

梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖团头鲂的形态学比较

曾 聪¹ 阎里清² 高泽霞¹ 曹小娟¹ 钱雪桥³ 王卫民¹

1. 华中农业大学水产学院/农业部淡水生物繁育重点实验室/

农业动物遗传育种与繁育教育部重点实验室, 武汉 430070;

2. 湖北省漳水库水产公司, 荆门 448156; 3. 广东海大集团股份有限公司, 广州 511400

摘要 对团头鲂的3个种质资源区(梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖)群体的可量性状和可数性状进行了多元统计分析。对可数性状的方差分析结果表明,3个团头鲂群体在侧线鳞数、侧线上鳞数、侧线下鳞数、胸鳍鳍条数以及臀鳍鳍条数上存在显著性差异;以体长作为协变量对可量性状进行的协方差分析显示,3个团头鲂群体在全长、体高、头长、头宽、尾柄长、尾柄高、背前区长和腹鳍前长存在显著性差异。对可量性状建立判别函数以及对可量性状平均值进行聚类分析表明梁子湖团头鲂与鄱阳湖团头鲂在外部形态上更为相似。主成分分析构建了3个主成分,其贡献率分别为39.78%、22.63%和6.53%,累计贡献率为68.95%。多元统计分析显示梁子湖群体和淤泥湖群体之间的形态差异最大,而梁子湖和鄱阳湖的比较相似。通过计算变异系数,根据Mayr等提出的75%规则,认为它们的形态差异是种内不同地理种群的差异。

关键词 团头鲂; 种群; 形态学; 多元分析; 梁子湖; 鄱阳湖; 淤泥湖

中图分类号 Q 959.46⁺8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)01-0088-07

团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih), 俗称武昌鱼, 是易伯鲁先生在1955年确定的一新物种^[1]。团头鲂是我国特有的优良淡水鱼类, 具有食性广、养殖成本低、生长快、成活率高、易捕捞, 能在池塘中产卵繁殖等优点, 在20世纪60年代作为优良的草食性鱼种在全国普遍推广, 是池塘养殖的主要混养品种之一。

团头鲂自然分布狭窄, 只分布于湖北省的梁子湖、淤泥湖、江西省的鄱阳湖等长江中游的几个大、中型湖泊。梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖是我国目前养殖的团头鲂原种的主要来源^[2], 并且在梁子湖和淤泥湖分别建设了国家级团头鲂原种场和国家级团头鲂种质资源库。

目前, 已培育的团头鲂品种“浦江一号”的育种基础群体便是来自于淤泥湖。因而, 对这3个湖泊的团头鲂群体进行研究具有重要的理论意义和实践价值。在团头鲂的形态研究方面, 易伯鲁^[1]和曹文宣^[3]是最早对梁子湖群体进行研究的学者, 随后罗云林^[4]、李思发等^[5]、欧阳敏等^[6]、张德春^[2]、徐薇等^[7]都相继进行过报道。但近年来由于原产地水

域的过度捕捞, 以及大量的增殖放流和人工养殖, 团头鲂的原种种质资源正受到衰退和混杂的威胁^[8-9]。因此, 对团头鲂种质的外形特征进行重新评估是十分必要的。本研究对团头鲂的24个形态参数进行综合分析, 比较梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖3个群体间的形态变异, 分析其形态变异特点及分化规律, 旨在为团头鲂原种资源的评价、保护和开发利用提供一些基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

试验所用团头鲂采自长江中下游梁子湖(E114°51', N 30°34')、鄱阳湖(E115°95', N 29°24')和淤泥湖(E152°10', N 29°85'), 梁子湖和淤泥湖相距约250 km, 和鄱阳湖相距180 km左右, 均位于长江南岸。鄱阳湖一直与长江直接连通, 淤泥湖现在没有直接与长江连通, 而梁子湖只有通过樊口人工闸与长江连通。试验鱼均于2008年冬季采集, 其中梁子湖82尾、鄱阳湖40尾、淤泥湖60尾, 体长20.70~38.70 cm, 体质量240~1 190 g。

