

两种花鲈(*Lateolabrax* sp.)耳石形态的地理变异*

叶振江¹ 孟晓梦¹ 高天翔¹ 杨永桓² 王英俊¹

(1. 中国海洋大学水产学院 青岛 266003; 2. 广西北海市渔政管理站 北海 536000)

提要 以耳石宽/耳石长(W/H)、主叶斜长/耳石长(L/H)、侧叶斜长/耳石长(I/H)、核宽/耳石宽(ow/W)、主叶宽/耳石宽(w/W)、主叶长/耳石长(h/H)、侧叶宽/主叶宽(w'/w)、主叶宽/主叶长(w/h)、核宽/核长(ow/oh)、核长/第一年年轮直径(oh/D)为具体形态学分析参数,比较了鲈鱼、花鲈的舟山、福州、厦门和广西近海群体耳石的形态学特征。结果表明,鲈鱼与花鲈耳石形态、耳石重-耳石长的关系差异显著;聚类分析显示鲈鱼与花鲈舟山、福州、厦门、广西群体间的欧氏距离分别为4.538、5.656、5.396、4.670,花鲈各群体间欧氏距离在2.108—4.566之间。认为中国近海不同海域的花鲈群体耳石形态具有显著的地理变异,谨慎提出前述中国近海的花鲈分为三个不同的地理种群,即舟山种群、福州-厦门种群和广西种群的的可能性。

关键词 花鲈,耳石,形态特征,种群鉴别

中图分类号 Q179.3

鱼类耳石形态久已被作为种间的分类特征之一,近十余年来国外学者进一步将耳石形态学分析应用于鱼类种群划分,并逐渐发展成为鱼类种群鉴定的重要手段之一。利用光学图形识别软件测量鱼类耳石年轮径、侧叶宽、主叶长、侧叶长等形态学指标,使用方差分析、协方差分析、主成分分析等多种统计分析方法研究了大西洋鲭(*Scomber scombrus*)、红钻鱼(*Etelis carbunculus*)、黑线鳕(*Melanogrammus aeglefinus*)等鱼种的种群划分(Castonguay *et al.*, 1991; Smith, 1992; Begg *et al.*, 2001)。相对而言,国内在耳石形态学的种群识别领域所做工作较为薄弱,仅有个别报道涉及不同鱼种间耳石的形态学种间差异(张国华等, 1999)。

形态学、遗传学、生态学及分布的研究认为花鲈属存在三个种,即鲈鱼 *Lateolabrax japonicus*、日本宽体鲈(又称高体鲈)*L. latus* 和花鲈 *L. maculatus*, 其中花鲈过去亦被认作鲈鱼,是我国近海习见重要经济鱼类,广布于我国沿岸近海(Yokogawa *et al.*, 1995; Yokogawa, 1998)。目前关于花鲈种群结构的研究较少,尚没有得出十分

全面且明晰的结论(楼东等, 2003; Liu *et al.*, 2006);从耳石形态学特征来探讨花鲈种群识别,国内外更未见相关报道。本研究中采用耳石形态学分析手段探讨鲈鱼与花鲈种间差异及花鲈几个地方群体间差异水平,以分析花鲈种群结构,丰富种群划分手段与方法,为花鲈资源的合理开发与利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用鲈鱼 27 尾采自日本东京湾(体长:306—347mm),花鲈 74 尾分别采自中国舟山(18尾,体长:397—545mm)、福州(7尾,体长:171—265mm)、厦门(14尾,体长:162—252mm)和北海(35尾,体长:222—285mm),上述 5 个群体分别用 、 、 、 、 表示。

1.2 研究方法

1.2.1 耳石重量与形态学测定 样本在实验室进行常规生物学测定,摘取左、右耳石清水冲洗后放入纸质耳石袋常温下保存。

*国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助,2005CB422306 号。叶振江,副教授。E-mail: yechen@ouc.edu.cn
收稿日期:2006-03-02, 收修改稿日期:2006-05-11

