

我国鲮、梭鱼类资源开发及其生态养殖前景的探讨

施兆鸿 彭士明 侯俊利

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘 要 鲮科鱼类(Mugilidae)是知名的世界性分布的经济鱼类,广泛栖息于淡水、河口和海水中。鲮鱼 *Mugil cephalus* 和梭鱼 *Liza haematocheila* 是亚洲地区鲮科鱼类中最主要的经济代表种。鲮、梭鱼属于植食性或腐屑食性,主要摄食环境中的有机碎屑。在养殖生产中,亦可起到净化养殖水域的作用,对维持养殖水域生态平衡和优化环境可起到重要作用。因此,从生态养殖角度考虑,广泛开展鲮、梭鱼类养殖,对调整我国当前渔业产业结构,降低养殖水域的自身污染,保障水产养殖业的持续、健康、稳定发展有着十分重要意义。

关键词 鲮鱼 梭鱼 资源开发 生态养殖 前景

中图分类号 S965.221、234 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)02-0120-06

The prospects of resources exploitation and ecological culture of Mugilidae in China

SHI Zhao-hong PENG Shi-ming HOU Jun-li

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

ABSTRACT The Mugilidae family is an important fish group distributed throughout the world, inhabiting the fresh, estuarine and coastal waters. *Mugil cephalus* and *Liza haematocheila* are the two important economic species in Mugilidae family. Mugilidae are one of the most important foraging and detritivorous fishes. They feed by sucking silt or scraping rock and plant surfaces, acting as a scavenger and changes material cycle process in an aquaculture ecosystem. Mugilidae are an important fish for both fisheries and aquaculture purposes. The resources exploitation and ecological culture of Mugilidae not only improves the fishery structure, but also reduces the pollution of the cultured water, ensuring the sustained and healthy development of the aquaculture industry. The prospects of resources exploitation and ecological culture of Mugilidae in China are proposed in this paper.

KEY WORDS *Mugil cephalus* *Liza haematocheila* Resources exploitation
Ecological culture Prospects

鲮科鱼类属于世界性分布的经济种类,据记载全世界约有鲮、梭鱼类 180 余种(<http://www.fishbase>).

沪农科攻字(2007)第 4-1 号和中央级公益性科研院所基本科研业务费(2008M14)共同资助

收稿日期:2008-11-19;接受日期:2009-08-12

作者简介:施兆鸿(1958-),男,研究员,主要从事海水鱼类育苗及养殖研究。E-mail:shizhh@sh163.net, Tel:13801902579

org),我国已有记载的约有12~17种(东海鱼类志 1963;南海鱼类志 1962;福建鱼类志 1985;上海鱼类志 1990)。其中鲮鱼 *Mugil cephalus* 和梭鱼 *Liza haematocheila* 是鲮科中最重要的种类。本文从以下几个方面论述我国鲮、梭鱼类资源开发的基本要素及其生态养殖的前景。

1 我国当前水产养殖业的背景

我国是人口大国,鱼肉是国民的优质蛋白源,为满足人民对于优质动物蛋白质的需求,我国政府长期以来特别关心鱼类养殖。改革开放以来,中国的水产品产量迅速增加,在增长方式上也发生了质和量的突破,从以捕捞为主转向以养殖为主的转变。2007年人均水产品占有量已经上升到36.4 kg,是世界平均水平的两倍,极大提高了我国人民蛋白质的消费水平和生活质量,为保障国家粮食安全做出了重要贡献。美国著名农业经济及生态学家莱斯特·布朗博士于今年5月份在接受《环球时报》采访时指出:中国对世界的贡献是计划生育和淡水渔业,中国的淡水渔业发展得非常好。然而,布朗博士有所不知的是,我国海水养殖的产量也已经达到1300多万t(淡水养殖约2000万t),表明我国的海水渔业为业界所做出的贡献也同样突出。

我国目前养殖的海水鱼类品种已达80余种,其中鲆鲽类(大菱鲆等)、鲷科鱼类(真鲷等)、鲈科鱼类(石斑鱼等)、石首科鱼类(大黄鱼等)等已经发展到相当大的产业化规模,这不仅丰富了养殖品种,也极大的满足了人们对海鲜产品的需求。然而,目前我国在水产养殖中,特别是海水养殖中,选择和引入的名特优新品种,大多是肉食性种类,处于食物链级次的高层。养殖企业在缺乏专用配合饲料的条件下,仍然大量投喂捕捞所得的冰鲜杂鱼,在高密度养殖模式下,造成资源浪费和水域环境恶化的现状也是不争的事实。因此,选择食物链短、植食性又兼具海鲜品质和风味特征的养殖品种,采取环境友好型生态养殖模式,追求产品质量安全、健康和高品质食品,以经济效益和生态效益协调发展为目标,正是我国未来水产养殖业的重要发展方向。

