

文章编号: 1004 - 7271(2008)02 - 0204 - 06

## 东黄海鲈鱼形态差异分析

邵 锋, 陈新军, 李 纲, 钱卫国

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

**摘 要:**应用4种数理统计方法,采用19个形态比例性状,对东黄海鲈鱼(包括日本鲈的五岛西部种群和东海西部种群,澳洲鲈)3个群体形态差异进行研究。差异系数( $C.D$ )检验证实,日本鲈的五岛西部与东海西部2个种群形态上尚未达到亚种差异水平。均数差异系数表明,日本鲈的五岛西部和东海西部种群间比例性状差异显著有FL/BL, SPL1/BL, ED/BL, D2-4/BL, D2-5/BL, D3-5/BL, D4-7/BL, D6-7/BL等8个参数( $P < 0.05$ ),日本鲈与澳洲鲈间有FL/BL, SPL1/BL, D1-3/BL, D2-3/BL, D2-4/BL, D2-5/BL, D3-4/BL, D3-5/BL, D4-5/BL, D4-6/BL, D4-7/BL, D5-6/BL, D5-7/BL, D6-7/BL等14个参数( $P < 0.05$ )。主成分分析构建了四个主成分,其累计贡献率为67.09%。建立了日本鲈的五岛西部与东海西部以及澳洲鲈3群体的判别函数,判别准确率 $P_1$ 为70.0%~85.0%,判别准确率 $P_2$ 为72.4%~82.3%,综合判别率为78.6%。研究认为,可通过比例性状差异来判别3个群体的归属。

**关键词:**日本鲈; 澳洲鲈; 形态差异; 东黄海; 多元分析

中图分类号: S 932.4 文献标识码: A

## Morphological variations and discriminant analysis of *Scomber japonicus* and *Scomber australasicus* in the Yellow Sea and East China Sea

SHAO Feng, CHEN Xin-jun, LI Gang, QIAN Wei-guo

(College of Marine Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Based on 19 morphological proportional characters of *Scomber japonicus* and *S. australasicus*, four multivariation analysis methods were used to comparably investigate the morphological variations among the three populations — two populations of *S. japonicus* in the west of Goto islands and in the west of East China Sea, and one population of *S. australasicus*. The result of difference coefficient test showed that *S. japonicus* in the different areas have not yet reached the discriminant level of different subspecies. The result of the test of different coefficients on the average revealed that 8 morphological proportional characters (FL/BL, SPL1/BL, ED/BL, D2-4/BL, D2-5/BL, D3-5/BL, D4-7/BL, D6-7/BL) were significant difference between the two populations of *S. japonicus* ( $P < 0.05$ ), and 14 morphological proportional characters (FL/BL, SPL1/BL, D1-3/BL, D2-3/BL, D2-4/BL, D2-5/BL, D3-4/BL, D3-5/BL, D4-5/BL, D4-6/BL, D4-7/BL, D5-6/BL, D5-7/BL, D6-7/BL) were significantly different between *S. japonicus* and *S. australasicus* ( $P < 0.05$ ). In the principal component analysis, four principal components were constructed, and the cumulative contributory

收稿日期: 2007-05-18

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD09A05); 教育部新世纪优秀人才计划(NCET-06-0437); 上海市捕捞学重点学科(T1101)资助

作者简介: 邵 锋(1976-), 女, 浙江淳安人, 硕士研究生, 专业方向为海洋渔业与资源。Tel: 021-65711985

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shfu.edu.cn

ratio was 67.09%. The discriminant functions of the three populations were established, and the discriminant accuracy ranged from 70.0% to 85.0% for  $P1$ , ranged from 72.4% to 82.3% for  $P2$ , and averaged at 78.6% for the total. All the results indicated that the attribution of three populations can be determined by differences in proportional characters.

**Key words:** *Scomber japonicus*; *Scomber australasicus*; morphological variation; the Yellow Sea and East China Sea; multivariation analysis

分布在东黄海的鲈鱼包括日本鲈 (*Scomber japonicus*) 和澳洲鲈 (*Scomber australasicus*)<sup>[1]</sup>, 为我国目前重要的中上层经济鱼类资源之一。随着中日、中韩渔业协定的生效, 对分布中日、中韩共管区域的重要渔业资源的配额分配等问题, 越来越受到关注。因此, 开展渔业资源(如鲈鱼)不同群体的归属研究十分必要。对群体的判别技术有很多研究方法, 如形态学、分子遗传学、标志放流技术等。朱德山等<sup>[2]</sup>、陈球等<sup>[3-4]</sup>、丁仁福<sup>[5]</sup>、王为祥等<sup>[6]</sup> 等从各海区鲈鱼的渔期、适温范围及其生物学特性分析, 认为东黄海的日本鲈可分为东海西部和五岛西部两个种群, 但这一群体划分结果在形态学方面并没有得到证实。本研究以传统形态学可量性状参数和框架参数相结合, 采用 4 种数理统计方法, 详细比较了鲈鱼不同群体的形态性状差异, 为东黄海鲈鱼的群体划分提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

