

红鳍东方鲀体型性状选育指标的综合判定

王新安¹ 马爱军^{1*} 庄志猛¹ 陆丽君¹ 李伟业¹ 翟介明²

(¹农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²莱州明波水产有限公司, 烟台 261418)

摘 要 对红鳍东方鲀的 18 个体型性状进行了测定, 并计算各性状的表型参数和相关系数, 探讨应用主成分分析和聚类分析确定红鳍东方鲀体型性状的选育指标。结果表明, 系统聚类分析与主成分分析的结果基本上是一致的, 红鳍东方鲀体型性状选育的适宜指标中, 可选择包括体重、体周长 1、体长、眼后头长和眼径 5 个性状作为代表性的性状指标。研究结果为红鳍东方鲀体型性状的选育提供了参考资料。

关键词 红鳍东方鲀 体型性状 主成分分析 聚类分析

中图分类号 S917.4 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2012)06-0010-06

Judgment of selection index of morphological traits in *Fugu rubripes*

WANG Xin-an¹ MA Ai-jun^{1*} ZHUANG Zhi-meng¹

LU Li-jun¹ LI Wei-ye¹ ZHAI Jie-ming²

(¹Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,

Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²Laizhou Mingbo Aquatic Limited Corporation, Yantai 261418)

ABSTRACT Eighteen morphological traits of *Fugu rubripes* Temmincket Schlegel were studied. The phenotypic parameters of these traits and the coefficients of correlation among them were computed. The hierarchical principal component analysis and cluster analysis were employed to select the representative traits in the fish. The results of principal component analysis and cluster analysis were consistent, indicating that five body traits, including body weight, body girth 1, body length, length between eye and head, eye diameter should be considered for morphological selection. The results of the two methods will provide references for body traits selective breeding for *F. rubripes*.

KEY WORDS *Fugu rubripes* Morphological trait Principal component analysis Cluster analysis

中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(20603022012005)资助

* 通讯作者。E-mail: maaj@ysfri. ac. cn

收稿日期: 2012-01-06; 接受日期: 2012-04-20

作者简介: 王新安(1970-), 男, 助理研究员, 主要从事海水鱼类繁育与遗传育种研究。E-mail: wangxa@ysfri. ac. cn, Tel: (0532)85835103

主成分分析和聚类分析是应用多元统计分析原理,对多个变量进行研究的一种数学方法。主成分分析是在众多的性状或样品中,根据性状或样品相关性,挖掘出反映主要信息的少数几个互相独立的综合性状变量或样本。聚类分析是依据变量的性质和特征的相似度将彼此相近的样本分为一类,而差异较大的分为不同的类(张 力等 2008)。近年来,随着数学理论基础的深化和计算机技术的快速发展,主成分分析和聚类分析等多元统计分析方法在不断地发展和完善(张 力等 2009)。目前,主成分分析和聚类分析在动物品种的分类、起源、进化、选育以及各种生产性能指标分类的研究中得到广泛的应用(张 力等 2008)。

在选育过程中,选取一些信息量大、综合性好、具有代表性的体型指标开展多目标性状选育,可加速选育进展,建立有突出特性的专门化品系(唐爱发等 2000)。但红鳍东方鲀可测体型性状的指标很多,关系错综复杂(范文涛等 2011)。聚类分析和主成分分析可将众多的具有复杂关系的体型性状归结为数量较少的几个综合指标,又不使所含信息丧失太多(唐爱发等 2000)。本研究应用相关分析、主成分分析和聚类分析,对红鳍东方鲀的 18 个体型性状作了分析,旨在揭示各性状的内在联系及其规律,选出一些能客观表明个体生产性能的代表性体型性状指标,为红鳍东方鲀选育工作提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用红鳍东方鲀来自于山东莱州明波水产有限公司养殖种。2010 年 11 月,随机采集大小均匀的红鳍东方鲀样品 169 尾。逐尾用游标卡尺测量全长(TL)、体长(BL)、体高(BD)、头长(HL)、眼后头长(EH)、吻长(SL)、口宽(MW)、眼径(ED)、眼间距(IS)、尾柄长(CPL)、尾柄高(CPW)、尾柄宽(CPB)、体宽(BW)、躯干长(TR)、尾长(TA)、体周长 1(BG1)(沿背鳍前环躯干长度)、体周长 2(BG2)(沿胸鳍后环躯干长度)17 个形态性状,精确到 0.01cm。体重(BWH)用电子天平称量,精确到 0.01 g。

