

黄河口及莱州湾四种甲壳动物的生物学及研究历程

罗国栋^{1,2*}, 宫源廷^{1*}, 陈玲^{3,4}, 王慧^{1#}, 于兰萍^{1#}

¹山东农业大学动物科技学院, 山东 泰安

²山东国利青生物技术有限公司, 山东 泰安

³山东省兽药质量检验所, 山东 济南

⁴山东省畜产品质量安全监测与风险评估重点实验室, 山东 济南

收稿日期: 2023年2月27日; 录用日期: 2023年3月19日; 发布日期: 2023年3月29日

摘要

为了解黄河口及莱州湾海域中日本鳊、三疣梭子蟹、口虾蛄与中国明对虾的生物学信息, 为我国相关海域渔业经济发展与生态保护提供一定理论支持, 本文通过查阅文献的方式, 获得从2010年到2015年间对黄河口及莱州湾海域内该四种大型甲壳类的种群分布、资源密度、优势度等方面前人的研究工作, 总结得出: 1) 四种动物的生物量季节分布密度按照夏季, 春秋, 冬季顺序递减; 2) 四种动物的高密度分布区域按照夏季, 秋季, 冬季的顺序从近海向远海转移, 并在来年春季重新向近海转移; 3) 优势种方面日本鳊与口虾蛄为第一梯度优势种, 另两种的种群规模则很大程度上依赖增殖放流。笔者认为, 放流工作对于日本鳊与口虾蛄的优势情况影响不大, 而对于放流物种, 应当通过深入研究其生物学特性并对放流工作进行科学改革, 通过投放良种, 推迟捕捞, 研究放流种类洄游习性等, 减少浪费消耗, 更高效地融合经济价值与生态修复。

关键词

黄河口, 日本鳊, 中国明对虾, 三疣梭子蟹, 口虾蛄, 优势种

Biology and Research Progress of Four Crustaceans from the Yellow River Estuary and Laizhou Bay

Guodong Luo^{1,2*}, Yuanting Gong^{1*}, Ling Chen^{3,4}, Hui Wang^{1#}, Lanping Yu^{1#}

¹College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 罗国栋, 宫源廷, 陈玲, 王慧, 于兰萍. 黄河口及莱州湾四种甲壳动物的生物学及研究历程[J]. 水产研究, 2023, 10(1): 47-55. DOI: 10.12677/ojfr.2023.101006

²Shandong Guoliqing Biotechnology Co., Ltd., Tai'an Shandong

³Institute of Veterinary Drug Quality Inspection of Shandong Province, Jinan Shandong

⁴Shandong Provincial Key Laboratory of Quality Safety Monitoring and Risk Assessment for Animal Products, Jinan Shandong

Received: Feb. 27th, 2023; accepted: Mar. 19th, 2023; published: Mar. 29th, 2023

Abstract

In order to understand the biological information of *Charybdis japonica*, *Penaeus chinensis*, *Oratosquillaoratoria*, and *Portunustri tuberculatus* in the waters of The Yellow River estuary and Laizhou Bay, and to provide theoretical support for fishery economic development and ecological protection in the relevant waters of China, this paper reviewed the literature Based on previous studies on the population distribution, resource density and dominance of the four large crustaceans in the Yellow River Estuary and Laizhou Bay from 2010 to 2015, we concluded that: 1) The biomass seasonal distribution density of the four species decreased in summer, spring and autumn, and winter; 2) The high density distribution area of the four species shifted from offshore to offshore in summer, autumn and winter, and then shifted to offshore again in the following spring; 3) In terms of dominant species, *Charybdis japonica* and *Portunustri tuberculatus* were the first gradient dominant species, and the population size of the other two species largely depended on proliferation. The author thinks that discharge work for *Charybdis japonica* and mouth the advantage of mantis shrimp, and for discharge species, should be through in-depth study of the biology learning and work to discharge scientific reform, through on the well-bred, delay the fishing, the discharge type migratory behavior, etc., reduce waste of consumption, economic value and ecological more efficiently fusion.

