

## 红鳍东方鲀与杂交鲀(菊黄东方鲀♀×红鳍东方鲀♂)形态性状的比较

张钰渤<sup>1</sup>, 荆笛<sup>1</sup>, 王盛南<sup>1</sup>, 苟盼盼<sup>1</sup>, 刘圣聪<sup>2</sup>, 包玉龙<sup>2</sup>, 王秀利<sup>1\*</sup>, 刘海金<sup>2\*</sup>

(1.大连海洋大学水产与生命学院, 辽宁大连 116023; 2.大连天正实业有限公司, 辽宁大连 116011)

**摘要** 利用4种方法对红鳍东方鲀和杂交鲀(菊黄东方鲀♀×红鳍东方鲀♂)的形态性状进行了比较。单因素方差分析表明,红鳍东方鲀与杂交鲀在头长、吻长、体长、体宽、尾柄长和尾柄高6个性状上表现出极显著差异( $P<0.01$ );红鳍东方鲀和杂交鲀在头长/吻长、体长/体宽和头长/体宽3个性状比值上表现出极显著差异( $P<0.01$ );红鳍东方鲀和杂交鲀在尾柄长/尾柄高、体长/头长和体长/尾柄长3个性状比值上表现出显著差异( $P<0.05$ );2个品种在体宽/尾柄高上不具有显著差异( $P>0.05$ )。通过主成分分析得到3个主成分,贡献率分别为39.124%、25.135%和16.231%,累计贡献率为80.491%。判别分析通过性状和性状比值分别计算得出2组红鳍东方鲀与杂交鲀的判别公式,判别准确率分别为98.2%和96.4%。差异系数分析表明杂交鲀与红鳍东方鲀之间不存在分化。

**关键词** 红鳍东方鲀;菊黄东方鲀;杂交鲀;形态比较;主成分;判别;单因素方差;差异系数

中图分类号 S917.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)20-0078-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Comparison of Morphological Traits between Hybrid Puffer (*Fugu flavidus* ♀ × *Fugu rubripes* ♂) and *Fugu rubripes*

ZHANG Yu-bo, JING Di, WANG Sheng-nan et al (College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian, Liaoning 116023)

**Abstract** Four methods (One-way ANOVA, principal component analysis, discriminant analysis and coefficient analysis of difference) were used to compare and analyze the morphological traits of *Fugu rubripes* and hybrid puffer (*Fugu flavidus* ♀ × *Fugu rubripes* ♂). The single-factor analysis of variance showed that *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂) had extremely significant differences in the head length, snout length, body length, body width, caudal peduncle length and caudal peduncle height ( $P<0.01$ ). Head length / snout length, body length / body width and head length / body width showed extremely significant differences between *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂) ( $P<0.01$ ). Caudal peduncle length / caudal peduncle height, body length / head length and body length / caudal peduncle length showed significant differences between *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂) ( $P<0.05$ ). Body width / caudal peduncle height showed no significant difference between *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂). Three principal components were obtained by principal component analysis, their contribution rates were 39.124%, 25.135% and 16.231% respectively, and the cumulative contribution rate was 80.491%. The discriminant analysis obtained the discriminant formulae of *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂) by calculation, the accuracy of which was 98.2% and 96.4%, respectively. The results of difference coefficient analysis showed that there was no differentiation between the hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂) and *F. rubripes*.

**Key words** *Fugu rubripes*; *Fugu flavidus*; Hybrid puffer; Morphological comparison; Principal component; Discrimination; Single factor variance; Coefficient of difference

