

曾丽雯,黄 坤,廖梅竹,等. 胭脂鱼幼鱼与成鱼间的形态差异[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):166-170.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.035

胭脂鱼幼鱼与成鱼间的形态差异研究

曾丽雯,黄 坤,廖梅竹,温安祥,武佳韵

(四川农业大学生命科学学院特色动物资源保护与利用研究中心,四川雅安 625014)

摘要:为研究胭脂鱼生长发育过程中的体形变化,采用多变量形态学分析的方法对 48 尾胭脂鱼幼鱼和 52 尾胭脂鱼成鱼的形态学参数进行主成分分析、判别分析和形态差异系数分析。从 3 600 个形态参数中共提取了 8 个主成分,其累计贡献率为 80.753%。头高、体高、背鳍长、尾鳍上叶起点至臀鳍起点、背鳍起点至背鳍基部末端、背鳍基部末端至腹鳍起点、头背部末端至胸鳍起点和头背部末端至腹鳍起点等形态特征值对其影响最大;通过判别分析,胭脂鱼幼鱼和成鱼可明显区分开;形态差异系数分析显示胭脂鱼幼鱼和成鱼的鳍条差异明显,包括胸鳍长(形态差异系数 = 1.106)、背鳍长(形态差异系数 = 2.654)、尾鳍中鳍长(形态差异系数 = 1.145)和尾鳍上叶长(形态差异系数 = 1.220),除了鳍条长度上的差异之外,主要差异还存在于头长(形态差异系数 = 0.806)、眼径(形态差异系数 = 2.270)和吻端至头背部末端(形态差异系数 = 0.978),其中胭脂鱼幼鱼和成鱼在眼径和背鳍长上差异显著,甚至已超出亚种水平。

关键词:多变量形态学;体形差异;胭脂鱼;幼鱼;成鱼

中图分类号:S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)05-0166-05

胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*),隶属于鲤形目(Cypriniforme)亚口鱼科(Catostomidae)胭脂鱼属(*Myxocyprinus*)^[1]。由于其具有色彩鲜艳、体形奇特、肉质鲜美等特点,历来是中国名贵的观赏和食用鱼类,具有很高的经济价值^[2-3]。胭脂鱼在生长发育的过程中,会出现较大的体形体色变化:稚鱼期体色呈半透明或灰白色且身体细长;幼鱼期体高而侧扁,略呈三角形,体侧各有 3 条黑色横条纹;成鱼期身体与幼鱼期相比有所延长,体侧为淡红、黄褐或暗褐色^[4-5]。然而,目前人们对于胭脂鱼在生长发育过程中的形态变化仅限于日常工作观察,尚

未有胭脂鱼幼鱼和成鱼形态差异特征的科学报道。

多变量形态学分析法是先选取一定数量同源坐标点建立框架结构,从多维空间度量鱼体外部形态;通过对众多的形态变量进行多变量统计分析,筛选出存在显著差异的形态变量,进而有效地辨别种间及种内的形态差异^[6],该方法可准确地反映鱼体形态差异。谢仲桂等运用此方法深入研究了华鳊属(*Sinibrama*)鱼类种间及种内不同地理居群间的形态差异^[6];王伟等应用该方法研究了 7 个不同翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)群体的形态变化^[7];张颖等用该方法研究了养殖施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)、达氏鳊(*Huso dauricus*)及其杂交种(施氏鲟♂×达氏鳊♀)的形态差异^[8]。

本研究运用多变量形态学分析方法,通过主成分分析、判别分析及形态学差异系数分析等方法分析了胭脂鱼幼鱼和成鱼的 3 600 个形态学参数,旨在寻找胭脂鱼生长发育过程中形态变化的具体特

收稿日期:2019-02-22

基金项目:四川省教育厅科研项目(编号:16ZB0050)。

作者简介:曾丽雯(1994—),女,福建武夷山人,硕士研究生,主要从事鱼类生物学研究。E-mail:1186180361@qq.com。

通信作者:武佳韵,博士,讲师,主要从事鱼类保护遗传学研究。E-mail:wujy@sicau.edu.cn。

[16]王 超,乔洪金,潘光华,等. 青岛奥帆基地海域漂浮浒苔光合生理特点研究[J]. 海洋科学,2008,32(8):13-15.

