

野生、池塘养殖及红树林生态养殖中华 乌塘鳢成鱼的形态判别

陆宇哲^{1,2}, 潘红平^{2*}, 王 帅^{1,2}, 杨明柳¹, 刘文光^{1,2}, 阎 冰^{1*}

(¹广西科学院 广西红树林研究中心/广西红树林保护与利用重点实验室, 广西 北海 536007;

²广西大学 动物科学技术学院, 南宁 530004)

摘要:【目的】比较分析3种不同来源中华乌塘鳢群体是否存在形态差异,为辨别中华乌塘鳢产品来源提供快速便捷的形态学判别方法,也为创建中华乌塘鳢红树林生态养殖品牌提供基础数据。【方法】分别测量中华乌塘鳢野生群体、红树林地理管道生态养殖群体和池塘养殖群体的6个可量性状和20个外形框架结构数据,并采用方差分析、聚类分析、判别分析和主成分分析等方法进行多元分析。【结果】除头长/体长外,其他各项可量性状比值在各中华乌塘鳢群体间均存在明显差异。主成分分析结果显示,对第一主成分影响较大的有L9(第二背鳍起点至其末端的距离)、L13(第二背鳍末端至臀鳍起点的距离)、L14(第二背鳍末端至尾鳍背侧起点的距离)、L17(第二背鳍末端至尾鳍腹侧起点的距离)、尾柄长/体长和尾柄高/尾柄长等尾端特征值,对第二主成分影响较大的有体高/体长、L2(第一背鳍起点至腹鳍起点的距离)、L5(第二背鳍起点至臀鳍起点的距离)、L6(腹鳍起点至臀鳍起点的距离)、L7(第一背鳍起点至臀鳍起点的距离)和L8(第二背鳍起点至腹鳍起点的距离)等躯干特征值,对第三主成分影响较大的有L11(臀鳍起点至其末端的距离)、L12(第二背鳍起点至臀鳍末端的距离)、L16(臀鳍末端至尾鳍腹侧起点的距离)和L18(臀鳍末端至尾鳍背侧起点的距离)等体后端特征值。野生、生态养殖和池塘养殖中华乌塘鳢群体可通过判别函数进行有效区分,其综合判别正确率为93.1%。聚类分析结果显示,野生群体与生态养殖群体先聚为一支,再与池塘养殖群体相聚,即中华乌塘鳢生态养殖群体与野生群体的形态较相近。【结论】中华乌塘鳢野生群体、红树林地理管道生态养殖群体和池塘养殖群体的形态存在明显差异,通过形态学多元分析可有效辨别。红树林地理管道生态养殖群体的形态与野生群体更相近,食物保障和食物组成、环境理化条件等可能是引起中华乌塘鳢各群体形态差异的主要原因。

关键词: 中华乌塘鳢; 野生群体; 生态养殖群体; 池塘养殖群体; 形态判别; 多元分析

中图分类号: S965.399

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2017)10-1906-06

Morphological identification of wild, pond-farm and mangrove eco-farm adult *Bostrychus sinensis*

LU Yu-zhe^{1,2}, PAN Hong-ping^{2*}, WANG Shuai^{1,2}, YANG Ming-liu¹,
LIU Wen-guang^{1,2}, YAN Bing^{1*}

(¹Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences/Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Beihai, Guangxi 536007, China; ²College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: [Objective] Morphological difference among three *Bostrychus sinensis* populations with different sources was compared to find out a quick morphological identification method for the source of *B. sinensis* and provide some scientific basis for establishing mangrove eco-farm *B. sinensis* brand. [Method] Six measurable morphological characters and twenty truss network data of wild *B. sinensis*, *B. sinensis* cultured in mangrove underground tube system and *B. sinensis* raised in pond were measured and then analyzed with multivariate analysis methods, including variance analysis, cluster analysis, discriminant analysis, and principal component analysis. [Result] Difference in ratios of the measurable characters among the three populations were obvious except for the ratio of head length/body length. The results of principal component analysis showed that the first principal component was greatly influenced by the eigenvalues of tail end like L9 (distance between origin of the second dorsal fin and posterior of the second dorsal fin), L13 (distance between posterior

收稿日期: 2017-03-13

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项项目(201505028); 广西特聘专家岗位基金项目(厅发[2013]3号); 广西红树林保护与利用重点实验室基金项目(GKLMC-08)

作者简介: *为通讯作者: 潘红平(1965-), 博士, 教授, 主要从事动物学教学与研究, E-mail: panhp65@163.com; 阎冰(1966-), 博士, 研究员, 主要从事红树林生态研究工作, E-mail: gxybing@tom.com。陆宇哲(1990-), 主要从事红树林生态养殖研究工作, E-mail: luyuzhe@163.com

