

文章编号: 1004 - 7271(2008)04 - 0435 - 05

## 养殖银鲳幼鱼体脂含量及脂肪酸组成的变化

施兆鸿<sup>1</sup>, 黄旭雄<sup>2</sup>, 李伟微<sup>2</sup>, 彭士明<sup>1</sup>, 胡盼<sup>2</sup>, 赵峰<sup>1,2</sup>

(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重点开放实验室, 上海 200090;  
2. 上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 200090)

**摘要:**分析了室内水泥池人工养殖银鲳(*Pampus argenteus*)幼鱼在不同生长阶段(2006年6-9月)的体脂含量和脂肪酸组成的变化。结果显示,人工养殖银鲳在进入幼鱼阶段初期,其体脂含量相对较低,随幼鱼的生长体脂含量逐渐升高,自7月底至9月银鲳幼鱼体脂含量一直处于一个较为稳定的水平,且显著高于6月至7月中旬期间的体脂含量( $P < 0.05$ )。在进入幼鱼阶段的初期(6月),鱼体饱和脂肪酸(SFA)含量相对较低,显著低于7至9月间的SFA含量( $P < 0.05$ )。幼鱼初期时的多不饱和脂肪(PUFA)含量及高度不饱和脂肪酸(HUFA)的含量处于较高的水平,但随着幼鱼的生长,鱼体PUFA与HUFA含量呈现降低的趋势,至8月份时鱼体二十碳五烯酸(EPA)与花生四烯酸(ARA)的含量均显著低于幼鱼初期时的水平( $P < 0.05$ )。但二十二碳六烯酸(DHA)的含量在试验期间无明显的变化( $P > 0.05$ )。

**关键词:**银鲳; 幼鱼; 人工养殖; 脂肪; 脂肪酸

中图分类号: S 963.1 文献标识码: A

## Changes of body lipid content and fatty acid profile in cultured juvenile silver pomfret, *Pampus argenteus*

SHI Zhao-hong<sup>1</sup>, HUANG Xu-xiong<sup>2</sup>, LI Wei-wei<sup>2</sup>, PENG Shi-ming<sup>1</sup>, HU Pan<sup>2</sup>, ZHAO Feng<sup>1,2</sup>

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;  
2. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Changes of body lipid content and fatty acid profile in cultured juvenile silver pomfret (*Pampus argenteus*) were analyzed. The results showed that body lipid content in the initial of juvenile stage was relatively low, and increased with the growth of the juvenile. The lipid content from July 30<sup>th</sup> to September 15<sup>th</sup> was significantly higher than that from June 25<sup>th</sup> to July 15<sup>th</sup> ( $P < 0.05$ ). In the initial of juvenile stage (in June), the saturated fatty acid (SFA) content in body was relatively low, and significantly lower than that from July to September ( $P < 0.05$ ). The poly-unsaturated fatty acid (PUFA) and highly unsaturated fatty acid (HUFA) contents in the initial of juvenile stage were relatively high, and with the growth of the juvenile, the PUFA and HUFA contents reduced. The EPA and ARA contents from August to September were significantly

收稿日期: 2007-10-09

基金项目: 上海市科委自然科学基金项目(06ZR14119); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所2007Z02); 上海水产大学博士启动基金(科05216); 上海市农委重点项目(沪农科攻字2004第8-3号和2007第4-1号)

作者简介: 施兆鸿(1958-), 男, 上海市人, 副研究员, 主要从事海水鱼类苗种培育与繁殖生物学方面的研究。E-mail: shizhh@sh163.net

lower than those in June. However, the DHA content did not significantly change from June to September ( $P > 0.05$ ).

**Key words:** *Pampus argenteus*; juvenile; cultured; lipid; fatty acid

银鲳(*Pampus argenteus*)是一种价值较高的食用鱼类,具有全球性市场需求,广泛分布于东海、东南亚海、波斯湾、阿拉伯海和印度洋。目前,对于银鲳的市场供应仍主要依靠海洋捕捞,但近年来,由于过度捕捞其捕捞产量已显著降低<sup>[1]</sup>。因此开发银鲳的苗种培育及人工养殖技术业已引起国内外学者的极大关注。其中科威特已在银鲳人工育苗与苗种培育方面开展了许多工作,且已形成了较为完善的鱼种养殖体系<sup>[2-7]</sup>。而国内针对银鲳繁育方面的工作仍处于起步阶段,虽已攻克了银鲳的人工育苗技术,取得了一定的成果<sup>[8-13]</sup>,但在人工培育过程中仍存在诸多问题,如苗种生长较慢、成活率低及适宜饲料尚未确定等。

