

# Research Progress on Artificial Culture and Breeding of Tuna in the World

Shiming Peng\*, Lumin Wang, Yongjin Wang, Hanfeng Zheng, Lei Wang, Minghua Min, Zhaohong Shi

East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai  
Email: \*shiming.peng@163.com

Received: Aug. 15<sup>th</sup>, 2019; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2019; published: Sep. 6<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Tuna is recognized as a high-end marine economic fish in the world. Due to its high market economy value and huge market demand, the capture-based tuna farming has developed rapidly in the world since the 1990s. The culture areas are mainly concentrated in the Mediterranean countries, as well as Japan, Mexico, Australia and other countries. However, overfishing in recent years has put global tuna resources under great pressure, and tuna conservation organizations have instituted quota fishing systems, making the future prospects of tuna farming, which relies on catching wild tuna, worrisome. Therefore, carrying out the research on tuna artificial breeding technology and gradually establishing the tuna breeding industry based on artificial culture are the only feasible and effective way for the healthy and sustainable development of the tuna farming industry in the world. This paper summarizes the progress made in the field of tuna culture and breeding in the world, and provides theoretical basis and reference for the research of tuna culture and breeding technology in China.

## Keywords

Tuna, Culture, Breeding, Progress

---

# 全球金枪鱼人工养殖及繁育研究进展

彭士明\*, 王鲁民, 王永进, 郑汉丰, 王磊, 闵明华, 施兆鸿

中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海  
Email: \*shiming.peng@163.com

收稿日期: 2019年8月15日; 录用日期: 2019年8月30日; 发布日期: 2019年9月6日

\*通讯作者。

## 摘要

金枪鱼是全球公认的高端海洋经济鱼类,由于其极高的市场经济价值与巨大的市场需求量,自上世纪90年代,以捕捞野生金枪鱼为基础的金枪鱼养殖业在全球范围内迅猛发展起来,养殖区域主要集中在地中海沿岸国家,以及日本、墨西哥、澳大利亚等国。然而,近些年来的过度捕捞致使全球金枪鱼资源面临巨大压力,相关金枪鱼资源保护组织纷纷制定配额捕捞制度,使得这种依靠捕捞野生金枪鱼而建立起来的金枪鱼养殖业,未来前景堪忧。因此,开展金枪鱼人工繁育技术研究,逐步建立以全人工养殖为基础的金枪鱼养殖业,是全球金枪鱼养殖产业健康可持续发展的唯一可行和有效之道。本文对全球范围内金枪鱼人工养殖及繁育领域所取得的进展情况进行了归纳梳理,可为我国开展金枪鱼人工养殖及繁育技术研究提供理论基础与参考依据。

## 关键词

金枪鱼, 养殖, 繁育, 进展

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

金枪鱼隶属鲈形目(Perciformes), 鲭亚目(Scombroidei), 鲭科(Scombridae), 广泛分布于太平洋、大西洋、印度洋的热带、亚热带及温带水域,在我国主要分布于东海与南海。金枪鱼以营养价值高而享誉国际市场,并有“海洋黄金”之称。在巨大的经济利润驱动下,20世纪90年代,金枪鱼养殖业在全球范围内迅速发展起来,与传统鱼类养殖业不同的是,这种养殖业主要是以捕捞野生金枪鱼为基础,对野生金枪鱼进行短期的圈养育肥。我国沿海虽然也有金枪鱼资源分布,但截止目前,国内在金枪鱼人工养殖及繁育领域的研究几乎处于空白地带,以往针对金枪鱼繁殖生物学的研究,其目的主要在于综合评估其自然海域中的种群资源状况,相关研究内容主要聚焦在金枪鱼雌雄比例(性比),成熟大小,生殖力,产卵时间、周期与频率,以及产卵空间方式等[1][2]。

依据FAO公布的统计数据,近两年全球金枪鱼类(包括鲣鱼、旗鱼)总产量达700多万吨以上,产值占世界水产品经贸产值的9%。捕捞强度的增加导致全球金枪鱼资源面临巨大压力,为保护金枪鱼资源,保障金枪鱼渔业的可持续发展,国际上多个金枪鱼区域渔业管理组织制定了配额捕捞制度。为了更为有效地推动金枪鱼产业的健康可持续发展,一些国家如日本、西班牙等国率先发起了金枪鱼人工繁育技术的研究,以期逐步推进金枪鱼的全人工养殖。本文主要针对全球范围内金枪鱼人工养殖及繁育领域所取得的阶段性成果进行了梳理与总结,为我国开展金枪鱼养殖研发工作提供一些参考。

