

浙江西门岛红树林湿地小型底栖动物的研究

朱慧兰, 郭玉清, 吴成业, 张灵毅

(集美大学水产学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 于2018年冬季在浙江西门岛红树林湿地设置5个站位采集沉积物样品, 对该湿地小型底栖动物类群的组成、丰度, 及其优势类群的优势属、摄食类型等方面进行研究。结果表明: 共鉴定出5个小型底栖动物类群, 分别为自由生活海洋线虫、桡足类、多毛类、寡毛类、有孔虫, 以及一些未鉴定类群, 其中海洋线虫为最优势类群, 占小型底栖动物丰度的98.47%。小型底栖动物的丰度介于 $(47.331 \pm 5.923) \sim (88.363 \pm 4.177)$ ind/cm²之间, 总平均丰度为 (64.371 ± 16.243) ind/cm², 各站位间的丰度存在显著差异($P < 0.01$)。5个站位鉴定出的海洋线虫隶属于43属18科, 海洋线虫的优势属(优势度 $\geq 5\%$)依次为折咽线虫属(*Ptycholaimellus*)、萨巴线虫属(*Sabatieria*)、吞噬线虫属(*Daptonema*)、拟囊咽线虫属(*Parasphaerolaimus*)、近瘤线虫属(*Adoncholaimus*)和显齿线虫属(*Viscosia*), 优势度依次为35.16%、15.00%、8.77%、7.71%、5.66%和5.33%。海洋线虫4种摄食类型丰度百分比由高到低的顺序是2A(46.07%) > 1B(27.30%) > 2B(25.82%) > 1A(0.82%), 以2A型为主导。

[关键词] 西门岛红树林湿地; 小型底栖动物; 海洋线虫; 群落结构; 优势属

[中图分类号] Q 178.1

Study on Meiofauna Abundance in Mangrove of Ximen Island, Zhejiang Province

ZHU Huilan, GUO Yuqing, WU Chengye, ZHANG Lingyi

(Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: To study the composition and abundance of meiofauna, feeding types, dominant genera and community structure of the marine nematode, the sediment was collected from the Ximen Island mangrove wetland in Zhejiang Province in the winter of 2018. The result showed that five meiofauna groups were observed inhabiting the investigated area, including free-living marine Nematode, Copepoda, Polychaeta, Oligochaeta, Foraminifera and unidentified groups. Marine nematode was the most dominant group and accounting from 97.22% to 99.53% of the total abundance. The abundance of meiofaunal ranged from (47.331 ± 5.923) to (88.363 ± 4.177) ind/cm², with an average of (64.371 ± 16.243) ind/cm². There was a significant difference among stations ($P < 0.01$). In total, 43 genera and 18 families of marine nematodes were identified from these five sampling sites. Marine nematode dominant genera with dominances $\geq 5\%$ were *Ptycholaimellus*, *Sabatieria*, *Daptonema*, *Parasphaerolaimus*, *Adoncholaimus*, and *Viscosia*, accounting for 35.16%, 15.00%, 8.77%, 7.71%, 5.66%, and 5.33% of the community respectively. Abundance percentage of feeding types of marine nematode were 2A (46.07%) > 1B (27.30%) > 2B (25.82%) > 1A (0.82%), among which 2A was the dominant.

[收稿日期] 2019-10-09

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31772416); 福建省自然科学基金项目(2017J01450)

[作者简介] 朱慧兰(1996—), 女, 硕士生, 从事海洋底栖动物研究。通信作者: 郭玉清(1965—), 女, 教授, 博导, 从事海洋底栖生物学研究。E-mail: guoyuqing@jmu.edu.cn

Keywords: Ximen Island mangrove wetland; meiofauna; marine nematode; community structure; dominant genus