鲈鱼取材于 33°N 以北海域日本鲈的越冬群体(五岛西部种群), 取样时间为 2006 年 11 - 12 月, 样本为 60 尾; 28°N 以南海域日本鲈的越冬群体(东海西部种群), 以及澳洲鲈, 取样时间均为 2007 年 1 月, 分别为 60 尾和 25 尾(表 1)。

表 1 鲈鱼群体形态测量样本数及体长、体重范围

Tab. 1 Sampling size and ranges of fork length, body weight of *Scomber japonicus* and *Scomber australasicus* for morphological measurement

群体	样本数/尾	叉长/mm		体重/g	
		范围	均值 ± SE	范围	均值 ± SE
五岛西部日本鲈	60	215.2 ~ 291.0	262.5 ± 1.9	108.4 ~ 379.5	254.1 ± 8.1
东海西部日本鲈	60	321.8 ~ 400.7	361.4 ± 1.8	494.9 ~ 910.8	656.0 ± 12.6
澳洲鲈	25	324.1 ~ 422.1	349.6 ± 4.2	465.3 ~ 1052.8	615.4 ± 27.1

### 1.2 数据测量

测定的数据包括传统形态学可量数据和框架数据。传统可量数据包括体长(BL)、叉长(FL)、头长(HL)、眼径(ED)、尾柄长(CPL)、吻前端到第二背鳍起点的水平距离(SPL1)、吻前端到第一背鳍起点的水平距离(SPL2) 7 个指标。框架数据 13 项(D1-2, D1-3, D2-3, D2-4, D2-5, D3-4, D3-5, D4-5, D4-6, D4-7, D5-6, D5-7, D6-7), 测量定位点的方法参照李思发<sup>[7-8]</sup>, 如图 1 所示。测量精确到 0.1 mm。

### 1.3 分析方法

为校正样品规格差异对形态参数值的影响, 将 6 个可量性状和 13 个框架参数均除以体长以校正,

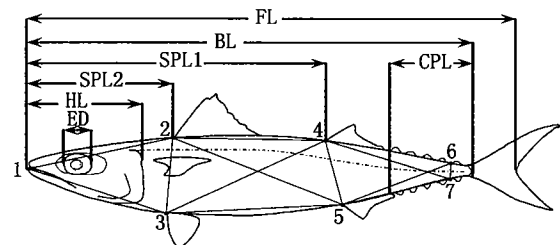


图 1 鲈鱼框架测量图

Fig. 1 The illustration of measuring frame of *S. japonicus* and *S. australasicus*

1、吻前端; 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、尾脊腹部起点; 7、尾脊背部起点。7 个坐标点之间的距离为 13 个框架数据, 例如 D1-2 表示定位点 1 与 2 之间的距离, 依次类推。

获得 19 个形态比例性状。利用差异系数检验、均数差异显著性检验、主成分分析和判别分析方法进行分析。数据处理采用 SPSS10.0 软件。

(1) 差异系数 ( $C. D$ ) 检验<sup>[9]</sup>。用来比较日本鲈五岛西部种群和东海西部种群的形态差异,公式为:

$$C. D = \frac{M_1 - M_2}{S_1 + S_2} \quad (1)$$

式中,  $M_1$  和  $M_2$  分别表示两个群体某项性状指标的平均数;  $S_1$  和  $S_2$  标准差。若  $C. D$  计算值大于 1.28, 差异达到亚种水平, 小于 1.28 则属于种群间的差异。

(2) 均数差异显著性 ( $T$ ) 检验<sup>[9]</sup>。用来比较三个群体间 19 个形态学比例性状的差异, 其公式为:

$$T = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_2} + \frac{S_2^2}{n_1}}} \quad (2)$$

式中:  $n_1, n_2$  为样本数量。若  $T > 3$ , 则 2 个样本为显著性差异。

(3) 主成分分析。从 19 个比例性状中得出 4 个综合性指标, 即互不关联的 4 个主成分。主成分贡献率和累计贡献率的计算参照张尧庭等<sup>[10]</sup>。

