

Research Progress on Culture Equipment and Diseases Controlling of the Flounder under Circulating Water Conditions in China

Chunren Gao, Bin Liu, Jilin Lei

Key Laboratory of Sustainable Utilization of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Qingdao Shandong
Email: gaocr@ysfri.ac.cn

Received: Nov. 19th, 2016; accepted: Dec. 5th, 2016; published: Dec. 8th, 2016

Copyright © 2016 by authors 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

Abstract

Closed circulating water system culture is the advanced culture model and is also the future trend. The paper summarized the status and the scale of the recirculating aquaculture system of the flounder in our country and discussed the growth and physiologic characteristics of the flounder under the condition. Flounders' common diseases and control measures in the factory circulating water were introduced. We discussed the hotspot and nodus problems in circulating water culture system of the flounders such as *Cynoglossus semilaevis* and turbot and also discussed the development trend of technology and research in the field.

Keywords

Flounder, Circulating Water Culture, Industrial Aquaculture, Fish Physiology, Diseases Control, Development Trend

我国鲆鲽类循环水养殖设施与疾病防控技术研究进展

高淳仁, 刘 滨, 雷霖霖

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛

文章引用: 高淳仁, 刘滨, 雷霖霖. 我国鲆鲽类循环水养殖设施与疾病防控技术研究进展[J]. 水产研究, 2016, 3(4): 47-53. <http://dx.doi.org/10.12677/ojfr.2016.34008>

Email: gaocr@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2016年11月19日; 录用日期: 2016年12月5日; 发布日期: 2016年12月8日

摘要

封闭式海水循环养殖是当前国内外先进的养殖模式,也是未来的发展方向。本文概要阐述了我国鲆鲽类循环水养殖系统的现状和规模,论述了在此条件下鲆鲽类生长和生理特性。简介了工厂化循环水条件下鲆鲽类常见的病害以及防控措施。对工厂化循环水养殖半滑舌鳎、大菱鲆等鲆鲽类的系统主要热点和难点问题,并对该领域技术和研究的发展趋势进行了探讨。

关键词

鲆鲽类, 循环水养殖, 工厂化养殖, 鱼类生理, 疾病防控, 发展趋势

1. 引言

鲆鲽类的种属分类是指硬骨鱼纲, 鲆科和鲽科鱼类。我国较早开展工厂化养殖技术应用的海水鱼类是鲆鲽类, 其中最具有代表性的是大菱鲆。大菱鲆是在 1992 年由中国水产科学研究院黄海水产研究所雷霖院士从英国引进并经过多年的驯化和探索, 于 1999 年成功地培育出国内第一批大菱鲆苗, 为国内规模化养殖以及未来的发展奠定了基础[1] [2]。国内大菱鲆养殖从“设施大棚 + 地下海水”开始, 后经逐步提高完善养殖系统水平, 现已经由开放式或半开放式循环水养殖向封闭式循环水工厂化养殖方向发展。海水鱼类全封闭式循环水养殖系统是目前国际上先进的养殖模式, 也是鱼类养殖产业未来发展的重要方向。

通过 10 余年的努力, 我国的海水鲆鲽类工厂化循环水养殖系统技术已经逐步走向成熟, 目前国内使用和推广的循环水养殖系统已达到 80 多万 m^2 , 但在系统的稳定性和运行成本以及操作维护等方面还存在着一些问题, 特别是在净化效率、生物净化系统构建和稳定性等方面, 影响了向规模化的推广速度。

在循环水系统养殖鲆鲽类的生长和生理研究等方面, 因为鲆鲽类在循环水养殖条件下受到密度等因素的胁迫, 生长以及生理特性会有显著变化, 可能导致循环水养殖优势不能得到全面发挥。同时由于在循环水养殖条件下养殖鱼类的密度加大, 鲆鲽类养殖管理过程中的疾病防控显得更加重要。