Keywords

Yellow River Estuary, *Charybdis japonica*, *Penaeus chinensis*, *Portunustri tuberculatus*, *Oratosquillaoratoria*, Dominant Species

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 前言

黄河是中华文明母亲河，同时也是我国北方最大河流，流经青海、四川、山西、河南等九个省份与自治区，最终于山东东营入渤海。漫长曲折的流径在夹携大量泥沙的同时，季节性淡水与营养盐也随着黄河入海，为黄河口及附近海域带来了丰富的营养物质，形成了渤海海域中鱼类及其他海洋生物重要的栖息地与索饵场[1]。

黄河口所在的渤海位于山东半岛以北，辽宁半岛以南以西，华北平原以东，由主体海区和辽东湾、渤海湾、莱州湾三个部分组成，是我国深度最小的海域，同时也是我国最大的半封闭型内海[2]。其入海河流百余条，包括海河、黄河、辽河三大流域、七大水系。处于温带季风气候，又有多处地表径流入海，携带大量有利浮游植物，藻类等大量繁殖的矿物元素，极大提升渤海海域的初级生产力。渤海海底泥沙

有粉砂黏土软泥底质, 细粉砂底质等多种泥沙类型, 不同区域的底质情况也不尽相同, 多样化的底部环境为喜爱各种不同环境的水生生物提供了多样化的产卵场所与觅食场所[3], 致使黄河口等多处近海海域生态系统相对适宜稳定, 也使得渤海渔获量一直十分稳定, 是我国重要渔业区。

但另一方面, 因渤海被山东半岛与辽宁半岛所包围, 与中国其他主要海域相比十分封闭, 水体海流仅通过山东、辽宁半岛的狭窄缝隙与黄海沟通, 自我净化能力十分脆弱, 很容易受到人类活动污染的影响, 伴随着开发利用, 目前情况不容乐观。2018年以来, 生态环境部等部门联合印发多项环保计划方案, 强力介入, 整顿与保护渤海生态系统, 积极推进陆上污染治理与海上污染治理, 关停各类高污染高排放工厂企业项目, 生态环境修复, 预防再污染与水体富营养化, 实施陆岸海环境综合治理, 如今已取得一些不错成果, 但距离真正改善黄河口乃至渤海生态环境仍道阻且长[3]。

群落是指在一定时间内栖息在某一特定空间环境中各种生物种群通过复杂而有机的联系而形成的集合[4]。需要注意的是, 群落是动态变化的, 不能仅仅在静态上研究, 也需要在时间这一纵向尺度上加以研究, 可以帮助我们了解当地生物组成, 认识人类活动对生态系统的积极或消极影响, 更好地服务人类加强对生物自然资源的保护和利用。

在生物学研究过程中, 生物多样性一向被作为一项重要考察参数。生物多样性一般认为是在一定空间范围内各种生物有机地结合起来的总称[5], 反映了生物与生物之间, 生物与环境之间的相互作用关系, 表现出了群落与生态系统的多种特点。生物多样性按照研究方向与结构组成可以分为物种多样性、遗传多样性以及生态系统多样性[6], 物种多样性反映了物种与物种之间, 物种与环境之间的相互作用与相关关系, 是物种努力适应环境的最好体现, 也是演化进程中最重要的结果[7]; 遗传多样性是在个体物种形态, 细胞结构层次以及基因序列层次, 展现某一物种独特的基因库与遗传组织形式, 也是构成生态系统多样性与物种多样性的基石[8]。生态系统多样性涵盖了一个大区域内的各种不同的生态系统类型, 例如河口生态系统、近海生态系统等。任何生物的生存繁衍发展都离不开生态系统, 可以说没有生态系统多样性就不存在物种多样性[9]。

优势种是能够反映和主导群落特征的种类[10], 一般来说是群落中占比最高或者位居前列的几种生物。根据相对重要性指数(Relative importance index, *IRI*), 可以计算一段时间内生物的优势情况, 并分为优势种, 重要种, 常见种, 偶见种等不同类型, 对判定区域种类优势情况给予指导作用。当 $IRI \geq 1000$ 时, 该种群认定为优势种; $100 \leq IRI < 1000$ 时为重要种; $10 \leq IRI < 100$ 时为常见种; $1 \leq IRI < 10$ 时为一般种; $IRI < 1$ 时为少见种[10]。

搁置争论, 求同存异, 才能更好的发展科学, 造福人类。通过对研究物种以及其他相关物种之间关系的研究, 可以拓展例如放流海域选择, 生境维护, 海域初级生产力研究, 休渔期安排等多种多样的渔业生产工作, 提升我国海洋渔业经济, 对科学指导黄河口及莱州湾四种甲壳动物(日本螯、口虾蛄、中国明对虾、三疣梭子蟹)的增殖具有重要意义。

