

蛇 属鱼类的形态度量学研究

杨秀平¹ 张敏莹¹ 刘焕章²

(1. 华中农业大学, 武汉 430070; 2 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要:对蛇 属鱼类进行形态度量学及主成分分析的研究结果表明:蛇 属共有 6 个有效种,分别是长蛇 (*Saurogobio dumerili* Bleeker)、蛇 (*S. dabryi* Bleeker)、无斑蛇 (*S. immaculatus* Koller)、细尾蛇 (*S. gracilicaudatus* Yao et Yang)湘江蛇 (*S. xiangjiangensis* Tang)和光唇蛇 (*S. gymnocheilus* Lo, Yao et Chen)。云南程海蛇 和其他地理区域的蛇 在形态上没有显著的差异,不能单列为一个种。蛇 属鱼类种间形态上的差异主要表现在与游泳、摄食有关的躯体纵轴、头部和尾柄的性状特征上,这些都是蛇 属鱼类长期适应其生活环境的结果。

关键词:蛇 属;形态度量;适应
中图分类号:Q958.2 文献标识码:A 文章编号:1000-3207(2003)02-0164-006

蛇 属(*Saurogobio*)是鲤形目(Cypriniformes)鲤科(Cyprinidae)、亚科(Gobioninae)中的一群小型流水性底栖鱼类。主要分布于东亚地区、包括中国、俄罗斯的远东地区、朝鲜和越南北部,是东亚特有的鱼类类群。其起源、演化和东亚淡水鱼类的起源、演化关系密切。曾有不少学者对其进行过描述^[1-6],但对它的种的有效性仍有一定的疑问。另外,对蛇 属鱼类种间形态的差异及其对环境的适应性尚无系统研究。

本研究的目的在于运用多变量框架结构度量学

和主成分分析^[7-10]相结合的方法,对不同地理区域分布的蛇 属鱼类进行研究,希望对蛇 属鱼类的种间差异、形态特征、物种的有效性等有一个比较全面的了解。

1 材料和方法

1.1 材料 研究所检测的蛇 属鱼类标本,均来自于中国科学院水生生物研究所淡水鱼类博物馆收藏的福尔马林浸泡标本,共检测了 169 尾。所检测标本的数目及体长统计见表 1。

表 1 蛇 属鱼类标本的体长统计

Tab. 1 Number of specimens and their standard length (mm.) examined in the present study

物种 Species	采集地 Sampling localities	标本数(尾) Number of specimens	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Average
无斑蛇	海口	12	156.2	95.0	121.9
细尾蛇	丹江口	5	168.0	108.6	139.9
湘江蛇	赣江万安	8	173.8	108.6	141.3
光唇蛇	岳阳洞庭湖	20	103.2	68.9	82.6
	湖北洪湖	20			
	哈尔滨	18			
	云南程海	30			
	广西怀远	17	242	71.6	122.4
	湖南常德	11			
	福建南平	9			
长蛇	江西湖口	19	248.8	153.5	185.7

收稿日期:2001-10-10; 修订日期:2002-09-30
基金项目:国家 973 项目(G2000046801); 自然科学基金 49832010 资助
作者简介:杨秀平(1944—),女,江苏省宿迁市人;副教授;从事鱼类生态生理方面的研究

1.2 形态度量方法 采用传统的形态度量与框架结构度量相结合的方法,对蛇 属鱼类进行测量。所选择的 16 个形态度量学测量距离见表 2。

1.3 数据处理 由于所检测的蛇 属鱼类标本大小差异明显,为了更好地描述和辨认鱼类的形态及

其差异,将表 2 所示的测量距离与体长的百分比对数值,作为形态度量学分析的性状,这样共有 15 个性状(体长除外)。全部形态度量学数据用 Microsoft Excel 进行数据转换,然后用 Statistica 5.0 软件进行主成分分析。