[17]Lin A, Wang C, Qiao H J, et al. Study on the photosynthetic performances of *Enteromorpha prolifera* collected from the surface and bottom of the sea of Qingdao sea area[J]. Chinese Science Bulletin,2009,54(3):399-404.

[18]Lin A, Shen S, Wang G C, et al. Comparison of chlorophyll and photosynthesis parameters of floating and attached *Ulva prolifera*

[J]. Journal of Integrative Plant Biology,2011,53(1):25-34.

[19]Gao S,Zheng Z B,Gu W H,et al. Photosystem I shows a higher tolerance to sorbitol-induced osmotic stress than photosystem II in the intertidal macro-algae *Ulva prolifera* (Chlorophyta)[J]. Physiologia Plantarum,2014,152(2):380-388.

[20]王健伟,阎斌伦,林阿朋,等. 浒苔(*Enteromorpha prolifera*)生长及孢子释放的生态因子研究[J]. 海洋通报,2007,26(2):60-65.

征,为胭脂鱼生物学特性的研究及胭脂鱼资源的保护提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用胭脂鱼幼鱼于 2016 年购自重庆万州水产研究所,均为当年孵化的 1 龄幼鱼,共 48 尾,编号 J;胭脂鱼成鱼为课题组在 2012—2016 年间从长江干流采集而来,均为 5 龄以上成鱼,目前样本保存于无水乙醇中,存放在实验室,共 52 尾,编号 A。

1.2 数据测量

本研究对每尾胭脂鱼测量包括体质量、全长、体长、头长、体高、吻长、眼径、眼后头长、头高、背鳍长、胸鳍长、腹鳍长、臀鳍长、尾柄长、尾柄高、尾鳍中叶长、尾鳍上叶长和臀鳍基后尾柄高在内的 18 个常规特征和 18 个框架结构可量性状^[9]。其中,常规特征中的体质量由电子分析天平测得(精确至 0.01 mg),其余 35 个形态学参数均采用电子数显游标卡尺测量(精确至 0.01 mm)。18 个框架数据测量是先通过 9 个解剖学坐标点建立形态度量的框架,再对坐标点与点之间的直线距离进行测量。

1.3 数据处理

采用 SPSS 软件对所有测量数据进行分析。为了使各参数值不受鱼体规格大小的影响,把每尾鱼的所有参数除以其对应的体长,将各个数据标准化。通过方差-协方差矩阵(variance-covariance matrix)提取主成分(principle component, PC),求得因子得分(factor score)并转换成图。通过 KMO 和 Bartlett 检验判断所测得的数据是否适合做因子分析。运用逐步判别程序(stepwise discriminant)进行预测分类。筛选出对区分胭脂鱼不同群体有较大贡献的若干变量并建立判别方程,再把所有测量个体中每个个体的相应变量值依次代入, Y 值最大者即为该个体所属的群体。依据该预测分类来计算判别准确率和综合判别准确率^[10]。用得到的判别方程分别作为 x 轴和 y 轴,构建判别分析散点图。采用 Mayr 等的方法^[11]计算群体间的形态差异系数(coefficient difference, CD),若 CD 大于 1.28,则差异达到亚种水平, CD 小于 1.28,则属于种群间差异^[12]。

2 结果与分析

2.1 主成分分析

本试验共获得 3 600 个形态学数据(包括体质

量)。KMO 和 Bartlett 检验结果显示,所选变量的 KMO 接近 1 ($KMO = 0.896$),Bartlett 的显著性小于 0.01 ($P = 0.000$),表明所测数据适合用于进行因子分析。

从 36 个形态性状主成分中共提取了 8 个主成分,它们解释各形态性状的累计贡献率为 80.753% (表 1),说明这 8 个互相独立的成分可以用来概括大多数的群体间的形态差异。通过主成分得分系数矩阵(表 1)可见,对第 1 主成分 PC1 (占总体变异的 14.905%)影响较大的有头高/体长、背鳍长/体长、尾鳍上叶长/体长;对第 2 主成分 PC2 (占总体变异的 14.495%)影响较大的有体高/体长、头背部末端至背鳍起点/体长、背鳍起点至胸鳍起点/体长、背鳍起点至腹鳍起点/体长;对第 3 主成分 PC3 (占总体变异的 14.148%)影响较大的有背鳍长/体长、尾鳍上叶长/体长、背鳍起点至胸鳍起点/体长。

