

文章编号: 1674 - 5566(2014)01 - 0064 - 06

金钱鱼雌雄个体的形态差异分析

吴 波¹, 张敏智¹, 邓思平^{1,2}, 师尚丽¹, 李广丽^{1,2}, 朱春华^{1,2}

(1. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东海洋大学 南海水产经济动物增殖广东普通高校重点实验室, 广东 湛江 524088)

摘 要: 通过对 2011 - 2013 年采集的 178 尾金钱鱼形态学性状的测定, 并进行主成分分析和 R - 聚类分析, 建立了金钱鱼雌雄判别方程。对 11 项标准化比例性状进行主成分分析和 R - 聚类分析均得出, 金钱鱼雌雄个体差异主要集中在头部特征和形体特征等方面。利用逐步判别法从 11 个标准化比例性状中筛选出吻长/头长、眼间距/头长、体宽/体长、体高/体长、头高/体长 5 个性状, 建立性别判别方程, 并将采集样品数据代入方程重新鉴定, 其准确率为 85.96%。经 *t* 检验, 除体宽/体长和眼间距/头长外, 其他 3 个标准化性状在金钱鱼两性群体间差异显著 ($P < 0.05$), 表明雌性个体相比于雄性具有体形较高、头较大且吻较长的特征。

在鱼类人工繁殖工作中, 对鱼体性别进行准确的判定是亲鱼雌雄分养、培育和保证催产时合适性比的基础。解剖观察、性腺切片及活体压片-醋酸洋红染色^[1]等是鱼类雌雄判别常用方法, 但须剖杀, 浪费样本并且不利于珍稀鱼类的保护。而性腺细胞观察、利用外周血液、鳞片和鳍条等制备染色体等, 虽对样品损伤较小, 但操作步骤极其繁琐, 不利于快速鉴别性别。因此, 现在已较少采用上述方法。对具有明显两性副性征的鱼类而言, 利用鳍的外形和鳍条特征、生殖孔形态、追星的部位和数量、体色和婚饰色彩等差异可鉴别性别^[2-3], 但对两性性状不明显的鱼类则难以鉴别。运用超声波技术可对条纹鲈 (*Morone saxatilis*)^[4] 和幼龄鲟鱼 (*Sturgeon*)^[5] 进行性别鉴定, 且具有较高的准确度, 但在鱼类早期性别鉴定时, 常因不能提供足够的有效信息^[6] 而影响其运用。近年, 对半滑舌鳎 (*Cynoglossus*

研究亮点: 对金钱鱼形态学性状进行了主成分分析和聚类分析, 表明金钱鱼的雌雄个体差异主要集中在头部和体型特征方面, 并建立了金钱鱼雌雄判别方程。用判别方程能快速和准确地鉴定金钱鱼的性别。同时也为雌雄表型性状差异不明显的鱼类的性别鉴定提供了新的方法。

关键词: 金钱鱼; 雌雄鉴别; 判别分析; 形态指标

中图分类号: S 917

文献标志码: A

semilaevis)^[7] 和黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)^[8] 等鱼类的研究表明, 运用分子生物学技术从雌 (雄) 鱼基因组 DNA 中筛选出性别特异标记基因, 建立遗传性别鉴定的 PCR 技术, 可从遗传角度判定鱼类性别。但在生产和野外工作中, 没有先进的检查设备和时间来鉴定性别, 因此需要一种简便易行的方法。通过对大量样本传统形态指标和框架指标的测量和分析, 筛选出特殊指标建立性别判别方程, 在以后的鉴定工作中只需测定相应数据代入即可, 从而减少对仪器的要求和节省时间。运用此方法对日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 的研究发现, 其准确率可达到 85% 以上^[9]。

金钱鱼 (*Scatophagus argus*) 俗称金鼓, 隶属鲈形目 (Perciformes)、金钱鱼科 (Scatophagidae)、金钱鱼属 (*Scatophagus*), 是广泛分布于印度-太平洋水域^[10] 的广盐性亚热带鱼类。国际上金钱鱼