2. 四种甲壳动物的生物学特性

研究发现, 日本螯、中国明对虾、口虾蛄及三疣梭子蟹等黄河口及莱州湾四种甲壳动物的食性非常相近, 存在一定程度的食物竞争性[11][12], 其食物中均含一定种类的甲壳类、软体类、桡足类、硅藻类、一些小型鱼类及其他浮游生物等。

2.1. 日本螯

日本螯(*Charybdis japonica*)属梭子蟹科(*Portunidae*)、梭子蟹亚科(*Portuninae*)、螯属(*Charybdis*), 俗称靠山红、石螯仔、石蟹、岩蟬和海螯。日本螯属于广温广盐型分布种, 在我国四大海域均有广泛分布。

它主要栖息于潮间带,有水草、泥沙、石子等掩蔽物的水底,属于沿岸定居性种类[13]。其肉质鲜明,营养丰富,是不可多得的美味佳肴,同时也是高经济价值的优秀海产品,从古至今便是沿海劳动人民重要渔业产物。

1) 繁殖:日本蟳雌雄异体,在腹部外观方面,雌性个体腹部宽大似盘,雄性个体腹部狭长如剑。此外,雌性个体第二到第五腹节外生有附肢,附肢上生有一定数目之刚毛,对繁殖过后的受精卵起到固定附着之用。日本蟳每年发情两次,时间多处于春季四五月份以及夏季八九月份,生物学积温大约为 310℃ [14]。

2) 食性:日本蟳食性较广,通过对日本蟳胃部检查,按照出现频率排序,依次为甲壳类、硅藻类、绿藻类、鱼类以及贝类[15]。

3) 环境因子:洪美玲[16]的研究阐明了高浓度的氨氮胁迫对于日本蟳细胞内抗氧化性酶具抑制作用;王春琳[17]的研究揭示了高浓度污染物,例如硫酸铜在日本蟳体内的大量蓄积,会导致日本蟳细胞内的活性氧中间体的大量积聚,最终会攻击保护酶分子上的氨基酸残基,对整个保护酶系统产生危害;许星鸿[18]对于重金属离子对于日本蟳超氧化物歧化酶的研究表明在重金属离子如镉的胁迫下,目标酶的活性先升后降,对日本蟳抗氧化酶系统产生不良影响。

2.2. 中国明对虾

中国明对虾(*Penaeus chinensis*)属节肢动物门(*Arthropoda*),甲壳纲(*Crustacea*),十足目(*Decapoda*),对虾科(*Penaeidae*),对虾属(*Penaeus*)。在我国主要分布于低纬度海域以及黄渤海海域,与凡纳滨对虾及斑节对虾被共认为是世界上经济价值最高的虾类,养殖面积与资金投入都空前庞大,同时也带动了大批相关技术的革新与产业的发展,为中国渔业经济的发展做出了卓越贡献[19]。

1) 繁殖:中国明对虾雌性个体第四第五步足之间形成囊腔,发育出开放式纳精囊;雄性的第一对游泳足在幼虾孵出后经发育形成交接器。繁殖时雄虾将从第五对步足根基处的精巢中排出精荚,通过交接器进入雌虾纳精囊,完成受精与繁殖[20]。

2) 食性:中国明对虾对底栖小型甲壳类生物、螺类软体动物、环节类生物等一系列无脊椎动物和浮游动物十分钟爱,与日本蟳相似,食谱中也含有硅藻绿藻以及一些微型浮游植物[21]。

3) 环境因子:王芸等[22]的研究指明环境中高浓度的氨氮胁迫会使中国明对虾血淋巴尿素氮含量逐渐升高,同时对于血淋巴细胞抗氧化酶的表达会先促进再抑制;赵先银团队[23]对 PH 胁迫的研究表明高浓度 PH 会很大程度上损害中国明对虾的免疫系统并增加其感染与得病的可能;王明珠团队[24]对低温环境因素对中国明对虾生长发育性状选择的研究表明,尽管低温是中国明对虾在黄渤海地区越冬养殖的一项重大不利因素,但选育出的耐低温性状并不会影响中国明对虾的生长性状,这为今后进行良种工程,培育生长更快与耐低温的良种虾提供了理论依据。