## 2. 主要养殖金枪鱼种类

金枪鱼的养殖历史起于20世纪70年代,进入20世纪90年代后,随着养殖技术的逐步完善,世界金枪鱼养殖业逐步兴起[3]。目前,从事金枪鱼养殖的主要国家有日本、澳大利亚、墨西哥、美国、加拿大以及一些地中海周边国家(主要包括西班牙、土耳其、马耳他、克罗地亚、意大利、突尼斯、塞布鲁斯及希腊),主要养殖品种包括太平洋蓝鳍金枪鱼(*Thunnus orientalis*)、大西洋蓝鳍金枪鱼(*Thunnus thynnus*)、

南方蓝鳍金枪鱼(*Thunnus maccoyii*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)及其它个体偏小的金枪鱼,如黑鳍金枪鱼(*Thunnus atlanticus*)等。

### 3. 金枪鱼人工养殖及繁育现状

重点围绕太平洋蓝鳍金枪鱼、大西洋蓝鳍金枪鱼、南方蓝鳍金枪鱼与黄鳍金枪鱼这四种金枪鱼的养殖及繁育现状展开论述。

#### 3.1. 太平洋蓝鳍金枪鱼

日本与墨西哥是目前养殖太平洋蓝鳍金枪鱼的主要国家。太平洋蓝鳍金枪鱼的养殖最早起源于日本,养殖作业方式是通过捕捞小型野生金枪鱼幼鱼进行蓄养。早在 20 世纪 70 年代,日本便已启动太平洋蓝鳍金枪鱼的养殖项目[4],以期开发金枪鱼养殖技术,并探索该技术的产业化前景。日本金枪鱼的商业化养殖起于 20 世纪 90 年代,首次金枪鱼商业性收获是在 1993 年,产量约 900 吨[5]。在日本,野生金枪鱼幼鱼的捕获规格一般为 100 g~2 kg,近些年来,日本每年捕获野生金枪鱼幼鱼的数量在 2 万至 5 万尾之间[6],养殖主要集中在日本南部的 14 个都道府县,该地区具有适宜的水温,通常最低温度不低于 13℃,养殖区域处于开阔的海域,具有良好的水体交换能力以及充足的溶氧,水深一般在 30~50 m 之间[6]。养殖网箱一般为圆形(直径 20~30 m)或者方形(边长 40~80 m),日常投喂主要采用人工手动投饵或者机械设备自动投喂,饵料主要以冰鲜或冷冻的饵料鱼(竹荚鱼、鲑鱼等)为主。近几年,随着金枪鱼人工配合饲料技术日臻成熟,加之环境因素以及饵料鱼供应的季节性等问题,在金枪鱼养殖过程中,配合饲料逐步替代饵料鱼已成必然趋势[7]。在日本,目前从事金枪鱼养殖的企业有 90 多家,总共大约有 1300 个养殖网箱,金枪鱼的养殖周期一般为 2~3 年,上市规格通常在 30~70 kg [6],2016 年之前,年养殖产量在 10,000~15,000 吨之间[8]。根据日本最大的两家金枪鱼养殖企业(玛鲁哈日鲁集团与日本水产株式会社)的对外发布信息,2018 年,日本金枪鱼养殖总产量约 18,000 吨。

墨西哥太平洋蓝鳍金枪鱼的养殖,兴起于 20 世纪 90 年代,养殖区域位于下加利福尼亚州。墨西哥金枪鱼的养殖,严格意义上来讲,同样是一种依靠捕捞野生金枪鱼为基础的金枪鱼短期蓄养(育肥),通过捕捞野生金枪鱼幼鱼或者亚成鱼,在大型网箱中进行育肥 8 个月左右后,再进行销售处理。由于受各种因素的影响,加之野生金枪鱼资源量的变动,每年可进行育肥养殖的金枪鱼数量并不稳定,年养殖产量也呈波动性变化,一般在 2000~7000 吨之间[8]。FAO 的官方统计数据显示,2017 年全球太平洋蓝鳍金枪鱼养殖产量约 2.2 万吨。