0 引言

我国红树林位于世界红树林的最北界，主要分布在海南、广东、广西、福建以及港澳台等地区。其中浙江西门岛红树林是目前我国人工引种的北界，它对于高纬度地区的红树林引种造林有指示意义^[1-2]。西门岛是浙江省乐清湾北部最大岛屿，海岛陆域面积约为 630 hm²，滩涂总面积 2523 hm²，1957 年从福建成功引种抗低温红树植物秋茄，经自然繁育红树林面积曾达到 10 hm²，而如今只剩下西北一隅的 0.2 hm²^[3-4]。目前对西门岛红树林的研究涉及湿地资源及其保护开发^[5]、生态服务价值^[6]和引种试验调查^[3]等方面，其中对湿地底栖动物的研究，主要有大型底栖动物群落与红树林的生态关系^[7]，秋茄林恢复对大型底栖动物的影响^[8]，以及在不同生境中的大型底栖动物的群落比较^[9]，等等。而对西门岛红树林湿地小型底栖动物研究的报道尚未出现。

小型底栖动物作为海岸湿地环境状况的重要指示性生物，在生物监测领域被广泛应用，且海洋线虫作为小型底栖动物中的优势类群，通过摄食行为及生物扰动在泥质河口和盐沼湿地中扮演重要角色^[10]。本文初步探究浙江西门岛人工红树林湿地小型底栖动物类群组成及其优势类群的群落结构，旨在完善我国红树林湿地小型底栖动物与海洋线虫的多样性资料库。

1 材料与方法

1.1 站位设置与野外采样

2018 年 12 月，在浙江西门岛（28.34°N，121.17°E）西北侧红树林分布区，选择底质类型相对一致、无扰动的地点取样。设采样站位 5 个，站位 1、2、3、5 均位于红树林中潮区，站位 4 位于光滩（见图 1）。

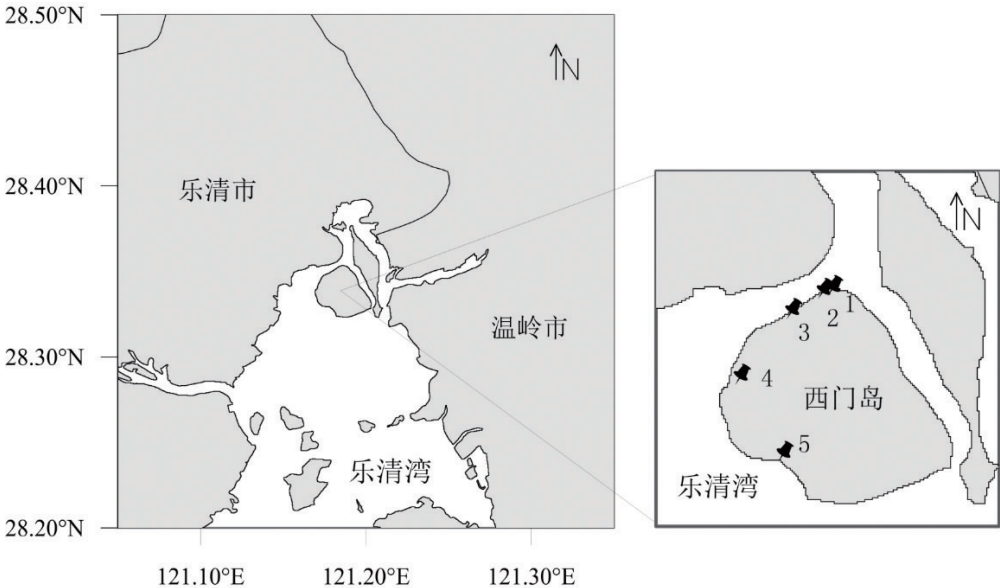


图 1 采样区域及采样站位示意图
Fig.1 Sampling area and station

用内径为 2.9 cm 的注射器改制而成的取样管，从表层采集深度为 5 cm 的泥样，每个站位取 3 个重复样，共获 15 份样品。样品分装后用 5% 的福尔马林溶液现场固定，带回实验室进行分析。各采样站位的环境因子参数见表 1。