万方数据

of the second dorsal fin and origin of anal fin), L14(distance between posterior of the second dorsal fin and dorsal origin of caudal fin), L17(distance between posterior of the second dorsal fin and ventral origin of caudal fin), length of tail/length of body, and height of tail/length of tail. The second principal component was greatly influenced by the eigenvalues of body like height of body/length of body, L2(distance between origin of the first dorsal fin and insertion of pelvic fin), L5(distance between origin of the second dorsal fin and origin of anal fin), L6(distance between insertion of pelvic fin and origin of anal fin), L7(distance between origin of the first dorsal fin and origin of anal fin), and L8(distance between origin of the second dorsal fin and Insertion of pelvic fin). The third principal component was greatly influenced by the eigenvalues of rear end like L11(distance between origin of anal fin and posterior end of anal fin), L12(distance between origin of the second dorsal fin and posterior end of anal fin), L16(distance between posterior end of anal fin and ventral origin of caudal fin), L18(distance between posterior end of anal fin and dorsal origin of caudal fin). Morphological difference among wild, pond-farm and eco-farm *B. sinensis* was obvious and therefore they could be identified by using discriminant function. The comprehensive correction rate was 93.1%. The result of cluster analysis showed that wild *B. sinensis* constituted a cluster with eco-farm *B. sinensis* first and then clustered with pond-farm *B. sinensis*, implying that wild *B. sinensis* was morphologically similar to eco-farm *B. sinensis*. 【Conclusion】There are obvious differences in morphological characters of wild *B. sinensis*, *B. sinensis* cultured in mangrove underground tube system and *B. sinensis* raised in pond, and they can be identified by morphological multivariate analysis. *B. sinensis* cultured in mangrove underground tube system is more morphologically similar to wild *B. sinensis*. Food supply, food composition, physical and chemical condition of environment may be main reasons for morphological difference of different populations of *B. sinensis*.

Key words: *Bostrychus sinensis*; wild population; eco-farm population; pond-farm population, morphological identification; multivariate analysis

0 引言

【研究意义】中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)隶属于鲈形目(Perciformes)、塘鳢科(Eleotridae)、乌塘鳢属(*Bostrychus*),是我国东南沿海名特优海水鱼类,民间常用于手术后食补以促进伤口愈合(莫兆莉,2015)。20世纪90年代初,我国开始人工养殖中华乌塘鳢,发展至今已形成一定规模,目前在福建、广西、广东和浙江等地均有养殖(郑守专,2012),以池塘养殖为主,近年来广西还大力发展推广红树林地理管道生态养殖模式(Fan et al.,2013)。受人们消费习惯偏好的影响,野生水产品的市场售价远高于人工养殖产品,市场上一些不法商贩为牟取高额利润,常以人工养殖中华乌塘鳢冒充野生中华乌塘鳢。因此,有必要多渠道普及如何鉴别鱼类野生群体和养殖群体的便捷方法,以保护广大消费者的合法权益。【前人研究进展】目前,辨别鱼类野生群体和养殖群体的方法很多,包括形态比较、感官评价、化学特征、脂肪酸组成、痕量元素、稳定同位素和遗传学分析等(Grigorakis,2007;Melis et al.,2014;Šević-Bubić et al.,2014;Arechavala-Lopez et al.,2016;Chaguri et al.,2017;张秀霞等,2017)。其中,形态比较是最简单快捷和低成本的方法,适合现场判别,但准确性相对较低(Arechavala-Lopez et al.,2013)。在传统可量性状的基础上,引入外形框架结构数据进行多元分析,可提高判别准确率。刘汉生等(2008)利用传统可量性状结合外形框架结构数据分析,可很好地区分唐鱼(*Tanichtys albonubes*)野生群体和养殖群体,其判别正确率分别为95%和100%。Arechavala-Lopez等(2012)分别以海鲤(*Sparus aurata*)和欧鲈(*Dicentrarchus labrax*)的16和17个解剖学坐标点的框架结构数据进行多元分析,结果均能有效

区分野生群体和养殖群体。Lenhardt等(2012)利用小体鲟(*Acipenser ruthenus*)11个解剖学坐标点的框架结构数据进行多元分析,不仅能区分野生群体和养殖群体,还能区分不同地理种群。王映等(2016)对大黄鱼养殖群体与野生群体的11项计量性状和10项标准化性状进行研究,最终筛选出4个差异极显著性状(体厚/体长、尾柄高/全长、体高/体长、肥满度)和1个差异显著性状(躯干长/体长)。郭梁等(2017)通过传统形态学指标分析和地标几何形态学分析,探究不同传统稻鱼系统中田鲤鱼的形态学差异。【本研究切入点】采用形态判别商品鱼来源时,首先要明确不同产品群体间的形态差异,然后建立判别公式。至今,有关不同来源中华乌塘鳢群体间的形态差异尚无研究报道。【拟解决的关键问题】采用传统形态度量 and 框架度量相结合的方法,对野生、红树林地理管道生态养殖和池塘养殖的中华乌塘鳢形态进行比较分析,明确不同来源中华乌塘鳢群体间是否存在形态差异,为辨别中华乌塘鳢产品来源提供快速便捷的形态学判别方法,也为创建中华乌塘鳢红树林生态养殖品牌提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

