

## 银鲳形态特征与 DNA 条形码研究

李 渊<sup>1</sup>, 宋 娜<sup>1</sup>, KHAN Fozia Siyal<sup>1</sup>, 柳本卓<sup>2</sup>, 高天翔<sup>1\*</sup>

(1. 中国海洋大学海洋生物多样性与进化研究所, 山东 青岛 266003;

2. 日本中央水产研究所, 神奈川 横滨 236-8648)

**摘要:** 鲳属鱼类广泛分布于中国沿海, 为重要经济鱼种, 鲳属鱼类因外部形态存在较大的相似性, 分类一直存在分歧。本研究于 2010 年 10 月—2012 年 9 月采集科威特(科威特北部海域)、巴基斯坦(松米亚尼湾、奥尔马拉和伯斯尼)、北部湾和台湾近海的银鲳样品, 对其形态特征进行重新描述, 并对其 DNA 条形码开展了研究。银鲳的主要形态特征为背鳍 VII - VIII-39 ~ 43; 胸鳍 21 ~ 29; 臀鳍 V - VI-35 ~ 41; 尾鳍 26 ~ 28。鳃耙细弱、稀疏, 2 ~ 3 + 8 ~ 9 = 10 ~ 12。头部后上方侧线管的横枕管丛和背分支丛后缘呈浅弧形, 腹分支丛较背分支丛略长, 向后延伸未达背鳍起点, 呈峨眉状。脊椎骨数 37 ~ 38。结合 GenBank 中所有拉丁学名为 *Pampus argenteus* 的 CO I 基因进行同源序列比较发现, 所有个体单倍型明显分为 4 个组群, 而从氨基酸遗传差异和组群间遗传距离可以看出, 4 个组群应为不同的有效种; GenBank 中只有 FJ384702 与本研究序列结果相近。本研究描述了银鲳形态特征, 并给出其正确的 CO I 基因 DNA 条形码序列, 为深入开展鲳属鱼类的分类研究奠定了基础。

**关键词:** 银鲳; 形态特征; DNA 条形码; 遗传差异

**中图分类号:** Q 174; S 917.4

**文献标志码:** A

银鲳 (*Pampus argenteus* Euphrasen, 1788) 隶属于鲈形目 (Perciformes)、鲳科 (Stromateidae)、鲳属 (*Pampus*), 英文名为 silver pomfret。鲳属鱼类广泛分布于我国沿海, 为我国重要的经济鱼种。1960 年以后, 鲳属鱼类资源开始得到充分的开发利用, 但由于过度捕捞、环境破坏等原因, 鲳属鱼类资源严重衰退, 近年国内学者开始了鲳属鱼类的繁育工作。迄今为止, 鲳属鱼类相关研究报道较多, 主要包括分类学<sup>[1-9]</sup>、资源评估与分布<sup>[10-13]</sup>、生长与繁殖<sup>[14-20]</sup>、形态学<sup>[21]</sup>、系统发育<sup>[22-26]</sup>和遗传多样性<sup>[27-35]</sup>等方面。但由于鲳属鱼类在外部形态上存在较大的相似性, 因此鲳属鱼类的分类一直存在分歧, 银鲳的定种更是存在很大问题, 其中灰鲳、翎鲳都曾以银鲳出现<sup>[1,9,36-37]</sup>, 而珍鲳也曾被认为是银鲳的幼鱼<sup>[38]</sup>。

2003 年, Hebert 等<sup>[39]</sup>首次提出 DNA 条形码, 即利用线粒体 COI 基因片段序列作为物种快速鉴

定的标记, 并以此建立 DNA 序列和生物物种之间一一对应的关系。很多研究已经表明, 种内的 COI 序列变异很小, 而种间的 COI 序列差异显著, 能明显区分不同的物种<sup>[37,40]</sup>。DNA 条形码技术已被广泛应用于物种鉴定<sup>[39,41]</sup>、新纪录种或新种的发现<sup>[42-44]</sup>、隐存种发掘<sup>[45-46]</sup>、鱼卵仔稚鱼鉴定等研究<sup>[47-48]</sup>。目前, GenBank 中拉丁学名为 *Pampus argenteus* 的 COI 基因序列很多, 经过比对分析发现这些 COI 序列明显不是对应同一物种, 显示出银鲳种类鉴定方面存在诸多问题, 亟需对其进行形态特征描述和正确 DNA 条形码的确定。本研究采集了科威特、巴基斯坦、北部湾和台湾沿海的银鲳标本, 对其形态特征进行重新描述, 并测定 COI 基因片段序列, 结合 GenBank 中同源序列进行比较分析, 给出其正确的 DNA 条形码, 以期对鲳属鱼类分类的深入研究提供依据。