(4) 判别分析。判别分析中判别准确率的计算参照李思发等<sup>[11]</sup>方法:

$$P_1 = \text{某鲈鱼群体判别正确的尾数} / \text{该群体实际尾数} \times 100\%$$

$$P_2 = \text{某鲈鱼群体判别正确的尾数} / \text{判入该群体尾数} \times 100\%$$

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

式中:  $A_i$  为第  $i$  个群体判别正确的尾数,  $B_i$  为第  $i$  群体的实际尾数,  $k$  为群体数。

## 2 结果

### 2.1 差异系数 ( $C. D$ ) 检验

统计表明, 日本鲈的五岛西部与东海西部种群间, 19 项形态学比例性状的差异系数均小于 1.28 (表 2)。由此说明, 日本鲈 2 个种群间尚未达到亚种差异水平。

表 2 东黄海日本鲈 2 种群间形态形状差异系数

Tab. 2 Difference coefficient of morphometry of *Scomber japonicus* in the Yellow Sea and East China Sea

形态学比例指标	五岛西部 - 东海西部日本鲈	形态学比例指标	五岛西部 - 东海西部日本鲈
FL/BL	0.346 0	D2-5/BL	0.309 9
SPL1/BL	0.332 2	D3-4/BL	0.248 1
SPL2/BL	0.020 7	D3-5/BL	0.390 2
CPL/BL	0.152 2	D4-5/BL	0.227 6
HL/BL	0.039 4	D4-6/BL	0.004 2
ED/BL	0.285 7	D4-7/BL	0.344 1
D1-2/BL	0.049 8	D5-6/BL	0.016 3
D1-3/BL	0.000 0	D5-7/BL	0.105 3
D2-3/BL	0.079 5	D6-7/BL	0.547 2
D2-4/BL	0.557 7		

### 2.2 均数差异显著性检验

均数差异显著性检验认为 (表 3), 日本鲈的五岛西部与东海西部种群间形态学比例性状差异显著的有 FL/BL、SPL1/BL、ED/BL、D2-4/BL、D2-5/BL、D3-5/BL、D4-7/BL 和 D6-7/BL ( $P < 0.05$ ); 日本鲈 (包括五岛西部和东海西部) 与澳洲鲈间形态学比例性状差异显著的有: FL/BL、SPL1/BL、D1-3/BL、D2-3/BL、D2-4/BL、D2-5/BL、D3-4/BL、D3-5/BL、D4-5/BL、D4-6/BL、D4-7/BL、D5-6/BL、D5-7/BL 和 D6-7/BL。这表明, 上述性状指标可作为判别 3 个种群的依据。

表 3 东黄海鲈鱼形态性状均数差异性检验  
 Tab.3 Difference coefficient of average value of morphometry for *S. japonicus* and *S. australasicus* in the Yellow Sea and East China Sea

性状指标	五岛西部与东海西部日本鲈	日本鲈与澳洲鲈	性状指标	五岛西部与东海西部日本鲈	日本鲈与澳洲鲈
FL/BL	3.780 5 *	4.352 4 *	D2-5/BL	3.363 2 *	6.625 1 *
SPL1/BL	3.587 2 *	7.541 4 *	D3-4/BL	2.713 0	5.348 9 *
SPL2/BL	0.226 7	1.772 0	D3-5/BL	4.226 2 *	9.966 3 *
CPL/BL	1.662 6	1.776 4	D4-5/BL	2.358 3	5.849 6 *
HL/BL	0.428 5	2.455 3	D4-6/BL	0.045 8	14.035 4 *
ED/BL	3.098 4 *	0.995 9	D4-7/BL	3.750 3 *	6.196 9 *
D1-2/BL	0.544 8	2.497 6	D5-6/BL	0.177 1	9.901 1 *
D1-3/BL	0.000 0	3.338 5 *	D5-7/BL	1.150 9	4.228 0 *
D2-3/BL	0.869 9	4.299 3 *	D6-7/BL	5.984 4 *	5.790 2 *
D2-4/BL	5.683 3 *	9.014 6 *			

\* 表示  $T$  值大于 3, 为显著性差异

### 2.3 主成分分析

主成分分析认为(表 4), 第一、第二、第三和第四主成分解释性状指标的贡献率分别为 42.696%、10.895%、7.580% 和 5.920%, 累计为 67.09%。在第一主成分中, FL/BL、SPL1/BL、SPL2/BL、D1-2/BL、D2-3/BL、D2-5/BL、D3-4/BL 有较高的负载系数, 均在 0.70 以上。

表 4 东黄海鲈鱼 19 个性状指标对四个主成分的负荷值和贡献率  
 Tab.4 Loadings of four principal components for 19 characters of *S. japonicus* and *S. australasicus* in the Yellow Sea and East China Sea