野生中华乌塘鳢群体(简称野生群体)购自广西防城港市东兴市江平镇山心村,渔民采用蜈蚣笼捕获;池塘养殖中华乌塘鳢群体(简称池塘养殖群体)购自广西防城港市防城区茅岭乡大陶村;红树林地理管道生态养殖中华乌塘鳢群体(简称生态养殖群体)由位于广西防城港市防城区江山乡石角埠的广西红树林研究中心珍珠港滨海生态实验站提供。其中,多元分析试验用鱼于2016年9月采集,判别验证试验用鱼于2017年1月采集。中华乌塘鳢用泡沫箱

保湿运回实验室,以盐度为15‰的半海水微充气暂养,24 h内进行处理测量。测量前用含80 mg/L间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐(MS-222)的半海水麻醉待测鱼群8~10 min,吸水纸吸干鱼体表水分后测量。各中华乌塘鳢群体来源及样品规格详见表1。

1.2 形态指标测量

中华乌塘鳢个体体重(精确度0.01g)用电子天平进行称量。形态指标测量参照Arechavala-Lopez等(2012)的方法,将数码相机(Canon G12)固定在

三角架上对所有中华乌塘鳢逐尾进行拍摄,拍摄时在试验鱼下方放置刻度标尺(精确度1 mm)作为图像处理的校准参照,采用Image-Pro Plus 6.0通过拍摄照片进行测量。传统可量性状测量包括体长(SL)、体高(BD)、头长(HL)、尾柄长(CPL)、吻长(SnL)、眼径(ED)和尾柄高(CPD);外形框架结构数据选取10个解剖学坐标点(P1~P10),共测量20个框架结构数据(L1~L20),所有框架数据均是坐标点与坐标点之间的直线距离(图1)。

表 1 中华乌塘鳢观测样本情况及规格

Table 1 Observation samples and specification of *B. sinensis*

用途 Application	群体 Group	鱼苗来源 Fry origin	样本数(尾) Sample size	体长(mm/尾) SL		体重(g/尾) WT	
				范围 Range	平均值 Mean	范围 Range	平均值 Mean
多元分析	野生 Wild	野生 Wild	28	148.22~191.48	165.95±9.70	66.30~145.39	93.12±17.05
Multivariate analysis	生态养殖 Eco-farm	野生 Wild	28	152.29~190.54	162.66±8.61	67.60~123.50	83.58±12.17
	池塘养殖 Pond-farm	人工繁殖 Artificial reproduction	28	156.79~199.57	168.80±9.72	81.70~158.40	102.38±18.20
判别验证	野生 Wild	野生 Wild	27	153.75~191.24	174.50±10.90	74.01~155.77	139.65±19.32
Verification	生态养殖 Eco-farm	野生 Wild	30	152.84~186.31	170.82±9.25	70.93~121.45	113.48±15.49
	池塘养殖 Pond-farm	人工繁殖 Artificial reproduction	30	158.72~194.78	173.98±9.86	85.37~162.52	142.09±16.11

