

银鲳繁育生物学研究进展

Advance on reproductive biology and artificial breeding technology of silver pomfret, *Pampus argenteus*赵峰^{1,2}, 施兆鸿¹, 庄平^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业资源与生态重点开放实验室, 上海 200090; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

中图分类号: S961

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)01-0090-07

银鲳(*Pampus argenteus*) 隶属于鲈形目(Perciformes)、鲳科(Stromateidae)、鲳属(*Pampus*), 广泛分布于印度-西太平洋, 南起波斯湾至印度尼西亚, 北至日本北海道^[1]。银鲳在中国诸海域均有分布, 其资源量以东海北部近海最高, 其次是南部近海和北部外海, 南部外海和台湾海峡较低^[2]。历史上银鲳为兼捕对象, 产量不高。1960年以后, 由于大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)、小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*) 野生资源相继衰退, 银鲳资源得到进一步开发利用, 逐渐成为专业捕捞对象。近 20 a 来, 中国银鲳的年捕捞产量呈连续上升趋势, 但其资源状况却不容乐观, 李长松等^[2] 调查发现中国东海区银鲳的年龄、长度组成、性成熟等生物学指标均逐渐趋小。

银鲳野生资源的变化使得银鲳繁殖生物学越来越受到广泛的关注。特别是近 10 a 来, 国内外学者积极开展了银鲳人工繁殖技术研究, 旨在通过银鲳人工繁殖技术的突破, 缓解对野生资源的捕捞压力及满足人们对银鲳的需求。作者对近 30 a 来国内外有关银鲳的研究资料进行了分析总结, 阐述了国内外研究简况, 并重点对银鲳繁殖习性和人工繁殖技术研究展开重点论述。

1 国内外研究简况

对银鲳的研究主要集中在中国、科威特、日本、韩国、印度等银鲳资源相对丰富的国家, 其中又以中国和科威特的研究工作较多。

早期的研究工作多集中于银鲳分类、资源、年龄与生长、摄食习性和食物组成等方面。20 世纪 80~90 年代, 邓思明等^[3,4]、朱元鼎^[5]、山田梅芳^[6] 及 Liu 等^[7-9] 对鲳属鱼类的鳃耙、幽门盲囊、耳石、侧线管、

头颅、脊椎骨等形态特征进行了系统地比较研究, 确定了鲳属鱼类的基本特征。刘静等^[9,10] 利用形态特征和同工酶谱进一步明确了中国沿海银鲳、灰鲳(*Pampus cinereus*)、翎鲳(*Pampus punctatissimus*)、中国鲳(*Pampus chinensis*) 及珍鲳(*Pampus minor*) 5 个种的划分。银鲳资源研究主要集中在资源分布^[2,11-14]、监测与评估^[15,16]、资源利用^[17]、种群结构^[18] 等, 这些研究为银鲳资源的保护与管理提供了理论依据。国内外学者对不同水域银鲳的生长与年龄^[19-23]、摄食习性及食物组成^[2,20,24,25] 等方面也开展了大量的研究, 研究结果对于银鲳的增养殖具有重要的指导意义, 尤为重要的是发现小型桡足类及非桡足类的小型甲壳类是其主要饵料生物。早在 20 世纪 60 年代, 日本学者 Mito 等^[26] 对日本濑户内海银鲳的胚胎和早期仔鱼进行了形态观察。此后, 中国、科威特等国学者也陆续开展了银鲳繁殖特性^[27-30] 和鱼卵仔鱼形态学^[31] 等方面的研究, 有关人工繁殖技术研究直到最近 10 余年才得到深入开展。1998 年和 2004 年, 科威特和中国的水产科研工作者分别对本国海域银鲳开展了人工繁殖技术研究, 通过从自然海域采集成熟亲鱼的精卵进行人工授精, 成功地获得了人工子一代苗种^[32-34]。目前, 科威特学者通过对人工繁殖的子一代苗种进行营养强化培育, 于 2007 年成功获得了少量人工子二代苗种^[35,36]。