1.2 分析方法

试验数据应用统计软件 SPSS for Windows 13.0 进行相关分析、主成分分析和系统聚类分析(陈 超等 2008)。

2 结果与分析

2.1 体型性状的表型参数

对红鳍东方鲀 18 个体型性状的表型参数统计分析发现(表 1),不同体型性状的变异系数差异较大,其中眼后头长(EH)的变异系数最大(76.519 1%),其次为尾柄宽(CPB)(39.669 4%)、体高(BD)(36.912 6%)和体重(BWH)(18.806 8%),口宽(MW)的变异系数最小,仅为 4.676 3%。显然,在选择红鳍东方鲀的典型体型性状进行遗传改良时,可优先考虑眼后头长、尾柄宽、体高和体重,对这些性状进行选择时提高的余地较大,有望以此为基础来提高其他性状,预期可取得理想的选择效果。

2.2 体型性状的相关分析

对红鳍东方鲀 18 个体型性状进行表型相关分析,获得各性状间的表型相关系数(表 2),各性状间的表型相关大多数达到极显著水平($P < 0.01$)。其中,各形态性状与体重间的表型相关除眼后头长(EH)未达到显著水平($P > 0.05$)外,其余均达到极显著水平($P < 0.01$),系数大小依次为:体周长 1(BG1) > 体宽(BW) > 全长(TL) > 眼间距(IS) > 体高(BD) > 体周长 2(BG2) > 尾柄宽(CPB) > 躯干长(TR) > 尾长(TA) > 头长(HL) > 尾柄长(CPL) > 尾柄高(CPW) > 口宽(MW) > 吻长(SL) > 眼径(ED) > 体长(BL) > 眼后头长(EH)(表 2),表明所选指标进行相关分析具有实际意义。相关分析仅为对表型性状的直观分析,如何选择几个有代表性的性状作为选育指标,还需从主成分分析和聚类分析的角度进行研究。

表 1 红鳍东方鲀各表型性状的统计量($n=169$)
Table 1 The descriptive statistics of morphometric characters ($n=169$)

性状 Traits	平均数 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variability (%)
全长 TL (cm)	30.085 8	2.030 6	6.749 4
体长 BL (cm)	24.714 2	3.128 6	12.659 3
体高 BD (cm)	5.501 2	2.030 6	36.912 6
头长 HL (cm)	8.043 8	0.446 2	5.547 7
眼后头长 EH (cm)	3.973 4	3.040 4	76.519 1
吻长 SL (cm)	3.160 4	0.205 9	6.515 9
口宽 MW (cm)	2.868 9	0.134 1	4.676 3
眼径 ED (cm)	0.975 1	0.054 3	5.570 7
眼间距 IS (cm)	4.932 5	0.287 7	5.833 9
尾柄长 CPL (cm)	9.020 1	0.836 3	9.272 5
尾柄高 CPW (cm)	4.858 6	0.354 9	7.306 2
尾柄宽 CPB (cm)	5.118 9	2.030 6	39.669 4
体宽 BW (cm)	7.900 0	0.686 7	8.693 4
躯干长 TR (cm)	8.621 1	0.770 4	8.936 2
尾长 TA (cm)	14.187 6	1.035 8	7.301 1
体周长 1 BG1 (cm)	23.484 0	1.896 1	8.074 3
体周长 2 BG2 (cm)	19.433 0	1.890 4	9.728 0
体重 BWH (g)	582.621 3	109.572 4	18.806 8

2.3 体型性状的主成分分析

上述相关系数矩阵(表 2)经 Bartlett 检验表明, Bartlett 值 = 2 790.626, $P=0.000 < 0.000 1$, 即相关矩阵不是一个单位矩阵, 因此, 可进行主成分分析, KMO 值 = 0.917, 表明对这些变量进行主成分分析能够取得较好的效果。