收稿日期: 2010-12-01

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46-05)、中央高校基本科研业务费专项资金(2011PY023)

曾 聪, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类遗传学, E-mail: congzeng@yahoo.com.cn

通讯作者: 王卫民, 教授, 研究方向: 鱼类遗传育种, E-mail: wangwm@mail.hzau.edu.cn

1.2 形态测量

鱼体经 MS-222(100 mg/L)麻醉后,观察体形、体色,用电子天平称量质量,用电子数显游标卡尺(精确度为 0.01 cm)测量可量性状(全长、体长、体高、头长、头高、头宽、尾柄长、尾柄高、背前区长、吻长、眼后头长、背鳍基长、臀鳍基长、腹鳍前长、臀鳍前长、鼻间距和眼径),测量方法参照淡水鱼类形态特征测量标准,并记数每条鱼的可数性状(主要是鳍条数目和鳞片数目)。

1.3 数据分析

试验结果均用平均值±标准误(mean±SD)表示。测量结果采用 SAS 9.1 进行单因素方差分析、单因素协方差分析、聚类分析、判别分析以及主成分分析^[10]。一般在进行形态学比较时,对采集非同龄鱼利用体长消除大小的影响^[11]。但利用体长的消去方法,都将原始数据缩小后进行比较,这样可能会

导致差异缩小,导致数据的部分信息量流失。因此,本研究采取协方差和主成分分析解决这一问题。在协方差分析中,以体长为协变量,对其他 16 个可量指标进行校正后,进行方差分析。

变异系数(coefficient variance, CV)参考公式如下^[12]:

$$CV = (M_1 - M_2) / (S_1 + S_2)$$

式中, M_1 、 M_2 和 S_1 、 S_2 分别对应于两群体性状的平均值和标准差。

2 结果与分析

2.1 可数性状的比较分析

从表 1 中可以看出,这一统计结果与以前学者的研究结果基本一致,但范围略微偏大。不同群体侧线上鳞数、侧线下鳞数和鳍条数的分布范围大致相当。

表 1 3 个群体的可数性状与已报道的资料比较¹⁾
Table 1 Comparisons of enumerative parameters among three populations

项目 Items	本研究 Present study						文献 References		国标 ^[13] National Standard
	梁子湖(82尾) Liangzi Lake (82)		鄱阳湖(40尾) Poyang Lake (40)		淤泥湖(60尾) Yuni Lake (60)		梁子湖 ^[8] Liangzi Lake	淤泥湖 ^[8] Yuni Lake	
	范围 Range	众数 Mode	范围 Range	众数 Mode	范围 Range	众数 Mode			
臀鳍鳍条数 ARC	24~28	24~26	25~33	29~31	24~34	27~30	24~31	25~30	24~31
尾鳍鳍条数 CRC	19~20	19	16~22	19	18~21	19	—	—	—
背鳍鳍条数 DRC	6~8	7	6~7	7	5~7	7	7	7	7
胸鳍鳍条数 PRC	11~14	12~13	9~13	11~12	10~14	12~13	11~14	—	—
侧线上鳞数 SNA	9~12	10	9~12	10	10~12	10	11	—	—
侧线下鳞数 SNB	8~10	9	8~12	10	9~11	10	8	—	—
侧线鳞数 SNO	48~56	49~53	48~58	49~54	50~58	53~56	54~56	50~57	50~60

1)ARC:Anal fin rays counts; CRC:Caudal fin rays counts; DRC:Dorsal fin rays counts; PRC:Pectoral fin rays counts; SNA:Scale number above lateral line; SNB:Scale number beneath lateral line; SNO:Scale number on lateral line. 下表同。The same as below.