收稿日期: 2008-12-30; 修回日期: 2009-02-12

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费资助专项(2007Z02); 上海市农委重点项目(2007 第 41 号)

作者简介: 赵峰(1978), 男, 山东德州人, 助理研究员, 博士研究生, 从事鱼类繁育生物学及种质资源研究, E-mail: jorfingshf@hotmail.com; 庄平, 通信作者, 电话: 021-65807868, E-mail: pzhuang@online.sh.cn

随着银鲳人工繁殖技术研究的开展, 其种质资源研究也逐渐受到重视。在生物化学水平上, 赵峰等^[37]、彭士明等^[38]和施兆鸿等^[39]对银鲳肌肉组织的氨基酸和脂肪酸含量进行了测定和分析; 在 DNA 水平上, 对银鲳肌肉基因组 DNA 的提取方法^[40]、基因表达谱分析^[41]、微卫星片段筛选^[42]及鲳属鱼类的系统进化^[43]等方面做了初步的研究报道。其研究结果对于全面开展银鲳种质资源研究、建立种质标准奠定了基础。

2 繁殖习性研究

2.1 产卵场及其环境条件

银鲳在中国沿海有很多产卵场, 东部沿海的产卵场主要分布在江苏吕泗洋, 浙江的大戢洋、岱衢洋、大目洋, 瓯江口外的温州近海, 福建闽东渔场的四礂列岛、崧山、七星一带^[44]; 这些产卵场一般分布在河口咸淡水混合区域, 水深一般为 10~ 20 m, 水温为 14~ 22℃, 盐度为 26.0~ 31.0^[44]。除东海海域外, 其他海域有关银鲳产卵场的相关资料较少。国外在银鲳产卵场及其环境条件方面也有相应研究报道。Gophlan^[45]调查发现银鲳产卵场主要分布在阿拉伯海的印度加法拉巴德 (Jafarabad) 近岸, 水温一般为 25.2~ 28.6℃, 盐度为 28.3。对科威特海域银

鲳的产卵场及其环境条件存有不同看法, Dadzie 等^[46]认为银鲳的产卵场在阿拉伯湾北部低盐度的河口地区, Parasamanesh^[47]认为在阿拉伯湾北部的深海区; Almatar 等^[30]则认为分布在 5~ 12 m 的浅海区, 这里一般具有较高的盐度 (39) 和温度 (26~ 32.5℃), 底质以砂、泥为主。

由此可见, 银鲳的产卵场根据分布的海域不同而呈现不同特点。但总体来讲银鲳的产卵场一般分布在有咸淡水交汇的近岸浅水水域, 底质以砂泥为主, 这可能是由于: (1) 咸淡水交汇水域的环境特点可以刺激 (或诱导) 银鲳亲鱼产卵排精; (2) 咸淡水交汇水域饵料生物资源丰富, 可以为银鲳的初孵仔鱼提供大量生物饵料。

2.2 繁殖季节

鱼类的繁殖与水温有密切关系, 中国浙江舟山渔场银鲳的繁殖水温为 14~ 22℃, 最适水温为 16~ 20℃^[29]; 而科威特海域银鲳的繁殖水温为 26~ 32.5℃^[30]。由于不同海域的水温差异, 银鲳的繁殖季节也有所不同 (表 1)。由表 1 可见, 中国沿海银鲳的繁殖期从南向北逐渐推迟。对比历史资料和近年的调查数据, 中国浙江北部舟山渔场银鲳的繁殖期有所提前^[13, 29], 而科威特海域银鲳的繁殖期却有所推后^[30, 46], 这可能与产卵场水域环境条件的变迁有关^[46]。