对红鳍东方鲀 18 个体型性状进行主成分分析, 共获得 4 个主成分。相关矩阵特征值、贡献率和累积贡献率见表 3。按照主成分分析中关于累积贡献率和特征向量的生物学含义, 累积贡献率为各复合性状相对于所有复合性状对于遗传方差的贡献的百分率; 特征向量表示对复合性状贡献的大小, 其绝对值反映了各性状对该主成分作用的大小和性质(张 力等 2009)。由表 3 可知, 第 1 个主成分贡献率为 54.531 4%, 第 2 个主成分贡献率为 8.721 3%, 第 3 个主成分贡献率为 6.472 9%, 第 4 个主成分贡献率为 5.656 2%。尽管 4 个主成分的累积贡献率为 75.381 9%, 未大于或等于 85%, 但高于 60%。由表 3 的特征向量, 其 4 个主成分的表达式分别为:

$$F_1 = 0.847X_1 + 0.488X_2 + 0.787X_3 + 0.776X_4 + 0.152X_5 + 0.675X_6 + 0.686X_7 + 0.627X_8 + 0.822X_9 + 0.708X_{10} + 0.701X_{11} + 0.760X_{12} + 0.817X_{13} + 0.752X_{14} + 0.768X_{15} + 0.878X_{16} + 0.719X_{17} + 0.968X_{18};$$

$$F_2 = 0.374X_1 + 0.503X_2 - 0.217X_3 + 0.118X_4 + 0.276X_5 - 0.006X_6 - 0.266X_7 - 0.072X_8 - 0.106X_9 + 0.477X_{10} - 0.085X_{11} - 0.105X_{12} - 0.278X_{13} + 0.250X_{14} + 0.457X_{15} - 0.334X_{16} - 0.491X_{17} - 0.073X_{18};$$

$$F_3 = 0.847X_1 + 0.488X_2 + 0.787X_3 + 0.776X_4 + 0.152X_5 + 0.675X_6 + 0.686X_7 + 0.627X_8 + 0.822X_9 + 0.708X_{10} + 0.701X_{11} + 0.760X_{12} + 0.817X_{13} + 0.752X_{14} + 0.768X_{15} + 0.878X_{16} + 0.719X_{17} + 0.968X_{18};$$

$$F_4 = 0.001X_1 + 0.094X_2 + 0.028X_3 + 0.285X_4 + 0.392X_5 + 0.252X_6 + 0.315X_7 + 0.509X_8 - 0.026X_9 - 0.159X_{10} - 0.272X_{11} - 0.415X_{12} - 0.039X_{13} - 0.248X_{14} - 0.084X_{15} - 0.077X_{16} - 0.010X_{17} - 0.060X_{18}。$$

表 2 性状间表型相关矩阵
Table 2 The phenotype correlation matrix among the traits

性状 Traits	全长 TL	体长 BL	体高 BD	头长 HL	眼后头长 EH	吻长 SL	口宽 MW	眼径 ED	眼间距 IS
全长 TL	1	0.517**	0.618**	0.702**	0.142	0.549**	0.483**	0.524**	0.637**
体长 BL		1	0.280**	0.428**	0.306**	0.248**	0.243**	0.227**	0.319**
体高 BD			1	0.582**	0.119	0.506**	0.562**	0.439**	0.663**
头长 HL				1	0.145	0.649**	0.543**	0.576**	0.572**
眼后头长 EH					1	0.059	0.124	0.069	0.126
吻长 SL						1	0.481**	0.460**	0.504**
口宽 MW							1	0.514**	0.581**
眼径 ED								1	0.486**
眼间距 IS									1

