

# 团头鲂种群间的形态差异和 生化遗传差异\*

李思发 蔡完其 周碧云

(上海水产大学, 200090)

**提 要** 本文报道对长江中、下游 3 个湖泊、1 条江汉里的团头鲂种群的形态差异和生化遗传差异的研究结果。判别函数分析表明, 4 种群在形态上有差异( $P < 0.001$ ), 因之可在计算机上鉴别鱼的来源, 准确率达 65.7%。框架形态分析能显著提高对种群的判别分析能力。团头鲂种群的平均多态位点比例为 13.3—20.0%, 平均杂合度为 0.0549—0.0851, Nei 遗传距离为 0—0.0219。

**关键词** 团头鲂, 种群, 形态, 同工酶, 判别函数分析, 框架分析

自易伯鲁 1955 年发现团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)以来<sup>[8]</sup>, 因其肉嫩味美, 个体大小适合家庭消费, 生长迅速, 疾病较少, 繁殖简便, 草食性, 饵料来源广泛, 以及生产成本低等优点而迅速成为我国淡水养殖对象之一。除了在池塘里养殖外, 团头鲂还被成功地移植到一些湖泊(如云南省洱海)、水库(如新疆自治区上游水库)里, 并形成了可捕群体。

团头鲂的自然分布很窄。正式报道其自然分布的湖泊有湖北省梁子湖(26700 公顷)<sup>[7]</sup>、淤泥湖(1920 公顷)<sup>[9]</sup>, 江西省鄱阳湖(396000 公顷)<sup>[6]</sup>等长江中游的一些大、中型湖泊。此外, 据了解, 安徽省的龙感湖(24300 公顷)也有其自然分布(柯鸿文, 私人通讯)。以往一般认为长江下游无其自然分布<sup>[1, 2]</sup>。

30 多年来, 由于原产地的过度捕捞, 以及大量的人工放流, 还有各地广泛地移植和人工繁殖, 团头鲂的种质资源正受到衰退和混杂的威胁。为保护这一珍贵的物种资源, 并为其选育提供基础资料, 我们对长江中、下游 4 个水体里的团头鲂种群进行了调查研究。现就其形态差异和生化遗传差异报道如下。

## 材 料 和 方 法

### (一) 采样地点和样本大小

采样的湖泊有淤泥湖、牛山湖(湖北省武昌县, 1330 公顷, 系梁子湖的子湖)、南湖(湖北省汉阳县, 100 公顷)及江苏省邗江县的邗江(100 公顷)。

淤泥湖和牛山湖素以盛产团头鲂原种著称。两湖皆位于长江南岸, 相互距离 480 公里, 原有河道通

\* 本文是加拿大国际发展研究中心(International Development Research Centre)组织和资助的亚洲鱼类遗传研究网中国课题的成果之二。淡水渔业专业 1987 届熊俊同学参加部分工作。谨致谢意。

收稿年月: 1990 年 10 月; 1991 年 2 月修改。

联长江,现均有闸相隔。南湖位于长江北岸,距牛山湖约110公里,现为人工放养湖泊。邗江原为长江北岸的一条江汊,现两端建坝,留有涵洞通长江水,为采集长江天然鲢、鳊、草鱼苗放江汊中培育长江原种亲鱼的生产基地,距牛山湖约1100公里。

从1986年至1987年,于冬季捕捞季节采集团头鲂共685尾,其中淤泥湖204尾,牛山湖204尾,南湖127尾,邗江130尾。体长范围11.4—42.8厘米,体重范围36—1289克。除供形态测定外,每种群随机取样30尾做电泳材料。

## (二) 形态测量

众所周知,形态特征有可量性状与可数性状之分,前者属连续性数值,后者属非连续性数值。由于属性的不同,在形态分析时不宜同时使用<sup>[16]</sup>。本研究中只使用可量性状。所有测量均在现场取鲜鱼进行,精确至1毫米或1克。

长期以来,对鱼类的形态研究大多遵循 Hubbs 和 Lagler<sup>[11]</sup>所提出的一套形态特征测定法,主要以鱼体的长、高、厚等为测定指标,在此,我们称之为传统形态测定。近10年来,一些学者<sup>[10,12,17,18,19]</sup>提出了新的见解。他们认为,传统测定法研究的特征集中于从头部到尾部的长轴上,不足以包含整个体形,因而提出了一种把鱼体分成若干网格,测量各联结点距离的方法,这就是所谓框架测定法<sup>[11,17]</sup>,不同的体型可有不同的框架。根据团头鲂的体型,本研究所使用的框架如图1所示。

本文使用的传统测定项目有体重、全长、体长、体高、体厚、头长、吻长、眼径、眼距、尾柄长及尾柄高,共11项。框架测定的则有2—4、4—6……及1—2,共21项(如图1)。

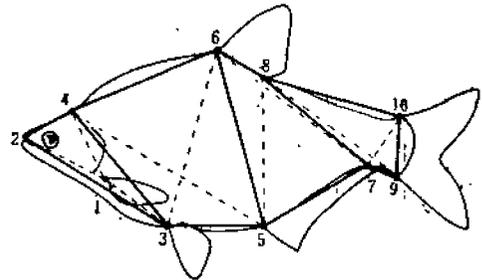


图1 团头鲂的框架图。测点标有号码,测点间距离分别以实线(框周)和虚线(框内)表示

Fig. 1 Truss network of distance measures applied to the blunt snout bream. Morphological landmarks are numbered and morphometric distances between landmarks are denoted by black lines and dashed lines

## (三) 电泳

电泳标本共120尾(30尾×4种群)。电泳组织有白肌、肝及眼晶体。样品从活鱼放血后摘取,野外

表1 团头鲂清晰显带的同工酶及其座位

Table 1 Enzymes and loci examined showing clear bands in blunt snout bream

| 编号       | 名称         | 简称             | 分析组织  | 缓冲系统 | 座位                           |
|----------|------------|----------------|-------|------|------------------------------|
| 1.1.1.1  | 醇脱氢酶       | ADH            | 肝     | EBT  | Adh                          |
| 1.1.1.3  | 甘油-3-磷酸脱氢酶 | $\alpha$ -GPDH | 肌     | TC   | $\alpha$ -Gpdh               |
| 1.1.1.27 | 乳酸脱氢酶      | LDH            | 肌,肝,眼 | TC   | Ldh-A Ldh-B<br>Ldh-C1 Ldh-C2 |
| 1.1.1.37 | 苹果酸脱氢酶     | MDH            | 肌,肝   | TC   | m-Mdh s-Mdh                  |
| 1.1.1.42 | 异柠檬酸脱氢酶    | IDH            | 肝     | TC   | Idh                          |
| 1.15.1.1 | 超氧化物歧化酶    | SOD            | 肌,肝   | EBT  | Sod-A Sod-C                  |
| 3.1.1.1  | 酯酶         | EST            | 肝     | EBT  | Est-A Est-B<br>Est-C Est-D   |

注: EBT—三羟甲基氨基甲烷—硼酸—乙二胺四乙酸;

TC—三羟甲基氨基甲烷—柠檬酸。

于液氮中保存,室内于 $-25^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存。

0.2—0.3克组织或整个晶体加3倍体积的0.3%NAD液。15000r. p. m  $5^{\circ}\text{C}$ 离心20分钟。肝组织离心2次以去除脂肪。上清液 $4^{\circ}\text{C}$ 保存,24小时内使用。

电泳在LKB水平电泳仪上进行。4.4%聚丙烯酰胺凝胶。预电泳30分钟,50mA;前电泳10分钟,25mA;正式电泳约2小时,275V。电泳温度 $5^{\circ}\text{C}$ 。按Philipp<sup>[14]</sup>的方法染色,稍有改变。本文所测定的显带清晰的同工酶及其座位如表1。

