

刀鲚和湖鲚种群的形态判别

程起群¹，李思发²

(1. 农业部海洋与河口渔业重点实验室, 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 2. 农业部水产增养殖生态生理重点实验室, 上海水产大学, 上海 200090)

摘要: 测量了代表刀鲚(*Coilia ectenes*) 种群和湖鲚(lake anchovy (*Coilia ectenes*)) 种群形态特征的传统可量性状和框架参数, 采用逐步判别法对它们进行形态综合分析。结果表明, 25 个形态参数数据判别分析表明两种种群形态差异极显著($P < 0.01$), 判别准确率 100%; 利用挑选后的 9 项参数判别分析表明两种种群的形态差异极显著 ($P < 0.01$), 判别准确率 $P1$ 是 95%~100%, $P2$ 是 95.2%~100%, 综合判别率为 97.5%。对形态差异贡献较大的参数进行单因子方差分析, 并计算差异系数; 根据 Mayr 等提出的 75% 规则, 认为它们的形态差异仍然是种内不同地理种群的差异, 还没有上升到亚种水平的差异。

关键词: 刀鲚(*Coilia ectenes*); 湖鲚(lake anchovy (*Coilia ectenes*)); 判别分析; 框架分析; 多元分析
中图分类号: Q951 文献标识码: A 文章编号: 1000- 3096(2004) 11- 0039- 05

刀鲚(*Coilia ectenes*), 俗名刀鱼, 鲚鱼; 属鲱形目, 鲱科, 鲚属, 是长江口区的重要经济鱼类之一。刀鲚是一种溯河性鱼类, 在繁殖季节, 繁殖群体溯江而上, 分别到长江中、下游干流、支流及附属湖泊中产卵^[1], 这就是它们的生殖洄游。产卵后, 繁殖群体返回近海索饵越冬; 但部分亲鱼定居在长江中、下游各通江湖泊, 随着环境因子的影响, 分化成另一类体型较小的生态类群, 在生态和繁殖等方面与洄游型刀鲚有明显的差异。

湖鲚(lake anchovy (*Coilia ectenes*)), 就是刀鲚洄游到太湖、淀山湖等湖泊中所形成的一个生态型; 也就是刀鲚的定居型(陆封型)。

对于洄游型种群和定居型种群的形态差异研究

尚未见到有关报道。那么, 经过长时间的隔离, 这两者之间的形态是否有显著的差异? 为了阐明这个问题, 作者对两种种群的形态进行判别分析, 建立相应的判别公式; 并对形态差异贡献较大的特征参数进行单因子方差分析, 计算差异系数, 根据 Mayr 等^[2] 提出的 75% 规则, 对它们之间的形态差异进行归类。

1 材料和方法

1.1 实验材料

包括刀鲚和湖鲚两个种群。其中刀鲚于 2003 年 4 月采自长江口横沙岛一带; 湖鲚于 2002 年 12 月采自太湖境内。样本情况见表 1。

表 1 样本情况

Tab. 1 The information of samples examined in this study

种 群	采集地	采集时间 (年- 月)	样本数(尾)	平均全长±标准差 (cm)
湖 鲚	无锡太湖	2002- 12	40	15.5±2.64
刀 鲚	长江口横沙岛	2003- 4	40	23.1±2.23

1.2 数据测量

共测量了 80 尾鱼的 2080 个数据。包括传统可量性状和框架参数, 共 26 项。框架测量的坐标点的选择基本依据李思发等^[3]。测量框架图见图 1。

收稿日期: 2003- 08- 26 修回日期: 2003- 09- 24
基金项目: 农业部水产增养殖生态生理重点开放实验室开放基金资助项目
作者简介: 程起群, (1972-), 男, 安徽东至人, 博士研究生, 主要从事种质资源和分子遗传学研究, 电话: 021- 65686991; E- mail qiquncheng@yahoo. com. cn 或 xbrafish2003@tom. com

