

盖子红七彩神仙形态指标分析及其雌雄鉴别模型建立

张 帅¹, 李坚明², 陈再忠^{1*}

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306; 2. 广西水产技术推广总站, 南宁 530022)

摘 要: 测定和分析了 138 尾盖子红七彩神仙的形态学性状, 并建立了雌雄个体的判别模型。对 22 项直观测量性状的主成分分析和 21 项标准化比例性状的 R 聚类分析, 两者均显示盖子红七彩神仙的个体差异主要集中在体型大小、头部宽度、鱼鳍长度和宽度方面。对 21 项标准化比例性状进行 T-检验, 结果表明在雌雄间这些性状均差异不显著。以 21 项标准化比例性状为预选参数, 通过逐步判别, 建立了判别方程, 对群体识别的正确率为 80.2%。用 32 尾盖子红七彩神仙对这一判别方程进行识别验证, 识别的正确率为 84.4%。

关键词: 盖子红七彩神仙; 雌雄鉴别; 判别分析

中图分类号: S965.8

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)01-0044-07

Analysis of shape index and discriminant of male and female of Solid Red (*Symphysodon* spp.)

ZHANG Shuai¹, LI Jianming², CHEN Zaizhong¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

2. Fishery Technology Extension Station of Guangxi, Nanning 530022)

Abstract: In this study, morphological characters of 138 Solid Red were analyzed and discriminant equations were built. The analysis of the morphological index system of Solid Red with Principal Components and R-cluster, and the results indicated that Solid Red could be classified by "body size, width of head" and "length and width of fin". The results of 21 standardization characteristics both indicated that there was no significant difference. The discriminant equations were built based on 21 standardization characteristics and the accuracy rate was 80.2%. Furthermore, the others Solid Red were also classified by this model and the success rate was 84.4%.

Key words: Solid Red; sexual differences in morphology; discriminant analysis

七彩神仙隶属于鲈形目 (Perciformes), 鲈亚目 (Percoidei), 慈鲷科 (Cichlidae), 盘丽鱼属 (*Symphysodon*), 原产于亚马逊流域。其野生种分类争议较大, 现普遍公认的分类方法为 2 种 4 亚种, 即黑格尔七彩 (*Symphysodon discus heckle*), 野生绿七彩 (*Symphysodon aequifasciatus aequifasciatus*), 野生棕七彩 (*Symphysodon aequifasciatus axelrodi*) 和野生蓝七彩 (*Symphysodon aequifasciatus haraldi*)^[1]。经过数代的人工改良, 演化出许多新的品种, 受到广大爱好者的追捧, 被誉为热带观赏鱼之王。目前, 七彩神仙贸易遍布全球, 特别是在东南亚, 是观赏鱼贸易重要的组成部分。近年来国内外均展开对七彩神仙的研究, 但在实际养殖过程

中, 其雌雄鉴别却一直未得到解决。只能通过观察亲鱼产卵过程外露生殖器来进行雌雄鉴别, 对非产卵过程中的亲鱼及幼鱼均无法有效鉴别。鱼类的雌雄鉴别不仅是鱼类生物学研究的重要组成部分, 更是鱼类人工繁殖和增养殖中不可缺少的关键技术。本试验对七彩神仙最常见的人工改良品种盖子红七彩神仙的做了形态学分析, 旨在从外形特征上为雌雄性别的鉴定提供一套简易便捷的判别方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用鱼采样分为 2 次, 共 138 尾。第 1 次为 2011 年 8 月, 共 32 尾, 其中雌鱼 14 尾, 雄鱼 18 尾。

收稿日期: 2013-03-26

基金项目: 广西壮族自治区水产畜牧局项目“七彩神仙鱼全人工繁育技术研究”和上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心 (ZF1206) 项目共同资助。