本文对国内鲆鲽类的工厂化循环水养殖系统装备、生长生理特性以及病害防控进行初步的报道和综述, 期望为我国鲆鲽类工厂化循环养殖发展提供参考和借鉴。

2. 鲆鲽类循环水养殖设备设施研究和发展状况

当前我国大部分水产品的养殖还处在传统养殖模式下, 封闭式循环水养殖是必然的发展趋势, 其中以鲆鲽类为代表。工厂化循环水养殖与流水养殖相比, 在节地、节水、排放可控以及高密度集约化养殖等方面有显著的优点。在技术经济高速发展的推动下, 以大菱鲆为代表的鲆鲽类优质品种抢占了工厂化养殖的先机, 我国鲆鲽类养殖的工厂化已经具备了一定的技术基础和养殖规模[3]。鲆鲽类养殖工业化的一个重要标志是循环水养殖系统中设施设备的发展。

2.1. 生物过滤

在封闭式循环水产养殖系统中生物过滤器对维持系统水质稳定起着核心的作用[4]。生物滤器主要有

浸没式(submerged), 滴流式(trickliny), 生物圆桶式(biodrums), 生物圆盘状(biodisk), 流化床(fluidized beds)和念珠式(beadfilters)过滤器等。国内外对于生物滤器中的化学过程以及反应原理的研究已经比较透彻。美国循环水养殖系统的研究和运用主要有微珠生物滤器, 柱子系列过滤器, 流化砂床过滤器以及移动床生物滤器等。

目前国内鲆鲽类循环水养殖系统主要是以立体弹性填料为主的浸没式生物滤池。近几年我国在各个方面都加大了研究力度, 并取得了一定的成就。秦继辉等人在 2012 年设计了抽屉式生物滤器应用于漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)封闭式循环水养殖系统[5]。在国家鲆鲽类产业体系的支持下, 中国水产科学研究院渔业机械研究所倪琦研究员的研究团队为解决这一技术难题设计了两条路线。首先, 设计使用了多级固定生物过滤技术, 即在传统的过滤模式上进行改良, 通过多级过滤器串联, 合理布气, 提供合适的有氧环境, 同时将泡沫分离技术整合在生物过滤中。第二, 学习和引进美国的新型漩涡式流化沙床生物过滤技术。流化沙床的表面积非常高, 可以达到 4000~20,000 m²/m³, 具有使硝化细菌稳定附着的效果。该过滤器的处理效果高、处理能力强, 氨氮降解能力可达 0.4~0.5 kg/(d m³)。

2.2. 物理过滤

目前在鲆鲽类循环水养殖系统中物理过滤环节设备最常见的主要有微滤机、泡沫分离器和弧形筛三种。国内微滤机最常用的网目规格为 200 目, 宿墨等[6]研究也表明 200 目滤网的技术经济效果最好。梁友等[7]研究表明: 在循环水养殖系统中弧形筛筛缝间隙为 0.25 mm 效果最好, 可以有效去除循环水水中 0.3 mm 以上的固体颗粒, 筛除率高达 90%, 同时可以达到增加溶解氧、提高 pH 值、降低化学需氧量(COD)的目的。泡沫分离技术稳定, 该技术可以有效去除养殖水体中的微小颗粒物质和可溶性有机物。在实际生产中微滤机的设备造价较高, 而且容易损耗。

2.3. 杀菌、消毒和增氧设施设备

封闭式循环水养殖系统中除物理过滤器和生物过滤器之外, 杀菌、消毒以及气体交换环节也很重要。在鲆鲽类循环水养殖系统中杀菌消毒主要依靠臭氧和紫外线。两种方式杀菌消毒效果都很好, 紫外线波长为 253.7 nm 时杀灭细菌效果最佳, 而臭氧一般在 1 mV/L 以下。相较于紫外线杀菌装置, 臭氧容易造成残留, 不易控制最佳浓度, 所以紫外线装置使用最广泛。有些企业如烟台市莱州明波水产有限公司使用臭氧杀菌或者臭氧+紫外杀菌两种方式结合使用, 通常臭氧消毒环节会与泡沫分离环节结合。在鲆鲽类循环水养殖中使用鼓风机或者液氧来增加水中溶解氧。国外近年来使用比较广泛的是低压溶氧器, 国内也有使用。但目前国内应用最主要的还是液氧增氧。国外系统主要采用滴、淋结合的吹脱去除二氧化碳, 国内对此研究处于起步阶段。在循环水养殖系统中各环节会有交互作用, 比如生物过滤器对微小颗粒有截留作用, 泡沫分离器也可以达到增氧目的, 臭氧杀菌也可以和泡沫分离器相结合使用。所以, 目前国内开始研发一体式过滤净化机, 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所在这个方面取得了初步成果[8]。

