

浙江省三疣梭子蟹产量波动及潜在影响因素分析

胡荧斌, 徐美佳, 王天姿, 何毓钦, 王迎宾

(浙江海洋大学 水产学院, 浙江 舟山 316022)

摘要: 依据 2000—2015 年浙江省三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)渔获量的数据, 以及影响渔获量的因素(管理类因素、环境类因素和营养关系类因素等共 11 个因子), 使用广义加性模型(GAM)对各类因素对三疣梭子蟹渔获量的影响进行了分析。结果显示, 赤潮面积、捕捞努力量和放流数量对三疣梭子蟹渔获量影响显著($P < 0.01$)。3 个因子的累积解释比率达 98.3%, 其中, 赤潮的解释比率最大, 达到 47.2%, 捕捞努力量的解释比率为 37.8%, 放流数量的解释比率为 13.3%。三疣梭子蟹渔获量随着赤潮面积增加有所减少, 随着捕捞努力量的加大有迅速增加的趋势, 与放流尾数呈现正相关趋势。三疣梭子蟹渔获量的波动受诸多因素的影响。今后需开展更深入的研究, 找到可能影响三疣梭子蟹渔获量的其他关键因素。

关键词: 三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*); 渔获量; 浙江; 广义加性模型(GAM); 影响因子
中图分类号: S931.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2019)02-0069-05
DOI: 10.11759/hyxx20181007001

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)作为重要经济海洋蟹类, 在我国的东海、黄海以及渤海地区均有分布, 其中以东海区的资源量最大, 约占我国三疣梭子蟹总资源量的 50%。同时, 东海区的三疣梭子蟹产卵群体遍布江、浙、闽沿岸浅海及岛屿周围水域, 以浙江近海数量最多。浙江省三疣梭子蟹的渔获量在 1995—2009 年这 14 年间, 都在 $7.1 \times 10^4 \sim 10.3 \times 10^4$ t 间波动。但从 2010—2014 年, 三疣梭子蟹的捕获量逐年增加, 年平均增长率约为 32%(浙江省统计局, 2014)。三疣梭子蟹捕捞努力量的增加对渔获量有一定的影响, 但在浙江省捕捞努力量增加幅度稳定的同时, 其三疣梭子蟹的渔获量变化幅度巨大, 这使我们认为还有其他原因导致三疣梭子蟹产量的波动。截止到目前, 国内外学者虽然对三疣梭子蟹研究较多, 但大多围绕的是生殖习性、生长发育、食性研究、分子生物学、水产养殖技术等方面^[1-6]。捕捞、环境、管理制度以及种间关系等因素对三疣梭子蟹产量的影响论述较少。

本文基于 2000—2015 年浙江省三疣梭子蟹的渔获量、浙江海域实施的伏季休渔管理制度、海域环境因子、渔业生物种间关系等基础资料(共 11 个因子), 对三疣梭子蟹渔获量变动受以上各类因子的影响情况进行分析, 探索浙江省三疣梭子蟹的捕捞产量变化的可能潜在因素, 为三疣梭子蟹资源评估与管理

提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

2000—2015 年, 浙江省三疣梭子蟹渔获量以及刺网船和拖网船的捕捞努力量(10^4 吨位, 以拖网船作为标准船, 将刺网捕捞努力量标准化成拖网船的吨位数)从渔业行政管理部门获得; 距海平面高度、厄尔尼诺指数、海表面盐度的数据从网站 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> 上摘选; 海表温度数据来自哥伦比亚大学 RI/LEDO 气象数据库; 赤潮面积数据来自于中国海洋年鉴。赤潮指标选用浙江近海赤潮发生面积, 距海平面高度、海表面盐度、海表面温度取年平均值得代表其指标强度。

三疣梭子蟹 2011—2015 年的放流数据从相关渔

收稿日期: 2018-10-07; 修回日期: 2018-12-29

基金项目: 国家重点研究发展计划(2017YFA0604902); 舟山市科技局项目(2017C41012); 国家级大学生创新创业训练计划项目 [Foundation: National Key Research and Development Plan, No. 2017YFA0604902; Zhoushan Science and Technology Bureau Project, No. 2017C41012; National College Students Innovation and Entrepreneurship Training Program Project]