红鳍东方鲀(*Fugu rubripes*)和菊黄东方鲀(*Fugu flavidus*)均隶属硬骨鱼纲鲀形目鲀科东方鲀属<sup>[1]</sup>,主要分布在朝鲜半岛、日本以及我国黄海、渤海和东海<sup>[2]</sup>。我国自古以来就有吃河鲀的传统,更有苏轼拼死吃河鲀的历史典故,可见河鲀之美味。近年来,随着河鲀有条件开放政策的实施,河鲀养殖及优良品种的培育等越来越受到关注。菊黄东方鲀个体小,生长慢,但肉质鲜美,所以市场价格较高,主要市场在我国江苏和浙江等地,市场需求较大且价格稳定<sup>[3]</sup>。红鳍东方鲀个体大,生长快,主要市场在日本,为高档生鱼片材料。养殖业者为了获得红鳍东方鲀生长快的优点,同时又具有菊黄东方鲀味美的优点,以菊黄东方鲀为母本,以红鳍东方鲀为父本进行杂交,生产出具有较快生长速度的杂交子代(简称杂交鲀)进行养殖,在市场上很受欢迎<sup>[4]</sup>。杂交鲀在形态性状上继承了父、母本的特征,同时又与父母本不同。笔者利用杂交鲀与其父本红鳍东方鲀的形态性状进行主成分分析、判别分析、单因素方差分析和差异系数分析,研究了杂

交鲀与红鳍东方鲀之间形态上的差异,旨在为深入探索杂交鲀的特征提供基础数据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验鱼** 红鳍东方鲀与杂交鲀(菊黄东方鲀♀×红鳍东方鲀♂)试验鱼均采自河北省唐山市嘴东养殖场,由于没有获得母本菊黄东方鲀的标本,该研究只对杂交鲀与红鳍东方鲀进行比较。2种鱼均为养殖场进行杂交和培育的群体。于2019年3月进行1龄鱼的采样,共采集到13月龄红鳍东方鲀26尾、杂交鲀30尾。红鳍东方鲀体长为(19.790±1.253)cm,杂交鲀体长为(15.637±1.539)cm。

**1.2 试验方法** 样品的体尺测量是将试验鱼与直尺处于同一视野下进行拍照,得到的照片通过Motic Images Plus 2.0软件进行数据测量,测量河鲀鱼的头长、吻长、体长、体宽、尾柄长和尾柄高6个性状,并计算头长/吻长、体长/体宽、尾柄长/尾柄高、体长/头长、头长/体宽、体长/尾柄长和体宽/尾柄高7个性状比值。

## 1.3 数据分析

**1.3.1 形态性状。**使用Motic Images软件对样品图片进行测量时,按照表1定义河鲀鱼的测量标准,测量数据精确到0.01 cm,进行性状比值计算时所得结果精确至0.001。

**1.3.2 单因素方差分析。**通过单因素方差分析方法分析头

**基金项目** 国家海水鱼产业技术体系岗位科学家专项(CARS-47)。

**作者简介** 张钰渤(1996—),男,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向:鱼类种质资源与分子生物学。\*通信作者:王秀利,教授,博士,从事分子生物学研究;刘海金,教授,博士,从事海水鱼养殖等研究。

**收稿日期** 2020-05-23

长、吻长、体长、体宽、尾柄长和尾柄高 6 个性状以及头长/吻长、体长/体宽、尾柄长/尾柄高、体长/头长、头长/体宽、体长/尾柄长和体宽/尾柄高这 7 个性状比值在杂交鲀与红鳍东方鲀之间是否存在显著差异。

表 1 河鲀鱼性状定义

Table 1 Trait definition of puffer fishes

序号 No.	性状 Traits	定义 Definition
1	头长	自吻端至鳃后缘的直线距离
2	吻长	自吻端或上颌前缘至眼前缘的直线距离
3	体长	吻端至尾鳍基部的直线距离
4	体宽	胸鳍上方鱼体左右侧的最大距离
5	尾柄长	自腹鳍基底后缘至尾鳍基部的直线距离
6	尾柄高	尾柄部最低处的垂直高度

**1.3.3 主成分分析** 主成分分析是一种利用降维的思想,在损失较少信息的条件下将多个指标转化为几个综合性指标的多元统计方法<sup>[5]</sup>。利用 SPSS 统计软件对试验数据进行分析,从所有数据指标中选出 3 个贡献率最高的主成分,得到主成分 1、主成分 2 和主成分 3,使用计算机软件计算其各自的贡献率以及累积贡献率,并计算各主成分的特征向量。判别准确率计算公式如下:

$$P = \frac{\text{判别正确的尾数}}{\text{实际尾数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{综合判别率} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\sum_{i=1}^k B_i} \quad (2)$$