表 2 蛇 属鱼类形态度量学测量距离
Tab. 2 Morphometric measurements in the present study

体长(由吻端到最后一枚尾椎的水平距离)	背鳍前距(背鳍起点至吻端距离)
头长(由吻端到鳃盖骨后缘的水平距离)	背鳍基长
吻长(由吻端到眼眶前缘的水平距离)	背鳍基末端至最后一枚尾椎距离
眼径(眼眶前后缘之间的水平距离)	尾柄长
眼后头长(由眼眶后缘到鳃盖骨后缘的水平距离)	腹鳍前距(吻端至腹鳍起点)
体高(背鳍起点处身体的垂直距离)	腹、臀鳍起点距
腹鳍起点至最后一枚尾椎距离	胸鳍前距(吻端至胸鳍起点的距离)
尾柄高(尾柄的最小垂直距离)	眼间距(左右两眼眶背缘之间的最小距离)

2 结果

2.1 种间形态度量 通过计算机对原始数据处理后,得到以下表格和图形:(1)蛇 属鱼类 8 个主要性状的平均值(表 3);(2)前三个主成分负荷值(表 4);(3)PC₁与 PC₂、PC₁与 PC₃ 之间两两相关的散布图(图 1、图 2)。

2.2 不同地理种群的蛇 形态度量 对来自 6 个不同地理种群的 105 尾蛇 的 15 个性状原始数据经计算机处理后得到蛇 的不同地理种群前三个主要性状的平均值(表 5);前三个主成分负荷值(表 6);PC₁与 PC₂、PC₁与 PC₃ 之间的两两相关散布图(图 3、图 4)。

3 讨论

3.1 关于蛇 属的物种有效性问题 图 1 表明,在 PC₁ 和 PC₂ 轴上长蛇 与其他 5 个物种均有较大差异。在 PC₂ 轴上细尾蛇 与其他物种有一定的差异,其他物种在 PC₁、PC₂ 上有较多的重叠。从图 2 可看出,光唇蛇 和无斑蛇 分布在 PC₃ 轴的上部,细尾蛇 和湘江蛇 分部在 PC₃ 轴的下部,即光唇蛇 与无斑蛇 和细尾蛇 与湘江蛇 在 PC₃ 轴上明显分开。蛇 位于 PC₃ 轴的两侧,并与光唇蛇 和无斑蛇 有较多的重叠,表现出性状的中间过渡性。这些都说明蛇 属的 6 个种之间有客观的差异性存在,说明蛇 属鱼类有 6 个有效种。

表 3 6 种蛇 属鱼类 8 个性状的平均值
Tab. 3 Mean values for 8 characters of genus *Sauragobio*

性状 Characters	平均值(log(性状实际值·100)) Average(log(measurements*100))					
	无斑蛇	细尾蛇	湘江蛇	光唇蛇	蛇	长蛇
吻长/体长	0.808	1.029	0.942	0.822	0.943	0.769
眼径/体长	0.859	0.762	0.820	0.794	0.800	0.595
背鳍前距/体长	1.582	1.630	1.593	1.611	1.596	1.559
腹鳍前距/体长	1.650	1.700	1.668	1.665	1.676	1.630
尾柄高/体长	0.812	0.735	0.720	0.841	0.805	0.755
背鳍基末端至最后一枚尾椎距离/体长	1.658	1.647	1.674	1.672	1.683	1.722
腹、臀鳍起点距离/体长	1.452	1.441	1.470	1.485	1.490	1.535
腹鳍起点至最后一枚尾椎距离/体长	1.701	1.679	1.696	1.738	1.725	1.760

表 4 蛇 属鱼类 15 个性状对前三个主成分的负荷值及前三个主成分的贡献率
Tab. 4 Loadings of the first three principal components for 15 morphometric characters of genus *Saurogobio*

