

六种鲤科鱼类耳石形态以及在种类和群体识别中的应用

张国华 但胜国 苗志国 邓书东

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要 描述了 6 种鲤科鱼类的耳石形态特征, 并利用耳石形态的测量性状, 对其种类特征进行了判别分析. 其中, 对张氏鲮、长鳍吻鲈、圆口铜鱼、宜昌鳊鲂和鲫的判别正确率为 100%, 异鱈鳊的判别正确率为 90.91%, 6 种鱼类的平均判别正确率达到了 99.1%, 说明了鱼类的耳石形态特征可以用于鉴别种类. 三个区域鲫群体的平均判别正确率为 68.9%, 显示三个区域鲫群体的耳石形态存在一定的差别.

关键词 鲤科鱼类, 耳石形态, 种类识别, 群体识别

鱼类耳石形态常具有种的特征, 倍受分类学家、生态学家甚至考古学家的关注^[1]. 鱼类耳石不宜被消化, 常常是食鱼动物消化道和粪便中唯一可以识别的组织, 在以往的生态学研究中, 其形态被广泛地应用于食鱼动物的食性研究中^[2-3]. 近二、三十年来, 由于鱼类群体识别在资源评估、生活史研究中的重要性被广泛地认同, 大量的分析方法和组织运用于这一领域的研究中^[4-8], 其中耳石为常用材料之一^[9-11].

国内在此方面的研究较少, 郑文莲^[12]对鲮科等鱼类的耳石形态进行了研究, 罗秉征等^[13-14]利用之以区分带鱼的不同群体. 本文拟通过对 6 个种类及 3 个群体的鲫的耳石形态特征参数的比较研究, 对种类之间和同种不同区域群体之间进行判别分析, 以确定耳石形态特征在种类和群体识别上的有效性.

1 材料与方法

所有材料鱼均取自 1999 年 3-5 月, 其中张氏鲮(*Hemiculter tchangi*) 32 尾、长鳍吻鲈(*Rhinogobio ventralis*) 31 尾、圆口铜鱼(*Coreius guichenoti*) 28 尾、宜昌鳊鲂(*Gobiobotia filifer*) 25 尾和异鱈鳊(*Gobiobotia boulengeri*) 22 尾, 取自长江上游合江江段; 鲫(*Carassius auratus*) 90 尾, 分别取自长江中游簪洲江段, 以及洪湖和洞庭湖, 各采样点均为 30 尾. 以微耳石和星耳石作为形态分析材料, 耳石取出后, 按左右两侧分别装入离心管中, 置入恒温箱, 在 60-70℃ 恒温中干燥数天. 微耳石和星耳石所测的性状如图 1 所示, 星耳石的测量中心(耳石生长中心)直接用二甲苯透明而确定, 微耳石厚实, 每个种类选择数颗磨片

收稿日期 1999-9-10; 修订日期 1999-10-20

基金项目 国家自然科学基金资助项目(39670125)、国务院三峡办和中国长江三峡工程开发公司项目(SX(98)-15/KHB/JS)

作者简介 张国华(1964-), 男, 浙江金华人, 副研究员, 硕士, 从事鱼类生态学方面的研究. 邓书东为华中农业大学 1999 届实习生.

以确定中心位置,而后根据其位置对其它微耳石进行测量.用装有目测微尺(格数换算成毫米)解剖镜测量耳石形态特征.张氏鲮、长鳍吻鲈、圆口铜鱼、宜昌鳅鮯和异鳔鳅鮯左右耳石的性状均予以测量.以往研究的表明,左右耳石的形态不存在显著差异^[10].作者对这 5 种鱼左右微耳石与星耳石的测量性状进行了单因素方差分析,也未发现显著性差异,因此对洪湖、簪洲和洞庭湖鲫仅测量左耳石的有关性状.

