

文章编号: 1674-5566(2024)04-0938-08

DOI: 10.12024/jsou.20240404522

西北太平洋闪光背灯鱼和加利福尼亚标灯鱼肠道微塑料污染特征

王倩¹, 裴尧焯¹, 向焱¹, 贡艺^{1,2,3,4}, 陈新军^{1,2,3,4}, 李泽湘¹

(1. 上海海洋大学 海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业农村部大洋渔业可持续利用重点实验室, 上海 201306)

摘要: 灯笼鱼类是海洋中层鱼类中资源量最高的类群, 其在连接海洋上层和中层食物网中发挥重要的作用。以西北太平洋闪光背灯鱼和加利福尼亚标灯鱼为研究对象, 比较分析了肠道中微塑料的丰度与理化特征的潜在种间差异。结果表明, 加利福尼亚标灯鱼和闪光背灯鱼肠道内微塑料的丰度分别为 (6.54 ± 8.33) 个/g[即 (0.83 ± 0.90) 个/尾]和 (11.33 ± 14.06) 个/g[即 (1.17 ± 1.27) 个/尾], 二者微塑料的丰度和粒径相似, 形状均以纤维状为主(占比 $\geq 80.00\%$)。但微塑料的化学组成存在差异, 加利福尼亚标灯鱼以聚对苯二甲酸乙二醇酯(36.00%)和聚丙烯酰胺(24.00%)为主, 而闪光背灯鱼以赛璐玢(54.29%)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(31.43%)为主。研究结果有助于了解相同海域灯笼鱼类间的微塑料污染现状, 为进一步探究微塑料对海洋中层鱼类的生态效应提供基础数据。

关键词: 闪光背灯鱼; 加利福尼亚标灯鱼; 微塑料; 丰度; 理化特征

中图分类号: X 174 **文献标志码:** A

塑料制品已被广泛应用于生产和生活的多个领域, 成为人们生活中不可或缺的一部分。据统计, 每年全球塑料产量约为4亿t^[1]。但是, 塑料制品在使用后并未得到妥善处理, 进而产生大量塑料垃圾。据统计, 每年通过内陆径流和沿岸排放进入海洋的塑料垃圾约有800万t^[2]。这些塑料垃圾经光降解、风化、波浪冲击和(微)生物降解等过程会形成粒径小于5 mm的塑料颗粒, 即微塑料^[3]。海洋微塑料已对海洋生物及其栖息环境产生危害。由于微塑料粒径小且分布广泛, 易被低营养级生物摄入而进入食物网, 各国学者已在甲壳类、鱼类、头足类和海洋哺乳动物等不同营养级生物体内发现微塑料的存在^[4-6]。由于微塑料制造时的特点, 其自身可能添加有毒化学物质, 同时也会吸附海水中的其他污染物(例如烷基酚和多溴二苯醚等), 对生物机体产生复合毒性^[7-9]。

灯笼鱼类是海洋中层鱼类中最常见且数量

最多的鱼类种群, 其生物量约为 $5.5 \times 10^9 \sim 6.0 \times 10^9$ t, 现有33属250种, 占全球中层鱼类总生物量的75%^[10-11]。灯笼鱼类主要以浮游动物和甲壳动物为食, 同时是头足类和海洋哺乳动物等高营养级捕食者的重要饵料^[12-17]。灯笼鱼类具有昼夜垂直洄游习性, 其在海洋表层摄食过程中, 可能直接或间接摄入微塑料^[12]。已有研究^[18]认为, 灯笼鱼类作为海洋上层与深层物质能量传递的关键物种, 是微塑料向深海传递的潜在载体。因此, 开展灯笼鱼类微塑料污染特征的研究有助于深入解析微塑料对海洋中深层生态系统的潜在影响^[19-22]。本研究选取西北太平洋闪光背灯鱼(*Notoscopelus resplendens*)和加利福尼亚标灯鱼(*Symbolophorus californiensis*)为研究对象, 对二者肠道中微塑料的丰度和理化特征进行了比较研究, 以期了解微塑料在灯笼鱼类消化系统中的分布规律, 以及研究海域灯笼鱼类微塑料丰度情况。

收稿日期: 2024-04-26 修回日期: 2024-05-30

基金项目: 国家自然科学基金(31900333); 农业农村部全球渔业资源调查监测评估(公海渔业资源综合科学调查)专项(D-8025-23-1002)