日本自 20 世纪 70 年代就开始进行太平洋蓝鳍金枪鱼的人工繁殖技术研究。1974 年,通过技术改进,野生金枪鱼苗种捕捞成活率达到了 80%左右,这一批金枪鱼幼鱼经过 5 年的养殖,于 1979 年成功发育至亲鱼阶段,并首次实现了自然产卵[9]。太平洋蓝鳍金枪鱼产卵水温范围较广,基本在 21.6℃~29.2℃之间,育苗水温基本控制在 23℃~26℃之间,水温 24℃条件下,约 35 h 孵化基本完成,初孵仔鱼全长约为 3 mm [10]。2002 年,日本在世界范围内首次实现了太平洋蓝鳍金枪鱼的全人工繁育,通过全人工养殖的太平洋蓝鳍金枪鱼亲鱼,成功获得受精卵,并孵化出仔鱼约 80 万尾[11]。2007 年,在全人工养殖太平洋蓝鳍金枪鱼的基础上,成功培育获得了第二代全人工养殖金枪鱼苗种。近几年,太平洋蓝鳍金枪鱼人工繁育技术不断完善,育苗成活率较之前明显提升,但也仅为 1%左右[8]。2012 年以后,随着位于长崎的陆基亲鱼培育系统的建设并投入使用,日本全人工养殖金枪鱼幼鱼的市场供应量也在逐年增加,但由于全人工培育金枪鱼的养殖成活率比较低,截至目前,日本金枪鱼年度养殖总产量的绝大部分依然来源于野生金枪鱼幼鱼的养殖。随着全人工繁育及养殖技术的不断完善,日本全人工养殖金枪鱼产量逐年增加,据日本水产厅介绍,2017 年,日本全人工养殖金枪鱼产量首次达到 1000 吨以上。

### 3.2. 大西洋蓝鳍金枪鱼

大西洋蓝鳍金枪鱼的养殖主要集中在地中海周边及大西洋沿岸国家,由西班牙在 1979 年率先发起,至上世纪 90 年代中期,地中海周边海域金枪鱼的养殖已初具规模[12]。地中海区域的金枪鱼养殖同样是以短期育肥为主,除克罗地亚主要采取捕获 8~30 kg 野生金枪鱼幼鱼进行为期不少于 2 年的养殖外,其余国家基本是采捕 40~400 kg 的野生金枪鱼,进行为期 3~7 个月的短期育肥[13]。该区域金枪鱼育肥大多采用圆柱形网箱(直径 10~120 m,深度 25~35 m),放养密度通常不高于 6 kg/m<sup>3</sup>,养殖所用饵料主要以冰鲜沙丁鱼、鲱鱼、鲭鱼、竹荚鱼以及一些头足类为主。根据国际大西洋蓝鳍金枪鱼资源保护委员会(ICCAT)的公开资料显示,2017 年从事大西洋蓝鳍金枪鱼养殖的企业有 54 家,主要集中在克罗地亚(5 家)、塞浦路斯(3 家)、希腊(2 家)、意大利(14 家)、利比亚(1 家)、马耳他(7 家)、摩洛哥(1 家)、葡萄牙(1 家)、西班牙(9 家)、突尼斯(5 家)和土耳其(6 家),年度总配额为 53,606 吨。

