

菲律宾花鳗鲡种类鉴别与形态差异分析

罗鸣钟^{1,2,3}, 关瑞章^{1,3,4}, 李忠琴^{3,4}, 靳 恒^{3,4}

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 鳗鲡现代产业技术教育部工程研究中心, 福建 厦门 361021; 4. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021)

摘 要: 根据脊椎骨数及量度性状, 用形态学分析方法鉴别了菲律宾花鳗鲡苗的种类, 并应用方差、主成分和判别等分析方法比较研究了引进鳗苗种类间形态差异。结果表明, 引进的菲律宾花鳗鲡苗实为 2 种鳗鲡, 即花鳗鲡和太平洋双色鳗。其中花鳗鲡数量绝多, 个体较小; 太平洋双色鳗数量少, 但个体显著大于花鳗鲡。花鳗鲡总脊椎骨数、臀鳍起点前和起点后脊椎骨数均显著小于太平洋双色鳗。花鳗鲡与太平洋双色鳗的多个形态性状差异显著, 包括体型、头部、口裂及鳍, 散布全身。建议在鳗苗培育后期分级选别时, 可根据花鳗鲡与太平洋双色鳗体型的差异和鳍型不同将其分开。花鳗鲡体型较小, 背鳍前端和臀鳍前端距离较远; 太平洋双色鳗体型较大, 背鳍前端和臀鳍前端几乎平齐。

关键词: 菲律宾; 花鳗鲡; 种类鉴别; 形态差异

中图分类号: S965.223

文献标识码: A

文章编号: 1003-1111(2012)06-0333-06

花鳗鲡 (*Anguilla marmorata*) 属鳗鲡目, 鳗鲡科, 鳗鲡属, 俗称鲈鳗, 为降河洄游性鱼类。该物种分布于中国、澳大利亚、日本、东南亚和非洲等热带、亚热带地区, 在我国福建、广东、广西、海南省和台湾均有零星分布。花鳗鲡蛋白质含量高于日本鳗鲡 (*A. japonica*), 而脂肪含量仅为其 1/3, 氨基酸组分齐全, 又称为“淡水人参”^[1]。花鳗鲡售价是日本鳗鲡的 3~5 倍, 是一种经济价值极高的名贵鱼类。近年来自然水体污染严重及过度捕捞, 花鳗鲡野生资源量急剧下降, 1988 年被我国列为国家二级野生保护动物。

东南亚尤其是菲律宾北部地区花鳗鲡苗种资源丰富, 鳗苗价格便宜。本实验室于 2010 年从菲律宾引进 14 万尾花鳗鲡白仔苗进行工厂化循环水苗种培育, 并取得了一定成果。但在培育后期, 笔者发现花鳗鲡黑仔苗中掺杂少量体型粗短, 体色较黑的鳗鲡种类, 近年来我国福建和广东省引进菲律宾花鳗鲡苗种培育中也有类似情况。菲律宾花鳗鲡苗种中含有鳗鲡的种类和比例, 目前尚无定论。苗种的不纯, 极大地影响了花鳗鲡的品质以及成鱼养殖。为确保菲律宾花鳗鲡种质资源的合理开发及其养殖业的可持续发展, 有必要对菲律宾花鳗鲡的种类进行鉴别。

鳗鲡属鱼类种类诸多, 分类问题一直存在诸多争议^[2]。脊椎骨数目受遗传因素决定, 是鳗鲡属鱼类分类的可靠鉴别特征之一^[3-5]。吕小梅等^[6]根据脊椎骨数目鉴定出九龙江口湖河鳗苗有 3 种, 即日本鳗鲡、西里伯斯鳗鲡 (*A. celebesensis*) 和花鳗鲡。但鳗鲡属不同种类脊椎骨数的分布范围常有重叠, 如欧洲鳗鲡 (*A. anguilla*) 脊椎骨数为 107 ~ 116 枚, 日本鳗鲡脊椎骨数为 114 ~ 119 枚, 美洲鳗鲡 (*A. rostrata*) 脊椎骨数为 105 ~ 110 枚。因此找出稳定可靠的形态学鉴定指标在鳗鲡属鱼类分类中尤为重要。

笔者根据脊椎骨数及量度性状, 采用形态学方法鉴定菲律宾花鳗鲡苗种类, 比较种类间的形态差异, 确定可靠的形态学鉴别指标, 为菲律宾花鳗鲡苗资源合理引进以及苗种培育提供参考资料, 为后续的集约化养殖打下基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验样本为由菲律宾引进, 在集美大学海水试验场养殖 3~5 个月的黑仔鳗。随机取样 314 尾, 体长 5.79~17.4 cm, 体质量 0.38~11.49 g。

收稿日期: 2011-06-29; 修回日期: 2011-09-05.

