

文章编号:1000-0615(2009)03-0445-07

黄海、东海蓝点马鲛群体的形态特征分析

水柏年^{1,2}, 孙希福¹, 韩志强², 高天翔^{1,2}

(1. 中国海洋大学教育部海水养殖重点实验室, 山东 青岛 266003;

2. 浙江海洋学院渔业学院, 浙江 舟山 316004)

摘要:对采自黄海北部(东营、威海)、东海(舟山、宁波、温州)的5个蓝点马鲛群体(共157尾)和广州的1个斑点马鲛群体(20尾)的个体进行了形态特征测定,并对实测数据进行了单因子方差分析、主成分分析和聚类分析。单因子方差分析结果表明,黄海与东海的蓝点马鲛在吻至胸鳍起点/叉长(SP/FL)、腹鳍起点至臀鳍起点/叉长(VA/FL)、胸鳍鳍条及鳃耙数上存在差异;斑点马鲛与蓝点马鲛所有的形态特征均存在显著性差异。黄海与东海的蓝点马鲛群体间差异系数均小于1.28,根据Mayr等提出的75%规则,认为其群体间差异仍属于种内不同地理群体的差异水平。主成分分析结果表明,3个主成分的贡献率分别为32.32%、11.92%、7.67%,累计贡献率为51.91%。前两个主成分的分布图显示出黄海与东海的蓝点马鲛已经有所分化。聚类分析结果显示,5个蓝点马鲛群体间存在不同程度的分化,黄海与东海群体之间有一定差异。

关键词:蓝点马鲛;形态特征;单因子方差分析;主成分分析;聚类分析

中图分类号:Q 954.3; S 917

文献标识码:A

蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)隶属于鲈形目(Perciformes)、鲭科(Scombridae)、马鲛属(*Scomberomorus*),俗名鲛鱼、马鲛、燕尾鲛等。该种广泛分布于西北太平洋的日本、朝鲜半岛及中国沿海,为暖水性中上层大型经济鱼类^[1-4]。蓝点马鲛具有生长速度快、性成熟早、种群结构简单的特点,是增养殖的重点鱼种^[5-6]。一直以来,蓝点马鲛都是我国黄渤海和东海海区最为重要的渔业对象之一^[7]。但近年来,由于过度捕捞、环境污染等原因使我国沿海渔业资源持续衰退,蓝点马鲛资源也受到严重破坏。因此,为了确保蓝点马鲛渔业资源的可持续利用,对其种群结构的研究显得尤为重要。

一般认为中国沿海的蓝点马鲛存在两大种群:黄海及渤海种群与东海种群^[8-9]。对不同海域蓝点马鲛的形态差异已有一些报道,黄克勤等^[10]研究了东海蓝点马鲛群体的形态差异认为,

其分节特征和量度特征无任何差异,为一个种群;韦晟等^[11]比较了黄渤海蓝点马鲛群体的形态差异指出,黄海北部及渤海的蓝点马鲛群体形态相似,为同一种群,但关于黄海种群与东海种群间的形态差异至今尚无报道。本研究利用分节特征和量度特征共计21个参数,以单因子方差分析、主成分分析、聚类分析3种方法对我国5个蓝点马鲛群体的形态学差异进行综合分析,并引进斑点马鲛(*S. guttatus*)作为外群,以验证来自黄海和东海的蓝点马鲛群体是否来自不同的产卵群体,并找出差异较大的形态特征和群体间及种间的形态鉴别方法,旨在为蓝点马鲛渔业资源保护和合理利用,以及今后的增养殖研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

研究中所采用的样本为2006年6月至2008

收稿日期:2008-10-25 修回日期:2008-11-22

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA09Z418);国家重点基础研究发展计划(2005CB422306);浙江省自然科学基金(Y307496)

通讯作者:高天翔, Tel:0532-82032063, E-mail:gaozhang@ouc.edu.cn

年5月在中国黄海采集的东营、威海2个群体,在东海采集的温州、宁波、舟山3个群体,并以广州的斑点马鲛作为外群。各群体样本的采集地点、时间、数量及样本大小见表1,采集地点的地理位置见图1。