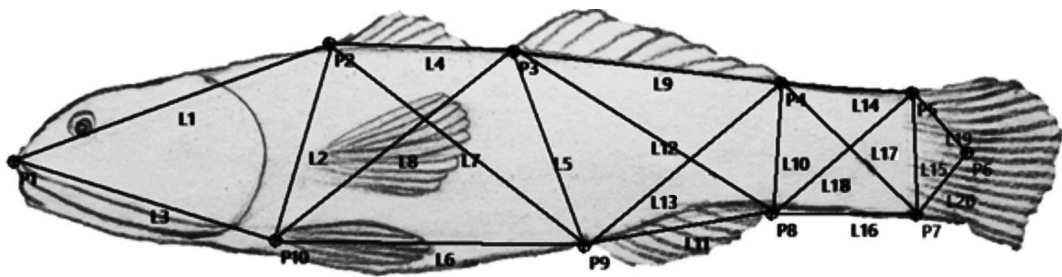


图 1 中华乌塘鳢框架结构数据测量示意图

Fig.1 Data measurement of frame structure for *B. sinensis*

P1:吻端;P2:第一背鳍起点;P3:第二背鳍起点;P4:第二背鳍末端;P5:尾鳍基部;P6:尾鳍腹侧起点;P7:尾鳍腹侧起点;P8:臀鳍末端;P9:臀鳍起点;P10:腹鳍起点。L1:P1→P2;L2:P2→P10;L3:P1→P10;L4:P2→P3;L5:P3→P9;L6:P10→P9;L7:P2→P9;L8:P3→P10;L9:P3→P4;L10:P4→P8;L11:P9→P8;L12:P3→P8;L13:P4→P9;L14:P4→P5;L15:P5→P7;L16:P8→P7;L17:P4→P7;L18:P8→P5;L19:P5→P6;L20:P7→P6
 P1: Snout tip; P2: Origin of the first dorsal fin; P3: Origin of the second dorsal fin; P4: Posterior of the second dorsal fin; P5: Dorsal origin of caudal fin; P6: Caudal fin base; P7: Ventral origin of caudal fin; P8: Posterior end of anal fin; P9: Origin of anal fin; P10: Insertion of pelvic fin. L1: P1→P2; L2: P2→P10; L3: P1→P10; L4: P2→P3; L5: P3→P9; L6: P10→P9; L7: P2→P9; L8: P3→P10; L9: P3→P4; L10: P4→P8; L11: P9→P8; L12: P3→P8; L13: P4→P9; L14: P4→P5; L15: P5→P7; L16: P8→P7; L17: P4→P7; L18: P8→P5; L19: P5→P6; L20: P7→P6

1.3 数据处理分析

为消除试验鱼个体差异的影响,将所有框架数据除以体长予以校正;传统可量性状数据采用体高/体长、头长/体长、尾柄长/体长、吻长/头长、眼径/头长和尾柄高/尾柄长进行描述。参照武佳韵等(2014)的方法,利用Excel 2010和SPSS 19.0分别进行方差分析、主成分分析、判别分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 方差分析结果

6个传统形态可量性状比值的Levene方差齐性检验Sig.和K-S正态性检验渐进显著性(双侧)值均大于0.05,LSD显著性检验结果见表2。除头长/体长在各中华乌塘鳢群体间差异不显著($P>0.05$,下同)外,

其他各项可量性状比值均存在明显差异。其中,野生群体与池塘养殖群体在体高/体长、吻长/头长、眼径/头长、尾柄长/体长上存在显著差异($P<0.05$,下同)。

表 2 方差分析结果

Table 2 Results of variance analysis

可量性状比值 Ratio of morphometric traits	群体 Population		
	野生 Wild	生态养殖 Eco-farm	池塘养殖 Pond-farm
体高/体长 BD/SL	0.23±0.01b	0.22±0.01b	0.24±0.02a
头长/体长 HL/SL	0.24±0.01	0.25±0.01	0.24±0.01
尾柄长/体长 CPL/SL	0.15±0.02c	0.19±0.02a	0.16±0.02b
吻长/头长 SnL/HL	0.17±0.02b	0.18±0.02b	0.19±0.02a
眼径/头长 ED/HL	0.14±0.01a	0.14±0.01a	0.13±0.01b
尾柄高/尾柄长 CPD/CPL	0.92±0.12a	0.70±0.01b	0.89±0.10a

同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Different lowercase letters in the same row represented significant difference($P<0.05$)

2.2 主成分分析结果

中华乌塘鳢的形态数据包括6个传统可量性状比值数据和20个框架形态数据。3个不同群体共84尾中华乌塘鳢的2184个形态数据,经KMO和巴特雷特球形检验,KMO为0.636, χ^2 为2923.802, $P < 0.001$,说明可进行主成分分析。共提取7个主成分,各主成分

对变异的贡献率分别为:第一主成分(PC1)26.529%、第二主成分(PC2)20.352%、第三主成分(PC3)14.266%、第四主成分(PC4)8.319%、第五主成分(PC5)5.743%、第六主成分(PC6)4.418%、第七主成分(PC7)4.181%,其中前3个主成分累计贡献率达61.147%,旋转后各成分的载荷如表3所示。