收稿日期: 2013-07-26 修回日期: 2013-09-15

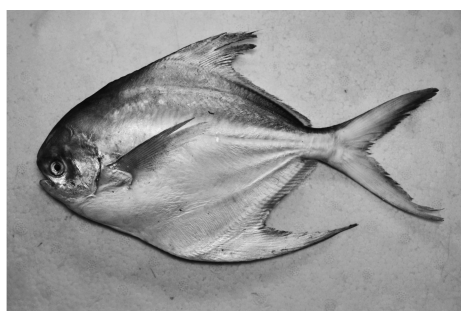
资助项目: 中央高校基本科研业务费专项 (201262022); 公益性行业 (海洋) 科研专项 (201305043)

通信作者: 高天翔, E-mail: gaotianxiang@ouc.edu.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

于2010年10月—2012年9月分别采集科威特(科威特北部海域)(只有肌肉)、巴基斯坦(松米亚尼湾、奥尔马拉、伯斯尼)、北部湾和台湾近海的银鲳样品(图1),并参照Kuronuma等<sup>[49]</sup>的



方法对其进行种类鉴定。

银鲳样品的体长范围为122.1~218.3 mm,现保存于中国海洋大学渔业生态学实验室。下载GenBank中*P. argenteus*和*Pampus* sp.同源序列,并采用北部湾中国鲳(*Pampus chinensis*)(体长范围为21.2~22.0 mm)为外群进行遗传学比较分析(表1)。

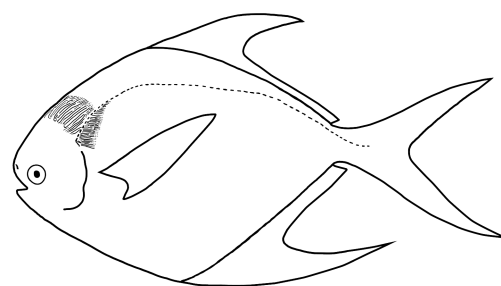


图1 银鲳

Fig. 1 *Pampus argenteus* Euphrasen, 1788

表1 研究所用样品和序列信息

Tab. 1 Information of *Pampus* samples and sequences in this study

种名 species	地点 sampling sites	采样时间 sampling time	编号 number	序列号 accession no.	引用序列号 accession no.
<i>P. argenteus</i>	北部湾	2011-12	BBB1	KF192324	DQ107596, EF607457, EF607458, EF607459, EF607460, EU595224, FJ384702, HM068249, HM068250, HM068251, HM068252, HM068253, HM068254, HM068255, HM068256, HM068257, HM068258, HM068259, HM068260, HM068261, HM068262, HM068263, HM068264, JQ681503, Q738583, JQ738584, JQ738585, JQ738586, JQ738587, JQ738588
	台湾	2012-09	TW1-TW5	KF192337-KF192341	
	科威特	2011-09	KW1-KW5	KF192325-KF192329	
	巴基斯坦 松米亚尼湾	2010-12	PK1-PK5	KF192332-KF192336	
	巴基斯坦 奥尔马拉	2010-12	PK6-PK10	KF202046-KF202050	
	巴基斯坦 伯斯尼	2010-12	PK11-PK15	KF202041-KF202045	
<i>Pampus</i> sp.		—			FJ652426, FJ652427
中国鲳 <i>P. chinensis</i>	北部湾	2011-12	Pchin1-Pchin2	KF192330, KF192331	—

### 1.2 实验方法

**形态学研究** 对样品进行传统形态学测定。可数性状包括:背鳍鳍棘和鳍条、胸鳍鳍条、臀鳍鳍棘和鳍条、尾鳍鳍条、第一鳃弓鳃耙数、脊椎骨数;用游标卡尺测量银鲳体长、叉长、头长、眼后头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长、尾柄高、体高等可量性状,精确到0.1 mm。

**遗传学研究** 取银鲳适量肌肉组织,采用酚—氯仿方法提取基因组DNA,将乙醇沉淀后的基因组DNA溶解于100  $\mu$ L蒸馏水中,4  $^{\circ}$ C保存备用。用于扩增线粒体DNA COI片段的引物为F1:5'-TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC-3'; R2: 5'-

ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA-3'。PCR反应体系为25  $\mu$ L,包括1.25 U *Taq* DNA聚合酶,各种反应组分的终浓度为200 nmol/L的正反向引物;200  $\mu$ mol/L的dNTP,10 mmol/L Tris pH 8.3,50 mmol/L KCl和1.5 mmol/L MgCl<sub>2</sub>。反应条件为94  $^{\circ}$ C预变性3 min;94  $^{\circ}$ C变性45 s,52  $^{\circ}$ C退火45 s,72  $^{\circ}$ C延伸45 s,30个循环;72  $^{\circ}$ C延伸10 min。以上反应均设阴性对照以排除DNA污染的情况。取2  $\mu$ L PCR扩增产物进行1%琼脂糖凝胶电泳检测(U=5 V/cm),用UNIQ-10柱式DNA胶回收试剂盒进行目的片段的回收纯化,送上海桑尼生物科技有限公司进行双向测序。

### 1.3 数据处理

将测得的 *CO I* 基因片段序列用 DNASTar 软件中的 Seqman 软件进行比对,并辅以人工校正。从 GenBank 库中下载所有拉丁学名为 *Pampus argenteus* 的 *CO I* 同源序列进行比对分析。筛选核苷酸最佳替换模型,以中国鲳为外群,利用 MEGA 4.0 软件构建系统发育树,并计算组群间和组群内的遗传距离。

