DOI:10.15928/j.1674-3075.2017.05.012

台湾泥鳅雌雄形态差异分析

邱楚雯,王韩信,陈迪虎

(上海市水产研究所,上海市水产技术推广站,上海 200433)

摘要:台湾泥鳅(*Paramisgumus dabryanus* ssp.)是中国台湾地区改良的泥鳅养殖新品种,其分类地位暂不明确。从外观上看,台湾泥鳅的雌雄个体形态上存在差异。为了科学识别台湾泥鳅雌雄个体形态特征的差异,通过对采集到的160尾台湾泥鳅的全长、体长、头长、吻长、体高、体厚等25项形态学性状的测定,形成体厚/体长、体高/体长、颌须/头长等24项形态特征的比例性状,采用t检验、主成分分析与判别分析方法对台湾泥鳅雌雄群体的形态特征进行比较。结果显示:(1)t检验表明,24项形态特征的比例性状中,4项差异达到极显著水平($P<0.01$),4项差异达到显著水平($P<0.05$),其他性状差异不显著;(2)主成分分析表明,5个主成分的累计贡献率达到84.23%,台湾泥鳅雌雄的差异主要集中在头部、躯干部、颌须、体型肥瘦程度以及整体框架轮廓等方面;(3)经逐步判别分析,建立台湾泥鳅雌雄个体的判别函数。雌性(♀):$func_1 = 731.96x_1 + 27.02x_2 + 723.92x_3 - 191.44$;雄性(♂):$func_2 = 671.79x_1 + 37.09x_2 + 695.54x_3 - 178.50$,综合判别准确率为71.5%。研究表明,台湾泥鳅雌雄形态指标间差异显著,利用形态指标建立判别函数实现对台湾泥鳅雌雄个体的快速判别具有一定的可行性。

关键词:台湾泥鳅;形态指标;计量性状;形态差异

中图分类号:Q141 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)05-0087-05

泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)和大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)属于鲤形目、鳅科、花鳅亚科,分别属于泥鳅属和副泥鳅属,均为小型淡水鱼类。因其富含蛋白质、脂肪、矿物质和多种维生素,其中维生素B含量比黄鱼、虾类高34倍,被誉为"水中人参"(卢国兴等,2012)。台湾泥鳅(*Paramisgumus dabryanus* ssp.)是中国台湾地区改良的泥鳅新品种,其分类地位暂不明确。相比泥鳅,台湾泥鳅具有养殖周期短、生长快、适应能力强、个体大等特点。

傅建军等(2015)利用微卫星标记和线粒体D-Loop部分序列对泥鳅、大鳞副泥鳅和台湾泥鳅3群体进行遗传变异的分析,推测台湾泥鳅可能是大鳞副泥鳅的生态种群或遗传改良群体。本课题组也曾观察台湾泥鳅的早期发育,发现其早期发育与大鳞副泥鳅较为相似,而与泥鳅略有不同(邱楚雯等,2014)。王元军(2008)、安丽等(2011)对泥鳅、大鳞副泥鳅的形态进行了分析;戴璐怡(2015)、黄涛等(2016)对台湾泥鳅形态做了报道,主要是针对台湾泥鳅与其他群体的形态差异。不少水产动物都表现出了雌雄个体的形态差异,如短吻舌鳎、黄颡鱼、罗非鱼(倪海儿等,1989;杨景峰和徐桂珠,2003;林植华和雷焕宗,2004)。本研究主要是通过对台湾泥鳅雌雄个体形态特征的分析,旨在为其雌雄判别提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料选取

台湾泥鳅购自福建漳州郭坑镇养殖场,为同一批苗种繁育的后代,随机选取160尾台湾泥鳅样本,雌雄各80尾,体长116.82~191.06 mm,体重18.06~77.98 g。