已有的资料证实在鱼类的胚胎发育和胚后发育阶段,脂肪是重要的代谢能源。根据鱼体脂类及脂肪酸组成,可评价鱼苗和幼鱼的营养状况<sup>[14]</sup>。而目前国内外都未见有关银鲳鱼苗和幼鱼营养评价的报道。因此本试验对人工养殖银鲳在进入幼鱼阶段后的不同生长时期的总脂含量及脂肪酸组成进行了分析,以期了解在人工养殖条件下银鲳幼鱼的营养状况,可为银鲳的健康养殖及其适宜饲料的配制提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用银鲳为 2006 年 5 月于浙江舟山人工培育获得的种苗。自 2006 年 6 月下旬开始,人工培育的银鲳苗种,鳞片和鳍条发育完整,进入幼鱼阶段。将银鲳幼鱼饲养于直径 5 m 水深 1 m 的室内水泥池中。饲养期间投喂自制的浆状饲料,制作方法:冰鲜梅童鱼用绞肉机绞成浆,加同等质量的成鳗饲料(天邦牌)搅拌混合成浆状放置在饲料台上。每天投喂两次,每次饱食投饵。养殖期间使用沙滤海水,盐度 20.0~24.0,温度 24.5~31.0 °C,连续充氧。每天换水两次,每次换水量为 100%。

### 1.2 样品采集

分别在银鲳幼鱼的不同生长时间段取样,见表 1。每个时间段取三组样品,每组样品为 10 至 20 尾银鲳的混合样品,分别测量体长和体重,解剖去除消化道后将三组样品分别装入样品瓶中置于 -46 °C 冷冻干燥,干燥后的样品用研钵粉碎均匀后低温冷冻保存待测。

表 1 不同生长时期银鲳的体重与叉长

Tab. 1 The body weight and fork length of silver pomfret in different growth phases

取样日期	2006-06-25	2006-07-15	2006-07-30	2006-08-20	2006-09-15
平均叉长(cm)	3.07 ± 0.38	3.59 ± 0.55	5.24 ± 0.46	6.33 ± 0.63	8.88 ± 1.16
体重(g)	1.87 ± 0.56	2.54 ± 0.99	2.80 ± 1.07	10.040 ± 4.68	24.190 ± 7.30

### 1.3 脂肪及脂肪酸分析

组织中脂肪含量的测定采用氯仿-甲醇浸提<sup>[15]</sup>。浸提的脂肪在真空干燥箱内烘干后称重。每个时间段三组样品中每组样品的脂肪含量平行测定 4 次(% 干物质),取平均值。

氯仿-甲醇浸提的脂肪经 KOH-甲醇-苯-石油醚甲酯化后在 HP6890A 型气相色谱仪上分析,以脂肪酸标准品(SIGMA 公司)为参照,采用归一化法计算脂肪酸的百分含量。每个时间段三组样品中每组样品的脂肪酸分析平行测定 2 次,取平均值。

### 1.4 数据统计与分析

测定结果以平均值 ± 标准误(Mean ± SE)表示。百分含量的数值经  $\text{asin}(\sqrt{x})$  作方差齐性转换

后,采用 SPSS11.0 软件进行单因子方差分析,并用 Duncan 检验进行多重比较, $P < 0.05$  即认为有显著性差异。

## 2 结果与讨论

### 2.1 养殖银鲳幼鱼不同生长时期体脂肪的含量

表 2 示养殖银鲳幼鱼在不同生长时期的体脂肪含量(% 干物质)。由表 2 可以看出,银鲳在进入幼鱼阶段后的初期(6 月 25 日与 7 月 15 日)其体脂肪含量处于较低的水平,且均显著低于其余三次取样时间(7 月 30 日、8 月 20 日与 9 月 15 日)时的鱼体脂肪含量( $P < 0.05$ )。随着人工饲养时间的延长,银鲳体脂肪含量逐渐升高。自 7 月 30 日之后鱼体脂肪含量一直维持在一个较为稳定的水平( $P > 0.05$ )。

表 2 养殖银鲳幼鱼不同生长时期的体脂肪含量

日期	2006-06-25	2006-07-15	2006-07-30	2006-08-20	2006-09-15
体脂含量	9.99 ± 0.77 <sup>a</sup>	11.40 ± 0.17 <sup>a</sup>	23.98 ± 2.71 <sup>b</sup>	24.72 ± 3.16 <sup>b</sup>	25.85 ± 5.88 <sup>b</sup>