式中, $A_i$  为分类正确的河鲀鱼数目, $B_i$  为实测的河鲀鱼数目,

$k$  为群体数。

**1.3.4 判别分析** 判别分析是多元统计分析中判断样本所属类型的常用方法之一<sup>[6]</sup>。该试验通过逐步判别分析法对 13 个形态性状进行分析,建立红鳍东方鲀与杂交鲀的判别公式。

**1.3.5 差异系数** 对 13 个形态性状进行差异系数 (coefficient of difference, 简称 CD) 分析,以判断杂交鲀与红鳍东方鲀是否存在分化。计算公式如下:

$$CD = \frac{M_1 - M_2}{S_1 + S_2} \quad (3)$$

式中, $M_1$  为杂交鲀性状平均值, $M_2$  为红鳍东方鲀性状平均值, $S_1$  为杂交鲀性状标准差, $S_2$  为红鳍东方鲀性状标准差。

## 2 结果与分析

**2.1 形态性状测量结果** 使用 Motic Images Plus 2.0 软件对红鳍东方鲀与杂交鲀样品进行测量,并计算其 13 个性状的平均值与标准差(表 2)。

**2.2 单因素方差分析** 单因素方差的分析结果见表 2。当  $P$  值小于 0.01 时,该性状具有极显著差异; $P$  值为 0.01 ~ 0.05 时,该性状具有显著差异;当  $P$  值大于 0.05 时,该性状不具有显著差异。红鳍东方鲀与杂交鲀在头长、吻长、体长、体宽、尾柄长和尾柄高 6 个性状上均表现出极显著差异 ( $P < 0.01$ );在头长/吻长、体长/体宽和头长/体宽 3 个性状上表现出极显著差异 ( $P < 0.01$ );在尾柄长/尾柄高、体长/头长和体长/尾柄长 3 个性状比值上表现出显著差异 ( $P < 0.05$ );在体宽/尾柄高上不具有显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 2 红鳍东方鲀与杂交鲀的形态性状比较

Table 2 The comparison of morphological traits between *F. rubripes* and hybrid puffer (*F. flavidus* ♀ × *F. rubripes* ♂)

群体 Population	头长 Head length cm	吻长 Snout length cm	体长 Body length cm	体宽 Body width cm	尾柄长 Caudal peduncle length//cm	尾柄高 Caudal peduncle height//cm	头长/吻长 Head length / snout length
杂交鲀 Hybrid puffer ( <i>F. flavidus</i> ♀ × <i>F. rubripes</i> ♂)	4.760±0.474	1.610±0.172	15.640±1.539	5.030±0.511	3.160±0.456	1.490±0.153	2.964±0.251
红鳍东方鲀 <i>F. rubripes</i>	5.860±0.475	2.460±0.274	19.790±1.253	5.610±0.598	3.770±0.287	1.670±0.125	2.399±0.258
$P$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
群体 Population	体长/体宽 Body length / body width	尾柄长/尾柄高 Caudal peduncle length/ caudal peduncle height	体长/头长 Body length / head length	头长/体宽 Head length / body width	体长/尾柄长 Body length / caudal peduncle length	体宽/尾柄高 Body length / caudal peduncle height	
杂交鲀 Hybrid puffer ( <i>F. flavidus</i> ♀ × <i>F. rubripes</i> ♂)	3.118±0.161	2.132±0.275	3.290±0.141	0.949±0.054	4.999±0.542	3.386±0.269	
红鳍东方鲀 <i>F. rubripes</i>	3.550±0.253	2.272±0.180	3.386±0.167	1.051±0.085	5.265±0.386	3.364±0.210	
$P$	0.000	0.034	0.025	0.000	0.046	0.750	

**2.3 主成分分析** 对杂交鲀和红鳍东方鲀 2 个群体中 7 个性状比值分布进行主成分分析,得到主成分分析结果(表 3),取特征值大于 1 的 3 个主成分。7 个性状比值在 3 个主成分内的主成分特征向量、贡献率和累计贡献率见表 4。其中主成分 1 的贡献率为 39.124%,根据特征向量的绝对值可知主成分 1 主要受头长/吻长、体长/体宽和头长/体宽 3 个因素的影响;主成分 2 的贡献率为 25.135%,主要受尾柄长/尾柄高和体长/尾柄长 2 个因素的影响;主成分 3 的贡献

