

福建省双齿围沙蚕产业发展现状与高质量发展对策分析

陈志¹, 李佳欣², 周洪磊³, 陈度煌¹, 钟传明^{4*}

(1. 福建省淡水水产研究所, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学动物科学学院, 福建福州 350002; 3. 福建省洋泽海洋生物科技有限公司, 福建福州 350600; 4. 福建省水产技术推广总站, 福建福州 350002)

摘要 双齿围沙蚕作为一种名优养殖品种, 是鱼、虾、蟹等的优质饵料, 在休闲垂钓和促性腺发育中应用广泛, 且具有一定的药用价值, 同时它也是生态系统平衡监测和修复的一种指示生物。2020年双齿围沙蚕全国总产量约4 200 t, 福建省总产量约400 t, 主要出口日本、韩国以及欧美国家。福建省双齿围沙蚕产业发展空间巨大, 但仍有许多技术问题阻碍其发展, 例如底泥老化、种质退化等。阐述了福建省双齿围沙蚕产业发展现状, 分析了双齿围沙蚕养殖和加工产业中存在的问题, 并提出了一些建议, 旨在为福建省双齿围沙蚕产业高质量发展提供一定的借鉴和参考。

关键词 双齿围沙蚕; 发展; 深加工; 养殖

中图分类号 S917.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)15-0087-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.15.023



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on the Present Situation and High-quality Development Countermeasures of *Perinereis aibuhitensis* in Fujian Province

CHEN Zhi¹, LI Jia-xin², ZHOU Hong-lei³ et al (1. Freshwater Fishery Research Institute of Fujian Province, Fuzhou, Fujian 350002; 2. College of Animal Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002; 3. Fujian Yangze Marine Biotechnology Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350600)

Abstract *Perinereis aibuhitensis* is a kind of high-quality diet for fish, shrimp and crab. It is widely used in leisure fishing and gonadotropin development, and it has medicinal value. It is also an indicator organism for ecosystem balance monitoring and restoration. In 2020, the total output of *P. aibuhitensis* in China was about 4 200 t, and that in Fujian Province was about 400 t, which was mainly exported to Japan, South Korea, Europe and the United States. There is a huge space for the development of *P. aibuhitensis* industry in Fujian Province, but there are still many technical problems hindering its development, such as sediment aging and germplasm degradation. This paper expounded the development status of *P. aibuhitensis* industry in Fujian Province, and analyzed the existing problems in the breeding and processing industry of *P. aibuhitensis*. And some suggestions were put forward in order to provide some references for the high-quality development of *P. aibuhitensis* industry in Fujian Province.

Key words *Perinereis aibuhitensis*; Development; Deep processing; Culture

双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)俗称海蜈蚣、海蚂蝗、沙虫等, 隶属环节动物门(Annelids)多毛纲(Polychaete)游走目(Errenta)沙蚕科(Nereidae)围沙蚕属(*Perinereis*), 是我国沿海潮间带多毛类生态类型的主要代表和优势种类, 广泛分布于浅海和滩涂。我国是最早认识沙蚕和最早食用沙蚕的国家, 全国近海共有沙蚕74种, 隶属3亚科20属^[1]。目前我国沿海主要养殖品种有双齿围沙蚕、疣吻沙蚕和日本刺沙蚕, 其中以双齿围沙蚕的养殖规模最大, 产值最高。2020年全国双齿围沙蚕养殖产量约4 200 t^[2], 其中浙江省产量约占全国总产量的35%, 广东省产量约占全国总产量的30%, 福建省产量约占全国总产量的10%。笔者阐述了双齿围沙蚕福建省产业发展现状及亟待解决的问题, 旨在为加快双齿围沙蚕精深加工产品的开发利用, 推动双齿围沙蚕产业高质量和可持续发展奠定理论基础。

1 福建省双齿围沙蚕产业现状

1.1 福建省产业规模 福建省的沙蚕养殖在全国范围内起步较早, 发展迅速, 目前沙蚕已经成为福建省内较具发展前景的特色水产养殖品种。但是, 目前沙蚕产业规模仍然偏小, 2020年福建省沙蚕养殖总产量约400 t, 养殖规模及产量远远无法满足巨大的市场需求, 行业发展前景良好。福建沙