作者简介: 张 帅, 硕士研究生。E-mail: wolfzs@126.com

* 通信作者: 陈再忠, 副教授。E-mail: chenzz@shou.edu.cn

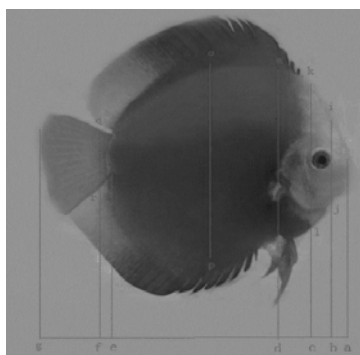
第 2 次采样为 2012 年 7 月, 共 106 尾, 其中雄鱼 49 尾, 雌鱼 57 尾。第 2 次采样样本用于体型分析和模型建立, 第 1 次采样样本用于检验所建模型雌雄判别的正确率。第 1 次采样试验用鱼在其 2 月龄购于上海七彩神仙养殖场, 养成于上海海洋大学观赏水

族养殖实验室; 第 2 次采样试验用鱼为繁殖养成, 样本具体信息见表 1。每日投喂自制牛心汉堡 4 次, 并于第 2 天换水 1/4, 补入充分曝气后的自来水, 养殖水温 28~29℃。采样均为未繁殖 12 月龄试验用鱼, 解剖并根据性腺形态特征判断其雌雄^[2]。

表 1 标本的采集时间和数量

Table 1 Sampling time and the number of Solid Red

采样时间 Sampling time	性别 Sex	样本数 No. of fish	体长/mm Body length	体重/g Body weight
2011-08	雄 Male	18	96.17±7.11	93.4±16.8
	雌 Female	14	98.13±6.45	95.0±15.2
2012-07	雄 Male	49	111.26±6.37	105.7±12.8
	雌 Female	57	101.48±4.90	105.9±14.9



a~g, 全长 full length; a~f, 体长 body length; o~p, 体高 body height; a~d, 头长 head length; a~b, 吻长 snout length; b~c, 眼径 eye diameter; i~j, 眼缘前高度 width before palpebral rim; k~l, 眼缘后高度 width after palpebral rim; m~n, 头高 head height; q~r, 尾柄高 caudal peduncle height; f~e, 尾柄长 caudal peduncle length

图 1 七彩神仙 (*Symphysodon* spp.) 特征测量示意图

Figure 1 Schematic diagram of morphometrical characteristics of *Discus* (*Symphysodon* spp.)

1.2 样品测量

用数显游标卡尺 (BOSI TOOLS 公司) 进行体

型数据测量, 共选取 22 个直观测量数据^[3], 直观测量数据为全长: (1) 吻端至尾鳍末端的长度)、体长; (2) 吻端至尾鳍基部的长度)、体宽; (3) 鱼体左右体侧间最大宽度)、体高; (4) 鱼体背腹面之间最大的高度)、头高; (5) 头部背面至腹面的最大高度)、头宽; (6) 头部左右侧面之间最大的宽度)、头长; (7) 从吻端至鳃盖后缘的长度)、吻长; (8) 眼眶前缘至吻端的距离)、眼径; (9) 眼眶前缘至后缘的水平宽度)、眼缘前高度; (10) 过眼眶前缘背腹面垂直高度)、眼缘后高度; (11) 过眼眶后缘背腹面垂直高度)、腹鳍长; (12) 腹鳍基部至末端的长度)、尾柄长; (13) 臀鳍基部后端至尾鳍基部的水平距离)、尾柄高; (14) 尾柄垂直最大的高度)、胸鳍长; (15) 胸鳍几步至末端的长度)、胸鳍高; (16) 胸鳍最大高度)、尾鳍长; (17) 尾鳍基部至末端的长度)、尾鳍高; (18) 尾鳍最大高度)、背鳍长; (19) 第一鳍条至最后鳍条的水平距离)、背鳍高; (20) 背鳍最大高度)、臀鳍长; (21) 臀鳍基部至末端的长度)、臀鳍高; (22) 臀鳍最大高度。

表 2 性状的标准化

Table 2 Standardization of characteristics

标准化性状/% Standardization of characteristic			
X_1 =全长/体长	X_2 =体高/体长	X_3 =头高/头长	X_4 =头长/体长
X_5 =吻长/头长	X_6 =眼径/头长	X_7 =眼缘前高度/头长	X_8 =眼缘后高度/头长
X_9 =体宽/体长	X_{10} =头宽/头长	X_{11} =腹鳍长/体长	X_{12} =尾柄长/体长
X_{13} =尾柄高/体长	X_{14} =胸鳍高/体长	X_{15} =胸鳍长/体长	X_{16} =尾鳍高/体长
X_{17} =尾鳍长/体长	X_{18} =背鳍长/体长	X_{19} =背鳍高/体长	X_{20} =臀鳍长/体长
X_{21} =臀鳍高/体长			