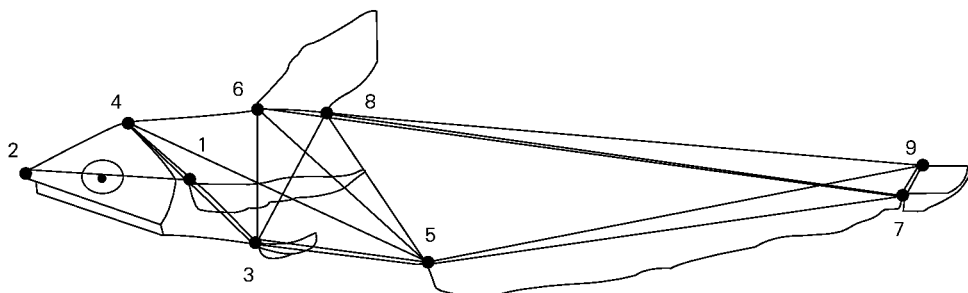


图 1 刀(湖)鲚框架测量
Fig. 1 Truss network of *Coilia ectenes*

9个坐标点之间的距离形成 18 个框架数据。例如, D1- 2 表示坐标点 1 与 2 之间的距离

18 truss parameter measurements are the distances between the two of 9 landmark points. For example, D1- 2 denotes the distance between landmark points 1 and 2

坐标点 (Landmark points):

1. 下颌骨最后端; 2. 吻前端; 3. 腹鳍起点; 4. 额部有鳞部最前缘; 5. 臀鳍起点; 6. 背鳍起点; 7. 臀鳍末端; 8. 背鳍末端;
9. 尾鳍背部起点

1. most posterior point of maxilla, 2. tip of snout, 3. origin of pelvic fin, 4. most anterior of scales on skull, 5. origin of anal fin,
6. origin of dorsal fin, 7. tremulus of anal fin, 8. tremulus of dorsal fin, 9. dorsal origin of caudal fin

1. 3 分析方法

1. 3. 1 可量性状和框架数据分析

把 8 个可量性状与 18 个框架参数合并在一起, 共 26 个参数, 输入到计算机中, 用 SAS 软件进行处理。采用逐步判别法进行分析。为消除样本大小差异的影响, 将各参数值除以全长值予以校正。下面提到的特征值都是经过校正的值。利用对两种群形态差异贡献较大的参数建立两种群的判别公式; 并计算两种群的差异系数。

1. 3. 2 判别准确率及差异系数的计算

判别准确率 $P1 = \text{判别正确的尾数} / \text{实际尾数}$,
 $P2 = \text{判别正确的尾数} / \text{判别尾数}$ 。

$$\text{综合判别率} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i / \sum_{i=1}^n B_i}{n}$$

式中: 实际尾数是指该种群的采样数目, 判别尾数是指被判为该种群的尾数; 在本研究中, 两种群的实际尾数都是 40 尾, 判别尾数分别为刀鲚 42 尾, 湖鲚 38 尾; A_i 为第 i 个种群中判别正确的尾数, B_i 为第 i 个种群的实际尾数, n 为种群数。

差异系数按 Mayr 等^[2]的方法计算。差异系数 $C_D = (M_B - M_A) / (SD_A + SD_B)$, 其中 M_A 和 M_B 分别为 A, B 种群某参数的均值, SD_A 和 SD_B 分别为 A, B 种群某参数的标准差。如差异系数 < 1.28 , 可视为种内不同地理种群水平的差异。

2 结果

2. 1 判别分析

用判别分析程序对 7 个可量参数 (全长除外) 和 18 个框架参数, 共 25 个形态参数进行分析。判别准确率 100%, 判别效果极显著 ($P < 0.01$)。

为提高公式的简便性和实用性, 从 25 个形态参数中选出对判别贡献较大的 9 个参数 ($X_4, X_{18}, X_5, X_{14}, X_{20}, X_2, X_1, X_{11}, X_{15}$), 进行判别。9 个参数按 F 值大小排列如表 2。

