



马达加斯加西海岸捕虾拖网CPUE时空分布及其与环境因子关系分析

马有成

海洋科学学院
上海海洋大学
上海市南汇新城
沪城环路999号

印度白虾



独角新对虾



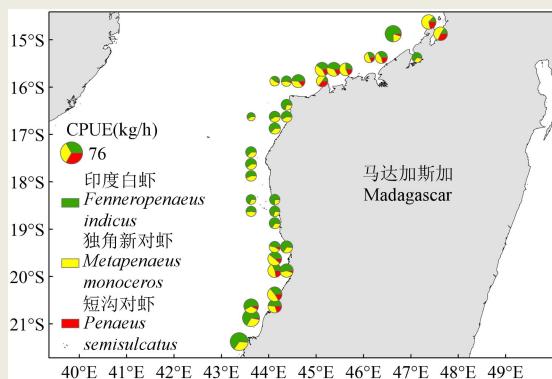
短沟对虾



目的意义

利用中国水产公司马达加斯加代表处2012—2019年在马达加斯加西海岸捕虾拖网渔业生产数据，分析主要渔获种类CPUE的时空分布，探索主捕虾类的资源丰度时空变动机制及其与主要环境因子之间的关系，以期为马达加斯加西海岸虾类资源合理开发和科学捕捞提供依据，为今后开展该海域渔业资源丰度评估、规范渔业管理、养护资源以及保障渔业可持续发展提供参考。

作业范围



2012—2019年马达加斯加西海岸捕虾拖网渔场及CPUE分布

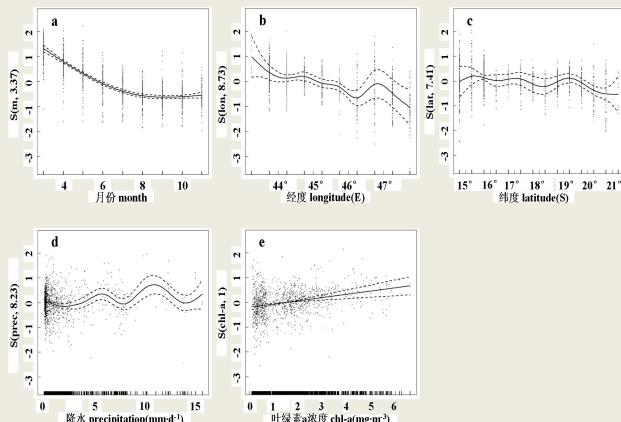
材料与方法

广义加性模型（Generalized additive model, GAM）是一种非参数化的广义多元线性回归方法，它可以直接处理响应变量与多个解释变量之间的非线性关系。利用广义加性模型分析3种主要渔获虾类CPUE与时空和环境因子的关系，即以虾类CPUE作为响应变量，以年度（y）和月份（m）作为时间因子解释变量，以渔区经度（lon）、纬度（lat）、作业水深（dep，单位m）和离岸距离（di，单位km）作为空间因子解释变量，径流量（runoff，单位 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ）、降水量（prec，单位 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ）、海表面温度（SST，单位 $^{\circ}\text{C}$ ）、海面高度距平（SSHA，单位m）和叶绿素a浓度（Chl-a，单位 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ）作为环境因子解释变量。

$$\ln(\text{CPUE} + 1) \sim \text{factor}(y) + s(m) + s(\text{lon}) + s(\text{lat}) + s(\text{dep}) + s(\text{runoff}) + s(\text{prec}) + s(\text{SST}) + s(\text{SSHA}) + s(\text{Chl-a}) + s(\text{di}) + \varepsilon$$