表 1 银鲳的繁殖季节

位置	繁殖季节	
	产卵期	产卵盛期
福建闽东渔场	3~ 7月	4月初~ 5月底 ^[13]
浙江北部 (舟山渔场)	5~ 7月 4月初~ 6月初	5~ 6月 ^[13] 4月中旬~ 5月中旬 ^[28, 29]
吕四渔场	4月下旬~ 6月下旬 ^[13]	
渤海	5月上旬~ 7月上旬 ^[13, 49] , 少量在 8~ 10月产卵 ^[13]	
阿拉伯湾的科威特北部水域	4~ 9月	5月和 8月 ^[46, 48]
	4~ 9月	4~ 5月 ^[30]
	3~ 8月	3月和 8月 ^[27]
科威特 (29° 22' ~ 29° 24' N, 48° 00' ~ 48° 06' E)	5月中旬~ 10月上旬 ^[30]	
阿拉伯海的印度加法拉巴德近岸	2~ 8月 ^[45]	
孟加拉湾	1~ 2月 ^[50]	
	2~ 8月 ^[51]	

2.3 性比

中国浙江舟山渔场银鲳在繁殖季节(4~6月)的雌雄比例接近于1:1^[29]。Almatar等^[30]对科威特银鲳的产卵场(29°22'~29°24'N, 48°00'~48°06'E)水域进行了调查,发现在繁殖期银鲳的雌雄比例约为1:3;而Dadzie等^[48]在阿拉伯湾的科威特北部水域却发现雌鱼多于雄鱼。Almatar等^[30]根据调查分析认为雌性成熟亲鱼产卵后会游出产卵场摄食,由于采样点的不同导致了调查结果的差异。中国与科威特海域银鲳在繁殖季节的性比有较大差异,是否存在Almatar等^[30]所调查的现象有待于进一步研究证实。

2.3 初次性成熟大小

中国舟山渔场银鲳性成熟个体的叉长范围为13.5~26.0 cm^[52],其中优势叉长为14.0~17.0 cm^[29]。曾玲等^[53]报道,2004年中国黄海南部性腺发育至IV~V期银鲳的最小叉长为104 mm,而表2 银鲳的生殖力

1985年为129 mm,认为该区域的银鲳性成熟个体呈变小趋势,表明其性成熟可能有所提早。科威特海域银鲳雌、雄鱼繁殖高峰期的体长分别是24.5~26.4 cm和20.3~22.4 cm。雄性较雌鱼成熟早,最小体长为12.5~14.4 cm,而雌鱼成熟的最小体长是20.5~22.4 cm^[48]。

2.4 生殖力

不同海域银鲳的生殖力存在较大差异,且个体之间的生殖力也差别很大(表2)。曾玲等^[53]通过对比分析发现,黄海南部银鲳的生殖力大于东海银鲳的生殖力;近30 a来,黄海南部银鲳个体绝对生殖力变化不明显,但 F_L (体长相对生殖力)增大, F_w (体质量相对生殖力)减小,说明银鲳提高了单位叉长的生殖力。由表2可见,科威特海域银鲳的繁殖力要显著高于中国银鲳的繁殖力,这可能是由于银鲳样品的叉长范围及卵子的计数方法差异造成的,另外还可能与取样年代、时间和海区的差异等有关。

海域	绝对生殖力(粒)	相对生殖力		文献来源
		F_L (粒/mm)	F_w (粒/g)	
东海	33 713~141 676(85 962)	167~629(411)	113~305(207)	[54]
黄海南部	3 993~196 175	32~807	109~553	[53]
科威特湾	358 542	-	712.3±208	[30]
	28 965~455 661(164 558)	-	-	[48]

注:括号内为平均值,-表示文献中没有相关数据

2.5 性腺发育及繁殖特性

繁殖期过后,银鲳的卵巢长期处于㊟期,但一般在繁殖期前15~30 d就能完成从㊟期末发育到㊟期中后期,从而进入繁殖期^[29],Almatar等^[30]通过对科威特海域银鲳性腺发育指数(gonadosomatic Index,简称GSI)进行统计,也显示出相似的特点。银鲳这种卵巢发育特点可能有其相应的生物学意义,由于银鲳体腔较小,当GSI达6%以上时,体腔中大部分空间就会被性腺所占据,造成消化系统的挤压,短时间的性腺快速发育能延长繁殖前的摄食时间,保证繁殖期内正常代谢和繁殖时营养物质的供给。另外,与其他海水鱼类不同,银鲳卵母细胞中油滴出现在㊟时相的中后期,这可能是银鲳卵母细胞中营养物质的提前积累,满足快速发育的需求^[29]。