性状 characters	PC ₁	PC ₂	PC ₃
体高/ 体长	- 0. 6473	0. 0499	0. 4237
头长/ 体长	- 0. 6473	0. 0283	- 0. 2252
吻长/ 体长	- 0. 7652*	0. 0288	- 0. 5115
眼后头长/ 体长	0. 1369	0. 4900	0. 1927
眼径/ 体长	- 0. 7069*	- 0. 2452	0. 0494
眼间距/ 体长	0. 0893	0. 1946	- 0. 4793
尾柄长/ 体长	0. 1726	0. 6364	0. 1324
尾柄高/ 体长	- 0. 4609	0. 3012	0. 6618*
背鳍前距/ 体长	- 0. 7542*	0. 3417	0. 0882
背鳍基长/ 体长	- 0. 6399	0. 4024	- 0. 0478
背鳍基末至最后一枚尾椎距/ 体长	0. 3539	0. 7846*	- 0. 1291
腹鳍前距/ 体长	- 0. 8339*	0. 3161	- 0. 1761
腹、臀鳍起点距/ 体长	0. 2160	0. 6791*	- 0. 2262
腹鳍起点至最后一枚尾椎距/ 体长	0. 2388	0. 8639*	0. 0291
胸鳍前距/ 体长	- 0. 0470	0. 0367	0. 0501
贡献率(%)	29. 54	20. 28	8. 86

注: 表中标有“*”的表示负荷值大于0. 65, 以下同

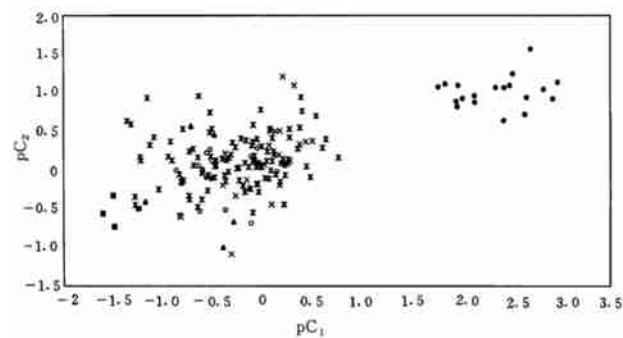


图 1 蛇 属鱼类第一、二主成分的散点图

Fig. 1 Scatterplots of scores on the 1st and 2nd principle components for genus *Saurogobio*

○无斑蛇 , ■细尾蛇 , ▲湘江蛇 , ✕光唇蛇 , ▴蛇 , ●长蛇

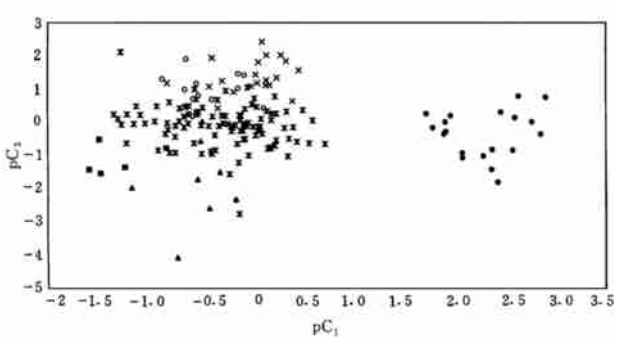


图 2 蛇 属鱼类第一、三主成分的散点图

Fig. 2 Scatterplots of scores on the 1st and 3rd principle components for genus *Saurogobio*

○无斑蛇 , ■细尾蛇 , ▲湘江蛇 , ✕光唇蛇 , ▴蛇 , ●长蛇

表 5 6 个不同地理种群的蛇 3 个性状的平均值
Tab. 5 Mean values for 3 characters of *S. dabryi* species form different regions

性状 Characters	平均值(log(性状实际值• 100)) Average(log(character• 100))					
	湖北洪湖	哈尔滨	云南程海	广西怀远	湖南常德	福建南平
尾柄长/ 体长	1. 199	1. 191	1. 237	1. 198	1. 186	1. 195
尾柄高/ 体长	0. 836	0. 822	0. 777	0. 845	0. 807	0. 781
背鳍基长/ 体长	1. 194	1. 180	1. 145	1. 180	1. 191	1. 154

至于不同地理区域分布的蛇 , 陈银瑞^[16]曾提出云南程海的蛇 较其他地理区域的蛇 有一定的差异, 但没有明确指出其应该作为一独立的物种。通过图 3、图 4 可以看出: 程海的蛇 虽然与其他地

理种群较分开,但它又与其他地理种群有较大的重叠部分;更重要的是,t 测验显示,表 5 所示的 3 个性状在 6 个地理种群中的差异并不显著($p < 0.05$);故程海的蛇 不足以独立成为一个物种。也就是说,不同地理分布的蛇 应为同一个物种。

表 6 不同地理种群蛇 15 个性状对前三个主成分的负荷值及三个主成分的贡献率
Tab. 6 Loadings of the first three principal components for 15 morphmetric characters of *S. dabryi* in 6 regions

性状 Characters	PC ₁	PC ₂	PC ₃
体高/体长	- 0.3612	0.0140	0.7278*
头长/体长	- 0.3572	0.6205	- 0.3954
吻长/体长	- 0.6476	0.0294	- 0.1063
眼后头长/体长	0.2030	0.5258	- 0.4468
眼径/体长	- 0.2334	- 0.1849	- 0.5497
眼间距/体长	- 0.5426	- 0.2446	- 0.1806
尾柄长/体长	0.6868*	0.4391	- 0.1372
尾柄高/体长	- 0.6804*	0.1043	0.0317
背鳍前距/体长	- 0.2965	0.4979	0.1877
背鳍基长/体长	- 0.7127*	- 0.2754	- 0.0678
背鳍基末至最后一枚尾椎距/体长	0.6004	- 0.3266	0.3802
腹鳍前距/体长	- 0.3612	0.3584	0.3100
腹、臀鳍起点距/体长	- 0.1030	- 0.6286	- 0.1666
腹鳍起点至最后一枚尾椎距/体长	0.1528	- 0.4002	- 0.5752
胸鳍前距/体长	- 0.0250	- 0.2381	0.2088
贡献率(%)	20.82	14.20	12.90

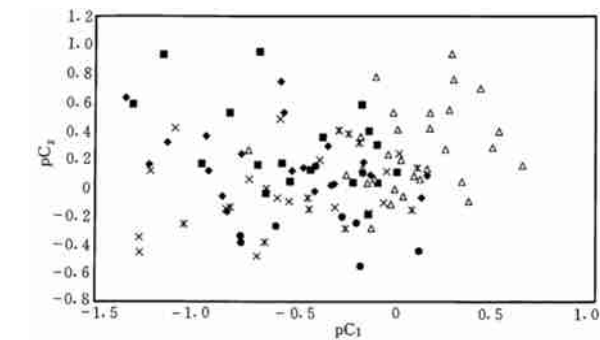


图 3 不同地理种群的蛇 第一、二主成分散点图
Fig. 3 Scatterplots of scores on the 1st and 2nd principle components for *S. dabryi*
○湖北洪湖, ■哈尔滨, △云南程海, ×广西怀远, *湖南常德, ◆福建南平

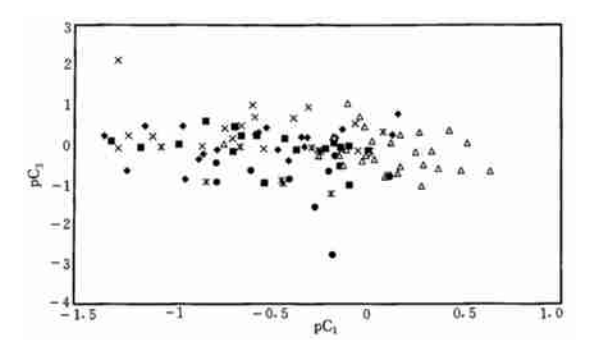


图 4 不同地理种群的蛇 第一、三主成分的散点图
Fig. 4 Scatterplots of scores on the 1st and 3rd principle components for *S. dabryi*
○湖北洪湖, ■哈尔滨, △云南程海, ×广西怀远, *湖南常德, ◆福建南平

3.2 蛇 属鱼类种间差异和形态鉴别特征 从表4可以看出,对 PC₁ 影响较大的性状主要是吻长,眼径,背鳍前距和腹鳍前距;对 PC₂ 影响较大的性状主要是腹鳍起点到最后一枚尾椎的距离、背鳍末端到最后一枚尾椎的距离和腹鳍、臀鳍起点距。说明长

蛇 在头部、躯体纵轴的性状上较其他鱼类有较大的变异;而细尾蛇 的变异主要表现在躯干的后部。表 3 列出了长蛇 和细尾蛇 的具体变异情况。从表中可以看出,长蛇 在吻长、眼径、背鳍前距和腹鳍前距等 4 个性状上的值最小,而在背鳍基末端至

最后一枚尾椎距离、腹鳍起点至最后一枚尾椎距离和腹鳍、臀鳍起点距等3个性状上的值最大,即和其他5个种相比,长蛇 在吻的长度和眼径方面最小,背鳍和腹鳍都前移。细尾蛇 在背鳍基末端至最后一枚尾椎距离、腹鳍起点至最后一枚尾椎距离和腹鳍、臀鳍起点距等3个性状上的值最小。即和其他5个种相比,细尾蛇 的腹鳍、臀鳍起点距最小,背鳍和腹鳍都后移。

从表4可以看出,对PC₃影响较大的是尾柄高/体长。表3表明,光唇蛇 在这个性状上的平均值最高(0.841),其次是无斑蛇 (0.812);细尾蛇 和长蛇 的值偏小(分别为0.735和0.755);湘江蛇 的值最小(0.720)。说明在6个种间,光唇蛇 的尾柄最粗,无斑蛇 次之,细尾蛇 和长蛇 的尾柄较细,湘江蛇 的尾柄粗细居中(0.805)。

除上述可量性状上的形态差异外,通过检视大量标本后发现,除长蛇 外,蛇 属鱼类在一些描述及可数性状上存在着明显的差异,如表7所示。这些性状在鉴别物种时有较大的帮助。

表7 5种蛇 的部分描述和可数性状差异
Tab. 7 Descriptive and countable character diversity between 5 species of genus *Saurgobio*

	蛇	无斑蛇	湘江蛇	细尾蛇	光唇蛇
口唇结构	唇厚发达,上下唇均具细小乳突				
背鳍不分枝	8	7	8	8	7
鳍条数					
体侧斑块数	10—12	无	8—9	无	12—13
侧线鳞(枚)	47—50	40—42	52—54	44—46	38—40
脊椎骨数	4+ 41—44	4+ 35—37	4+ 46—47	4+ 37	4+ 38—40

3.3 物种形态对环境的适应性 蛇 属鱼类属于底栖、流水生活的类群,因此与游泳相关的性状在种间分化上占主导地位。蛇 属鱼类以底栖昆虫、甲壳类动物为食,与摄食有关的吻及眼的性状在分化上也有重要作用。长蛇 背鳍和腹鳍的前移使身体的前半部分相对变短,加强了身体主动活动的能力;吻长、眼径的变异反映了与底栖摄食习性的适应能力。细尾蛇 的背鳍和腹鳍都后移,身体的后半部分相对较短,是对流水的被动适应;最后的变异表现在各物种的尾柄高上,这种变异与其各自的游泳能

力密切相关。

从图3、4可以看出,程海的蛇 在PC₁轴上和其他5个地理种群的差异较大,而从表5可知,对PC₁轴影响比较大的是尾柄长、尾柄高和背鳍基长等3个性状。从表5可以看出,程海蛇 在尾柄高/体长和背鳍基长/体长上的值较其他地理种群偏小,在尾柄长/体长上的值较其他地理种群偏大,即程海蛇 的背鳍基较小;尾柄较细长,是生活环境的变化使程海蛇 的形态发生了变异。程海是一个内陆封闭湖^[6]完全为静水;四周虽有地下水作为水源补充,但水的补充量大大小于蒸发量,导致湖泊退缩,湖水碱化,目前pH值已在8—9之间。程海蛇 的尾柄变得细长,可能是由于长期生活于高碱度水环境,导致身体发育产生变化。类似的现象,在一些污水环境中也有发现。