基金项目: 国家农业部公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-043-03); 福建省科技计划重点项目(2009N0046); 福建省教育厅重点项目(JA09157); 福建省科学技术厅项目(2009N2003-1).

作者简介: 罗鸣钟(1984-), 男, 博士研究生; 研究方向: 水生生物种质资源与水产养殖. E-mail: kklmz413@hotmail.com. 通讯作者: 关瑞章(1953-), 男, 教授, 博士生导师; 研究方向: 渔业水体生态与病害. E-mail: rzguan@jmu.edu.cn.

表1 鳗苗体长和体质量数据

种类	指标	尾数	平均值	标准差	最小值	最大值
花鳗鲡	体长/cm	294	8.97	1.54	5.79	12.80
	体质量/g	294	1.70	0.79	0.38	5.16
太平洋双色鳗	体长/cm	20	13.47	2.88	9.02	18.30
	体质量/g	20	4.89	3.23	1.37	11.49

1.2 数据测量

每尾试验鳗苗称量质量(精确至0.1 g)后,作形态学测量。其中可数性状包括总脊椎骨数、臀鳍前脊椎骨数、臀鳍后脊椎骨数,可量性状(精确至0.1 mm)包括全长、体长、体高、体厚、头长、口裂高、口裂宽、眼径、眼间距、吻长、躯干长、背鳍前端与臀鳍前端的距离。

1.3 数据处理

为了消除样本规格对形态性状分析所造成的影响,本研究先将所有可量性状数据与其全长的比值作为校正值,再用SPSS13.0软件进行处理。对可数性状数据进行单因素方差分析,比较种间差异。参照文献[7-10],对可量数据进行多元统计分析,采用方差分析、主成分分析和判别分析方法。

1.3.1 方差分析

3个可数性状和11个可量性状数据(除以全长后的校正值)的差异性用方差分析检验,如果方差分析检验为差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$),则用Duncan's多重比较进行分析。

1.3.2 主成分分析

通过主成分分析,从12个可量性状中筛选出4个综合性指标,即主成分1、2、3和4。计算各主成分特征值和贡献率,根据各主成分的碎石图绘制主成分分析图。

1.3.3 判别分析

用逐步判别法对所有的形态数据进行筛选,去除判别效果不显著的参数,计算判别准确率和互相证实准确率,建立判别方程。

判别准确率/% = 判别正确的尾数/实际尾数 $\times 100\%$

$$\text{综合判别准确率} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\sum_{i=1}^k B_i} (i=1, 2, 3 \dots k)$$

式中, A_i 为第*i*个苗种中判别正确的尾数, B_i 为第*i*个苗种的实际尾数, k 为鳗苗种类。

2 结果与分析

2.1 鳗苗种类

参照国内外学者发表的鳗鱼种类检索资料^[11-12],对314尾样本进行种类鉴别。结果显示,鳗苗分为2种,其中花鳗鲡294尾,占总数的93.6%,太平洋双色鳗(*A. bicolor pacifica*)20尾,

占总数的6.4%。

2.2 体长与体质量分布

花鳗鲡数量占绝大多数(93.6%),太平洋双色鳗仅占极少数(6.4%)(表1、图1)。花鳗鲡体型较小,平均体长8.97 cm,平均体质量为1.70 g。体长分布主要集中在60~120 mm,占总尾数的97.3%;体质量分布主要集中在0.5~2.5 g,占总尾数的92.2%。太平洋双色鳗体型较大,体长与体质量分布不集中,平均体长13.47 cm,平均体质量为4.89 g。*t*检验表明,太平洋双色鳗体长、体质量均极显著大于花鳗鲡($P < 0.001$)。