亲鱼的性腺成熟度是人工育苗成功的关键因子之一。施兆鸿等^[34]研究发现,在繁殖季节野生银鲳亲体的性腺成熟度一般是由小潮汛转大潮汛时发育最好,银鲳卵巢发育呈现不同步性,在繁殖期内可以

多次成熟、多次产卵^[29, 54],一个繁殖期可以产6次卵^[30]。Almatar等^[30]认为15 d左右银鲳就可以完成一个性腺发育循环,性腺发育与月历(潮汐)变化呈现相关性。银鲳产卵发生在退(低)潮期,13:00以后开始产卵,15:00~18:00时达产卵高峰。

2.6 精卵特征

银鲳的精子属于鞭毛型精子,无顶体,具有4~5个线粒体,全长约39.51 μm±1.64 μm。不同海域银鲳的卵子大小存在差异(表3)。科威特海域银鲳卵子比中国东海、日本海及韩国海域银鲳卵子小,可能是由于科威特海域高温、高盐造成的^[32]。一般来讲,初次性成熟的银鲳,其卵子干质量较轻;同体质量个体在繁殖期早期产的卵子,其干质量要大于繁殖末期所产卵子的干质量,两者相差15.2%^[30]。银鲳受精卵为球形、透明,呈浮性,具有一个油球^[26, 32, 34, 57]。然而,银鲳受精卵中油球直径大小却有不同的描述,在舟山渔场约为0.53~0.59 mm,在日本濑户内海约0.43~0.45 mm^[26],在科威特海域为

0.31~0.38 mm^[56], 这可能与不同海域银鲳卵子的
大小有关。

表 3 不同海域银鲳卵子及初孵仔鱼的大小

海域	卵子直径 (mm)	初孵仔鱼体长 (mm)	文献 来源
日本濑户内海	1.20~1.35	2.75~3.10	[26]
日本海域	1.31±0.35	3.75±0.07	[55]
韩国水域	0.83~1.27	-	[56]
中国舟山渔场	1.349~1.387	3.699~3.862	[33]
阿拉伯海印度沿岸	1.26~1.32	-	[45]
科威特湾	1.08~1.19	2.40±0.10	[32]
	1.05~1.12	2.40±0.10	[57]

注: - 表示文献中没有相关数据

3 人工繁殖技术研究

3.1 亲鱼及受精卵的获取

银鲳亲鱼获得的途径主要有: (1) 从海上直接捕
获野生成熟亲鱼; (2) 将人工子一代苗种或捕获野生
银鲳稚幼鱼经过驯化、养殖、培育成亲鱼。由于银鲳
鳞片容易脱落、应激反应强, 死亡率高, 暂养十分困
难, 直接从海上捕捞野生亲鱼进行人工催产、繁殖基
本无法实现。从报道的资料来看, 科威特和中国从事
银鲳繁殖的科研院所都是首先从海上捕获野生成熟
亲鱼, 通过人工授精来获取受精卵的。

目前, 科威特已成功将人工繁殖的子一代苗种
培育成亲鱼, 通过对成熟亲鱼进行催产、授精获得了
人工子二代苗种^[35, 36]。其催产方法为: 挑选成熟度
较好的银鲳雌性亲鱼, 首先用 1ppm 的丁香酚将其麻
醉, 然后在背鳍基部注射 HCG 进行催产, 24 h 后就
可以自然产卵。