表 2 判别分析中贡献较大的参数 (按 F 值大小排列)

Tab. 2 Variables (ranged by F test values) with high contribution in discriminant analysis

参 数	对应形态指标	F 值
X_4	吻长/ 全长	79. 215
X_{18}	7—6/ 全长	27. 770
X_5	眼径/ 全长	14. 397
X_{14}	5—4/ 全长	11. 799
X_{20}	7—9/ 全长	8. 600
X_2	体高/ 全长	5. 064
X_1	体长/ 全长	4. 061
X_{11}	3—4/ 全长	3. 083
X_{15}	5—6/ 全长	2. 313

利用挑选后的 9 个形态参数进行判别分析 (表 3), 判别效果极显著 ($P < 0.01$)。

表 3 两种群的判别结果(选用挑选后的 9 个参数)

Tab. 3 Results of discriminant analysis of two kinds of *Coilia ectenes* (based on 9 selected parameters)

实际种群	判入种群		判别准确率		综合判别率 (%)
	刀鲚	湖鲚	P1(%)	P2(%)	
刀鲚(40 尾)	40	0	100	95.2	97.5
湖鲚(40 尾)	2	38	95	100	
合计	42	38			
百分比(%)	52.5	47.5			

利用挑选后的 9 个参数建立两种群的判别公式如下:

刀鲚 $Y1 = -5.305 + 7.937X1 + 2.455X2 + 2.404X4 + 1.915X5 - 885.7X11 + 1.223X14 + 3.284X15 + 2.850X18 + 1.371X20$

湖鲚 $Y1 = -5.146 + 7.839X1 + 2.240X2 + 1.683X4 + 2.474X5 - 1.036X11 + 1.334X14 + 3.406X15 + 2.771X18 + 970.8X20$

根据上面的判别公式,可以判别两种群所属。方法是将所测量的形态参数值,通过除以其全长值加以校正后,代入上面的两个公式,计算其 $Y1$ 值, $Y1$ 大的

即为该鱼所属种群。

2.2 单因子方差分析

对两种群各形态参数进行单因子方差分析,表明湖鲚和刀鲚两种群之间有 7 个特征差异极显著,它们是 $X22$ 、 $X16$ 、 $X24$ 、 $X8$ 、 $X6$ 、 $X19$ 、 $X15$;有 4 个特征差异显著,它们是 $X18$ 、 $X23$ 、 $X10$ 、 $X20$ 。各种群的特征值平均值和方差,以及两种群的差异系数见表 4。可以看出,它们的差异系数值小于亚种分类的阈值 1.28,因此它们之间的差异仍然是属于不同地理种群的差异,还没有上升到亚种水平。

表 4 湖鲚和刀鲚两种群之间差异较大的特征

Tab. 4 Characters of high variance between two populations of *Coilia ectenes*

特 征	湖鲚平均全长(cm)	刀鲚平均全长(cm)	显著性检验(F 值)	差异系数
	±标准差(cm)	±标准差(cm)		
4- 6/ 全长 $X22$	0.180±0.068	0.160±0.017	16.071 2* *	0.233
5- 7/ 全长 $X16$	0.513±0.050	0.527±0.018	8.134 7* *	0.206
8- 9/ 全长 $X24$	0.619±0.017	0.627±0.045	7.409 2* *	0.129
1- 2/ 全长 $X8$	0.142±0.007	0.142±0.015	4.744 7* *	0.000
眼间距/ 全长 $X6$	0.048±0.006	0.050±0.003	4.436 6* *	0.222
7- 8/ 全长 $X19$	0.604±0.016	0.626±0.034	4.333 5* *	0.440
5- 6/ 全长 $X15$	0.209±0.009	0.206±0.006	2.352 9* *	0.200
7- 6/ 全长 $X18$	0.658±0.015	0.683±0.010	2.246 2*	1.000
6- 8/ 全长 $X23$	0.064±0.017	0.063±0.012	2.121 7*	0.034
1- 4/ 全长 $X10$	0.096±0.008	0.098±0.011	2.023 0*	0.105
7- 9/ 全长 $X20$	0.028±0.004	0.035±0.005	1.911 3*	0.778