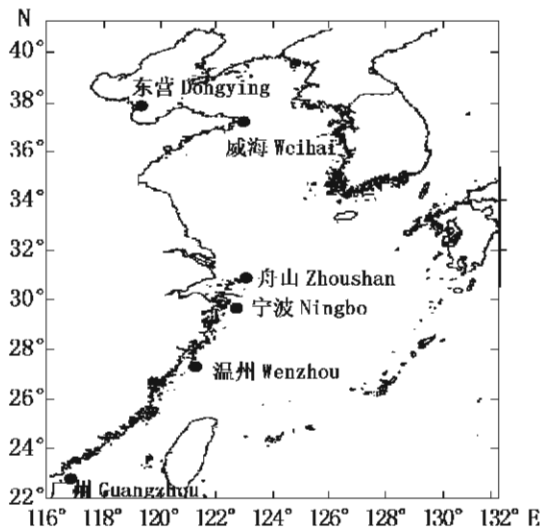


图1 样本采集地点图
Fig.1 Map of sampling locations

1.2 测量方法

本研究采用传统的测量形态学的方法,对于样本的鳍条、鳃耙和脊椎骨数等分节特征采用直接计数的方法^[12]。用直尺测量样本的叉长、头长、眼后头长、吻至背鳍起点、吻至胸鳍起点、吻至腹鳍起点、背鳍起点至臀鳍起点、胸鳍起点至臀鳍起点、腹鳍起点至臀鳍起点、背鳍基长、臀鳍基长及胸鳍基部末端至臀鳍起点的距离,精确到0.1 cm。用游标卡尺测量样本的体高、眼径、眼间距、吻长、上颌长,精确到0.01 cm。文中各参数测量要求:叉长(fork length, FL)为从吻前端至尾鳍末端中间尾叉最深处的水平长度;头长(head length, HL)为从吻前端至鳃盖后缘的水平长度;体高(maximum height of body, BH)为躯干上下之间的最大高度;吻长(snout length, SL)为眼眶前缘至吻端的长度;眼径(eye orbit diameter, ED)即从眼眶前缘至后缘的水平长度;眼后头长(post-eye length, PL)是从眼眶后缘到鳃盖骨后缘的长度;上颌长(upper jaw length, UJL)即上颌骨的最大长度;吻至背鳍起点(tip of snout to origin of dorsal fin, SD)为吻端至第一背鳍起点的水平长度;吻至胸鳍起点(tip of snout to origin of

pectoral fin, SP)为从吻前端至胸鳍起点的水平长度;吻至腹鳍起点(tip of snout to origin of pelvic fin, SV)为从吻前端至腹鳍起点的水平长度;第一背鳍起点至臀鳍起点(origin of the first dorsal fin to that of anal fin, DA)即第一背鳍起点至臀鳍起点的水平长度;胸鳍起点至臀鳍起点(origin of pectoral fin to that of anal fin, PA)为胸鳍起点至臀鳍起点的水平长度;腹鳍起点至臀鳍起点(origin of pelvic fin to that of anal fin, VA)为腹鳍起点至臀鳍起点的水平长度;第一背鳍基长(length of base of the first dorsal fin, DL)即第一背鳍基部的长度;胸鳍末端至臀鳍起点(end of pectoral fin to origin of anal fin, EO)为胸鳍末端至臀鳍起点的水平长度。

1.3 数据处理

为了将头部特征与躯干特征加以区分,将头部的量度特征以头长为基准,即头部的量度特征长均除以头长,其他量度特征长均除以叉长,同时头长也除以叉长,以此来消除样本大小对量度特征的影响。运用SPSS对数据主要进行以下多变量分析^[13-14]。

方差分析 采用单因子方差分析(One way-ANOVA),并采用LSD和Tamhane's T2法多重比较来分析不同群体间的形态差异。并计算差异系数,根据Mayr等^[15]提出的75%规则,对它们之间的形态特征差异进行归类。

主成分分析 对所有群体的所有形态特征数据进行主成分分析,得到各主成分负荷值和贡献率,并根据贡献较大的主成分的得分绘制主成分散布图。

聚类分析 运用Cluster analysis工具和Euclidean distance方法对6个群体的所有变量进行多变量分析,用其平均值绘制聚类图,并计算群体间的欧氏距离。

2 结果

2.1 方差分析

对5个蓝点马鲛群体和斑点马鲛群体的21个形态特征(morphological characters)进行单因子方差分析,表2、表3结果显示,5个蓝点马鲛群体中,除PA/FL、尾鳍鳍条及脊椎骨数外,其他特征均存在显著性差异;而东海3个群体(温州、宁波、舟山)与黄海北部两个群体(威海、东营)在