对 3 个团头鲂群体的可数性状进行单因素方差分析,并对各群体指标进行多重比较,表 2 列出的是各组变量在 $P=0.05$ 显著性差异水平上单因素方差分析的结果。可见,除了背鳍鳍条数、尾鳍鳍条数,其他指标在 3 个群体间均存在着显著性差异。从 3 个群体的两两间的变异系数可以看出 3 个团头鲂群体的可数性状的差异均很小,最大值仅为 0.81。

2.2 可量性状的协方差分析结果

对 3 个团头鲂群体的可量性状进行协方差分析,消除体长带来的差异后,除了头高、背鳍基长、腹鳍前长、臀鳍基长和鼻间距没有差异外,其他指标均有显著性差异($P<0.05$)。从表 3 所列的结果看,3 个群体间的变异系数最大值也仅为 0.43,表明群体间可量性状的分化程度也比较小。

从群体角度而言,从结果中不难看出在全长(TL)上,梁子湖种群要显著大于其他两群体;而体高(BD)上,鄱阳湖种群要显著大于其他两种群;在

头宽(HW)上则是淤泥湖的远远大于其他两种群,说明 3 个种群的团头鲂在体型上已出现一定的分化。

表 2 3 个团头鲂群体的平均可数性状比较以及其变异系数¹⁾

Table 2 Enumerative parameters and coefficient of variance of three *M. amblycephala* populations

项目 Items	梁子湖 Liangzi Lake	鄱阳湖 Poyang Lake	淤泥湖 Yuni Lake	变异系数 CV		
				L-P	P-Y	L-Y
臀鳍条数 ARC	25.33±2.31 a	28.34±2.26 b	27.62±2.29 b	0.69	0.43	0.05
尾鳍条数 CRC	19.67±0.58	19.18±1.80	19.18±1.20	0.28	0.17	0.09
背鳍条数 DRC	8.33±0.58	8.26±0.82	8.17±0.62	0.05	0.12	0.07
胸鳍条数 PRC	12.33±1.53 a	11.29±1.30 b	12.12±1.13 a	0.40	0.10	0.41
侧线上鳞数 SNA	10.77±0.75 a	10.42±0.76 b	11.52±0.57 c	0.22	0.55	0.81
侧线下鳞数 SNB	9.16±0.63 a	9.26±1.59 a	10.17±0.70 b	0.05	0.43	0.39
侧线鳞数 SNO	51.78±1.76 a	53.97±3.37 b	54.98±2.02 c	0.41	0.59	0.20

1)同行数据后字母不同者表示差异显著($P<0.05$),字母相同者或未标者差异不显著($P>0.05$)。L-P为梁子湖与鄱阳湖之间的变异系数;P-Y为鄱阳湖与淤泥湖之间的变异系数;L-Y为梁子湖与淤泥湖之间的变异系数。The different superscripts in the same row for each parameter mean the significant differences among populations ($P<0.05$). L-P is coefficient difference between Liangzi Lake and Poyang Lake; P-Y is coefficient difference between Poyang Lake and Yuni Lake; L-Y is coefficient difference between Liangzi Lake and Yuni Lake.

2.3 可量性状的聚类分析

为了更直观地显示 3 个群体间的形态学分化的关系,对 17 个可量性状的平均值进行聚类分析(图 1)。结果表明 3 个群体可分为 2 组,梁子湖和鄱阳湖团头鲂聚成 1 组,淤泥湖群体则单独聚为另外 1 组。从结果可以看出,梁子湖和鄱阳湖群体聚类距离很近,说明两者在形态上非常相似,而淤泥湖的群体则与其他两湖存在较大差别。这一结果与冉玮等^[14]利用 SRAP 分子标记的研究结果一致。在构建形态分化距离与地理距离的线性函数时,函数显著分析结果显示模型不显著($P>0.05$),即函数构建失败。这也意味着这 3 个群体的形态分化与地理距离间不存在明显的相关。