1.2 指标测定

用数显游标卡尺(精度0.01 mm)测量全长、体长、头长、吻长、体高、体厚、颌须、眼径、尾柄皮褶长、尾柄长、尾柄高、吻背长(吻端到背鳍基点)、吻腹长(吻端到腹鳍基点)、吻臀长(吻端到臀鳍基点)、吻鳃长(吻端到鳃盖基点)、吻胸长(吻端到胸鳍基点)、鳃胸长(鳃盖背缘到胸鳍基点)、鳃背长(鳃盖背缘到背鳍基点)、鳃腹长(鳃盖背缘到腹鳍基点)、胸腹长(胸鳍基点到腹鳍基点)、胸背长(胸鳍基点到背鳍基点)、背腹长(背鳍基点到腹鳍基点)、背臀

收稿日期:2016-07-25

基金项目:上海市市级农口系统青年人才成长计划[沪农青字(2015)第3-15号]。

作者简介:邱楚雯,1988年生,女,工程师,研究方向为水产动物养殖与繁育。E-mail: nanqiuchuwen.05@163.com

长(背鳍基点到臀鳍基点)、腹臀长(腹鳍基点到臀鳍基点)、鳃臀长(鳃盖背缘到臀鳍基点)共计25个形态指标。使用梅特勒-托利多PL202-L电子天平测量所有160尾台湾泥鳅体重,精确到0.01 g。

1.3 数据处理

为了消除因为鱼体个体大小差异对形态特征指标造成的影响,本研究将各条台湾泥鳅的形态测量数据除以其体长值以及头部测量数据除以头长的值进行校正,形成24项形态特征的比例性状进行后续分析。

数据处理采用Excel 2007和SPSS16.0软件,通过t检验、主成分分析、判别分析3种多元分析方法对台湾泥鳅雌雄个体进行形态分析。主成分分析首先进行相关性检验,再依据方差协方矩阵提取主成分,计算各主成分的贡献率和累计贡献率;判别分析用逐步判别分析法进行判别,建立判别公式。

2 结果与分析

2.1 雌雄形态比较

方差分析及t检验结果见表1。标准化性状的方差均呈齐性($P>0.05$)。24项形态特征的比例性状中,有8项存在显著差异;其中体厚/体长、吻胸长/体长、鳃背长/体长、鳃腹长/体长共4项差异达到极显著水平($P<0.01$);颌须/头长、吻腹长/体长、胸背长/体长、鳃臀长/体长共4项差异达到显著水平($P<0.05$)。

表1 雌雄台湾泥鳅标准化性状的差异显著性检验

Tab.1 Significance test of differences in standardized characters of male and female *P. dabryanus* ssp.

性状	雌		雄		方差齐性检验		均值方程的t检验		
	M±SD	CV/%	M±SD	CV/%	F	Sig.	t	df	Sig.
体厚/体长	0.1166±0.01	1.20	0.1093±0.01	1.19	1.006	0.318	3.836	158	0.000**
颌须/头长	0.4647±0.06	1.55	0.4877±0.06	1.48	0.008	0.928	-2.252	158	0.026*
吻腹长/体长	0.5756±0.02	0.36	0.5675±0.02	0.41	0.585	0.446	2.586	158	0.011*
吻胸长/体长	0.1582±0.00	0.88	0.1528±0.01	0.92	0.016	0.898	2.729	158	0.007**
鳃背长/体长	0.3918±0.02	0.66	0.3797±0.02	0.66	0.111	0.740	3.325	158	0.001**
鳃腹长/体长	0.4331±0.02	0.48	0.4236±0.02	0.57	0.100	0.752	2.951	158	0.004**
胸背长/体长	0.3757±0.02	0.64	0.3682±0.03	0.79	0.005	0.942	2.011	158	0.046*
鳃臀长/体长	0.5964±0.03	0.62	0.5842±0.04	0.80	0.366	0.546	2.044	158	0.043*

注:*代表差异显著($P<0.05$),**代表差异极显著($P<0.01$)。

Note: * significant difference ($P<0.05$), ** highly significant difference ($P<0.01$).

