

# 红鳍东方鲀养殖技术研究现状及展望

## Research progress and outlook of *Takifug rubripes* culture techniques

马爱军<sup>1</sup>, 李伟业<sup>1,2</sup>, 王新安<sup>1</sup>, 岳亮<sup>1</sup>, 庄志猛<sup>1</sup>, 孟雪松<sup>3</sup>, 刘圣聪<sup>3</sup>, 谭林涛<sup>4</sup>, 侯仕营<sup>4</sup>

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所 农业部海洋渔业可持续发展重点开放实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 山东 青岛, 266071; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海, 201306; 3. 大连天正实业有限公司, 辽宁大连, 116000; 4. 乳山市水产技术推广站, 山东 威海, 261418)

中图分类号: S96 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)02-0116-06  
doi: 10.11759/hyxx20121130001

红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*), 属鲀形目(Tetraodontiformers)、鲀亚目(Tetraodontoidei)、鲀科(Tetraodontidae)、东方鲀属(*Takifugu*), 俗称河鲀、廷巴、腊头、龟鱼等, 为近海底层食肉性鱼类, 主要分布于北太平洋西部的日本、朝鲜半岛和中国沿海<sup>[1]</sup>。因其味道鲜美、肉质细嫩, 经济价值高昂, 在中国北方地区和日本、韩国等形成养殖规模。目前国内外对红鳍东方鲀的繁育养殖技术研究的比较成熟, 但相关研究的系统论述尚属鲜见。作者将对红鳍东方鲀养殖现状、养殖技术相关研究进行综述和展望。

### 1 红鳍东方鲀的生物学特性

红鳍东方鲀为暖温性、广盐性底栖鱼类, 适宜生长水温为 14~27℃, 最适水温为 16~23℃, 适盐范围为 5~45, 最适盐度为 15~35。主食贝类、甲壳类和小鱼, 也食海藻, 栖息水深 5~100 m、底质为礁石或泥沙带, 野生东方鲀常将身体埋于沙中而表现钻沙习性。昼沉夜浮, 体色随栖息环境的变化而有所差异。生性凶猛, 从稚鱼的长牙期开始直到成鱼, 均会出现相互残咬现象, 尤其咬尾频繁, 咬伤的各鳍可再生。其食道扩大为气囊, 遇敌害时能迅速吸水或空气, 使腹部膨胀为球状, 皮刺竖起, 并发出“哧哧”声响, 浮于水面以自卫<sup>[2]</sup>。红鳍东方鲀属一次性产卵型鱼类, 性成熟年龄为 3~4 龄, 雄鱼初次性成熟最小体长 350 mm, 雌鱼为 360 mm, 产卵期为 3 月下旬至 5 月上旬, 有由深海向近海洄游的习性, 并有一定的趋低盐度特性, 产卵场水深 20 m 左右, 受精卵为沉性兼粘性卵,

产后附着于碎石底质的岩石上。

红鳍东方鲀具有如下七大特异习性: 胀腹、钻沙、呕吐、相互残食、转动眼球、洄游、发声习性。

### 2 红鳍东方鲀国内外繁育养殖现状

#### 2.1 红鳍东方鲀在日本繁育养殖现状

日本有着悠久河鲀饮食文化和传统, 因此日本对红鳍东方鲀的研究起步也较早, 对红鳍东方鲀的研究也最为深入和全面, 也是目前繁育养殖技术最为成熟的国家, 尤其是 Tabeta 等科研者取得了显著的研究成果。1934 年日本山口县首次对红鳍东方鲀进行了 2~3 个月的短期饲养。60 年代开展了红鳍东方鲀的人工繁育研究, 1964 年山口县水产苗种中心(山口县内海栽培渔业中心)成功进行了苗种繁育, 掀起了红鳍东方鲀的养殖篇章, 但由于当时天然鱼的捕获量高, 养殖技术不成熟, 因此养殖并没有得到普及。20 世纪 80 年代以前养殖红鳍东方鲀的产量还不到 100 t。1978 年日本首次用人工养殖 3 龄的红鳍东方鲀, 经过人工促熟、催产、采卵和人工授精获得成功<sup>[3]</sup>。此后, 红鳍东方鲀的人工繁育技术方面取得了一定的成果, 并达到商业化生产的水平。红鳍东方鲀也于 1979 年作为品牌成功打入市场, 随着天然红