2.3. 口虾蛄

口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)属节肢动物门,软甲纲(*Malacostraca*),十足目(*Stomatopoda*),虾蛄科(*Squillidae* Latreille),口虾蛄属(*Oratosquilla*)。在烟台俗名爬虾,其他地区俗名包括皮皮虾、螳螂虾、琵琶虾等,在我国中低纬度各个海域都有分布,其中北方海域特别是渤海有大量分布[25],底栖穴居生活。口虾蛄甲壳边缘有锐利坚固的硬质化突刺,但肉质鲜美,营养丰富,是环渤海地带人们餐桌上的佳肴。

1) 繁殖:王春琳团队[26]的研究将口虾蛄的一年生活划成四个部分,分别是 8 到 11 月的生长阶段,12 月至明年 2 月的越冬期,3 到 5 月的性成熟阶段以及最终进行繁殖的 6、7 月份。

2) 食性:根据王春琳团队[26]总结,口虾蛄攻击性强,依靠特化的步足进行捕猎。通过对口虾蛄胃

内食物的调查,可以得知口虾蛄的食谱范围涵盖从小型鱼类、甲壳类、软体类、桡足类到绿藻硅藻等微型浮游植物的广阔谱系,根据食物的出现频率,数量种类众多的小型虾类是其主要捕食对象。

3) 环境因子:王春琳团队[26]的研究指出,口虾蛄的对海水温度的耐受范围大致从 5℃~30℃左右,超过范围便会产生僵死等现象;盐度耐受范围大致为 12‰~35‰,超过会出现身体僵硬,背部弓曲等现象,并在短时间内死亡;PH 方面,口虾蛄对 PH 的耐受能力较强,可以生活于范围在 6.0~10.0 的广阔区间内。另外,口虾蛄对低溶氧环境的适应能力较强,且大型个体该项能力强于小型个体。

2.4. 三疣梭子蟹

三疣梭子蟹(*Portunus striatellatus*)隶属甲壳纲(*Crustacea*)、十足目(*Decapoda*)、梭子蟹科(*Portunidae*) [27],广泛分布于中国近海海域,在日本、菲律宾、婆罗洲等地附近海域也有分布。其生长快、经济价值高、易饲养、肉质鲜美等优点使其成为我国渔业经济中重要组成成分。三疣梭子蟹游泳能力不强,主要于近岸海域底部泥沙中生活,夜晚离开庇护所觅食,遇秋冬季节温度骤降则短途游入较远海域即可安稳越冬。

1) 繁殖:三疣梭子蟹繁殖时间从 7 月至 9 月,产卵时间为第二年 4 月到 7 月。雌蟹一般产完卵死亡,雄蟹则大约可以繁殖 2 到 3 次。三疣梭子蟹腹部特征与日本蟳较相似,雄性腹部附肢均已退化,其中原第一第二附肢特化为交接器[28]。

2) 食性:三疣梭子蟹幼体阶段食性偏杂食,成体阶段偏肉食,食谱包括甲壳类、软体类、桡足类以及一些小型鱼类与浮游生物,也涵盖硅藻绿藻等多种藻类,食物匮乏时也有食腐现象[29]。

3) 环境因子:三疣梭子蟹对于水温要求较高,最适温度要求高于 15℃,低于最低耐受限度后会造成三疣梭子蟹的大量死亡,这也是影响三疣梭子蟹产量的主要指标;盐度范围在 20‰~35‰之间,低于 8‰或者高于 38‰也会导致三疣梭子蟹的大量死亡[28];溶氧方面,最适溶氧在 3~6 mg/L,低于 2 mg/L 三疣梭子蟹便不会再进行摄食;氨氮以及亚硝酸盐浓度在 80 mg/L 以上时也会严重影响三疣梭子蟹的摄食。

3. 研究历程及现状

3.1. 日本蟳以及三疣梭子蟹研究历程及现状

日本蟳和三疣梭子蟹作为我国黄河口及附近海域重要经济蟹类,自古便是沿海劳动人民的重要捕捞对象,为激励沿海人民开发海洋、利用海洋做出了不可磨灭的贡献。大型渔船与更为坚固的网具极大的提升了我国海洋渔业方面的产量,但不合理的开发也急剧缩短了我国渔业生态的寿命,到上世纪 70 年代,三疣梭子蟹的种群密度已经到了岌岌可危的地步。80 年代以来,为挽回颓势,对三疣梭子蟹以及中国明对虾的放流工作开始如火如荼地进行起来;2005 年以后,放流规模进一步扩大:在渤海海域,2012 年对三疣梭子蟹的放流量为 1.3 亿只;2014 年对三疣梭子蟹的放流量为 1.4 亿只[30]。作为改善当地物种生态与物种结构的重要手段,放流工作有效恢复了黄河口、莱州湾等海域的渔业资源,为我国渔业经济的可持续发展创造了一片欣欣向荣的新气象。