2.2 主成分分析

对台湾泥鳅标准化形态指标进行主成分分析,原始数据经KMO及Bartlett检验,KOM值为0.692,可以对其进行主成分分析,共提取了5个主成分,分析结果见表2。从表2中可以看出,主成分1、2、3、4和5的贡献率分别为35.06%、15.55%、12.24%、11.76%和9.61%,5个主成分的累计贡献率达到84.23%,主成分1的贡献率明显高于其他成分。第1主成分载荷值较大的是吻腹长/体长、鳃背长/体长、鳃腹长/体长、胸背长/体长,主要反映了台湾泥鳅头部和躯干部特征;第2主成分载荷值较大的是颌须/头长,反映了台湾泥鳅颌须的特征;第3主成分载荷值较大的是体厚/体长,反映的是台湾泥鳅体型肥瘦程度的特征;第4和第5主成分载荷值较大的是吻胸长/体长、鳃臀长/体长,反映了台湾泥鳅整体轮廓的特征。

根据台湾泥鳅标准化形态指标的分析,对台湾泥鳅雌雄主成分得分绘制散点图,如图1所示。由图1可以看出,台湾泥鳅雌雄个体在主成分分析图上存在重叠交错态势。

表2 台湾泥鳅形态评价指标的主成分分析

Tab.2 Principal component analysis of morphological evaluation indices for *P. dabryanus* ssp.

性状	主成分				
	1	2	3	4	5
体厚/体长	0.262	0.346	0.829	-0.125	-0.290
颌须/头长	0.015	0.871	0.009	0.055	0.389
吻腹长/体长	0.795	-0.216	0.018	0.021	-0.290
吻胸长/体长	0.323	-0.362	0.371	0.663	0.425
鳃背长/体长	0.777	0.243	-0.238	0.208	0.001
鳃腹长/体长	0.811	-0.121	0.014	-0.210	0.043
胸背长/体长	0.682	0.281	-0.306	0.181	-0.182
鳃臀长/体长	0.522	-0.188	0.059	-0.601	0.484
特征值	2.805	1.244	0.979	0.941	0.769
贡献率/%	35.064	15.553	12.238	11.763	9.614
累积贡献率/%	35.064	50.617	62.856	74.618	84.232

2.3 雌雄判别分析

采用Wilks′ lambda方法构建统计量,以F分布值为标准,大于3.84确定变量的引入,小于2.71确定变量的剔除,逐步引入变量直至所有具有统计学意义的变量全部引入,然后建立Fisher判别函数。

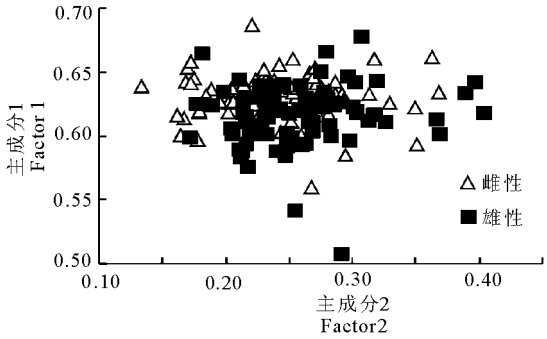

图 1　雌雄台湾泥鳅主成分 1 与主成分 2 分布

Fig. 1　Scatterplot of principal component 1 and 2 based on the analysis of morphological evaluation indices of male and female *P. dabryanus* ssp.