3.2 人工授精及孵化

人工授精方法对于银鲳的受精率和孵化率具有一
定的影响。施兆鸿等^[52]采用干法、半干法和湿法
进行了银鲳人工授精实验, 比较了这 3 种授精方法
对于受精率和孵化率的影响。研究发现以干法授精
后间隔 3 min、5 min 水洗及半干法授精效果最好, 平
均受精率为 18.50%~33.50%, 最高为 40%, 孵化
率为 43.83%~51.0%, 最高为 66%。海捕银鲳亲
鱼的精卵质量也是决定受精率和孵化率的关键因子
之一。Al-Abdu-Elah 等^[32]1998 年及 1999 年在海
上直接捕获亲鱼而获得的质量较好的受精卵的比率
分别为 24.18% 和 12.73%, 其孵化率分别为 23.6%
和 12.7%。银鲳属于分批产卵类型, 用流刺网或张

网作业捕获成熟亲鱼时, 亲鱼在网具上滞留、挣扎,
导致成熟的精子和卵子大量流失, 而被挤出的卵子
往往混杂着还未成熟的卵, 最终导致受精率和孵化
率都偏低。对于海捕银鲳亲鱼来讲, 选择合适的网
具和缩短成熟亲鱼滞留网具上的时间, 将有效增加
高质量精卵的获得, 有助于提高受精率和孵化率。

银鲳受精卵孵化及胚胎发育进程与不同海区温
度、盐度等环境因子有极大关系。随温度升高, 受精
卵的孵化时间逐渐缩短。科威特海域银鲳受精卵在
温度 29~30℃, 盐度 35~40 条件下 15 h 孵化出
膜^[32, 57]; 在日本濑户内海, 温度 25.2~26.4℃ 条件
下 24 h 孵化出膜^[26]; 在中国的舟山渔场, 温度 18~
20℃, 盐度 26~28 条件下 36~44 h 孵化出膜^[34]。
盐度对受精卵的孵化也有较大的影响, Al-Abdu-
Elah 等^[32]研究发现科威特海域银鲳的受精卵在盐
度 35 以下基本不能孵化, 而中国舟山渔场银鲳的
孵化盐度却在 26~28。银鲳的胚胎发育进程与其他海
水鱼类类似, 施兆鸿等对中国舟山渔场银鲳的胚胎
发育进程进行过简单描述。

3.3 仔稚幼鱼的生长发育及培育技术

不同海域银鲳的初孵仔鱼大小存在着较大的区
别(表 3), 其趋势与卵子大小成正比。初孵仔鱼开口
时间与培育温度有着极大的关系, 温度 30℃, 科威特
海域银鲳仔鱼在出膜后第 2 天就可以开口摄食^[57],
而在温度 22~24℃ 下, 中国舟山渔场银鲳仔鱼在出
膜后第 3 天起陆续开口摄食^[33, 58]。同样, 银鲳仔
、稚、幼鱼的形态、器官发育等也受到培育温度的影
响, Almatar 等^[57]、施兆鸿等^[33, 34]及高露姣等^[58]对
此进行了详细的研究与描述。

初孵仔鱼的开口饵料和苗种培育阶段所用的繁
殖饵料是影响育苗成活率的主要因素之一。目前,
常用的银鲳仔鱼开口饵料为轮虫+微藻(等鞭金藻
(*Isochrysis* spp.)、小球藻(*Chlorella* spp.)和微绿
藻(*Nannochloropsis* spp.)), 如果单独投喂微藻, 银
鲳仔鱼不能存活^[32, 33]。一般用经过营养强化的轮虫
来投喂银鲳仔鱼可明显提高其成活率, 银鲳仔鱼对
n3 多不饱和脂肪酸的需求较多^[32]。Almatar 等^[59]
研究发现, 银鲳稚鱼的生长对饲料蛋白的要求较高,
一般粗蛋白含量要求在 50% 左右, 粗脂肪的含量要
求在 20% 左右。Cruz 等^[60]对室内养殖条件下银鲳
幼鱼的摄食行为进行了初步研究, 研究表明投喂干
饲料组银鲳幼鱼在特定生长率、食物转化率方面均
比投喂湿糊状饲料组效果好, 然而在成活率方面投
喂湿饲料组要好。在银鲳仔稚幼鱼的摄食特性方
面, 施兆鸿等^[33]做过详细的研究和描述。目前, 银鲳