率为 16.231%,主要受体长/头长和头长/体宽 2 个因素的影响。3 个主成分的累积贡献率为 80.491%。

使用杂交鲀与红鳍东方鲀的 3 个主成分,以主成分 1 为  $x$  轴,以主成分 2 为  $y$  轴,以主成分 3 为  $z$  轴,绘制出主成分分析的三维散点图(图 1)。由图 1 可以看出,红鳍东方鲀与杂交鲀在主成分分布空间上存在一定程度重叠,但具有显著差异;其中 2 种鱼在主成分 1 ( $x$  轴)上差异明显,在主成分 2、主成分 3,即  $z$  轴和  $y$  轴上差异与主成分 1 ( $x$  轴)相比差异较小。

表3 主成分分析结果

Table 3 The results of principal component analysis

成分 Component	起始特征值 Initial eigenvalue		贡献率 Contribution rate			
	总计 Total	特征值 Eigenvalue %	累计特征值 Cumulative eigenvalue//%	总计 Total	贡献率 Contribution rate//%	累计贡献率 Cumulative contribution rate//%
1	2.739	39.124	39.124	2.739	39.124	39.124
2	1.759	25.135	64.260	1.759	25.135	64.260
3	1.136	16.231	80.491	1.136	16.231	80.491
4	0.932	13.314	93.805			
5	0.426	6.090	99.894			
6	0.007	0.094	99.988			
7	0.001	0.012	100			

表4 河鲃鱼3个主成分的特征向量及贡献率

Table 4 Eigenvectors and contribution rates of the three principal components of river puffer

性状 Traits	主成分1 Principal component 1	主成分2 Principal component 2	主成分3 Principal component 3
头长/吻长 Head length / snout length	-0.454	-0.020	0.157
体长/体宽 Body length/body width	0.581	-0.092	0.027
尾柄长/尾柄高 Caudal peduncle length/ caudal peduncle height	0.260	0.636	0.243
体长/头长 Body length/head length	0.218	0.225	-0.800
头长/体宽 Head length/ body width	0.489	-0.220	0.466
体长/尾柄长 Body length/ caudal peduncle length	-0.011	-0.664	-0.137
体宽/尾柄高 Body length/ caudal peduncle height	-0.318	0.221	0.198
各主成分贡献率 Contribu- tion rates of the three principal components//%	39.124	25.135	16.231
累计贡献率 Cumulative contribution rate//%	39.124	64.260	80.491

表5 6个性状的判别函数对样本的预测分类及判别准确率

Table 5 Predictive classification and discrimination accuracy of the discriminant function of 6 traits to samples

项目 Item	种类 Species	总数量 Total num- ber//尾	判别结果 Discrimination results		判别准确率 Discrimination accuracy //%	综合判别率 Comprehensive discrimination rate//%
			杂交鲃 Hybrid puffer	红鳍东方鲃 <i>F.rubripes</i>		
原始验证 Original validation	杂交鲃	30	29	1	96.7	98.2
	红鳍东方鲃	26	0	26	100	
交叉验证 Cross-validation	杂交鲃	30	29	1	96.7	98.2
	红鳍东方鲃	26	0	26	100	

率为96.7%,原始分组综合准确率达到98.2%。针对分析中的观察值进行交叉验证,在交叉验证中每一个观察值都会依据从该观察值之外的所有观察值衍生的函数进行分类,98.2%的交叉验证观察值被正确地分类,综合判别准确率极高,可作为红鳍东方鲃与杂交鲃之间的判别依据。

同理通过SPSS统计软件采用逐步判别法分析7个性状比值,得到4个与判别相关的性状比值,其中分析得出的特征值为3.383,典型相关系数为0.879, Wilks'  $\lambda = 0.228$ , 经 $\chi^2$

2.4 判别分析 利用SPSS统计软件采用逐步判别法分析6个性状,得到4个与判别相关的性状,其中分析得出的特征值为5.824,典型相关系数为0.924, Wilks'  $\lambda = 0.147$ , 经 $\chi^2$ 检验得到的结果为99.862,显著性为0.000 ( $P < 0.01$ ),证明逐步判别法得出的判别公式具有统计学意义,可作为区分红鳍东方鲃与杂交鲃的分类依据。红鳍东方鲃与杂交鲃的判别式如下:

红鳍东方鲃:  $Y_1 = 24.359X_1 + 8.904X_2 - 7.372X_3 + 15.599X_4 - 111.118$ 。

杂交鲃:  $Y_2 = 10.786X_1 + 4.736X_2 - 1.832X_3 + 32.813X_4 - 66.238$ 。

式中,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  和  $X_4$  分别代表吻长、体长、体宽和尾柄高;进行种群判别时,将目标鱼的4个性状带入2个公式中进行计算,得到2个函数值,其中函数值较大的即为目标鱼的所属种群。根据判别式对试验样本进行预测并进行交叉验证(表5),红鳍东方鲃的判别准确率达100%,杂交鲃的判别准

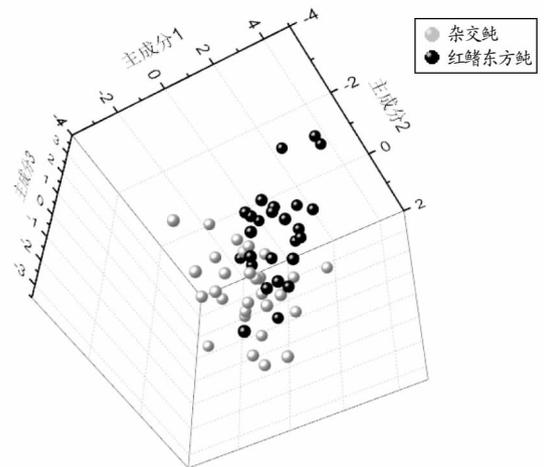


图1 3个主成分的三维散点图

Fig.1 Three-dimensional scatter plot of three principal components

检验得到的结果为76.840,显著性为0.000 ( $P < 0.01$ ),证明逐步判别法得出的判别公式具有统计学意义,可作为区分红鳍东方鲃与杂交鲃的分类依据。红鳍东方鲃与杂交鲃的判别式如下:

红鳍东方鲃:  $Y_1 = 16.586X_1 + 236.662X_2 - 47.616X_3 + 191.008X_4 - 707.886$ 。

杂交鲃:  $Y_2 = 26.537X_1 + 216.613X_2 - 41.440X_3 + 176.468X_4 - 632.262$ 。

式中,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  和  $X_4$  分别代表头长/吻长、体长/体宽、尾柄长/尾柄高和体宽/尾柄高;根据判别式对试验样本进行预测并进行交叉验证(表 6),红鳍东方鲀的判别准确率为 92.3%,杂交鲀的判别准确率为 100%,原始分组综合准确率达到 96.4%,交叉验证准确率为 94.6%,综合判别准确率较高,同样可作为 2 种鱼之间的判别依据。

**2.5 差异系数分析** Mayr 等<sup>[7]</sup>首先提出差异系数的概念,按阈值 1.28 来判定区分物种地理群体。杂交鲀与红鳍东方鲀的差异系数见表 7。杂交鲀与红鳍东方鲀的 6 个性状和 7 个性状比值的差异系数中,只有吻长(-1.907)与体长(-1.488)差异系数的绝对值超过了 1.28,其余性状与性状比值均小于 1.28,由此可以判断杂交鲀与红鳍东方鲀虽然在个

别性状上表现出明显差异,但总体上尚未达到种群分化水平,因此可判断杂交鲀与红鳍东方鲀之间不存在分化。

### 3 讨论

红鳍东方鲀与菊黄东方鲀都是重要经济鱼类,各自存在着不同的特点,而以红鳍东方鲀为父本,以菊黄东方鲀为母本杂交得到的后代一定程度上继承了二者的优点,并受到市场的欢迎。如何迅速分辨杂交鲀与红鳍鲀是今后区分种群经济意义的需要。该研究采用主成分分析、判别分析、单因素方差分析和差异系数分析方法,对红鳍东方鲀和杂交鲀的形态性状进行了比较分析,为区分二者提供了一定的基础数据。