## 2 结果

### 2.1 形态描述

测量标本 16 尾,体长范围为 122.1 ~ 218.3 mm,样品分别采自于巴基斯坦松米亚尼湾(12 尾)、中国台湾(3 尾)和北部湾(1 尾)。

背鳍 VII - VIII-39 ~ 43;胸鳍 21 ~ 29;臀鳍 V - VI-35 ~ 41;尾鳍 26 ~ 28。

头长为体长 23% ~ 30%;体长为叉长的 85% ~ 92%;胸鳍长为体长 43% ~ 55%;体高为体长 57% ~ 72%;体宽为体长 9% ~ 16%。吻长为头长 22% ~ 26%;眼径为头长 31% ~ 35%;眼间距为头长的 44% ~ 47%;眼后头长为头长 39% ~ 47%;尾柄高为头长 14% ~ 22%;尾柄高为尾柄长的 25% ~ 38%。

体卵圆形,侧扁,背面与腹面狭窄,背缘和腹缘弧形隆起,体以背鳍起点最高。头较小,侧扁,背部隆起,两侧平坦。吻短而圆钝,稍突出,等于或略短于眼径。眼较小,靠近头部前上端,距吻端较距鳃盖后上角为近。鼻孔每侧 2 个,紧相邻,均位于眼前上方。口小,亚前位,上颌不能活动。两颌牙细小,一行。犁骨齿及舌上均无齿。前鳃盖骨不明显。鳃耙细弱、稀疏,2 ~ 3 + 8 ~ 9 = 10 ~ 12。

体被细小圆鳞,鳞片极易脱落。头部除两颌及吻部外,全部被鳞。侧线完全,上侧位,呈弧形且与背缘平行。头部后上方侧线管的横枕管丛和背分支丛后缘呈浅弧形,背分支丛占头长的 45% ~ 57%,腹分支丛占胸鳍长的 34% ~ 41%,较背分支丛略长,向后延伸未达背鳍起点,呈峨眉状。

背鳍一个,鳍棘较小,前部鳍条隆起呈镰刀状,不伸达尾鳍基。臀鳍与背鳍同形,其前部鳍条隆起,较背鳍长。胸鳍长大。腹鳍无。尾鳍分叉,下叶较上叶长。椎骨数 37 ~ 38。

体背部青灰色,腹部呈银白色。多数鳞片上有微小黑点。各鳍呈淡灰色。

### 2.2 *CO I* 序列分析

对科威特(5 尾)、巴基斯坦(松米亚尼湾、奥

尔马拉和伯斯尼各 5 尾)、台湾(5 尾)和北部湾(1 尾)的 26 尾银鲳的 *CO I* 基因片段进行双向测序,得到 652 bp 的序列;结合 GenBank 中同源序列(602 bp)进行比对分析。所有个体中出现变异位点 139 个,简约信息位点 137 个。A + T 碱基含量(A:25.7%;T:32.4%)高于 G + C 碱基含量(G:16.8%;C:25.1%)。

以中国鲳为外群构建邻接系统发育树(图 2)。从系统树可以看出,所有鲳鱼个体单倍型明显分为 4 个组群,组群 1 有 17 条序列,组群 2 有 2 条序列,组群 3 有 5 条序列,组群 4 由 24 条序列组成,4 个组群间支持率均为 100%。仅有 FJ384702 与本研究实测的 26 尾银鲳序列聚类到一起。