性状 Traits	尾柄长 CPL	尾柄高 CPW	尾柄宽 CPB	体宽 BW	躯干长 TR	尾长 TA	体周长 1 BG1	体周长 2 BG2	体重 BWH
全长 TL	0.780**	0.780**	0.581**	0.558**	0.725**	0.843**	0.632**	0.433**	0.801**
体长 BL	0.397**	0.325**	0.315**	0.338**	0.453**	0.476**	0.257**	0.230**	0.422**
体高 BD	0.437**	0.527**	0.567**	0.615**	0.498**	0.496**	0.777**	0.631**	0.785**
头长 HL	0.497**	0.505**	0.506**	0.544**	0.541**	0.592**	0.568**	0.466**	0.710**
眼后头长 EH	0.053	0.203**	0.118	0.025	0.078	0.084	0.075	0.007	0.110
吻长 SL	0.459**	0.453**	0.423**	0.552**	0.398**	0.493**	0.531**	0.385**	0.607**
口宽 MW	0.294**	0.469**	0.408**	0.573**	0.468**	0.381**	0.604**	0.549**	0.653**
眼径 ED	0.409**	0.283**	0.273**	0.531**	0.354**	0.461**	0.516**	0.472**	0.579**
眼间距 IS	0.540**	0.552**	0.588**	0.669**	0.622**	0.566**	0.759**	0.593**	0.791**
尾柄长 CPL	1	0.390**	0.456**	0.445**	0.605**	0.867**	0.523**	0.305**	0.675**
尾柄高 CPW		1	0.771**	0.577**	0.554**	0.422**	0.580**	0.433**	0.660**
尾柄宽 CPB			1	0.637**	0.601**	0.521**	0.690**	0.593**	0.736**
体宽 BW				1	0.548**	0.512**	0.808**	0.712**	0.802**
躯干长 TR					1	0.605**	0.561**	0.363**	0.729**
尾长 TA						1	0.545**	0.366**	0.717**
体周长 1 BG1							1	0.855**	0.913**
体周长 2 BG2								1	0.743**
体重 BWH									1

* 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$)

* represents significant difference ($P < 0.05$), ** represents highly significant difference ($P < 0.01$)

在 4 个主成分方程中,第 1 主成分的特征向量以体重(BWH)最大(0.968),其次是体周长 1(BG1)(0.878);第 2 主成分的特征向量以体长(BL)最大(0.503),第 3 主成分的特征向量以眼后头长(EH)最大(0.764),第 4 主成分的特征向量以眼径(ED)最大(0.509)。综合 4 个主成分,可选取体重、体周长 1、体长、眼后头长和眼径为代表性的性状指标。

根据特征向量(表 3),以第 1 主成分值为横坐标,第 2 主成分值为纵坐标,第 3 主成分值为切向坐标,绘制三维立体坐标散点聚类图(图 1),更为直观地表明了 18 个体型性状的关系。显然,第 2 主成分的最大特征向量体长(BL)和第 3 主成分的最大特征向量眼后头长(EH)与其他性状的偏离态势较为显著;而第 1 主成分前两位特征向量体重(BWH)和体周长 1(BG1)之间较高的相关性也体现得较为明显。

2.4 体型性状的聚类分析

对 169 尾红鳍东方鲀的 18 个体型性状进行系统聚类分析,性状间的欧氏距离聚类的结果(图 2)表明,体周长 1(BG1)、体重(BWH)、体宽(BW)、体周长 2(BG2)、眼间距(IS)、体高(BD)、尾柄高(CPW)、尾柄宽

(CPB)、口宽(MW)、头长(HL)、吻长(SL)、尾柄长(CPL)、尾长(TA)、全长(TL)、躯干长(TR)15 个性状先聚为一类,然后依次再与眼径(ED)、体长(BL)、眼后头长(EH)相聚。这反映了性状间的相互关系。由图 2 还发现,在统计分析的 18 个性状中,体周长 1(BG1)与体重(BWH)的相关性最高。这表明,在从红鳍东方鲀多个体型性状中选取代表性选育指标时,可在前 15 个聚为一类的指标中选取 1~2 个,再加上眼径(ED)、体长(BL)、眼后头长(EH)3 个指标即可,其效果与 18 个指标是基本等价的。由于各性状与体重的相关性大多达到极显著水平($P < 0.01$)(眼后头长除外),因此,从 15 个性状中选取体重以及与体重相关性最高的体周长 1 作为这一类的代表性指标。显然,系统聚类分析的结果与主成分分析的结果基本上是一致的。