将耳石在 40℃ 下干燥 90min 后用电子秤称重, 精确到 0.01mg; 在解剖镜下用目微尺测量耳石长, 精确到 0.01mm。对其左右耳石重量和长度进行配对样本 *T* 检验, 结果显示左右耳石在重量与长度指标上无显著差异(重量: $t = 1.250$, $df = 43$, $P = 0.178$; 长度: $t = -1.375$, $df = 35$, $P = 0.218$), 因而实验中统一使用左耳石。

将耳石外侧面朝上, 在解剖镜下用目微尺进行形态学测量。耳石向鱼体头部方向为前端, 一般都有较大的缺刻将其分为两叶, 大叶为主叶, 小叶为侧叶, 侧叶位于鱼体背部方向。背部侧叶基部附近外缘有一明显转折凸出处称为背突。根据花鲈耳石形态特征筛选出以下 10 组形态学测定指标(图 1):

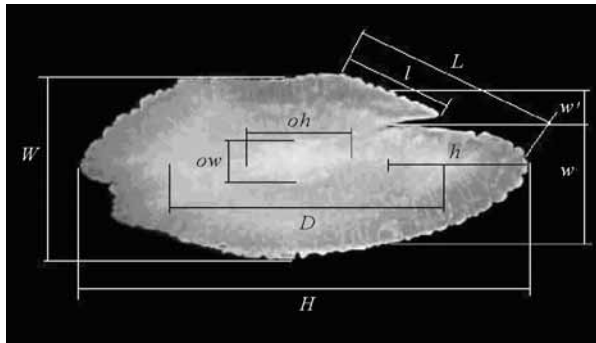


图 1 花鲈耳石的形态学测量参数

Fig.1 Measurement for otolith of *Lateolabrax* sp.

耳石长(*H*): 为经过耳石核心, 前端与后端的最长距离;

耳石宽(*W*): 垂直于长度线经过耳石核心的耳石宽度;

主叶宽(*w*)、侧叶宽(*w'*): 平行于宽度线主叶和侧叶基底的最长宽度;

主叶长(*h*): 主叶尖端到主叶宽度线的垂直距离;

第一年年轮直径(*D*): 平行于长度线, 经过耳石核心的第一年年轮的直径;

核长(*oh*)、核宽(*ow*): 分别是垂直于长度线和宽度线, 经过耳石核心的核最长和最宽距离;

主叶斜长(*L*): 背突到主叶尖端的最长距离;

侧叶斜长(*l*): 背突到侧叶尖端的最长距离。

以耳石宽/耳石长(*W/H*)、主叶斜长/耳石长(*L/H*)、侧叶斜长/耳石长(*l/H*)、核宽/耳石宽(*ow/W*)、主叶宽/耳石宽(*w/W*)、主叶长/耳石长(*h/H*)、侧叶宽/主叶宽(*w'/w*)、主叶宽/主叶长(*w/h*)、核宽/核长(*ow/oh*)、核长/第一年年轮直径(*oh/D*)为具体形态学分析参数。

以耳石边缘光滑程度(光滑、较光滑、不光滑)、耳石侧叶(较大、较小、不明显)和背突的突出程度(明显、较明显、不明显)作为耳石形态定性观测指标, 在测量耳石的同时, 观察记录每个耳石的边缘光滑度、耳石侧叶和背突的形态特征, 以各部分所占比例作为定性分析依据。

1.2.2 耳石重-耳石长关系 使用线性关系方程拟合二者相互关系:

$$Y = aX + b$$

其中, *Y* 为耳石重量(单位: mg), *X* 为耳石长(单位: mm)。

采用协方差分析检验不同群体之间耳石重-耳石长关系差异显著性。

1.2.3 差异系数 使用差异系数检验不同群体之间的差异程度。参照识别和划分亚种的 75% 规则, 差异系数(*C.D*)可由下式求得:

$$C.D = \frac{M_1 - M_2}{S_1 + S_2}$$

式中, *M*₁ 和 *M*₂ 分别代表两个群体某项形态性状平均值, *S*₁ 和 *S*₂ 为对应标准差。若差异系数大于 1.28, 则分为亚种。

1.2.4 均数差异显著性 使用均数差异显著性(*M*_{diff})检验不同群体各量度指标间差异状况。均数差异显著性公式如下:

$$M_{diff} = \frac{M_i - M_j}{\sqrt{\frac{n_i}{n_j} m_j^2 + \frac{n_j}{n_i} m_i^2}}$$