1.3 数据分析

对 138 尾样本的 22 个体型数据进行主成分分析^[4], 通过降维思想, 分析盖子红七彩神仙体型主

要特征。为消除个体大小对参数值的影响, 将躯干部量度除以体长、头部量度除以头长, 转化为标准化性状, 标准化性状共计 21 个 (表 2), 进行 R 聚

类分析^[5]。应用 SPSS16.0 进行独立样本 T 检验, 检验雌雄群体间性状是否具有显著差异, 并用逐步判别建立雌雄鉴别模型^[6]。

2 结果与分析

2.1 主成分分析

通过主成分分析后, 得到表 3。表 3 为各指标的负荷量和前 5 个主成分的贡献率, 标注各主成分特征根、每个特征根对应的方差贡献率及累计方差贡献率。可以看出, 前 5 个主成分累计贡献已达到 84.266%, 可舍去其余主成分。

分析这 5 个主成分可见: 主成分 I 贡献率为

49.550%, 全长、体长、体高、眼缘前高度、眼缘后高度、背鳍长 6 个指标负荷量均大于 0.8, 因此主要反映是体型大小和背鳍长度的特征。主成分 II 贡献率为 11.538%, 只有头宽的负荷量较大, 因此主要反映的是头部宽度特征。主成分 III 的贡献率为 9.648%, 只有胸鳍长的负荷量较大, 因此主要反映的是胸鳍长度的特征。主成分 IV 的贡献率为 8.049%, 只有背鳍高的负荷量较大, 因此主要反映的是背鳍高度的特征。主成分 V 的贡献率为 5.480%, 只有腹鳍长的负荷量较大, 因此主要反映的是腹鳍长度的特征。

表 3 各指标的负荷量和前 5 个主成分的贡献率

Table 3 Load capacity of each factor and contribution rates of the first five principal components

指标 Index	主成分 Component				
	I	II	III	IV	V
全长 Total length	0.820	0.469	0.216	0.139	0.166
体长 Body length	0.921	0.316	0.092	0.135	0.053
体高 Body height	0.891	0.283	-0.076	0.291	0.033
头高 Head height	0.771	0.267	0.110	0.295	0.028
头长 Head length	0.783	0.191	0.157	0.355	0.062
吻长 Snout length	0.146	0.105	0.090	0.765	0.150
眼径 Eye diameter	0.438	0.588	0.261	0.436	-0.088
眼缘前高度 Width before palpebral rim	0.821	-0.130	0.060	-0.317	-0.061
眼缘后高度 Width after palpebral rim	0.932	0.208	0.180	0.033	-0.099
体宽 Body breadth	0.599	0.723	0.012	-0.136	-0.229
头宽 Head breadth	0.281	0.914	0.104	0.068	-0.057
腹鳍长 Pelvic fin length	-0.281	0.013	0.098	0.084	0.739
尾柄长 Caudal peduncle length0	0.609	0.491	-0.306	0.299	0.282
尾柄高 Caudal peduncle height	0.553	0.367	0.690	0.171	-0.012
胸鳍高 Pectoral fin height	0.456	-0.228	0.404	0.237	0.300
胸鳍长 Pectoral fin length	-0.079	0.063	0.810	-0.200	0.459
尾鳍高 Caudal fin height	0.549	0.249	0.637	-0.126	-0.299
尾鳍长 Caudal fin length	-0.022	0.650	0.466	0.064	0.415
背鳍长 Dorsal fin length	0.912	0.158	0.188	-0.003	-0.151
背鳍高 Dorsal fin height	-0.023	0.039	0.203	-0.829	0.212
臀鳍长 Anal fin length	0.733	0.570	-0.028	-0.032	-0.144
臀鳍高 Anal fin height	0.450	-0.096	0.087	-0.232	0.679
特征值 Characteristic value	10.901	2.538	2.123	1.771	1.206
贡献率/% Contribution rate	49.550	11.538	9.648	8.049	5.480
累积贡献率/% Cumulative variance contribution rate	49.550	61.088	70.736	78.786	84.266