2 鲮、梭鱼类养殖开发所具有的优势

鲮、梭鱼广泛分布于北纬51°至南纬42°之间,能在1~35℃水温中,以及淡水至大洋海水的任意盐度中生存。在我国,北起丹东南至海南岛均有鲮、梭鱼分布。鲮鱼生长更加迅速,当年体重可达400 g,次年达1 kg。鲮、梭鱼食性广,仔鱼摄食轮虫和桡足类等,3 cm左右的稚幼鱼开始摄食浮游硅藻和有机碎屑,并逐渐以底泥表层有机碎屑和附着性藻类为主要食物,还能刮食沉积在底泥表层的底栖硅藻、沙蚕、多毛类、甲壳类、细菌以及腐屑。栖息于河口、滩涂和海湾时,因江河径流的微小颗粒有机物碎屑分解形成大量营养盐,刺激这些水域的生物量增加,对水域生态系统起到了极其重要的调节作用,随之形成鲮、梭鱼的最佳栖息地。鲮、梭鱼的肉质鲜美、洁白细腻,其蛋白质含量和品质俱佳,且肌肉脂肪含量低,是人类理想的健康食品。国际上对鲮、梭鱼养殖十分重视,早在1969年,保加利亚的瓦那国际生物学计划海洋生产力组(IBP/PM)会议上,联合国粮农组织已经把鲮科鱼类的研究列为国际生物学的研究课题之一。1974年和1977年分别在以色列和美国举行鲮科鱼类国际研讨会;随后,诺贝尔基金会和洛克菲勒基金会发起的国际高等研究和联合委员会,拟定了一项“世界沿岸水域生物生产力的促进提高与前景”计划项目,将鲮科鱼类列为主要研究对象。而在我国,早在20世纪50年代就开始了鲮、梭鱼的生态调查、港塍养殖和人工繁殖研究,“八五”期间,开展了梭鱼的增养殖研究工作。调研资料显示,鲮、梭鱼因偏植食和腐食性,所以可以作为我国各类盐度水域理想的混养品种之一(De silva 1976;陆忠康 1984,1985;陈惠彬 1993;Cardona 2000;Barman *et al.* 2005)。据海岸带调查统计,我国海涂面积有200多万hm²,0~10 m水深的浅海水域面积为62 850 km²,所以推进鲮科鱼类养殖十分有利于我国沿海大面积滩涂和浅海的开发利用,其养殖发展前景广阔。

回顾20世纪50年代初,植物食性鱼类被定位为当时的主要研究方向,所以研究工作首先从鲮科鱼类开始,“南鲮”、“北梭”成为当时南、北方沿海的主攻目标。1959~1960年广东省水产研究所(现中国水产科学研究院南海水产研究所)费鸿年教授等,在海南岛进行大鳞鲮 *Mugil macrolepis* 人工繁育研究,人工授精孵化的仔鱼存活了19 d。1959年福建省水产研究所、厦门大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所等单位,对梭鲮 *Mugil carinalus* 进行了苗种繁育研究,并获得人工孵化育苗的成功。黄海水产研究所地处北方,所以当年主攻梭鱼的繁养殖。20世纪50年代中,对黄、渤海区的梭鱼繁殖习性进行了详细调查,接着对港养和池养梭