性状指标	主成分				性状指标	主成分			
	1	2	3	4		1	2	3	4
FL/BL	0.878 *	-0.137	0.078	-0.065	D2-5/BL	0.792 *	-0.283	-0.022	-0.024
SPL1/BL	0.771 *	-0.160	0.237	-0.058	D3-4/BL	0.756 *	-0.418	0.008	0.192
SPL2/BL	0.722 *	0.250	0.368	-0.193	D3-5/BL	0.666	-0.560	0.050	-0.045
CPL/BL	0.474	-0.017	-0.231	0.304	D4-5/BL	0.338	-0.348	0.238	0.406
HL/BL	0.691	0.325	0.440	-0.229	D4-6/BL	0.634	0.397	-0.472	-0.215
ED/BL	-0.052	0.516	0.414	0.621	D4-7/BL	0.579	0.124	-0.419	-0.054
D1-2/BL	0.791 *	0.217	0.241	-0.063	D5-6/BL	0.635	0.379	-0.350	0.288
D1-3/BL	0.699	0.320	0.188	-0.317	D5-7/BL	0.645	0.465	-0.196	0.237
D2-3/BL	0.739 *	-0.050	-0.089	0.204	D6-7/BL	0.563	-0.217	-0.318	-0.061
D2-4/BL	0.478	-0.412	0.044	0.087	贡献率	42.696	10.895	7.580	5.920

\* 表示负荷值 > 0.700

利用第一、第二主成分绘制散布图(图 2), 从图 2 可以看出, 五岛西部和东海西部的日本鲈与澳洲鲈形成较为明显的 3 个散布区, 而五岛西部和东海西部的日本鲈重叠较多。从散布图的质心点看, 五岛西部和东海西部日本鲈的质心距离较近, 而与澳洲鲈较远。

### 2.5 判别分析

将三组鲈鱼的性状指标作为判别函数分析的变量, 采用逐步判别对 19 个校正参数进行分析, 判别结果表明综合判别准确率为 78.6%, 北部渔场日本鲈、北部渔场日本鲈和南部渔场澳洲鲈的判别准确率分别为 85%、70% 和 84%。表 5 为三组鲈鱼对应判别贡献较大的 9 个形态参数和  $F$  检验值。

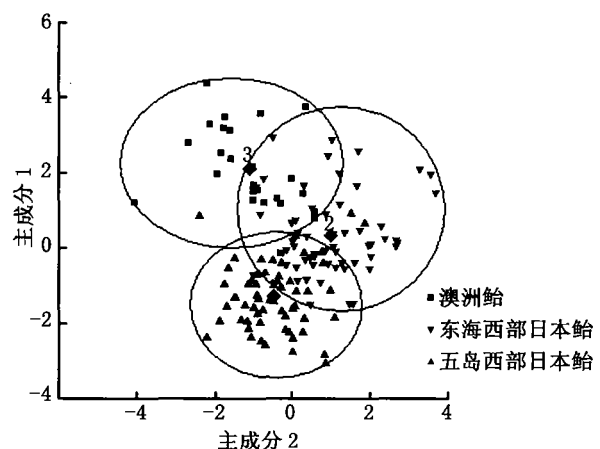


图 2 三种鲈鱼群体主成分分析图  
 Fig.2 Distribution of principle component analysis of two populations *S. japonicus* and *S. australasicus* population

表5 判别分析中贡献较大的9个参数

Tab. 5 9 parameters with high contribution in discriminant analysis

参数	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$
形态性状	SPL1/BL	D2-3/BL	D2-4/BL	D2-5/BL	D3-5/BL	D4-5/BL	D4-6/BL	D4-7/BL	D6-7/BL
F 检验值	14.666	15.174	18.913	13.760	18.299	17.149	20.193	16.061	21.048

利用筛选后的9个参数建立的判别方程为:

$$\text{北部渔场日本鲈: } Y = 374.188 \times V_1 + 211.811 \times V_2 + 3.553 \times V_3 - 85.189 \times V_4 + 98.061 \times V_5 + 80.536 \times V_6 + 1098.645 \times V_7 + 418.805 \times V_8 + 1232.805 \times V_9 - 403.445$$

$$\text{南部渔场日本鲈: } Y = 380.746 \times V_1 + 109.309 \times V_2 + 39.873 \times V_3 - 68.140 \times V_4 + 122.666 \times V_5 + 75.758 \times V_6 + 993.551 \times V_7 + 492.549 \times V_8 + 1592.584 \times V_9 - 421.108$$

$$\text{南部渔场澳洲鲈: } Y = 426.570 \times V_1 + 41.789 \times V_2 + 44.729 \times V_3 - 2.699 \times V_4 + 146.959 \times V_5 + 126.052 \times V_6 + 848.262 \times V_7 + 451.483 \times V_8 + 930.494 \times V_9 - 403.927$$