注:同一行不同的上标字母表示有显著性差异( $P < 0.05$ )

脂类不仅是生物的能量储存库,而且是构成生物膜的重要物质,此外,脂类物质参与激素和维生素代谢,在机体内具有重要的生物学作用和生理学调控功能<sup>[16-17]</sup>。由于银鲳在稚鱼阶段所需能量较高,吸收的能量不但要维持身体的生长,而且要提供给机体用于其各组织器官的完善,因此在稚鱼完成发育变态,进入幼鱼阶段的初期其机体内脂肪含量处在一个较低的水平。随着幼鱼的生长,机体脂肪含量逐渐升高并最终维持在一个较为稳定的水平。已有的研究报道表明,机体脂肪含量在一定程度上可以反映饵料中的脂肪水平<sup>[16-19]</sup>。此外,鱼类的体脂含量还随季节和温度的变化而变化<sup>[20]</sup>。而在本试验中,由于饲养期间所用银鲳饲料的脂肪含量和养殖水温相对稳定,最终导致银鲳幼鱼体脂含量在取样的后期阶段一直处于一个较为稳定的水平。

### 2.2 养殖银鲳幼鱼不同生长时期脂肪酸的组成

养殖银鲳幼鱼在不同生长时期的体脂肪酸组成(表 3)。鱼体脂肪酸的组成比例可在一定程度上反映饵料中的脂肪酸组成结构<sup>[18]</sup>。本试验的研究结果显示,在银鲳幼鱼阶段的初期机体 SFA 的含量较低,而 PUFA 与 HUFA 的含量较高,饲养一段时间后机体 SFA 含量呈现升高的趋势,但 PUFA 与 HUFA 的含量则表现出降低的趋势,推测一方面与稚鱼期饵料中 HUFA 和 PUFA 含量高有关,研究表明,由于大多数海水鱼类缺乏 C20 延长酶和  $\Delta 5$ -去饱和酶,不能自身合成 HUFA(ARA、EPA、DHA)<sup>[21]</sup>,饵料中高含量的 HUFA 和 PUFA,是海水鱼类仔稚鱼正常发育变态所必需的。另一方面,由于试验期间所用饲料为冰鲜梅童鱼与成鳗饲料等质量比的混合料,饵料中 PUFA 含量及 HUFA 的含量可能低于鲳鱼适宜的需求量。由于试验期间所用冰鲜梅童鱼为同一来源,其中营养物质的含量相对恒定,因此本试验并未分析在试验周期中冰鲜梅童鱼中脂肪酸的变化。本试验中,饲养一段时间后银鲳幼鱼机体中 EPA 与 ARA 含量显著降低,而 DHA 的含量基本维持在一个较为稳定的水平。表明养殖鲳鱼所用饵料的 EPA 与 ARA 的含量并不能很好的满足鲳鱼机体的需求。已有的资料表明,当鱼类在面临营养素匮乏(如饥饿)时会动用身体贮存的能量来维持正常的生命活动,在对脂肪酸含量的研究中发现,鱼类对其体内不同种类脂肪酸的利用顺序具有一定的规律,即首先利用饱和脂肪酸,然后利用低不饱和脂肪酸,最后是高度不饱和脂肪酸<sup>[22]</sup>。Zamal 等<sup>[23]</sup>在非洲胡子鲶的研究中发现,其对脂肪酸的利用顺序依次为十四烷酸、十六碳烯酸、十八碳烯酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)。由此推断银鲳机体 DHA 含量在饲养期间保持稳定的原因可能是 DHA 在银鲳的生理代谢及生物膜的构建中起着更为重要的作用,更具有保守性。

表3 养殖银鲷不同生长阶段体脂肪酸的组成

Tab.3 The fatty acid composition of body in different periods of juvenile silver pomfret