表3 旋转后外部形态各主成分的载荷情况

Table 3 Loading of main components of external morphology after rotation

形态性状 Morphology trait	PC1	PC2	PC3	形态性状 Morphology trait	PC1	PC2	PC3
尾柄长/体长 CPL/SL	-0.952	-0.095	-0.076	L18	-0.058	0.038	-0.957
L9	0.949	-0.070	0.039	L11	0.156	-0.065	0.935
L14	-0.945	-0.024	-0.073	L12	0.082	0.156	0.906
L13	0.917	0.036	0.048	L20	-0.022	0.170	-0.038
尾柄高/尾柄长 CPD/CPL	0.898	0.183	0.123	L15	0.094	0.332	0.094
L17	-0.832	0.190	-0.018	L19	-0.094	0.468	0.170
L8	0.093	0.876	-0.120	L3	0.122	0.014	0.095
体高/体长 BD/SL	0.091	0.837	0.108	L10	0.168	0.403	-0.161
L2	0.019	0.812	-0.081	头长/体长 HL/SL	-0.247	-0.056	0.357
L6	-0.195	0.758	0.047	吻长/头长 SnL/HL	0.020	0.142	-0.116
L7	-0.021	0.750	0.140	眼径/头长 ED/HL	0.050	-0.116	-0.164
L5	0.027	0.600	0.137	L1	-0.021	0.005	-0.077
L16	-0.074	-0.038	-0.960	L4	0.186	0.437	-0.116

对PC1影响较大的有L9(第二背鳍起点至其末端的距离)、L13(第二背鳍末端至臀鳍起点的距离)、L14(第二背鳍末端至尾鳍背侧起点的距离)、L17(第二背鳍末端至尾鳍腹侧起点的距离)、尾柄长/体长和尾柄高/尾柄长等尾端特征值,对PC2影响较大的有体高/体长、L2(第一背鳍起点至腹鳍起点的距离)、L5(第二背鳍起点至臀鳍起点的距离)、L6(腹鳍起点至臀鳍起点的距离)、L7(第一背鳍起点至臀鳍起点的距离)和L8(第二背鳍起点至腹鳍起点的距离)等躯干特征值,对PC3影响较大的有L11(臀鳍起点至其末端的距离)、L12(第二背鳍起点至臀鳍末端的距离)、L16(臀鳍末端至尾鳍腹侧起点的距离)和L18(臀鳍末端至尾鳍背侧起点的距离)等体后端特征值。

由图2-A可看出,野生群体与生态养殖群体在PC1上分化较显著,而池塘养殖群体与另外两个群体间均存在较大程度的重叠;在PC2上,池塘养殖群体形成相对独立的集群,容易区分。由图2-B可看出,野生群体与生态养殖群体区分明显,但不能区分池塘养殖群体。由图2-C可看出,3个中华乌塘鳢群体除有小部分重叠外,均能形成相对较独立的集群。

2.3 判别分析结果

采用逐步判别分析法,利用第一特征向量和第二特征向量的典型判别函数,绘制判别分析散点图,发现野生、生态养殖和池塘养殖中华乌塘鳢群体区分明显(图3),可通过判别函数进行有效区分。

从26个形态性状变量中选取对判别贡献率较大的8个变量(L1、L2、L5、L18、体高/体长、头长/体长、眼径/头长和尾柄高/尾柄长),分别以 $x_1 \sim x_8$ 表示,野生、生态养殖和池塘养殖中华乌塘鳢群体则以万方数据

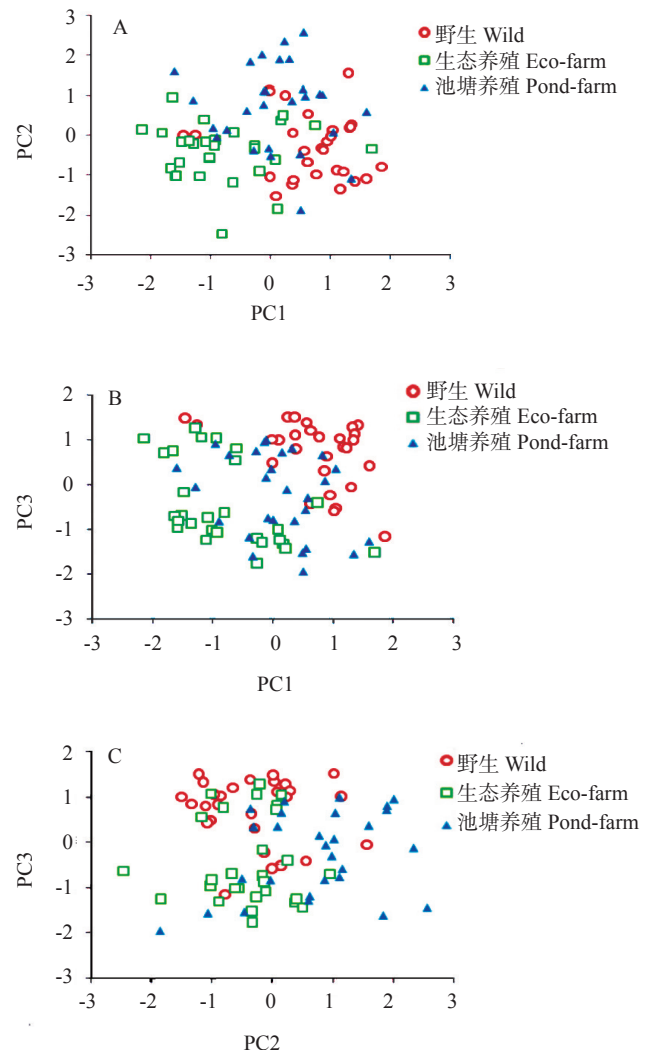


图2 中华乌塘鳢形态主成分分析散点图

Fig.2 Scatter plots principal component analysis for morphometric characters of *B. sinensis*