式中, *n*_i 和 *n*_j 分别表示两个群体的尾数; *M*_i 和 *M*_j 表示性状平均值, *m*_i 和 *m*_j 表示标准误差。取概率水准 *P* = 0.05, 以 *t* > 3 为差异显著的检验标准。

1.2.5 聚类分析 应用多元分析法, 以综合检验群体间的差别。为消除性状指标间各数据值大小和量纲不一致所形成的计算误差, 在聚类分析之前用标准差标准化进行处理。本文中作者应用数据统计软件 SPSS 对 5 个群体的量度指标进行分层聚类分析, 分析中不同类之间距离的测量选用组间连接法。

2 结果

2.1 鲈鱼与花鲈耳石形态

鲈鱼与花鲈的 4 个不同群体在耳石光滑度、侧叶与背突等形态特征方面存在明显的差异。边缘光滑度指标, 以广西花鲈最光滑, 其次为日本的鲈鱼、舟山、厦门和福州花鲈群体; 背突形态, 以广西花鲈最明显, 其次为日本鲈鱼和

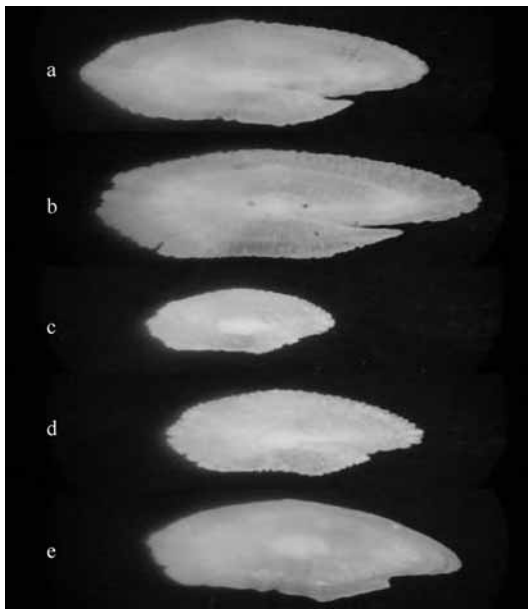


图2 中日花鲈耳石形态

Fig.2 The otolith morphometry of *L. japonicus* and *L. maculatus* stocks

a: 鲈鱼; b: 花鲈(舟山); c: 花鲈(福州); d: 花鲈(厦门); e: 花鲈(广西)

舟山花鲈,再次为厦门和福州花鲈;侧叶形态,以日本鲈鱼最突出,其次为舟山、广西、厦门和福州花鲈群体(图2)。

2.2 差异系数

见表1。鲈鱼与花鲈各群体各项量度性状的差异系数,鲈鱼与花鲈的舟山、福州、厦门群体在核长/第一年年轮直径(oh/D),花鲈福州群体与广西群体及鲈鱼在耳石宽/耳石长(W/H)差异系数较高,达1.37—1.95,各群体在其他指标上差异系数皆小于1.28。

2.3 均数差异显著性

见表1。鲈鱼与花鲈各群体在 oh/D 上差异显

著,在 W/H 上与花鲈的福州、厦门群体差异显著,在 h/H 、 w/w 和 w/h 上与花鲈的厦门、广西群体差异显著;在 ow/oh 上与广西群体差异显著。

花鲈各群体间,舟山群体与福州群体在 W/H 上差异显著,与厦门群体在 h/H 、 w/w 和 w/h 上差异显著,与广西群体在 w/w 上差异显著;福州群体与厦门群体在各指标差异不显著,与广西群体在 W/H 上差异显著;厦门群体与广西群体在 W/H 、 w/w 上差异显著。