日本蟳和三疣梭子蟹的种群结构及优势种的资料主要来自从旭阳团队[28]关于 2010~2012 年对莱州湾海域中两个种类的研究。在注重环保、放流等保护黄河口及附近海域生态环境的大背景下,经济蟹类自身的生理生态属性决定了其资源状况,主要与季节相关,不同年份的差异并不显著。

1) 优势种:在对 2010~2012 年调查站点点进行的 8 个航次的调查中,7 个航次出现了日本蟳,5 个航次出现了三疣梭子蟹;计算两个种类的 IRI,发现日本蟳与三疣梭子蟹夏季、秋季均超过 1000,如下(表 1)所示:

Table 1. The results of the survey on the dominant species of *Charybdis japonica* and *Portunus tuberculatus* in 8 voyages in 2010~2012**表 1.** 2010~2012 年对日本蟳及三疣梭子蟹 8 个航次种群优势种的调查结果

种类	总航次/次	IRI			
		2010 年 10 月	2011 年 8 月	2011 年 10 月	2012 年 8 月
日本蟳	7	8632	8615	10564	8231
三疣梭子蟹	5	6822	4038	6053	2213

2010 年 10 月日本蟳 IRI 为 8632, 三疣梭子蟹 IRI 为 6822; 2011 年 8 月日本蟳 IRI 为 8615, 三疣梭子蟹 IRI 为 4038; 10 月日本蟳 IRI 为 10564, 三疣梭子蟹 IRI 为 6053; 2012 年 8 月日本蟳 IRI 为 8231, 三疣梭子蟹 IRI 为 2213。根据相关公式, 当 IRI 大于 1000 时, 判定为优势种。

2) 物种分布: 日本蟳在春、夏、秋三季所有调查站位附近均有广泛分布, 而三疣梭子蟹春季仅近海站位有所见, 夏季与日本蟳一样因索饵觅食缘故于大多数调查站位可见, 但总体分布情况低于日本蟳。进入冬季, 因为日本蟳与三疣梭子蟹的生存对温度有要求, 其都离开渤海近海区域, 向更深层海域或者黄海的越冬场迁移, 离开了调查主要区域, 因而所获很少, 分布很低。

3) 日本蟳分布广, 密集于三疣梭子蟹的主要原因: 在于其产卵模式, 分批产卵使得日本蟳面对可能存在的环境变化不会过于被动, 不会因为短时间内的低温或者饵料匮乏而丧失全部受精卵, 极大地提高了繁殖率。两种蟹类的天敌较少, 为数不多的底层鱼类天敌, 如银姑鱼、半滑舌鳎、高眼鲱等在最近的物种生物调查中均显示出较低的分布度, 也从另一方面增加了日本蟳于三疣梭子蟹的种群数量。

日本蟳与三疣梭子蟹于夏季产量丰富, 除栖息地自身环境因素以外, 6 月份开展的放流工作, 于 8 月份再行测量时, 三疣梭子蟹已经扩散到相当大的海域范围, 增加了物种丰度, 此外 6 到 9 月属于休渔期, 极少的人类捕捞活动影响也会令有关蟹类种群数量与密度得到极大提升。