性腺发育进行了对比研究,取得了大量梭鱼繁殖生物学和生态学资料。在此基础上,理论联系实际,于20世纪60年代初在山东日照石臼所试验基地的湾口处,专门投资建造了大型生态亲鱼池(面积约 1.73 hm^2)。此为国内首次模拟河口区梭鱼天然栖息环境,采用工程措施建立的生态繁育池。向池内移植底栖硅藻,建立食场,利用潮汐涨落形成的位差驱动亲鱼池环流,达到流水刺激的效果。于1963、1964年连续两年获得梭鱼在生态池内自然产卵、育苗成功的最早记录。与此同时进行了人工育苗试验,雷霖霖“梭鱼人工育苗研究”一文发表于1965年《海洋水产研究资料》(农业出版社);个体发育研究方面有雷霖霖的“梭鱼胚胎和仔、稚、幼鱼发育的研究”一文发表于1979年《海洋学报》Vol. 1. No. 1。这些研究工作为以后的梭鱼全人工繁殖打下了良好的理论和技术基础。20世纪70年代末至80年代初,河北与江苏的研究单位联合攻关,采用激素诱导和催产技术,取得了梭鱼大批量采卵成功和实现了池塘育苗的规模化生产;随后,河北与天津的研究单位在淡水梭鱼的全人工繁殖方面亦取得了突破性进展。1982年由农业出版社出版的《梭鱼鲮鱼研究文集》,从鲮、梭鱼的养殖生物学特性、人工繁殖与育苗问题、淡水驯养问题及养殖技术等几个方面进行了总结归纳,为鲮、梭鱼的进一步研究开发奠定了重要的理论基础。此外,李加儿等(2005)在雷霖霖主编出版的《海水鱼类养殖理论与技术》一书中也对鲮的养殖技术问题进行了较为详细的描述。鲮、梭鱼类作为较早被开发的养殖品种,因此形成了独特的养殖优势。鲮、梭鱼类处于食物链的下层,蛋白质转化效率高,同时具有生长迅速、适应性强等特点,故完全符合养殖低成本、绿色环保和可持续发展的现代养殖理念。

3 研究适宜的营养需求对发展鲮、梭鱼类养殖非常重要

适宜的营养水平是确保鱼类繁育和规模化养殖顺利开展的必要保障,国内外对多种重要经济水生动物开展了广泛深入的研究,其研究成果的应用在水产养殖、资源保护与恢复方面发挥了重要作用。目前,关于鲮、梭鱼营养方面的研究仍主要集中在蛋白质和脂类营养方面。周文坚(1991)以酪蛋白为主要蛋白源,按比例添加氨基酸混合物以使饲料氨基酸组成与鱼体氨基酸组成趋近平衡,配制了6种不同蛋白含量的配合饲料饲养体长 $10.3\pm 0.7\text{ cm}$ 、体重 $12.7\pm 1.8\text{ g}$ 的鲮鱼幼鱼。研究结果显示,鲮鱼对蛋白质的最佳需求量为40%。而林黑着等(1998)对体重为 45.6 g 的鲮鱼幼鱼的实验结果表明,配合饲料中适宜的蛋白含量仅为28%,适宜蛋白能量比为 91 mg/kcal 。造成两个研究结果差异较大的原因是多方面的,但试验用鱼的规格不同可能是影响其对蛋白质需求量存在较大差异的主要原因之一。通常情况下,仔稚幼鱼对蛋白质的需求量高于成鱼。Yoshimatsu等(1992)对梭鱼的研究结果也证实了上述观点,其研究结果显示体重 1.22 g 的梭鱼的适宜蛋白需求量为40%~45%;体重 23.2 g 的梭鱼的适宜蛋白需求量则为35%。这对进一步研究开发适宜于鲮、梭鱼各个生长阶段,不同蛋白含量的专用配合饲料具有重要启发。此外,Luzzana等(2005)在鲮鱼配合饲料中使用豆粕替代50%的鱼粉,并不影响鲮鱼幼鱼的生长率、饲料利用率、鱼体能量储存和肠道的组织结构。今后进一步开展鲮、梭鱼饲料中鱼粉替代方面的研究具有重要意义,它将对节约人类有限蛋白源,推动鲮、梭鱼养殖产业的可持续健康发展意义深远。截至目前,国际上对鲮、梭鱼类饲料中脂肪和必需脂肪酸的需求方面也开展了一些研究,Yoshimatsu等(1995)分别以亚油酸、亚麻酸、EPA和DHA 4种脂肪酸强化轮虫投喂梭鱼仔鱼(全长 $4.58\pm 0.25\text{ mm}$),结果发现亚油酸和亚麻酸强化轮虫导致梭鱼仔鱼发生明显的必需脂肪酸缺乏症,并且导致生长受阻和高死亡率;相反,由EPA和DHA强化的轮虫则可以提高梭鱼仔鱼的活力、成活率并促进生长,可见n-3HUFA(EPA和DHA)是梭鱼仔鱼所必需的脂肪酸。Tamaru等(1993)也报道了鲮鱼的仔鱼在摄食缺乏n-3HUFA的轮虫时,表现出高死亡率和生长受阻。Argyropoulou等(1992)以不同脂肪源(鱼油、玉米油、大豆油、亚麻籽油与无油脂饲料)饲养鲮鱼84 d,结果发现,鱼体中n-3与n-6脂肪酸的组成与含量同饲料具有明显的正相关关系,其研究同时还表明,鱼体中饱和脂肪酸与 $18:1\text{ n-9}$ 系列脂肪酸的含量与日粮中的脂肪酸组成并无明显的相关性。作者认为鲮、梭鱼脂肪代谢过程中, $\Delta 9$ 和 $\Delta 6$ 去饱和酶活性较高,其他去饱和酶活性则非常低,这就提示我们,要依据鲮、梭鱼自身脂类代谢的特点,深入探索鲮、梭鱼的适宜脂肪源及其添加量,以期最大限度地节省鱼油资源,这也是未来鲮、梭鱼脂类营养研究的重要方向。