可见, 红盖子七彩神仙的直接测量形态指标大致可归纳为体型大小和背鳍大小、头部宽度、胸鳍长度、背鳍高度和腹鳍长度 5 个方面。

2.2 R 聚类分析

对 139 尾盖子红七彩神仙的 21 个标准性状所作

的 R 聚类分析结果见图 2。由图 2 可见, 这些标准化后的相对形状可分为 4 大类。

第 I 类主要为盖子红七彩神仙鱼鳍的标准化性状和头部大小, 主要与主成分分析中第 III、IV、V 主成分相对应, 反映了鱼鳍长度和宽度特征参数。

第 II 类为尾柄长和吻长的标准化性状, 与主成分分析中各主成分无对应。

第 III 类为头宽、体宽、臀鳍长和眼径的标准化性状, 与主成分分析中第 II 主成分相对应, 反映了头部宽度的特征。

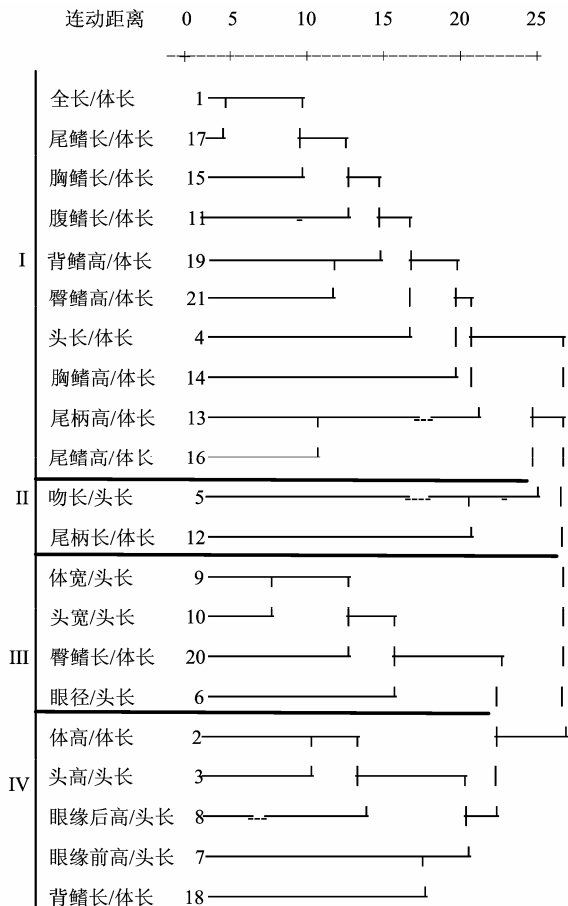


图 2 盖子红七彩神仙标准化形态指标 R 聚类分析图
Figure 2 R-cluster dendrogram of standardization morphological index for Solid Red

第 IV 类主要为体高、头高、眼缘后高度和眼缘前高度的标准化性状, 与主成分分析中第 I 主成分相对应, 主要反映的是体型大小特征。

2.3 T-检验

两独立样本 T-检验的基本思想, 是两个独立样本各自接受相同的测量, 检验某一测量在两样本之间是否有显著差异的存在^[7]。对 21 个标准化性状进行分别进行 T-检验, 已期在盖子红七彩神仙雌雄间找到存在显著差异的性状, 为后边的逐步判别进行指标预选。T-检验结果见表 4。

以全长/体长为例分析 T-检验结果。从表 4 可以看出, 其 F 的相伴概率为 0.614, 大于显著性水平 0.05, 能拒绝方差相等的假设, 可以认为在盖子红

七彩神仙 (Solid Red) 雌雄之间, 全长/体长这一参数方差无显著性差异; 其 T 统计量的相伴概率为 0.260, 大于显著性水平 0.05, 不能拒绝 T 检验的零假设, 也就是说在盖子红七彩神仙 (Solid Red) 雌雄之间, 全长/体长这一参数平均值不存在显著差异。其余数值分析同理, 在盖子红七彩神仙 (Solid Red) 雌雄之间, 21 个标准化性状平均值均无显著性差异。