3.2. 口虾蛄研究历程及现状

口虾蛄为我国沿海地区的传统渔获物, 但与三疣梭子蟹以及日本蟳相似, 在近一百年的污染与掠夺式开发中, 渤海区域内的口虾蛄生物量受到了严重影响。根据我国自 1982 年以来开始对黄河口、莱州湾以及其余渤海海域的春季(5 月)以及夏季(8 月)的口虾蛄生物量与种群情况进行长期调查, 因为口虾蛄穴居习性, 为使数据更具参考性, 调查时间集中于早六点至晚六点, 尽最大可能消除因活动差异所带来的误差。吴强团队[31]经过分析指出, 黄河口、莱州湾口虾蛄春季生物量从 1982 年开始调查时便一直下降, 直到 2010 年, 而口虾蛄在该区域内总渔获量的所占比例却在 1982~2004 年间逐步提升, 过度捕捞的坏处在 2004~2010 年间, 口虾蛄在总渔获量所占比例下降的情况中得以体现; 口虾蛄的夏季生物量与总渔获量所占比例在 1982~2010 年间均处于下降趋势, 2010 年的两项数据有所回升, 但在 2013~2015 年, 夏季口虾蛄生物量继续走低, 而口虾蛄于总渔获量所占比例却呈上升趋势, 可能原因也许是过度捕捞情况加剧。

肥满度, 又称丰满度, 常用以比较鱼类或其他渔业生物的健康状况(condition)或肥瘦程度(fatness)[32], 在生理生态学研究中的应用较广。在口虾蛄肥满度方面, 2011 年春夏之交(5~7 月), 黄河口及莱州湾区域内口虾蛄平均肥满度有所下降, 夏秋之交(8~10 月)则上升, 10 月达到顶峰, 在 11 月以后则持续下降。肥满度的变化认为与季节性生长有密切联系, 口虾蛄在夏末到秋末会进行快速生长, 以准备越冬所需要的物质, 待越冬以后, 入春以来, 口虾蛄性腺发育, 生长成熟, 最终完成交配产卵, 体重在产卵完成后降至最低。

资源密度方面:1) 从时间上,黄河口及莱州湾海域内口虾蛄资源密度大体趋势为:夏季 > 秋季 > 春冬两季,主要原因是口虾蛄在 5~7 月会返回近海海域产卵,夏末返回深水区,9 月到明年 3 月会一直呆在深水区以及更温暖的越冬场,明年 4 月方才陆续返回近海;2) 在地理上,2011 年 5 月莱州湾东北部口虾蛄资源密度最高,中部与南部海域则相对较低,夏季黄河口北部海域密度最高,南部最低,该分布情况一直持续至 10 月。在 11 月,渤海的中部与东部深水区域,以及南部与黄海相接海域密度最高,黄河口,莱州湾以及附近海域密度最低,调查结果与口虾蛄最适温度在 20~27℃ 范围内的生理特性相契合,

优势度方面,根据李凡团队[33]研究显示,2013 年莱州湾海域口虾蛄 *IRI* 为 4670,2015 年 *IRI* 为 8518,最近的 2019 年 *IRI* 为 7681,从 2010 年到 2019 年平均 *IRI* 在 4000 以上,为优势种。

3.3. 中国明对虾研究历程及现状

与中国传统渔业资源对象相似,中国明对虾有着悠久的捕捞历史,同时也在近现代不合理不规范的强捕强捞中被严重破坏。对放流工作的科学改进势在必得,特别是中国明对虾。我国从 1985 年开始对中国明对虾进行规模化放流,是我国最早开展规模化放流,而且无论在数量方面还是资金支持上都稳坐第一的单一品种,目前,仅莱州湾侧的年放流量便超过 10 亿尾。

不过,从 1991 年开始,工业化带来的污染、过度捕捞以及放流苗种品质以及数量均下滑,加之 90 年代中期曾爆发过虾白斑综合病毒,放流也曾一度中断,放流的效益远没有达到最初构想的水平。进入新世纪,2005 年以来政府实施渔业资源修复计划,但精准放流,提高放流虾苗的成活率与肥满度,减少损耗与浪费,提高放流经济收益的工作仍在不断完善与进步中。

根据左涛团队[34]对黄河口西南侧潮下带中国明对虾放流迁徙情况的研究,该调查区域为中国明对虾的传统分布区,区域内渔获的中国明对虾基本全为放流所得。其中 4~5 月基本不可见中国明对虾,6 月份开始出现,6~7 月虾群向湾外以及渤海中部迁徙,8 月以后数目骤降,应与开海有关。