表 3 入选的特征根和特征向量

Table 3 Selected latent roots and eigenvectors

主成分	Principal component	1	2	3	4
特征根	Latent root	9.815 6	1.569 8	1.165 1	1.018 1
贡献率	Variance explained(%)	54.531 4	8.721 3	6.472 9	5.656 2
累积贡献率	Cumulative percentage(%)	54.531 4	63.252 7	69.725 6	75.381 9
	全长 TL	0.847	0.374	-0.145	0.001
	体长 BL	0.488	0.503	0.310	0.094
	体高 BD	0.787	-0.217	0.047	0.028
	头长 HL	0.776	0.118	-0.049	0.285
	眼后头长 EH	0.152	0.276	0.764	0.392
	吻长 SL	0.675	-0.006	-0.154	0.252
	口宽 MW	0.686	-0.266	0.050	0.315
	眼径 ED	0.627	-0.072	-0.275	0.509
特征向量	眼间距 IS	0.822	-0.106	0.016	-0.026
Eigenvectors	尾柄长 CP L	0.708	0.477	-0.288	-0.159
	尾柄宽 CPW	0.701	-0.085	0.387	-0.272
	尾柄宽 CPB	0.760	-0.105	0.259	-0.415
	体宽 BW	0.817	-0.278	-0.007	-0.039
	躯干长 TR	0.752	0.250	0.027	-0.248
	尾长 TA	0.768	0.457	-0.238	-0.084
	体周长 1 BG1	0.878	-0.334	-0.002	-0.077
	体周长 2 BG2	0.719	-0.491	0.015	-0.010
	体重 BWH	0.968	-0.073	-0.019	-0.060

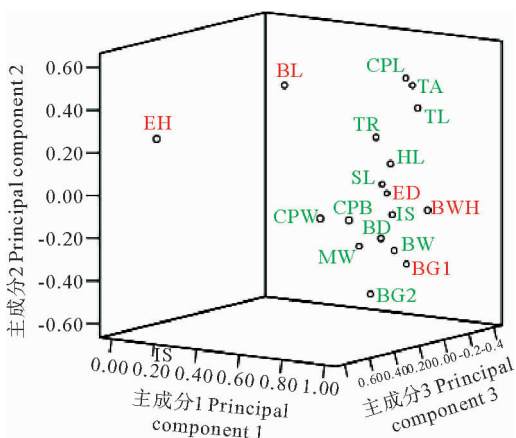


图 1 红鳍东方鲀 18 个体型性状的三维分布
Fig. 1 Three-dimensional graph of eighteen morphological traits of *F. rubripes*

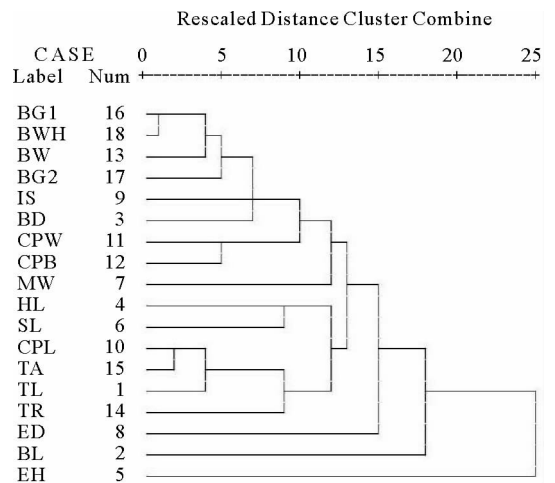


图 2 红鳍东方鲀 18 个体型性状的系统聚类树
Fig. 2 Hierarchical cluster analysis dendrogram of eighteen morphological traits of *F. rubripes*