作者简介: 胡荧斌(1998-), 男, 浙江绍兴人, 研究方向: 渔业资源评估, 电话: 17769825257, E-mail: 1150184766@qq.com; 王迎宾(1979-), 通信作者, 教授, 研究方向: 渔业资源评估与管理, 电话: 0580-2559461, E-mail: yingbinwang@126.com

业管理部门获取。但由于 2010 年以前浙江北部海域三疣梭子蟹放流量相对较小, 管理部门缺乏详细的记载, 因此无法从中获取相关放流数量数据。由此, 我们以 2011 年放流量为基数往前逆推, 假设后一年(2011 年)比前一年(2010 年)的放流量增加 10%, 依次计算得到 2001—2010 年, 浙江北部海域三疣梭子蟹放流量的估计值, 计算得出的梭子蟹放流量值可能会有些误差, 但放流产生的补充量占总资源量比值很小, 因此对最终结果影响不大。伏季休渔天数从岳东等^[7]文献中统计得出。

通过分析头足类、鳁鱼、鳙鱼和海鳗的年均捕捞量和三疣梭子蟹年产量之间的变动, 来分析渔业生物种间营养关系。其中 1995—2004 年的鳁鱼、鳙鱼以及海鳗的年均捕捞量从相关文献^[8]和中国渔业统计年鉴^[9]中摘取。

1.2 研究方法

GAM (Generalized Additive Models), 又称广义加性模型, 是由 Hastie 和 Tibshirani 在 1990 年扩展了 Stone 的加性模型的应用范围后提出的非参数化的多元线性回归方法。该方法现已广泛运用于国内外的渔业资源研究中。

利用 GAM 来分析本文涉及的捕捞、环境、管理以及种间关系四大类因子对三疣梭子蟹渔获量的影

响, 其表达式为:

$$Y = \alpha + \sum_{j=1}^p f_j(x_j) + \varepsilon$$

式中, Y 为三疣梭子蟹的渔获量, x_j 为自变量, f_j 为各自变量的任意单变量函数, α 表示适合模型中的截距; ε 表示误差, 与 x_j 无关, $E(\varepsilon)=0$, 变量 $\varepsilon=\sigma^2$ 。

假设所有的误差函数均为常态分布, 每一个 f_j 均有光滑函数, 根据已经取得的信息, 我们使用了下述的表达式:

$$Y = s(\text{Flsl}) + s(\text{Effort}) + s(\text{SST}) + s(\text{Red}) + s(\text{SSS}) + s(\text{SSH}) + s(\text{Elnio}) + s(\text{Rse}) + s(\text{Mur}) + s(\text{Cep}) + s(\text{Mor}) + \varepsilon$$

式中, Y 表示三疣梭子蟹渔获量, Flsl 表示放流数量, Effort 表示捕捞努力量, SST 表示海表面温度, Red 表示赤潮, SSS 表示海表面盐度, SSH 表示海表面高度, Elnio 表示厄尔尼诺, Rse 表示伏季休渔天数, Mur 表示海鳗渔获量, Cep 表示头足类渔获量, Mor 表示鳁鱼渔获量。从上述变量中选取对三疣梭子蟹渔获量达到显著性水平的变量。

2 结果

GAM 方法将上述所有的因子进行综合分析后。结果如表 1 所示:

表 1 广义加性模型分析结果

Tab. 1 Results of generalized-additive-model analysis

模型因子	估计自由度	P 值	累计解释偏差率/%	AIC 值
赤潮面积	1.985	5.81E-07***	47.2	222.79
捕捞努力量	2.000	2E-16***	85	207.21
放流数量	1.000	2E-16***	98.3	178.26
伏季休渔	2.000	1.79E-05***	99.4	165.23
鳁鱼	1.992	2.61E-10***	99.8	149.40
温度	1.972	0.0034**	100	102.88