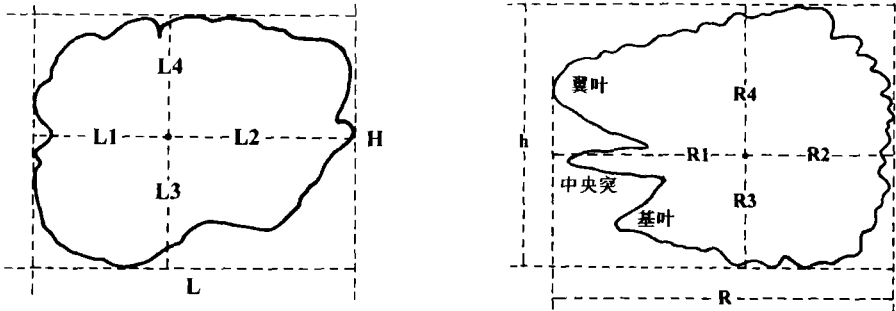


图 1 耳石测量性状示意图(左:微耳石,右:星耳石)

Fig.1 Otolith measurements (left: lapillus, right: asteriscus)

列入分析的性状俱为相对性状,如表 1 所示.使用逐步判别分析,筛选出可以鉴别鱼类种类和种内不同群体的的性状.所有数据处理均使用 MICROSOFT EXCEL 和 STATISTICA 软件.

表 1 列入计算的性状

Tab.1 The otolith shape variables for the multivariate analysis

微耳石		星耳石	
L 左/体长	L1 左/L4 左	R 左/体长	R1 左/R4 左
L1 左/体长	L2 左/L3 左	R1 左/体长	R2 左/R3 左
L2 左/体长	L2 左/L4 左	R2 左/体长	R2 左/R4 左
L3 左/体长	L3 左/L4 左	R3 左/体长	R3 左/R4 左
L4 左/体长	H 左/体长	R4 左/体长	h 左/体长
L 左/L1 左	H 左/L 左	R 左/R1 左	h 左/R 左
L 左/L2 左	L1 左/H 左	R 左/R2 左	R1 左/h 左
L 左/L3 左	L2 左/H 左	R 左/R3 左	R2 左/h 左
L 左/L4 左	L3 左/H 左	R 左/R4 左	R3 左/h 左
L1 左/L2 左	L4 左/H 左	R1 左/R2 左	R4 左/h 左
L1 左/L3 左		R1 左/R3 左	

2 结果

2.1 耳石形态

微耳石通常前端膨大,后端较尖,表面较光滑.星耳石形态因种类而异,呈不规则多边形、圆形、半圆形,边缘或多或少存在一些齿状突起.

张氏鲮微耳石“<”形,星耳石椭圆形,大多数个体表面光滑,少数个体边缘存在细小的突起;翼叶、基叶为等边三角形,基叶不发达,中央突相对较发达,为一粗壮的突起,其长度等长或明显超过翼叶。微耳石长、微耳石高、星耳石长和星耳石高分别为体长的0.01241倍(0.01036-0.01504)、0.00947倍(0.00741-0.01179)、0.01602倍(0.00741-0.01179)和0.01611倍(0.01338-0.0200)。星耳石大于微耳石,高度显著高于微耳石,其高为微耳石高的1.68倍(1.42-1.88),其长度与微耳石长的比值为1.34(1.18-1.57)。

长鳍吻鲈微耳石椭圆形,前部膨大,星耳石圆形、椭圆形,表面较粗糙,有许多细小的突起,翼叶、基叶和中央突皆不甚发达。微耳石长、微耳石高、星耳石长和星耳石高分别为体长的0.01147倍(0.00979-0.01293)、0.01003倍(0.00768-0.01184)、0.01080倍(0.00899-0.01283)和0.01184倍(0.01031-0.01372)。星耳石大小与微耳石相近,其高度略大于微耳石,比值为1.13(1.04-1.20),长度与微耳石等长,比值0.96(0.90-1.02)。