3. 循环水系统下养殖鲆鲽类的生长及生理特性

3.1. 生长特点

目前的研究表明, 在工业化循环水养殖条件下鲆鲽类的生长主要受到养殖密度和水循环率的影响。2003 年王波等人研究表明循环水养殖条件下大菱鲆生长旺盛期在 2 龄, 日生长最快可达 13.52 g/d, 体重生长拐点年龄为 1.3984 [9]。2005 年马爱军等人的研究结果表明大菱鲆幼鱼在低密度条件下生长与密度正相关, 达到一定密度以后呈负相关。而朱建新等人的研究结果表明生长与密度负相关。根据文献报道, 循环水养殖条件下鲆鲽类的饲料转化率与密度呈负相关[10][11]。总之, 结合各项研究表明高密度会对大

菱鲃的生长带来诸多负面影响,有专家从种群内个体竞争原理给出了解释,例如高淳仁等 2004 年的研究认为,循环水率的增加可以改善水质,减小水中有害物质对鲃鲃类的胁迫作用,从而提高生长速度,但对饵料系数影响不大[12]。2010 年田喆等人的研究结果证实了养殖密度对饵料系数影响不大。但是实际生产中的最佳养殖密度和最佳水循环率还需要进一步研究[13]。

3.2. 生理特性

国内对于鲃鲃类在循环水条件下生理特性的研究刚刚起步。而国外在该领域已经有一定研究,并提出了养殖动物福利(welfare)的概念,根据法国科学家 Jean-Paul Blancheton 的研究结果表明,在循环水养殖中,保证水质的条件下大菱鲃的高密度养殖不会造成身体机能的降低,也不会造成胸鳍和背鳍的损坏,但是会造成尾鳍的缺失[14]。而朱建新等在 2011 年的研究结果表明:养殖密度对大菱鲃的免疫指标酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(AKP)及肝脏的脏器系数的影响不大[11]。不同水质条件下大菱鲃消化酶活性以及免疫机能的系统研究还很欠缺。王峰等(2012)在循环水养殖半滑舌鳎的试验中,在平均养殖密度 $15.07 \pm 0.22 \text{ kg/m}^3$ 的条件下,观测半滑舌鳎的呼吸频率,发现摄食后的呼吸频率显著高于摄食前。检测养殖水体中溶氧、氨氮、亚硝酸氮等 24 h 内摄食和代谢的变化发现:半滑舌鳎摄食前、后的呼吸频率平均值分别为 27.3 次/min 和 34.7 次/min;投喂前、后 2.5 h 内,水中溶氧一直处于下降趋势,在摄食 2.5 h 后,水中溶氧处于稳定的上升趋势;投喂后,氨氮、亚硝酸氮浓度显著增高,2.5 h 后达到峰值,随后缓慢降低,在下次投喂前 0.5 h 达到最低值。说明半滑舌鳎摄食活动对循环水养殖水质的影响呈现规律性[15]。

4. 循环水系统养殖鲃鲃类的疾病防控

4.1. 鲃鲃类循环水养殖中的主要疾病

鲃鲃类主要感染的疾病,按致病源总体上可以分为 3 大类,即病毒性疾病、细菌性疾病和寄生虫病。尽管循环水养殖是一个相对封闭的养殖环境,但近年来循环水养殖系统的应用结果发现,循环水系统的养殖池、弧形筛、曝气池、生物滤池等各环节仍然存在大量病原菌[16]。由于循环水养殖的高密度特性,一旦疾病暴发会带来严重的经济损失。