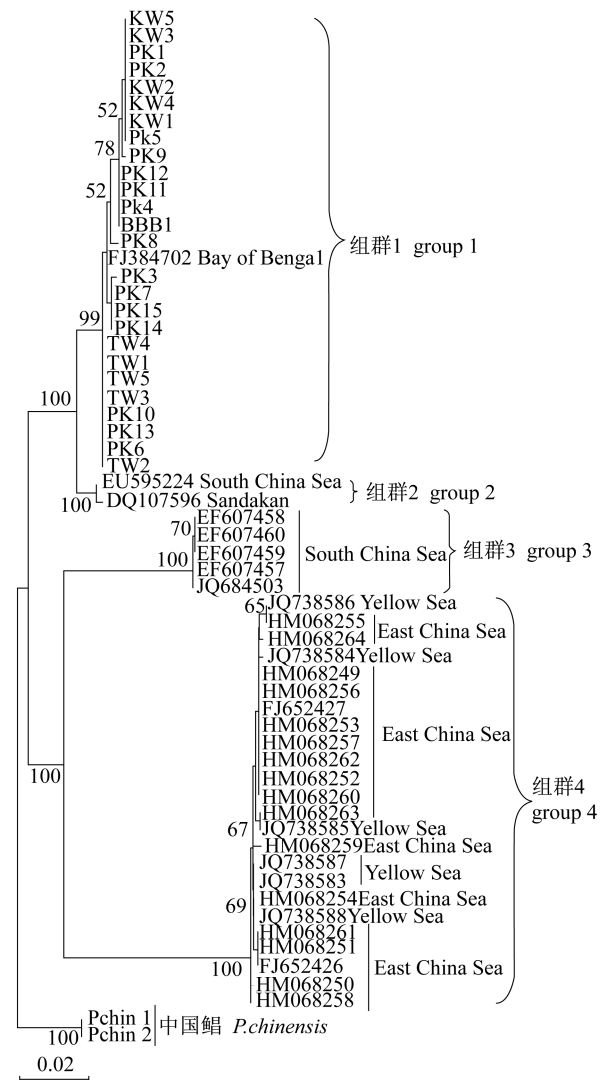


图 2 基于邻接法构建的银鲳系统发育树

Fig.2 Phylogenetic tree of *P. argenteus* based on neighbor-joining method

在 *CO I* 蛋白质编码基因部分片段中,大部分的突变是同义突变,最普遍的核苷酸替代是发生在密码子第三位点上的转换,其次是密码子第三位点上的颠换和第一位点上的无义转换<sup>[50]</sup>。在 602 bp 同源序列中,组群 1 内有 16 处碱基差异,而氨基酸序列仅有 1 处变异;组群 2 内仅有 1 个碱基差异,氨基酸序列没有变异;在组群 3 中,有 1 bp 的碱基差异和 1 处氨基酸序列变异;在组群 4 中,有 10 bp 的碱基差异,氨基酸序列没有变

异。而在氨基酸水平上,在 *CO I* 基因 200 个氨基酸序列上,4 个组群间共检测到氨基酸替代 11 处,可见 4 个组群在 *CO I* 基因氨基酸水平上产生了一定程度的遗传分化。

基于核苷酸最佳替换模型 HKY 分别计算 4 个组群内及组群间的遗传距离(表 2)。可以看出组群内的遗传距离范围为 0.001 ~ 0.008,组群间的遗传距离为 0.023 ~ 0.155,组群间遗传距离明显大于组群内遗传距离。

表 2 4 个组群基于 *CO I* 基因序列的组内(对角线)和组间(下三角)的遗传距离  
Tab.2 Genetic distances of *CO I* within (on the diagonal) and among (below the diagonal) four groups

	组群 1 group 1	组群 2 group 2	组群 3 group 3	组群 4 group 4	中国鲷 <i>P. chinensis</i>
组群 1	0.007				
组群 2	0.023	0.001			
组群 3	0.137	0.134	0.001		
组群 4	0.155	0.151	0.154	0.008	
中国鲷	0.110	0.103	0.139	0.151	0.00

### 3 讨论

1758 年, Linnaeus 运用双命名法将地中海北岸的鲷鱼命名为“*Stromateus fiatola*”。1788 年,瑞典鱼类学家 Euphrasen 在中国广东省虎门镇沿海定名了 2 种鲷属鱼类—*Stromateus argenteus* Euphrasen 和 *S. chinensis* Euphrasen。随着时间的推移和研究的深入,越来越多的鲷属鱼类被人们认识、描述。1837 年, Bonaparte 在研究印度沿海的鲷鱼模式种 *Stromateus candidus* 时,发现其与地中海和大西洋的 *Stromateus* 属鱼类存在属级的差别,并提出 *Pampus* 作为鲷属的新属名,而 *Stromateus* 仅作为分布于大西洋和东太平洋的真鲷属的属名。但直到 1905 年, *Pampus* 才被接受并沿用至今<sup>[36]</sup>。

王以康<sup>[1]</sup>是最早描述中国沿海鲷属鱼类的鱼类分类学家之一,他将鲷属分为银鲷(*P. argenteus*)和中国鲷(*P. chinensis*)。中国科学院动物研究所等<sup>[2]</sup>和朱元鼎等<sup>[3]</sup>认为南海和东海的鲷属鱼类分为燕尾鲷(*Stromateoides nozawae*)、银鲷(*S. argenteus*)和中国鲷(*S. chinensis*)。杨文华等<sup>[4]</sup>同意成庆泰等<sup>[5]</sup>分类结论,但提出鲷属属名 *Stromateoides* 应为 *Pampus*。邓思明等<sup>[6]</sup>和伍汉霖<sup>[7]</sup>认为鲷属鱼类包括银鲷(*P. argenteus*)、灰鲷(*Pampus cinereus*)和中国鲷(*P. chinensis*)。张

春霖等<sup>[8]</sup>认为黄渤海只有银鲷一种鲷鱼。Yamada 等<sup>[51]</sup>认为黄海和东海存在 4 种鲷属鱼类——翎鲷(*Pampus punctatissimus*)、镰鲷(*Pampus echinogaster*)、中国鲷(*P. chinensis*)和灰鲷(*P. cinereus*)。Liu 等<sup>[38]</sup>在台湾海峡和南海近海发现鲷属鱼类一新种——珍鲷。也有研究依据鲷属鱼类的外部形态、内部结构、同工酶及线粒体等研究成果<sup>[9,25-26,36,38,52-54]</sup>,认为中国沿海鲷属鱼类应包括 6 个种,即银鲷、镰鲷、灰鲷、翎鲷、中国鲷和珍鲷。尽管鲷属鱼类分类相关研究较多,但鲷属鱼类的分类与定种依旧混乱,银鲷缺少正确的形态特征描述和 DNA 条形码。