作者简介: 王倩(2000—), 女, 硕士研究生, 研究方向为海洋环境生态学。E-mail: wq17836954251@163.com

通信作者: 贡艺, E-mail: ygong@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

样品来自上海海洋大学“淞航”号远洋渔业资源调查船在西北太平洋的科考调查,采样时间为2022年7—8月,采样点如图1所示。灯笼鱼类在调查船上-20℃冷冻保存,运回实验室。室温解冻后进行体长和体质量测定。为降低体型大

小对结果的影响,挑选体长相近的加利福尼亚标灯鱼和闪光背灯鱼个体各30尾进行后续分析。在超纯水清洗后的金属托盘中,取出肠道,用铝箔纸包裹,-20℃冷冻保存。

所有样本采集、实验流程、研究方法均严格按照《上海海洋大学实验室动物伦理规范》和上海海洋大学伦理委员会制定的规章制度执行。

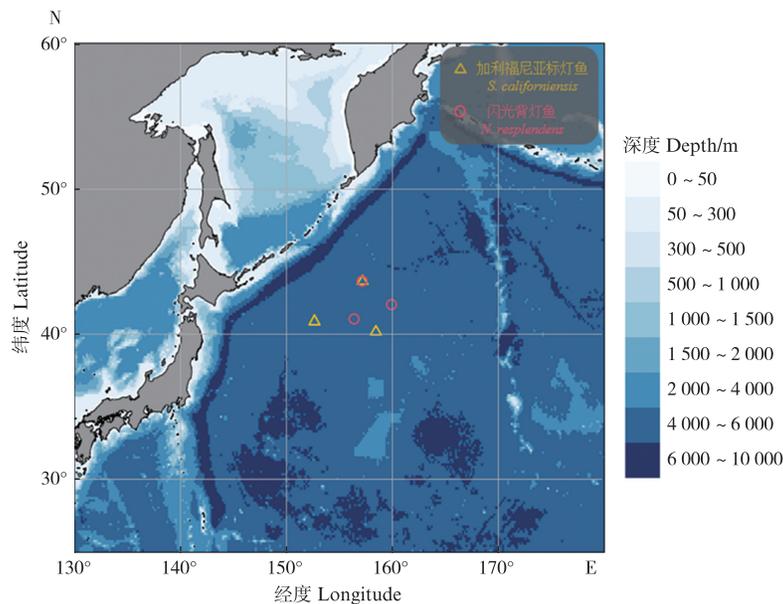


图1 西北太平洋灯笼鱼类采集站点图

Fig. 1 Map of lantern fish sampling sites in Northwest Pacific Ocean

1.2 微塑料提取与鉴定

从铝箔纸中取出肠道,称重后,使用玻璃纤维滤膜(孔径2.7 μm,直径47 mm)过滤后的超纯水冲洗组织表面,记录湿质量后放入锥形瓶中。加入100 mL的KOH溶液(10%)进行消解,铝箔纸密封瓶口防止污染。锥形瓶置于水浴恒温振荡器中,温度设置为60℃,转速设置为110 r/min。待样品消解完全后,取出锥形瓶,消解液使用玻璃纤维滤膜真空抽滤,每张滤膜转移至干净的培养皿中暂存。

利用体视显微镜(SZX2-FOF, Olympus)对滤膜进行观察,结合颗粒的物理及形态特征,挑选疑似微塑料,记录形状。使用数码相机(U-TV0.63 XC, Olympus)拍摄照片,并使用Image J软件测量粒径。使用傅里叶变换红外光谱仪(NICOLET iN10)对所有疑似颗粒进行成分分析,以确定化学成分。通过将扫描光谱与匹配度大于70%的样本进行比较,或根据光谱匹配标准人工判别。

1.3 质量控制

由于微塑料在室内环境中无处不在,因此采取了适当的预防措施来避免实验室中的污染。每组实验中设置无组织样品的锥形瓶,加入等量的质量分数为10%的KOH溶液,与实际组织样品同时进行消化、过滤、观察和鉴定。空白不锈钢过滤膜放置在干净的培养皿中,靠近实验工作区。在鉴定聚合物成分时,根据形状、颜色和大小等特征,将与空白对照中颗粒类似的疑似颗粒排除。实验期间关闭门窗以减少空气流动造成的潜在污染,实验过程均在通风橱内操作完成。实验人员均穿着棉质实验服,戴丁晴手套,所有的容器和工具都尽可能用锡纸盖住。

1.4 数据统计

微塑料丰度以每尾灯笼鱼类组织中微塑料个数(个/尾)和每g组织湿质量的微塑料个数(个/g)表示。利用Shapiro-Wilk检验对数据进行正态性检验,当数据符合正态分布时,使用单因素方

差分析 ANOVA 进行检验,反之采用非参数的 Mann-Whitney U 检验。所有的数据统计检验均在 SPSS 27.0 和 Excel 2019 进行,绘图使用软件 OriginPro 2024。数据结果以平均值 \pm 标准偏差 (Mean \pm SD)表示,显著性水平为 $P \leq 0.05$ 。

2 结果

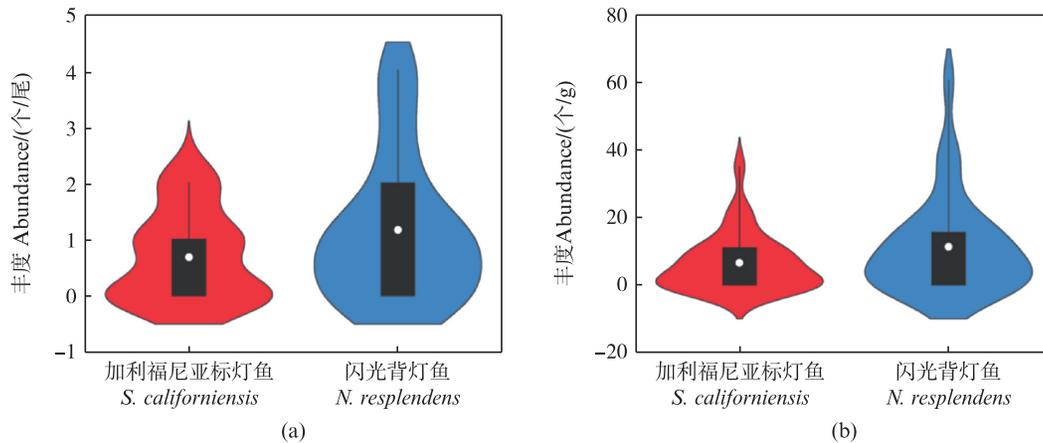
2.1 灯笼鱼基础生物学参数

本研究中闪光背灯笼鱼体长为 10.60~11.90 cm,平均为(11.44 \pm 0.32) cm;加利福尼亚标灯笼鱼体长为 11.00~11.90 cm,平均为(11.50 \pm 0.22) cm。Mann-Whitney U 检验结果显示,两种灯笼鱼个体的体长无显著差异($P = 0.665$)。闪光背灯笼鱼肠道质量为 0.05~0.23 g(0.12 \pm 0.05 g),加利福

尼亚标灯笼鱼肠道质量为 0.06~0.31g(0.15 \pm 0.05 g),二者肠道质量存在显著差异(ANOVA, $P = 0.011$)。

2.2 微塑料丰度

显微镜观察共挑出 110 个疑似颗粒,其中经鉴定确认为微塑料的为 60 个。对于所有灯笼鱼类样本,检出率为 58.33%,而加利福尼亚标灯笼鱼和闪光背灯笼鱼的检出率分别为 53.33% 和 63.33%。加利福尼亚标灯笼鱼肠道中微塑料平均丰度为(0.83 \pm 0.90)个/尾和(6.54 \pm 8.33)个/g,闪光背灯笼鱼为(1.17 \pm 1.27)个/尾和(11.33 \pm 14.06)个/g(图 2)。比较发现,两种灯笼鱼肠道中微塑料丰度无显著差异(Mann-Whitney U 检验,个/尾: $P = 0.43$,个/g: $P = 0.23$)。



箱线图包含最小值、四分位距、均值和最大值。

Standard boxplot contains minimum, interquartile range, mean and maximum values.

图 2 微塑料丰度小提琴图

Fig. 2 Violin plots of the abundance of microplastics

2.3 微塑料粒径、形状与化学成分

灯笼鱼体内发现的微塑料形状绝大多数为纤维状($n = 50, 83.33\%$),其次为颗粒($n = 5, 8.33\%$)和碎片($n = 5, 8.33\%$),没有发现薄膜状微塑料。其中加利福尼亚标灯笼鱼肠道中检测出的微塑料纤维状占 80.00%,其次是 12.00% 的碎片和 8.00% 的颗粒,而闪光背灯笼鱼肠道中 85.70% 为纤维状微塑料,碎片和颗粒状微塑料分别占 5.70% 和 8.60%。检测出的所有微塑料粒径范围为 106.46~4 812.16 μm ,其中加利福尼亚标灯笼鱼体内微塑料粒径范围为 107.78~4 812.16 μm [(1 010.26 \pm 1 025.56) μm];而闪光背灯笼鱼为 106.46~4 525.15 μm [(868.07 \pm 841.75) μm]。根据形状划分,纤维状微塑料的粒径范围为 144.62~4 812.16 μm [(1 073.45 \pm

947.17) μm],而碎片和颗粒的粒径范围则要小得多,分别为 107.79~489.32 μm [(259.57 \pm 126.63) μm]和 106.46~180.85 μm [(133.68 \pm 30.88) μm ,如图 3]。比较发现,加利福尼亚标灯笼鱼和闪光背灯笼鱼肠道内微塑料粒径无显著差异(Mann-Whitney U 检验, $P = 0.610$)。

对观察到的颗粒进行傅里叶变换红外光谱分析,共检测出 11 种化学成分,最常见的是赛璐玢(Cellophane, CP, 38.33%)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(Polyethylene terephthalate, PET, 33.33%)和聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM, 10.00%),其他如丙烯酸酯共聚物(Acrylates copolymer, ACR)、乙烯-丙烯酸共聚物(Ethylene acrylic acid, EAA)、聚酰胺(Polyamide, PA)、聚丙烯晴

(Polyacrylonitrile, PAN)、聚乙烯 (Polyethylene, PE)、聚甲基丙烯酸甲酯 (Polymethylmethacrylate, PMMA)、聚丙烯 (Polypropylene, PP)、聚氨酯 (Polyurethane, PU) 等所占比例均低于 5.00%。其中大部分 PET 和全部的 CP 集中在纤维状微塑料中, 颗粒中主要为 PP, 碎片中主要为 PU。两种灯

笼鱼类之间观察到微塑料聚合物成分有较大的差异, 加利福尼亚标灯鱼肠道内微塑料 PET (36.00%) 和 PAM (24.00%) 成分比较高, 而 CP (54.29%) 和 PET (31.43%) 是闪光背灯鱼肠道内微塑料的主要化学成分。

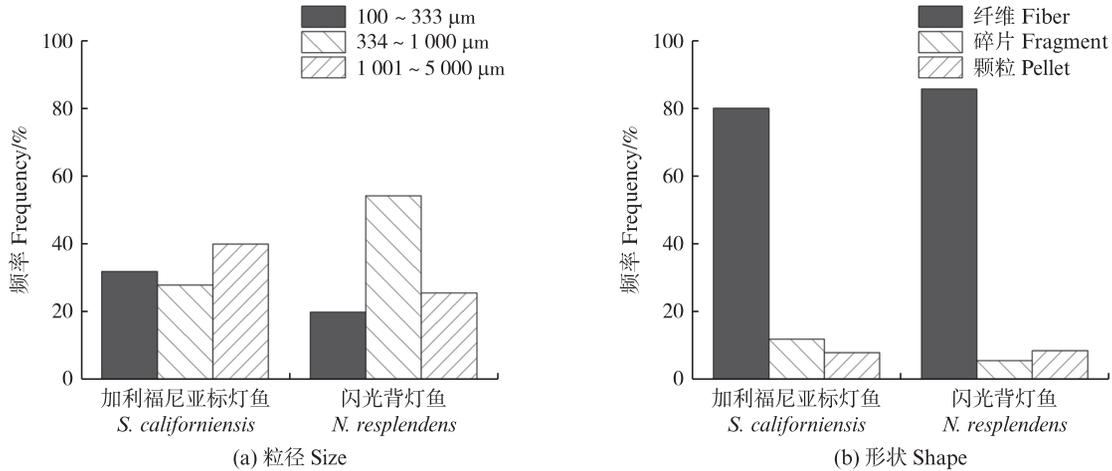


图 3 肠道中微塑料粒径和形状组成
Fig. 3 Size and shape distribution of microplastics in the intestines

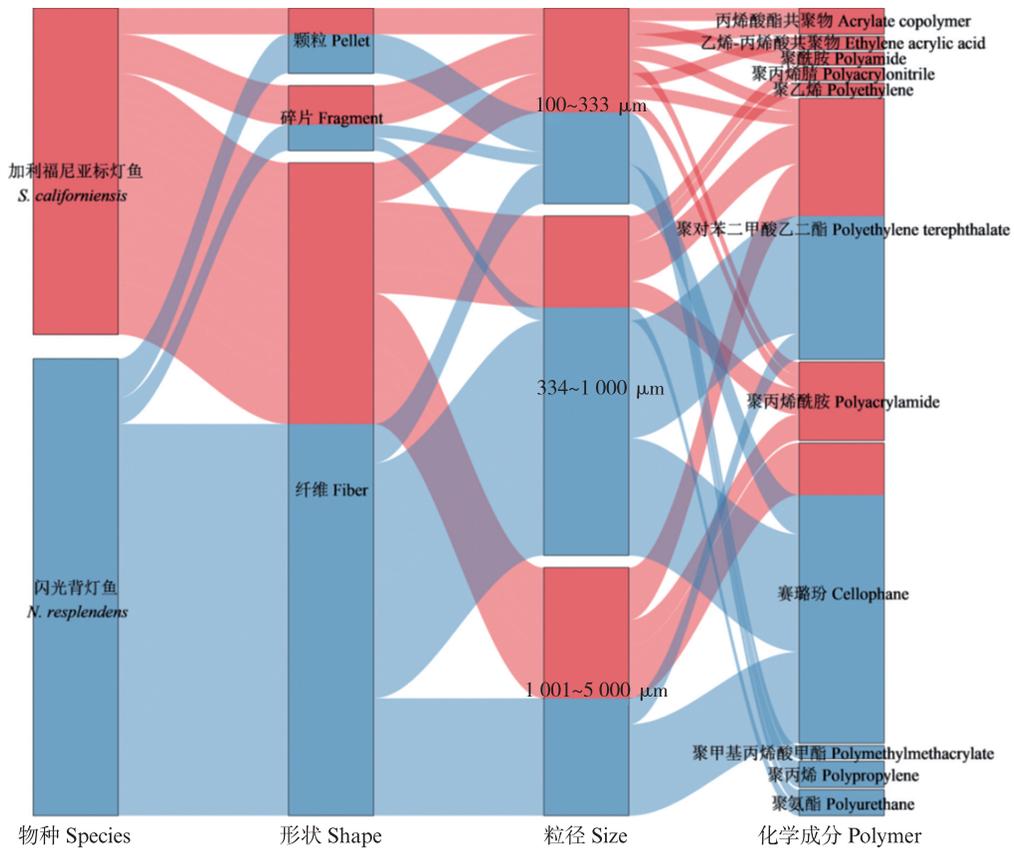


图 4 肠道微塑料特征冲积图
Fig. 4 Alluvial diagram summarizing the characteristics of microplastics in the intestines

3 讨论

本研究表明,西北太平洋的灯笼鱼类已受到微塑料的污染。两种灯笼鱼肠道中的检出率达到 58.30%,平均丰度为 (1.00 ± 1.11) 个/尾和 (8.93 ± 11.80) 个/g。与其他海洋中上层鱼类相比,灯笼鱼类的昼夜垂直洄游行为可能使其在较长时间内暴露于微塑料污染的三维水体环境中,进而摄入微塑料^[23]。室内暴露实验发现,当微塑料在食物附近时,鱼类更易误食微塑料^[24]。而微塑料与饵料生物共同摄入后将暂存于鱼体中^[19-20, 25]。另一方面,海洋生物微塑料污染与其摄食习性相关,饵料生物差异会影响微塑料的摄入^[26]。灯笼鱼类的主要饵料生物包括桡足类、介形虫类和其他小型浮游动物。这些饵料生物已被报道检测出微塑料^[27-28],灯笼鱼类可能通过摄食受微塑料污染的饵料生物而间接摄入微塑料。灯笼鱼类会在夜间向海洋表层洄游,以捕食更大体型的饵料生物。为了降低种间竞争,不同灯笼鱼类物种的摄食习性或摄食水层有所差异,即摄入的微塑料也可能存在差异^[12, 29]。但是,本研究发现,同一海域采集的加利福尼亚标灯鱼和闪光背灯鱼肠道内微塑料的丰度和粒径并未发现种间差异。WIECZOREK等^[30]对西北大西洋中层鱼类的微塑料研究也发现了不同物种摄入相似微塑料的现象,推测中层鱼类的微塑料污染主要受采样海域表层微塑料污染特征影响。而LUSHER等^[21]对北大西洋相同采样点的灯笼鱼类物种比较发现,微塑料丰度存在种间差异。因此,灯笼鱼类体内微塑料丰度情况需要结合研究海域水体中微塑料污染情况和物种摄食习性开展持续监测。

本研究中两种灯笼鱼类肠道内的微塑料主要为纤维状,这是海洋鱼类胃肠道中最常见的微塑料形状^[31]。纤维状微塑料的来源与未经处理洗涤污水释放到水生环境和渔业活动有关^[32-33],其也是海洋生态系统中丰度最高的微塑料形状^[34]。由于纤维状微塑料具有更大的纵横比,易嵌入组织中,并且留存的时间更长,对灯笼鱼的潜在风险也更高。此外,两种灯笼鱼类肠道内还发现了碎片状和颗粒状微塑料,这与西北太平洋表层水研究发现的微塑料主要形状一致^[35]。

LUSHER等^[21]研究发现,北大西洋灯笼鱼类

肠道中微塑料的平均粒径高于饵料生物个体大小,推测这些微塑料不会被饵料生物摄入,认为灯笼鱼类不会因摄食饵料生物而间接摄入微塑料。但本研究中,两种灯笼鱼肠道中的微塑料以粒径小于 $1\ 000\ \mu\text{m}$ 为主($\geq 60\%$),平均粒径为 $927.32\ \mu\text{m}$ 。这低于西北太平洋灯笼鱼主要饵料生物的个体大小,例如研究海域桡足类的优势体长范围为 $1\ 000\sim 2\ 500\ \mu\text{m}$ ^[36],因此误食和营养传递或是灯笼鱼类摄入微塑料的途径。为了厘清灯笼鱼类体内微塑料的来源途径,今后研究需要综合考虑所有可能积累微塑料的组织或器官^[37]。

以往研究^[21]发现,中上层鱼类体内的微塑料主要是聚乙烯($0.92\sim 0.96\ \text{g/cm}^3$)等密度低于海水($1.03\ \text{g/cm}^3$)的聚合物。PAN等^[38]研究发现,聚乙烯和聚丙烯($0.90\sim 0.92\ \text{g/cm}^3$)是西北太平洋表层海水中微塑料最主要的成分。但本研究中,低密度聚合物在两种灯笼鱼肠道中微塑料的占比低于 10%,而高密度微塑料(密度高于海水)在灯笼鱼肠道中的占比较高,特别是 CP($1.42\ \text{g/cm}^3$)、PET($1.37\ \text{g/cm}^3$)和 PAM($1.19\ \text{g/cm}^3$)^[39]。从栖息水层比较,白天栖息在更深水层的闪光背灯鱼肠道内 CP 和 PET 的占比高于加利福尼亚标灯鱼。由于这些高密度微塑料在海水中下沉速度更快,栖息在更深水层的闪光背灯鱼可能更容易摄入这些高密度微塑料^[40]。

4 结论

西北太平洋两种灯笼鱼类都表现出较高检出率的微塑料污染。误食、营养传递和栖息水层都可能影响灯笼鱼类的微塑料污染特征。尽管在本研究中两种灯笼鱼类肠道中微塑料的丰度、粒径和形状相似,但是聚合物组成存在种间差异。在评估微塑料对灯笼鱼类的生态效应时,应充分考虑不同聚合物微塑料的毒性差异^[41],及其对不同灯笼鱼物种的危害。研究结果加深了对同一海域灯笼鱼类间微塑料污染特征的了解,可为构建大洋中层生态系统微塑料风险预警评估体系提供基础数据。

参考文献:

- [1] GEYER R, JAMBECK J R, LAW K L. Production, use, and fate of all plastics ever made[J]. Science Advances, 2017, 3(7): e1700782.

- [2] LI W C, TSE H F, FOK L. Plastic waste in the marine environment: a review of sources, occurrence and effects [J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 566-567: 333-349.
- [3] ANDRADY A L. Microplastics in the marine environment [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, 62(8): 1596-1605.
- [4] RAMU K, KAJIWARA N, ISOBE T, et al. Spatial distribution and accumulation of brominated flame retardants, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in blue mussels (*Mytilus edulis*) from coastal waters of Korea [J]. *Environmental pollution*, 2007, 148(2): 562-569.
- [5] CRUZ R, CUNHA S C, CASAL S. Brominated flame retardants and seafood safety: a review [J]. *Environment International*, 2015, 77: 116-131.
- [6] 杨志刚, 张晨晨, 江青青, 等. 不同粒径微塑料对中华绒螯蟹幼蟹组织结构及肝胰腺抗氧化能力的影响 [J]. *上海海洋大学学报*, 2024, 33(3): 572-580.
- YANG Z G, ZHANG C C, JIANG Q Q, et al. Toxic effects of different particle size polystyrene microbeads on juvenile *Eriocheir sinensis* [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2024, 33(3): 572-580.
- [7] HIRAI H, TAKADA H, OGATA Y, et al. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, 62(8): 1683-1692.
- [8] MATO Y, ISOBE T, TAKADA H, et al. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment [J]. *Environmental Science & Technology*, 2001, 35(2): 318-324.
- [9] AVIO C G, GORBI S, REGOLI F. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea [J]. *Marine Environmental Research*, 2015, 111: 18-26.
- [10] PROUD R, HANDEGARD N O, KLOSER R J, et al. From siphonophores to deep scattering layers: uncertainty ranges for the estimation of global mesopelagic fish biomass [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2019, 76(3): 718-733.
- [11] 鞠佳丽, 王小谷, 吴尘艳, 等. 南海北部海域夏季仔稚鱼种类组成和主要环境因子的关系 [J]. *上海海洋大学学报*, 2023, 32(1): 190-202.
- JU J L, WANG X G, WU C Y, et al. The relationship between species composition of fish larvae and juveniles and main environment factors in the northern South China Sea in summer [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2023, 32(1): 190-202.
- [12] CATUL V, GAUNS M, KARUPPASAMY P K. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2011, 21(3): 339-354.
- [13] SAUNDERS R A, COLLINS M A, FOSTER E, et al. The trophodynamics of Southern Ocean *Electrona* (Myctophidae) in the Scotia Sea [J]. *Polar Biology*, 2014, 37(6): 789-807.
- [14] STEINBERG D K, CARLSON C A, BATES N R, et al. Zooplankton vertical migration and the active transport of dissolved organic and inorganic carbon in the Sargasso Sea [J]. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2000, 47(1): 137-158.
- [15] HUDSON J M, STEINBERG D K, SUTTON T T, et al. Myctophid feeding ecology and carbon transport along the northern Mid-Atlantic Ridge [J]. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2014, 93: 104-116.
- [16] AL-MUTAIRI H, LANDRY M R. Active export of carbon and nitrogen at Station ALOHA by diel migrant zooplankton [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2001, 48(8/9): 2083-2103.
- [17] 严利平, 李建生, 沈德刚, 等. 黄海南部、东海北部小黄鱼饵料组成和摄食强度的变化 [J]. *海洋渔业*, 2006, 28(2): 117-123.
- YAN L P, LI J S, SHEN D G, et al. Variations in diet composition and feeding intensity of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* Bleeker in the southern Yellow Sea and northern East China Sea [J]. *Marine Fisheries*, 2006, 28(2): 117-123.
- [18] FERREIRA G V B, JUSTINO A K S, EDUARDO L N, et al. Influencing factors for microplastic intake in abundant deep-sea lanternfishes (Myctophidae) [J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 867: 161478.
- [19] BOERGER C M, LATTIN G L, MOORE S L, et al. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60(12): 2275-2278.
- [20] DAVISON P, ASCH R G. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2011, 432: 173-180.
- [21] LUSHER A L, O'DONNELL C, OFFICER R, et al. Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2016, 73(4): 1214-1225.
- [22] 王良明. 西北太平洋游泳动物种类组成及主要优势种的生物学特征 [D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2017.
- WANG L M. The composition of nekton and biological characteristic of main dominant species in northwestern Pacific Ocean [D]. Xiamen: Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2017.
- [23] JUSTINO A K S, FERREIRA G V B, SCHMIDT N, et al. The role of mesopelagic fishes as microplastics vectors across the deep-sea layers from the Southwestern Tropical

- Atlantic [J]. *Environmental Pollution*, 2022, 300: 118988.
- [24] LI B W, LIANG W W H, LIU Q X, et al. Fish Ingest microplastics unintentionally[J]. *Environmental Science & Technology*, 2021, 55(15): 10471-10479.
- [25] ORY N C, GALLARDO C, LENZ M, et al. Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish [J]. *Environmental Pollution*, 2018, 240: 566-573.
- [26] D'AVIGNON G, HSU S S H, GREGORY-EAVES I, et al. Feeding behavior and species interactions increase the bioavailability of microplastics to benthic food webs [J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 896: 165261.
- [27] SETÄLÄ O, FLEMING-LEHTINEN V, LEHTINIEMI M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web [J]. *Environmental Pollution*, 2014, 185: 77-83.
- [28] DESFORGES J P W, GALBRAITH M, ROSS P S. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean [J]. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 2015, 69(3): 320-330.
- [29] EDUARDO L N, BERTRAND A, MINCARONE M M, et al. Distribution, vertical migration, and trophic ecology of lanternfishes (Myctophidae) in the Southwestern Tropical Atlantic [J]. *Progress in Oceanography*, 2021, 199: 102695.
- [30] WIECZOREK A M, MORRISON L, CROOT P L, et al. Frequency of microplastics in mesopelagic fishes from the Northwest Atlantic [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2018, 5: 39.
- [31] MÜLLER C. Not as bad as it seems? a literature review on the case of microplastic uptake in fish [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2021, 8: 672768.
- [32] DE FALCO F, DI PACE E, COCCA M, et al. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution [J]. *Scientific reports*, 2019, 9(1): 6633.
- [33] XUE B M, ZHANG L L, LI R L, et al. Underestimated microplastic pollution derived from fishery activities and "hidden" in deep sediment [J]. *Environmental Science & Technology*, 2020, 54(4): 2210-2217.
- [34] ACHARYA S, RUMI S S, HU Y, et al. Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: a review [J]. *Textile Research Journal*, 2021, 91(17/18): 2136-2156.
- [35] PAN Z, LIU Q L, SUN Y, et al. Environmental implications of microplastic pollution in the northwestern Pacific Ocean [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2019, 146: 215-224.
- [36] 贡艺, 梁茜, 李云凯, 等. 西北太平洋桡足类稳定同位素特征及其影响因素 [J]. *生态学杂志*, 2024, 43(2): 505-513.
- GONG Y, LIANG Q, LI Y K, et al. Stable isotope signatures and driving factors of copepods from the northwest Pacific Ocean [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2024, 43(2): 505-513.
- [37] YU X, HUANG W, WANG Y J, et al. Microplastic pollution in the environment and organisms of Xiangshan Bay, East China Sea: an area of intensive mariculture [J]. *Water Research*, 2022, 212: 118117.
- [38] PAN Z, GUO H G, CHEN H Z, et al. Microplastics in the northwestern Pacific: abundance, distribution, and characteristics [J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 650: 1913-1922.
- [39] LIU K, COURTENE-JONES W, WANG X H, et al. Elucidating the vertical transport of microplastics in the water column: a review of sampling methodologies and distributions [J]. *Water Research*, 2020, 186: 116403.
- [40] ERYAŞAR A R, GEDIK K, MUTLU T. Ingestion of microplastics by commercial fish species from the southern Black Sea coast [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2022, 177: 113535.
- [41] LITHNER D, LARSSON Å, DAVE G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition [J]. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(18): 3309-3324.

Characterization of microplastics pollution in the intestines of *Notoscopelus resplendens* and *Symbolophorus californiensis* from the Northwest Pacific Ocean

WANG Qian¹, PEI Yaoye¹, XIANG Yan¹, GONG Yi^{1,2,3,4}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4}, LI Zexiang¹

(1. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China;

3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable

Utilization of Oceanic Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: Lanternfishes are the most abundant species of mesopelagic fish in the ocean, playing an important role in connecting the epipelagic and mesopelagic marine food webs. Due to their global distribution, diel vertical migration, and low trophic position, they may be highly susceptible to ingest microplastics. In this study, *Notoscopelus resplendens* and *Symbolophorus californiensis* from the Northwest Pacific Ocean were used to compare and analyze potential interspecific differences in the abundance and physicochemical characteristics of microplastics in their intestines. The results showed that both lanternfish species in Northwest Pacific Ocean exhibited a high detection rate of microplastic pollution. The abundance of microplastics in the intestine of *S. californiensis* and *N. resplendens* were (0.83 ± 0.90) items/individual [(6.54 ± 8.33) items/g] and (1.17 ± 1.27) items/individual [(11.33 ± 14.06) items/g], respectively. However, no significant difference was found in abundance and size of microplastics detected in *S. californiensis* and *N. resplendens*. The shape was primarily composed of fiber (accounting for $\geq 80.00\%$). However, there were variations in the chemical composition of microplastics. Polyethylene terephthalate (PET) accounted for 36.00% and polyacrylamide (PAM) accounted for 24.00% of microplastics found in the intestines of *S. californiensis*, while cellophane (CP) constituted 54.29% and PET constituted 31.43% of MPs found in the intestines of *N. resplendens*. The microplastic pollution characteristics of lanternfish species may be influenced by accidental ingestion, nutrient transfer, and the water layers in their habitat. These findings contribute to a better understanding of the current status of microplastic pollution among lanternfish species in the same marine area, providing essential data for further exploration of the ecological effects of microplastics on mesopelagic fish in the ocean.

Key words: *Notoscopelus resplendens*; *Symbolophorus californiensis*; microplastic; abundance; physicochemical characteristics