4.1.1. 病毒性疾病

我国养殖鲃鲃类病毒性疾病主要为大菱鲃病毒性红体病和皮疣病[17],另外还有发生在牙鲃等鲃鲃类的淋巴囊肿病、病毒性神经坏死病、传染性胰腺坏死病、疱疹病毒病、呼肠弧病毒病等[18]。2004 年史成银、王印庚等首先在我国报道了虹彩病毒(Turbot reddish body iridovirus, TRBIV)对大菱鲃的感染[19]。2005 年史成银、王印庚等进一步对该病的症状、病原和流行情况等进行了报道[20],报道确定该病是一种病毒性感染症,其病原是大菱鲃红体病虹彩病毒(Turbot reddish body iridovirus, TRBIV),为进一步开展该病的病理学研究和防治工作提供参考。秦蕾、王印庚等[21]对该病的病理学也进行了研究报道,揭示了我国虹彩病毒感染大菱鲃的病理学特点,该病的病理学特点是在病鱼的脾脏、肾脏、肠、肝脏、鳃、心脏和皮肤等器官组织内出现嗜碱性的肿大细胞。病毒感染导致患病大菱鲃多个器官组织发生了不同程度的病理变化,其中以脾脏组织的病理变化最为显著,表现为造血组织的严重坏死。

近几年国内越来越重视大菱鲃病毒性疾病病原学的研究,取得了一定的成果,并逐步向病理学研究延伸,开始致力于研究、分析和确定疾病的发病原因和发病机理,阐明疾病的发生本质的研究,为大菱鲃疾病的诊断和防治提供更好更准确的科学依据[22]。

4.1.2. 细菌性疾病

目前我国鲃鲃类工厂化养殖常见的细菌性疾病病原主要有弧菌(*Vibrio* sp.)、爱德华氏菌(*Edwardsiella*

sp.)、气单胞菌(*Aeromonas* sp.)等[23]。较多报道的细菌性疾病是中鳃弧菌病(*Vibrio anguillarum*)和迟钝爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)。烂鳍病在鲢鳙类养殖过程中最为常见,它是由鳃弧菌引起的细菌性疾病。大菱鲆从鱼苗期到亲鱼期都可能感染,鱼苗期更易感染。鲢鳙类产业体系疾病防控岗位科学家张元兴教授带领部分硕士和博士研究生在2012年6至9月间在本体系的主要试验站如烟台地区等进行了一次较为系统的鲢鳙类病害情况调研,总计采集样品200余份,鉴定病原128个,主要病原种类为细菌性疾病,其中绝大多数为弧菌(105个,82%),其次为迟钝爱德华氏菌(18个,14%)以及假单胞菌(4个,3%),目前确定了超过30种主要致病原细菌。生理生化、表型和毒力基因型等初步结果显示,迟钝爱德华氏菌菌株存在非常明显的多样性,包括血清型、运动型(主要是鞭毛)、质粒谱、抗性谱、主要毒力基因型和致病特性等。

4.1.3. 寄生虫病

在鲢鳙类养殖中,目前国内对大菱鲆寄生虫疾病研究报道较多的是盾纤毛虫病和刺激隐核虫病[24]。车轮虫(*Trichodina* spp.)也是鲢鳙类养殖中常见的寄生虫。当前海水养殖中已报道有70种车轮虫,这是一种世界性分布的寄生原生纤毛虫类。多见于鱼的体表及鳃,对苗种及幼鱼危害较大。特别是高密度集约化养殖及小水体密度偏高的鱼池中,一年四季均有此病的发生。如治疗不及时,亦可导致大量死鱼的情况发生。除了上述的原生动物类的寄生虫外,粘孢子虫类(*Myxosoma*)也可引发鲢鳙类的疾病。粘孢子虫寄生于体表、鳃、鳍等处,或寄生于肌肉、脑颅内,有的寄生于诸如膀胱、输尿管、胆囊等脏器中。寄生于内脏的微孢子虫(*Microsporidia*)、格留虫[*Glugea*(*Nosema*)*Stephani*],当看到脏器上有乳白色粒状肿瘤物时,就可初步确诊。由于车轮虫、粘孢子虫类、微孢子虫、格留虫引发的工厂化养殖鲢鳙鱼疾病是近3年来在辽宁、河北、山东等一些小型养殖场发现的,国内尚未见到相关报道