注: ***表示 $0 < P < 0.001$, **表示 $0.001 < P < 0.01$ 。

从表 1 中可以看出, 赤潮面积、捕捞努力量、放流数量对三疣梭子蟹渔获量的影响最明显。6 个因子总的累积解释偏差率高达 100%, 其中, 赤潮的解释比率最大, 达到 47.2%, 捕捞努力量的解释比率为 37.8%, 放流数量的解释比率为 13.3%, 伏季休渔天数的解释比率为 1.1%, 鳁鱼渔获量的解释比率为 0.4%, 海表面温度的解释比率为 0.2%。赤潮面积、捕捞努力量和放流数量 3 个因子对三疣梭子蟹产量影响情况如图 1 所示。

从图 1 可以看出, 三疣梭子蟹渔获量随着赤潮面积的增加变化并不是十分明显, 随着捕捞努力量的增加上升幅度大, 随着放流数量的增加呈现线性上升。

图 2~4 分别展示了浙江海域 2000—2015 年, 赤潮面积、三疣梭子蟹捕捞努力量和放流数量的变动趋势, 以及其与浙江省三疣梭子蟹渔获量的对比情况。由图 2 可知, 2000—2012 年浙江海域的赤潮面积总体趋势为先上升后减少, 在 2005 年赤潮面积高达 13 000 km², 2014 年赤潮面积与 2000 年基本持平,

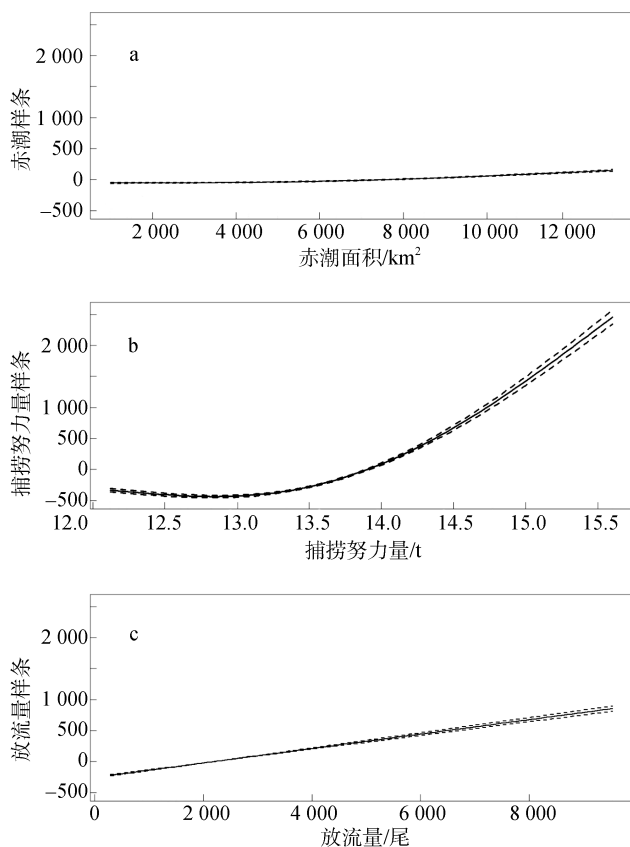


图1 浙江海域主要海洋环境因子对三疣梭子蟹渔获量的影响

Fig. 1 Effects of marine environmental factors on the catch of *Portunus trituberculatus* in the Zhejiang sea area

注: a: 赤潮; b: 捕捞努力量; c: 放流数量

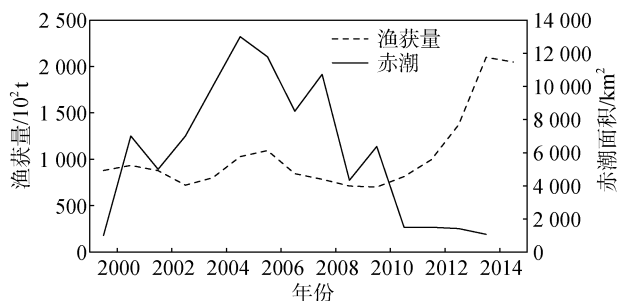


图2 2000—2015年浙江海域赤潮面积变化趋势

Fig. 2 Trend of the red-tide area in Zhejiang sea area during 2000 and 2015

下降至 1 000 km²。渔获量的变化趋势大致与赤潮变化相反,特别是 2010 年起赤潮面积开始逐年减少,三疣梭子蟹渔获量则开始明显上升。2000—2009 年,浙江省三疣梭子蟹的捕捞努力量在 12.6 万吨位左右波动,2010 年后开始稳步上升(图 3)。渔获量和捕捞努力量两者相关性较强($R=0.787\ 3, P<0.05$)。由图 4