受 ICCAT 配额限制等一系列保护措施的影响,这种基于捕捞野生金枪鱼而发展起来的金枪鱼养殖业,从长远来看,其产业发展必将受到资源、环境等各方面的制约。因此,研究开发以全人工养殖为基础的金枪鱼养殖业是大西洋蓝鳍金枪鱼养殖产业可持续发展的唯一出路。依据 Van Beijnen (2017)的报道[14],西班牙海洋研究所通过将野生大西洋蓝鳍金枪鱼培育至性成熟,在 2013 至 2014 年间,成功繁育获得约 3000 尾大西洋蓝鳍金枪鱼苗种,这批人工繁育所得金枪鱼于 2016 年部分已发育成熟;此外,土耳其的一家养殖企业在 2014 年也成功繁育获得了约 15,000 尾大西洋蓝鳍金枪鱼苗种。如果这几批全人工养殖的大西洋蓝鳍金枪鱼后期顺利产卵授精,并能培育获得金枪鱼苗种,大西洋蓝鳍金枪鱼也将最终实现全人工繁育。同时,西班牙海洋研究所最新投入建设的金枪鱼陆基亲鱼培育系统,为后续更为有效的开展大西洋蓝鳍金枪鱼人工繁育研究提供了重要的硬件条件支持。然而,截止目前,仍未有官方报道宣称大西洋蓝鳍金枪鱼成功实现全人工繁育。

### 3.3. 南方蓝鳍金枪鱼

澳大利亚南部是世界上唯一养殖南方蓝鳍金枪鱼的区域,其养殖产业同样是建立在捕捞野生南方蓝鳍金枪鱼的基础上,兴起于 20 世纪 90 年代,主要通过围网捕捞大概 2 龄的南方蓝鳍金枪鱼(15 kg 左右),在南澳大利亚林肯港附近的斯宾塞湾进行 6~9 个月圈养育肥,体重达 30~40 kg 后再对外销售。南方蓝鳍金枪鱼的养殖是南澳大利亚最大的水产养殖业,2012~2013 年产量为 7486 吨,价值为 1.535 亿澳元[15]。根据 FAO 的官方公布数据,2017 年南方蓝鳍金枪鱼的养殖总产量约 8000 吨。

南方蓝鳍金枪鱼野生种群资源量的波动变化以及渔业配额的限制,决定了开展其人工繁殖以进一步扩大澳大利亚南方蓝鳍金枪鱼养殖业的必要性。因此,自 2006 年起,澳大利亚清洁海洋金枪鱼有限公司(CST)联合澳大利亚海产品合作研究中心(SfCRC)投入大量资金,用于研究南方蓝鳍金枪鱼的人工繁育技术,并建造了世界上首个蓝鳍金枪鱼亲鱼陆基培育系统[15]。由于南方蓝鳍金枪鱼性成熟周期(8~14 年)比大西洋蓝鳍金枪鱼和太平洋蓝鳍金枪鱼的性成熟周期(3~5 年)长的多,因此其人工繁殖的难度更大。尽管如此,2008 年 CST 通过激素诱导圈养的南方蓝鳍金枪鱼亲鱼,成功获得了约 60 万受精卵[16],2009 与 2010 年两年内共计获得约 1000 万受精卵,由于孵化率及出苗率非常低,直至 2011 年,通过陆基培育系统成功培育出了 149 尾南方蓝鳍金枪鱼苗种,并顺利转运至海上网箱中进行养殖,不幸的是,当这批苗种生长至 500 g 左右的规格时,由于南澳大利亚寒冷的冬季水温,导致其全部死亡[15]。2012 年,CST 宣布暂停南方蓝鳍金枪鱼人工繁殖项目。截止目前,尚未见有关于南方蓝鳍金枪鱼人工繁育领域的最新研究进展报道。

### 3.4. 黄鳍金枪鱼

黄鳍金枪鱼性成熟周期一般为 3 年,比蓝鳍金枪鱼(通常需要 5 年或以上)短,尽管其价值低于蓝鳍金

枪鱼,但其养殖开发潜力依然巨大。黄鳍金枪鱼的养殖主要集中在墨西哥,其养殖模式与墨西哥太平洋蓝鳍金枪鱼的养殖模式相同,养殖产业同样是建立在捕捞野生黄鳍金枪鱼的基础上,通过捕捞黄鳍金枪鱼幼鱼或者亚成鱼,进行最多8个月的圈养育肥[17]。与蓝鳍金枪鱼所面临的形势一样,这种建立在捕捞野生金枪鱼的养殖产业,同样面临野生资源量波动以及配额限制的问题,养殖产业发展的持续性与稳定性差。Buentello等(2016)的报道称,墨西哥多数养殖企业已停止了黄鳍金枪鱼的养殖,原因是无法保障可以捕获足够数量的野生黄鳍金枪鱼用于圈养育肥[8]。FAO的统计数据显示,全球黄鳍金枪鱼在2007年的养殖产量最高(2088吨),之后养殖产量骤降,2008年仅有3吨,2009~2011年无养殖产量数据,2012~2015年养殖产量分别为38吨、171吨、61吨和1吨,2016~2017年无养殖产量数据。