脂肪酸	2006-06-25	2006-07-15	2006-07-30	2006-08-20	2006-09-15
C14:0	2.86 ± 0.52 <sup>a</sup>	3.12 ± 0.33 <sup>a</sup>	5.30 ± 0.21 <sup>b</sup>	5.15 ± 0.10 <sup>b</sup>	4.82 ± 0.24 <sup>b</sup>
C15:0	0.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.49 ± 0.04 <sup>a</sup>
C16:0	20.63 ± 0.58 <sup>a</sup>	25.27 ± 0.62 <sup>c</sup>	23.28 ± 0.31 <sup>b</sup>	23.31 ± 0.20 <sup>b</sup>	23.33 ± 0.41 <sup>b</sup>
C17:0	0.84 ± 0.06 <sup>d</sup>	0.72 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.59 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.03 <sup>a</sup>
C18:0	8.63 ± 0.59 <sup>b</sup>	11.23 ± 0.62 <sup>c</sup>	6.73 ± 0.21 <sup>a</sup>	6.83 ± 0.10 <sup>a</sup>	7.04 ± 0.24 <sup>a</sup>
C20:0	0.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.26 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.01 <sup>b</sup>
C22:0	0.19 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.20 ± 0.01	0.20 ± 0.00	0.21 ± 0.01
C14:1	0.44 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.28 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.06 <sup>bc</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.03 <sup>a</sup>
C15:1	0.26 ± 0.03 <sup>d</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>
C16:1	6.85 ± 0.14 <sup>b</sup>	5.15 ± 0.32 <sup>a</sup>	7.95 ± 0.20 <sup>c</sup>	7.70 ± 0.09 <sup>c</sup>	6.86 ± 0.20 <sup>b</sup>
C17:1	0.86 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.63 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.61 ± 0.04 <sup>a</sup>
C18:1N9	18.16 ± 1.04 <sup>ab</sup>	16.67 ± 0.51 <sup>a</sup>	20.19 ± 0.71 <sup>b</sup>	22.77 ± 0.37 <sup>c</sup>	25.36 ± 0.92 <sup>d</sup>
C18:1N7	7.67 ± 0.59 <sup>d</sup>	5.19 ± 0.16 <sup>c</sup>	3.95 ± 0.20 <sup>b</sup>	3.43 ± 0.07 <sup>ab</sup>	3.05 ± 0.27 <sup>a</sup>
C20:1	1.57 ± 0.23 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.08 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.10 <sup>b</sup>
C22:1	0.62 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.10 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.03 <sup>b</sup>
C16:2	0.75 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.06 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.90 ± 0.05 <sup>b</sup>
C16:4N3	0.24 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.28 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>a</sup>
C18:2N9	0.16 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.16 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>a</sup>
C18:2N6	4.27 ± 0.21 <sup>ab</sup>	3.69 ± 0.36 <sup>a</sup>	5.00 ± 0.15 <sup>bc</sup>	5.32 ± 0.12 <sup>c</sup>	5.01 ± 0.25 <sup>bc</sup>
C18:3N9	0.10 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>ab</sup>
C18:3N6	0.24 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.02 <sup>a</sup>
C18:3N3	3.15 ± 0.60 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.03 <sup>a</sup>
C18:4N6	0.45 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.20 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.51 ± 0.04 <sup>b</sup>
C20:2N6	0.24 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.24 ± 0.00	0.23 ± 0.01
C20:4N6	1.53 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.96 ± 0.14 <sup>c</sup>	0.84 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.10 <sup>a</sup>
C20:4N3	0.65 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.02 <sup>a</sup>
C20:5N3	7.39 ± 0.42 <sup>c</sup>	4.73 ± 0.39 <sup>b</sup>	5.09 ± 0.20 <sup>b</sup>	4.35 ± 0.12 <sup>ab</sup>	3.91 ± 0.12 <sup>a</sup>
C22:2N6	0.42 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.62 ± 0.12 <sup>d</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>bc</sup>
C22:3N6	0.18 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>b</sup>
C22:4N6	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.10 ± 0.01	0.07 ± 0.01
C22:5N3	2.59 ± 0.23	2.25 ± 0.21	2.33 ± 0.12	2.49 ± 0.06	2.48 ± 0.07
C22:6N3	7.23 ± 0.86 <sup>a</sup>	11.54 ± 0.38 <sup>c</sup>	8.55 ± 0.29 <sup>b</sup>	7.80 ± 0.20 <sup>ab</sup>	7.78 ± 0.15 <sup>ab</sup>
DHA/EPA	1.01 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.12 <sup>d</sup>	1.69 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.03 <sup>bc</sup>	2.00 ± 0.06 <sup>c</sup>
EPA/ARA	4.86 ± 0.15 <sup>bc</sup>	2.48 ± 0.34 <sup>a</sup>	6.20 ± 0.27 <sup>d</sup>	5.35 ± 0.16 <sup>cd</sup>	4.18 ± 0.39 <sup>b</sup>
SFA	33.88 ± 0.92 <sup>a</sup>	41.46 ± 1.02 <sup>c</sup>	37.02 ± 0.49 <sup>b</sup>	36.84 ± 0.31 <sup>b</sup>	36.63 ± 0.28 <sup>b</sup>
MUFA	36.43 ± 1.01 <sup>b</sup>	29.98 ± 0.48 <sup>a</sup>	36.60 ± 0.57 <sup>b</sup>	38.06 ± 0.33 <sup>bc</sup>	39.23 ± 0.63 <sup>c</sup>
PUFA	29.69 ± 0.43 <sup>c</sup>	28.56 ± 1.25 <sup>bc</sup>	26.39 ± 0.79 <sup>ab</sup>	25.10 ± 0.49 <sup>a</sup>	24.14 ± 0.58 <sup>a</sup>
HUFA	19.65 ± 0.67 <sup>bc</sup>	21.45 ± 0.94 <sup>c</sup>	17.68 ± 0.63 <sup>ab</sup>	16.36 ± 0.36 <sup>a</sup>	15.99 ± 0.30 <sup>a</sup>
N-3PUFA	21.26 ± 0.46 <sup>c</sup>	20.02 ± 0.94 <sup>c</sup>	17.54 ± 0.56 <sup>b</sup>	16.03 ± 0.36 <sup>ab</sup>	15.37 ± 0.31 <sup>a</sup>
N-6PUFA	7.42 ± 0.23	7.20 ± 0.33	7.61 ± 0.23	7.89 ± 0.16	7.61 ± 0.37
N-3/N-6	2.88 ± 0.13 <sup>c</sup>	2.78 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.31 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.03 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.10 <sup>a</sup>