养殖还没有专门的配合饲料,国外一般采用鲑鳕类饲料加小型甲壳类或虾肉等,国内一般采用商品海水鱼饲料加甲壳类、虾肉或沙蚕等。

有关银鲳生长需要的温度条件,国内外也进行了初步的研究报道。在科威特,0龄和1龄银鲳的最大和最小致死温度分别为37℃和9℃^[61],在越冬期温度接近25℃时生长情况最好^[62]。

4 研究展望

人工子二代银鲳苗种的获得^[35,36],增加了人们开发利用这一优良潜力鱼种的信心,但在繁殖基础生物学,如生殖系统的发生、精卵质量评价、受精生物学、个体早期发育生物学等方面还需进一步深入研究。这些研究不仅能奠定其繁殖育生物学的理论基础,而且对于银鲳人工繁育技术具有很强的指导作用。另外,应加强银鲳仔稚幼鱼营养需求的研究,筛选培育出适合仔稚鱼的生物饵料,研制和开发出幼鱼及成鱼的配合饲料。亲本培育方面,应从人工子一代苗种出发,强化银鲳人工亲本培育研究,从环境因子、营养等角度探索亲本培育的最适条件,解决亲本及高质量精卵获取的难点,摆脱对野生亲鱼的依赖,彻底实现银鲳的全人工繁殖。

目前,在银鲳种质资源方面的研究还相对较少,今后应从不同海域银鲳群体间个体特征、组织生化特征、细胞遗传及种群结构及多样性等多方面对银鲳的种质特征进行全面研究,分析和评价中国银鲳的种质资源,建立中国银鲳的种质标准,为今后银鲳的合理利用和良种培育打下坚实的基础。

参考文献:

[1] Fish Base. Silver pomfret *Pampus argenteus* [EB/OL]. <http://www.fishbase.org/Summary/Species-Summary.php?id=491&lang=English>. 2008-10-01.

[2] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003. 379-388.

[3] 邓思明,熊国强,詹鸿禧. 中国鲳鱼类侧线管系统的比较研究[J]. 动物学报,1981,27(3):232-238.

[4] 邓思明,熊国强,詹鸿禧. 中国鲳亚目鱼类分类系统的初步研究[A]. 中国鱼类学会. 鱼类学论文集[C]. 北京:科学出版社,1981. 25-38.

[5] 朱元鼎. 福建鱼类志(下卷)[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985. 430-436.

[6] 山田梅芳. 东海黄海鱼类名称和图解[M]. 东京:海外渔业协力财团,1995. 194-195.

[7] 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.

- [8] 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.
- [9] 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,2002,44:240-251.
- [10] 刘静,尤锋,李春生. 中国鲳属鱼类同工酶谱分析[J]. 海洋科学,1999,5:31-34.
- [11] 倪勇,张烈士. 上海鱼类志[M]. 上海:上海科学技术出版社,1990. 379-388.
- [12] 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.
- [13] 赵传綯. 中国海洋渔业资源[M]. 杭州:浙江科学出版社,1990. 111-115.
- [14] Davis P, Wheeler A. The occurrence of *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788), (Osteichthyes, Perciformes, Stromateoidei, Stromateidae) in the North Sea [J]. *Journal of Fish Biology*, 1985, 26(2): 105-109.
- [15] Morgan G R. Stock assessment of the pomfret (*Pampus argenteus*) in Kuwait waters [J]. *Cons Int Explor Mer*, 1985, 42(1): 3-10.
- [16] 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.
- [17] 柳卫海,詹秉义. 东海区鲳鱼资源利用现状分析[J]. 湛江海洋大学学报,1999,19(1):30-34.
- [18] 罗秉征,卢继武,兰永伦,等. 中国近海主要鱼类种群变动与生活史型的演变[J]. 海洋科学集刊,1993,34:133-134.
- [19] Pati S. Age and growth of silver pomfret, *Pampus argenteus* from the Bay of Bengal (Indian) [J]. *Indian J Anim Sci*, 1980, 52(9): 782-789.
- [20] Pati S. Growth changes in relation of food habits of silver pomfret, *Pampus argenteus* [J]. *Indian J Anim Sci*, 1983, 53(1): 53-56.
- [21] Lee D W, Kim Y M, Hong B Q. Age and growth of silver pomfret (*Pampus argenteus*) in Korean waters [J]. *Bull Natl Fish Res Dev Agency Korea*, 1992, 46: 31-40.
- [22] Mustafa G. Elefan based growth parameters of white pomfret *Pampus argenteus* from the Bay of Bengal [J]. *Bangladesh J Zool*, 1993, 21(1): 143-149.
- [23] 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.
- [24] Pati S. Food and feeding habits of silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen) from the Bay of Bengal with a note on its significance in fishery [J]. *Intd-*