美洲热带金枪鱼委员会(IATTC)位于巴拿马的实验室以及印度尼西亚的Gondol海水养殖研究所(GRIM)通过与日本海外渔业合作局(OFCF)合作,在黄鳍金枪鱼的人工繁育方面开展了诸多工作[18]。1993年,IATTC与OFCF合作启动一项为期8年的黄鳍金枪鱼项目,旨在研究黄鳍金枪鱼的生殖生物学和早期阶段生活史,通过培养野生黄鳍金枪鱼亲鱼,在实验室中研究其受精卵、仔鱼及其幼鱼阶段的发育特征。1994至1996年,由OFCF资助建设了一套陆基黄鳍金枪鱼亲鱼培育系统,并于1996年初正式投入使用。2011年,由日本国际资助合作机构(JICA)和日本科学技术厅(JST)资助,IATTC与日本近畿大学等单位合作启动一项为期5年的金枪鱼项目,主要开展黄鳍金枪鱼与太平洋蓝鳍金枪鱼在繁殖生物学与早期生活史阶段的比较研究。黄鳍金枪鱼产卵水温通常在23℃~30℃之间,受精卵平均直径为0.97 mm,单油球(平均直径为0.22 mm),卵黄囊仔鱼脊索长度平均为2.5 mm,卵黄囊仔鱼阶段的持续时间与水温成反比,持续时间跨度在29℃的56 h至23.5℃的65 h之间[19]。2015年6月,IATTC与日本近畿大学等项目承担单位将培育获得的黄鳍金枪鱼幼鱼成功转运至离海岸线0.5 km处的一口海水网箱中,仅在海水网箱中养殖26天后,将这批苗种又转运至了陆基培育系统,目的是为了全过程可控养殖,在两年内将这批苗种培育至亲鱼并实现产卵[18]。印度尼西亚GRIM在黄鳍金枪鱼人工繁育方面同样取得了诸多成就,主要体现在陆基培育系统中的亲鱼驯养、产卵、苗种早期培育等,其陆基培育条件下黄鳍金枪鱼苗种的最长存活天数为53天[3]。目前,尽管国际上在黄鳍金枪鱼人工繁育方面取得了一定的突破,但育苗成活率仍非常低,基本在1%~3%之间[18]。截至目前,尚未见有关于全人工养殖黄鳍金枪鱼亲鱼产卵的相关报道。

#### 4. 现阶段金枪鱼养殖及繁育过程中存在的主要问题(或技术瓶颈)

##### 4.1. 以捕捞野生金枪鱼为基础的金枪鱼养殖业,产业发展模式不可持续

过度捕捞致使世界范围内金枪鱼资源量不断衰减,世界自然保护联盟(IUCN)依据濒临灭绝的风险性,将太平洋蓝鳍金枪鱼评定为“易危”,大西洋蓝鳍金枪鱼评定为“濒危”,南方蓝鳍金枪鱼评定为“极危”,2014年大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)与黄鳍金枪鱼分别被评定为易危物种及接近濒临灭绝物种。野生金枪鱼资源量的衰减,加之世界范围内金枪鱼保护组织所设定的配额捕捞限制等因素,决定了这种以捕捞野生金枪鱼为基础的金枪鱼养殖业,产业发展模式不可持续。

##### 4.2. 人工繁育技术不成熟,育苗成活率低,严重制约全球金枪鱼养殖产业发展

金枪鱼较长的性成熟周期、大洋性洄游习性以及早期发育阶段的特殊环境与饵料需求,决定了其人工繁育难度巨大。日本自20世纪70年代至今,一直致力于研究太平洋蓝鳍金枪鱼的人工养殖与繁育研究,但截止目前,在人工培育条件下,太平洋蓝鳍金枪鱼从初孵仔鱼直至发育变态为幼鱼这个过程中,其成活率仅为1%左右。黄鳍金枪鱼人工育苗的成活率也不过只有3%~5%。较低的育苗成活率,远远不足以满足金枪鱼养殖产业发展的需求。日本虽然在金枪鱼全人工繁育领域处在世界的前列,其全人工繁