可以看到,2000—2011 年浙江省三疣梭子蟹幼体的放流数量虽然增加,但是增幅不大,同一阶段三疣梭子蟹的渔获量也在一定范围内波动。而在 2012 年,放流数量增长至约 3 800 万尾,至 2013 年增长至 6 300 多万尾,2014 年持续增长至 9500 多万尾。这三年放流数量的快速增长与三疣梭子蟹渔获量的上升呈现明显的正相关趋势。而到了 2015 年,浙江省三疣梭子蟹放流数量急剧下降至不足 300 万尾,相应的渔获量也有小幅度下滑,但并不剧烈。

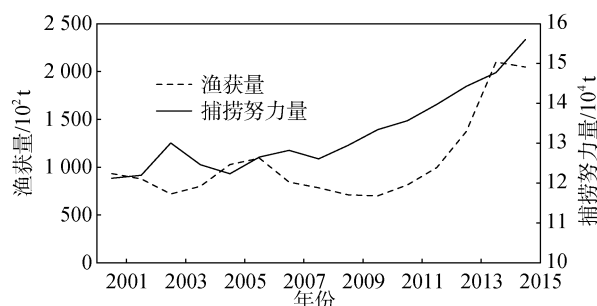


图3 2000—2015年浙江省三疣梭子蟹渔获量与捕捞努力量

Fig. 3 Catch and fishing effort of *P. trituberculatus* in the Zhejiang province during 2000 and 2015

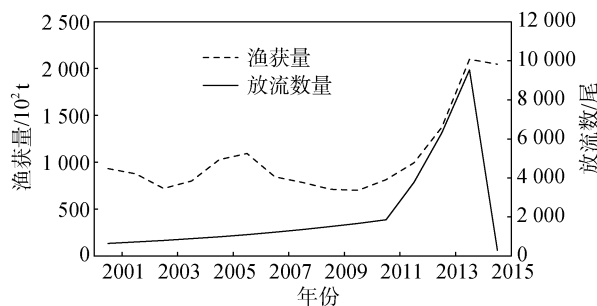


图4 2000—2015年浙江省三疣梭子蟹放流尾数产量对比

Fig. 4 Comparison of the releasing number and catch of *P. trituberculatus* in the Zhejiang province during 2000 and 2015

3 讨论

3.1 赤潮对三疣梭子蟹渔获量的影响

在本研究中,2000—2015 年浙江海域的赤潮面积总体趋势为先上升后下降,在 2005 年赤潮面积高达 13 000 km²,2014 年赤潮面积与 2000 年基本持平,下降至 1 000 km²。渔获量的变化趋势与赤潮变化相反,特别是 2010 年起赤潮面积开始逐年减少,三疣梭子蟹渔获量则开始明显增加,但综合多因子后,赤潮反而与渔获量有小幅度的正相关。笔者认为这

可能是因为多因子分析时,由于因子间的相互作用,使得赤潮对三疣梭子蟹渔获量的影响有了一定的改变。

根据 GAM 分析结果,赤潮面积对浙江省三疣梭子蟹渔获量影响的解释率最高(表 1)。根据赤潮对渔业生物影响的报道^[10],结合三疣梭子蟹幼体的生活习性,可能有以下几方面原因:①赤潮引发水体缺氧。藻类的生长、繁殖、代谢以及死亡后的被分解都消耗水体溶解氧。当赤潮发生时,水体中存在大量藻类,这导致了水体中的溶解氧被大量消耗,以至于生活在海洋中的三疣梭子蟹幼体因为缺氧而窒息死亡,从而使渔获量下降。②赤潮对渔业生物幼体的饵料产生影响。赤潮的发生会改变优势藻类,将原优势藻类(东海地区优势藻为硅藻)替代,有害藻类成为优势种。同时赤潮的发生会大面积地遮蔽海面,影响海域原有海洋生物的光合作用,使一些海洋生物死亡或逃离赤潮海域,从而导致海洋中正常食物链被破坏。③有毒赤潮引起生物中毒死亡。赤潮生物中部分含毒素,如裸甲藻。该类别赤潮爆发时会释放毒素,被三疣梭子蟹摄食后容易导致蟹类的中毒死亡,从而降低三疣梭子蟹渔获量。④赤潮引起局部海域生态恶化。赤潮发生时期,赤潮发生海域的大量海洋生物会死亡,赤潮后期,赤潮生物自身的死亡以及分解都会对海域产生污染,生物体内的毒素也会随着分解释放进入水体内,从而导致水域水质败坏、细菌增生,水体发臭、变色,极大地影响了海域的生态环境^[10]。