蚕养殖区主要为罗源县、福清市、霞浦县和东山县等, 其中罗源县为主产区, 其产量占全省养殖总产量的80%以上, 水泥精养池产量为2.5~3.5 kg/m²。目前, 养殖以水泥池和土池单养为主。单口水泥池面积75 m²、深0.35~0.50 m; 土池一般覆盖黑色地膜, 面积约为667 m²。苗种大部分来自我国广东湛江、江苏、海南和福建地区。2016—2020年福建省双齿围沙蚕产量和养殖面积见表1。

表1 2016—2020年福建省双齿围沙蚕产量和养殖面积

Table 1 The output and cultivation area of *P. aibuhitensis* in Fujian Province from 2016 to 2020

年份 Year	产量 Output/t	养殖面积 Cultivation area/hm ²
2016	150	5.67
2017	170	6.33
2018	230	8.67
2019	300	11.00
2020	400	13.33

1.2 福建省主要养殖模式 美国于20世纪70年代成功人工繁殖沙蚕, 日本在20世纪70年代末开展沙蚕的人工繁育。我国在20世纪80年代才开始开展双齿围沙蚕育苗初步试验, 但随着双齿围沙蚕人工育苗技术的突破, 我国沙蚕养殖规模和产量均迅速增长。

目前, 我国双齿围沙蚕的养殖方式主要有滩涂蓄水精养、滩涂粗放养殖、池塘养殖和工厂化人工养殖以及沙蚕套养虾和贝类等生态模式^[2]。相关研究表明, 工厂化人工养殖

基金项目 福建省海洋与渔业结构调整专项(2020年)。

作者简介 陈志(1987—), 男, 安徽池州人, 工程师, 硕士, 从事水生动物繁育及增养殖研究。*通信作者, 教授级高级工程师, 从事水产品质量安全研究。

收稿日期 2021-10-22

和池塘养殖效果明显优于滩涂粗放养殖^[3],较稳定的生态环境更有利于沙蚕的生长,产业的发展方向应该是工厂规模化养殖。基于双齿围沙蚕的生态修复功能,研究出一套切实可行的养殖新模式迫在眉睫。

虽然在双齿围沙蚕的人工繁育、生态习性和遗传多样性等方面取得了阶段性的研究成果,但仍要推动养殖技术和模式的集成创新,倡导生态养殖新方式,探索适合各地区养殖双齿围沙蚕的模式和技术,实现经济效益、生态效益和社会效益多赢的局面。

1.3 养殖常见问题 实际生产过程中,由于双齿围沙蚕具有较好的抗病力,基本不会暴发大规模疾病,所以相关病害研究较少,疾病发生大多集中于胚胎发育阶段,主要是纤毛虫^[4]和利氏才女虫(*Polydora ligni*)^[5]蚕食沙蚕胚胎。随着双齿围沙蚕繁育和养殖规模的不断扩大,种质退化问题也日趋严重。

2 双齿围沙蚕研究进展

关于双齿围沙蚕的研究多集中于人工繁育、养殖技术和生态修复等方面。刘峰等^[6]开展了虾蚕共育信息化养殖模式,根据对虾与沙蚕之间的捕食和共生关系,利用物联网信息监测、智能控制等技术建立现代化生态养虾新模式。该模式既能使对虾和沙蚕在适宜的环境中生长,又能针对养殖中可能出现的问题进行早预防、早调整,具有一定的参考意义。徐永健等^[7]在鱼藻混养系统中投放双齿围沙蚕,不仅有效改变了沉积物环境,而且提升了混养品种黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)的品质,取得了较好的经济效益和生态效益。陈百尧等^[8]采用生态修复型养殖方式建立与互花米草(*Spartina alterniflora*)、贝类的混养系统,提高了近海滩涂的利用率。牛俊翔等^[9]利用双齿围沙蚕来去除滩涂文蛤(*Meretrix meretrix*)养殖底质中的硫化物。江小桃等^[10]建立了双齿围沙蚕和马尾藻(*Sargassum siliquastrum*)立体修复系统,在底泥环境改善和养殖效益提升方面取得了良好收益;卓亮亮^[11]将东亚壳菜蛤(*Musculista senhousia*)与魁蚶(*Scapharca broughtonii*)、双齿围沙蚕混养,提出了利用双齿围沙蚕来消除东亚壳菜蛤养殖所产生不利影响的新思路。