育及养殖技术也在不断完善,但由于育苗成活率低,加之金枪鱼幼鱼早期阶段的养殖成活率低,2017年日本全人工养殖金枪鱼的产量仅占其金枪鱼养殖总产量的不足10%。人工繁育金枪鱼的数量少,加之全球金枪鱼配额捕捞的限制,严重制约了金枪鱼养殖产业的发展。纵观日本及其他国家在金枪鱼人工繁育领域的研究,目前,在金枪鱼人工育苗过程中,主要存在以下几个主要问题(即死亡高峰期)[14]:

### 1) 漂浮死亡

漂浮死亡主要发生在孵化后1~4天,是导致仔鱼培育成活率低的主要原因之一[3][20]。漂浮死亡的原因可能与仔鱼鱼鳔的第一次充气膨胀有关,仔鱼通过鱼鳔调控其自身浮力,以控制其在水中的位置[21]。在刚孵化的前几天,仔鱼多聚集在水面,通过呼吸空气使其鱼鳔充气膨胀,然而,由于水与空气接触面具有较高的表面张力,导致仔鱼被困在水和空气的界面之间,从而造成漂浮死亡[8]。

针对漂浮死亡的问题,目前主要采取以下技术手段在一定程度上降低其死亡率:一是使用油性乳液降低水与空气接触面的表面张力;二是使用表面撇油装置将水表面的碎片与油膜清除,减少仔鱼接触到空气的阻力;三是在孵化后前几日内采用24小时光照处理并增加育苗水体的充气量[14]。

### 2) 沉底死亡

沉底死亡通常发生在孵化后4~10天,且沉底死亡现象主要发生在晚上[22]。仔鱼沉底的主要原因在于其在夜间不活跃(缺少光照),加之自身密度大于海水,因此出现下沉现象[23]。在自然环境条件下,仔鱼下沉通常不会导致其死亡,主要是因为水体深度的问题,自然环境下仔鱼一般不太可能会一直沉到海底,但在人工育苗条件下,育苗水体的深度往往只有1~2米,仔鱼接触到池底后,会导致其鳍与骨骼受损,加之池底聚集污物,细菌富集,从而导致仔鱼的大量死亡[21][23]。

对于仔鱼沉底死亡的现象,目前主要采用的改善措施是在育苗池内通过增设上升流装置,形成苗池内由下向上的水流,同时在夜间增加育苗水体的充气量,这可在一定程度减少仔鱼沉底死亡的发生[14]。

### 3) 同类相食引发的死亡

同类相食是金枪鱼在仔稚鱼至幼鱼整个过程中普遍存在的现象,是导致其人工育苗成活率低的主要原因之一。在人工育苗条件下,通常从孵化后第10天开始,同类相食的现象便会陆续出现。为了最大程度减少同类相食的现象,目前采取的措施无外乎从饵料(增加饵料投放频率与投喂量)与苗种分级筛选(分阶段将不同规格的苗种进行分离)这两个方面入手。

### 4) 碰撞池壁引发死亡

由于碰撞池壁导致的金枪鱼苗种死亡,通常发生在孵化30天后,碰撞往往导致脊柱脱位和副蝶骨骨折,从而引发死亡,或者先导致皮肤擦伤,引发细菌感染后最终导致死亡[24]。金枪鱼在仔稚鱼阶段出现撞壁现象,主要源于其神经和视网膜系统发育尚不完善,人工育苗条件下,外界环境因子的突变(光照强度、噪音等)是诱发其碰撞池壁的主要原因之一[23][24]。因此,最大程度减少外界环境因子的突变,优化人工育苗的设施条件,是减少发生金枪鱼苗种撞壁现象的主要技术手段。