后,保留了 12 个判别能力显著的指标($F>3.84$)。回代结果表明:梁子湖的 82 尾团头鲂,用判别函数回代分类,与实际相符的 80 尾,错分为鄱阳湖 1 尾,梁子湖的准确率为 98.8%。淤泥湖团头鲂共有 60 尾,用判别函数回代分类,与实际相符的 60 尾,没有错分,淤泥湖群体判别的准确率为 100%。鄱阳湖共有 38 尾,用判别函数回代分类,与实际相符 33 尾,分别错分为梁子湖 2 尾和淤泥湖各 3 尾,因此鄱阳湖的准确率为 86.8%。由此可以推断判别函数的可信度比较高(综合判别率为 96.67%)。在第 1 个判别函数,梁子湖、鄱阳湖和淤泥湖的凝集点依次为 2.388、-0.161 和 -3.161;而第 2 个函数的 3 个群体的凝集点依次是 -0.459、1.832 和 -0.533。

2.5 可量性状的主成分分析

对 3 个群体团头鲂的测量形态数据进行主成分分析(表 5),结果表明前 3 项主成分的累计贡献率达到 68.95%,即前 3 个主成分可以解释群体间形态差异的 68.95%。其中第 1 项主成分贡献率为 39.78%,其他 2 个主成分的贡献率依次为 22.63%、6.53%。第一主成分中,臀鳍基长、体高、体长、尾柄高、眼径、头高、臀鳍前长、胸鳍前长和全长所占比重最大(负荷值 >0.6),这些性状主要集中在躯体部分,第一主成分可能主要反映出鱼的躯体轮廓;第二主成分分别是由尾柄长、头宽、头长、吻长、眼后头长和吻长决定,这些性状主要集中于头部和尾部,第二主成分主要是反映头部和尾部的轮廓;第三主成分

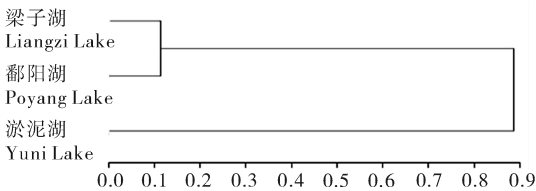


图 1 3 个团头鲂群体的聚类图

Fig. 1 Dendrogram of the relationship of three *M. amblycephala* populations

2.4 可量性状的判别分析

对不同湖泊团头鲂的可量性状进行逐步判别分析,结果和判别函数见表 4。通过逐个引入变量再检验其判别能力后,17 个可量性状经过逐步剔除

表 3 3 个团头鲂群体的可量性状的方差和协方差分析及其变异系数¹⁾
 Table 3 Comparisons of variance analysis and covariance analysis in measurable parameters of three *Megalobrama amblycephala* populations

性状/cm Parameters	单因素方差分析 One-way ANOVA			单因素协方差分析 One-way analysis of covariance			变异系数 Coefficient of variance		
	Liangzi Lake	Poyang Lake	Yuni Lake	Liangzi Lake	Poyang Lake	Yuni Lake	L-P	P-Y	L-Y
臀鳍基长 AL	9.05±0.74	8.70±1.47	7.86±0.57	8.63±0.74	8.62±1.47	8.49±0.57	0.00	0.07	0.07
体高 BD	14.06±0.88	14.45±2.62	12.12±0.71	13.44±0.88 a	14.34±2.62 b	13.04±0.71a	0.26	0.39	0.12
尾柄长 CPL	4.04±0.34	4.08±0.62	3.87±0.30	3.82±0.34 a	4.04±0.62 b	4.19±0.30 c	0.23	0.16	0.4
尾柄高 CPD	4.61±0.63	4.15±0.65	3.92±0.29	4.41±0.63 a	4.12±0.65 b	4.12±0.29 b	0.23	0.00	0.31
背鳍基长 DL	4.43±0.69	4.14±0.71	3.90±0.31	4.20±0.69	4.10±0.71	4.25±0.31	0.07	0.15	0.06
眼径 ED	1.70±0.15	1.61±0.4	1.15±0.07	1.68±0.15 a	1.57±0.4 b	1.57±0.07 c	0.21	0.00	0.25
头高 HD	5.50±0.29	5.38±1.09	4.8±0.46	5.23±0.29	5.34±1.09	5.20±0.46	0.07	0.09	0.02
头长 HL	6.70±0.76	6.86±1.18	6.23±0.37	6.34±0.76 a	6.79±1.18 b	6.76±0.37 b	0.23	0.02	0.27
头宽 HW	3.95±0.24	3.83±0.69	3.79±0.27	3.77±0.24 a	3.80±0.69 a	4.05±0.27 b	0.03	0.26	0.29
鼻间距 ND	2.04±1.91	1.97±0.49	2.14±0.11	1.99±1.91	1.96±0.49	2.21±0.11	0.02	0.43	0.37
眼后头长 POL	3.25±0.32	3.58±0.64	3.16±0.3	3.22±0.32 a	3.50±0.64 b	3.26±0.30 a	0.29	0.25	0.05
臀鳍前长 PRAL	13.29±1.08	12.19±2.44	10.95±0.88	12.61±1.08 a	12.07±2.44 b	11.96±2.44 b	0.15	0.02	0.13
背前区长 PRDL	15.18±1.37	15.64±3.09	13.47±0.84	14.35±1.37 a	15.5±3.09 a	14.7±0.84 b	0.26	0.20	0.09
吻长 SL	2.07±0.23	2.29±0.61	2.15±0.18	2.04±0.23 a	2.21±0.61 b	2.24±0.18 b	0.21	0.03	0.25
胸鳍前长 PRPD	20.53±4.19	19.36±3.51	16.85±1.16	19.43±4.19	19.17±3.51	18.47±1.16	0.03	0.15	0.21
全长 TL	38.47±1.71	36.09±5.31	32.68±1.81	36.64±1.71 a	35.77±5.31 b	35.38±1.81 b	0.12	0.05	0.18

1) AL: Length of anal fin; BD: Body depth; CPD: Caudal peduncle depth; CPL: Caudal peduncle length; DL: Length of dorsal fin; ED: Left eye diameter; HD: Head depth; HL: Head length; HW: Head width; POL: Post-orbital length; PRAD: Pre-anal distance; PRDL: Pre-dorsal length; SL: Snout length; PRPD: Pre-pelvic distance; TL: Total length.

表 4 各个性状在逐步判别函数中的判别能力以及标准化函数的系数

Table 4 Discriminatory power of morphometric characters of individuals retained by stepwise discriminant analysis

性状 Parameters	公差 Tolerance	净退出 F 值 F to remove	λ Lambda	方程系数 Function coefficient	
				1	2
臀鳍长 AL	0.486	4.602	0.078	0.355	0.010
体高 BD	0.453	12.548	0.085	-0.047	0.776
尾柄长 CPL	0.401	5.699	0.079	-0.417	0.151
尾柄高 CPD	0.589	9.746	0.083	0.375	-0.348
眼径 ED	0.519	52.318	0.121	0.891	0.367
头宽 HW	0.419	7.484	0.081	-0.144	-0.613
鼻间距 ND	0.480	27.658	0.099	-0.736	-0.343
眼后头长 POL	0.446	15.735	0.088	-0.353	0.723
臀鳍前长 PRAL	0.481	8.403	0.082	0.242	-0.543
背前区长 PRDL	0.507	4.630	0.078	0.039	0.464
吻长 SL	0.447	12.705	0.086	-0.529	0.346
全长 TL	0.243	13.658	0.086	0.642	-0.691

表 5 3 个团头鲂群体的主成分分析

Table 5 Principle component analysis (PCA) of three *M. amblycephala* populations

性状 Parameters	主成分 PCA		
	PC-1	PC-2	PC-3
臀鳍基长 AL	0.726	0.389	-0.017
体高 BD	0.717	0.408	-0.021
体长 BL	0.851	0.402	0.014
尾柄长 CPL	0.491	0.607	0.162
尾柄高 CPD	0.712	0.205	0.172
背鳍基长 DL	0.593	0.337	0.097
眼径 ED	0.818	0.217	-0.037
头高 HD	0.676	0.489	0.068
头长 HL	0.492	0.642	0.004
头宽 HW	0.439	0.626	0.272
鼻间距 ND	-0.007	0.009	0.953
眼后头长 POL	0.317	0.776	-0.215
臀鳍前长 PRAL	0.779	0.271	-0.093
背前区长 PRDL	0.589	0.487	-0.017
吻长 SL	0.128	0.844	0.027
胸鳍前长 PRPL	0.698	0.130	-0.013
全长 TL	0.884	0.334	0.012
贡献率/% Contribution	39.78	22.63	6.53

主要是鼻间距。根据第一主成分和第二主成分绘制散点图(图 3),可以看出在第一主成分上,梁子湖和淤泥湖的团头鲂有很好的区分度,说明这 2 个湖的团头鲂区别主要是躯干部分;而在第二主成分上,3 个群体则没有明显区分,说明 3 个群体的团头鲂在头部和尾部没有差异;另外,鄱阳湖的团头鲂在第二主成分上出现较大的差异,说明其群体内的团头鲂的头部和尾部存在较大分化。

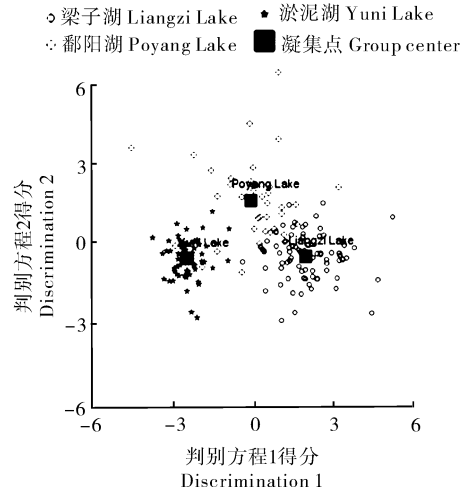


图 2 3 个群体的可量性状的判别函数得分

Fig. 2 Discrimination scores of measurement parameters in three *M. amblycephala* populations

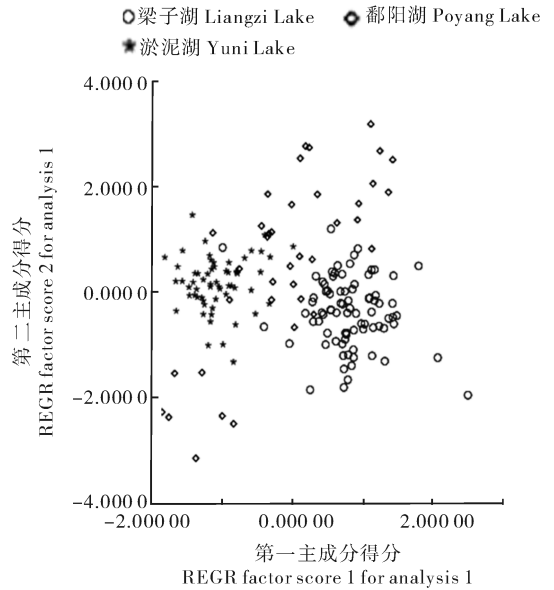


图 3 3 个团头鲂群体的主成分图

Fig. 3 Score plot of PC-1 and PC-2 of three *M. amblycephala* populations

3 讨论

3.1 形态比较

分类学家一般把亚种作为最小的分类单位,但 Mayr 等^[15]认为亚种还可以进一步分为不同的地理种群,从而进一步提出了 75% 规则,并确定了变异系数的概念,把 1.28 作为亚种分类的临界值。当两群体间形态特征的变异系数大于 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。从本文研究结果可以看出3个群体的变异系数都远远小于1.28,说明3个群体的团头鲂没有因地理隔离而形成新的亚种,其分化为不同地理种群间的分化。

本文分析结果表明,3个群体的差异主要集中在侧线鳞数、侧线上鳞数、侧线下鳞数、胸鳍鳍条数、臀鳍鳍条数、全长、体高、头长、头宽、尾柄长、尾柄高、背前区长和腹鳍前长上。在3个群体的形态分化距离上,梁子湖和淤泥湖团头鲂形态分化距离最远,而鄱阳湖则介于两者之间,而且这种分化与地理距离无明显关系($P>0.05$)。分析其原因可能与其生活的环境有关,一个物种的形态特征往往并不是完全受基因的直接控制,而是与其生境有着很大关系^[16]。另外,人为引种也是一个不可忽视的原因。就群体角度而言,梁子湖群体的全长,鄱阳湖群体的体高和淤泥湖群体的头宽都要大于别外两种群,这可能暗示着3个群体的团头鲂的体型在朝着3个不同的方向发展,推测这与团头鲂的摄食和逃离被捕食有关^[17]。同时这也是团头鲂体形选育时研究者所关注的一个方面。

3.2 几种多元分析方法在判别上的应用

协方差分析是将回归分析与方差分析结合起来使用的一种分析方法。在这种分析中,先将定量的影响因素(即难以控制的因素)看作自变量,或称为协变量(covariate),建立因变量随自变量变化的回归方程,这样就可以利用回归方程把因变量变化中受不易控制的定量因素的影响消除,从而,能合理地比较定性影响因素处在不同水平下,经过回归分析矫正以后的因变量的总体均数之间是否有显著性的差别,这就是协方差分析问题的基本思想^[10]。在形态学研究中,一般要消除大小影响,常规方法是通过消去体长或者体质量来达到这一目的。本研究中采取以体长为协变量来矫正原始数据,从结果可以看出矫正后的数据之间的差异减小,说明在形态比较时,大小的影响会掩盖群体之间的真实差异,因而协方差分析更能体现3个群体在同一体长水平下其他可量性状间的差异。

在多元分析中,判别分析是根据多种指标对事物的影响进行判别,也是鱼类种群形态分类中比较常见的方法,通过分析建立判别公式,对种群进行判别。主成分分析是以各因素间的线性关系为基础,通过计算特征值与特征向量,找出既能概括各因素

原有的全部信息、又相互独立的新的权利指标。聚类分析是根据样本的多指标、多个观察样品数据,定量地确定样品、指标之间存在的相似性,画出分类树结构图。与主成分分析相比,聚类分析充分利用原始数据信息,但它不能区别地分析全部指标,无法排除误差的干扰。3种多元分析方法是相类似的,但它们从不同的侧面反映群体间的差异,因此,相互之间是不可替代的^[18]。在多元统计中,尤其是主成分,是通过多个指标联立起来,而不是像方差分析和协方差分析一样进行单个指标比较,多元统计更能从整体分析群体间的差异。从本文研究结果可以看出,3个团头鲂群体的形态学差异是能够通过多元分析区分开的。

综上所述,3个湖的团头鲂种群间部分形态学指标有差异,但这种差异还达不到亚种水平。但是,国外著名学者 Avise 等^[12]和 Stephen 等^[13]在 Mayr 分类学原理的基础上,提出亚种间的形态差异要与分子差异一致。虽然形态不能准确描述3个群体间的特性,但这一结果可作为遗传标记研究的补充资料,以及为团头鲂育种研究时亲本的选择提供一定的参考依据。