圆口铜鱼微耳石圆锥形;星耳石椭圆形,有许多细小的突起,翼叶、基叶和中央突皆不发达。微耳石长、微耳石高、星耳石长和星耳石高分别为体长的0.00854倍(0.00688-0.01141)、0.00622倍(0.00477-0.00842)、0.00593倍(0.00448-0.00870)和0.00654倍(0.00453-0.00938)。微耳石显著大于星耳石,其长度为星耳石长的1.51倍(1.39-1.85),其高度与星耳石等高,比值为0.98(0.85-1.21)。这是本文所研究的6种鱼类中,唯一微耳石大于星耳石的种类。

宜昌鳊微耳石呈纺锤形;星耳石椭圆形,翼叶宽平,其宽度约为2个基叶的宽度,无明显的中央突。微耳石长、微耳石高、星耳石长和星耳石高分别为体长的0.00972倍(0.00889-0.01113)、0.00667倍(0.00593-0.00773)、0.01035倍(0.00898-0.01167)和0.01056倍(0.00842-0.01184)。星耳石大于微耳石,其高度显著高于微耳石,两者之比为1.59(1.48-1.71),但长度约与微耳石长等长,1.08(1.00-1.18)。

异鱈鳊微耳石呈锥形,星耳石呈梯形、多边形,薄而脆,无明显的中央突。星耳石大于微耳石,其高度显著高于微耳石,为1.76倍(1.50-1.94),但长度约与微耳石长等长,两者之比为1.03(0.81-1.26)。

鲫耳石微耳石近似长方形、方形,前部膨大,后部、两侧相对扁平,后端平直、前倾;星耳石近似方形,绝大多数个体中央突为一小突起,少数个体未见中央突。微耳石长、微耳石高、星耳石长和星耳石高分别为体长的0.02120倍(0.00593-0.00773)、0.01576倍(0.01082-0.02241)、0.02907倍(0.00889-0.01113)和0.02738倍(0.01947-0.03621)。星耳石大于微耳石,其长为微耳石长的1.42倍(1.25-1.59),其高为微耳石高的1.85倍(1.55-2.08)。

2.2 鱼类种类和种内不同群体的识别

判别分析是进行种类和种内不同群体识别的常用方法之一。本文采用逐步判别方法,取F值为选入值为11,剔除值为10。根据最后的运算结果,F值为 $F(7, 221) = 10.03$, $P < 0.0001$ 。选入的性状有8个,分别是R左/体长、L1左/L3左、L左/L3左、L左/L1左、L2左/H左、R2左/R4左、L3左/体长和h左/体长,在这8个性状中,有5个归属微耳石,3个属于星耳石。判别方程的系数见表2,将所有种类的个体代入判别方程,以计算验后概率并归类,得到表3。

表 2 判别方程的系数

Tab. 2 Coefficients from the discriminant analysis of the otolith variables

系数	张氏鲮	长鳍吻鲈	圆口铜鱼	宜昌鳅鲃	异鳔鳅鲃	洞庭湖鲫	簕洲鲫	洪湖鲫
R 左-BL	-10.31	-27.63	-24.46	-18.23	-10.28	32.74	24.97	35.74
L1 左-L3 左	2.91	14.43	-171.65	-56.67	171.19	24.99	33.77	56.71
L 左-L3 左	-23.98	-31.04	202.81	81.50	-113.54	-44.18	-57.05	-77.04
L 左-L1 左	-1.81	2.47	-14.54	-4.32	26.92	-1.84	-1.76	3.83
L2 左-H 左	5.04	2.79	-16.04	-9.07	-8.69	7.48	10.02	10.15
R2 左-R4 左	3.76	2.54	-3.34	0.78	-4.36	-0.43	-0.29	0.03
L3 左-BL	-8.47	9.38	30.06	11.88	7.95	-14.91	-15.59	-13.23
h 左-BL	15.31	-0.83	-37.49	-11.61	-15.02	9.47	17.84	14.52
常数	-10.03	-22.15	-57.58	-23.47	-53.27	-23.78	-26.83	-39.84

表 3 6 种鱼类和鲫 3 个群体的判别分析结果

Tab. 3 Classification success (%) of six species and three crucian carp stocks based on the variables of both the left lapillus and the left asteriscus