4 探索适宜的养殖环境将有利于拓展鲮、梭鱼类的养殖产业

鲮、梭鱼本身具有极好的盐度、温度适应性,在野生条件下具有洄游习性,喜栖息于浅海、内湾或河口水域。

因此,针对环境因子对鲮、梭鱼影响的研究主要还集中在盐度和温度因子上。已有的研究表明,随着水温升高,鱼类的内源氮排泄增加,可用指数方程描述内源氮排泄与温度间的关系(Savitz 1969; Jobling 1981)。线薇薇等(2002)报道梭鱼的标准代谢率随温度的升高而增加,二者的关系亦为指数关系;氨氮、尿素、总氮排泄率随温度的增加而增加;而在低温条件下,温度对梭鱼内源氮排泄的影响不大。水温与盐度是鱼类受精卵孵化成功与否的决定性理化因子,会直接影响到初孵仔鱼的数量与质量。蔡良候等(2001、2002)对鲮鱼的研究显示,在我国南方,鲮鱼胚胎发育的适宜水温为 18~25 ℃,适宜盐度为 25~40,最适孵化水温 25 ℃,最适孵化盐度为 30~35;鲮鱼仔鱼生长和存活的适宜盐度为 20~32(水温 25 ℃时),过高(大于盐度 32)或过低(小于盐度 20)的盐度均不利于鲮鱼的前期仔鱼生长。更为深入的研究发现,鲮鱼仔鱼在小水体(30 L 桶)中短期(15 d)饲养,盐度 22~23 组个体的生长速度远远大于较高盐度组(盐度 32~35 个体);在大水体(5 000 L 桶)中饲养较长时间(50 d),盐度 22~25 组与盐度 32~35 组仔鱼在生长和存活率方面均无显著性差异(Murashige *et al.* 1991)。Hotos 等(1998)也对鲮鱼(全长 2.6 cm)的盐度耐受性进行了研究,在逐级驯化的条件下,鲮鱼的耐受盐度可以升高到盐度 100。盐度还是选择养殖模式的关键参考因子之一。淡水、半咸水和高盐度海水养殖鱼类,除了在动物渗透压调节所需能量上存在差异,还会影响到产量、品质和风味。有学者发现鲮鱼的生长速度和在不同生长阶段对栖息地的选择均与盐度有着密切的关系(Cardona 2000)。Barman 等(2005)通过池养和实验室内饲养两种途径开展实验,研究了不同盐度下鲮鱼的生长、饲料利用及肠道主要酶的活性,发现无论是池养还是室内饲养,鲮鱼在盐度为 10 时均表现出最好的生长效果(这一盐度恰好处于大多数鱼类的等渗盐度,能够最大限度减少用以调节渗透压所需的能量),高盐度则会对鲮鱼的生长与代谢造成负面影响。但 De Silva 等(1976)的研究结果与此存在差异,他们发现盐度为 20 时,鲮鱼获得最大生长速度;在过量投喂的条件下,盐度 10 组获得最高的饲料转化效率,而在相同的投喂水平下,随着盐度的升高饲料转化效率逐渐降低。此外,盐度的改变也会影响到鱼的肌肉和肝脏中糖原含量的变化(Barman *et al.* 2005),盐度与温度的改变同样会影响到鲮鱼机体脂类的组成,盐度与温度的降低均可导致鲮鱼机体多不饱和脂肪酸的含量明显增加(Kheriji *et al.* 2003)。综上所述认为,研究探索我国不同地区鲮梭鱼的养殖水域环境,将对我国开发利用鲮梭鱼资源具有重要的指导意义。