SP/FL、VA/FL、胸鳍鳍条及上鳃耙数等特征上已有所分化。而斑点马鲛群体与蓝点马鲛群体的形态特征均存在显著性差异。

根据 Mayr 等^[15]提出的 75% 识别与划分的规则,计算群体间的差异系数。由表 3 可以看出,

蓝点马鲛群体间的差异系数均小于 1.28,均为不同地理种群的差异;而与斑点马鲛的差异系数均大于其种内差异系数,有 5 个形态特征差异系数达到 1.6 以上。

表 1 样本数量、采集地点、时间和样本大小

Tab. 1 Sample sizes, sampling sites and time and sample length for two *Scomberomorus* species

采样地点 sampling locations	采样时间 sampling time	样本数量(尾) sample sizes	样本叉长 (cm) sample fork length	
			范围 range	平均值 mean value
东营 Dongying	2007- 07	37	11.5 ~22.1	16.7 ±2.3
威海 Weihai	2006- 06	30	40.0 ~58.1	45.4 ±3.7
温州 Wenzhou	2008- 05	23	43.0 ~55.0	50.3 ±2.8
宁波 Ningbo	2007- 03	40	38.5 ~54.0	46.7 ±3.2
舟山 Zhoushan	2007- 06	27	45.5 ~67.6	54.3 ±5.2
广州 Guangzhou	2007- 06	20	41.4 ~50.4	45.0 ±2.1

表 2 不同群体间 21 个形态特征的差异

Tab. 2 Differences on 21 morphological characters of six *Scomberomorus* populations

形态特征 morphological characters	东营 Dongying	威海 Weihai	温州 Wenzhou	宁波 Ningbo	舟山 Zhoushan	广州 Guangzhou
HL/FL	0.196 ±0.007 ^b	0.191 ±0.006 ^a	0.194 ±0.008 ^{ab}	0.191 ±0.008 ^a	0.192 ±0.008 ^a	0.18 ±0.005 ^c
BH/FL	0.178 ±0.012 ^a	0.180 ±0.0123 ^{ab}	0.186 ±0.009 ^b	0.184 ±0.009 ^b	0.181 ±0.012 ^b	0.22 ±0.007 ^c
SL/HL	0.365 ±0.020 ^a	0.365 ±0.009 ^a	0.365 ±0.016 ^{ab}	0.363 ±0.020 ^{ab}	0.355 ±0.024 ^b	0.34 ±0.011 ^c
ED/HL	0.173 ±0.015 ^a	0.169 ±0.011 ^a	0.176 ±0.008 ^a	0.170 ±0.011 ^a	0.157 ±0.016 ^b	0.21 ±0.012 ^c
PL/HL	0.463 ±0.027 ^a	0.466 ±0.018 ^a	0.467 ±0.078 ^a	0.488 ±0.017 ^b	0.494 ±0.026 ^b	0.49 ±0.013 ^b
UIL/HL	0.560 ±0.026 ^a	0.564 ±0.019 ^a	0.555 ±0.021 ^{ab}	0.549 ±0.017 ^b	0.558 ±0.244 ^{ab}	0.53 ±0.023 ^c
SD/FL	0.233 ±0.011 ^{ab}	0.235 ±0.013 ^{ab}	0.230 ±0.007 ^a	0.230 ±0.008 ^b	0.228 ±0.012 ^b	0.21 ±0.007 ^c
SF/FL	0.213 ±0.012 ^a	0.210 ±0.009 ^a	0.202 ±0.009 ^b	0.199 ±0.008 ^b	0.204 ±0.010 ^b	0.18 ±0.008 ^d
SV/FL	0.226 ±0.012 ^a	0.230 ±0.009 ^{ab}	0.228 ±0.010 ^{ab}	0.229 ±0.009 ^{ab}	0.233 ±0.011 ^b	0.22 ±0.007 ^c
DA/FL	0.343 ±0.011 ^a	0.345 ±0.027 ^a	0.342 ±0.011 ^{ab}	0.335 ±0.019 ^{ac}	0.338 ±0.014 ^a	0.29 ±0.009 ^d
PA/FL	0.367 ±0.015 ^a	0.370 ±0.019 ^a	0.369 ±0.011 ^a	0.364 ±0.009 ^a	0.365 ±0.013 ^a	0.32 ±0.008 ^b
VA/FL	0.314 ±0.011 ^b	0.316 ±0.021 ^b	0.341 ±0.015 ^a	0.334 ±0.012 ^a	0.339 ±0.013 ^a	0.29 ±0.008 ^c
FDL/FL	0.277 ±0.020 ^a	0.275 ±0.025 ^a	0.283 ±0.015 ^a	0.267 ±0.018 ^b	0.284 ±0.015 ^a	0.22 ±0.009 ^c
EQ/FL	0.343 ±0.010 ^a	0.334 ±0.012 ^{ab}	0.334 ±0.012 ^{bc}	0.329 ±0.008 ^c	0.322 ±0.010 ^c	0.29 ±0.008 ^d
第一背鳍鳍条 first dorsal rags	19.81 ±0.845 ^a	19.63 ±0.809 ^a	19.50 ±0.632 ^{ac}	20.83 ±0.847 ^d	19.30 ±0.609 ^c	21.55 ±0.887 ^c
胸鳍鳍条 pectoral fin rags	20.29 ±0.896 ^a	20.06 ±0.983 ^a	20.50 ±0.730 ^b	20.85 ±0.362 ^b	20.78 ±0.424 ^b	20.85 ±0.813 ^c
臀鳍鳍条 anal fin rags	16.65 ±0.789 ^{ab}	16.37 ±1.19 ^a	16.13 ±0.885 ^a	16.05 ±0.504 ^{ab}	16.59 ±1.01 ^{ac}	20.65 ±1.530 ^{bc}
尾鳍鳍条 tail fin rags	33.57 ±1.50 ^a	32.97 ±1.82 ^a	33.63 ±1.750 ^a	33.98 ±0.920 ^a	33.93 ±1.30 ^a	35.2 ±1.360 ^b
上鳃耙数 upper gill rakers	9.00 ±0.677 ^a	9.17 ±0.791 ^a	10.44 ±0.629 ^b	9.70 ±0.608 ^c	10.67 ±0.779 ^b	8.50 ±0.761 ^c
下鳃耙数 lower gill rakers	2.86 ±0.481 ^a	2.9 ±0.481 ^a	2.94 ±0.143 ^a	3.23 ±0.423 ^b	3.22 ±0.424 ^c	2.65 ±0.587 ^a
脊椎骨数 number of vertebrae	48.76 ±0.863 ^{ac}	48.47 ±1.31 ^a	48.56 ±0.727 ^{ac}	48.53 ±0.751 ^a	48.30 ±1.20 ^a	49.20 ±1.060 ^c