种 类	判别正确率 %	张氏鲮	长鳍吻鲈	圆口铜鱼	宜昌鳅鲃	异鳔鳅鲃	洞庭湖鲫	簕洲鲫	洪湖鲫
张氏鲮	100.00	32							
长鳍吻鲈	100.00		31						
圆口铜鱼	100.00			28					
宜昌鳅鲃	100.00				25				
异鳔鳅鲃	90.91				2	20			
洞庭湖鲫	66.67						20	4	6
簕洲鲫	66.67						8	20	2
洪湖鲫	73.33						3	5	22
合 计	86.84	32	31	28	27	20	31	29	30

从表 3 中的分析结果可以看出,张氏鲮、长鳍吻鲈、圆口铜鱼、宜昌鳅鲃的判别正确率为 100%,异鳔鳅鲃有 2 尾被归入了宜昌鳅鲃,其判别正确率为 90.91%,而三个地方的鲫未被归入到其它种类,其判别的正确率也为 100%。因此,利用鱼类的耳石形态参数进行鱼类种类的判别分析,其判别的成功率是非常高的,达到了 99.1%。从 6 种类判别分析所选出的性状而得出的第一特征向量和第二特征向量典型判别分析图(图 2),也可以直观看出这一点,各种类个体的散点分布相互分离。典型相关分析表明,第一和第二特征向量的方差已经占总方差的 90.1%。因此,可以把鱼类的耳石形态特征作为鱼类种类分类和识别的重要特征之一。

如何识别同一种类来自不同地域的群体,一直是渔业管理领域十分关心的问题,利用形态特征进行鉴别是最常用的方法之一,二十年以来,不少科学工作者运用耳石形态特征,进行了这一方面的研究。我们也进行了这方面的探讨。从表 3 可以看出,利用判别分析,对洞庭湖鲫、簕洲鲫和洪湖鲫判别成功率分别为 66.67%、66.67% 和 73.33%,平均 68.9%,这说明三个区域的鲫耳石形态存在一定的差异。

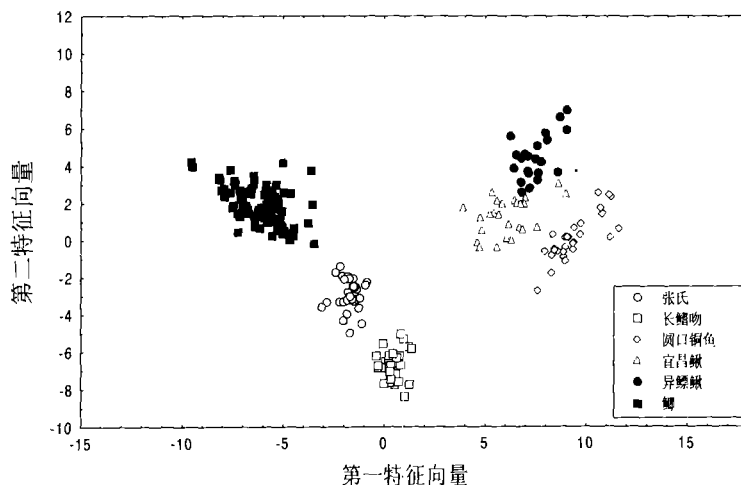


图2 6种鱼类典型判别分析的散点图

Fig. 2 Plot of canonical discriminant functions for both the left lapillus and the left asteriscus of six cyprinid species

3 讨论

Gaemers 利用矢耳石的形态对丽鱼科(Cichlidae)的种类进行了分类地位的探讨,丽鱼科与隆头鱼科(Labridae)内的 Cheilinae 和 Epibulinae 两亚科的亲缘关系最近,丽鱼科耳石同样也是揭示科内各级分类水平之间关系的一个有用的手段^[1]. 郑文莲提出鲮科等鱼类的耳石不仅可作为科的鉴别特征之一,也可以作为亚科和属的鉴别特征之一^[12]. 本文对 6 种鲤科鱼类的识别率达到了 99.1%,微耳石、星耳石在种一级分类水平上具有鉴别特征;6 种鱼类分属 4 个亚科、6 个属,4 个亚科之间(鲃亚科、鲃亚科、鲃亚科、鲤亚科)未发生错判现象;在属的水平上,仅鲃亚科 2 个属之间有 2 尾个体发生了错判. 这一方面说明了 6 种鱼类的耳石在亚科、属和种水平上是可区分的,另一方面也说明了亲缘关系越接近的分类单元,耳石的形态可能越相似.