收稿日期: 2013-10-25 修回日期: 2013-11-22

基金项目: 国家自然科学基金 (31272640)

作者简介: 吴 波 (1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产经济动物发育生物学。E-mail: wubo0102@126.com

通信作者: 朱春华, E-mail: zhuch860025@163.com

科仅 1 属 3 种,生活在东南沿海的金钱鱼是我国唯一一种金钱鱼属鱼类。金钱鱼雌雄生长差异显著,雌鱼生长速度明显快于雄鱼,因此同龄雌、雄性别容易从体形大小加以区别。但对于个体大小相似的鱼类,民间常以雌鱼头部顶端较平滑,而雄鱼略凹陷^[11],雄性个体头部较雌性尖且小^[12]等特征鉴别雌雄。但上述方法均基于经验描述且判断不一定准确,常给鉴定工作带来困难。本文拟通过对金钱鱼形态学指标进行分析,建立雌雄判别方程,从外形特征上为性别鉴定提供一套简易便捷的判别方法,为金钱鱼的人工繁殖和后续单性育苗研究奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验用金钱鱼分 3 批,均为养殖鱼类。第一批于 2011 年 9 月购自广东省湛江市霞山区水产市场,计 36 尾,体长为 14.9 ~ 18.5 cm,体重为 145.9 ~ 242.5 g;第二批于 2012 年 3 月购自广东省珠海市龙胜鱼苗场,计 56 尾,体长为 14.2 ~ 24.9 cm,体重为 95.7 ~ 465.3 g;第三批于 2013 年 3 月购自广东省湛江市霞山区水产市场,计 86 尾,体长为 14.6 ~ 21.6 cm,体重为 141.9 ~ 336.8 g。金钱鱼年龄通过耳石年轮确定,雌雄性别通过解剖,观察其性腺特征确定。

1.2 参数确定

用直尺或游标卡尺测量传统形态学数据,精确至 0.1 cm;电子天平称量性腺重及体重,精确至 0.1 g。计算丰满度(S_F)和性腺成熟系数(I_{GS})。

$$S_F = W \times L^{-3} \times 100\% \quad (1)$$

$$I_{GS} = W_G \times W^{-1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: W 为鱼的体重; L 为鱼的体长; W_G 为鱼的性腺重。

1.3 数据处理

为消除个体大小对参数值的影响,将收集到的 178 尾样本的躯干部量度性状除以体长,头部量度性状除以头长,转化为标准化性状,连丰满度共计 11 个性状,进行主成分分析。根据 R-聚类分析和逐步判别分析筛选出雌雄群体间具有

显著差异的性状,建立金钱鱼雌雄判别方程。根据所建立方程,并对采集样品进行重新检验,对照实际解剖的性别信息,检验方程的有效性。应用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 统计软件对相关结果进行分析,采用 t 检验, $P < 0.05$ 为显著性差异。

2 结果

2.1 雌雄金钱鱼性腺形态及性腺成熟系数

性腺解剖观察显示,性未成熟雌雄鱼性腺较相似,均呈白色细丝状,成对存在,故需采用切片技术确定其性别;而性成熟雌鱼卵巢前部较尖,后部略弧状,似三角形;精巢则呈长囊状,白色成对同形,可通过外形直接确定性别。1 龄金钱鱼雌鱼性腺成熟系数范围为 0.14% ~ 0.69%,雄鱼为 0.14% ~ 0.40%;2 龄雌鱼为 0.24% ~ 1.10%,雄鱼为 0.31% ~ 0.60%;3 龄雌鱼为 0.92% ~ 5.10%,雄鱼为 0.89% ~ 1.33%。

2.2 雌雄金钱鱼体长和体重的比较

2011 - 2013 年购买的样品中 1 龄鱼 45 尾,2 龄鱼 91 尾,3 龄鱼 42 尾。统计分析表明,1 龄金钱鱼雌鱼体长、体重均高于雄鱼,雄鱼体重为雌鱼的 89%,但无显著差异($P > 0.05$);2 龄及 3 龄雌性金钱鱼体长及体重上均显著高于雄鱼($P < 0.05$),2、3 龄雄鱼体重分别为雌鱼体重的 72.6% 和 78.28% (图 1)。