结果

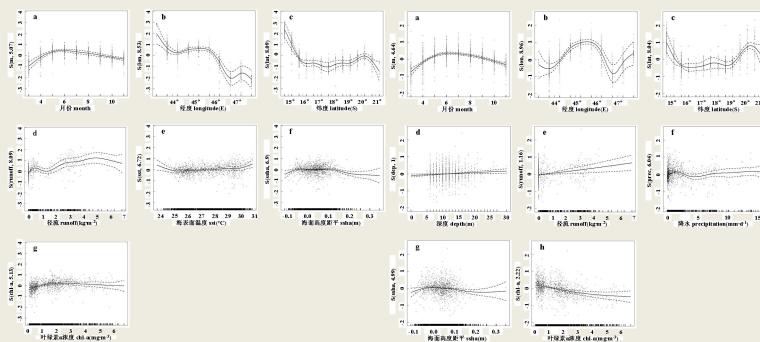
印度白虾CPUE与各因子的关系



数据来源

渔业数据来源于中国水产公司马达加斯加代表处2012—2019年统计的生产渔捞日志，涉及生产渔船共15艘。渔船均采用臂架有翼单囊拖网作业方式，单船同时拖曳4顶结构相同的网具，网具（4片式）主尺度为 $38.0\text{m}\times 32.5\text{m}$ （ 17.0m ），网囊网目长度（ $2a$ ） 50mm ，并遵循当地渔业法律规定安装各类兼捕减少装置。渔船拖速 3kn 左右，网次作业时间 $1.5\sim 2.0\text{h}$ ，作业水深 $5\sim 25\text{m}$ ，作业底质为泥底和泥沙底。

独角新对虾CPUE与各因子的关系



短沟对虾CPUE与各因子的关系

印度白虾

GAM模型拟合结果表明，降水和叶绿素a浓度对印度白虾CPUE具有显著影响（ $P < 0.001$ ）。马达加斯加西海岸渔场降水量范围为 $0\sim 15\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ，在 $0\sim 10\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内CPUE总体上呈现与降水量正相关的趋势，但超过这个范围后CPUE呈现下降趋势；CPUE与叶绿素a浓度存在较为显著的正相关关系。

独角新对虾

径流、海表面温度、海面高度距平和叶绿素a浓度对独角新对虾CPUE具有显著影响（ $P < 0.05$ ）。整体上，CPUE与径流之间存在较为显著的正相关关系；CPUE在SST为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围内基本保持不变，但CPUE在较低SST（ $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ ）时呈现出与SST负相关，而在较高SST（ $30\sim 31^{\circ}\text{C}$ ）则呈现正相关关系；SSHA在 $-0.1\sim 0.1\text{m}$ 范围内CPUE总体上保持不变，但当SSHA超过 0.1m 后CPUE有所下降；CPUE与叶绿素a浓度呈正相关关系。

短沟对虾

模型拟合结果表明，环境因子中径流、降水、海面高度距平和叶绿素a浓度对短沟对虾CPUE具有显著影响（ $P < 0.05$ ）。CPUE与径流存在显著正相关关系；降水量范围在 $0\sim 5\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 内，CPUE与降水量存在负相关关系，在 $5\sim 15\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内CPUE有先上升后下降趋势；CPUE在海面高度距平为 0m 时较高；CPUE与叶绿素a浓度存在显著的负相关关系。

讨论

CPUE与时空因子关系

甲壳动物游泳能力较弱，在生命周期内迁徙范围较小，因此渔业CPUE能较为准确反映资源丰度分布及变动规律。马达加斯加西海岸近岸因红树林分布广泛、径流与海水交汇带来的丰富营养物质和莫桑比克海峡涡流带来的环流等形成了生产力水平较高的优良渔场[35]，但部分虾类种群分布仍存在较大的差异。

CPUE与环境因子关系

水深和SST、Chl-a、SSHA 3个常见的表征海洋表面情况的环境因子与近海独特的环境因子（径流、降水）作为分析环境变化对虾类CPUE影响的因子输入GAM模型进行分析。对于不同种类虾类，环境因子有不同的影响效果，本文研究可以对今后该渔场内虾类资源的管理与养护提供科学依据。此外虾类的栖息与温度密切相关，多栖息于泥底和泥沙底，海表面温度可能对其影响效果较小。因此，后续研究还应探究更多环境因子，如盐度、深层海水温度等，更全面地解释物种资源丰度变动与环境因子的关系，为今后马达加斯加西海岸渔场内虾类资源的管理与养护提供科学依据。