此外,水产养殖中常以沙蚕作为生物饵料用于促进亲本性腺成熟,提高受精卵的质量及数量,缩短繁殖周期。冀德伟等^[12]研究了多种饲料和生物饵料对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)选育保种的影响,结果发现双齿围沙蚕效果最佳,营养价值最高。赵琳^[13]研究发现饲料中添加6%双齿围沙蚕对刺参(*Apostichopus japonicus*)的末重和性腺发育均具有促进作用。将双齿围沙蚕作为生物饵料的相关研究为今后建立双齿围沙蚕与其他养殖品种混养模式提供了广阔的思路。

在生态毒理方面,由于沙蚕能够耐受重金属及有机毒物,可作为一种良好的指示生物应用于环境监测,例如可通过研究沙蚕体内有机氯农药以及重金属的蓄积量来监测沿海滩涂环境污染程度。蔡富才等^[14]研究表明,在一定浓度范围内双齿围沙蚕的抗氧化酶活性对砷的暴露具有很好的

指示作用。宿丽丽等^[15]研究了双齿围沙蚕的抗氧化系统,发现丙二醛(MDA)和超氧化物歧化酶(SOD)可作为潜在的生物标志物,同时 *HSP70* 基因可作为监测环境污染的生物标志物^[16]。双齿围沙蚕对砷具有明显的富集效应,对 Cd 和 As 的富集作用也较强^[17],其指示效果优于日本刺沙蚕。葛长宇等^[18]认为,双齿围沙蚕作为耐污种类,利用双齿围沙蚕进行生物监测并不合适,它更适用于生物修复。

在生态修复方面,双齿围沙蚕通过生物扰动及摄食作用来影响沉积物环境^[19],在修复连续多年进行底栖贝类养殖的大规模老化滩涂上效果显著^[20]。贾新苗等^[21]证实了双齿围沙蚕通过摄食-排泄途径对小粒径颗粒物具有较强的混合作用。李井懿^[22]针对近海石油污染修复问题,在证实沙蚕的生物扰动作用显著促进了沉积物颗粒再悬浮的同时,得出扰动作用可促进沉积物中石油烃释放的结论。在高污染环境下,沙蚕对石油类污染物的强富集作用不容忽视。

3 目前沙蚕产业发展存在的问题

3.1 研发经费投入不足,繁育基地不成规模 随着沙蚕产业近几十年的发展,我国在人工育苗技术方面已取得了长足的进步,但企业在养殖和深加工创新方面的作用仍没有得到充分发挥,与欧美发达国家仍存在一定的差距。目前福建省双齿围沙蚕研发经费的投入较少,仅2020年实施了渔业结构调整项目,项目总研发经费不足100万元,产业规模和产值远小于其他水产养殖品种。

当前,我国正处于产业升级的关键时期。要实现沙蚕产业的高质量发展,必须把强化企业的创新主体地位作为重要任务,因此迫切需要加大研发经费的投入,并致力于将研究成果转化为养殖企业的经济效益。要针对沙蚕养殖、加工企业发展的不同阶段,形成多层次的政策支持体系,使人才、资金等资源要素向企业集聚,并且引导社会资本对企业技术创新的投入。目前福建省内规模化养殖双齿围沙蚕的基地仅有1家,其他多为土池养殖粗放式滩涂养殖,产业规模偏小。

3.2 人工专用配合饲料研发相对滞后 当前双齿围沙蚕养殖主要投喂饼粕及其他水产养殖动物(如对虾)的配合饲料,这些饲料不一定能满足双齿围沙蚕的营养需求,常导致其生长缓慢、饵料转化效率低,造成养殖成本高、对环境污染严重等问题,严重制约了福建省双齿围沙蚕养殖产业的发展。究其原因,这是由于双齿围沙蚕的专用配合饲料研发相对滞后。比如,北方养殖的双齿围沙蚕表观消化率等营养学指标的研究是建立在喂养牙鲆配合饲料的基础上^[23];其他对双齿围沙蚕饲料方面的研究仅局限于饲料蛋白水平^[24]和饲料过氧化水平^[25]等方面。双齿围沙蚕生长发育过程中所需的推荐性营养指标暂时尚没有统一的标准。