2.3 体长与体质量的关系

体长和体质量的相关分析采取Keys公式 $m = aL^b$,花鳗鲡、太平洋双色鳗体长(L , cm)与体质量(m , g)关系呈幂函数关系,用以下方程表示:

$$\text{花鳗鲡 } Lnm = -4.962 + 2.443 \ln L (n=294, r=0.899)$$

$$\text{太平洋双色鳗 } lnm = -6.215 + 3.001 \ln L (n=20, r=0.953)$$

经方差分析表明,花鳗鲡回归方程斜率显著小于3($F_{1,312} = 16.145, P < 0.0001$)(图2),属异速生长型。太平洋双色鳗回归方程斜率与3无显著性差异($F_{1,312} = 0.009, P = 0.925 > 0.05$)(图3),属均速生长型。

2.4 形态差异

2.4.1 可数性状

鳗苗可数性状单因素方差分析结果见表2。花鳗鲡总脊椎骨数、臀鳍起点前和臀鳍起点后脊椎骨数显著小于太平洋双色鳗($P < 0.05$),臀鳍起点前脊椎骨数与总脊椎骨数的比值及臀鳍起点后脊椎骨数与总脊椎骨数的比值,与太平洋双色鳗差异不显著($P > 0.05$)。

2.4.2 可量性状

2.4.2.1 方差分析

11个比例性状中,体长/全长、头长/全长、口裂高/全长和躯干长/全长差异不显著($P > 0.05$),其他7个比例性状差异显著($P < 0.05$),其中体高/全长、眼间距/全长和背鳍前端与臀鳍前端的距离/全长差异极显著($P < 0.01$)(表3)。