3.2 捕捞努力量对三疣梭子蟹渔获量的影响

近几年来三疣梭子蟹渔获量的急剧增加引起学者关注。在捕捞努力量方面,由于政府对东海渔业资源实施渔船指标双重控制(船舶数量和渔船马力指标控制),政府执法力度的加强使得 2001—2015 年捕捞努力量总体上升不明显。但与 2001—2008 年这一期间相比,2008 年起捕捞努力量的上升幅度有所增加,渔获量也上升明显。捕捞努力量的 GAM 分析图也很好的说明了这一点。图 1b 中,曲线在捕捞努力量为 12~13 万吨位范围内时上升不明显,13 万吨位之后急剧上升。

自 2000 年以来,单船携带蟹笼的数量不断增加,使捕捞生产工具有一定程度的数量增加。同时,三疣梭子蟹的捕捞方式也得到了改良。除拖网、刺网和蟹笼外,外流刺网和定置刺网的广泛使用,蟹笼蟹网孔径大小的改变都增加了三疣梭子蟹的捕捞强度,

从而使得捕捞努力量上升,三疣梭子蟹渔获量上升。

3.3 放流尾数对三疣梭子蟹渔获量的影响

2000 年至 2014 年 14 年期间三疣梭子蟹放流尾数持续增长。在 2000—2011 年放流数量增长较少时,三疣梭子蟹的渔获量有起伏,但总体趋势没有很多变化。从 2012—2014 年这三年间的年均增长量高达 2 500 多万尾,放流数量骤增的同时,三疣梭子蟹渔获量也迅猛上升。2015 年放流数量下降到前一年的百分之三时,三疣梭子蟹渔获量同时下降。这些数据变化都可以看出放流尾数与渔获量间关系显著。

三疣梭子蟹苗种放流时间约为每年的 5—7 月份,该时间段正是东海海域伏季休渔时间。此间蟹类幼体不受捕捞影响可以正常生长,使三疣梭子蟹的资源量上升。其次是政府对于渔业资源的管制,以及科学指导苗种的生产、放流方式与技术的规范,保证了苗种的放流质量与数量^[11],使得三疣梭子蟹的渔获量随着放流尾数的大幅度增长而上升。

以上是根据浙江省三疣梭子蟹渔获量和浙江海域 11 个因子的 GAM 分析得到的结果。因三疣梭子蟹的渔获量变化的影响因素是多方面的,因此,在今后的工作中,需进一步收集可能的影响因子,并筛选相关因子,开展其对三疣梭子蟹的早期生活史和成体阶段的影响的相关研究。

参考文献:

- [1] 班文波,田相利,董双林,等.四种三疣梭子蟹养殖系统的能值评价[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2016,46(3):9-17.
Ban Wenbo, Tian Xianli, Dong Shuanglin, et al. Evaluation of the energy value of four kinds of trilophile porta crabs breeding system[J]. Journal of Ocean University of China (Natural Science Edition), 2016, 46(3): 9-17.
- [2] 李鹏飞,刘萍,李健,等.莱州湾三疣梭子蟹的生化遗传分析[J].海洋水产研究,2007,28(2):90-96.
Li Pengfei, Liu Ping, Li Jian, et al. Biochemical genetic analysis of trigeminal polyposae in laizhou bay[J]. Marine Fisheries Research, 2007, 28(2): 90-96.
- [3] 孙颖民,闫愚.三疣梭子蟹的幼体发育[J].水产学报,1984,8(3):219-226.
Sun Yingmin, Yan Yu. Larval development of triloparasite crab[J]. Journal of Fisheries, 1984, 8(3): 219-226.
- [4] 姜卫民,孟田湘,陈瑞盛,等.渤海日本鳀和三疣梭子蟹食性的研究[J].海洋水产研究,1998,19(1):53-59.
Jiang Weimin, Meng Tianxiang, Chen Ruisheng, et al.