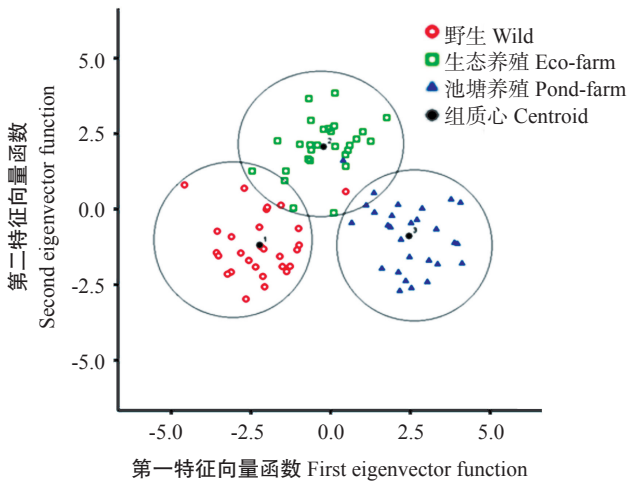


图 3 判别分析函数散点图
Fig.3 Scatter plots of discrimination function analysis

$y_1 \sim y_3$ 表示,建立判别函数公式:

$$y_1 = -1469.8 + 3392.9x_1 + 488.8x_2 + 934.7x_3 + 1087.3x_4 + 879.9x_5 + 4308.4x_6 + 1799.5x_7 - 121.4x_8$$

$$y_2 = -1567.9 + 3391.6x_1 - 272.7x_2 + 1030.1x_3 + 1243.3x_4 + 718.3x_5 + 4524.8x_6 + 1848.4x_7 - 153.5x_8$$

$$y_3 = -1506.0 + 3119.6x_1 + 0.898x_2 + 1206.2x_3 + 1264.2x_4 + 632.2x_5 + 4353.9x_6 + 1687.4x_7 - 136.4x_8$$

判别方法是将每个个体的 $x_1 \sim x_8$ 分别代入上述3个判别函数公式进行计算, $y_1 \sim y_3$ 哪个数值最大,则该个体即归属于其代表的群体。

利用判别函数公式对87尾中华乌塘鳢进行判别验证,结果显示,27尾野生中华乌塘鳢中有1尾误判为生态养殖中华乌塘鳢,判别正确率96.3%;30尾生态养殖中华乌塘鳢中有3尾误判为池塘养殖中华乌塘鳢,判别正确率90.0%;30尾池塘养殖中华乌塘鳢中有2尾误判为生态养殖中华乌塘鳢,判别正确率93.3%。综合判别正确率为93.1%。

2.4 聚类分析结果

用最短距离法对野生、生态养殖和池塘养殖中华乌塘鳢群体间的形态性状进行聚类分析,结果(图4)显示,野生群体与生态养殖群体先聚为一支,再与池塘养殖群体相聚,表明中华乌塘鳢的生态养殖群体与野生群体的形态较相近。野生群体与生态养殖群体、野生群体与池塘养殖群体、生态养殖群体与池塘养殖群体的平均形态距离分别为6.491、7.227和7.851。

3 讨论

鱼类形态受遗传因子和环境因子的共同影响,同种鱼类不同地理种群、野生和养殖种群及不同养殖模式养殖成品间的形态均可能存在差异。鱼类在人工养殖过程中,近交衰退、遗传因子变异、食物组成差异及环境理化因子导致的行为方式变化等,均可能导致养殖种群和野生种群的形态差异(刘汉生