要判断某尾鲈的种群归属,只需将该鲈的 SPL1/BL 等9个形态学比例性状,分别代入上述3个判别函数中,哪个函数得到的Y值最大,该鲈即属哪个种群。

为验证判别公式的实用性,对测量样本按上述判别公式进行预测分类(表6)。判别准确率  $P_1$  为 70.0% ~ 85.0%, 判别准确率  $P_2$  为 72.4% ~ 82.3%, 综合判别率为 78.6%。F 检验结果表明,判别效果较好 ( $P < 0.01$ ), 因此,上述判别公式是可靠的。

表6 判别函数对观测样本的预测分类及准确率

Tab. 6 Predicted classification of discriminant functions for observed specimens and their percentages of accuracy

群体	预测分类			判别准确率/%		综合判别率/%
	NSJ	SSJ	SSA	$P_1$	$P_2$	
NSJ	51	8	1	85.0%	82.3%	78.6%
SSJ	11	42	7	70.0%	77.8%	
SSA	0	4	21	84.0%	72.4%	

注: NSJ-五岛西部日本鲈; SSJ-东海西部日本鲈; SSA-澳洲鲈

### 3 讨论

#### 3.1 形态差异性分析

本研究采用均数差异检验等方法,分析了日本鲈(包括五岛西部种群和东海西部种群)和澳洲鲈的19个形态学比例性状,结果表明,可以从形态上较好地地区分五岛西部的日本鲈、东海西部的日本鲈和澳洲鲈,且集中表现在 SPL1/B1、D2-3/B1、D2-4/B1、D2-5/B1、D3-5/B1、D4-5/B1、D4-6/B1、D4-7/B1 和 D6-7/B1 等9个比例性状 ( $P < 0.05$ )。但根据差异系数 ( $C.D$ ) 值大小来看,五岛西部种群和东海西部种群的日本鲈形态差异均未达到亚种水平。从形态差异几种分析的结果可以得出:五岛西部和东海西部的日本鲈在形态上较为相近,而日本鲈与澳洲鲈在形态有较大差异。形态学的特征是受遗传因子和环境因子共同影响的<sup>[12]</sup>。对于本研究而言,所取的样品南部和北部海洋环境条件不一,所以形态上的差异可能主要与遗传因素和环境因子均有关系。

#### 3.2 几种多元分析方法在鲈鱼类形态判别上的应用

以前,在鲈鱼类分类与鉴定上,形态描述只是通过测定体长、叉长、体高等形态数量性状和一些计数特征如鳍条数、鳃耙数等来进行简单归类<sup>[13]</sup>。本研究中采用6个数量性状和13个框架性状与体长相比,获得误差校正后的19个比例性状,利用主成分分析和判别分析等多元分析方法,可以较好地、在形态上区分五岛西部的日本鲈、东海西部的日本鲈和澳洲鲈。它们从不同的角度反映种群间的形态学差异。判别分析可以建立判别公式,对种群进行判别,综合正确判别率为 78.6% ( $P < 0.01$ )。主成分分析是把

许多参数综合成少数因子来说明不同种群差异的大小,并可根据不同种群的主成分值找出各种群在各主成分值上差异较大的参数。

#### 参考文献:

- [1] 唐启升. 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,2006:599-608.
- [2] 德山译. 渔业的理论研究[M]. 北京:农业出版社,1978.
- [3] 陈 隼,李培军. 黄渤海区日本鲈(*Pseumatophorus japonicus*)的生长[R]//辽宁省海洋水产研究所调查报告,1978,第41号.
- [4] 陈 隼,王有君,李培君,等. 黄渤海区日本鲈的洄游与分布[J]. 水产学报,1983,7(1):6-13.
- [5] 丁仁福,俞连福,颜尤明. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海:华东师范大学出版社,1987:392-401.
- [6] 王为祥. 海洋渔业生物学[M]. 北京:农业出版社,1991:413-452.
- [7] 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,1998:6.
- [8] 李思发,朱泽闻,邹曙明,等. 鲂属团头鲂、三角鲂及广东鲂种间遗传关系及种内遗传差异[J]. 动物学报,2002,48(3):339-345.
- [9] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京:海洋出版社,2004:27-28.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology[M]. New York and London: McGraw Hill, 1953:23-39, 125-154.
- [13] 中国海洋渔业资源编写组. 中国渔业资源调查和区划之一中国海洋渔业资源[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1990:106-109.