- Study on the feeding habits of Japanese sea bream and *P. trituberculatus*[J]. *Marine Fisheries Research*, 1998, 19(1): 53-59.
- [5] 宋海棠, 丁跃平, 许源剑. 浙江北部近海三疣梭子蟹生殖习性的研究[J]. *浙江水产学院学报*, 1988, 7(1): 39-46.
Song Haitang, Ding Yueping, Xu Yuanjian. Study on the reproductive habits of trilophile pike in the north of zhejiang province[J]. *Journal of Zhejiang University of Fisheries*, 1988, 7(1): 39-46.
- [6] 孙颖民, 宋志乐, 严瑞深, 等. 三疣梭子蟹生长的初步研究[J]. *生态学报*, 1984, 4(1): 57-64.
Sun Yingmin, Song Zhile, Yan Ruishen, et al. A preliminary study on the growth of ammodendron crabs with three warts[J]. *Journal of Ecology*, 1984, 4(1): 57-64.
- [7] 岳东东, 王鲁民, 熊敏思, 等. 完善东海伏季休渔制度的探讨——基于东海与浙江省的实践[J]. *农业现代化研究*, 2016, 3: 37-42.
Yu Dongdong, Wang Lumin, Xiong Minsi, et al. Discussion on perfecting the summer fishing moratorium system in east China sea——based on the practice of east China sea and zhejiang province[J]. *Study on Agricultural Modernization*, 2016, 3: 37-42.
- [8] 张秋华, 程家骅, 徐汉祥, 等. 东海区渔业资源及其可持续利用[M]. 复旦大学出版社, 2007: 10.
Zhang Qiuhua, Cheng Jihua, Xu Hanxiang, et al. *Fisheries Resources in the East Sea Region and their Sustainable Utilization*[M]. Fudan University Press, 2007: 10.
- [9] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴. 中国农业出版社. Fisheries bureau of the ministry of agriculture. *China Fishery Statistics Yearbook*. China Agriculture Press.
- [10] 李绪兴. 赤潮及其对渔业的影响[J]. *水产科学*, 2006, 1: 25-33.
Li Xuxing. Red tide and its impact on fisheries[J]. *Fisheries Science*, 2006, 1: 25-33.
- [11] 李陆嫔, 黄硕琳. 我国渔业资源增殖放流管理的分析研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(5): 765-771.
Li Lucong, Huang Shuolin. Analysis and research on the management of fishery resources proliferation and release in China[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2011, 20(5): 765-771.

Analyses of yield fluctuation of *Portunus trituberculatus* and potential influencing factors in Zhejiang province

HU Ying-bin, XU Mei-jia, WANG Tian-zi, HE YU-qin, WANG Ying-bin

(College of Fisheries, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

Received: Oct. 7, 2018

Key words: *Portunus trituberculatus*; catch; Zhejiang province; generalized additive model (GAM); impact factor

Abstract: In this study, the effects of various factors on the catch of *Portunus trituberculatus* were analyzed using a generalized additive model (GAM) based on the catch data and some factors influencing catch data (11 factors, including management factor, environmental factor, and nutritional relationship factor) from 2000 to 2015. The results demonstrated that the red-tide area, fishing effort, and quantity of releasing can significantly affect the catch of *P. trituberculatus* ($P < 0.01$). The cumulative interpretation rate of the three factors reached 98.3%, wherein the interpretation ratios were 47.2%, 37.8%, and 13.3% for the red tide, fishing effort, and quantity of releasing, respectively. The catch of *P. trituberculatus* gradually decreased with an increase in the size of red-tide area and significantly increased with an increase in the fishing effort. Further, the catch showed a positive correlation with the quantity of releasing. Fluctuations in the catch of *P. trituberculatus* are influenced by several factors. Further in-depth research is required to identify other important factors that may influence the catch of *P. trituberculatus*.

(本文编辑: 康亦兼)