表 6 7 个性状比值的判别函数对样本的预测分类及判别准确率

Table 6 Predictive classification and discrimination accuracy of the discriminant function of 7 trait ratios to samples

项目 Item	种类 Species	总数量 Total number//尾	判别结果 Discrimination results		判别准确率 Discrimination accuracy // %	综合判别率 Comprehensive discrimination rate // %
			杂交鲀 Hybrid puffer	红鳍东方鲀 <i>F.rubripes</i>		
原始验证 Original validation	杂交鲀	30	30	0	100	96.4
	红鳍东方鲀	26	2	24	92.3	
交叉验证 Cross-validation	杂交鲀	30	29	1	96.7	94.6
	红鳍东方鲀	26	2	24	92.3	

表 7 红鳍东方鲀与杂交鲀形态性状的平均值、标准差和差异系数

Table 7 The average values, standard deviation and coefficient of difference of the traits ratio of hybrid puffer (*F.flavidus* ♀ × *F.rubripes* ♂) and *F.rubripes*

群体 Population	头长 Head length cm	吻长 Snout length cm	体长 Body length cm	体宽 Body width cm	尾柄长 Caudal peduncle length cm	尾柄高 Caudal peduncle height cm	头长/吻长 Head length / snout length
杂交鲀 Hybrid puffer	4.760±0.474	1.610±0.172	15.640±1.539	5.030±0.511	3.160±0.456	1.490±0.153	2.964±0.251
红鳍东方鲀 <i>F.rubripes</i>	5.860±0.475	2.460±0.274	19.790±1.253	5.610±0.598	3.770±0.287	1.670±0.125	2.399±0.258
差异系数 Coefficient of difference	-1.161	-1.907	-1.488	-0.526	-0.820	-0.636	1.111

群体 Population	体长/体宽 Body length / body width	尾柄长/尾柄高 Caudal peduncle length/caudal peduncle height	体长/头长 Body length / head length	头长/体宽 Head length / body width	体长/尾柄长 Body length / caudal peduncle length	体宽/尾柄高 Body length / caudal peduncle height
杂交鲀 Hybrid puffer	3.118±0.161	2.132±0.275	3.290±0.141	0.949±0.054	4.999±0.542	3.386±0.269
红鳍东方鲀 <i>F.rubripes</i>	3.550±0.253	2.272±0.180	3.386±0.167	1.051±0.085	5.265±0.386	3.364±0.210
差异系数 Coefficient of difference	-1.044	-0.308	-0.313	-0.731	-0.286	0.044

主成分分析是一种利用降维的思想,在损失较少信息的条件下将多个指标转化为几个综合性指标的多元统计方法。如何通过几个主成分来表达多个变量间的内部结构,将原来多个具有一定相关性(比如  $P$  个指标),重新组合成一组相互之间没有关系的综合指标来代替原来的指标。通常数学上的方法就是将原先  $P$  个指标进行线性组合,得到新的综合指标<sup>[8-9]</sup>,在体型分析中得到了广泛应用。该研究通过 SPSS 统计软件对数据进行了主成分分析,得到了 3 个主成分,贡献率分别为 39.124%、25.135% 和 16.231%,累计贡献率为 80.491%。红鳍东方鲀与杂交鲀存在较大差异。

2 种鱼在主成分 1 上差异较大,主成分 2 与主成分 3 具有较小的差异,主成分 1 主要受头长/吻长、体长/体宽和头长/体宽 3 个因素的影响,这 3 个性状  $P$  值均为 0.000 ( $P < 0.01$ ),具有极显著差异;主成分 2 主要受尾柄长/尾柄高和体长/尾柄长 2 个因素的影响,这 2 个性状比值的  $P$  值分别为 0.034 和 0.046,具有显著差异;主成分 3 中影响最大的因素为体长/头长,  $P$  值为 0.025,具有显著差异。这说明主成分分析结果与单因素方差分析结果存在一定程度上的关联。同时,影响主成分 1 的头长/吻长、体长/体宽和头长/体宽这 3 个性状比值的差异系数绝对值也是所有性状比值中较高