an J Fish, 1980, 27(1+2): 244-256.

- [25] Dadzie S, Abou-Seedo E, Al-Qattan. The food and feeding habits of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters [J]. **Journal of Applied Ichthyology**, 2000, 16(2): 61-67.
- [26] Mito S, Senta T. On the egg development and prelarval stages of silver pomfret with reference to its spawning in the Seto Inland sea [J]. **Bull Japan Soc fish**, 1967, 33(10): 948-951.
- [27] Abu-Hakima R. Comparison of aspects of the reproductive biology of *Pomadasy*, *Otolithes* and *Pampus* spp. in Kuwait waters [J]. **Fisheries Research**, 1984, 2(3): 177-200.
- [28] 龚启祥, 倪海儿. 东海银鲳卵巢周年变化的组织学观察 [J]. 水产学报, 1989, 13(4): 316-325.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 赵传纲, 张仁斋. 中国近海鱼卵与仔鱼 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 151-153.
- [32] Al-Abdu-Elah K M, Almatar S, Abu-Rezq T, et al. Development of hatchery technology for the silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen): effect of microalgal species on larval survival [J]. **Aquaculture Research**, 2001, 32(10): 849-860.
- [33] 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): 38-46.
- [34] 王清印. 海水养殖研究新进展 [M]. 北京: 海洋出版社, 2008. 314-318.
- [35] James C M, Almatar S. A breakthrough in the spawning of domesticated silver pomfret [J]. **Aquaculture Asia-Pacific**, 2007, 3(1): 26-28.
- [36] James C M, Almatar S. Potential of silver pomfret (*Pampus argenteus*) as a new candidate species for aquaculture [J]. **Aquaculture Asia**, 2008, 13(2): 49-50.
- [37] 赵峰, 宋超, 施兆鸿, 等. 野生银鲳幼鱼主要营养成分的测定与评价 [J]. 营养学报, 2008, 30(4): 425-426.
- [38] 彭士明, 黄旭雄, 赵峰, 等. 野生与养殖银鲳幼鱼氨基酸含量的比较 [J]. 海洋渔业, 2008, 30(1): 26-30.
- [39] 施兆鸿, 黄旭雄, 李伟微, 等. 养殖银鲳幼鱼体脂含量及脂肪酸组成的变化 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 435-439.
- [40] Almomin S, Al-Enzi K, Al-Husaini M, et al. Optimization of RAPD-PCR for intraspecies polymorphism in *Pampus argenteus* in Kuwait [J]. **Journal of Biotechnology**, 2008, 136(Supplement 1): 546-547.
- [41] 杨琳琳, 蒋燕, 杨桂梅, 等. 银鲳皮肤和肌肉组织的基因表达谱分析 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 390-395.
- [42] Yang W T, Li J, Yue G H. Multiplex genotyping of novel microsatellites from silver pomfret (*Pampus argenteus*) and cross-amplification in other pomfret species [J]. **Molecular Ecology Notes**, 2006, 6(4): 1073-1075.
- [43] 张凤英, 马凌波, 施兆鸿, 等. 3种鲳属鱼类线粒体COI基因序列变异及系统进化 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(3): 392-399.
- [44] 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.
- [45] Gopalan U K. Studies on the maturity and spawning of silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen) in the Arabian Sea [J]. **Bull Natl Inst Sci (India)**, 1969, 38: 785-796.
- [46] Dadzie S, Abou-Seedo F, Al-Shallal T. The onset of spawning in the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters and its implications for management [J]. **Fisheries Management Ecology**, 1998, 5(6): 501-510.
- [47] Parsamanesh A. A comparison of *Pampus argenteus* stock parameters in east and west Asia [J]. **Indian J Fish**, 2001, 48: 63-70.
- [48] Dadzie S, Abou-Seedo F, Al-Shallal T. Reproductive biology of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters [J]. **Journal of Applied Ichthyology**, 2000, 16(6): 247-253.
- [49] 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.
- [50] Hussain N A, Abdullah M. The length-weight relationship, spawning season and food habits of six commercial fishes in Kuwait waters [J]. **Indian J Fish**, 1977, 24: 181-194.
- [51] Pati S. Studies on the maturation, spawning and migration of silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), from Bay of Bengal [J]. **Matsya**, 1982, 8: 12-22.
- [52] 施兆鸿, 赵峰, 王建钢, 等. 舟山渔场银鲳人工授精及孵化 [J]. 渔业现代化, 2009, 36(1): 18-21, 34.
- [53] 曾玲, 金显仕, 李富国. 黄海南部银鲳的生殖力及其变化 [J]. 海洋水产研究, 2005, 26(6): 1-5.
- [54] 倪海儿, 龚启祥. 东海银鲳个体生殖力的研究 [J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(2): 118-122.
- [55] Oda T, Namba Y. Attempt to artificial fertilization