将胭脂鱼所有个体的形态学校正数据乘以因子得分系数,分别以主成分 PC1、PC2 和 PC3 为 x 、 y 轴,构建二维散点图(图 1)。PC3 对 PC1 作图(图 1-a)、PC3 对 PC2 作图(图 1-c)时,均可将成鱼(A)和幼鱼(J)完全区分开;PC2 对 PC1 作图(图 1-b)时,A 和 J 有小部分重叠。可见这 3 个主成分可有效区分胭脂鱼幼鱼和成鱼。

2.2 判别分析

运用逐步判别分析法,从所测量的形态性状中筛选出 7 个对区分胭脂鱼幼鱼和成鱼具有较大贡献率的变量,其 F 检验极显著 ($P < 0.01$)。利用这 7 个变量分别构建胭脂鱼幼鱼和成鱼的判别方程,并将试验所测每个个体依次代入判别方程进行预测分类,结果显示,胭脂鱼幼鱼和成鱼的综合判别准确率均为 100%,没有个体被误判(表 2)。将逐步判别分析得出的 2 个特征向量判别函数分别作为 x 轴和 y 轴,绘制判别分析散点图(图 2),可见胭脂鱼幼鱼和成鱼各自为界,毫无重叠,且群体内分布比较集中,表明判别成功。

2.3 形态学差异系数分析

根据胭脂鱼每个个体的形态参数计算胭脂鱼幼鱼和成鱼之间的差异系数(表 3),以检验胭脂鱼幼鱼和成鱼的差异程度。数据显示,胭脂鱼幼鱼和成鱼在眼径和背鳍长上具有较大的差异,差异系数分别为 2.270 和 2.654,均大于 1.28,已超出了亚种差异水平。此外,胭脂鱼幼鱼和成鱼在胸鳍长(1.106)、尾鳍中鳍长(1.144)和尾鳍上叶长(1.22)