2.3 形态指标体系分析

2.3.1 主成分分析

142 尾金钱鱼 11 个性状经主成分分析后,获得前 3 个主成分贡献率,以及各指标在这 3 个主成分上的负荷量。由于前 3 个主成分的累积贡献率已达 85.66%,因此,可舍去其余的主成分。

其中,主成分 I 的贡献率为 40.67%,负荷量较大的主要是尾柄长/体长、头高/体长、尾柄高/体长、躯干长/体长、体宽/体长 5 个性状,反映的主要是体型特征;主成分 II 的贡献率为 23.64%,负荷量较大的主要为头长/体长、眼间距/头长、眼径/头长及吻长/头长 4 个性状,反映的主要是头部特征;主成分 III 的贡献率为 21.35%,负荷量较大的主要为体高/体长、丰满度 2 个性状,反映的主要是形体丰满度(表 1)。

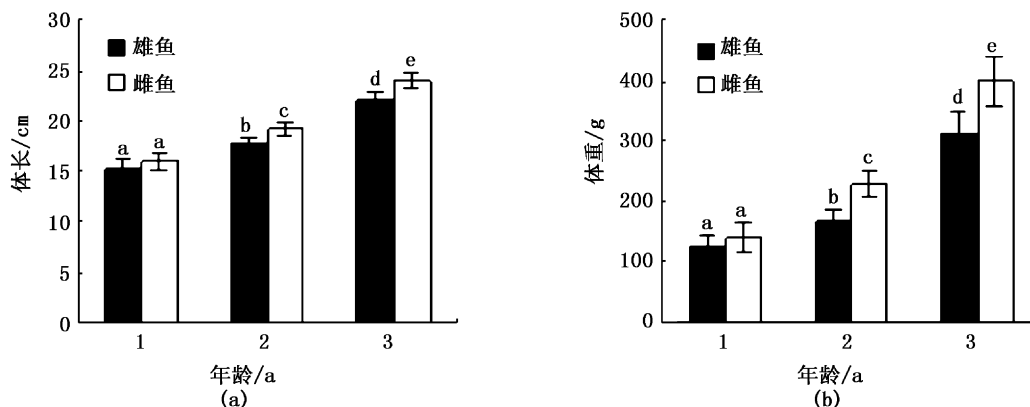


图1 雌雄金钱鱼体长及体重的比较

Fig. 1 Comparison of body length and body weight between male and female *S. argus*

表1 前3个主成分的贡献率和各指标的负荷量

Tab. 1 Contribution rate of the first three principal components and load capacity of each factor

指标	主成分		
	I	II	III
尾柄长/体长	0.92	-0.10	-0.10
头高/体长	0.91	-0.017	0.12
尾柄高/体长	0.88	-0.055	-0.31
躯干长/体长	-0.86	-0.13	0.22
体宽/体长	0.77	-0.28	0.054
头长/体长	0.029	-0.98	-0.027
眼间距/头长	0.060	0.87	0.39
眼经/头长	-0.52	0.71	0.38
体高/体长	-0.07	0.26	0.94
丰满度	-0.54	0.15	0.78
吻长/头长	0.19	0.56	0.57
贡献率/%	40.67	23.64	21.35
累积贡献率/%	40.67	64.31	85.66

2.3.2 R-聚类分析

R-聚类分析结果可见,此标准化后的相对性状可分为两大类(图2)。第I类为尾柄高/体长、尾柄长/体长、头高/体长、体宽/体长和躯干长/体长,为体型的特征参数;第II类为体高/体长、丰满度、眼经/头长、眼间距/头长、吻长/头长及头长/体长,主要反映鱼体丰满度及头部性状。

2.3.3 判别分析

对采集的178尾金钱鱼个体的11项标准化性状进行逐步判别分析,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5个变量,即吻长/头长(X_1)、体高/体长(X_2)、头高/体长(X_3)、体宽/体长(X_4)和眼间距/头长(X_5) (变量的单位均为%)。这几个指标反映了雌雄个体间在头部形态(X_1, X_3, X_5)、身体形态(X_2 ,