- and rearing of larvae of silver pomfret, *Pampus argenteus* [J]. **Okayama Suishi Jiho**, 1982, 56: 195-197.
- [56] Kim Y, Han K. Studies on the fishery biology of pomfrets, *Pampus* spp. in Korean waters [J]. **Bulletin of Korean Fisheries Society**, 1989, 22: 241-265.
- [57] Almatar S M, Al-Abdu-Elah K M, Abu-Resq T. Larval developmental stages of laboratory-reared silver pomfret, *Pampus argenteus* [J]. **Ichthyological Research**, 2000, 47(2): 137-141.
- [58] 高露姣, 施兆鸿, 严莹. 银鲷仔鱼消化系统的组织学研究 [J]. **中国水产科学**, 2007, 14(4): 540-546.
- [59] Almatar S M, James C M. Performance of different types of commercial feeds on the growth of juvenile silver pomfret, *Pampus argenteus*, under tank culture conditions [J]. **Journal of the World Aquaculture Society**, 2007, 38(4): 550-556.
- [60] Cruz E M, Almatar S M, Abdu-Elah K, *et al.* Preliminary studies on the performance and feeding behavior of silver pomfret (*Pampus argenteus* Euphrasen) fingerlings fed with commercial feed and reared in fiberglass tanks [J]. **Asian Fisheries Science**, 2000, 13: 191-199.
- [61] Cruz E M, Almatar S M, Abdu-Elah K. Determination of the maximum and minimum lethal temperature for year 0 and year 1 silver pomfret (*Pampus argenteus* Euphrasen) [J]. **Asian Fisheries Science**, 2002, 15: 91-97.
- [62] Cruz E M, Almatar S M, Al-Abdu-Elah K M, *et al.* Indoor overwintering of silver pomfret (*Pampus argenteus* Euphrasen) fingerlings in fiberglass tanks [J]. **Asian Fisheries Science**, 2003, 16: 33-40.

(本文编辑: 谭雪静)