表 1 8 个主成分的得分系数矩阵、贡献率及累计贡献率

| 测量数据 | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 |
|------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 质量 | | | | | | | | |
| 全长 | | | | | | | | |
| 头长/体长 | 0.113 | 0.001 | 0.026 | 0.011 | 0.006 | 0.034 | 0.035 | 0.012 |
| 体高/体长 | 0.010 | 0.371 * | 0.051 | 0.009 | 0.013 | 0.144 | 0.058 | 0.114 |
| 吻长/体长 | 0.024 | 0.007 | 0.011 | 0.010 | 0.026 | 0.004 | 0.023 | 0.003 |
| 眼径/体长 | 0.003 | 0.011 | 0.001 | 0.003 | 0.009 | 0.002 | 0.001 | 0.005 |
| 眼后头长/体长 | 0.030 | 0.010 | 0.023 | 0.004 | 0.000 | 0.033 | 0.005 | 0.009 |
| 头高/体长 | 0.274 * | 0.037 | 0.153 | 0.079 | 0.093 | 0.029 | 0.062 | 0.029 |
| 背鳍长/体长 | 0.257 * | 0.118 | 0.666 * | 0.193 | 0.141 | 0.262 | 0.115 | 0.216 |
| 胸鳍长/体长 | 0.122 | 0.044 | 0.061 | 0.123 | 0.004 | 0.062 | 0.098 | 0.005 |
| 腹鳍长/体长 | 0.031 | 0.022 | 0.002 | 0.025 | 0.099 | 0.039 | 0.010 | 0.008 |
| 臀鳍长/体长 | 0.075 | 0.064 | 0.177 | 0.144 | 0.003 | 0.017 | 0.219 | 0.004 |
| 尾柄长/体长 | 0.076 | 0.031 | 0.014 | 0.013 | 0.055 | 0.054 | 0.017 | 0.045 |
| 尾柄高/体长 | 0.012 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.012 | 0.008 | 0.004 | 0.003 |
| 尾鳍中鳍长/体长 | 0.001 | 0.018 | 0.005 | 0.014 | 0.011 | 0.059 | 0.056 | 0.018 |
| 尾鳍上叶长/体长 | 0.228 * | 0.105 | 0.321 * | 0.152 | 0.030 | 0.143 | 0.031 | 0.026 |
| 臀鳍基后尾柄高/体长 | 0.022 | 0.015 | 0.022 | 0.052 | 0.002 | 0.037 | 0.044 | 0.011 |
| 吻端至头背部末端/体长 | 0.007 | 0.002 | 0.012 | 0.008 | 0.017 | 0.003 | 0.027 | 0.012 |
| 吻端至胸鳍起点/体长 | 0.180 | 0.081 | 0.047 | 0.012 | 0.097 | 0.039 | 0.010 | 0.029 |
| 头背部末端至背鳍起点/体长 | 0.154 | 0.236 * | 0.058 | 0.007 | 0.108 | 0.028 | 0.050 | 0.001 |
| 头背部末端至胸鳍起点/体长 | 0.061 | 0.026 | 0.085 | 0.129 | 0.075 | 0.102 | 0.865 | 0.016 |
| 头背部末端至腹鳍起点/体长 | 0.045 | 0.088 | 0.007 | 0.060 | 0.053 | 0.005 | 0.011 | 1.060 |
| 背鳍起点至胸鳍起点/体长 | 0.060 | 0.316 * | 0.154 * | 0.032 | 0.179 | 0.010 | 0.030 | 0.058 |
| 背鳍起点至腹鳍起点/体长 | 0.056 | 0.255 * | 0.028 | 0.006 | 0.027 | 0.064 | 0.031 | 0.078 |
| 背鳍起点至臀鳍起点/体长 | 0.008 | 0.021 | 0.018 | 0.055 | 0.404 | 0.014 | 0.040 | 0.002 |
| 背鳍起点至背鳍基部末端/体长 | 0.131 | 0.118 | 0.088 | 0.014 | 0.609 | 0.099 | 0.017 | 0.010 |
| 背鳍基部末端至腹鳍起点/体长 | 0.094 | 0.027 | 0.014 | 0.020 | 0.044 | 0.784 | 0.029 | 0.017 |
| 背鳍基部末端至臀鳍起点/体长 | 0.026 | 0.052 | 0.057 | 0.053 | 0.016 | 0.029 | 0.009 | 0.011 |
| 背鳍基部末端至尾鳍下叶起点/体长 | 0.063 | 0.003 | 0.001 | 0.088 | 0.038 | 0.088 | 0.035 | 0.018 |
| 背鳍末端至尾鳍上叶起点/体长 | 0.008 | 0.004 | 0.014 | 0.011 | 0.023 | 0.007 | 0.008 | 0.004 |
| 尾鳍上叶起点至臀鳍起点/体长 | 0.123 | 0.105 | 0.045 | 0.711 | 0.014 | 0.067 | 0.101 | 0.038 |
| 尾鳍上叶起点至尾鳍下叶起点/体长 | 0.023 | 0.016 | 0.024 | 0.055 | 0.009 | 0.033 | 0.042 | 0.011 |
| 胸鳍起点至腹鳍起点/体长 | 0.085 | 0.006 | 0.100 | 0.207 | 0.045 | 0.076 | 0.032 | 0.001 |
| 腹鳍起点至臀鳍起点/体长 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.070 | 0.255 | 0.091 | 0.011 |
| 臀鳍起点至尾鳍下叶起点/体长 | 0.190 | 0.003 | 0.092 | 0.049 | 0.002 | 0.045 | 0.038 | 0.021 |
| 贡献率(%) | 14.905 | 14.495 | 14.148 | 12.133 | 6.593 | 6.575 | 6.053 | 5.850 |
| 累计贡献率(%) | 14.905 | 29.400 | 43.548 | 55.681 | 62.274 | 68.849 | 74.903 | 80.753 |

注：“*”表示该数值大于 0.150。

上也表现出较大的差异。

3 讨论

胭脂鱼曾自然独立地分布于中国长江和闽江两大水系,由于其幼鱼和成鱼在形态和体色上存在着较大差异,加之文献记载混乱,过去有学者误认为胭脂鱼幼鱼和成鱼是不同的亚种^[3]。刘乐和对胭脂鱼幼鱼与成鱼的体形变化进行过描述,认为胭脂鱼幼鱼体较高,侧扁,背鳍起点前明显隆起,体呈三角形;而胭脂鱼成鱼体形延长,背部隆起减缓,腹部平直^[13]。本研究通过主成分分析散点图和判别