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

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

表 3 21 个形态特征的种内和种间差异系数值
Tab. 3 Intraspecific and interspecific C. D on twenty-one morphological characters

形态特征 morphological characters	种内 C. D 最大值 intraspecific C. D max	种内 C. D 平均值 intraspecific C. D mean	种间 C. D 值 interspecific C. D
HL/FL	0.3689	0.1753	1.1498
BH/FL	0.3451	0.1663	1.6807
SL/HL	0.3774	0.1610	0.8999
ED/HL	0.4402	0.1977	1.0386
PL/HL	0.6770	0.3350	0.7859
UJL/HL	0.4300	0.1671	0.3578
SD/FL	0.2397	0.1425	0.7963
SP/FL	0.8614	0.4488	1.0209
SV/FL	0.2666	0.1556	1.2302
DA/FL	0.2745	0.1645	0.8571
PA/FL	0.2475	0.1290	1.0127
VA/FL	1.0764	0.5346	1.7077
FDL/FL	0.5454	0.2640	1.8992
EO/FL	0.4895	0.3289	2.1720
第一背鳍鳍条 first dorsal rags	1.1483	0.4435	0.9325
胸鳍鳍条 pectoral fin rags	0.4723	0.2027	0.1145
臀鳍鳍条 anal fin rags	0.4691	0.1946	1.7922
尾鳍鳍条 tail fin rags	0.4777	0.4088	0.5785
上鳃耙数 upper gill rakers	1.2413	0.3252	0.7934
下鳃耙数 lower gill rakers	0.4053	0.3830	0.3726
脊椎骨数 number of vertebrae	0.2221	0.1061	0.3344

2.2 主成分分析

由表 4 可知,所有样本的特征数据经标准化后进行主成分(principal constituent, PC)分析,前 3 个主成分方差贡献率达到 51.91%,即 3 个主成分可解释不同群体之间的形态差异的 51.91%,其中主成分 1 的贡献率为 32.32%,主要取决于