注: * * 表示差异极显著($F > F_{39,39,0.01} = 2.297$); * 表示差异显著($2.297 = F_{39,39,0.01} > F > F_{39,39,0.05} = 1.79$)

3 讨论

3.1 判别分析的使用

判别分析是在分类已知的条件下,寻找客观分类

判据^[4]。判别分析由于具有很强的实用性,能解决实际问题,因此被广泛应用于各个领域^[5]。逐步判别是目前判别分析中用的最多的一种方法。它是从大量的已知因子中挑选若干必要的(能提供附加信息)、最佳

组合的因子来建立判别函数。李麦村等^[4]应用该方法进行天气预报研究,取得良好的效果。他们对1975年进入预报区域的台风做了12次预报,准确率达92%。

判别分析是鱼类种群鉴定的常用方法^[6]。在水产领域,判别函数主要应用于鉴别不同水系的河蟹^[7-9]和罗非鱼的不同品系^[10,11],也取得了一些有意义的成果。如建立了不同水系河蟹的判别公式,这对正确区分不同水系的河蟹,防止种质混杂,有重要作用。

本实验用可量性状与框架数据相结合,对湖鲚种群和刀鲚种群进行判别分析,判别效果极显著($P < 0.01$),判别率100%;挑选9个形态性状后,判别效果也是极显著($P < 0.01$),综合判别率为97.5%。说明判别分析对于亲缘关系很近的种群、品系、亚种的鉴别是很有效的。

3.2 洄游型群体与定居型群体的差异

在鱼类中,由于生态环境的变迁,同一种鱼存在洄游型和定居型(陆封型)的现象比较普遍。如鲢鳙鱼类、高首鲟等,本文的刀鲚也是一个例子。对于洄游型和陆封型的差异研究,人们主要集中在生态特征上。比如从生态类型上说,湖鲚比刀鲚性成熟年龄提前,亲鱼体长减小,成熟卵径减小,产卵盛期推迟,肝脏也不如刀鲚肥厚^[1]。

陆封型和洄游型的个体在形态上很相似;它们之间很多可数和可量性状重叠,因此很难从外形上进行区分。而对于它们形态差异的定量研究尚未见报道,本文应是首次尝试。对刀鲚和湖鲚种群的研究表明,陆封型群体和洄游型群体形态上是有较大的差别的,但这种差别不能象鉴定物种那样用少数指标鉴别,必须要借助多个参数才能综合判别。

3.3 Mayr 的 75% 规则

一般的,分类学家把亚种作为最小的分类单位,但Mayr认为亚种还可以进一步分为不同的地理种群,“亚种是由很多的地理种群构成的,这些地理种群在基因频率和很多可量性状的平均值上有些微的差异”^[2],进一步提出了75%规则,并确定了差异系数的概念,认为如果能将75%的A群体和97%的B群体分开,那么它们的差异系数的临界值应该是1.28,即1.28是亚种分类的临界值;当两群体间形态特征的差异系数大于1.28时,表明它们的差异达亚种水平以上;反之,则是不同地理种群间的差异。

当然,Mayr的规则是根据一些统计学上的假设

推理出来的,而且这只是一个形态指标;要全面的鉴别这两个群体的差异,尚须与分子遗传、生化遗传、生理生态的证据结合起来进行。

3.4 新种的形成

对于新物种的形成,Mayr有过一些论述,“如果某一种群和它的亲本物种被地理隔离开并在隔离阶段获得了当外界障碍物消失时能促进或保证生殖隔离的有关性状,那么就形成了新的物种”^[12]。可见,隔离对于新物种的形成是有重要的作用的。因为隔离,使得即使两个群体在开始时有完全相同的基因库,但由于在不同的地区受到的选择压力不同而发生歧异;而隔离又阻止了两个群体之间的基因交流;使得这种歧异进一步的扩大,从而达到新种的形成。