2.3.1　变量引入剔除过程　经过 3 次运算过程完成所有变量的引入,引入变量为体厚比体长、鳃背长/体长、颌须/头长(表 3)。

2.3.2　建立判别函数　通过逐步判别分析,从 8 个比例性状中筛选出对区分台湾泥鳅雌雄个体有显著贡献的 3 个变量——体厚/体长、颌须/体长、鳃背长/体长,当判别函数中含有这 3 个变量时,两类之间判别结果的多元显著性检验结果 Wilks′ λ = 0.796, $P < 0.0001$,表明利用这 3 个变量所建立的判别函数的判别效果具有极显著的意义。以 x_1、x_2、x_3 分别代表体厚/体长、颌须/体长、鳃背长/体长,台湾泥鳅不同性别群体的判别函数分别为:

雌性(♀):

$$func_1 = 731.96x_1 + 27.02x_2 + 723.92x_3 - 191.44$$

雄性(♂):

$$func_2 = 671.79x_1 + 37.09x_2 + 695.54x_3 - 178.50$$

表 3　变量引入过程

Tab. 3　Variable introduction process

运算次数	引入变量	威尔克斯引入法							
		标准值	自由度 1	自由度 2	自由度 3	精确 *F* 值			
						标准值	自由度 1	自由度 2	显著水平
1	体厚/体长	0.915	1	1	158	14.712	1	158	0.000
2	鳃背长/体长	0.863	2	1	158	12.504	2	157	0.000
3	颌须/头长	0.796	3	1	158	13.354	3	156	0.000

2.3.3 计算判别准确率　将实验鱼体的形态指标数据分别代入判别函数,所得计算结果较大的函数即为其所属类别。由表 4 可知,台湾泥鳅雌性群体的判别准确率为 70.0%,雄性群体的判别准确率为 72.5%,综合判别准确率为 71.5%。

表 4　建立函数的判别结果

Tab. 4　Identification results by discriminant function

性别	判别结果		合计	准确率/%
	雌	雄		
雌	56	24	80	70.0
雄	22	58	80	72.5

3　讨论

3.1　台湾泥鳅雌雄个体的形态特征差异比较

许多鱼类雌雄个体之间存在生长率、成熟年龄、体色、个体大小、繁殖方式、体型等生物学性状差异。安丽等(2011)研究大鳞副泥鳅雌雄个体 10 个比值性状中,体高/体长、尾柄长/体长和尾柄皮褶长/体长 3 个指标表现出极显著差异,其他性状差异不明显,雌雄个体主成分分析图存在重叠交错态势,雌雄群体间差异不显著;这与王元军和李殿香(2005)研究结果类似,大鳞副泥鳅雌雄个体形态指标中,体长/吻腹长差异显著,但雌雄个体的整体差异不显著;戴璐怡(2015)通过对台湾泥鳅雌雄个体的体长/体高、尾柄长/尾柄高、头长/吻长、口须长/头长 4 项可量性状的比较,结果显示雌雄差异不明显。整体形态差异的不显著可能是由于形态指标选取不完善所致。本研究对台湾泥鳅的 24 项比例性状进行分析,其中体长/体高、尾柄长/尾柄高、头长/吻长与戴璐怡(2015)的结果一致,雌雄个体的差异不显著,但通过 *t* 检验得出其体厚/体长、吻胸长/体长、鳃背长/体长、鳃腹长/体长共 4 项差异达到极显著水平,颌须/头长、吻腹长/体长、胸背长/体长、鳃臀长/体长共 4 项差异达到显著水平,表明形态差异能够较好地将台湾泥鳅雌雄个体区分。

3.2　台湾泥鳅雌雄个体的形态特征差异原因

主成分分析结果显示,台湾泥鳅雌雄的差异主要集中在头部、躯干部、颌须、体型肥瘦程度以及整体轮廓等方面。5 个主成分的累积贡献率为 84.23%,并不能完全反映所有指标所包含的信息,本研究认为台湾泥鳅的形态性状不能用几个形态指标所替代。判别函数综合判别准确率为 71.5%,说明判别分析具有一定的鉴别效果,利用形态指标建立判别函数对台湾泥鳅雌雄进行快速判别具有一定的可行性。台湾泥鳅雌雄个体形态差异受到年龄、生理状态、区域等因素的影响,不同情况下其雌雄个体形态的差异有待进一步研究。

参考文献

安丽，朱永安，王玉新，等，2011. 大鳞副泥鳅雌雄个体的形态特征比较[J]. 安徽农业科学，39(1):289－290，294.