分析散点图均能很好地将胭脂鱼幼鱼与成鱼区分开;差异系数分析显示,胭脂鱼幼鱼和成鱼的鳍条差异明显,包括胸鳍长($CD = 1.106$)、背鳍长($CD = 2.654$)、尾鳍中鳍长($CD = 1.145$)和尾鳍上叶长($CD = 1.220$),除了鳍条长度上的差异之外,主要差异还存在于头长($CD = 0.806$)、眼径($CD = 2.270$)和吻端至头背部末端($CD = 0.978$),其中胭脂鱼幼鱼和成鱼在眼径和背鳍长性状上的差异尤为明显,甚至已超出了亚种水平。该研究结果与刘乐和的描述^[13]基本吻合。

笔者所在课题组曾对胭脂鱼野外采集种群和

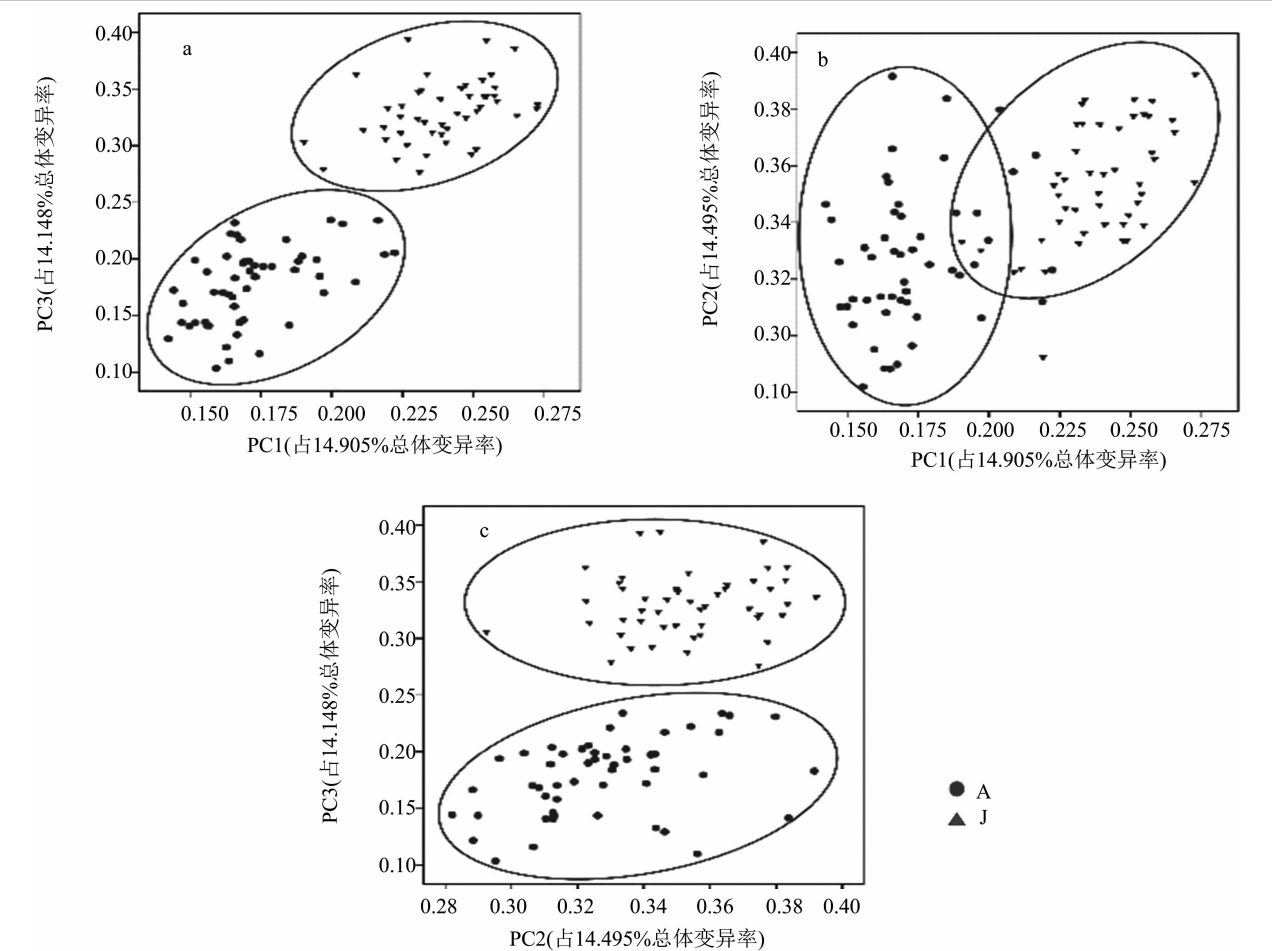


图1 胭脂鱼主成分分析散点图

表 2 胭脂鱼形态学判别分析结果

| 项目 | 判别尾数 | | 实际尾数 (尾) | 判别准确率 P2 | 综合判别准确率 |
|----------|------|------|-------------|----------|---------|
| | J | A | | | |
| J | 48 | 0 | 48 | 100% | 100% |
| A | 0 | 52 | 52 | 100% | |
| 预测尾数 | 48 | 52 | 100 | | |
| 判别准确率 P1 | 100% | 100% | | | |

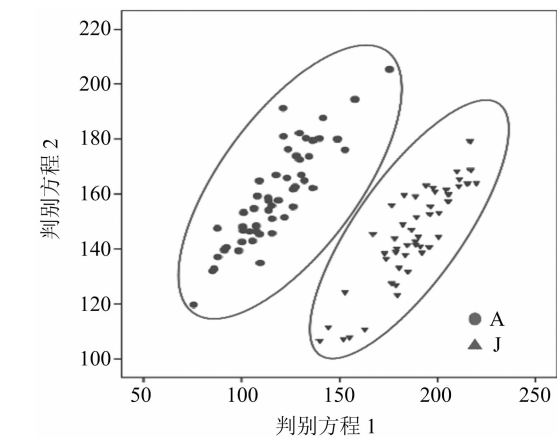


图2 胭脂鱼判别分析散点图

人工繁殖种群的形态差异进行过研究^[9],发现长江干流不同江段采集的胭脂鱼在臀鳍基后尾柄高、吻长、头长、眼后头上、头高等特征值上存在一定差别,但其差异系数均未大于1。因生存环境而引起的形态差异多是由于水温、浊度、食物的可获得性以及水体的流速和水深等外界因素引起的^[14-16]。对于胭脂鱼幼鱼和成鱼而言,生存环境与生活习性存在一定的差异,表现在胭脂鱼幼鱼通常行动缓慢,栖于水体的上层,摄食水中的有机物和水生昆虫的幼虫;而成年胭脂鱼行动敏捷,主要栖息于水域的中下层,捕食底栖的无脊椎动物、昆虫幼虫、以及硅藻等植物碎屑^[3]。这种差异可能在一定程度