在张波团队[35]的研究中,对莱州湾从 2011 年 5 月到 2012 年 4 月,进行的 9 个航次的调查研究中仅有 4 个航次中发现中国明对虾。中国明对虾在放流后的 8 月初离开放流河道,集中于莱州湾西部,8 月中旬迁徙至湾口海域,9 月初到 10 月中旬分布在湾口与湾外。张波团队[35]的研究中提到了体重瞬时增长系数。他们认为中国明对虾的快速生长期在每年 7 月份,在 7 月底到 8 月初到达生长拐点,随后的时间里生长会逐渐变慢。体重瞬时增长系数研究了一个物种的一段时间内的发育状况,中国明对虾的放流群体与野生群体的体重瞬时增长系数并不相同。根据分析,放流群体的快速生长期要更早于野生群体,但相对的,发育时间会缩短。正常的开海时间大约为每年的 8 月下旬,如果能够推迟开海,推迟到 9 月,会给放流群体更多的时间去充分利用它的快速生长期,给予更高的产量。

优势度方面,莱州湾 8 月份 *IRI* 为 189,处于大于 100 小于 1000 区间内,为重要种。

与许多放流为传统的经济渔获物相似,中国明对虾的分布与种群密度也十分依赖放流增值,在某些区域,例如山东南部海域(如胶州湾),中国明对虾种群中放流群体占比超过 95%。因而,为了维护当地的中国明对虾种群以及正常的经济渔获量,对放流工作的改良刻不容缓。

当下中国明对虾放流的主要问题有三点:1) 是渔获产量并没有随着放流量的不断增大而相应增加;2) 是目前的放流主要是生产性放流,以保证渔业经济生产为主,对于恢复中国明对虾种群的作用仍然有限;3) 是尽管放流规模越来越大,但因为污染与捕捞,实际上整个区域内的食物网结构的破坏程度不断加深,这一根本的黄河口、莱州湾乃至整个渤海的渔业资源情势没有发生根本性变化。

4. 总结

根据前人工作,特别是李凡团队[33]对于黄河口莱州湾四种大型甲壳类的研究工作,在优势种判断方

面, 日本蟳与口虾蛄通常为第一、第二优势种, 另外两种, 中国明对虾与三疣梭子蟹, 特别是中国明对虾, 其种群规模与放流工作进展程度密不可分, 通常而言二者的优势情况为重要种。种群密度上, 虽然新中国成立以来特别是 1985 年开展规模化放流以及进入新世纪以来的各项政府工作, 为黄河口莱州湾放流了几百亿尾三疣梭子蟹与中国明对虾, 但对于非放流对象的口虾蛄与日本蟳, 这些新的参与者对其自身的种群规模影响不大, 也并没有大程度上改变当下黄河口莱州湾四种大型甲壳类的种群结构。因此, 明确放流物种在甲壳类群落中的地位, 对于改善野生种如中国明对虾的种群规模, 除了坚定不移进行放流外, 对良种的选育, 对放流地点的选择, 对饵料, 如藻类生长繁殖以及分布的研究, 对放流对象洄游习性的研究也必须加以跟进。科学规划的放流工作除了能在更大程度上改善放流物种的种群现状, 也能节约时间与资源, 为创造更大更稳定的经济价值打好坚实基础。

基金项目

山东省农业良种工程日子课题(2019LZGC014)、山东省虾蟹产业系统岗位专家项目(SDAIT-13-2)及山东省“双一流”奖补资金(Funds of Shandong “Double Tops” Program) (SYL2017YSTD11)资助。