2.4 逐步判别

21 个标准化性状的 T 检验结果, 在盖子红七彩神仙 (Solid Red) 雌雄之间无显著性差异的参数, 无需对参数进行重新组合, 可直接以盖子红七彩神仙 (Solid Red) 的标准化性状作为候选参数进行逐步判别分析。根据各变量对模型的贡献大小, 逐步剔除不相关变量, 最终筛选出 2 个变量, 即吻长/头长 (X_5)、背鳍高/体长 (X_{19})。所建的判别模型方程为:

$$\text{雄 } F_1 = 646.371 \times X_5 + 651.388 \times X_{19} - 217.557$$

$$\text{雌 } F_2 = 692.201 \times X_5 + 714.119 \times X_{19} - 253.906$$

利用所建立的判别函数, 可对盖子红七彩神仙 (Solid Red) 的雌雄进行判别。对任何一个体, 测得吻长/头长、背鳍高/体长带入以上两式, 可算得 F_1 和 F_2 。若 $F_1 > F_2$, 则该个体为雄性, 否则为雌性。

对 107 尾个体进行了回判, 判别结果如表 5。雄鱼中有 14 尾被错判, 判别准确率为 71.4%; 雌鱼中有 7 尾被错判, 判别准确率为 87.7%, 雌雄鱼综合判别准确率为 80.2%, 详见表 5。

用上述方法对第一次为 2011 年 8 月采样的 32 尾盖子红七彩神仙 (Solid Red) 个体进行雌雄鉴别, 对比解剖性别, 雄鱼中有 4 尾被错判, 判别准确率为 77.8%, 而 14 尾雌鱼有 1 尾判别错误, 判别准确率 92.9%, 雌雄鱼综合判别准确率为 84.4%, 详见表 6。

3 讨论

七彩神仙是原产亚马逊流域的观赏鱼类。因此绚丽的颜色, 奇特的体型, 独特的繁殖特性, 在全球范围内广为养殖。近年, 国内外学者对七彩神仙进行了不同方面的研究, 国外多集中在野生七彩神仙的遗传关系及遗传多样性^[1,8]、仔稚鱼消化道发育组织形态学研究^[9]、蛋白质营养需求^[10]、蛋白酶活性^[11-13]及亲鱼在哺育后代时体表粘液成分^[14-16], 而国内研究着手于七彩神仙繁殖技术探究^[17-19]、不同脂肪源和脂肪含量对七彩幼鱼的成活和生长的影响^[20-21]及七彩神仙同工酶^[22]和皮肤色素细胞观察

及类胡萝卜素组分分析^[23]。对于七彩神仙养殖技术探究中, 涉及了最适温度、pH、硬度等水化因子的研究。

雌雄鉴别是鱼类生物学研究的重要内容, 也是

鱼类人工繁殖和增殖的关键技术之一。而七彩神仙的雌雄鉴别却一直是困扰生产和科研的一大问题, 至今未得到有效的解决。

表 4 21 个标准化性状 T-检验结果

Table 4 T-test analysis of characteristics between female and male Solid Red

性状 Characteristics		Sig.	Sig. (2-tailed)
X ₁	全长/体长 Total length/body length	0.614	0.260.
X ₂	体高/体长 Body height/body length	0.269	0.481
X ₃	头高/头长 Head height/head length	0.804	0.850
X ₄	头长/体长 Head length/body length	0.819	0.256
X ₅	吻长/头长 Snout length/head length	0.505	0.126
X ₆	眼径/头长 Eye diameter/head length	0.280	0.678
X ₇	眼缘前高度/头长 Width before palpebral rim/head length	0.773	0.496
X ₈	眼缘后高度/头长 Width after palpebral rim/head length	0.081	0.149
X ₉	体宽/体长 Body breadth/body length	0.560	0.872
X ₁₀	头宽/头长 Head breadth /head length	0.624	0.533
X ₁₁	腹鳍长/体长 Pelvic fin length/body length	0.175	0.096
X ₁₂	尾柄长/体长 Caudal peduncle length/body length	0.553	0.498
X ₁₃	尾柄高/体长 Caudal peduncle height/body length	0.488	0.284
X ₁₄	胸鳍高/体长 Pectoral fin height/body length	0.722	0.645
X ₁₅	胸鳍长/体长 Pectoral fin length/body length	0.542	0.134
X ₁₆	尾鳍高/体长 Caudal fin height/body length	0.110	0.106
X ₁₇	尾鳍长/体长 Caudal fin length/body length	0.498	0.238
X ₁₈	背鳍长/体长 Dorsal fin length/body length	0.136	0.751
X ₁₉	背鳍高/体长 Dorsal fin height/body length	0.574	0.050
X ₂₀	臀鳍长/体长 Anal fin length/body length	0.338	0.884
X ₂₁	臀鳍高/体长 Anal fin height/body length	0.439	0.615