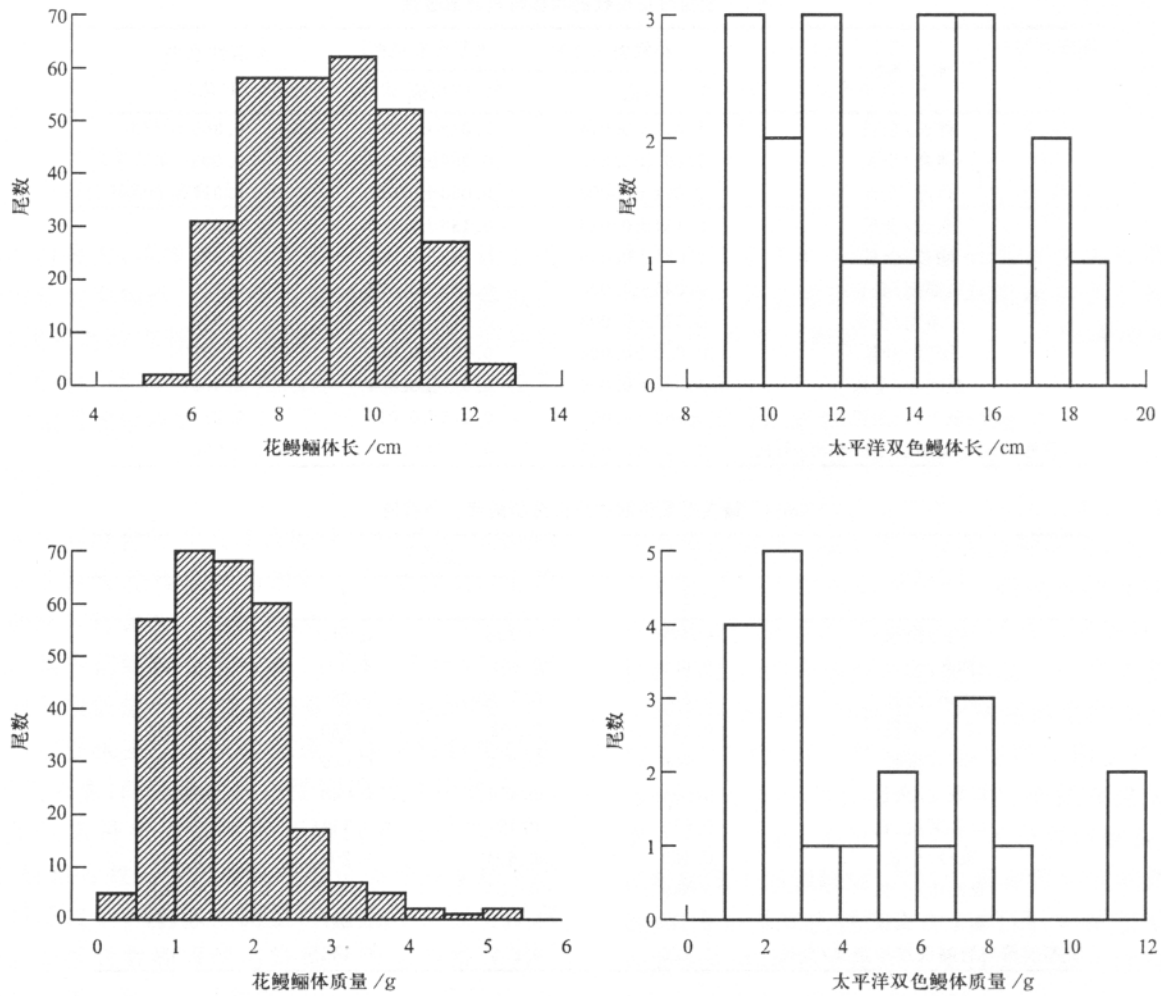


图 1 鳗苗体长与体质量分布情况

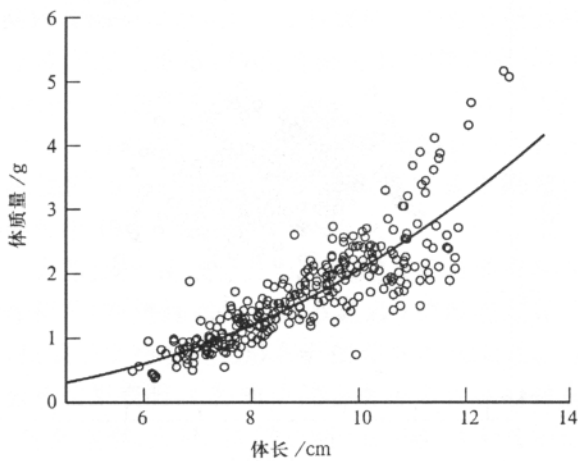


图 2 花鳗鲡体长与体质量的关系

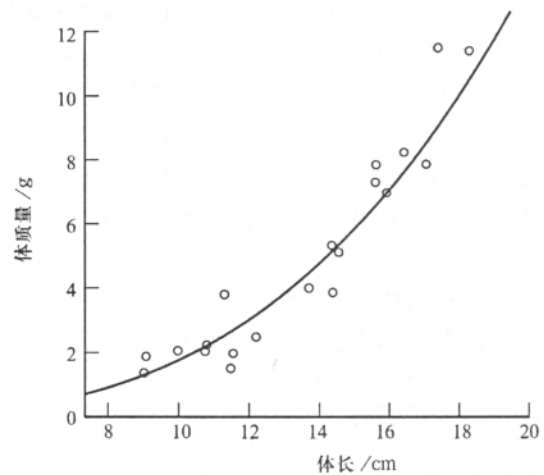


图 3 太平洋双色鳗体长与体质量的关系

表 2 鳗苗可数性状均值与差异显著性

变量	花鳗鲡			太平洋双色鳗			显著性水平(P)
	均值±标准差	范围	样本数	均值±标准差	范围	样本数	
A	103.45±1.75	100~108	132	105.65±2.03	103~111	20	0.000
B	40.57±1.37	38~44	111	41.90±1.25	39~44	20	0.000
C	62.68±1.61	58~66	111	63.75±2.27	60~69	20	0.012
B/A	0.39±0.01	0.37~0.43	111	0.40±0.01	0.37~0.42	20	0.201
C/A	0.61±0.01	0.57~0.63	111	0.60±0.01	0.58~0.63	20	0.201