参考文献

- [1] 张芮, 等. 黄河口及其邻近水域鱼类生物完整性评价[J]. 中国水产科学, 2017, 24(5): 946-952.
- [2] 胥延钊. 渤海渔业生物群落结构特征研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2021: 54.
- [3] 刘旭东, 等. 渤海山东近岸海域大型底栖动物的群落结构及多样性分析[J]. 海洋环境科学, 2021, 40(6): 929-936+946.
- [4] 王海涛. 鸟类群落结构形成的因素分析[D]: [博士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2003: 122.
- [5] 徐晓军. 崇明东滩大型底栖动物群落的生态学研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2006: 75.
- [6] Cascante-Marín, A., et al. (2020) Genetic Diversity and Reproductive Biology of the Dioecious and Epiphytic Bromeliad *Aechmea mariae-reginae* (Bromeliaceae) in Costa Rica: Implications for Its Conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **192**, 773-786. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz083>
- [7] 董世魁, 等. 高寒草地植物物种多样性与功能多样性的关系[J]. 生态学报, 2017, 37(5): 1472-1483.
- [8] 李达. 草鱼微卫星标记开发及 9 个养殖群体遗传多样性分析[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2014: 74.
- [9] 陈宝明, 等. 中国井冈山生态系统多样性[J]. 生态学报, 2012, 32(20): 6326-6333.
- [10] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化[J]. 生物多样性, 2000(1): 65-72.
- [11] 张宝琳, 相建海, 吴耀泉, 等. 长江口海区三疣梭子蟹和细点圆趾蟹食性生态学的研究[J]. 海洋科学, 1991, 15(5): 60-64.
- [12] 姜卫民, 孟田湘, 陈瑞盛, 等. 渤海日本蟳和三疣梭子蟹食性的研究[J]. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 53-59.
- [13] 俞存根, 宋海棠, 等. 东海日本蟳的数量分布和生物学特性[J]. 上海水产大学学报, 2005(1): 40-45.
- [14] 王春琳, 薛良义, 等. 日本蟳 *Charybdis (charybdis) Japonica* (A. Milne-Edwards)繁殖生物学的初步研究 I[J]. 浙江水产学院学报, 1996(4): 261-266.
- [15] 王春琳, 薛良义, 等. 日本蟳实验生态及摄食习性的初步研究[J]. 齐鲁渔业, 1998(3): 18-20.
- [16] 洪美玲, 等. 氨氮胁迫对中华绒螯蟹免疫指标及胰腺腺组织结构的影响[J]. 中国水产科学, 2007(3): 412-418.
- [17] 王春琳, 丁爱侠. 硫酸铜蓄积对日本蟳体内保护酶系统的影响[J]. 大连水产学院学报, 2005(4): 278-282.
- [18] 许星鸿, 等. 重金属铜胁迫对日本蟳抗氧化酶活力、丙二醛含量及组织蓄积的影响[J]. 水产科学, 2014, 33(9): 551-555.
- [19] 张沛东, 等. 底质类型对中国明对虾存活、生长及行为特征的影响[J]. 中国水产科学, 2014, 21(5): 1079-1086.
- [20] 冯政夫, 等. 中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)外部性征的分化及发育[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(6): 68-73.
- [21] 陈晓玲, 等. 不同饵料对中国明对虾工厂化养殖生长阶段影响研究[J]. 科学养鱼, 2022(3): 72-74.

-
- [22] 王芸, 等. 氨氮胁迫对中国明对虾血淋巴氨氮、尿素氮含量和抗氧化能力的影响[J]. 中国水产科学, 2017, 24(1): 180-189.
- [23] 赵先银, 等. pH 胁迫对 3 种对虾存活率、离子转运酶和免疫酶活力的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(5): 720-728.
- [24] 王明珠, 等. 低温胁迫条件下中国明对虾生长性状和耐低温性状的遗传参数评估[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(3): 96-102.
- [25] 刘修泽, 等. 辽东湾海域口虾蛄的资源特征及变化[J]. 水生生物学报, 2014, 38(3): 602-608.
- [26] 王春琳, 徐善良, 等. 口虾蛄的生物学基本特征[J]. 浙江水产学院学报, 1996(1): 60-62.
- [27] 杨建敏, 等. 山东近海经济生物资源调查与评价[Z]. 烟台: 山东省海洋水产研究所, 2009.
- [28] 程国宝, 等. 三疣梭子蟹生物学特性及繁养殖现状[J]. 河北渔业, 2012(4): 59-61.
- [29] 李增. 山东半岛南部三疣梭子蟹增殖放流效果评价[D]: [硕士学位论文]. 烟台: 烟台大学, 2014: 79.
- [30] 丛旭日. 莱州湾蟹类群落结构以及三疣梭子蟹营养生态位的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2015: 61.
- [31] 吴强, 等. 莱州湾口虾蛄的生物学特征与时空分布[J]. 水产学报, 2015, 39(8): 1166-1177.
- [32] 王淼, 衣萌萌, 等. 鱼体健康状况评价研究进展[J]. 水生生物学报, 2019, 43(1): 226-232.
- [33] 李凡, 丛旭日, 等. 莱州湾 4 种大型甲壳类的空间与营养生态位[J]. 水产学报, 2021, 45(8): 1384-1394.
- [34] 左涛, 等. 黄河口西南侧潮下带中国明对虾放流迁移跟踪[J]. 中国水产科学, 2021, 28(9): 1091-1099.
- [35] 张波, 等. 莱州湾中国明对虾增殖放流策略研究[J]. 中国水产科学, 2015, 22(3): 361-370.