3.3 底泥土壤老化严重,养殖效率偏低 沙蚕具有钻洞栖息且以底栖小型生物为食的生物学特性,所以底质对沙蚕的影响较大。在养殖过程中,双齿围沙蚕除了摄食饲料外,也会吞食底质中的泥土,吸收利用其中的有机质^[24]。研究表明,底泥中的底栖生物丰度是影响沙蚕生长速度和生活密度的重要因素,同时与沙蚕的生化组成具有一定的相关性^[3]。

投放附着基对双齿围沙蚕幼虫的生长、发育也有较大影响,经过几年的养殖底泥土壤逐渐老化,投苗附着率越来越低,成蚕生长缓慢,养殖成品质量差,养殖效益低。如果能通过一项技术来改良土壤底泥,会极大地降低养殖成本。杨威^[26]开展了以江蒿为基质的双齿围沙蚕养殖模式研究,利用植物的生产能力优化养殖环境。结果发现,在此条件下受精卵、胚胎和个体发育过程均非常完整。

4 建议

4.1 加强种质资源保护,建立良种繁育平台 双齿围沙蚕的养殖面积日益增加,但普遍存在产量低、颜色不纯、生长速度慢、养成成活率低等问题。养殖户主要凭借个人操作经验育苗养殖,缺乏育苗养殖技术研发,技术比较落后、模式较为粗放、知识水平有限导致沙蚕种质性状退化、品质严重下降,造成养殖周期延长、成活率下降、产业效益低、产品标准化低等问题。同时,养殖场缺乏核心选育的沙蚕亲本体群,导致繁育出来的苗种存活率低,品质较差。因此,开展沙蚕优质苗种培育,建立沙蚕标准化、规模化生产的良种繁育平台迫在眉睫。

4.2 开展专用配合饲料研制工作 目前,双齿围沙蚕不管是营养需求研究还是人工专用配合饲料研发均相对滞后,可能进一步引起养殖环境恶化和养殖成本增加等一系列问题。为了提高饵料转化效率,降低饵料系数,降低饵料对养殖底泥的污染作用,最终达到节约养殖成本的目的,急需推动双齿围沙蚕人工专用配合饲料研发,加快开展双齿围沙蚕营养指标测定试验、投饵技术改进试验、饲料配方对比和养殖优选试验等,最终实现生产与饲料行业相互促进的发展态势。

研制双齿围沙蚕专用配合饲料,首先必须确定开展幼体阶段和养殖阶段的营养需求,必须开展养殖试验确定各阶段营养需求。其次,要确定双齿围沙蚕人工饲料的形态,目前养殖常用的是颗粒料。有些颗粒料比较大,在投喂时需要研磨,增加了人力成本,在实际养殖过程中可以尝试投喂一些粉料,降低饵料系数。最后,根据双齿围沙蚕的生长特性,确定饲料配方,筛选出不同的饲料原料,形成一套特种水产饲料加工工艺。

4.3 开展深加工与高值化利用,提高产品附加值 沙蚕组织中含有丰富的不饱和脂肪酸,大量的谷氨酸、精氨酸等人体必需的氨基酸以及碘、锌等微量元素,是一种非常理想的保健食品和滋补品。不同地区双齿围沙蚕种质资源不同,目前已对广东茂名^[27]、湛江^[28]、浙江舟山^[29]、温岭^[29]、江苏盐城^[29-30]以及福建^[31]、山东^[32-33]等地区的双齿围沙蚕营养成分进行了不同程度的评估,其体内基本营养物质的含量存在差异,但总体上均为低脂肪、高蛋白的物质结构^[17],具有开发特殊膳食食品的潜质。

通过现代食品加工技术和生物工程技术对沙蚕进行深度开发,研发工业化生产沙蚕及其制品的产业化集成技术,开发并生产沙蚕酱、沙蚕干、沙蚕煲汤、沙蚕调味品、沙蚕调理食品等一系列新型沙蚕产品,推动实现沙蚕全方位精深加