2.4 耳石重-耳石长关系

鲈鱼与花鲈各群体耳石重与耳石长的关系如下:

$$\text{鲈鱼: } y = 21.4680x - 158.4008 \quad (n = 27, r = 0.874)$$

$$\text{花鲈舟山: } y = 27.0799x - 232.6924 \quad (n = 18, r = 0.928)$$

$$\text{花鲈福州: } y = 15.0228x - 86.8130 \quad (n = 7, r = 0.918)$$

$$\text{花鲈厦门: } y = 11.5368x - 56.3042 \quad (n = 14, r = 0.934)$$

$$\text{花鲈广西: } y = 6.8131x - 2.6188 \quad (n = 35, r = 0.812)$$

协方差分析表明,鲈鱼与花鲈各群体间的耳石重与耳石长关系差异显著($F = 13.143, P < 0.001$)。

2.5 聚类分析

鲈鱼与花鲈舟山、福州、厦门、广西群体间的分别为4.54、5.66、5.40、4.67;花鲈各群体间欧氏距离在2.11—4.57之间,其中最小的欧氏距离出现在福州与厦门花鲈群体之间,见图3。

3 讨论

花鲈广泛分布于中国及朝鲜半岛西部沿岸。

表1 鲈鱼与花鲈耳石性状均数差异显著性

Tab.1 M_{diff} of otolith morphometry of *L. japonicus* and *L. maculatus*

项目	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W/H	0.97	5.23	3.87	0.51	3.96	2.50	1.06	0.56	5.03	3.75
w/W	1.82	0.62	1.15	0.93	0.24	0.39	2.05	0.00	0.73	1.37
oh/D	3.08	4.54	7.40	3.52	2.39	2.57	1.40	0.05	0.63	0.69
h/H	0.38	0.90	4.65	3.87	0.96	3.46	1.77	0.79	0.12	1.48
ow/oh	0.93	1.31	0.99	3.95	0.52	0.39	0.49	0.96	0.07	1.10
L/H	1.62	1.34	1.82	1.28	0.17	0.32	0.87	0.14	0.65	0.85
l/H	0.49	1.06	1.00	1.21	1.03	0.26	1.21	0.88	1.37	2.14
w/w	1.05	0.92	5.83	6.12	1.80	5.97	4.69	0.37	0.71	3.10
w/h	0.01	1.41	5.78	4.50	1.88	4.73	2.03	0.41	0.44	2.58
ow/W	2.13	0.29	0.41	2.03	2.03	2.68	0.93	0.12	0.69	1.37

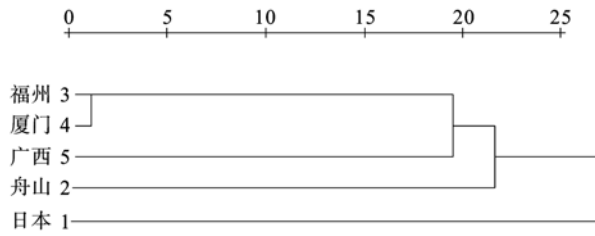


图3 聚类分析图

Fig.3 The dendrogram of cluster analysis
上方数据表示相对距离

在长江口与济州岛以南的东海海域主要受高温高盐的外海水系所控制, 以北的黄、渤海海域则主要受低温低盐的沿岸水系和混合水系的控制; 而在北部湾海域, 海流主要为风海流和密度流, 由于雷州半岛和海南岛的地理阻隔, 整个湾内终年被一个大的逆时针环流所占据, 形成一个相对闭合的系统(苏育嵩等, 1996; 夏华永等, 2001)。分布于这些不同海洋环境的花鲈各群体由于长期的地理隔离, 阻碍了基因交流, 为地理种群的分化奠定了基础。