表 3 胭脂鱼幼鱼与成鱼群体间形态学差异系数

| 形态特征 | CD | 形态特征 | CD | 形态特征 | CD |
|------|-------|------------|-------|---------------|-------|
| 头长 | 0.806 | 尾柄高 | 0.056 | 背鳍起点至臀鳍起点 | 0.244 |
| 体高 | 0.365 | 尾鳍中鳍长 | 1.145 | 背鳍起点至背鳍基部末端 | 0.117 |
| 吻长 | 0.295 | 尾鳍上叶长 | 1.220 | 背鳍基部末端至腹鳍起点 | 0.314 |
| 眼径 | 2.270 | 臀鳍基后尾柄高 | 0.783 | 背鳍基部末端至臀鳍起点 | 0.032 |
| 眼后头长 | 0.208 | 吻端至头背部末端 | 0.978 | 背鳍基部末端至尾鳍下叶起点 | 0.702 |
| 头高 | 0.510 | 吻端至胸鳍起点 | 0.624 | 背鳍末端至尾鳍上叶起点 | 0.446 |
| 背鳍长 | 2.654 | 头背部末端至背鳍起点 | 0.367 | 尾鳍上叶起点至臀鳍起点 | 0.119 |
| 胸鳍长 | 1.106 | 头背部末端至胸鳍起点 | 0.524 | 尾鳍上叶起点至尾鳍下叶起点 | 0.684 |
| 腹鳍长 | 0.648 | 头背部末端至腹鳍起点 | 0.169 | 胸鳍起点至腹鳍起点 | 0.370 |
| 臀鳍长 | 0.533 | 背鳍起点至胸鳍起点 | 0.097 | 腹鳍起点至臀鳍起点 | 0.439 |
| 尾柄长 | 0.776 | 背鳍起点至腹鳍起点 | 0.368 | 臀鳍起点至尾鳍下叶起点 | 0.668 |