注:同一行不同的上标字母表示有显著性差异( $P < 0.05$ )

### 参考文献:

- [1] 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: 1073 - 1075.
- [2] 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]. J Appl Ichthyol, 2004, 20: 176 - 188.
- [3] Dadzie S, Abou-Seedo F, Al-Qattan E. The food and feeding habits of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters [J]. J Appl Ichthyol, 2000, 16: 61 - 67.
- [4] Dadzie S, Abou-Seedo F, Al-Shallal T, et al. Reproductive biology of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters

- [J]. *J Appl Ichthyol*,2000,16:247-253.
- [5] Azad I S, Al-Marzouk A, James C M, *et al.* Scuticociliatosis-associated mortalities and histopathology of natural infection in cultured silver pomfret (*Pampus argenteus* Euphrasen) in Kuwait[J]. *Aquaculture*,2007,262:202-210.
- [6] Al-Abdul-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*,2001,32:849-860.
- [7] 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 and Ecology*,1998,5:501-510.
- [8] 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):246-251.
- [9] 施兆鸿,罗海忠,高露姣,等. 灰鲳卵巢发育的组织学研究[J]. *海洋水产研究*,2006,27(4):1-5.
- [10] 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研究[J]. *水产学报*,2006,30(5):247-252.
- [11] 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.
- [12] 罗海忠,施兆鸿,傅荣兵,等. 东海灰鲳胚胎和仔鱼早期发育的观察[J]. *上海水产大学学报*,2007,16(5):426-431.
- [13] 高露姣,施兆鸿,严莹. 银鲳仔鱼消化系统的组织学研究[J]. *中国水产科学*,2007,14(4):540-546.
- [14] Fraser A J, Sargent J R, Gamble J C, *et al.* Lipid classes and fatty acid composition as indicators of the nutritional condition of larval Atlantic herring[J]. *Am Fish Soc Symp*,1987,2:129-143.
- [15] Catacutan R M, Coloso R M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*[J]. *Aquaculture*,1995,131:125-133.
- [16] 施兆鸿,黄旭雄,李伟微,等. 海捕灰鲳亲鱼不同组织中脂肪及脂肪酸分析[J]. *水产学报*,2008,32(2):309-314.
- [17] Keembiyehetty C N, Wilson R P. Effects of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) fed diets containing different energy/protein ratios[J]. *Aquaculture*,1998,166:151-162.
- [18] Robin J H, Regost C, Arzel J, *et al.* Fatty acid profile of fish following a change in dietary fatty acid source: model of fatty acid composition with a dilution hypothesis[J]. *Aquaculture*,2003,225:283-293.
- [19] Ai Q H, Mai K S, Li H T, *et al.* Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*[J]. *Aquaculture*,2004,230:507-516.
- [20] 王武(主编). 鱼类增殖学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:147-151.
- [21] Sargent J R, Bell J G, McEvoy L, *et al.* Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish[J]. *Aquaculture*,1999,177:191-199.
- [22] 谢小军,邓利,张波. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展[J]. *水生生物学报*,1998,22(3):181-188.
- [23] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on growth, gross biochemical and fat acid composition of juvenile catfish[J]. *J Fish Biol*,1995,46:404-414.