4.2. 鲢鳙类循环水养殖中病害主要防控措施及研究现状

工厂化循环水养殖出现之后使得鲢鳙类养殖密度有了飞跃,但同时也带来了鱼类病害防治的课题。工厂化循环水养殖中,要重点对弧形筛污物、曝气池泡沫、养殖池壁污物进行清除,工具和池体及时采用 KMnO_4 溶液浸泡消毒可以减少细菌滋生的有机物温床,有效防治病害的发生[16]。随着更多的病原以及病理学研究,鲢鳙类疾病的研究不断深入。刘朝阳等[25]报道显示,颗粒饲料携带的细菌可以直接导致鲢鳙类病害发生,比如大菱鲆白便症。叶海斌等研究了三甲氧苄氨嘧啶对盾纤毛虫病治疗效果[26];王印庚等比较了7种消毒剂对大菱鲆烂鳍病致病菌的杀灭效果[27],并首次提出复方中草药在病害防治中的应用。2010年梁利国等[28]进一步开展了中草药对鲢鳙类弧菌的抑制和杀灭效果,并获得几种弧菌的最小抑制浓度和最小杀菌浓度分别是0.78~6.25 mg/ml和3.12~12.5 mg/ml。王印庚等[29]研究并报道了不同中草药对大菱鲆黑瘦症病原菌的杀菌效果,通过比较治疗效果得到了治疗黑瘦症的方法。另外张文青等报道了中草药对嗜水气单胞菌的抑制作用[30]。

对于鲢鳙类病害的预防办法,一是提高鱼类机体的免疫能力,二是减少环境水体中病毒、细菌的存在,减少病毒感染鱼体的机会。

目前国内提高鱼体免疫能力的措施一方面是注重苗种选育,选择生长快、抗逆性强的新品种;另一方面是开发渔用疫苗,渔用疫苗是控制鲢鳙类疾病的一种有效手段,能提高鲢鳙类特异性免疫水平,同时能提高鱼类机体的应激能力。国内近两年在渔用疫苗研究方面有所进展,分别在2011年和2012年获得鳃弧菌疫苗和迟钝爱德华氏菌弱毒化疫苗[22]。张元兴教授的研究团队2009年以前完成了鳃弧菌减毒靶标的设计和减毒活疫苗株的构建,获得了减毒活疫苗株MAVA6203。完成了鳃弧菌减毒活菌疫苗免疫效力评价,采用浸泡免疫方法获得2个月免疫保护率80%以上[30]。国内近几年的主要研究成果是逐步确定鲢鳙类各种疾病的病原,建成养殖大菱鲆疾病病原库以及远程疾病诊断平台等,不断加大疾病防控

的力度。

在循环水养殖中,病原菌来源主要是饲料与不健康苗种携带细菌。生产中一定要严把苗种选育以及饲料质量关,从根本上降低鲢鳙类疾病的发生率,同时开发无菌鲢鳙类专用饲料,减少细菌、病害携带带来经济损失。2013年陈君等率先对鲢鳙鱼类循环水养殖系统中病原菌的分布和消除效果进行系统性报道,为建立循环水健康养殖工艺提供理论参考[16]。