EO/FL、PA/FL、臀鳍鳍条、SP/FL 及 HL/FL 等形态特征,主要反映了体型方面的特征;主成分 2 的贡献率为 11.92%,主要决定于 VA/FL、上鳃耙、下鳃耙及脊椎骨数等形态特征,反映了可数特征;主成分 3 为 7.67%,主要受 PL/HL 和 UJL/HL 的影响,反映了头部的特征。

表 4 6 个群体间形态学特征主成分分析的因子负荷值
Tab. 4 Factor loading of principal components extracted from morphological characters for six *Scomberomorus* populations

形态特征 morphological characters	主成分 1 principal components 1	主成分 2 principal components 2	主成分 3 principal components 3
HL/FL	0.679	-0.334	-0.369
BH/FL	-0.710	-0.200	-0.012
SL/HL	0.534	-0.329	0.203
ED/HL	-0.645	-0.322	0.282
PL/HL	-0.357	0.359	-0.038
UJL/HL	-0.261	0.268	-0.085
SD/FL	0.435	-0.003	0.480
SP/FL	0.587	-0.301	-0.270
SV/FL	0.739	-0.280	-0.121
DA/FL	0.532	-0.307	-0.180
PA/FL	0.636	0.056	0.458
VA/FL	0.787	0.332	0.155
FDL/FL	0.497	0.705	0.034
EO/FL	0.636	0.341	-0.053
第一背鳍鳍条 first dorsal rags	0.800	0.051	0.190
胸鳍鳍条 pectoral fin rags	-0.689	0.180	-0.199
臀鳍鳍条 anal fin rags	-0.071	-0.135	-0.408
尾鳍鳍条 tail fin rags	-0.763	-0.208	0.262
上鳃耙数 upper gill rakers	-0.424	0.164	-0.026
下鳃耙数 lower gill rakers	0.323	0.672	-0.156
脊椎骨数 number of vertebrae	0.148	0.467	-0.164
各主成分贡献率(%) contribution ration	32.32%	11.92%	7.67%
累计贡献率(%) cumulative contribution ration	32.32%	44.24%	51.91%

根据前两个贡献率较大的主成分绘制主成分分析图,从图2中可以看出,5个蓝点马鲛群体可明显分为两大群,东营和威海群体组成的黄海群体,温州、宁波和舟山3个群体组成的东海群体;但这两大种群也存在一定的交叉。主成分1上斑点马鲛和蓝点马鲛完全分离,这说明两种鱼的形态差异主要集中在EO/FL、PA/FL、臀鳍鳍条、SP/FL及HL/FL等特征上。

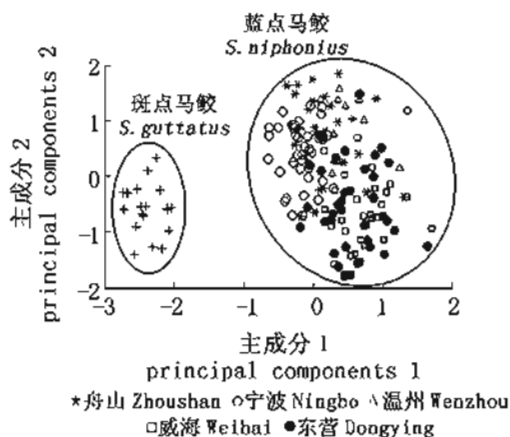


图2 马鲛群体第一、二主成分分布

Fig.2 Plot of the first and second components from PCA of six *Scomberomorus* populations

2.3 聚类分析

由图3得出,聚类分析的结果与地理距离一致,把5个群体分为2支。第一支为东营群体和威海群体,即黄海种群;第二支为温州群体、宁波群体和舟山群体,即东海种群。东海种群中,宁波与舟山两群体的距离最短,形态最为相似。聚类分析结果与主成分分析结果基本一致。此外,还对所有样本进行过聚类分析,运算结果显示,各群体之间有所交叉,但聚类趋势与群体间基本相同。