我们对科威特、巴基斯坦、北部湾和台湾近海的银鲷开展了研究。在采集中国沿海银鲷样品过程中,我们未能采集到台湾以北海域的银鲷,推测银鲷主要分布于台湾海峡以南,应属暖水性鱼类。Yamada 等<sup>[51,55]</sup>和 Nakabo<sup>[56]</sup>都认为黄海和东海存在 4 种鲷属鱼类,即镰鲷、翎鲷、中国鲷和灰鲷,并未提及银鲷;Nakabo<sup>[56]</sup>还明确指出银鲷只分布于台湾海峡以南,这都与我们的研究结果相一致。本研究银鲷的形态鉴别特征为背鳍 VII - VIII-39 ~ 43;胸鳍 21 ~ 29;臀鳍 V - VI-35 ~ 41;尾鳍 26 ~ 28。鳃耙细弱,稀疏,2 ~ 3 + 8 ~ 9 = 10 ~ 12。头部后上方侧线管的横枕管丛和背分支丛后缘呈浅弧形,腹分支丛较背分支丛略长,向后延伸未达背鳍

起点,呈峨眉状。脊椎骨数 37~38。虽然其他关于银鲳的形态描述与本研究中的形态特征有部分重叠,但存在明显不同(表 3);对银鲳分布区的描

述也存在问题。根据 Liu 等<sup>[54]</sup>可数性状无法区分银鲳和镰鲳,且可数性状与本研究结果完全不同。

表 3 各研究中银鲳可数性状的比较

Tab. 3 Comparative counts and distribution of *P. argenteus* in different studies

文献 reference	背鳍 dorsal fin	胸鳍 pectoral fin	臀鳍 anal fin	尾鳍 caudal fin	鳃耙 gill rakers	脊椎骨 vertebrae	分布 distribution
本研究 this paper	VII - VIII-39 ~ 43	21 ~ 29	V - VI-35 ~ 41	26 ~ 28	10 ~ 12	37 ~ 38	台湾海峡以南
[57]	37 ~ 43	24 ~ 27	34 ~ 43	-	10 ~ 13	34 ~ 37	从波斯湾到印度尼西亚
[58]	37 ~ 43	-	-	-	-	34 ~ 37	亚,向北至日本北海道
[2]	IX - XII-33 ~ 36	21	VII - IX-32 ~ 35	17	11 ~ 17	-	印度尼西亚、中国南海、东海、黄渤海,朝鲜,日本
[3]	VI - IX-40 ~ 45	21	IX-43 ~ 47	17	18 ~ 23	-	
[7]	X-38 ~ 43	23	VII - VIII-41 ~ 43	17	-	39 ~ 42	
[8]	X - XI-42 ~ 48	24 ~ 27	VI - VII, I - 41 ~ 46	17	18 ~ 21	-	-
[54] 银鲳	IX - XI-44 ~ 48	22 ~ 24	VI - VII-43 ~ 47	20 ~ 22	16 ~ 19	40	广东省及东南亚
[54] 镰鲳	IX - XI-44 ~ 49	22 ~ 24	VI - VII-42 ~ 48	20 ~ 22	16 ~ 21	40 ~ 41	台湾海峡以北

分子标记已被广泛用于物种鉴定和遗传多样性研究,GenBank 中丰富的序列信息更是为物种的比对研究提供了捷径。*CO I* 基因片段是鉴别鱼种最有效的 DNA 条形码之一,从系统发育树可以看出,所有鲳鱼个体单倍型明显分为 4 个组群。Cui 等<sup>[25-26]</sup>提出 *Pampus* sp. (FJ652426 和 FJ652427) 可能为镰鲳或银鲳,但本研究结果表明 *Pampus* sp. 并非银鲳。

蛋白质和核酸序列信息的迅速积累,使我们能够利用这些现存的序列信息研究分子进化的历史和规律。氨基酸的变异主要归结为遗传密码子碱基的转换和颠换,但由于生物密码子兼并性的存在,许多密码子发生同义突变后所编码的氨基酸种类仍保持不变,而不同物种的氨基酸片段序列则会出现较大的变异<sup>[40,59]</sup>。对 4 个组群氨基酸序列进行比较,发现仅组群 1 和组群 3 在组群内氨基酸序列发生 1 处变异,而组群间的氨基酸序列则存在 11 处变异,可见 4 个组群的 *CO I* 基因片段在氨基酸水平上遗传分化也较大。这也说明了所用样品并非都是银鲳,而应为 4 个独立的有效种。Meyer 等<sup>[60]</sup>认为,理想 DNA 条形码检测到的同属内种间遗传差异应该明显大于种内遗传差异,并在二者之间形成一个明显的间隔区,称作 *barding gap*,在 *CO I* 基因片段上,种内差异很少超过 2%,一般都低于 1%;而种间差异大于 2%。计算鲳鱼 4 个组群内及组群间的遗传距离可以看出,组群