#### (四) 计算和分析

鱼体形态分析通常采用三种方法,即比例法、回归法及多变量分析法。多变量分析法包括判别函数分析法和主成分分析法。本研究使用了比例法和判别函数分析法。为去除鱼体大小不同的影响,所有原始数据都先转换成相对于体长或头长的比值。又考虑到数值较大的特征往往具有较大的方差,故计算时再转换为自然对数(ln),以去除方差齐性,提高正态分布性<sup>[16]</sup>。所有计算均在IBM-PC-AT机上进行。使用SYSTAT<sup>[20]</sup>程序进行判别函数分析,以探知种群间的差异和判别鱼的来源。

为探讨传统法、框架法及两者结合法的分析效果,计算和分析是在三种不同组合的数据上进行的,即:①传统测定,包括体重/体长 $\times 100$ ,全长/体长,体长/体高,体长/体厚,体长/头长,头长/吻长,头长/眼径,头长/眼间距,体长/尾柄长,尾柄长/尾柄高10个参数,记为V1, V2, ……V10; ②框架测定,包括体长对各测量值的比数,计21个参数,记为V11, V12, ……V31; ③传统加框架,共31个参数,为V1, V2, ……V31。计算了种群的平均多态位点比例(P),位点平均杂合度(H)及Nei遗传距离(D)<sup>[21]</sup>。

## 结 果

### (一) 形态差异

判别函数分析揭示,4种群团头鲂的形态在总体水平上有显著差异( $P < 0.001$ ,表2)。

在用判别函数分析方法鉴别鱼的来源方面,三种组合数据给以不同效果( $P < 0.01$ )。单独使用传统测量法的参数时,平均判别率为48.1%(37.8—53.9%);单独使用框架测量法的参数时,平均判别率为63.5%(60.0—67.7%);而结合使用这两种方法的参数时,则为65.7%(59.3—76.7%)(表3)。

表2 4种群团头鲂形态变量3种组合的判别函数分析  
Table 2 Discriminant analysis results of the three combinations of morphological variables of four populations of blunt snout bream

|    | 参 数 组 合 |        |        |
|----|---------|--------|--------|
|    | 1—31    | 1—10   | 11—31  |
| F值 | 8.1707  | 8.2980 | 8.9180 |
| P值 | 0.0000  | 0.0000 | 0.0000 |

表 3 形态变量 3 种组合对 4 种群团头鲂鉴别分类的准确率(%)  
 Table 3 Classification accuracy (%) of four populations  
 of blunt snout bream by the discriminant analysis  
 of three combinations of morphological variables

| 参数组合  | 种 群  |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|
|       | 淤泥湖  | 牛山湖  | 南湖   | 邗江   | 平均   |
| 1-81  | 59.8 | 76.7 | 62.2 | 64.6 | 65.7 |
| 1-10  | 51.0 | 49.7 | 37.8 | 53.9 | 48.1 |
| 11-81 | 60.8 | 67.7 | 65.4 | 60.0 | 63.5 |

此外,用判别函数分析法就传统加框架法的参数在计算机上绘制的心形曲线如图 2 所示。淤泥湖、牛山湖及南湖三种群相互重叠较高,表明它们的关系较近,邗江种群同上述三种群的重叠较少,表明它们的关系稍远。

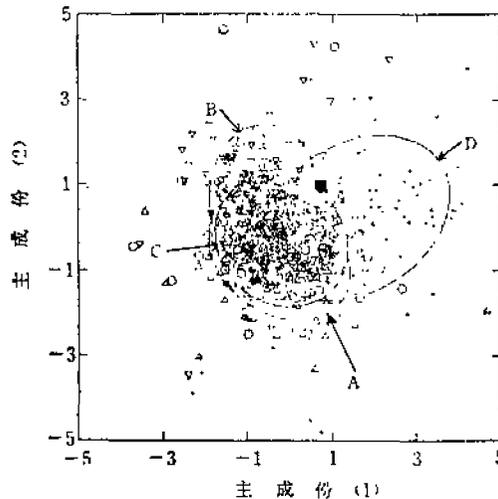


图 2 4 种群团头鲂形态分析的心形曲线图  
 Fig. 2 Centroids in morphological analysis of  
 four populations of blunt snout bream  
 A. 淤泥湖, B. 牛山湖, C. 南湖, D. 邗江