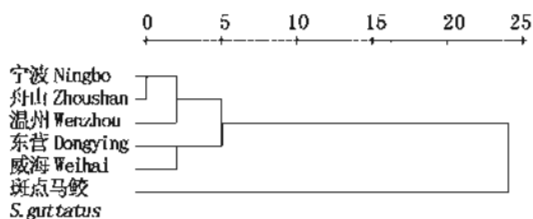


图3 6个马鲛群体聚类关系

Fig.3 Dendrogram showing the relationship of six *Scomberomorus* populations

5个群体欧氏距离分布范围介于0.394 ~

1.596,黄海两个群体之间的距离为0.771;东海三群体之间的距离在0.394 ~0.816;而东海种群间的距离在1.450 ~1.596。

3 讨论

近年来关于蓝点马鲛形态学研究的报道较少。本研究表明,3种分析方法结果高度一致,单因子方差分析结果表明:黄海群体与东海群体形态分化主要集中在SP/FL、VA/FL、胸鳍鳍条及上鳃耙特征上。主成分分析表明,各地理区域的样本在主成分1上的分散程度较大,威海和东营两群体大多位于横轴右侧,与主成分1成正相关,而与主成分2呈负相关;舟山、宁波和温州3个群体主要分布于纵轴上侧,与主成分2呈正相关。尽管它们相互之间存在一定交叉重叠,但东海与黄海蓝点马鲛仍有一定的分化趋势。

聚类分析结果显示东海3群体聚为第一支,且地理距离较近的舟山群体与宁波群体首先聚类,黄海的两个群体聚为另外一支;欧氏距离的结果显示,黄海两群体与东海3个群体之间的差异在1.47 ~1.60,黄海两群体之间的差异为0.771,东海3群体的差异在0.394 ~0.816,种群内差异远小于黄海与东海两种群之间的差异,这与黄克勤等^[10]区分东海蓝点马鲛群体的欧氏距离相比偏小。

蓝点马鲛群体形态之间的差异和地理位置有一定关系,黄海两群体内部之间的差异远远小于它们与东海3群体之间的差异。同样,东海3群体内部之间的差异远远小于它们与黄海两群体之间的差异,但其差异系数均小于1.28,说明蓝点马鲛群体的分化为不同地理群体差异水平。

国内外学者曾对我国沿海陆架区蓝点马鲛种群有过多次的研究,一般认为中国沿海的蓝点马鲛分为黄渤海种群和东海种群^[8]。蓝点马鲛在黄渤海的产卵期主要在5-6月,其主要产卵场有渤海湾、莱州湾、青岛近海、海州湾和江苏吕泗沿海,越冬场主要分布在黄海东南部(32°00' ~ 33°40'N, 124°00' ~ 127°15'E),水深60 ~ 85 m,底质为泥沙和细砂的海域;在东海的产卵期较早,主要集中在4-5月,主要产卵场有厦门近海、闽东沿海和浙江近海,其越冬场主要分布在东海外海(28°00' ~ 31°20'N, 120°40' ~ 125°30'E)。本研究的结果显示,黄海两群体与东海3群体的形态特

征性状有所分化,因此可能来自两个不同的的产卵群体。不同海域环境的不同(如温度、盐度及饵料生物等)都可能会导致鱼类群体形态上的差异,以造成不同地理群体的分化。蓝点马鲛是暖水性鱼类,其洄游和产卵对水温变化敏感^[16]。韦晟等^[16]对蓝点马鲛离开越冬场开始洄游的时间、路线同海域上层水温的变化进行了对比分析,蓝点马鲛鱼群进入长江口及大沙渔场的早晚与4月上中旬表层水温的高低有密切关系;鱼群在长江口停留的时间与渔场内的低温有关,低温水团对鱼群的洄游迁移行动有一定的抑制作用,能延长鱼群在长江口的滞留,台湾暖流对春季黄海蓝点马鲛的鱼群分布具有重要影响。我国沿海跨越多个纬度,南北海区水温梯度大,蓝点马鲛产卵对产卵场温度要求严格(14~18℃),在不同海区产卵时间不一致,呈南早北晚现象,福建沿海产卵期3~4月,黄海中部为5月上旬至6月中旬,盛期在5月中旬至6月上旬^[8]。此外,海洋鱼类幼体浮游期的长短和幼体的游泳能力对鱼类不同地理群体的分化具有重要的影响,蓝点马鲛仔鱼浮游期比较短,仔鱼游泳能力强,据沙学绅等^[17]报道,孵化后5~6d的蓝点马鲛仔鱼开始营水平游泳生活,同时开始具备捕食能力,已具备凶猛鱼类的食性。为避免过高或过低温度影响,蓝点马鲛仔鱼较强的游泳能力可能会阻碍其离开产卵场随潮流沿岸向北或向南漂流,同时较短的浮游期也不利于仔鱼的扩散,从而阻碍了群体间个体交流,使不同海区的群体形成一定的隔离。