由于受遗传、环境条件等因素的影响,同一种类的不同区域群体的耳石形态往往存在差异^[9-11, 13-14]. 本研究对鲫 3 个群体的判别成功率为 66.67%-73.33%,显著高于 33.33% 的随机判别概率,说明鲫群体存在这种耳石形态的区域性差异.

参 考 文 献

- [1] Gaemers P A M. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Neth. J. Zool.*, 1984, 34: 566-595
- [2] Fitch J E, Brownell R L. Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 1968, 25: 2561-2574
- [3] Murie D J, Lavigne D M. Interpretation of otoliths in stomach content analyses of phocid seals: quantifying fish consumption. *Can. J. Zool.*, 1985, 64: 1152-1157

- [4] MacCrimmon H R, Claytor R R. Meristic and morphometric identity of Baltic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.*, 1985, 63: 2032-2037
- [5] Casselman J L, Collins J J, Crossman E J, et al. Lake whitefish (*Coregonus Clupeaformis*) stocks of the Ontario waters of Lake Huron. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1981, 38: 1772-1789
- [6] Javis R S, Klodowski H F, Sheldon S P. New method of quantifying scale shape and an application to stock identification in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1978, 107: 528-534
- [7] Mork J, Ryman N, Stahl C, et al. Genetic variation in Atlantic cod (*Gadus morhua*) throughout its range. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1985, 42: 1580-1587
- [8] Beachman T D, Wood C C. Application of microsatellite DNA variation to estimation of stock composition and escape-ment of Nass River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, 56: 297-310
- [9] Smith M K. Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper (*Etelis carbunculus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1992, 49: 795-804
- [10] Friedland K D, Reddin D G. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1994, 51: 91-98
- [11] Campana S E, Casselman J M. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1993, 50: 1062-1083
- [12] 郑文莲. 我国鲮科等鱼类耳石形态的比较研究, 鱼类学论文集(第二辑). 北京: 科学出版社, 1981, 39-54
- [13] 罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 中国近海带鱼耳石生长的地理变异和种群的初步探讨, 海洋与湖泊论文集. 北京: 科学出版社, 1981, 181-194
- [14] 罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 东海带鱼春、夏和秋季产卵群体的生殖周期特性与种群问题. 动物学报, 1985, 31: 348-358

OTOLITH MORPHOLOGY OF SIX CYPRINID SPECIES WITH THE USE IN SPECIES AND STOCK DISCRIMINATIONS

Zhang Guohua, Dan Shengguo, Miao Zhiguo and Deng Shudong

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract Morphological characteristics of the otoliths of six cyprinid species, *Hemiculter tchangii*, *Rhinogobio ventralis*, *Coreius guichenoti*, *Gobiobotia filifer*, *Xenophysobotia boulengeri*, and *Carassius auratus*, had been described and measured. The stepwise discriminant analysis was used to distinguish these six species. The classification success for *H. tchangii*, *R. ventralis*, *C. guichenoti*, *G. filifer* and *C. auratus* was 100%, and *X. boulengeri* 90.91% with the average of 99.1% for all six species. So the otolith traits of fish might be one of useful tools for discriminating the fish species. The classification accuracy of *C. auratus* stocks from three locations reached 68.9 percent on average. It demonstrated that some significant differences in otoliths did exist among three *C. auratus* stocks.

Key words Cyprinid fishes, Otolith Morphology, Species discrimination, Stock discrimination