表 5 判别函数对盖子红七彩神仙 (Solid Red) 雌雄判别准确率

Table 5 The accuracy of discriminant functions for observed specimen

性别 Sex	解剖鉴定 Identified sex	判别结果 Identification result		判别准确率/% Identification accuracy	综合判别准确率/% Total discrimination accuracy
		雄 Male	雌 Female		
雄 Male	49	35	14	71.4	80.2
雌 Female	57	7	50	87.7	

表 6 判别函数对 2011 年采样盖子红七彩神仙 (Solid Red) 雌雄判别准确率

Table 6 The accuracy of discrimination functions for observed specimen which were collected in 2011

性别 Sex	解剖鉴定 Identified sex	判别结果 Identification result		判别准确率/% Identification accuracy	综合判别准确率/% Total discrimination accuracy
		雄 Male	雌 Female		
雄 Male	18	14	4	77.8	84.4
雌 Female	14	1	13	92.9	

鱼类性别鉴定的传统方法是通过对鱼的外形观察直接判别雌雄但许多鱼从外形上很难直接区别雌雄, 这给科研和生产带来了困难。辛文婷等^[24]通过 SRAP 分析标记方法进行黄颡鱼雌雄鉴别。有报道称^[25], 挪威科学家通过向青鱼照射不同光谱的 X

光, 通过其投射读差值来分辨雌雄。王斌于等^[26]通过超声波鉴定技术鉴定西伯利亚鲟的雌雄, 2 龄或 3 龄检测准确率为 92.0%~100%。日本科学家发明了一种鲑鱼雌雄分类设备, 该设备每分钟能分拣选鱼 80 条以上, 其速度是人工分拣的好几倍。

对于一些鱼,如斑鳢,在非繁殖季节即可通过观察其腹面颜色、胸部有无黑斑及尾鳍黑斑数,即可进行雌雄辨别^[27]。大鲵可通过观察生殖孔来进行雌雄辨别。另外,淡水白鲟、黄鲢、甲鱼、罗氏沼虾、翘嘴鳊鱼均有通过外部形态观察来分别雌雄的报道。

近年,很多研究者通过统计方法对水产经济动物进行雌雄鉴别。倪海儿^[28-29]通过测量鳊鱼 14 个体型指标,通过主成分分析和 R 聚类分析,找出与性别相关的体型参数,并建立性别判断模型。王元军等^[30]对大鳞副泥鳅体型特征进行了分析,经过多变量方差分析,表明雌雄个体形态整体差异不显著,即尽管雌雄个体形态具有差异,但其差异不具有统计学意义。倪海儿等^[31]对短吻舌鳎雌雄个体形状差异进行了研究,经 Hotelling-T 检验表明相对雌性短吻舌鳎,雄性短吻舌鳎是显著小型的。郭弘艺等^[32]首先对捕获于长江口的银色鳊的 16 个直接测量性状进行了分析,进一步分析筛选出雌雄群体间具有显著差异的性状,建立鳊雌雄判别方程,其方法与倪海儿等^[28]方法基本一致。王武等通过聚类分析和逐步判别,分别对 4 个地方种群绒螯蟹形态差异^[33]和绒螯蟹 3 个种群形态^[34]进行了比较。李晨虹等^[35]也通过聚类分析和进一步判别分析,建立了 3 个判别公式,以区分南方蟹和北方蟹和进一步区分长江蟹、黄河蟹、辽河蟹和瓯江蟹及珠江蟹、南流江蟹。虽然并没有涉及到雌雄蟹的性别判定,但其数据统计方法,是值得参考的。