## 5. 我国金枪鱼人工养殖与繁育研究现状

尽管太平洋蓝鳍金枪鱼、黄鳍金枪鱼以及大眼金枪鱼等在我国均有分布,但一直以来,国内对开展金枪鱼的养殖研发重视程度不足。截至目前,国内在金枪鱼人工繁育领域的研究几乎处于空白地带,仅“十二五”期间科技部立项支持了一项863项目“热带名贵海水动物等苗种繁育技术”,其中一个子课题(金枪鱼、鳃棘鲈和波纹唇鱼的苗种繁育技术)的部分内容是针对金枪鱼开展苗种繁育技术研究。然而,受限于研究经费不足,该项目虽然首次在国内尝试性开展了金枪鱼人工繁育相关内容的研究,但在技术层面所取得的成果非常有限。2013年,浙江苍南县钧威海洋科技有限公司拟通过引进挪威KAVA集团大型抗风浪全智能大型网箱养殖设备,用于开展金枪鱼的养殖,但截至目前,仍未见有金枪鱼养殖成功的

相关报道。

目前,在金枪鱼繁殖生物学基础研究方面,国内见有零星的报道,主要集中在东太平洋与北太平洋金枪鱼群体[1][2],这些研究报道的出发点主要在于综合评估金枪鱼在自然海域中的种群资源状况。近些年来,随着我国深远海养殖产业的逐步推进,为弥补深远海养殖品种短缺,未来国内对开展金枪鱼养殖研发的科技投入力度必将越来越大。

## 6. 展望

“十二五”以来,我国深远海养殖产业蓬勃发展,然而,缺乏适宜深远海养殖的高性价比养殖品种始终是困扰产业发展的一大瓶颈问题。金枪鱼作为一种高经济价值大洋性鱼类,养殖开发潜力巨大且在日本、西班牙等国已有成功先例。因此,着手开展金枪鱼繁育及养殖技术研究,发展金枪鱼养殖产业,对弥补我国深远海养殖品种短缺十分必要。由于我国在金枪鱼人工繁育及养殖领域的研究几乎是空白的,因此,从现实的角度来讲,国内金枪鱼的养殖研发需要充分结合国际上已取得的相关科技成果,通过与国际上相关单位合作开展金枪鱼鱼种产业化研发,是快速提升我国在金枪鱼繁育领域科技水平和能力建设的良好途径。

此外,在国家倡导深耕蓝色国土、发展蓝色粮仓的大背景下,以我国本土有资源分布的金枪鱼为开发对象,充分结合深远海养殖装备的发展,通过加大科技投入力度,逐步推进我国本土金枪鱼品种的人工养殖及繁育研究工作,也是建设现代化海洋渔业,发展国家蓝色经济的战略需求。

## 基金项目

中国水产科学研究院基本科研业务费(2019XT0201);现代农业(海水鱼)产业技术体系专项资金(CARS-47-G25)。

## 参考文献

- [1] 朱伟俊. 北太平洋长鳍金枪鱼繁殖生物学研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- [2] 王修国. 东太平洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼生殖特征研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2010.
- [3] Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Stieglitz, J. (2016) Chapter 1 Overview on Status and Technological Advances in Tuna Aquaculture around the World. In: Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Buentello, A., Eds., *Advances in Tuna Aquaculture*, Academic Press, Cambridge, 1-19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411459-3.00001-1>
- [4] Miyashita, S. (2002) Studies on the Seedling Production of the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus thynnus orientalis*. *Bull. Fish. Lab. Kinki University*, **8**, 1-171.
- [5] Tada, M. (2010) Challenges and Opportunities for the Full Cycle Farmed Tuna in Japan. In: Miyashita, S., Takii, K., Sakamoto, W. and Biswas, A., Eds., *Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on the 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture*, Kinki University Press, Setouchi Town, 40-44.
- [6] JFA (2015) Japanese Fisheries Agency. Marino-Forum 21 General Incorporated Association. <http://www.yousyokugyojyou.net/index4.htm>
- [7] Buentello, A., Seoka, M. and Suarez, J. (2016) Chapter 12 Nutrition of Cultured Tuna Species. In: Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Buentello, A., Eds., *Advances in Tuna Aquaculture*, Academic Press, Cambridge, 273-321. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411459-3.00012-6>
- [8] Buentello, A., Seoka, M., Kato, K., et al. (2016) Chapter 8 Tuna Farming in Japan and Mexico. In: Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Buentello, A., Eds., *Advances in Tuna Aquaculture*, Academic Press, Cambridge, 189-215. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411459-3.00007-2>
- [9] Kumai, H. (2012) History, Current Status and Perspective of Bluefin Tuna Aquaculture. In: Kumai, H., Miyashita, S., Sakamoto, S. and Ono, S., Eds., *Full Life-Cycle Aquaculture of the Pacific Bluefin Tuna*, Agriculture and Forestry Statistics Publishing Inc., Tokyo, 1-12.
- [10] 梁旭方. 日本对金枪鱼养殖及人工育苗技术的研究[J]. 水产科技情报, 2005, 32(2): 59-62.
- [11] Sawada, Y., Okada, T., Miyashita, S., et al. (2005) Completion of the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis* (Tem-