注: A. 总脊椎骨数; B. 臀鳍起点前脊椎骨数; C. 臀鳍起点后脊椎骨数。

表3 鳊苗可量性状的均值与差异显著性

形态参数	花鳊	太平洋双色鳊	显著性水平 (P值)
	均值	均值	
体长/全长	1.012±0.014	1.012±0.008	0.865
体高/全长	0.063±0.012	0.056±0.007	0.003
体厚/全长	0.054±0.008	0.050±0.007	0.017
头长/全长	0.134±0.013	0.135±0.008	0.598
吻长/全长	0.034±0.006	0.033±0.007	0.032
口裂高/全长	0.035±0.008	0.031±0.006	0.716
口裂宽/全长	0.020±0.008	0.016±0.003	0.046
眼径/全长	0.030±0.006	0.026±0.006	0.032
眼间距/全长	0.036±0.009	0.032±0.004	0.006
躯干长/全长	0.269±0.025	0.275±0.015	0.234
背鳍前端与臀鳍前端的距离/全长	0.161±0.023	0.022±0.009	0.000

表4 鳊苗可量性状主成分分析的因子负荷值

形态参数	主成分			
	1	2	3	4
体长/全长	-0.060	-0.126	0.815	0.189
体高/全长	0.658	0.482	-0.121	0.301
体厚/全长	0.580	0.591	0.060	0.221
头长/全长	0.319	0.193	0.589	-0.161
吻长/全长	0.708	-0.212	0.049	-0.192
口裂高/全长	0.606	-0.451	0.040	-0.229
口裂宽/全长	0.676	-0.104	0.111	-0.323
眼径/全长	0.160	-0.694	0.204	0.370
眼间距/全长	0.649	-0.134	-0.385	0.061
躯干长/全长	-0.129	0.493	0.227	-0.493
背鳍前端与臀鳍前端的距离/全长	0.126	0.206	0.146	0.535

2.4.2.2 主成分分析

主成分分析结果表明,前4项主成分特征根均大于1,方差贡献率分别为24.344%、15.261%、11.89%和9.686%,对总变异的累积贡献率为61.181%,可用于分析本试验参数。主成分1中,形态参数吻长/全长、口裂宽/全长、体高/全长、眼间距/全长的作用最大,其负荷值分别为0.708、0.676、0.658、0.649;主成分2和主成分3分别是由眼径/全长,体厚/全长和体长/全长决定(表4)。根据主成分1和主成分4绘制散点图(图4)可以看出,2种鳊苗重叠区域较少,说明花鳊和太平洋双色鳊形态差异明显。

2.4.2.3 判别分析

用逐步判别程序对经过校正的11个形态比例参数进行筛选,淘汰掉口裂高/全长、眼间距/全长、体高/全长和吻长/全长等4个参数,得到体长/全长(V_1)、体厚/全长(V_2)、头长/全长(V_3)、口裂宽/全长(V_4)、眼径/全长(V_5)、躯干长/全长(V_6)和背鳍前端与臀鳍前端的距离/全长(V_7)等7个贡献率最大的形态比例参数,建立判别方程:

$$\text{花鳊} = -3080.003 + 6177.333V_1 + 566.340V_2$$

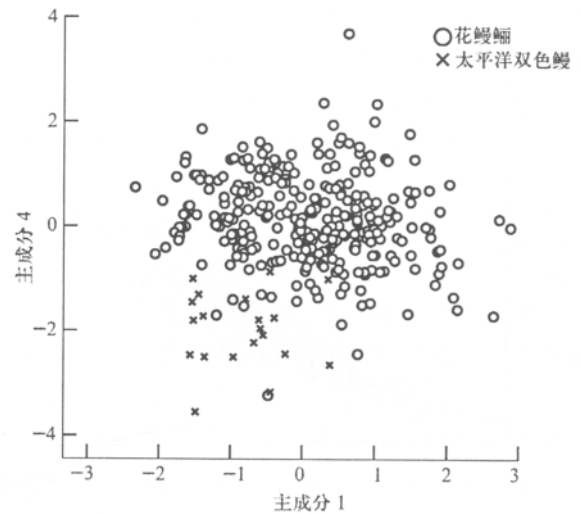


图4 2种鳊苗第1,4主成分散点图

$$-77.974V_3 + 187.577V_4 - 1813.945V_5 + 348.963V_6 - 188.484V_7$$

$$\text{太平洋双色鳊} = -3137.388 + 6255.024V_1 + 392.024V_2 + 58.995V_3 - 24.828V_4 - 2137.628V_5 + 399.346V_6 - 511.688V_7$$