内的遗传距离范围为 0.001~0.008,组群间的遗传距离范围为 0.023~0.155,组群间平均遗传距离明显高于组内的遗传距离,说明组群 1 序列可作为银鲳的 DNA 条形码。

迄今为止,国内“银鲳”相关研究涉及的分布范围广泛,但主要集中在渤海、黄海和东海。施兆鸿等<sup>[14-17]</sup>和赵峰等<sup>[18]</sup>先后对“银鲳”的繁育研究进行了报道,发现“银鲳”繁殖期的最适水温为 16~20℃,盐度为 26~31;而科威特海域银鲳的繁育水温为 26~32.8℃,盐度为 39 左右<sup>[61]</sup>,两者存在明显的温盐差异。可以看出这些研究涉及的鲳鱼分布范围和繁育水温存在明显的不同,结合 GenBank 中 *CO I* 基因同源序列的分析,提示分布在渤海、黄海和东海的鲳鱼并非银鲳。

正确的鱼种鉴定是进行渔业资源调查、鱼类生态学及开发利用和管理的基础与前提。由于鱼类的形态特征因生长环境和发育阶段的不同而存在差异,给依据形态特征鉴别物种的传统分类工作带来很大困难,而 DNA 条形码技术为鱼类的分类鉴定提供了辅助手段。将鱼类传统分类与 DNA 条形码技术相结合,才能准确鉴别鱼种,为后续分类地位和系统发育关系研究的开展奠定基础。

感谢科威特科学院渔业研究所 Dr. Sulaiman Almatar 和陈卫忠研究员提供科威特银鲳样品。

## 参考文献:

- [1] 王以康. 鱼类分类学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1958:449-450.
- [2] 中国科学院动物研究所,中国科学院海洋研究所,上海水产学院. 南海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1962:760-763.
- [3] 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1963:407-410.
- [4] 杨文华,成庆泰. 中国鱼类系统检索[M]. 北京:科学出版社,1987:425.
- [5] 成庆泰. 南海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1962:759-766.
- [6] 邓思明,熊国强,詹鸿禧. 中国鲷亚目鱼类分类系统的初步研究[C]. 鱼类学论文集. 北京:科学出版社,1981:25-38.
- [7] 伍汉霖. 福建鱼类志(下)[M]. 福建:福建科学技术出版社,1985:431-435.
- [8] 张春霖,成庆泰,郑葆珊,等. 黄渤海鱼类[M]. 基隆:水产出版社,1994:195-196.
- [9] Liu J, Li C S. Redescription of a stromateoid fish *Pampus punctatissimus* and comparison with *Pampus argenteus* from Chinese coastal waters [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 1998, 16(2): 161-166.
- [10] 农牧渔业部水产局,东海区渔业指挥部. 东海渔业资源调查区划[M]. 上海:华东师范大学出版社,1986:419-430.
- [11] 曹正光,赵利华. 长江口沿岸水域银鲳资源监测及渔业经济分析[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 374-378.
- [12] 柳卫海,詹秉义. 东海区鲷鱼资源利用现状分析[J]. 湛江海洋大学学报,1999,19(1):30-34.
- [13] 袁杨洋,叶振江,刘群,等. 黄海南部春季银鲳渔场分布与温度之间的关系[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(增刊1):333-337.
- [14] 施兆鸿,王建钢,高露姣,等. 银鲳繁殖生物学及人工繁育技术的研究进展[J]. 海洋渔业, 2005, 27(3):246-250.
- [15] 施兆鸿,高露姣,谢营梁,等. 舟山渔场银鲳和灰鲳繁殖特性的比较[J]. 水产学报, 2006, 30(5): 647-653.
- [16] 施兆鸿,马凌波,高露姣,等. 人工育苗条件下银鲳仔稚幼鱼摄食与生长特性[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(4):30-32.
- [17] 施兆鸿,赵峰,傅荣宾,等. 银鲳人工育苗技术研究[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1):53-57.
- [18] 赵峰,施兆鸿,庄平. 银鲳繁育生物学研究进展[J]. 海洋科学, 2010, 34(1):90-96.
- [19] 钱世勤,胡雅竹. 银鲳年龄和生长的研究[J]. 水产科技情报, 1985, 5:1-5.
- [20] 崔青曼,袁春营,董景岗,等. 渤海湾银鲳年龄与生长的初步研究[J]. 天津科技大学学报, 2008, 23(3):30-32.
- [21] 赵峰,庄平,章龙珍,等. 渤海、黄海及东海近海五个银鲳地理群体的形态变异[J]. 海洋学报, 2011, 33(1):104-110.
- [22] 张凤英,马凌波,施兆鸿,等. 3种鲷属鱼类线粒体CO I基因序列变异及系统进化[J]. 中国水产科学, 2008, 15(3):392-399.
- [23] 马春艳,赵峰,孟彦羽,等. 基于线粒体细胞色素b基因片段序列变异探讨3种鲷属鱼类系统进化[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5):20-26.
- [24] 赵峰,马春艳,庄平,等. 东海常见鲷属鱼类的形态差异及系统进化关系探讨[J]. 海洋渔业, 2011, 33(2):138-143.
- [25] Cui Z X, Liu Y, Liu J, et al. Molecular identification of *Pampus* fishes (Perciformes, Stromateidae) [J]. Ichthyological Research, 2010, 57(1):32-39.
- [26] Cui Z X, Liu Y, Li C P, et al. Species delineation in *Pampus*(Perciformes) and the phylogenetic status of the Stromateoidei based on mitogenomics [J]. Molecular Biology Reports, 2011, 38(2): 1103-1114.
- [27] 孟彦羽,章龙珍,赵峰,等. 银鲳4个地理种群遗传多样性的初步研究[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 48-52.
- [28] Peng S M, Shi Z H, Hou J L, et al. Genetic diversity of silver pomfret (*Pampus argenteus*) populations from the China Sea based on mitochondrial DNA control region sequences [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2009, 37(5):626-632.
- [29] 彭士明,施兆鸿,侯俊利,等. 银鲳3个野生群体线粒体CO I基因的序列差异分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(4):398-402.
- [30] 彭士明,施兆鸿,侯俊利. 基于线粒体D-loop区与CO I基因序列比较分析养殖与野生银鲳群体遗传多样性[J]. 水产学报, 2010, 34(1):19-25.
- [31] Zhao F, Dong Y H, Zhuang P, et al. Genetic diversity of silver pomfret (*Pampus argenteus*) in the Southern Yellow and East China Seas [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2011, 39(1):145-150.
- [32] 赵峰,庄平,章龙珍,等. 基于线粒体Cytb基因的黄海南部和东海银鲳群体遗传结构分析[J]. 水生生物学学报, 2011, 35(5):745-752.
- [33] 吴仁协,梁秀何,庄志猛,等. 中国近海银鲳线粒体CO I基因序列变异分析[J]. 动物分类学报, 2012,