- mincket Schlegel) Life Cycle. *Aquaculture Research*, **36**, 413-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01222.x>
- [12] Ottolenghi, F. (2008) Capture Based Aquaculture of Bluefin Tuna, in Capture-Based Aquaculture: Global Overview. FAO Fisheries Technical Paper No. 508, Rome.
- [13] Mylonas, C.C., de laGandara, F., Corriero, A., *et al.* (2010) Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Farming and Fattening in the Mediterranean Sea. *Reviews in Fisheries Science*, **3**, 266-280. <https://doi.org/10.1080/10641262.2010.509520>
- [14] Van Beijnen, J. (2017) The closed Cycle Aquaculture of Atlantic Bluefin Tuna in Europe: Current Status, Market Perceptions and Future Potential. 1-95.
- [15] Chen, B.N., Hutchinson, W. and Foster, C. (2016) Chapter 10 Southern Bluefin Tuna Captive Breeding in Australia. In: Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Buentello, A., Eds., *Advances in Tuna Aquaculture*, Academic Press, Cambridge, 233-252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411459-3.00009-6>
- [16] Thomson, M., Deichmann, M., Cypionka, K., *et al.* (2010) Recent Developments in Southern Bluefin Tuna Larval and Juvenile Rearing. In: Miyashita, S., Takii, K., Sakamoto, W. and Biswas, A., Eds., *Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on the 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture*, Kinki University Press, Setouchi Town, 53-58.
- [17] Buentello, J.A. (2006) The Blue Revolution in Southern Baja California Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares* Aquaculture. *Panorama Acuicola*, **11**, 60-67.
- [18] Margulies, D., Scholey, V.P., Wexler, J.B., *et al.* (2016) Chapter 5 Research on the Reproductive Biology and Early Life History of Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* in Panama in Australia. In: Benetti, D.D., Partridge, G.J. and Buentello, A., Eds., *Advances in Tuna Aquaculture*, Academic Press, Cambridge, 77-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411459-3.00004-7>
- [19] Margulies, D., Suter, J.M., Hunt, S.L., *et al.* (2007) Spawning and Early Development of Captive Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*). *Fishery Bulletin*, **105**, 249-265.
- [20] Matsuura, R., Sawada, Y. and Ishibashi, Y. (2010) Development of Visual Cells in the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis*. *Fish Physiology and Biochemistry*, **36**, 391-402. <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9306-x>
- [21] Kurata, M., Ishibashi, Y., Takii, K., *et al.* (2011) Influence of Initial Swimbladder Inflation Failure on Survival of Pacific Bluefin Tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel), Larvae. *Aquaculture Research*, **45**, 882-892. <https://doi.org/10.1111/are.12027>
- [22] Nakagawa, Y., Kurata, M., Sawada, Y., *et al.* (2011) Enhancement of Survival Rate of Pacific Bluefin Tuna (*Thunnus orientalis*) Larvae by Aeration Control in Rearing Tank. *Aquatic Living Resources*, **24**, 403-410. <https://doi.org/10.1051/alr/2011150>
- [23] Masuma, S., Takebe, T. and Sakakura, Y. (2011) A Review of the Broodstock Management and Larviculture of the Pacific Northern Bluefin Tuna in Japan. *Aquaculture*, **315**, 2-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.030>
- [24] Honryo, T., Kurata, M., Okada, T., *et al.* (2013) Effects of Night-Time Light Intensity on the Survival Rate and Stress Responses in Juvenile Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel). *Aquaculture Research*, **44**, 1058-1065. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03109.x>