在鱼类种群的比较、划分研究中,形态学方法是最直观、也是最基本的研究方法之一。本研究通过多种分析方法,对东海、黄海的蓝点马鲛群体进行了形态学比较研究,其结果可为其遗传标记研究分析提供辅助资料。由于形态学差异易受多种外界因素干扰,为进一步弄清东海与黄海蓝点马鲛群体间的差异,有待于结合核基因和线粒体DNA等分析方法进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] 中坊徹次. 日本产鱼类检索[M]. 东京: 东海大学出版社, 1992: 1143-1148.
- [2] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 417-419.
- [3] Shoji J, Kishida T, Tanaka M. Piscivorous habits of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) larvae in the Seto Inland Sea[J]. Fisheries Science, 1997, 63 (3): 388-392.
- [4] 刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13 (2): 170-173.
- [5] 邓景耀, 赵传细. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 357-409.
- [6] Yasuhiro O. Stock enhancement of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the eastern Seto Inland Sea, Japan [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2006, 72 (3): 459-462.
- [7] 邱盛尧, 李登来, 徐彬. 论我国渔业管理对黄海海蓝点马鲛资源的贡献[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24 (3): 39-42.
- [8] 堀川博史, 郑元甲, 孟田湘, 等. 東シナ海・黄海の主要資源の生物・生態特征[M]. 長崎: 日本紙工印刷, 2001: 449-461.
- [9] 唐启升, 贾晓平, 郑元甲, 等. 中国专属经济区-海洋生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 588-598.
- [10] 黄克勤, 熊国强. 东海蓝点马鲛种群鉴别研究[J]. 水产科技情报, 1997, 24 (6): 270-275.
- [11] 韦晟, 周彬彬. 渤、黄海蓝点马鲛种群鉴别的研究[J]. 动物学报, 1988, 54 (1): 71-81.
- [12] 邓景耀, 赵传细. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 35-38.
- [13] 张尧庭, 方开泰. 多元统计方法引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 237-247.
- [14] 宋世德, 周静芋. 数值分类的几种多元统计方法的比较[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26 (3): 71-75.
- [15] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology [M]. New York and London: McGraw Hill, 1953: 125-154.
- [16] 韦晟. 蓝点马鲛在黄、渤海的渔场渔期与环境的关系[J]. 海洋湖沼通报, 1980, 2 (2): 34-40.
- [17] 沙学绅, 何桂芳, 张孝威. 蓝点马鲛卵子和仔、稚鱼形态特征的观[J]. 海洋与湖沼, 1966, 9 (1): 1-12.

Morphological variation analysis among populations of Japanese spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea and East China Sea

SHUI Bo-nian^{1,2}, SUN Xi-fu¹, HAN Zhi-qiang², GAO Tian-xiang^{1,2}

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

2. Fishery School, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Abstract: One hundred and fifty seven individuals of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* were collected from five geographic populations in the northern Yellow Sea (Dongying and Weihai) and East China Sea (Zhoushan, Ningbo and Wenzhou), and 20 individuals of Indo-Pacific king mackerel (*S. guttatus*) were also collected from Guangzhou, Guangdong Province, as out-group. One way -ANOVA analysis, principal component analysis and cluster analysis were applied in this study. The result of one way ANOVA revealed significant difference ($P < 0.05$) in means of SP/FL, VA/FL, pectoral fin rays and gill rakes between the Yellow Sea and East China Sea populations, and there are significant differences between two species in most of morphological characteristics. According to Mayr 75% rule, the differences among the five populations were still below the population level. By principal components analysis, three principal components were established, with their contributory ratios being 32.32%, 11.92% and 7.67%, respectively, and the cumulative contributory ratio was 51.91%. The plot of first and second component showed that there were significant differences between the Yellow Sea and East China Sea. The results of cluster analysis revealed that the two populations from the Yellow Sea were pooled into one group, while the other three populations from the East China Sea were pooled into another group, and the significant geographical variances were detected in this species.

Key words: *Scomberomorus niphonius*; morphological diversity; one-way ANOVA; principal component analysis; cluster analysis