将样本的形态参数值分别代入以上2个判别方程中,可求出2个判别方程的值,哪一个判别

表5 2种鳗苗可量性状判别结果

种类	判入尾数		判别准确率 %	交互验证判入尾数		判别准确率 %
	花鳗鲡	太平洋双色鳗		花鳗鲡	太平洋双色鳗	
花鳗鲡	292	2	99.32	292	2	99.32
太平洋双色鳗	0	20	100	0	20	100
综合判别准确率/%			99.36			99.36

方程的值最大,该样本即属于哪一种。为验证上述判别方程的准确性,对本次测量样本的可量参数校正后,代入判别方程进行预测分类,判别结果见表5。交互验证结果与原判别结果一致,说明上述判别方程相对稳定有效。

3 讨论

本试验以脊椎骨数及量度性状等数据为标准,首次对菲律宾花鳗鲡鳗苗进行了种类鉴别。菲律宾花鳗鲡苗种含有2种鳗鲡,即花鳗鲡和太平洋双色鳗。其中花鳗鲡数量占绝大多数,个体较小;太平洋双色鳗数量少,个体规格显著大于花鳗鲡。

可数性状主要反映的是遗传作用对鱼类的影响,稳定可靠,而可量性状在受到遗传作用的同时,往往受到多种生长条件等环境因素的制约^[13-15]。因此,脊椎骨数一直作为鳗鲡属鱼类分类鉴别的最主要特征之一。本试验测量的花鳗鲡和太平洋双色鳗总脊椎骨数和臀鳍前脊椎骨数均与松井魁^[3]报道的结果一致。2种鳗苗可数性状差异明显,花鳗鲡总脊椎骨数、臀鳍起点前和起点后脊椎骨数均显著小于太平洋双色鳗。2种鳗鲡可数性状数值的分布范围往往重叠,如花鳗鲡总脊椎骨100~108枚,太平洋双色鳗总脊椎骨数103~111枚。可数性状的分布优势峰却不重叠,如花鳗鲡总脊椎骨优势峰位于101~105枚,太平洋双色鳗总脊椎骨优势峰位于105~107枚。

方差分析、主成分分析和判别分析对菲律宾花鳗鲡鳗苗(花鳗鲡和太平洋双色鳗)的形态差异分析,反映了2种鳗苗在形态上的差异和相似性。方差分析结果表明,2种鳗苗的多个形态性状差异显著,包括体型、头部、口裂及鳍,散布全身。其中形态性状背鳍前端与臀鳍前端的距离/全长差异最为显著($P < 0.001$),花鳗鲡为0.161,太平洋双色鳗为0.022。松井魁^[3]提出以背鳍前端与臀鳍前端的距离占全长比例将鳗鲡分为两类,比例为7%~17%,称为长鳍型,比例为0.2%~5%,称为短鳍型。依此标准,花鳗鲡属长鳍型鳗鲡,太平洋双色鳗属短鳍型鳗鲡。本试验中共提取4个主成分,对总变异的累积贡献率为61.181%。主成分1中具有较大负荷值的形态变量与方差分析中差异显著

的形态变量基本一致。判别分析是鱼类种群鉴定中常用的分析方法,本研究中构建了2个判别方程,综合判别准确率为99.36%,可以准确地将2种鳗苗分开。

菲律宾花鳗鲡苗种中花鳗鲡与太平洋双色鳗个体大小差异显著,形态特征差异明显,这可能是因为同一栖息地的这2种鳗鲡分化生态位,减小种间竞争所造成。菲律宾花鳗鲡苗种不纯,极大影响了苗种的品质和养殖难度。本研究表明菲律宾花鳗鲡苗种中含有的2种鳗鲡在苗种培育后期,个体规格和形态差异明显。笔者建议:(1)在鳗苗培育后期分级选别时,可根据2种鳗鲡体型的差异和鳍型不同将其分开。(2)花鳗鲡在黑仔期生长慢,体型较小,而太平洋双色鳗生长快,个体规格显著大于前者。因此主要对大规格的鳗苗进行筛选。(3)花鳗鲡属长鳍型鳗鲡,背鳍前端和臀鳍前端距离较远,而太平洋双色鳗属短鳍型鳗鲡,背鳍前端和臀鳍前端几乎平齐。肉眼可直观的分辨出鳍型的不同,方便快速地区分2种鳗苗。