X_4)方面的差异。所建立的判别方程为

$$\text{雌: } F_1 = 3.76X_1 + 11.31X_2 + 1.84X_3 - 1.9X_4 + 0.72X_5 - 380.84$$

$$\text{雄: } F_2 = 3.68X_1 + 11.4X_2 + 1.75X_3 - 2.03X_4 + 0.84X_5 - 385.03$$

判别函数的显著性检验显示 $P < 0.05$,表明判别函数达到了显著性水平,计算出每尾个体的判别分数值,得到频布图(图3),由此可见,该模型可以区分金钱鱼性别。

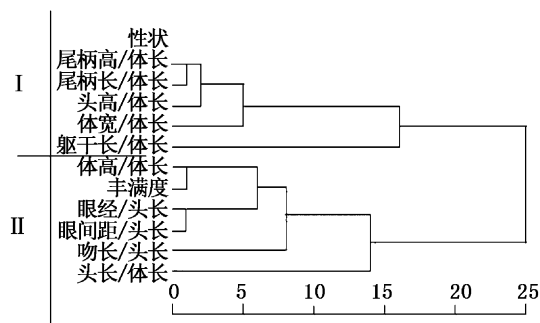


图2 金钱鱼标准化形态指标 R-聚类分析图

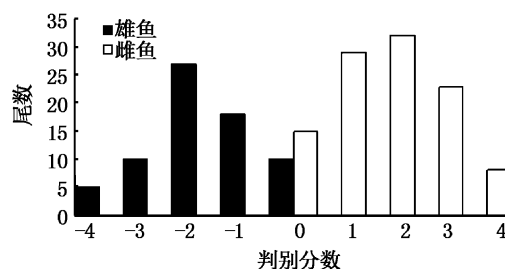
Fig. 2 R-Cluster dendrogram of standardized morphological indexes for *S. argus*

图3 金钱鱼雌雄判别分数的频布图

Fig. 3 Frequency distributions of discriminant scores obtained from male and female *S. argus*

利用所建立的判别方程,对收集的 178 尾个体进行性别判别。将每尾个体的 5 个特征参数值代入方程,分别计算 F_1 和 F_2 。若 $F_1 > F_2$,为雌

鱼,反之为雄鱼。经解剖验证,有 25 尾鱼性别判断失误,错判率为 14.06%,准确率可高达 85.96% (表 2)。

表 2 判别函数对金钱鱼雌雄群体识别的准确率

Tab.2 Predicted classification of discriminant functions and the accuracy for observed specimen

性别	解剖鉴定	判别结果		判别准确率/%	综合判别率/%
		♀	♂		
♀	108	94	14	87.04%	85.96%
♂	70	11	59	84.29%	

对模型筛选出的用于建立判别函数的 5 个标准化性状进行 t 检验,结果显示除体宽/体长和眼间距/头长外,其他 3 个标准化性状在金钱鱼两性群体间差异显著($P < 0.05$),表明雌性个体的体形较高、头较大且吻较长(表 3)。

表 3 特征性状的 t 检验及金钱鱼的雌雄形态差异

Tab.3 T -test of characteristics and morphological differences between female and male *S. argus*

性状	性别	均值 ± 标准差	t 检验	雌雄个体的形态差异
吻长/头长	♀	25.40 ± 3.05	0.042	雌性吻部较长
	♂	20.99 ± 3.48		
眼间距/头长	♀	52.97 ± 6.82	0.28	雌性眼间距较远
	♂	48.14 ± 7.66		
体高/体长	♀	50.27 ± 2.23	0.033	雌性体型显著较高
	♂	47.00 ± 2.29		
体宽/体长	♀	8.31 ± 1.09	0.32	雌性体型较宽
	♂	8.73 ± 0.69		
头高/体长	♀	24.45 ± 3.04	0.031	雌性头显著较高
	♂	20.44 ± 2.16		