5 鲮、梭鱼的优秀品质是赢得产业大规模发展的基本保证

随着人类生活水平的不断提高,人们对于水产品的营养价值和风味的要求不断增高。水产品品质包括一系列的生物学及非生物学参数,如产品的色泽、嗅觉、味觉、组织结构、营养学参数、食品安全性、贮藏能力及微生物学指标等。饲料的营养素来源、可消化性和配伍等,对养殖产品品质的高低都起着至关重要的作用。此外,养殖水域的盐度、流速、动物活动空间等养殖模式也会影响到鱼肉质量和口感。脂类营养素是目前的研究热点之一,饲料中脂肪含量与鱼体(特别是鱼肉)中脂肪沉积的关系研究成为水产品质量评价的重要指标(Lie 2001),鱼体的脂肪酸含量更是衡量水产品质量的重要指标之一。影响组织脂肪酸组成的主要因子包括摄入脂肪酸的组成、体内脂肪酸氧化代谢率、脂肪酸碳链延长及去饱和反应、各类脂肪酸之间的竞争等。例如,Rosenlund 等(2001)在研究大西洋鲑(*Salmo salar*)的高能饲料时发现,鱼油被其他脂肪源替代 50%~60%并不会影响大西洋鲑的生长、组织结构与色泽参数,但可能会影响到肌肉中脂肪酸的组成和含量。为此在收获前,给大西洋鲑投喂一定时间的低脂饲料,可以改善鱼体脂类组成及肌肉品质(Morris *et al.* 2005)。由此可见,通过营养学手段,可以调整饲料营养要素的组成和含量,进而结合生态养殖模式,使改善和调控养殖鱼类品质成为可能。这些研究结果,可为鲮、梭鱼养殖借鉴,使其在人工养殖条件下,接近甚至达到野生产品质量提供了良好的思路。

6 我国鲮梭鱼类生态养殖前景的探讨

我国的水产养殖业发展迅速,养殖总产量在世界水产养殖业和我国渔业中所占的比重也逐年加大。然而,目前我国水产养殖业普遍存在着养殖布局不合理,养殖容量超过了水域的负荷能力,导致养殖水域污染加重,底质恶化,产品质量下降,种质退化,赤潮频发,养殖病害蔓延等现象。因此今后力求保持养殖环境的优质和稳

定,优化养殖水域管理、保障生态安全,是使养殖业达到良性循环发展,取得最大经济、生态和社会效益的最好出路。目前,优化养殖水域生态系统的主要措施应当着眼于合理搭建不同营养级次的养殖生物群落,充分利用养殖水域生态系统中的空生态位,进行多元化立体式生态系综合养殖(杨圣云等 1997),促进养殖水域内的物质循环和能量流通,从而提高水域的利用率、产出率和商品率。

鲮、梭鱼类处于食物链的下层,植食和腐屑食性,具有食物链短,生长迅速、适应性强等优点,开展其资源开发及其生态养殖不仅可以提高经济效益,而且还可以使河口区的水域生态环境得到改善。例如,长江口是世界第三大河口,也是鲮、梭鱼类的重要栖息地,鲮、梭鱼类的养殖有助于对长江河口区的水生生态系统调节。在1999年至2001年3年间的7~9月,鲮鱼还能在长江口连续形成鱼汛(沈雷等 2001)。但是近年因多种原因,长江口区的鲮、梭鱼产量一直在递减。因此,从改善水域生态环境、保护区域性种质资源及增加渔民收入的角度来看,鲮、梭鱼在河口区的开发利用十分必要。