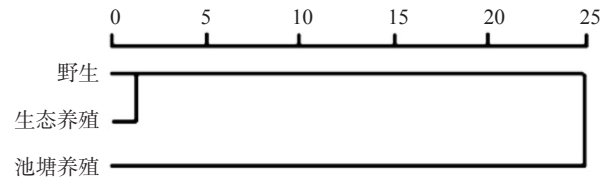


图 4 中华乌塘鳢的聚类分析结果
Fig.4 Cluster analysis for *B. sinensis*

等,2008;武佳韵等,2014;马爱军等,2016)。海鲤、欧鲈和大黄鱼(*Larimichthys crocea*)的养殖群体与野生群体存在差异的原因,既有遗传育种导致的遗传因子改变,又有食物组成及行为方式变化等所致(Arechavala-Lopez et al., 2012;王映等,2016)。小体鲟(*Acipenser ruthenus*)的野生群体与养殖群体、日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)不同养殖模式下养殖成品的形态差异主要是食物组成及食物保障状况不同所致(王志铮等,2012;Lenhardt et al., 2012)。来源于不同种苗繁育单位的胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)养殖群体间形态差异显著,利用形态学参数计算可进行有效判别,但其养殖群体与野生群体间的形态差异不显著,不同亲本群体长期累代自交繁育可能是主要原因(武佳韵等,2014)。在中华乌塘鳢方面,李刚和庆宁(1991)研究分析广东惠东至湛江4个中华乌塘鳢野生群体的形态特征,结果表明,虽然不同群体间的地理间隔达数百公里,但群体间的形态特征分化不明显,且不存在间断性。据此推断,导致中华乌塘鳢野生群体、生态养殖群体和池塘养殖群体形态差异的主要因素不是遗传因子。

中华乌塘鳢池塘养殖群体的环境理化条件稳定,全人工投饵,饱食程度高,食物组成相对单一;野生群体的食物来源不稳定,需要主动索饵,饱食程度低,食物组成复杂;生态养殖群体生活于潮间带,环境理化条件变化明显,半人工投饵,饱食程度中等,部分食物来源于捕食天然饵料,食物组成较丰富。因此,食物保障、食物组成和环境理化条件等可能是中华乌塘鳢野生群体、生态养殖群体和池塘养殖群体形态差异的主要原因。本研究中,红树林地理管道生态养殖的环境条件接近野生生态环境,中华乌塘鳢生态养殖群体与野生群体的形态也更相近。这与环境条件是导致鱼类不同群体形态差异主要观点相吻合。此外,本研究中3个中华乌塘鳢群体的种苗来源不同,生态养殖群体和野生群体的鱼苗为野生苗,而池塘养殖群体的鱼苗是人工繁殖苗。虽然通过文献分析推论遗传因子不是中华乌塘鳢形态差异的主要原因,但种苗来源差异是否对成鱼形态差异也有影响需进一步研究证实。本研究的传统可量性状采用比例数据,外形框架数据除以体长予以校正,以提高准确性,但性别、年龄、性腺发育阶段

等的影响并未考虑,因此也需进一步探究。

4 结论

中华乌塘鳢野生群体、红树林地理管道生态养殖群体和池塘养殖群体的形态存在明显差异,通过形态学多元分析可有效辨别。红树林地理管道生态养殖群体的形态与野生群体更相近,食物保障和食物组成、环境理化条件等可能是引起中华乌塘鳢各群体形态差异的主要原因。

参考文献:

- 郭梁,任伟征,胡亮亮,张剑,罗均,谌洪光,姚红光,陈欣. 2017. 传统稻鱼系统中“田鲤鱼”的形态特征[J]. 应用生态学报, 28(2): 665-672. [Guo L, Ren W Z, Hu L L, Zhang J, Luo J, Chen H G, Yao H G, Chen X. 2017. Morphological traits of indigenous field carps maintained in traditional rice-based farming systems [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 28(2): 665-672.]
- 李刚,庆宁. 1991. 中华乌塘鳢的群体生物学研究I. 形态特征差异[J]. 热带海洋, 10(1): 78-85. [Li G, Qing N. 1991. Studies on population biology *Bostrichthy sinensie* lepede (Periforms, Eleotridae): I. Differentiation of morphological characters [J]. Tropic Oceanology, 10(1): 78-85.]
- 刘汉生,易祖盛,梁健宏,李伟华,林小涛. 2008. 唐鱼野生种群和养殖群体的形态差异分析[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 29(3): 295-299. [Liu H S, Yi Z S, Liang J H, Li W H, Lin X T. 2008. Morphological variations between the wild population and hatchery stock of *Tanichthys albonubes* [J]. Journal of Jinan University (Natural Science Edition), 29(3): 295-299.]
- 马爱军,王新安,孙志宾,赵艳飞,孙建华,王广宁,孟雪松,刘圣聪,张涛. 2016. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)三个不同群体的形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 47(1): 166-172. [Ma A J, Wang X A, Sun Z B, Zhao Y F, Sun J H, Wang G N, Meng X S, Liu S C, Zhang T. 2016. Morphological variations among three different populations of *Takifugu rubripes* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 47(1): 166-172.]
- 莫兆莉. 2015. 中华乌塘鳢地理式管网系统保育基础研究[D]. 南宁: 广西大学. [Mo Z L. 2015. The basic study on breeding of Chinese black sleeper (*Bostrichthys sinensis*) in underground tube eco-farming conservation system [D]. Nanning: Guangxi University.]
- 王映,柯巧珍,刘家富,陈佳,JEERAWAT Thammaratsuntorn, 赵金良,翁华松,韩坤煌. 2016. 大黄鱼养殖群体和野生群体形态、鳞片及耳石特征比较[J]. 海洋渔业, 38(2): 149-156. [Wang Y, Ke Q Z, Liu J F, Chen J, JEERAWAT Thammaratsuntorn, Zhao J L, Weng H S, Han K H. 2016. Comparison on morphology, scales and otolith characteristics between cultured stock and wild stock of *Larimichthys crocea* [J]. Marine Fisheries, 38(2): 149-156.]
- 王志铮,杨磊,朱卫东. 2012. 三种养殖模式下日本鳗鲡养成品的形质差异[J]. 应用生态学报, 23(5): 1385-1392. [Wang Z Z, Yang L, Zhu W D. 2012. Morphological and quality difference of adult *Anguilla japonica* under three aquaculture models [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 23(5): 1385-1392.]
- 武佳韵,吴波,杨坤,邓员平,张修月,宋昭彬. 2014. 野外采集和人工繁育胭脂鱼形态差异研究[J]. 淡水渔业, 44(6): 74-80. [Wu J Y, Wu B, Yang K, Deng Y P, Zhang X Y, Song Z B. 2014. Morphological differences between wild-caught and hatchery-breeding samples of *Myxocyprinus asiaticus* [J]. Freshwater Fisheries, 44(6): 74-80.]
- 张秀霞,朱巧莹,赵俊. 2017. 利用几何形态测量学方法分析唐鱼群体的形态变异[J]. 水产学报, 41(9): 1365-1373. [Zhang X X, Zhu Q Y, Zhao J. 2017. Geometric morphometric analysis of body-form variability in populations of *Tanichthys albonubes* [J]. Journal of Fisheries of China, 41(9): 1365-1373.]
- 郑守专. 2012. 中华乌塘鳢池塘养殖技术[J]. 现代农业科技, (18): 271-272. [Zheng S Z. 2012. Pond aquaculture technology for *Bostrichthys sinensis* [J]. Modern Agricultural Science and Technology, (18): 271-272.]
- Arechavala-Lopez P, Fernandez-Jover D, Black K D, Ladoukakis E, Bayle-Sempere J T, Sanchez-Jerez P, Dempster T. 2013. Differentiating the wild or farmed origin of Mediterranean fish: A review of tools for sea bream and sea bass [J]. Reviews in Aquaculture, 5(3): 137-157.
- Arechavala-Lopez P, Milošević-González M, Sanchez-Jerez P. 2016. Using trace elements in otoliths to discriminate between wild and farmed european sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) and gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) [J]. International Aquatic Research, 8(3): 263-273.
- Arechavala-Lopez P, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere J T, Sfakianakis D G, Somarakis S. 2012. Morphological differences between wild and farmed Mediterranean fish [J]. Hydrobiologia, 679(1): 217-231.
- Chaguri M P, Maulvault A L, Costa S, Gonçalves A, Nunes M L, Carvalho M L, Santána L S, Bandarra N, Marques A. 2017. Chemometrics tools to distinguish wild and farmed meagre (*Argyrosomus regius*) [J]. Journal of Food Processing & Preservation, (5): e13312. doi: org/10.1111/jfpp.13312.
- Fan H Q, He B Y, Pernetta J C. 2013. Mangrove ecofarming in Guangxi Province China: An innovative approach to sustainable mangrove use [J]. Ocean & Coastal Management, 85(12): 201-208.
- Grigorakis K. 2007. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review [J]. Aquaculture, 272(1-4): 55-75.
- Lenhardt M, Jarić I, Cvijanović G, Kolarević J, Gačić Z, Smederevac-lalić M, Višnjić - Jeftić Z. 2012. Comparison of morphological characters between wild and cultured sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) [J]. Slovenian Veterinary Research, 49(4): 177-184.
- Melis R, Cappuccinelli R, Roggio T, Anedda R. 2014. Addressing marketplace gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) differentiation by ¹H NMR-based lipid fingerprinting [J]. Food Research International, 63: 258-264.
- Šegvić-Bubić T, Talijančić I, Grubišić L, Izquierdo-Gomez D, Katavić I. 2014. Morphological and molecular differentiation of wild and farmed gilthead sea bream *Sparus aurata*: Implications for management [J]. Aquaculture Environment Interactions, 6(1): 43-54.

(责任编辑 兰宗宝)