收稿日期: 2012-11-30; 修回日期: 2013-03-20

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(20603022012005)

作者简介: 马爱军(1971-), 女, 山东荣成人, 博士, 研究员, 主要从事海水鱼类繁育与遗传育种研究, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

鳍东方鲀资源日益枯竭,日本国内红鳍东方鲀养殖规模不断扩大,1993年养殖产量达到4 427 t,1997年更是达到了5 961 t,养殖红鳍东方鲀逐渐取代天然红鳍东方鲀成为主要上市对象。此后两年,由于红鳍东方鲀寄生虫病的大量蔓延以及从其他国家进口量的急剧增加,日本红鳍东方鲀养殖产量略有下降。不过随着日本国内对红鳍东方鲀的消费量不断增加,以及红鳍东方鲀的经济价值远高于其他海水经济鱼类,2000年养殖产量又开始增加,2001年猛增至6 500 t,此后养殖产量趋于稳定,近几年,养殖产量维持在5 500 t左右<sup>[4]</sup>。

目前,日本红鳍东方鲀养殖几乎全是海上网箱养殖,增、养殖业以增殖为主导,养殖为辅。养殖产区主要集中于九州和四国地区,主要产地为熊本县、长崎县、鹿儿岛县和爱媛县。

## 2.2 红鳍东方鲀在中国繁育养殖现状

中国对红鳍东方鲀的育苗和养殖研究始于20世纪80年代初,首先由中国水产科学研究院黄海水产研究所在胶南基地开展了研究,并于1990年在青岛、烟台两地同时进行红鳍东方鲀工厂化育苗试验,取得了突破性的进展,为红鳍东方鲀的繁育奠定了基础。1991年河北水产研究所也成功地进行了红鳍东方鲀的种苗生产,1993年山东海水养殖研究所潘长荣教授也成功繁育出红鳍东方鲀苗种,并对种鱼的培育、催产进行了研究探讨<sup>[5]</sup>。随着红鳍东方鲀繁育技术不断突破,养殖技术也日益成熟,90年代中期,国内开始规模化养殖红鳍东方鲀。1995年,红鳍东方鲀仅限于河北省唐海县,1996年扩大到辽宁省庄河县,与此同时,中国水产科学研究院黄海水产研究所与大连天正实业有限公司于1996年合作承担了农业部“948”项目,对日本自然海区的纯种红鳍东方鲀进行引种<sup>[6]</sup>。但是在90代末,由于寄生虫病的大量蔓延以及国外的红鳍东方鲀的进口量增加,阻碍了国内养殖业的发展,产量有所降低。2000年,国内开始网箱养殖红鳍东方鲀并取得成功,此后,网箱养殖规模不断扩大,特别是大连地区,网箱养殖已经占主导地位,产量稳步增加,中国红鳍东方鲀养殖业也逐步走上正轨。2003年养殖产量达4 000 t左右,养殖产量已接近河鲀消费大国日本,2005年,渤海湾红鳍东方鲀产量接近5 000 t,2007年达到了8 000 t,产值6亿元。

由于河鲀有毒,为了保证广大人民的人身安全,1990年卫生部颁布了《水产卫生管理办法》,规定

河鲀不得流入市场,因此,国内养殖的红鳍东方鲀主要以出口为主,出口的国家主要是日本、韩国。1994年前,中国出口的都是野生海捕的红鳍东方鲀。1996年,日本首次从中国进口养殖红鳍东方鲀成鱼20 t,取得了活鱼出口的成功。随着国内红鳍东方鲀养殖量的不断增加,中国养殖红鳍东方鲀对日本出口数量已于2000年达到300 t左右,而于2001年高达714 t。与此同时,2000年国内红鳍东方鲀成功出口韩国,使国内养殖的红鳍东方鲀不再受控于单一的日本销售市场,产业链进一步得到完善。2005年,渤海湾红鳍东方鲀产量接近5 000 t,全部出口日本和韩国,其中日本3 000 t、韩国2 000 t,分别占到日本市场的一半以上,韩国市场的80%以上。2007年国内产量达到了8 000 t,不过,受金融危机的影响,2007年中国出口总量为5 500 t,2008年出口减至4 000 t,2009年出口量进一步缩减到2 000 t左右,商品鱼价格也从16万元/t,下降到6万元/t<sup>[7]</sup>。近两年,随着全球经济的复苏,红鳍东方鲀养殖和出口量开始不断回升。

## 3 红鳍东方鲀的苗种培育及养殖生长环境相关研究

### 3.1 红鳍东方鲀的早期生长发育

鱼类早期发育的研究对鱼类繁育有着极为重要的意义,许多科研者对红鳍东方鲀的早期发育做了相关的研究报告。李明德<sup>[8]</sup>对红鳍东方鲀的胚胎发育进行了研究。姜志强等<sup>[9]</sup>就温度对红鳍东方鲀仔鱼的发育进行了研究,研究发现4日龄的红鳍东方鲀仔鱼已形成口裂、消化道打通并开口摄食。在水温(16±1)°C的条件下,12日龄时卵黄囊完全耗尽,在温度为21~23°C条件下,9日龄卵黄囊完全消失。万蓁蓁等<sup>[10]</sup>对不同发育时期红鳍东方鲀消化系统进行了组织学研究。从娇日<sup>[11]</sup>等也对出膜后45 d的红鳍东方鲀幼鱼消化道的显微和亚显微结构进行了组织学观察。

鱼类早期的摄食和营养对于鱼类的成活和后期发育起着关键的作用,直接关系到繁育和后期养殖的成败<sup>[12-13]</sup>。朱会杰等<sup>[14]</sup>对红鳍东方鲀的开口饵料进行了研究,研究发现用小球藻(*Chlorella*)和轮虫(*Brachionus plicatilis*)混合投喂效果最好,其余依次为轮虫、卤虫(*Artemia*)幼体、蛋黄。张海发等<sup>[15]</sup>对红鳍东方鲀仔鱼轮虫日摄食量进行了研究,结果表明,16日龄的仔鱼平均全长为7.015 mm,轮虫日摄食量为360个/尾,昼夜比例为79.0%和21.0%,在

9:00~11:00 及 17:00~19:00 出现摄食高峰。姜志强等<sup>[9]</sup>对红鳍东方鲀仔鱼期摄食进行了研究, 研究发现仔鱼都在卵黄耗尽时出现最高初次摄食率和初次最大摄食强度, 饥饿不可逆点(PNR)出现在仔鱼孵化出后 15~16 d。

## 3.2 环境因子对红鳍东方鲀生长发育的影响

### 3.2.1 水温

水温对鱼类的摄食、消化、新陈代谢和生长有重要的影响, 是影响鱼类摄食、生长的重要因素<sup>[16-17]</sup>。张云等<sup>[18]</sup>研究了温度对红鳍东方鲀幼鱼生长的影响, 在 20~28℃时幼鱼的体质量和全长的增长率以及最大摄食量随温度的升高而逐渐增大, 超过 28℃时开始降低, 28~29℃是适合红鳍东方鲀幼鱼生长的最适水温。Kotaro 等<sup>[19]</sup>选取 4 g 和 50 g 的红鳍东方鲀进行温度试验, 在 15~25℃下, 随着温度的升高, 鱼的生长和饲料转化率逐渐增加, 当温度高于 25℃时, 随着温度的升高, 鱼的生长和饲料转化率逐渐下降, 同时, 4 g 规格的鱼在水温 20℃下饲料转化率最高。

### 3.2.2 盐度

鱼类生存环境的盐度与鱼类的渗透压直接相关, 从而直接影响到鱼类的生理机能, 因此盐度对鱼类的生长、摄食、生理状态等方面有显著影响。Kotaro 等<sup>[20]</sup>选取了 3 g 和 70 g 的红鳍东方鲀研究盐度对其生长的影响。在盐度 10~35 下, 3 g 规格的鱼随着盐度的降低生长增快, 但特定增长率和体长增长并没有显著差异, 在盐度 10 下饲养的鱼终体长和体重要显著高于 30 的, 但饲料转化率、血液指标以及肌肉成分的组成并没有随着盐度的不同而出现显著的差异。而 70 g 规格的鱼在盐度 10~30, 随着盐度的增高生长逐渐增加, 而在盐度 30~35, 随着盐度的增加生长逐渐降低。Han 等<sup>[21]</sup>研究发现, 1.2 g 红鳍东方鲀幼鱼在盐度 20 以下时, 随着盐度的增加生长逐渐增快, 而 25 g 规格的幼鱼, 在盐度 10~30 下, 生长和盐度并没有显著的关系。Lee 等<sup>[22]</sup>发现, 用 25%和 50%(盐度为 8.5 和 17)的海水饲养红鳍东方鲀, 血液渗透压要低于 100%海水饲养的红鳍东方鲀。此外 Kamiya 等<sup>[23]</sup>也报道了盐度对红鳍东方鲀幼鱼的生长、成活率以及血液渗透压的影响。

### 3.2.3 密度

密度是影响鱼类生长的重要的环境因子。适宜的密度可以促进鱼类的生长、摄食, 减少疾病的发生。而密度过高往往会引起鱼类的应激反应, 改变鱼

类的内在生理状况, 对鱼类的个体生长以及成活率有显著的影响<sup>[24-26]</sup>。红鳍东方鲀作为肉食性鱼类, 有相互残食的习性, 密度对红鳍东方鲀的影响也就更加显著。Kotaro 等<sup>[19]</sup>研究了养殖密度对红鳍东方鲀的影响, 试验选取了 8、13、100 g 3 种规格的鱼, 初始体质量的养殖密度设定为 2、4、8 kg/m<sup>3</sup>, 结果表明, 养殖密度对 8 g 规格的鱼体增质量以及饲料转化率没有显著影响, 而对 13 和 100 g 规格的鱼有显著影响, 高密度的各项生长指标均显著低于低密度的。Tomonari 等<sup>[27]</sup>研究了如何通过控制饲养密度来减少红鳍东方鲀幼鱼的相互残食, 增加其成活率, 研究发现在第 21 天减少培育密度可以有效减少幼鱼的相互残食, 提高幼鱼的成活率。此外, Han 等<sup>[28]</sup>认为红鳍东方鲀幼鱼适宜的初始培育密度为 10 个/L, 而 Kotani 等<sup>[29]</sup>认为适宜的初始培育密度为 5 个/L。

## 3.3 红鳍东方鲀的生物习性研究

国内外一些科研者同时也对红鳍东方鲀的生物习性做了相关的研究。Suzuki 等<sup>[30]</sup>研究发现, 红鳍东方鲀在孵化后第 6 天出现相互攻击的行为。Han 与 Ohgami 等<sup>[31]</sup>认为幼鱼相互残食是导致大量死亡的重要原因。日本立石健<sup>[32]</sup>报道, 鲀鱼苗互咬和洄游动与否有很大关联, 成群洄游时, 损伤个体约 10%, 没有洄游情况下损伤个体达 90%。

总之, 红鳍东方鲀作为具有潜力的养殖品种, 国内外红鳍东方鲀的繁育养殖技术已经研究的比较成熟, 养殖规模也在不断扩大, 整个产业链也在逐步完善。下一步将通过种质改良以及规范化养殖技术来进一步完善整个养殖产业。

## 4 红鳍东方鲀养殖营养需求研究

目前, 红鳍东方鲀的繁育养殖技术已经十分成熟, 养殖业也正逐步向大规模产业化迈进。然而做为中国的一个重要养殖品种, 迄今红鳍东方鲀仍以天然饵料为主, 在实际的养殖生产中, 虽然饵料已由天然野杂鱼逐步过渡到配合饲料, 但至今没有专门的河鲀全价配合饲料, 部分在实际的生产中用大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)、甲鱼(*Amyda sinensis*)以及真鲷(*Chrysophrys major*)的配合饲料代替<sup>[33]</sup>, 使得红鳍东方鲀营养性疾病频发。营养学的滞后已经成为中国红鳍东方鲀产业化养殖规模的进程的一个瓶颈, 因此国内红鳍东方鲀专用配合饲料的研发成果将决定其能否在中国形成完善的产业链。目前国内

外虽然对红鳍东方鲀营养学有相关报道,但并不十分完善。

#### 4.1 蛋白质、脂类及碳水化合物

蛋白质作为鱼类生长的物质基础,是鱼类生长最关键的物质基础<sup>[33]</sup>。Kanazawa 等<sup>[34]</sup>对红鳍东方鲀的养殖试验表明饲料中最适蛋白质含量为 50%。王淑敏<sup>[35]</sup>发现体质量为 16~50 g 生长阶段的红鳍东方鲀,其饲料的适宜蛋白质含量为 41.08%。红鳍东方鲀对脂质有很高的消化率,饵料中添加适量脂质能起到节约蛋白质的作用,同时还可有效地避免并发脂溶性维生素和必需脂肪酸缺乏症。但饵料中脂质添加量过高,又会导致鱼体脂肪沉积过多,鱼体品质下降,因此饵料中脂质添加量需适宜<sup>[36]</sup>。Takii 等<sup>[36]</sup>以鱼粉为蛋白源,鳕鱼(*Albatrossia*)肝油为脂质添加剂,投喂红鳍东方鲀,发现添加 7.5%鳕鱼肝油的效果最佳。养殖河鲀的多余能量常以脂肪的形式贮存于肝内,而野生红鳍东方鲀肝脏脂肪储存较少,相对于以高品质玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)为饵料养成的红鳍东方鲀其脂肪滴小,含脂量低,而以人工配合饵料养成的红鳍东方鲀脂肪滴也较小,但生长不良。但如投喂太多脂质,会影响养殖鱼的品质,导致鱼体蓄积过量脂质,肉质低劣<sup>[34]</sup>。在碳水化合物需求方面, Takii 等<sup>[37]</sup>以鱼粉为蛋白源,糊精为糖源,配制成饲料用于饲喂红鳍东方鲀,结果发现糊精的添加量为 16%,糖的含量为 20%左右时鱼体表现出最佳的饲料生长效率、蛋白质效率和表观糖消化率。Kakuta 等<sup>[38]</sup>研究发现饲料中鱼粉与糊精的比例为 5:3 时,红鳍东方鲀的养殖效果最好。

#### 4.2 维生素和矿物质

维生素和矿物质是维持鱼体正常生理代谢不可缺少的营养素。在红鳍东方鲀的营养研究中,对维生素的研究主要集中在 V<sub>C</sub>、V<sub>B</sub> 和 V<sub>E</sub> 等,而对矿物质的营养研究报道却较少。红鳍东方鲀对维生素的需求量相对较高,养殖过程中常出现维生素营养缺乏症。扬州等<sup>[39]</sup>报道,配合饲料中维生素的添加 3%时,对红鳍东方鲀的生长和生理状态促进效果最好。也有研究发现,红鳍东方鲀饲料中添加适量的 V<sub>E</sub> 能有效改善肌肉退化症和脂色素症症状<sup>[40-42]</sup>。Kato 等<sup>[43]</sup>用缺乏水溶性维生素的饲料投喂红鳍东方鲀幼鱼,以生长状况、死亡率、血液性状以及维生素缺乏症状等为指标,结果发现红鳍东方鲀幼鱼,对胆碱、烟酸、V<sub>C</sub> 以及肌醇等与脂肪代谢有关的维生素的需求

量要比已知的其他鱼高,但对与蛋白质代谢有关的维生素 B<sub>6</sub> 的需求量却相对要低。

红鳍东方鲀作为中国的 20 世纪 90 年代以来发展的养殖鱼种,在养殖技术和养殖设施上已有很大改善,但在营养与饲料的研究中仍然与国外存在较大差距,专用配合饲料的研制一直没有取得突破。因此,对红鳍东方鲀营养需求的研究势在必行。

### 5 红鳍东方鲀的疾病及防治研究

红鳍东方鲀的疾病,尤其是寄生虫性疾病,是对红鳍东方鲀养殖业威胁最大也最为棘手的问题。在日本海水殖鱼类中,红鳍东方鲀是鱼病被害率最高的鱼类。1999 年日本暴发的病害给日本整个红鳍东方鲀产业造成了毁灭性的打击。在国内,也因病害问题给广大从业者造成巨大损失。迄今,红鳍东方鲀常见疾病合计约 30 种,其中包括弧菌(*Vibrio*)病和链球菌(*Streptococcus*)病等细菌性疾病,白口(*Myxococcus* sp.)病和真鲷虹彩病毒病等病毒性疾病,以及盾纤虫(*Aspidisca*)病、冈本异沟吸虫(*Heterobothrium akamotoi*)病和粘孢子虫(*Myxosporean*)病等寄生虫性疾病。

#### 5.1 寄生虫疾病

寄生虫性疾病是对红鳍东方鲀威胁最大的疾病,常见的寄生虫性疾病有盾纤虫(*Aspidisca*)病、冈本异沟吸虫(*Heterobothrium akamotoi*)病、粘孢子虫(*Myxosporean*)病、三代虫(*Gyrodactylus*)病、车轮虫(*Trichodin*)病、鲀异钩虫(*Heterobothrium tefrodonis*)病、稚鱼白点(*Ichthyophthirius*)病、心脏库道虫(*Kudoasis*)病等,其中冈本异沟吸虫病危害尤其严重。东京大学研究出使用棉棒从活鱼的肛门处采集肠管内容物,使用 PCR 来诊断,这种新的方法及时检测者对红鳍东方鲀粘孢子虫病鉴别不熟练也能得到正确的判定,而且也不用把鱼杀死。目前,除淡水浴可用以治疗盾纤虫病,过氧化氢浴可用以治疗冈本异沟吸虫病外,其他药剂均不可盲目用于红鳍东方鲀疾病治疗。因此,对红鳍东方鲀寄生虫疾病预防尤其重要。

#### 5.2 细菌性病毒性疾病

红鳍东方鲀细菌性疾病主要为弧菌(*Vibrio*)病、链球菌(*Streptococcus*)病。目前已经揭示的红鳍东方鲀细菌性疾病主要有由爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)感染引起的腹水病,由弧菌(*Vibrio*)和滑走细菌(*Flexibacter maritimus*)感染引起的溃疡病<sup>[44]</sup>,以

及由链球菌(*Streptococcus*)引起的链球菌病等<sup>[45]</sup>。红鳍东方鲀病毒性疾病主要为白口(*Myxococcus* sp.)病和真鲷虹彩病毒病。其中白口病危害最大,往往会造成红鳍东方鲀毁灭性的死亡。倪勇<sup>[46]</sup>对红鳍东方鲀白口病进行了初步研究,目前对红鳍东方鲀病毒性疾病没有有效的治疗方法,只能以预防为主。

总之,目前国内外对红鳍东方鲀病害的研究还不够成熟,对一些疾病尤其是寄生虫病还没有好的治疗方法。红鳍东方鲀作为中国重要的出口创汇品种,在选择药物治疗疾病的方面一定要谨慎,切莫盲目施药、乱用药品。2005年,就因现味喃代谢物超标使红鳍东方鲀出口严重受阻,给中国河豚产业造成沉重的打击。因此,对红鳍东方鲀的疾病,一定要预防为主,治疗为辅。

## 6 前景与展望

纵观中国红鳍东方鲀养殖业,近年来,养殖规模不断扩大,技术水平和基础设施建设也得到很大提高,但集约化水平低、技术集成不足等问题依旧十分突出。开展红鳍东方鲀优质苗种生产、从养殖环境控制、营养饲料、疾病防控等方面提升养殖技术、亟待进行,从而保证中国的红鳍东方鲀能够高品质、高产量、高标准的满足国内外市场需求。随着红鳍东方鲀养殖业的快速发展,产业缺乏系统的种质保护和选种育种,种质退化,生长速度降低,抗病力下降,严重影响了红鳍东方鲀养殖产业的发展。优化红鳍东方鲀规模化繁育技术,着力提高苗种质量,建立苗种培育的技术规范,形成优质苗种质量评价体系;建立红鳍东方鲀良种选育技术体系,运用传统育种技术和分子育种技术,培育出优质、高产、抗逆、抗病的红鳍东方鲀优良品种,逐步实现红鳍东方鲀养殖良种化。同时,着力优化养殖模式,提升养殖技术水平。加强河鲀养殖生物学基础研究,更深入系统地了解河鲀的生殖、生长特点、营养需求、疾病发病机理,研制高效、优质、安全的河鲀配合饲料;建立疾病防控技术体系等。红鳍东方鲀作为具有殖潜力的水产品种,整个产业方兴未艾,相信通过大家的共同努力,中国红鳍东方鲀产业会进入一个持续稳定的发展阶段。

参考文献:

- [1] 王奎旗,陈梅,高天翔. 东方鲀属鱼类的分类与区分布研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(6): 855-860.
- [2] 孙中之. 红鳍东方鲀的生物学特性及人工育苗技术

[J]. 齐鲁渔业, 2002, 19(8): 44-46.

- [3] 董晓平. 日本人工养殖红鳍东方鲀的技术[J]. 水产养殖, 1992, 4: 9-11.
- [4] 亚丁. 日本养殖红鳍东方鲀产量[J]. 现代渔业信息, 2011, 21(1): 35-38.
- [5] 雷霖霖. 海水鱼类养殖理论与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 687-696.
- [6] 陈超, 于宏, 孙曙光, 等. 红鳍东方鲀的纯种引进[EB/OL]. <http://www.cafs.ac.cn/new.asp>, 2004-06-04.
- [7] 第一食品网. 出口受阻, 企业呼吁放松国内“河鲀禁食令”[EB/OL]. <http://www.foods1.com/content/782240/>, 2009-06-13.
- [8] 李明德. 红鳍东方鲀的胚胎发育[J]. 海洋通报, 1987, 6(1): 38-41.
- [9] 姜志强, 姜国建. 红鳍东方鲀仔鱼期摄食与生长的研究[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(1): 20-24.
- [10] 万蓁蓁, 高天翔. 红鳍东方鲀早期发育和体表黑色素细胞形态学观察研究[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24(10): 12-15.
- [11] 丛娇日, 张朝晖, 姚善成. 红鳍东方鲀消化道的组织学和形态学研究[J]. 海洋科学, 1998, 22(4): 53-58.
- [12] Hjort J. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe [J]. Rapp P-v Reun Cons IntExplorMer, 1914, 20: 1-13.
- [13] Braum E. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. Ecology of freshwater fish production [M]. London, uk: Blackwell Scientific Publications, 1978: 102-126.
- [14] 朱会杰, 王凤敏. 红鳍东方鲀开口饵料筛选试验[J]. 水产养殖, 1998, 3: 20-21.
- [15] 张海发, 王宏东. 红鳍东方鲀仔鱼轮虫日摄食量的研究[J]. 水产科技, 2003, 104 (2): 21-24.
- [16] Jobling M. Fish Bioenergetics[M]. London, U K: Chapman & Hall, 1994, 209: 132-143.
- [17] Britz P J, Hecht T, Mangold S, et al. Effect of temperature on growth, feed consumption and nutritional indices of *Haliotis m idae* fed a formulated diet[J]. Aquaculture, 1997, 152: 191-203.
- [18] 张云, 齐自元. 温度对红鳍东方鲀幼鱼生长的影响[J]. 现代渔业信息, 2010, 25(10): 29-34.
- [19] Kotaro K, Twata N. Effect of feeding frequency, water temperature, and stocking density on the growth of tiger puffer, *Takifugu rubripes*[J]. Journal of World Aquaculture Society, 2006, 37(1): 12-20.

- [20] Kotaro K, Takeshi F. Growth of tiger puffer, *Takifugu rubripes*, at different salinities[J]. Journal of World Aquaculture Society, 2007, 38(1): 427-434.
- [21] Han K N, Chuang H Y, Matsui S, et al. Effect of ambient salinity on growth, survival rate, and feed efficiency in the early stages of puffer fish *Takifugu rubripes*[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1995, 61: 21-26.
- [22] Lee K M, Kanenko T, Aida K. Low-salinity tolerance of juvenile fugu *Takifugu rubripes*[J]. Fisheries Science, 2005, 71: 1324-1331.
- [23] Kamiya N, Tsujigado A. Effect of salinity on survival and growth in larva and juvenile of ocellate puffer *Takifugu rubripes*[J]. Saibai Giken, 1995, 23: 113-115.
- [24] Vijayan M M, Leatherland J F. High stocking density affects cortisol secretion and tissue distribution in brookcharr *Salvelinus fontinalis*[J]. Journal of Endocrinology, 1990, 124: 311-318.
- [25] Bjorndal K A, Bolten A B, Chaloupkan M Y. Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence[J]. Ecological Applications, 2000, 10(1): 269-282.
- [26] Montero D, Izquierdo M S, Tort L, et al. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles[J]. Fish Physio Biochem, 1990, 20(1): 53-60.
- [27] Tomonari K, Wakiyama Y. Improved larvi-culture of ocellate puffer *Takifugurubripes* through control of stocking density[J]. Aquaculture, 2011, 312: 95-97.
- [28] Han K N, Matsui S, Kitajima C. Effect of stocking density on growth, survival rate, and damage of caudal fin in larval to young puffer fish, *Takifugu rubripes*[J]. Suisan Zoshoku, 1994, 42, 507-514.
- [29] Kotani T, Wakiyama Y, Imoto T, et al. Effect of initial stocking density on larviculture performance of the ocellate puffer, *Takifugu rubripes*[J]. World, 2009, 40(3): 383-393.
- [30] Suzuki N, Okada K, Kamiya N. Organogenesis and behavioral changes during development of laboratory-reared tiger puffer, *Takifugu rubripes*[J]. Suisan Zoshoku, 1995, 43: 461-474.
- [31] Ohgami H, Suzuki Y. The influence of rearing condition on survival and cannibalism on fingerlings of tiger puffer (*Takifugu rubripes* T. et S.)[J]. Bull Shizuoka Pref Fish Exp Stn, 1982, 16: 79-85.
- [32] 立石 健. トラフゲの种苗生産および养殖と现况问题点(上) [J]. 栽培, 1980, 17(3): 64-71.
- [33] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社, 1994: 8-104.
- [34] Kanazawa A, Teshima S, Sakamoto M, et al. Nutritional requirements of the puffer fish: purified test diet and the optimum protein level[J]. Bull Japan Soc Sci Fish, 1980, 46: 1357-1361.
- [35] 王淑敏. 红鳍东方鲀幼鱼饲料最适蛋白质含量的研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2008: 58-60.
- [36] Takii K, Ukawa M, Nakamura M, et al. Suitable lipid level in brown fish meal diet for tiger puffer[J]. Fisheries Science, 1995, 61(5): 841-844.
- [37] Takii K, Ukawa M, Nakamura M, et al. Suitable sugar level in brown fish meal diet for tiger puffer[J]. Fisheries Science, 1995, 61(5): 837-840.
- [38] Kakuta I, Okabe M, Namba K, et al. Studies on nutritional requirement of Fugu- effect of dietary dextrin. feed oil and vitamins[J]. Suisanzoshoku, 1988, 36(3): 183-191.
- [39] 杨州, 杨家新. 东方鲀属鱼类营养需求[J]. 中国饲料, 2002, 13: 24-31.
- [40] 照夫宫崎. トラフゲの栄養筋肉の病气[J]. 栽培, 1990, 27(2): 39-40.
- [41] 塩フル勝男. トラフゲの脂肪組織黄斑症[J]. 栽培, 1991, 28(6): 43-45.
- [42] 马道元, 王新成. 红鳍东方鲀人工养殖中的常见疾病[J]. 海洋科学, 1994, 18(6): 16-17.
- [43] Kato K, Ishibashi Y, Muratao N, et al. Qualitative water-soluble vitamin requirements of tiger puffer [J]. Fisheries Science, 1994, 60(5): 589-596.
- [44] 张文革. 红鳍东方鲀常见病害及防治[J]. 渔业致富指南, 2002, 11:34.
- [45] 杜佳垠. 红鳍东方鲀链球菌病[J]. 河北渔业, 2003, 127(1): 30-31.
- [46] 倪勇. 日本对红鳍东方鲀白口病的研究[J]. 海洋渔业, 1990, 12(6): 283-284.

(本文编辑: 谭雪静)