对于鲢鳙类病害除了做好预防外,治疗也是很重要的一方面。目前研究主要集中在从分子层面阐明疾病发生的本质,为诊断和治疗提供更好的依据。莫照兰等在2013年的报道了采用多重PCR技术快速检测和鉴定迟钝爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)的方法[31]。同时越来越多的研究开始致力于新型的治疗方法如:引入复方中草药作为特效治疗药物,并获得了一定的成果。张元兴研究团队2009年进行了鲢鳙类养殖疾病防治专用中草药的研制开发和中草药对鲢鳙类免疫增强效果的研究[32][33],共选用了30种中草药单方针对鲢鳙类养殖的5种常见病原菌进行抑制杀灭实验。试验结果显示,其中的21种中草药对爱德华氏菌、大菱鲃弧菌、溶藻弧菌和鲨鱼弧菌有不同抑制作用,形成了21种鲢鳙类养殖适用的无公害中药单方。再通过正交试验设计,对这21种中草药进行优化、配伍,形成了一种鲢鳙类养殖细菌性疾病防治的中草药复方。

5. 小结

随着鲢鳙类循环水养殖系统各个环节的进一步研发与完善,快速生长的大菱鲃苗种、全雌牙鲈苗种等优良品种的大力推广、弧菌疫苗的研发成功以及鲢鳙类专用饲料的推出,推动了我国工厂化循环水养殖的稳步发展。2011年全国鲢鳙类工厂化循环水养殖面积增加了到300,000 m²,2015年增加到800,000 m²。鲢鳙类养殖模式正在逐步走向转型,由传统的流水模式向全封闭高效节能型的养殖模式转化。未来鲢鳙类养殖模实现循环水养殖系统的智能化、数字化、自动化、一体化是必然趋势。

基金项目

山东省自主创新及成果转化专项(2014ZZCX07102),农业部财政专项“海峡两岸冷水性鱼类养殖技术合作与示范”。

参考文献 (References)

- [1] 倪琦,雷霖霖,张和森,等.我国鲢鳙类循环水养殖系统的研制和运行现状[J].渔业现代化,2010,38(4):1-9.
- [2] 陈军,徐皓,倪琦,等.我国工厂化循环水养殖发展研究报告[J].渔业现代化,2009,36(4):1-7.
- [3] 雷霖霖.迎接鲢鳙类工业化养殖新时代——鲢鳙类走工业化养殖发展之路的战略思考科学养鱼[J].农业科学,2010(10):19-21.
- [4] 罗国芝,谭洪新,朱学宝.闭合循环水产养殖系统中生物过滤器的水处理效果研究[J].中国海洋大学学报,2004,34(2):203-208
- [5] 秦继辉,孙建明,班同,等.抽屉式生物过滤器在漠斑牙鲈循环水养殖中的效果研究[J].渔业现代化,2012,33(2):6-9.
- [6] 宿墨,刘晃,宋红桥,等.转鼓式微滤机颗粒去除率及能耗的运行试验研究[J].渔业现代化,2008,35(5):9-12.
- [7] 梁友,王印庚,倪琦,等.弧形筛在工厂化水产养殖系统中的应用及其净化效果[J].渔业科学进展,2011,32(3):116-120.
- [8] 鲍旭腾,徐皓,倪琦.一体式过滤净化机在循环水养殖系统中的应用效果[J].上海海洋大学学报,2010,19(6):841-847.
- [9] 王波,雷霖霖,张榭令,等.工厂化养殖的大菱鲃生长特性[J].水产学报,2003,27(4):358-363.
- [10] 马爱军,陈超,雷霖霖,陈四清,等.饲养密度对大菱鲃(*Scophthalmus maximus*)生长、饲料转化率及色素的影响[J].海洋与湖沼,2005,36(3):207-214.