- 37(3):480-488.
- [34] Sun P, Yin F, Shi Z H, *et al.* Genetic structure of silver pomfret (*Pampus argenteus*) in the Arabian Sea, Bay of Bengal, and South China Sea as indicated by mitochondrial *CO I* gene sequences [J]. *Journal Applied Ichthyology*, 2013, 29(4):733-737.
- [35] Sun P, Shi Z H, Yin F, *et al.* Population genetic structure and demographic history of *Pampus argenteus* in the Indo-West Pacific inferred from mitochondrial cytochrome *b* sequences [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2012, 43:54-63.
- [36] 刘静, 李春生, 李显森. 中国鲳属鱼类的分类研究 [J]. *海洋科学集刊*, 2002, 44:240-252.
- [37] Zhang J, Hanner R. Molecular approach to the identification of fish in the South China Sea [J]. *PLoS ONE*, 2012, 7(2):e30621.
- [38] Liu J, Li C S. A new pomfret species, *Pampus minor* sp. nov. (Stromateidae) from Chinese waters [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1998, 16(3):280-285.
- [39] Hebert P D N, Cywinska A, Ball S L, *et al.* Biological identifications through DNA barcodes [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2003, 270(1512):313-321.
- [40] Hebert P D N, Ratnasingham S, Dewaard J R. Barcoding animal life: cytochrome oxidase subunit I divergences among closely related species [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2003, 270(suppl.):96-99.
- [41] Puckridge M, Andreakis N, Appleyard S A, *et al.* Cryptic diversity in flathead fishes (Scorpaeniformes: Platycephalidae) across the Indo-West Pacific uncovered by DNA barcoding [J]. *Molecular Ecology Resources*, 2013, 13(1):32-42.
- [42] Guo E M, Liu Y, Liu J, *et al.* DNA barcoding discriminates *Pampus minor* (Liu *et al.*, 1998) from *Pampus* species [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2010, 28(6):1266-1274.
- [43] 张辉, 高天翔, 徐汉祥, 等. 中国木叶鲷属鱼类一新纪录种 [J]. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 2011, 41(1-2):51-54.
- [44] Gao T X, Ji D P, Xiao Y S, *et al.* Description and DNA barcoding of a new *Sillago* species, *Sillago sinica* (Perciformes: Sillaginidae), from coastal waters of China [J]. *Zoological Studies*, 2011, 50(2):254-263.
- [45] Hajibabaei M, Singer G A C, Hebert P D N, *et al.* DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics [J]. *Trends in Genetics*, 2007, 23(4):167-172.
- [46] Zemplak T S, Ward R D, Connell A D, *et al.* DNA barcoding reveals overlooked marine fishes [J]. *Molecular Ecology Resources*, 2009, 9(suppl.):237-242.
- [47] 卞晓东, 张秀梅, 高天翔, 等. 沙氏下鱈鱼卵的形态学及遗传学鉴别 [J]. *水产学报*, 2008, 32(2):342-352.
- [48] 何文平, 程飞, 黎雨轩, 等. 刀鲚和凤鲚的分子鉴定及其在仔鱼种类鉴定中的应用 [J]. *水生生物学报*, 2011, 35(4):565-571.
- [49] Kuronuma K, Abe Y. Fish of Kuwait [M]. Kuwait Institute of Scientific Research; University of California Press, 1972.
- [50] Meyer A. Evolution of Mitochondrial DNA in Fishes [M]. Amsterdam: Elsevier Press, 1993:1-36.
- [51] Yamada U, Shirai S, Iric T, *et al.* Name and illustrations of fish from the East China Sea and the Yellow Sea [M]. Tokyo: Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, 1995:194-195.
- [52] 刘静, 尤峰, 李春生. 中国鲳属鱼类同工酶谱分析 [J]. *海洋科学*, 1999, 5:31-34.
- [53] 刘静, 李春生, 李显森. 中国鲳属鱼类系统发育和动物地理学研究 [J]. *海洋科学集刊*, 2002, 44:235-239.
- [54] Liu J, Li C S, Ning P. Identity of silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788) based on specimens from its type locality, with a neotype designation (Teleostei, Stromateidae) [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 2013, 38(1):171-177.
- [55] Yamada U, Tokimura M, Hoshino K, *et al.* Name and illustrations of fish from the East China Sea and the Yellow Sea—Japanese · Chinese · Korean— [M]. Tokyo: Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, 2009:525-528.
- [56] Nakabo T. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, second edition [M]. Kanagawa: Tokai University Press, 2002:961-962, 1580.
- [57] Last P R. Stromateidae, butterfishes, silver pomfrets [M] // Carpenter K E, Niem V, eds. FAO identification guide for fishery purposes. The Western Central Pacific. 1997:3787-3789.
- [58] Haedrich R L. Stromateidae [M] // Fischer W, Bianchi G, eds. FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Indian Ocean (Fishing Area 51). Vol. 4. FAO, Rome. 1984.