参考文献:

[1] Bleeker P. Memoire sur les cyprinoids de chine [J]. *Verh akad Amst*, 1871, **12**: 1—91

[2] Koller O. Fische von der Insel Haï-nan Annln naturh [J]. *Mus Wien*, 1927, **41**: 25—49

[3] Wu X. *Cyprinid fishes of China* (vol. 2) [M]. Shanghai: Shanghai People's Press, 1977. [伍献文,中国鲤科鱼类志(下卷)上海:上海人民出版社,1977]

[4] Tang JH. Two new species of cyprinid fishes of the subfamily Gobiininae from China [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 1980, **5**(4): 436—439. [唐家汉,中国 亚科两新种 [J],动物分类学报, 1980, **5**(4): 436—439]

[5] Chen Y. *Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes II*. [M]. Beijing: Science Press. 1998. [陈宜瑜,中国动物志(硬骨鱼纲 鲤形目中卷)北京:科学出版社,1998]

[6] Chen Y, Li Z, Chen Y. The origin of fish fauna and its speciation in Chen Hai Lake, Yunnan, China [J]. *Zoological Research*, 1983, **4** (3): 227—233. [陈银瑞,李再云,陈宜瑜,程海鱼类区系的来源及其物种的分化 [J],动物学研究,1983, **4**(3): 227—233]

[7] Bookstein F L. Foundation of morphometrics [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1982, **13**: 451—470

[8] Humphries J M. Multivariate discrimination shape in relation to size [J]. *Syst. Zool.*, 1981, **30**: 291—308

[9] Schaefer S A. Morphometric investigation [M]. London: Chapman and Hall 1991, 55—82

[10] Hubbs C L, lagler K F. Fishes of the great lakes region [M]. Ann Arbor A: Univ. of Michigan Press, 1974

STUDIES ON MORPHOMETRICS OF THE GENUS *SAUROGOBIO*

YANG Xiu-Ping¹, ZHANG Mir-Ying^{1,2} and LIU Huan-Zhang²

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences Wuhan 430072)

Abstract: The species in the genus *Saurogobio* are a group of small fishes living mainly in rivers of East Asia. Their origin and evolution is a typical example of the East Asian freshwater fish fauna. At present, there are still some arguments on the validity of some species. And yet, there is no study related their morphological characters to their adaptations to environments. In the present paper, the genus *Saurogobio* was studied by the method of morphometrics and principle component analysis to investigate species validity and character adaptations in this genus. Sixteen morphometric characters were measured to 169 specimens, among them, 105 were *S. dabryi* from different localities. Mean values to the characters, their loadings, the scatterplots of scores on the first three principle components were obtained to different species in the genus *Saurogobio*, to different populations of the species *S. dabryi* respectively. The results showed that there are 6 valid species in the genus *Saurogobio*, *S. dumerili* Bleeker, *S. dabryi* Bleeker, *S. immaculatus* Koller, *S. gracilicaudatus* Yao et Yang, *S. xiangjiangensis* Tang, and *S. gymnocheilus* Lo, Yao et Chen. Since no distinctive differences between the specimens in Chen Hai Lake and other areas were found, it was suggested that no speciation event occurred for the population of *S. dabryi* in Chen Hai Lake. The slender caudal peduncle of the specimens of *S. dabryi* from Chen Hai Lakes was suggested as the result of abnormal development due to the high alkaline environment. Principle component analysis indicated that the main morphological differences among different species are characters related to swimming and feeding behavior, and are the results of their adaptations to different environments. For example, living in the main stream with larger body size, *S. dumerili* has more anterior origins of dorsal and ventral fins; living in middle reaches of the Changjiang River, and the attached lakes, *S. gymnocheilus* has deeper caudal peduncle; living in clear waters, *S. xiangjiangensis* has larger eyes; and the widespread *S. dabryi* has large variations on these characters.

Key words: *Saurogobio*; Morphometrics; Adaptation