- [11] 朱建新, 赵霞, 曲克明, 等. 封闭循环水系统中养殖密度对大菱鲆生长和免疫的影响[J]. 渔业现代化, 2011, 38(4): 1-4.
- [12] 高淳仁, 王印庚, 雷霖霖, 等. 不同放养量与水交换率对大菱鲆幼鱼的养殖效果及水质条件的影响[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(4): 23-27.
- [13] 田喆, 张延青, 刘鹰, 等. 不同水循环率对大菱鲆生长和水质的影响研究[J]. 渔业现代化, 2010, 37(6): 1-5.
- [14] d'Orbcastel, E.R., Ruyet, J.P.-L., Bayon, N.L., *et al.* (2009) Comparative Growth and Welfare in Rainbow Trout Reared in Recirculating and Flow through Rearing Systems. *Aquacultural Engineering*, **40**, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.11.005>
- [15] 王峰, 雷霖霖, 高淳仁, 黄滨, 赵侠. 循环水养殖半滑舌鳎成鱼摄食活动对主要水质因子的影响[J]. 渔业现代化, 2012, 39(4): 8-11.
- [16] 王印庚, 陈君, 潘传燕, 等. 鲆鲽类循环水养殖系统中病原菌的分布及杀除工艺[J]. 渔业科学进展, 2013, 64(3): 75-81.
- [17] 史成银, 王印庚, 秦蕾, 等. 我国养殖大菱鲆病毒性红体病及其流行情况调查[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(1): 1-6.
- [18] 秦蕾, 王印庚, 史成银, 等. 养殖大菱鲆“皮疣病”的初步研究[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(6): 478-483.
- [19] Shi, C.-Y., Wang, Y., Yang, S.-L., Huang, J. and Wang, Q.-Y. (2004) The First Report of an Iridovirus-Like Agent Infection in Farmed Turbot, *Scophthalmus maximus*, in China. *Aquaculture*, **236**, 11-15. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.007>
- [20] 张正. 养殖大菱鲆流行病调查及主要细菌性疾病的病原学研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [21] 秦蕾, 王印庚, 史成银, 等. 一种虹彩病毒感染大菱鲆的病理学研究[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 6-12.
- [22] 秦蕾, 王印庚, 阎斌伦. 大菱鲆微生物性疾病研究进展[J]. 水产科学, 2008, 27(11): 598-602.
- [23] 雷霖霖, 刘新富, 关长涛. 中国大菱鲆养殖 20 年成就和展望——庆祝大菱鲆引进中国 20 周年[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 123-130.
- [24] 窦海鸽, 黄捷, 王秀华, 等. 工厂化海水养殖中刺激隐核虫病的综合防治新技术[J]. 北京水产, 2005(2): 34-35.
- [25] 刘朝阳, 王印庚, 孙晓庆. 颗粒饲料携带细菌与大菱鲆疾病发生的相关性[J]. 南方水产, 2009, 5(4): 13-21.
- [26] 叶海斌, 许拉, 盖春蕾, 等. 三甲氧苄氨嘧啶在盾纤毛虫病治疗效果的研究[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(4): 7-9.
- [27] 王印庚, 牟潜, 张肖荣. 7 种消毒剂对大菱鲆烂鳍病致病原鳃弧菌的杀灭作用研究[J]. 齐鲁渔业, 2009, 26(5): 12-16.
- [28] 梁利国, 阎斌伦, 张晓君, 等. 常用中草药对 4 种病原弧菌体外抗菌效果的研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 114-119.
- [29] 王印庚, 任海, 张正, 等. 养殖大菱鲆黑瘦症的病原菌鉴定及杀菌中草药筛选[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 57-63.
- [30] 张文青, 龚一富, 金恩, 等. 中草药及其配伍对嗜水气单胞菌的抑菌作用[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(1): 114-121.
- [31] Li, G.Y., Mo, Z.L., Li, J., Xiao, P., Hao, B. and Guo, Y. (2013) Development of a Multiplex PCR for the Identification of Pathogenic *Edwardsiella tarda* and Application to Edwardsiellosis Diagnostics. *Journal of Fish Diseases*, **36**, 151-157. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2012.01446.x>
- [32] 国家鲆鲽类产业技术研发中心. 国家鲆鲽类产业技术体系年度报告 2011[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2011: 92.
- [33] 国家鲆鲽类产业技术研发中心. 国家鲆鲽类产业技术体系年度报告 2011[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2011: 99.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojfr@hanspub.org