然而,在开发利用鲮科鱼类的过程中仍需注意解决如下几个问题。首先,虽然我国具有从北到南大面积的滩涂和浅海,但目前鲮科鱼类越冬成活率相对较低仍是限制鲮科鱼类发展养殖的主要难题;其二,鲮科鱼类人工繁育技术虽已基本突破,但其相应的养殖配套技术则至今尚不完善,如仔鱼的培育成活率很低、各生长阶段的营养学参数不清等因素制约了鲮科鱼类的开发利用。其三,我国今后开展鲮、梭鱼资源开发利用及生态养殖,需要重点开展以下几个方面的工作:(1)鲮科鱼类的种质资源保护工作不容忽视;(2)大力提高和推广鲮科鱼类人工繁育技术;(3)完善鲮科鱼类苗种繁育基地的建设;(4)建立健全鲮科鱼类的养殖配套技术体系。此外,从生态养殖的角度考虑,还要重点针对滩涂大水面养殖和港埭河口网围养殖模式建立,以及中小水面混养种类和比例搭配、最佳养殖环境条件的探索和量化,以达到养殖种类之间互利共存的目的,使之形成环境友好型的生态养殖模式、技术规范 and 标准,以达到经济效益和生态效益双赢的效果。总之,要在我国开展具有明显环保意义的鲮、梭鱼类品种的开发利用,保护鲮、梭鱼类种质资源,是完全符合我国对养殖品种进行结构调整、促进养殖产业可持续性发展的迫切需求,其开发利用前景十分广阔。

致谢 本文得到中国水产科学研究院黄海水产研究所雷霖霖院士的热情指导,为本文提出了诸多宝贵修改意见,在此特致谢忱。

参 考 文 献

- 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. 1962. 南海鱼类志. 北京:科学出版社
- 中国水产科学研究院东海水产研究所,上海市水产研究所. 1990. 上海鱼类志. 上海:上海科学技术出版社
- 刘进贤,高天翔,吴世芳,张亚萍. 2007. 梭鱼的分子系统地理学研究——晚更新世西北太平洋边缘海隔离分化及其有限的扩散能力. 中国海洋大学学报, 37(6): 931~938
- 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 1963. 东海鱼类志. 北京:科学出版社
- 李加儿,俞勉余. 2005. 鲮养殖技术. 见:雷霖霖主编. 海水鱼类养殖理论与技术. 北京:中国农业出版社, 892~904
- 李名友,周莉,杨林,刘静霞,桂建芳. 2002. 彭泽鲫的分子遗传分析及其与方正银鲫A系的比较. 水产学报, 26(5): 472~476
- 杨圣云,许振祖. 1997. 优化养殖水域生态系统结构的若干途径. 海洋科学, 3: 42~43
- 沈雷,查方. 2001. 长江鲮鱼连续3年成汛. 科学养鱼, 8: 25
- 陆忠康. 1984. 鲮鱼人工繁殖技术概述. 福建水产, 2: 55~61
- 陆忠康. 1985. 关于鲮科鱼类繁殖生态学的研究. 浙江水产学院学报, 4(1): 67~72
- 陈惠彬. 1993. 我国鲮科鱼类人工繁殖技术及进展. 现代渔业信息, 8(10): 1~5
- 周文坚. 1991. 鲮鱼 *Mugil cephalus* Linnaeus 对蛋白质的营养需求. 现代渔业信息, 6(9): 18~22
- 林黑着,江琦,黄剑南. 1998. 鲮配合饲料适宜蛋白含量及蛋白能量比的初步研究. 上海水产大学学报, 7(3): 177~192
- 线薇薇,朱鑫华. 2002. 梭鱼标准代谢、内源氮排泄与体重和温度的关系. 青岛海洋大学学报, 32(3): 368~374
- 姜艳艳,孔晓瑜,喻子牛,庄志猛,金显仕. 2003. 黄海蓝点马鲛 mtDNA D_{loop} 序列变异分析. 中国水产科学, 10(3): 177~183
- 梭鱼鲮鱼研究文集征集组. 1982. 梭鱼鲮鱼研究文集. 北京:农业出版社
- 福建鱼类志编写组. 1985. 福建鱼类志. 福建:福建科学技术出版社
- 雷霖霖. 1979. 梭鱼胚胎和仔、稚鱼、幼鱼发育的研究. 海洋学报, 1(1): 157~175