七彩神仙在生殖期,可根据其外露的生殖器来准确的判断其雌雄。但在非生殖期,其生殖器收缩,很难判断其雌雄,在实际生产中,常常根据其外形体征来判断非生殖期的七彩神仙的雌雄。但不同品系的人工改良品种,其判断依据并不完全相同,所以判断准确率并不是很高。本文的目的就是通过生物统计方法,对盖子红七彩神仙形态指标进行分析,并建立雌雄鉴别模型。

通主成分分析是通过降维的思想,筛选尽量少的变量来尽量详细的描述主体信息。主成分结果表明,前 5 个主成分累积贡献率达到 84.266%,可以较完整的描述盖子红七彩神仙的形体特征。通过对每一个主成分上参数的负载量分析,得到盖子红七彩神仙体型可归纳为体型大小和背鳍大小、头部宽度、胸鳍长度、背鳍高度和腹鳍长度 5 个方面,其中主要为鳍类特征,这与其他研究文献中主成分特征主要集中在形体参数有所不同。而 R 聚类分析,是根据变量之间相似性程度进行划分聚类,借以了

解变量之间关系的亲属程度。在聚合的 4 类中,第一类与主成分分析中第 III、IV、V 主成分相对应,反映了鱼鳍长度和宽度特征参数;第 II 类为尾柄长和吻长的标准化性状,与主成分分析中各主成分无对应;第 III 类与主成分分析中第 II 主成分相对应,反映了头部宽度的特征;第 IV 类主要与主成分分析中第 I 主成分相对应,主要反映的是体型大小特征。R 聚类分析结果与主成分分析各主成分互有穿插,通过 2 种统计方法,对盖子红七彩神仙形态指标进行了详尽的分析。

通过 T 检验证明 21 个标准性状在雌雄间均差异不显著,否定了网络水族论坛上通过背鳍、头部、腹鳍长度等直观性状判断盖子红七彩神仙雌雄方法的可行性,表明通过单一性状对盖子红七彩神仙进行性别鉴别是不可取的。通过多种多元统计方法建立的雌雄判别模型,雌雄鱼综合判别准确率为 80.2%。并将盖子红七彩神仙雌雄鉴别科学化、数据化,避免了过去单纯依靠经验判断的情况,提高了盖子红七彩神仙雌雄鉴别的准确率,也为其他品种七彩神仙的雌雄鉴别提供了新的思路和方法。

关于准确率较低的原因,可能是由于作为逐步判别预选指标的 21 个标准性状在雌雄间均差异不显著,若能找出在雌雄间呈显著性差异的性状作为判别预选指标,准确率有可能提高。另外,由于不同品种间相同参考性状并不呈现一致性,例如天子蓝七彩神仙腹鳍与体长比例更加接近,所以此判别模型只是用于盖子红七彩神仙这一品种,对于其他品种不能套用。

参考文献:

- [1] Tieh L K, Gideon K, Li Q F, et al. Genetic diversity among wild forms and cultivated varieties of (*Discus Symphysodon* spp.) as revealed by random amplified polymorphic DNA(RAPD) fingerprinting[J]. *Aquaculture*, 1999, 173: 485-497.
- [2] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2007: 197-202.
- [3] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 11-12.
- [4] 李静萍, 谢邦昌. 多元统计分析方法与因公[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 21-27.
- [5] 林震岩. 多变量分析: SPSS 的操作与应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2007: 387-414.
- [6] 克劳斯·巴克豪斯, 本德·埃里克森, 伍尔夫·普林克, 等. 多元统计分析方法[M]. 上海: 上海格致出版社, 2009: 157-169.
- [7] 王力宾, 顾光同. 多元统计分析: 模型、案例及 SPSS 应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010: 45-54.