耳石形态学分析已成功用于大西洋鲑、红钻鱼、大西洋鳕(*Cadus morhua*)、大西洋鲱(*Salmo salar*)、黑线鳕等鱼种的种群识别并取得良好效果(Castonguay *et al*, 1991; Smith, 1992; Campana *et al*, 1993; Friedland *et al*, 1994; Begg *et al*, 2001), 表明耳石形态特征是鉴别鱼类种群的有效工具之一。本文作者对鲈鱼与花鲈各群体耳石量度性状的分析表明, oh/D 参数是两个鱼种耳石形态差异的主要表现特征, 鲈鱼与花鲈各群体间欧氏距离高于花鲈群体间的距离, 花鲈几个群体间耳石形态呈显著差异。参照相关花鲈各群体(威海、舟山、福州、厦门、广西)间遗传差异显著的研究结果(楼东等, 2003; Liu *et al*, 2006), 考虑到花鲈福州与厦门群体在各项耳石形态指标上无显著差异, 且聚类分析表明二者距离最近, 因而把二者看为一个群体, 并谨慎提出将上述花鲈群体划分为 3 个地

理种群, 即舟山种群、福州-厦门种群和广西种群的可能性。

参 考 文 献

- 苏育嵩, 李凤岐, 王凤钦, 1996. 渤、黄、东海水型分布与水系划分. 海洋学报, 18(6): 1—7
- 张国华, 但胜国, 苗志国等, 1999. 六种鲤科鱼类耳石形态以及在种类和群体识别中的应用. 水生生物学报, 3(6): 683—688
- 夏华永, 李树华, 侍茂崇, 2001. 北部湾三维风生流及密度流模拟. 海洋学报, 23(6): 11—23
- 楼东, 高天翔, 张秀梅等, 2003. 中日花鲈生化遗传变异的初步研究. 青岛海洋大学学报, 33(1): 22—28
- Begg G A, Overholtz W J, Munroe N J, 2001. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. Fishery Bulletin, 99: 1—14
- Campana S E, Casselman J M, 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. Fish Aquat Sci, 50: 1062—1083
- Friedland K D, Reddin D J, 1994. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Fish Aquat Sci, 51: 91—98
- Liu J X, Gao T X, Yokogawa K *et al*, 2006. Differential population structuring and demographic history of two closely related fish species, Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) and spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) in Northwestern Pacific. Molecular Phylogenetics and Evolution, 39: 799—811
- Castonguay M, Simard P, Gagnon P, 1991. Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. Fisheries Research, 48: 296—302
- Smith M K, 1992. Difference in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus*. Fish Aquat Sci, 49: 795—804
- Yokogawa K, 1998. Genetic divergence of fishes in genus *Lateolabrax*. Suisan Zoshoku, 46(3): 315—320
- Yokogawa K, Sekis S, 1995. Morphological and genetic differences between Japanese and Chinese sea bass of the genus *Lateolabrax*. Japanese Journal of Ichthyology, 41(4): 437—445

THE GEOGRAPHICAL DIFFERENTIATION IN OTOLITH MORPHOLOGY OF SEA BASS: *LATEOLABRAX JAPONICUS* AND *L. MACULATES*

YE Zhen-Jiang¹, MENG Xiao-Meng¹, GAO Tian-Xiang¹,
YANG Yong-Huan², WANG Ying-Jun¹

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao, 266003;
2. The Fisheries Arrangement Station of Beihai, Guangxi, Beihai, 536000)

Abstract Morphology of otolith of sea bass was applied to identify Japanese *Lateolabrax japonicus* and Chinese *L. maculates* in this paper. The otoliths of them were collected in Tokyo Bay (Japan) and Chinese marine regions including Zhoushan Islands, Fuzhou and Xiamen offshore, and Beibu (Tonkin) Gulf of Guangxi Province and cluster-analyzed with difference coefficient, M_{diff} , and so on. Significant differences in relation of otolith weight and otolith length were found between *L. japonicus* and *L. maculates*. The Euclidean distances of them varied between 4.538 and 5.656, while those of the *L. maculates* samples were between 2.108 and 4.566. Therefore, significant geographical differentiation in otolith morphology has been took place in different Chinese coastal waters. Three geographical populations of *L. maculates* in China are proposed, i.e. Zhoushan, Fuzhou-Xiamen, and Guangxi populations.

Key words *Lateolabrax* sp., Otolith, Morphology, Population identification