工和高值化利用,但从市场角度来看,并不算开发成功的产品,仍需加强产学研结合,以创造良好的经济效益,拓宽市场渠道,带动沿海养殖户致富,为社会提供营养美味的健康食品。

由于沙蚕的形态特征和风味难以让大众接受,导致沙蚕目前仍主要作为钓饵出口以及作为亲虾培育的高档饵料,市场渠道相对狭窄,随着养殖技术的不断提升和规模的继续扩大,很有可能出现滞销,影响产业的可持续发展。因此,必须基于沙蚕的营养价值和生理活性,开发沙蚕深加工关键技术,规模化开发沙蚕高值化产品,拓宽市场渠道,实现沙蚕全方位精深加工和高值化利用。

4.4 开展增殖放流,修复生态环境 双齿围沙蚕作为底栖多毛类动物的优势类群,生活在海岸边石下或海藻间乃至城市排污口附近,主要以有机碎屑为食,具有增加海泥含氧量、降解重金属含量、改善底质等生态功能,并为其他水生物种提供优质天然饵料,同时在海洋生态系统物质循环和能量流动中扮演重要角色,是海洋生态系统功能完善不可缺少的重要组成部分,可作为天然的近海环境污染和修复的指示生物,被誉为“泥滩的清洁工”。

近年来,双齿围沙蚕因其具有极高的生态价值,已经被列入福建省渔业资源及生态保护放流物种。2019年7月在罗源县北山红树林、连江县马鼻镇等滩涂投放沙蚕苗种168万尾,2020年监测发现其生长状况良好,对于恢复自然资源、修复湿地生态环境起到重要作用。

5 结语

当前福建省双齿围沙蚕产量小,产业发展空间很大,亟须找准短板,精准发力,重点发展福建省双齿围沙蚕苗种场建设,选育具有优良性状的新品种,开展人工配合饲料技术与工艺攻关,大力投入新兴养殖模式的研究和推广,建立更加完善的苗种、饲料、养殖、消费产业链,促进福建省双齿围沙蚕产业的高质量发展。

参考文献

- [1] 吴宝铃,孙瑞平.中国近海沙蠋科研究——黄海和渤海的柄袋沙蠋的研究[J].海洋与湖沼,1979,10(3):257-270.
- [2] 程岩雄,李利卫,丁理法,等.主养沙蚕滩涂套养贝类模式[J].科学养鱼,2003(5):28-29.
- [3] 张永靖,童丽娟,郑周数,等.养殖环境中底栖生物丰度与双齿围沙蚕生化组成的相关性研究[J].水产科学,2005,24(2):5-8.
- [4] 盖珊珊,于道德,王其翔,等.双齿围沙蚕的胚胎发育与纤毛虫病害[J].海洋科学,2012,36(2):7-10.
- [5] 毕相东,张树林,陈成勋,等.双齿围沙蚕育苗过程中才女虫的防治研究[J].2010.
- [6] 刘峰,孙涛,赵玉涵,等.沙蚕的生态修复作用及虾蚕共育信息化养殖模式[J].中国畜牧兽医,2018,45(2):544-551.
- [7] 徐永健,卢光明,葛奇伟.双齿围沙蚕对围塘养殖沉积物氮磷含量的影响[J].水产学报,2011,35(1):88-95.
- [8] 陈百尧,龚琪本,伏光辉,等.双齿围沙蚕(*Perinereis albutiensis* Grube)生态修复型(Ecological remediation)养殖技术[J].现代渔业信息,2007,22(6):24-27.
- [9] 牛俊翔,蒋政,李磊,等.滩涂贝类养殖区底质硫化物的去除及修复[J].农业环境科学学报,2013,32(7):1467-1472.
- [10] 江小桃,谭辉辉,柯志新,等.投放双齿围沙蚕和马尾藻对养殖底泥上覆水氮、磷含量的影响[J].热带海洋学报,2012,31(4):129-134.
- [11] 卓亮亮.魁蚶养殖中有害生物东亚壳菜蛤(*Musculista senhousia*)的污染控制及繁殖生物学研究[D].青岛:中国海洋大学,2010.