- [8] Farias I P, Hrbek T. Patterns of diversification in the discus fishes (*Symphysodon* spp.) of the Amazon basin[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2008, 49(1): 32-43.
- [9] Önal U, Celik I, Cirik S. Histological development of digestive tract in discus, *Symphysodon* spp. larvae[J]. Aquaculture International, 2010, 18(4): 589-601.
- [10] Chong A S C, Hashim R, Ali A B. Dietary protein requirements for discus(*Symphysodon* spp.)[J]. Aquaculture Nutrition, 2006, 6(4): 275-278.
- [11] Chong A S C, Hashim R, Chow-Yang L, et al. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) [J]. Aquaculture, 2002, 203: 321-333.
- [12] A Chong A C S, Hashim R, Lee L C, et al. Characterization of protease activity in developing discus *Symphysodon aequifasciata* larva[J]. Aquaculture Research, 2002, 33(9): 663-672.
- [13] Chong A C S, Hashim R, Ali A B. Inhibition of protease activities in discus *Symphysodon* spp. by three plant meals[J]. Aquaculture International, 2002, 10(5): 433-441.
- [14] Hildemann W H. A cichlid fish, *Symphysodon* discus with unique nurture habits[J]. The American Naturalist, 1959, 93: 27-34.
- [15] Chong K, Sock-Ying T, Foo J, et al. Characterisation of proteins in epidermal mucus of discus fish (*Symphysodon* spp.) during parental phase[J]. Aquaculture, 2005, 249: 469-476.
- [16] Khong H K, Kuah M K, Jaya-Ram A, et al. Prolactin receptor mRNA is upregulated in discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) skin during parental phase[J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2009, Part B 153: 18-28.
- [17] 齐福祥, 杨纯大, 李南, 等. 七彩神仙鱼的繁育试验[J]. 水产科学, 2003, 22(5): 21-22.
- [18] 潘璠. 七彩神仙鱼的繁殖与养殖[J]. 水产养殖, 2003, 24(4): 5-7.
- [19] 张旺, 王海洋, 李爽, 等. 七彩神仙鱼的繁殖技术及注意事项[J]. 河北渔业, 2009(5): 32-35.
- [20] 王吉桥, 耿加振, 姜玉声, 等. 饲料中脂肪含量对七彩神仙鱼幼鱼生长和消化的影响[J]. 水产学杂志, 2009, 22(1): 24-30.
- [21] 王吉桥, 周雄飞, 耿加振, 等. 饲料中不同脂肪源对七彩神仙鱼幼鱼生长和成活的影响[J]. 北京水产, 2008, 5: 29-34.
- [22] 张诚仪, 陈再忠. 七彩神仙鱼同工酶表达的组织差异性分析[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(6): 744-750.
- [23] 刘晓东, 陈再忠. 七彩神仙鱼皮肤色素细胞观察及类胡萝卜素组分分析[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(3): 339-343.
- [24] 辛文婷, 孙中武, 尹洪滨, 等. 黄颡鱼雌雄差异的 SRAP 标记[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(5): 112-113.
- [25] 李有观. 鱼类雌雄识别仪器[J]. 水产科技情报, 2005, 32(6): 286.
- [26] 王斌于, 于冬梅, 夏永涛, 等. 利用超声波技术鉴定幼龄鲟鱼的性别[J]. 动物学杂志, 2009, 44(2): 57-63.
- [27] 李骏珉, 郑双喜, 王克林, 等. 斑鳢雌雄鉴别法及有关问题的商榷[J]. 淡水渔业, 1976(9): 30-32.
- [28] 倪海儿, 陈欣. 鳊形态指标体系分析及雌雄鉴别模型[J]. 生物数学学报, 2003, 18(2): 224-228.
- [29] 倪海儿. 东海鳊鱼雌雄性状比较及其鉴别[J]. 浙江水产学院院报, 1994, 13(2): 93-98.
- [30] 王元军, 李殿香. 大鳞副泥鳅雌雄个体的形态分析[J]. 四川动物, 2005, 24(2): 159-160.
- [31] 倪海儿, 龚启祥. 短吻舌鳎个体生殖力和雌雄个体性状差异的研究[J]. 浙江水产学院报, 1989, 8(1): 9-16.
- [32] 郭弘艺, 魏凯, 谢正丽, 等. 长江口银色鳊的形态指标体系及其雌雄鉴别[J]. 水产学报, 2011, 35(1): 1-9.
- [33] 王武, 徐灿, 张文博, 等. 四个地方种群绒螯蟹形态差异的比较研究[J]. 水产渔业科学, 2007, 6(23): 648-653.
- [34] 王武, 张文博, 边文冀, 等. 绒螯蟹三个种群形态判别比较[J]. 水产科技情报, 2005, 32(2): 81-83.
- [35] 李晨虹, 李思发. 中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹) 群体亲缘关系: 形态判别分析[J]. 水产学报, 1999, 23(4): 337-342.