3 讨论

鱼类存在着两性生长差异现象,如鳊 (*Siniperca chuatsi*)^[13]、罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)^[14] 和半滑舌鳎^[15] 等不同性别个体生长速度存在明显差异。已知金钱鱼雌鱼生长速度快于雄鱼,在相同的养殖条件下,1 龄雌鱼比雄鱼生长速度快约 30% ~ 50%,2 龄雌鱼则高于同龄雄鱼 100% 以上^[11]。本文对 2011 年到 2013 年采集的金钱鱼体长、体重分析显示,1 龄以上金钱鱼雌雄之间体长、体重均有显著差异,与上述研究结果一致。对鳊鱼^[13] 的研究表明,雌、雄鱼生长呈现差异与其性成熟时间相关,由于雄鱼较之雌

鱼性腺成熟早,其在性成熟后生长速度下降,导致两性之间生长出现显著差异。蔡泽平^[11] 对金钱鱼的研究发现,雌鱼性腺成熟系数为 0.40% ~ 0.48% 时,卵巢处于 I 期,性腺成熟系数为 0.99% ~ 1.15% 时,卵巢则处于 II 期。本研究中,1、2 龄雌鱼卵巢大多数处于 I 期,少部分处于 II 期;而雄鱼性腺成熟系数则处于 0.32% ~ 0.55% (III 期精巢)。由于性腺成熟直接影响生长与生殖能量配置的分配,性成熟雄鱼将能量更多地用于性腺发育,导致用于生长的能量减少;而雌鱼由于未完全性成熟,用于性腺发育的能量相对较少,更多的能量用于生长,从而导致雌鱼生长速度快于雄鱼。

雌雄鉴别是鱼类生物学研究的重要内容,也是珍稀鱼类保护、人工繁殖和增殖等的关键技术之一。通过详细的外形测量和统计分析,找到一些外形特征来鉴别个体雌雄的方法^[16-18],在某些由于性腺发育而造成身体不同程度外形改变的两性异形硬骨鱼类中得到成功运用^[19]。本研究中,同龄金钱鱼雌鱼体长、体重均高于雄鱼,1 龄雌鱼体重比雄鱼高出 10% 以上,2 龄更是高达 30%,表明金钱鱼存在明显的两性异形现象,可在一定程度上仅依据个体的大小判别同龄鱼性别。雌、雄金钱鱼头部特征^[11-12] 也可在一定程度上辅助鉴定性别,但本研究通过对所取 178 尾金钱鱼头部观察发现,雌鱼头部顶端较平滑而雄鱼略凹陷的特征在 2 龄以上金钱鱼差异比较显著,而 1 龄以下个体很难通过此特征判定性别。

主成分分析和 R-聚类分析显示,R-聚类划分的第 I 类标准化性状,与主成分分析所得的主成分 I 相对应,均反映形体特征;而第 II 类标准化性状与主成分分析所得的主组分 II 和 III 相对应,反映头部形态和形体丰满度,两者所得的结果基

本一致,因此金钱鱼个体差异主要集中在头部形态和鱼体形态等方面。运用逐步判别法所建立的雌雄判别方程,金钱鱼综合识别率达85.96%,表明依据所筛选出来的5个外形特征可以较好地判别体重100 g以上的金钱鱼个体的性别,而体重小于100 g的金钱鱼是否适合此判定方程有待进一步论证。在银色鳗^[7]和鳎(*Ilisha elongata*)^[3,16]等鱼类,通过雌雄判别方程,雌雄判定的准确率分别高达88.5%、91.1%和89.1%,因此,建立形态学判别方程是鉴定鱼类性别的有效方法。此外,*t*检验表明,金钱鱼雌雄个体间外形的显著差异主要集中在头部、体高和体宽等方面,且雌性头部显著高于雄鱼,与前人的描述相符。

参考文献:

- [1] 韩伟国,刘新富,孟振,等. 醋酸洋红染色技术在大菱鲆幼鱼生理性别鉴定中的应用[J]. 渔业科学进展,2011,32(6):37-42.
- [2] 王剑伟. 稀有鮑鲫的繁殖生物学[J]. 水生生物学报,1992,16(2):165-167.
- [3] 倪海儿. 东海鳎鱼雌雄性状比较及其鉴别[J]. 浙江水产学院学报,1994,13(2):93-98.
- [4] BLYTHE B, HELFRICH L A, BEAL W E, et al. Determination of sex and maturational status of striped bass (*Morone saxatilis*) using ultrasonic imaging. [J] Aquaculture, 1994, 125(1/2): 175-184.
- [5] 王斌,于冬梅,师伟,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.
- [6] MARTIN-ROBICHAUD D J, ROMMENS M. Assessment of sex and evaluation of ovarian maturation of fish using ultrasonography[J]. Aquaculture Research, 2001, 32(2): 113-120.
- [7] CHEN S L, DENG S P, MA H Y, et al. Molecular marker-assisted sex control in half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) [J]. Aquaculture, 2008, 283(1/4): 7-12.
- [8] 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.
- [9] 郭弘艺,魏凯,谢正丽,等. 长江口银色鳎的形态指标体系及其雌雄鉴别[J]. 水产学报,2011,35(1):1-8.
- [10] 张邦杰,梁仁杰,毛大宁,等. 金钱鱼的生长特性与咸水池塘驯养[J]. 现代渔业信息,1999,14(10):8-12.
- [11] 蔡泽平,王毅,胡家玮,等. 金钱鱼繁殖生物学及诱导产卵试验[J]. 热带海洋学报,2010,29(5):180-185.
- [12] 兰国宝,阎冰,廖思明,等. 金钱鱼生物学研究及回顾[J]. 水产科学,2005,24(7):39-41.
- [13] 王晓清,李传武,谢中国,等. 鳎雌雄生长差异的研究[J]. 淡水渔业,2006,36(3):34-37.
- [14] 孙洁. 尼罗罗非鱼产生雌雄生长差异的原因[J]. 天津水产,1985,32(1):37-42.
- [15] JI X S, LIU H W, CHEN S L, et al. Growth differences and dimorphic expression of growth hormone (GH) in female and male *Cynoglossus semilaevis* after male sexual maturation[J]. Marine Genomics, 2011, 4(1): 9-16.
- [16] 倪海儿,陈欣. 鳎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.
- [17] 林植华,雷焕宗,林植云,等. 花鲢的两性异形和雌体繁殖输出[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(3):284-288.
- [18] 林植华,雷焕宗. 黄颡鱼的两性异形和雌性繁殖特征[J]. 动物学杂志,2004,39(6):13-17.
- [19] HAN Y S, LIAO I C, HUANG Y S, et al. Synchronous changes of morphology and gonadal development of silvering Japanese eel *Anguilla japonica* [J]. Aquaculture, 2003, 219(1/4): 783-796.

Analysis of morphological index and discrimination of male and female *Scatophagus argus*

WU Bo¹, ZHANG Min-zhi¹, DENG Si-ping^{1,2}, SHI Shang-li¹, LI Guang-li^{1,2}, ZHU Chun-hua^{1,2}

(1. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China; 2. Key Laboratory of Aquaculture in South China Sea for Aquatic Economic Animal of Guangdong Higher Education Institutes, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China)

Abstract: In this study, we analyzed morphological characteristics for 178 individuals of *Scatophagus argus* collected from 2011 to 2013. Based on the analysis of the morphological index system and R-cluster analysis, the results indicated that *S. argus* could be classified by “body size” and “head feature”. On the basis of this analysis, 11 characteristics were normalized and further used for stepwise discrimination. Five characteristics were selected: snout length/head length, eye distance/head length, body breadth/body length, body depth/body length and head depth/body length. Thus the sex discriminant equation was built for classifying 178 samples and the accuracy rate was 85.96%. T-test showed that three standardized characteristics between male and female populations were significantly different ($P < 0.05$), except for eye distance/head length and body breadth/body length. Therefore, we concluded that female *S. argus* were superior to males in the respects of body depth, head and snout length.

Key words: *Scatophagus argus*; sex identification; discriminant analysis; morphological index