的,分别为1.111、-1.044和-0.731;影响主成分2和主成分3的3个性状比值尾柄长/尾柄高、体长/尾柄长和体长/头长的差异系数绝对值则相对较低,分别为-0.308、-0.286和-0.313;主成分分析、差异系数分析和单因素方差分析呈现出相同的结果,3种分析方法分别从不同的角度反映出红鳍东方鲀与杂交鲀之间的差异,得到了相似的结论。

在判别分析中,当判别变量数目很多时,如果不进行筛选而一概采用来建立判别函数,不仅计算量大,而且由于变量之间的相关性,可能使计算精度下降,建立出来的判别函数不稳定。逐步判别法在尽可能多地计算出与判别总体相关的变量后,对变量进行筛选,将重要的变量引入到了判别函数中,并且剔除了那些随着新变量引入判别能力下降的早期变量,使得最终建立的判别公式仅保存判别能力相对较强的变量。逐步判别法已在形态学分析上已得到广泛应用<sup>[10-11]</sup>,例如斑狗鱼、鲍鱼、黄颡鱼、石斑鱼、裂腹鱼等<sup>[12-17]</sup>。该研究对红鳍东方鲀与杂交鲀各形态性状进行了逐步判别分析,得到特征值为5.824,典型相关系数为0.924, Wilks'  $\lambda = 0.147$ ,经 $\chi^2$ 检验得到的结果为99.862,  $P$ 值为0.000 ( $P < 0.01$ ),通过判别公式对样本进行检验,原始分组综合准确率为98.2%,交叉验证准确率为98.2%,特征值为3.383,典型相关系数为0.879, Wilks'  $\lambda = 0.228$ ,经 $\chi^2$ 检验得到的结果为76.840,  $P$ 值为0.000 ( $P < 0.01$ )。通过判别公式对样本进行检验,原始分组综合准确率为96.4%,交叉验证准确率为94.6%,判别准确率较高,表明红鳍东方鲀与杂交鲀之间存在可区分的明显差异,2组公式均可作为红鳍东方鲀与杂交鲀