戴璐怡，2015. 大鳞副泥鳅和台湾泥鳅的形态学研究和线粒体基因组全序列分析[D]. 舟山:浙江海洋学院.

傅建军，徐如卫，薛婷，等，2015. 3种泥鳅微卫星标记和D-Loop部分序列遗传变异分析[J]. 水产学报，39(4)：465－474.

林植华,雷焕宗，2004. 黄颡鱼的两性异形和雌性繁殖特征[J]. 动物学杂志，39(6)：13－17.

卢国兴，储张杰，胡廷尖，等，2012. 舟山群岛大鳞副泥鳅与真泥鳅形态特征比较研究[J]. 淡水渔业，42(4)：88－90.

倪海儿，龚启祥，董瞻远，等，1989. 短吻舌鳎个体生殖力和雌雄个体性状差异的研究[J]. 浙江水产学院学报，8(1)：9－15.

邱楚雯，王韩信，陈迪虎，等，2014. 台湾泥鳅人工繁殖及早期发育的研究[J]. 水产科技情报，41(6)：284－289.

王元军，2008. 基于判别分析的泥鳅和大鳞副泥鳅识别[J]. 安徽农业科学，36(2)：564,568.

王元军，李殿香，2005. 大鳞副泥鳅雌雄个体的形态分析[J]. 四川动物，24(2)：159－160.

杨景峰，徐桂珠，2003. 罗非鱼全雄控制技术研究进展[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版)，18(4)：318－322.

(责任编辑　万月华)

Morphological Differentiation and Sexual Identification of Male and Female *Paramisgumus dabryanus* ssp.

QIU Chu-wen, WANG Han-xin, CHEN Di-hu

(Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, P. R. China)

Abstract: *Paramisgumus dabryanus* ssp. is a new breeding variety recently introduced from Taiwan. Because of breeding trait improvements, artificial breeding of *P. dabryanus* ssp. is developing rapidly. To scientifically identify the gender of *P. dabryanus* ssp., morphological variations between male and female were analyzed based on the comparison of 24 standardized morphological characteristics. The results will support artificial breeding of the species. A total of 160 *P. dabryanus* ssp. individuals (body length: 11.68 – 19.10 mm; body mass: 18.06 – 77.98 g) were purchased for the investigation, with 80 specimens of each gender. Twenty-five morphological parameters were measured for each loach with an electronic balance and digital vernier calipers, including body weight, total length, body length, head length, snout length, body depth, body width, body thickness. Using this data, 24 standardized morphological indices such as body thickness/body length, body depth/body length, jaw beard length/head length were used to identify gender. Comparisons of morphological characteristics related to sexual dimorphism in *P. dabryanus* ssp. were carried out with the t-test, principal component analysis and discriminant analysis methods using Excel 2007 and SPSS 16.0 software. Results show: (1) The t-test indicated that, of the 24 standardized morphological characteristics, four traits displayed highly significant differences ($P < 0.01$) between genders and another four traits were significantly different ($P < 0.05$); (2) Principal component analysis demonstrated that the cumulative variance of the five principal components was 84.23% and the differences between male and female *P. dabryanus* ssp. are primarily indicated in the head, trunk, jaw beard, level of obesity and overall framework structure; (3) The three components with the highest contributions to discriminant analysis served as independent variables and fish discriminant functions distinguished between male and female *P. dabryanus* ssp. with an accuracy rate of 71%. For females (♀): $func_1 = 731.96x_1 + 27.02x_2 + 723.92x_3 - 191.44$ and for males (♂): $func_2 = 671.79x_1 + 37.09x_2 + 695.54x_3 - 178.50$. In conclusion, the differences in the morphological characteristics were significant between male and female *P. dabryanus* ssp., and it is possible to identify them quickly using the discriminant function.

Key words: *Paramisgumus dabryanus* ssp.; morphological index; quantitative character; morphological variation