## (二) 生化遗传差异

对 9 种同工酶的 17 个位点进行了电泳分析。SDH 与 6PGDH 因显带不太清楚而舍去。本文仅报道对 15 个位点的分析结果(表 4)。多态位点比例(P)在淤泥湖、牛山湖及南湖是一致的,都是 20%,而在邗江为 13.3%。4 种群的平均杂合度(H)依次为 0.0816, 0.0851, 0.0808 及 0.0549 (表 5)。Nei 遗传距离在邗江与淤泥湖间最大,而在淤泥湖、牛山湖及南湖间较小(表 6)。尤其是,邗江种群的 *Sod-A* 仅检出 *Sod-A<sub>100</sub>*, 而未检出其它三种群都有的 *Sod-A<sub>70</sub>*。由于样本较小( $n=30$ ),不能说邗江种群没有 *Sod-A<sub>70</sub>*, 但其频率很低是显然的。

表4 4种群团头鲂的等位基因频率

Table 4 Allelic frequencies of four populations of blunt snout bream

| 座 位           | 等位基因 | 种 群    |        |        |        |
|---------------|------|--------|--------|--------|--------|
|               |      | 淤泥湖    | 牛山湖    | 南湖     | 邗江     |
| <i>Adh</i>    | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| <i>a-Gpdh</i> | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| <i>Ldh-A</i>  | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -B            | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -C1           | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -C2           | 90   | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| <i>m-Mdh</i>  | 100  | 0.5116 | 0.5116 | 0.5116 | 0.5086 |
|               | 80   | 0.4884 | 0.4884 | 0.4884 | 0.4914 |
| <i>s-Mdh</i>  | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| <i>Idh</i>    | 100  | 0.6250 | 0.6250 | 0.3500 | 0.5750 |
|               | 80   | 0.3750 | 0.3750 | 0.6500 | 0.4250 |
| <i>Sod-A</i>  | 100  | 0.4939 | 0.4970 | 0.4970 | 1.0000 |
|               | 70   | 0.5061 | 0.5030 | 0.5030 | 0.0000 |
| -C            | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| <i>Est-A</i>  | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -B            | 70   | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -C            | 100  | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| -D            | 95   | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

表5 4种群团头鲂的多态比例(P)和平均杂合度(H)

Table 5 Mean proportion of polymorphic (P), average heterozygosity (H) of four populations of blunt snout bream

| 种 群 | 检查座位数 | 多态座位比例(P%) | 平均杂合度(H) |
|-----|-------|------------|----------|
| 淤泥湖 | 15    | 20.0       | 0.0816   |
| 牛山湖 | 15    | 20.0       | 0.0851   |
| 南湖  | 15    | 20.0       | 0.0808   |
| 邗江  | 15    | 13.3       | 0.0549   |
| 平均  | 15    | 19.6       | 0.0756   |

表6 4种群团头鲂的 Nei 遗传距离

Table 6 Nei genetic distance between four populations of blunt snout bream

|     | 淤泥湖    | 牛山湖    | 南湖     | 邗江 |
|-----|--------|--------|--------|----|
| 淤泥湖 | —      |        |        |    |
| 牛山湖 | 0.0000 | —      |        |    |
| 南湖  | 0.0093 | 0.0094 | —      |    |
| 邗江  | 0.0219 | 0.0203 | 0.0068 | —  |