合体,创建一批融合历史记忆、乡土风情和地域特色的乡村旅游示范点及乡村文化旅游项目,培育一批基础设施到位、服务规范、引领示范性高的高星级、高品质星级“农(牧)家乐”和休闲农业观光园。通过推进产业融合发展,推出多元化的特色农产品、民间工艺品、农村生产生活用品等乡村旅游商品^[13],培育形成以商品和地方产业融合为特色、主题各异、业态支撑、民俗多样的乡村文旅产品体系,并完善乡村旅游产业发展全产业产供销体系,实现旅游商品集约化、规模化、品牌化发展。

4.2 完善基础设施建设,提高综合服务管理水平 完善基础设施,加强各区乡村原始风貌保护,保持乡村建筑风貌和地域文化特色。政府应支持有条件发展乡村旅游的地方优先发展旅游公路、旅游风景道、乡村绿道等建设,加快提升乡村旅游景区的通达能力,提高景区的可进入性和内部的通达性^[14]。另外,针对各区发展乡村旅游的场地,应尽快实现集中供水、污水处理、改厨改厕、停车场、农副产品产供销点、游客咨询服务中心、专业人才培养、旅游标牌标识等建设目标。制定乡村旅游服务标准,强化乡村旅游市场监管,推动乡风文明教育,加强环境整治力度,完善日常营运和管理制度,进一步提升乡村旅游综合服务管理水平。

4.3 打造特色旅游产品,增强乡村旅游的知名度 品牌化发展,是特色产业及关联农产品走向市场的重要一步。为扩大新疆巴州乡村旅游产业发展的知名度,需打好乡村旅游特色产业品牌。针对巴州各区乡村旅游产业发展的困境,首先应该做好产品开发,打造乡村旅游知名品牌,丰富乡村旅游

产业发展的市场要素,健全乡村旅游产业发展的全产业链体系。以各区乡村旅游重点村、旅游城市、特色小镇、旅游景区、旅游热线、重点旅游集散和服务节点为依托,在全国乡村旅游行业形成示范带动作用,增强各区乡村旅游的知名度。