但我们应该看到,隔离形成新种是一个漫长的过程。刀鲚和湖鲚原本是同一个物种,但由于地理的隔离,使得它们的生活环境发生变化,产生不同的变异,并积累和扩大这种变异;而且在一些生态特征上有了明显的变化;但从形态上看,它们的这种差异还是属于种内不同地理种群的差异,没有上升到亚种水平。但可以想见,再经过若干万年的隔离,两者之间的差异上升到亚种水平,是完全有可能的。

致谢:本中国水产科学研究院东临水产研究所韩金娣、罗民波两位同志,淡水渔业研究中心刘奇哲先生协助采集样本。

参考文献:

- [1] 中国水产科学研究院东海水产研究所,上海市水产研究所. 上海鱼类志[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1990. 93-115.
- [2] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology[M]. New York, Toronto and London: McGraw Hill Book Company, 1953. 23-39, 123-154.
- [3] 李思发. 中国淡水养殖鱼类种质资源研究[M]. 上海:上海科技出版社, 1998. 181-210.
- [4] 丁士晟. 多元分析方法及其应用[M]. 长春:吉林人民出版社, 1981. 259-315, 362-445.
- [5] 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.
- [6] 李思发, 王强, 吴力钊, 等. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1990. 145-162.
- [7] 许加武, 任明荣, 李思发. 长江、辽河、瓯江中华绒螯蟹

- 种群的形态判别[J]. 水产学报, 1997, **21**(3): 269- 274. [10] 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.
- [8] 李晨虹, 李思发. 中国大陆沿海六水系统蜆蟹(中华绒蜆蟹和日本绒蜆蟹) 群体亲缘关系: 形态判别分析[J]. 水产学报, 1999, **23**(4): 337- 342. [11] 李家乐, 李思发, 李 勇, 等. 尼罗鱼 尼罗罗非鱼(♀) × 奥利亚罗非鱼(♂) 同其亲本的形态和判别[J]. 水产学报, 1999, **23**(3): 261- 265.
- [9] 李 勇, 李思发, 王成辉, 等. 三水系中华绒蜆蟹幼蟹形态判别程序的建立和使用 [J]. 水产学报, 2001, **25**(2): 120- 126. [12] Mayr E. Systematics and the origin of species[M]. New York: Columbia University Press, 1942. 155- 172.

Morphological discrimination between two populations of *Coilia ectenes*

CHENG Qi-qun¹, LI Si-fa²

(1. Key Laboratory of Ocean and Estuary fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 2. Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture, Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Received: Aug., 26, 2003

Key words: *Coilia ectenes*, lake anchovy(*Coilia ectenes*); discriminant analysis; truss analysis; multivariate analysis

Abstract: Traditional morphological data and truss network data were combined to conduct a stepwise discriminant analysis to study the morphological variations between two populations of *Coilia ectenes*. The results are showed that: discriminant analysis with 25 morphological parameters indicated that there were extremely significant differences between the two populations of *Coilia ectenes* ($P < 0.01$), the accuracy was 100%; discriminant analysis with selected 9 morphological parameters showed that there were extremely significant differences between the two populations of *Coilia ectenes* ($P < 0.01$), the identification accuracy were 95% ~ 100% (P_1) and 95.2% ~ 100% (P_2), and synthetic identification accuracy was 97.5%; ANOVA analysis was conducted on parameters highly contributed to distinguish the populations of *Coilia ectenes* and coefficients of difference were calculated. According to Mayr's 75% rule, the difference between the two populations of *Coilia ectenes* are still within the population level, but the subspecies level.

(本文编辑: 刘珊珊)