- 雷霖霖. 1965. 梭鱼人工育苗的研究(海洋水产研究所资料). 北京:农业出版社, 23~24
- 蔡良候, 林向阳. 2002. 盐度对鲮鱼前期仔鱼生长与存活的影响. 福建水产, 1: 20~23
- 蔡良候, 叶金聪, 林向阳. 2001. 温、盐度对鲮鱼胚胎发育和孵化的影响. 福建水产, 3: 63~66
- Argyropoulou, V., Kalogeropoulos, N., and Alexis, M. N. 1992. Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*Mugil cephalus*). Comp. Biochem. Physiol. Part A, 101: 129~135
- Barman, U. K., Jana, S. N., Garg, S. K. *et al.* 2005. Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. Aquaculture International, 13: 241~256
- Cardona, L. 2000. Effects of salinity on the habitat selection and growth performance of Mediterranean flathead grey Mullet *Mugil cephalus* (Osteichthyes, Mugilidae). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 50: 727~737
- De silva, S. S., and Perera, P. A. B. 1976. Studies on the young grey mullet, *Mugil cephalus* L.: I. Effects of salinity on food intake, growth and food conversion. Aquaculture, 7: 327~338
- Hotos, G. N., and Vlahos, N. 1998. Salinity tolerance of *Mugil cephalus* and *Chelon labrosus* (Pisces; Mugilidae) fry in experimental conditions. Aquaculture, 167: 329~338
- Jobling, M. 1981. Some effects of temperature, feeding and body weight on nitrogenous excretion in young plaice, *Pleuronectes platessa* L. J. Fish Biol. 17: 325~334
- Kheriji, S. E. L., Cafsi, M., and Masmoudi, W. 2003. Salinity and temperature effects on the lipid composition of mullet Sea Fry (*Mugil cephalus*, Linne, 1758). Aquaculture International, 11: 571~582
- King, T. L., Lubinski, B. A., and Spidle, A. P. 2001. Microsatellite DNA variation in Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*) and cross-species amplification in the Acipenseridae. Conservation Genetics, 2(2): 103~119
- Lie. 2001. Flesh quality-the role of nutrition. Aquaculture Research, 32 (Suppl. 1): 341~348
- Luzzana, U., Valfre, F., Mangiarotti, M. *et al.* 2005. Evaluation of different protein sources in fingerling grey mullet *Mugil cephalus* practical diets. Aquaculture International, 13: 291~303
- Meng, W., Gao, T. X., and Zheng, B. 2007. Genetic analysis of four populations of redlip Mullet (*Chelon haematocheilus*) collected in China Seas. Journal of Ocean University of China, 6 (1): 72~75
- Morris, P. C., Beattie, C., and Elder, B. 2005. Application of a low oil pre-harvest diet to manipulate the composition and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 244: 187~201
- Murashige, R., Bass, P., and Wallace, L. 1991. The effect of salinity on the survival and growth of striped mullet (*Mugil cephalus*) larvae in the hatchery. Aquaculture, 96: 249~254
- Rocha-Olivares, A., Garber, N. M., and Stuck, K. C. 2000. High genetic diversity, large inter-oceanic divergence and historical demography of the striped mullet. J. Fish Biol. 57: 1134~1149
- Rosenlund, G. O., Bach, A., Sandberg, M. G. *et al.* 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Research, 32(Suppl. 1): 323~328
- Rossi, A. R., Capula, M., Crosetti, D., Sola, L., and Campton, D. E. 1998. Allozyme variation in global populations of striped mullet, *Mugil cephalus* (Pisces Mugilidae). Mar. Biol. 131: 203~212
- Savitz, J. 1969. Effects of temperature and body weight on endogenous nitrogen excretion in the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). J. Fish Res. Bd. Canada, 26: 1813~1821
- Spruell, P., Hemmingsen, A. R., Howell, P. J. *et al.* 2003. Conservation genetics of bull trout: Geographic distribution of variation at microsatellite loci. Conservation Genetics, 4: 17~29
- Tamaru, C. S., Murashige, R., and Lee, C. S. 1993. Rotifers fed various diets of baker's yeast and/or *Nannochloropsis oculata* and their effect on the growth and survival of striped mullet (*Mugil cephalus*) and milkfish (*Chanos chanos*) larvae. Aquaculture, 110: 361~372
- Yang, W. T., Li, J., and Yue, G. H. 2006. Multiplex genotyping of novel microsatellites from silver pomfret (*Pampus argenteus*) and cross-amplification in other pomfret species. Mol. Ecol. Notes, 6: 1073~1075
- Yoshimatsu, T., Furuichi, M., and Kitajima, C. 1992. Optimal level of protein in purified experimental diets for redlip mullet. Nippon Suisan Gakkaishi, 58 (11): 2111~2117
- Yoshimatsu, T., Hayashi, M., and Toda, K. 1995. Preliminary experiment on the requirement of larval redlip mullet for essential fatty acids, and the supplemental effect of *Nannochloropsis* to rearing water. Nippon Suisan Gakkaishi, 61 (6): 912~918