综合形态与生化遗传的分析结果,清楚地表明淤泥湖、牛山湖及南湖团头鲂 3 个种群的关系较近,淤泥湖同牛山湖团头鲂种群间的遗传距离最小,邗江团头鲂种群 *Sod-A* 位点的等位基因频率同其它 3 种群有明显不同。

## 讨 论

### (一) 种群的相异度

众所周知,许多鱼类有亚种(subspecies)、宗(race)、种群(population)、群体(stock)等等之分。通常认为,如果种群间在遗传上或多或少地长期相互隔离,就可能在一个或多个位点上产生等位基因频率的差异。

考虑到种群间的表型差异可能来自遗传因子,也可能来自环境因子,还可能来自遗传—环境互作。本研究试图把可量性形态特征和生化遗传标志结合起来统盘分析,以助了解种群间的相互关系。

长江的形成约有 2 亿年的历史,淤泥湖和牛山湖都是长江中游的附属水体,相距不远。这两个湖泊以前曾有河道与长江相连,大约 20 年前才因建坝修闸而隔断。因此,不能排除这两个湖泊的团头鲂在建闸前常有混杂,甚至就是来源于一个种群的可能性。南湖水面较小,湖中团头鲂系人工投放,据了解可能来自梁子湖种群。

邗江位于长江下游,离淤泥湖、牛山湖较远。以前,我们所知团头鲂沿长江自然分布区的下限是鄱阳湖及与之一江之隔的龙感湖,但从本研究结果看,不能排除长江下游邗江等其它水体中有团头鲂自然分布的可能性。但由于 30 余年的移养和放流,并缺少科学记载,欲详细弄清团头鲂的自然分布实非易事。

不过,通过本研究及对草鱼、鲢、鳙的类似研究<sup>[7,8]</sup>,可以肯定的是,团头鲂确系生态地理范围狭窄的种类。与同是草食性的草鱼相比,长江、珠江、黑龙江草鱼的多态位点比例范围是 20.0—33.3%,而团头鲂是 13.3—20.0%;相应地,平均杂合度分别为 0.0454—0.1076, 0.0549—0.0851;使用传统形态测定数据,在计算机上判别草鱼的准确率为 75.8—100%,而团头鲂是 37.8—76.7%。由此可以认为,团头鲂是遗传差异较小的鱼类。

据 Kirpichnikov<sup>[18]</sup>报道,脊椎动物的平均杂合度在 0.03—0.08 之间,我们测得的团头鲂、鲢、鳙、草鱼的平均杂合度都在脊椎动物值的上限附近,想必同鱼类属低等脊椎动物有关。

### (二) 框架分析

本研究证明,使用框架分析可提高判别函数分析的效果,故认为框架分析测定较之传统形态测定可提供更有效的手段来分析鱼类种群之间的关系。

## 参 考 文 献

- [1] 长江水系渔业资源调查协作组,1990。长江水系渔业资源,743。海洋出版社(京)。
- [2] 成庆泰,郑葆珊,1987。中国鱼类系统检索,135。科学出版社(京)。
- [3] 李思发等,1988。长江、珠江、黑龙江三水系的鲢、鳙、草鱼原种种群的生化遗传与变异。水产学报, 10(4):