之间的判别依据。

## 参考文献

- [1] 孙中之.红鳍东方鲀的生物学特性及人工育苗技术[J].齐鲁渔业,2002,19(8):44-46.
  - [2] 岳亮.红鳍东方鲀性别相关分子标记的筛选及数量形态特征比较[D].上海:上海海洋大学,2014.
  - [3] 范文涛,刘海金,赵文江,等.菊黄东方鲀♀×红鳍东方鲀♂杂交后代早期形态特征及生长速度的比较[J].水产学报,2011,35(7):1065-1071.
  - [4] 范文涛.杂交东方鲀早期形态特征、生长速度和性腺分化的研究[D].上海:上海海洋大学,2011.
  - [5] 何亮.主成分分析在SPSS中的应用[J].山西农业大学学报,2007,6(S1):20-22.
  - [6] 瞿健菊.SPSS中判别分析的使用:以语言学实验为例[J].文教资料,2015(34):16-18.
  - [7] MAYR E, LINSLEY E G, USINGER R L. Methods and principles of systematic zoology[M]. New York: McGRAW Hill, 1953:23-39, 125-154.
  - [8] 邵毅,邵慧妍,陈卉,等.基于Matlab的受试者操作特征曲线分析[J].中国医疗设备,2012,27(4):12-15.
  - [9] 张文霖.主成分分析在SPSS中的操作应用[J].市场研究,2005(12):31-34.
  - [10] 王涛.基于多元统计方法的财务预警分析[J].科技创新导报,2013(17):183.
  - [11] 王江荣,文晖,赵权斌.基于SPSS的贝叶斯逐步线性判别法在煤炭种类识别中的应用[J].选煤技术,2014(5):64-67.
  - [12] 霍堂斌,袁美云,马波,等.白斑狗鱼与黑斑狗鱼的形态差异与判别分析[J].大连海洋大学学报,2011,26(3):253-259.
  - [13] 刘桃花,侯木舟.鲍鱼年龄分类中的判别分析和聚类分析[J].邵阳学院学报(自然科学版),2016,13(1):14-18.
  - [14] 武兆文,郑翔,张佳佳,等.杂交黄颡鱼“黄优1号”形态指标体系的建立及雌雄差异判别[J].海洋渔业,2019,41(5):578-588.
  - [15] 李谔,韩林强,艾丽,等.两种杂交黄颡鱼的生长与形态差异分析[J].水产养殖,2016,37(10):29-35.
  - [16] 王新安,马爱军,陈超,等.七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析[J].海洋与湖沼,2008,39(6):655-660.
  - [17] 李忠利,陈永祥,胡思玉,等.四川裂腹鱼和重口裂腹鱼形态差异的多元分析[J].动物学杂志,2015,50(4):547-554.
- 
- (上接第74页)
- [3] 陈惠珍.论土地储备制度的意义[J].中国房地产业,2017(19):15.
  - [4] 广西壮族自治区人民政府办公厅.广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西壮族自治区本级土地储备运作机制的通知:桂政办发[2012]171号[A].2012-07-11.
  - [5] 李红梅,刘云菲,刘恩平.推进农垦国有农用地经营管理创新战略思考[J].中国农垦,2019(10):30-33.
  - [6] 李贵银.论广西农垦土地管理体制改革的[J].中国农垦,2009(6):47-50.
  - [7] 赵茜宇,陈龙江.基于多因子评价法的乡镇土地集约评价研究:以河南省商城县为例[J].农村经济与科技,2012,23(5):91-93.
  - [8] 丁家彦.全心谋划园区快发展 全力打造经济新引擎——新兴产业园区深入开展创先争优活动[J].现代企业文化,2011(14):28-29.
  - [9] 李凡.明阳工业园园区开发与国有农场和谐发展的若干问题与解决路径[J].广西职业技术学院学报,2015,8(1):13-15.
  - [10] 李宁波.以园区建设的大跨越 加速推动贵港经济的大发展[J].广西经济,2012(5):21-23.
  - [11] 崔家颖,奚奇,王振坡.我国城市地块储备潜力评价研究:以天津市新八大里地块为例[J].建筑经济,2016,37(11):74-78.
  - [12] 欧雄,冯长春,李方.城镇土地利用潜力评价:以广州市天河区为例[J].地域研究与开发,2007,26(5):100-104.
  - [13] 袁媛,蒋珊红,王玉,等.基于城市规划实施的土地储备潜力评价研究[J].规划师,2015,31(7):80-86.
  - [14] 金晓斌,周寅康,徐婷,等.城市土地储备潜力评价研究[J].地理与地理信息科学,2005,21(4):32-35.
  - [15] MCFADYEN S. The economic implications of urban public land banking[J]. Annals of regional science, 1978, 12(1):67-81.
  - [16] 黄鸿鸿.基于适宜性评价的农地整理规划理论和方法:以义乌市义佛土地整理区为例[D].杭州:浙江大学,2002.
  - [17] 薛健.统一管制性城市土地储备的相关问题研究[D].重庆:重庆大学,2005.
  - [18] VAIDYA O S, KUMAR S. Analytic hierarchy process: An overview of applications[J]. European journal of operational research, 2006, 169(1):1-29.
  - [19] THAPA R B, MURAYAMA Y. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi[J]. Land use policy, 2008, 25(2):225-239.
  - [20] SIMWANDA M, MURAYAMA Y, RANAGALAGE M. Modeling the drivers of urban land use changes in Lusaka, Zambia using multi-criteria evaluation: An analytic network process approach [J/OL]. Land use policy, 2020, 92 [2020-01-05]. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104441>.
  - [21] DYER R F, FORMAN E H. Group decision support with the analytic hierarchy process[J]. Decision support systems, 1992, 8(2):99-124.
  - [22] 刘妹驩,杨庆媛,何春燕,等.基于层次分析法(AHP)和模糊综合评价法的土地整治效益评价——重庆市3个区县26个村农村土地整治的实证[J].中国农学通报,2013,29(26):54-60.
  - [23] 孟繁华.层次分析法在建设用地区项目选址中的应用研究:以山西吕梁焦化厂项目为例[J].中国土地科学,2001,15(2):42-45.
  - [24] 施祖送,梅均.层次分析法在湖北省土地利用现状评价中的应用[J].现代农业科技,2006(10):186-188.
  - [25] 胡存智,林坚,李万东,等.城镇土地分等定级规程:GB/T 18507—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.