上会对胭脂鱼幼鱼和成鱼的体形造成影响。

动物在不同的生长阶段表现出不同的形态特征,通常在昆虫类、甲壳类动物中发生得比较多。亓磊等对发育中的拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)幼蟹进行形态变异分析,结果发现随着个体的发育,仔蟹的形态会发生一定程度的变化,而且各期仔蟹形态特征间存在差异,但这种差异会随着个体发育而趋于缩小^[17]。鱼类的体形随着生长发育阶段的不同而表现出差异的现象并不多见,且常表现在半滑舌鳎(*Areliscus semilaevis*)、角木叶鲷(*Pleuronichthys cornutus*)等鲆鲽类海产鱼类中,而在淡水鱼类中几乎未见报道。鲆鲽类在生长发育过程中的体形变化机制已得到深入研究^[18-19],多涉及到鱼类体内激素的变化及相关基因的差异性表达。而目前关于胭脂鱼的研究还非常少,且多集中在营养免疫、经济价值的提升及资源保护上,关于胭脂鱼独特的生物学特性和基因库尚未得到完善的开发,胭脂鱼幼鱼和成鱼的形态变化的具体机制尚需进一步深入探究。

参考文献:

[1] 丁瑞华. 四川鱼类志[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994.
[2] 甘小平,熊 娟,王志坚. 重庆市胭脂鱼资源及保护现状[J]. 安徽农业科学,2011,39(10):5909-5911.
[3] 史登勇. 亚洲美人鱼——胭脂鱼[J]. 北京水产,2006(3):13-17.
[4] 胡隐昌. 胭脂鱼的主要生物学[J]. 珠江水产,2001(2):33-35.
[5] 赵鹤凌. 胭脂鱼胚胎发育的观察[J]. 水利渔业,2006,26(1):34-35.

[6] 谢仲桂,谢从新,张 鄂. 我国华鳊属鱼类形态差异及其物种有效性研究[J]. 动物学研究,2003,24(5):321-330.
[7] 王 伟,陈立侨,顾志敏,等. 7 个不同翘嘴红鲌群体的形态差异分析[J]. 淡水渔业,2007,37(3):40-44.
[8] 张 颖,刘晓勇,曲秋芝,等. 达氏鳇、施氏鲟及其杂交种(施氏鲟♂×达氏鳇♀)形态差异与判别分析[J]. 淡水渔业,2012,42(6):27-32.
[9] 武佳韵,吴 波,杨 坤,等. 野外采集和人工繁育胭脂鱼形态差异研究[J]. 淡水渔业,2014,44(6):74-80.
[10] 王 峰. 江黄颡鱼、黄颡鱼、粗唇鲃及其杂交 F₁ 代形态差异分析[J]. 中国农学通报,2013,29(2):36-43.
[11] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology [M]. New York: McGraw - Hill Book Company,1969.
[12] 费骥慧,邵晓阳. 高原湖泊鱼类生长特性与形态差异研究[J]. 海洋与湖沼,2012,43(4):789-796.
[13] 刘乐和. 胭脂鱼生物学特征的研究[J]. 水利渔业,1996(3):3-15.
[14] 杨慧荣,欧阳徘徊,李桂峰,等. 珠江流域 3 个野生大眼鲈群体的形态差异[J]. 中国水产科学,2016,23(2):447-457.
[15] 陈薛伟杰,郭健康,杨 志,等. 贵州境内 3 个野生大眼鲈群体的形态差异[J]. 中国水产科学,2018,25(1):34-43.
[16] Tzeng T D, Yeh S Y. Morphological variation in the common mackerel(*Scomber japonicus*) of Taiwan[J]. Journal of the Fisheries Society of Taiwan,2007,34(2):197-205.
[17] 亓 磊,蒋科技,马凌波,等. 拟穴青蟹仔蟹个体发育中的形态变异分析[J]. 江苏农业科学,2012,40(2):183-185.
[18] 施志仪,刘 华. 甲状腺激素受体 TRαA 基因在牙鲆不同变态发育阶段中的表达差异[J]. 上海水产大学学报,2005,14(4):359-363.
[19] Shao C, Bao B, Xie Z, et al. The genome and transcriptome of Japanese flounder provide insights into flatfish asymmetry [J]. Nature Genetics,2017,49(1):119-124.