- 351—372.
- [4] —, 1989. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼原种形态差异. 动物学报, 35(4): 390—398.
- [5] 易伯鲁, 1955. 关于鲢鱼(平胸鳊)种类的新资料. 水生生物学集刊, (2): 115—122.
- [6] 柯鸿文等, 1985. 团头鲂繁育体系的研究 2. 生长对比实验. 水产科技情报, (1): 4—8.
- [7] 曹文宣, 1960. 梁子湖的团头鲂与三角鲂. 水产生物学集刊, (1): 57—58.
- [8] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976. 长江鱼类, 107—109. 科学出版社(京).
- [9] 根井正利(王家玉译), 1975. 分子群体遗传学与进化论, 121—203. 农业出版社(京).
- [10] Bookstein, F. L. et al., 1985. *Morphometrics in evolutionary biology*. Spec. Publ. 15. Acad. Nat. Sc. Phila., 277 P.
- [11] Hubbs, C. L. and K. F. Lagler, 1947. *Fishes of the Great Lakes Region*. Cranbrook Institute of Science. Bull. 26. 186 P.
- [12] Humphries, L. M. et al., 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Syst. Zool.* 30: 291—308.
- [13] Kirpichnikov, V. S., 1981. *Genetic Basics of Fish Selection*. 142—199. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- [14] Philipp, D. P. et al., 1981. *Biochemical genetic of largemouth bass (Micropterus salmoides)*. EA-2688. Research Project 1063-1 FPRI, Palo, Alto, CA, USA. 265 P.
- [15] Seal, H., 1964. *Multivariate Statistical Analysis for Biologists*. Wiley, N. Y., 207 P.
- [16] Sokal, R. R. and F. J. Rohlf, 1981. *Biometry* W. H. Freeman, San Francisco, CA., 859 P.
- [17] Strauss, E. E. and F. L. Bookstein, 1982. The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Syst. Zool.*, 31: 113—135.
- [18] Taylor, E. B. and J. D. McPhall, 1985. Variation in burst and prolonged swimming performance among British Columbia populations of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 2029—2033.
- [19] Wibans, G. A., 1984. Multivariate morphometric variability in pacific salmo: technical demonstration. *Ibid.*, 41: 1150—1159.
- [20] Wilkinson, L., 1987. *SYSTAT-The System for Statistics*. Evanston, IL: SYSTAT, Inc.

## MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL GENETIC VARIATIONS AMONG POPULATIONS OF BLUNT SNOUT BREAM (*MEGALOBrama amblycephala*)\*

Li Sifa, Cai Wanqi and Zhou Biyun

(Shanghai Fisheries University, 200090)

**ABSTRACT** The results of a study on the variation in morphology and biochemistry of four populations of blunt snout bream from three lakes and one branch along the middle and lower reach of Changjiang River are presented. Discriminant analysis indicated that, overall, there was a significant difference among populations ( $p < 0.001$ ), thus the fish could be identified as to their original water body with an accuracy of average 65.7%. The truss network morphometric analysis enhanced

\* This paper is the second report of the Chinese program of the Asian Fish Genetic Network organized and supported by the International Research Development Centre of Canada

the discrimination among populations significantly. The mean proportion of polymorphism was 13.3—20.0%. The average heterozygosity was 0.0549—0.0851. The Nei genetic distance was 0—0.0219.

**KEYWORDS** blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*), population, morphology, isozyme, discriminant analysis, truss network

## 欢迎订阅《中国水产文摘》

本刊系我国唯一的一本全面报道国内水产科技文献的综合性检索期刊, 由中国水产科学研究院情报所主办。其宗旨是全面、及时地报道全国各地以各种形式出版的水产科技文献, 为读者快速、方便地检索国内水产科技文献服务。

本刊所收录的文献类型有期刊、专著、汇编、会议录、科技报告、技术标准等。按以下主要类目编排: ①水产基础科学; ②水产资源和环境保护; ③水产捕捞; ④海水养殖; ⑤淡水养殖; ⑥水产生物病害及防治; ⑦饲料和肥料; ⑧水产品保鲜及加工; ⑨渔业机械仪器和渔船; ⑩渔业经济。每年第一期刊登本刊引用主要期刊一览表, 年终编辑出版本年度主题索引、作者索引。

本刊为双月刊, 逢双月底出版, 国内外公开发行。年报道量约3000条。每期定价2.50元, 全年六期共15.00元(含邮资)。由编辑部自办发行, 需要订购者, 只要把订款通过邮局或银行汇到本刊编辑部即可。读者可随时订阅。

编辑部地址: 北京市永定路南青塔村150号 邮政编码: 100039

开户银行: 北京市海淀区永定路分理处(工商银行) 帐号: 891195—90