- [59] 卢柏松,黄培堂. 利用分子进化树计算蛋白质的特异进化速率[J]. 遗传学报,1996,23(2):85-90.
- [60] Meyer C P, Paulay G. DNA Barcoding: error rates based on comprehensive sampling [ J ]. PLoS Biology,2005,3(12):2229-2238.
- [61] Almatar S M, Lone K P, Abu-Rezq T S, *et al.* Spawning frequency, fecundity, egg weight and spawning type of silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen) (Stromateidae), in Kuwait waters [ J ]. Journal of Applied Ichthyology, 2004, 20 ( 3 ): 176-188.

## New evidence of morphological characters and DNA barcoding of *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788)

LI Yuan<sup>1</sup>, SONG Na<sup>1</sup>, KHAN Fozia Siyal<sup>1</sup>, YANAGIMOTO Takashi<sup>2</sup>, GAO Tianxiang<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Evolution and Marine Biodiversity, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. National Research Institute of Fisheries Science, Yokohama 236-8648, Japan)

**Abstract:** The *Pampus* fishes are important commercial species and widely distributed in the coastal waters of China. Due to the similarities and complexities of morphological characters used in traditional taxonomy, taxonomic confusion has arisen in *Pampus* concerning the nomenclature. Among the genus, perhaps none is more confusing in the taxonomic studies than *Pampus argenteus*. Up to date, no reports about neotype of *P. argenteus* can be found. In the present study, redescription of morphological characters and redefinition of DNA barcoding of *P. argenteus* are conducted based on sixteen specimens collected from Kuwait (northern waters of Kuwait), Pakistan (Sonmiani Bay, Ormara, Pasni), Beibu Bay and Taiwan during October 2010 to September 2012. The diagnostic characters of *P. argenteus*: dorsal fin VII - VIII-39 - 43, pectoral fin 21 - 29, anal fin V - VI-35 - 41, caudal fin 26 - 28. First gill arch with 10 - 12 [ (2 - 3) + (8 - 9) ] small and sparse gill rakers. Vertebrae 37 - 38. In the occipital region, the area of the wavy branches above lateral line is developed and plume-like, with a little obtuse edge. Ventral wavy branches below lateral line are curvy and shorter than that above lateral line, and not reaching the base of dorsal fin. Combining all CO I sequences of *P. argenteus* from GenBank with those of this study, four absolute groups can be found in all specimens based on the genetic differences in amino acids and distance between groups. From the NJ tree, we can find that only one sequence (FJ384702) is similar to our DNA barcoding of *P. argenteus*. Therefore, it is urgent to guarantee the correctness of all sequences from GenBank. Redescription of morphological characters and the right DNA barcoding of *P. argenteus* are given, which provide a guarantee for efficient and accurate study, and theoretic basis for classification of *Pampus* in future.

**Key words:** *Pampus argenteus*; morphological characters; DNA barcoding; genetic differences

**Corresponding author:** GAO Tianxiang. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn