great Barrier Reef and the Coral Sea [J]. Evolution, 2001, 55(11):2263-2273.
- [25] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理和方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994:123-140.

Preliminary biological study on morphology of *Sillago sinica* populations

ZHANG Hong-yan^{1,2}, GAO Tian-xiang³, LI Jian¹, PAN Xiao-zhe³, ZHANG Hui³, ZHANG Yan¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China)

Abstract: The morphological differences among three populations of *Sillago sinica*, from Dongying, Qingdao and Wenzhou were studied in the present paper, based on multivariate statistical analysis. 17 traditional morphological characters and 18 truss morphological characters of 69 specimens were measured. No significant difference was found on meristic characters of *S. sinica* among the three populations. The result of one-way ANOVA indicates that 17 and 14 morphological parameters are significantly different between the populations of Dongying and Qingdao and the populations of Dongying and Wenzhou respectively. However, only 6 morphological parameters are found to be significantly different between the populations of Qingdao and Wenzhou. No distinct groups that correspond to the sampling locations are found in cluster analysis. Discriminant analysis of 27 morphological parameters shows that there are extremely significant differences among the three populations of *S. sinica* ($P < 0.01$) with the discriminant accuracy reaching 97.1%. Principal component analysis separates the population of Dongying from the other two populations. The present paper offers morphological basis for further studies of population analysis of *S. sinica*.

Key words: *Sillago sinica*; morphology; truss method; multivariate analysis