参考文献

- [1] 何芙蓉,胡北明.“一带一路”倡议对我国沿线省份旅游高质量发展影响效应评估:基于 DID 模型的实证分析[J]. 经济体制改革,2020(3):46-52.
- [2] 李莉,潘龙.杜蒙县乡村旅游品牌整合绩效实证研究[J]. 天津农业科学,2019,25(6):55-60.
- [3] 刘诗涵,王庆生.乡村振兴视域下天津市乡村旅游与康养产业创新融合探究[J]. 安徽农业科学,2020,48(12):124-127,138.
- [4] 巴音郭楞蒙古自治州人民政府门户网站巴州概况[EB/OL]. [2021-10-30]. http://www.xjzb.gov.cn/Category_25/Index_1.aspx.
- [5] 周海霞.大美巴州勾勒如画未来 借力“旅游+”释放新动能[N]. 巴音郭楞日报(汉),2018-11-19(004).
- [6] 实施旅游兴疆战略 推动旅游业高质量发展[N]. 新疆日报(汉),2018-08-27(003).
- [7] 周海霞.全力打造巴州旅游升级版[N]. 巴音郭楞日报(汉),2016-12-30(T15).
- [8] 周海霞.“十三五”全州累计接待游客预计突破 5000 万人次[N]. 巴音郭楞日报(汉),2020-12-11(002).
- [9] 李曙光.湖南省花垣县生态旅游精准扶贫路径研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2017.
- [10] 陈新,张静雯.巴州财政 4500 万元资金支持乡村振兴战略再升级[N]. 巴音郭楞日报(汉),2021-05-08(003).
- [11] 赵希宁.乡村振兴战略背景下榆林市乡村旅游发展问题与对策[J]. 安徽农业科学,2020,48(18):146-148.
- [12] 白祥,彭亚萍.新疆县域休闲农业与乡村旅游可持续发展评估[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(6):304-310.
- [13] 郑立文,谢新晔,吕群超.宁德市乡村旅游商品研究[J]. 宁德师范学院学报(哲学社会科学版),2012(4):42-48.
- [14] 马娇.云南省乡村旅游扶贫发展存在的问题及建议[J]. 乡村科技,2020(6):37-38.
- [15] 王玲,周一兵,刘海映,等.双齿围沙蚕对牙鲆配合饲料的表观消化率及其与温度和体重的关系[J]. 大连水产学院学报,2008,23(6):431-436.
- [16] 吕富,聂庆,吕林兰,等.饲料蛋白水平对双齿围沙蚕生长、体组成及养殖底质总氮的影响[J]. 海洋渔业,2017,39(6):665-673.
- [17] 吕富,聂庆,吕林兰,等.饲料过氧化水平对双齿围沙蚕生长、体组成及抗氧化指标的影响[J]. 海洋渔业,2018,40(5):587-593.
- [18] 杨威.江蕨为基质的双齿围沙蚕亲体培育及个体早期发育研究[D]. 湛江:广东海洋大学,2011.
- [19] 郭先霞,李长玲,黄翔鹤,等.茂名双齿围沙蚕营养元素的测定[J]. 微量元素与健康研究,2011,28(1):22-24.
- [20] 朱国萍,陈子腾,叶宁.湛江养殖双齿围沙蚕营养成分的测定[J]. 当代水产,2014,39(8):76-77.
- [21] 胡园,陈然,胡利华,等.不同地区养殖与野生沙蚕营养成分分析与比较[J]. 水产科学,2018,37(1):93-99.
- [22] 李妮,吴文惠.射阳地区双齿围沙蚕的营养成分分析与评价[C]//中国食品科学技术学会第十二届年会暨第八届中美食品业高层论坛论文集摘要集.北京:中国食品科学技术学会,2015:156-157.
- [23] 林涛,杨寅,王素敏,等.双齿围沙蚕的营养成分与食用安全[J]. 应用海洋学报,2016,35(3):412-417.
- [24] 曹启猛.养殖双齿围沙蚕营养成分分析及其纤溶酶的分离纯化[D]. 青岛:青岛科技大学,2016.
- [25] 刘天红,于道德,李红艳,等.东营养殖双齿围沙蚕营养成分分析及膳食营养评价[J]. 水产科学,2017,36(2):160-166.

(上接第 89 页)

- [12] 冀德伟,张敏,闫茂仓,等.4种饵料对选育中间养成阶段的凡纳滨对虾投喂效果分析[J]. 上海海洋大学学报,2021,30(2):266-275.
- [13] 赵琳.饲料中添加维生素 E、双齿围沙蚕对刺参性腺发育的影响[D]. 大连:大连海洋大学,2020.
- [14] 蔡富才,赵欢,李艳楠,等.双齿围沙蚕对花的生物可利用性研究[J]. 生态毒理学报,2017,12(3):620-628.
- [15] 宿丽丽,阎希柱. BDE-47 胁迫对双齿围沙蚕抗氧化防御系统的影响[J]. 福建农业学报,2016,31(6):560-565.
- [16] 宿丽丽. 2,2',4,4'-四溴联苯醚对双齿围沙蚕毒性效应的研究[D]. 厦门:集美大学,2016.
- [17] 高仁姣,饶杰,张硕,等.双齿围沙蚕与日本刺沙蚕营养成分比较及安全性评价[J]. 安徽农业科学,2020,48(22):99-102.
- [18] 葛长宇,柴延超,王海青,等.双齿围沙蚕代谢对复合污染的响应:监测种/修复种辨析[J]. 中国农学通报,2016,32(8):74-77.
- [19] 邓锦松,马姓,牛化欣,等.投放双齿围沙蚕对虾池底质的修复作用[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2006,36(S2):99-104.
- [20] 李磊,戴明,王帅杰,等.沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)对老化贝类养殖沉积物的生物修复研究[J]. 生态环境学报,2020,29(4):794-801.
- [21] 贾新苗,张彤,田胜艳.底栖多毛类动物双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)对沉积颗粒物的再造作用[J]. Marine science bulletin,2017,19(1):85-90.
- [22] 李井懿.双齿围沙蚕对近海石油污染沉积物修复潜力的研究[D]. 天津:天津科技大学,2019.