参 考 文 献

- [1] 易伯鲁. 关于鲂鱼(平胸鲂)种类的新资料[J]. 水生生物学集刊, 1955(2): 115-122.
- [2] 张德春. 淤泥湖和梁子湖团头鲂遗传多样性的研究[J]. 三峡大学学报:自然科学版, 2001, 23(3): 282-284.
- [3] 曹文宣. 梁子湖的团头鲂与三角鲂[J]. 水生生物学集刊, 1960(1): 57-78.
- [4] 罗云林. 鲂鱼类的分类整理[J]. 水生生物学报, 1990, 14(2): 160-165.
- [5] 李思发, 蔡完其, 周碧云. 团头鲂种群间的形态差异和生化遗传差异[J]. 水产学报, 1991, 15(3): 204-211.
- [6] 欧阳敏, 陈道印, 喻晓. 鄱阳湖团头鲂的生物学研究[J]. 江西农业学报, 2001, 13(1): 47-50.
- [7] 徐薇, 熊邦喜. 我国鲂属鱼类的研究进展[J]. 水生态学杂志, 2008, 1(2): 7-11.
- [8] LI S F, CAI W Q, ZHOU B Y. Variation in morphology and biochemical genetic markers among populations of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. Aquaculture, 1995, 111(1): 117-127.
- [9] 李思发, 杨学明. 双向选择对团头鲂生化遗传变异的影响[J]. 中国水产科学, 1996, 3(1): 1-5.
- [10] 余家林, 肖枝洪. 多元统计 SAS 应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2008: 76-186.

- [11] TURAN C. A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: the truss system[J]. Tr J of Zoology, 1999, 23: 259-263.
- [12] AVISE J C, BALL R M. Principles of genealogical concordance in species concepts and biological taxonomy[J]. Oxford Surveys in Evol Biol, 1990(7): 45-67.
- [13] STEPHEN J, BRIEN O, MAYR E. Bureaucratic mischief: recognizing endangered species and subspecies[J]. Science, 1991, 251(4998): 187-189.
- [14] 冉玮, 张桂蓉, 王卫民, 等. 利用 SRAP 标记分析 3 个团头鲂群体的遗传多样性[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(5): 601-606.
- [15] MAYR E, LINSLEY E G, USINGER R L. Methods and principles of systematic zoology[M]. New York: McGraw Hill, 1953.
- [16] 国家质量技术监督局. GB/T10029—2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [17] 蔡鸣俊, 张敏莹, 曾青兰. 鲂属鱼类形态度量学研究[J]. 水生生物学报, 2001, 25(6): 631-635.
- [18] 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.

Comparison of morphology parameters of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala* Yih) among Liangzi Lake, Poyang Lake and Yuni Lake

ZENG Cong¹ YAN Li-qing² GAO Ze-xia¹
CAO Xiao-juan¹ QIAN Xue-qiao³ WANG Wei-min¹

1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University/
Key Lab of Freshwater Animal Breeding,
Ministry of Agriculture/Key Lab of Agricultural Animal Genetics,
Breeding and Reproduction of Ministry of Education, Wuhan 430070, China;
2. Hubei Zhanghe Reservoir Fishery Company, Jingmen 448156, China;
3. Animal Husbandry and Fisheries Research Center of Haid Group Co.,
Ltd, Guangzhou 511400, China

Abstract Blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) is a widespread and one of the main aquaculture species in China. In present study, through univariate and multivariate analysis, we compared the external morphology of *M. amblycephala* from three different locations (Liangzi, Poyang and Yuni Lake). The results from one-way ANOVA and one-way analysis of covariance showed significant differences ($P < 0.05$) in all the morphological parameters among the three populations, except for DRC, CRC, HD, DL, AL, PRPD and ND. We observed two discriminant functions among *M. amblycephala* from three lakes and these were more accurate between Yuni and Liangzi populations. In the principal component analysis (PCA), three principal components were constructed and the related contribution ratios were 39.78%, 22.63% and 6.53%, respectively, with the cumulative contribution ratio of 68.95%. The multivariate analysis indicated that morphological variation between Liangzi and Yuni populations was greater, while Liangzi and Poyang populations were more similar in morphology. According to Mayr's 75% rule, the differences among these three populations were still within the population level.

Key words *Megalobrama amblycephala*; populations; external morphology; multivariate analysis; Liangzi Lake; Poyang Lake; Yuni Lake

(责任编辑:边书京)