3 讨论

在动物选育工作中,体重等体型性状通常是最先考虑的经济改良目标。由于体型性状的数量较多,在实际工作中不可能对所有体型性状进行测量。因此,采用合理的方法从众多的体型性状中选取具有代表性的典型体型性状进行遗传改良显得尤为重要。利用表型数据确定典型性状的方法有多种,通常情况下,首先考虑各体型性状的自身特点,如利用性状的变异系数等,可选取变异程度大的性状作为选育指标,其次再考虑它们的选择实施难度进行选择(张 力等 2009)。随着数理统计基础理论不断完善和计算机科学技术的发展,多元统计方法也逐渐被利用到筛选典型性状确定选育指标上来。特别在畜牧动物选育领域,这些技术应用的较为普遍(张 毅等 2004;张 力等 2008,2009)。

从红鳍东方鲀不同体型性状的变异系数差异来看,眼后头长(EH)、尾柄宽(CPB)、体高(BD)和体重(BWH)的变异系数较大。显然,在对红鳍东方鲀进行选育时,可优先考虑眼后头长、尾柄宽、体高和体重等性状作为主要的选育指标,对这些性状进行选择时提高的余地较大。从体型性状间的表型相关系数来看,各性状与体重的相关程度基本上均较高,除眼后头长(EH)与体重间的表型相关未达到显著水平($P>0.05$)外,其余均达到极其显著水平($P<0.01$)。因此在选育指标的制定上,选择体重作为主要的选择指标进行遗传改良时,可对其余各性状也有很大的间接改良作用。

主成分分析是研究如何将多指标转化为新的综合指标,这些综合指标既彼此互不相关,又具有很强的信息凝聚效能,综合后的新指标即为原来指标的主成分(张 力等 2009)。对红鳍东方鲀 18 个体型性状的主成分分析结果表明,可提取 4 个主成分,从各个主成分的特征向量可知,分别以体重、体周长 1、体长、眼后头长和眼径对主成分的贡献最大。因此,从主成分分析的角度看,红鳍东方鲀体型性状的选择指标至少应包括体重、体周长 1、体长、眼后头长和眼径 5 个性状指标。聚类分析是直接比较各事物之间的性质,将性质相近的归为一类,将性质差别较大的归入不同的类(张 毅等 2004)。在科研工作中,对不同类属的研究对象予以适于自身规律的处理,才有可能取得理想的效果。从红鳍东方鲀体型性状聚类分析的结果看,体周长 1、体重、体宽、体周长 2、眼间距、体高、尾柄高、尾柄宽、口宽、头长、吻长、尾柄长、尾长、全长、躯干长等 15 个性状先聚为一类,然后依次再与眼径、体长、眼后头长相聚。基于聚类分析的结果,并参考体型性状间的相关性,可选取体重、体周长 1、体长、眼后头长和眼径 5 个性状指标作为多个体型性状的代表性选育指标。显然,系统聚类分析的结果与主成分分析的结果基本上是一致的。利用聚类分析和主成分分析对红鳍东方鲀的体型性状进行研究,不仅可以对体型性状选育指标进行分类,选出代表性的指标,制定一个统一的综合选择指数,为红鳍东方鲀体型性状选育提供重要的参考资料,而且还可以减少测量指标,提高选育工作效率。

参 考 文 献

- 张 力,肖天放,王长康. 2009. 莆田黑鸭体型性状的主成分分析. 云南农业大学学报,24(4):562~565,579
- 张 力,肖天放. 2008. 运用主成分分析与聚类分析确定猪繁殖性状的选育指标. 中国农学通报,24(8):28~31
- 张 毅,向 钊,杨飞云,朱 丹. 2004. 聚类分析确定荣昌猪繁殖性状选育指标. 中国兽医学报,24(4):405~406
- 陈 超,邹 滢 编著. 2008. SPSS 15.0 中文版常用功能与应用实例精讲. 北京:电子工业出版社,349~385
- 范文涛,刘海金,赵文江,张福崇. 2011. 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. 水产学报,35(7):1 065 ~ 1 071
- 唐爱发,连林生,李爱云. 2000. 撒坝猪体尺性状的聚类与主成分分析. 辽宁畜牧兽医,(3):1~2