参考文献:

- [1] 闵志勇. 花鳗鲡和日本鳗鲡肌肉生化成分的比较研究[J]. 集美大学学报,1998,3(3):132-135.
- [2] 祝茜,董金海. 鳗鲡资源的合理开发利用及其保护对策[J]. 海洋科学,1994,18(4):14-16.
- [3] 松井魁. 鳗学[M]. 东京:恒星社厚生阁株式会社,1972:4-75.
- [4] 姜甜甜,齐兴柱,尹绍武,等. 鳗鲡种质资源的研究进展[J]. 水产科学,2007,26(6):366-369.
- [5] Brian W D J, Kang N S, Apolinario V Y, et al. Molecular phylogeny of Philippine freshwater eels *Anguilla* spp. (Actinopterygi: Anguilliformes: Anguillidae) inferred from mitochondrial DNA[J]. The Raffles Bulletin of Zoology,2007(14):51-59.
- [6] 吕小梅,方少华,张跃平. 九龙江口溯河鳗苗的种类及其形态特征[J]. 台湾海峡,1996,18(2):191-194.
- [7] 赵建,朱新平,陈永乐,等. 翘嘴鳊、斑鳊及其杂交种形态差异分析[J]. 华中农业大学学报,2008,27(4):506-509.
- [8] 高天翔,孙希福,宋娜. 斑尾复鰕虎鱼群体的形态学比较[J]. 中国海洋大学学报,2009,39(1):35-42.
- [9] 李学军,李爱景,李思发. 萨罗罗非鱼(*Sarotherodon*

- melanotheron*)与其他5种罗非鱼形态差异的多元统计分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 683-688.
- [10] 楼宝, 龚小玲, 毛国民, 等. 青岛和舟山褐牙鲈群体形态差异分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(1): 14-20.
- [11] 郭河. 养鳗透视[M]. 台北: 水产出版社, 1994.
- [12] 福建鱼类志编写组. 福建鱼类志上卷[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1984.
- [13] Robinson B W, Wilson D S. Genetic variation and phenotypic plasticity in a trophically polymorphic population of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) [J]. Evolutionary Ecology, 1996, 10(6): 631-652.
- [14] 许加武, 任明荣, 李思发. 长江、辽河、欧江中华绒螯蟹种群的形态判别[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 269-274.
- [15] 王金秋, 梁鸿子. 基于形态性状的松江鲈鱼 (*Trachidermus fasciatus*) 种群鉴别[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(4): 348-353.

Species Identification and Morphological Variations in Elvers Introduced from Philippine

LUO Ming-zhong^{1,2,3}, GUAN Rui-zhang^{1,3,4}, LI Zhong-qin^{3,4}, JIN Heng^{3,4}

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Engineering Research Centre of Eel Modern Technical Industry, Ministry of Education, Xiamen 361021, China; 4. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The species of eel elvers introduced from Philippine was identified by number of vertebra and measurable characters, and the morphological variations in the eel elvers were analyzed by variance analysis, discriminant analysis and principal component analysis. It was found that there were two species eel in the elvers introduced from Philippine, *Anguill marmorata*, which were the principal elver with small size, and *A. bicolor pacifica*, which were less in number and had large size. There were significantly less total vertebra, predorsal vertebra and behind anal fin vertebra in *A. marmorata* than those in *A. bicolor pacifica*. The multivariate analysis revealed that there were many significant differences in measurable characters including body shape, head, gape and fins between *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica*. It is suggested that *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica* be distinguished by the different body formation and fin types during later fingerlings rearing period. *A. marmorata* has small body sizes and its fore-end of dorsal fin is far from the fore-end of anal fin, whereas *A. bicolor pacifica* has large body sizes and its fore-end of dorsal fin and anal fin at the same level.

Key words: Philippine; elver; species identification; morphological variation