表 1 西门岛红树林湿地采样区域环境因子
Tab.1 Environmental factors of sampling area in Ximen Island mangrove wetland

采样站位 Sampling station	底质类型 Sediment type	泥温/℃ Sediment temperature	盐度 Salinity	pH
1	泥质 Mud	17.4	28	6.5
2	泥质 Mud	17.5	26	7.1
3	泥质 Mud	18.3	26	6.8
4	泥质 Mud	18.2	27	7.1
5	泥质 Mud	20.2	16	5.6

1.2 样品的室内处理及分选

在室内, 将泥样置于由上层为 500 μm 和下层为 42 μm 网筛组成的套筛上, 用已过滤的自来水不断冲洗, 去除甲醛和细小的沉积物, 直至流出的水流澄清。然后将被网筛截留下来的样品, 用密度为 1.15 g/mL 的 Ludox – TM 硅胶液分次转移至离心管, 4000 r/min 离心 10 min, 重复离心 2 次, 提取小型底栖动物。将分选出的样品转入划有等宽平行线的培养皿中, 通过解剖镜 (型号: Nikon – SMZ800) 把所有的小型底栖动物按类群分别计数。将线虫挑出再放入加有混合溶液 (V(甘油): V(酒精): V(水) = 1: 1: 18) 的内壁为半球状的特制玻璃容器中, 进行虫体透明化, 在干燥箱中静置 1 周左右后进行制片。

1.3 数据处理与分析

利用 Excel 2007、Primer 6.0 和 Spss 22 进行数据处理和分析。海洋线虫摄食类型的划分采用 Wieser^[11]的方法, 根据海洋线虫的口腔结构将其划分为 4 个功能类群, 分别为: 选择性沉积食性者 (1A 型)、非选择性沉积食性者 (1B 型)、底上食性者 (2A 型) 和捕食者或杂食者 (2B 型)。

2 结果

2.1 西门岛红树林湿地小型底栖动物的类群组成

在西门岛红树林湿地鉴定出小型底栖动物类群 5 个 (见表 2), 包括海洋线虫 (Nematoda)、桡足类 (Copepoda)、多毛类 (Polychaeta)、寡毛类 (Oligochaeta)、有孔虫 (Foraminifera), 以及一些未鉴定类群 (unidentified groups)。其中海洋线虫是最优势的类群 (占小型底栖动物丰度的 98.47%), 桡足类为第二优势类群 (0.97%), 再次为有孔虫 (0.14%)、多毛类 (0.11%)、寡毛类 (0.02%) 及其他未鉴定类群 (0.29%)。

表 2 西门岛红树林湿地小型底栖动物类群丰度的百分比
Tab.2 The percentages of meiofauna groups abundance in Ximen Island mangrove wetland

类群 Group	站位 1 Station 1	站位 2 Station 2	站位 3 Station 3	站位 4 Station 4	站位 5 Station 5	均值 Average
线虫 Nematoda	99.54	97.20	97.17	99.18	99.23	98.47
桡足类 Copepoda	0.23	1.61	2.13	0.46	0.41	0.97
多毛类 Polychaeta	0.03	—	0.31	0.07	0.11	0.11
寡毛类 Oligochaeta	—	—	—	0.05	0.07	0.02
有孔虫 Foraminifera	—	0.68	0.03	—	—	0.14
其他 Other	0.20	0.50	0.35	0.24	0.18	0.29

2.2 西门岛红树林小型底栖动物的丰度

从表 3 中可知, 西门岛红树林湿地小型底栖动物的丰度介于 (47.331 ± 5.923) ~ (88.363 ± 4.177) ind/cm² 之间, 总平均丰度为 (64.371 ± 16.243) ind/cm²。站位 1 的丰度最高, 为 (88.363 ±

4. 177) ind/cm²；站位 5 次之，为(74. 900 ± 10. 031) ind/cm²；站位 4 和站位 3 丰度分别为(70. 622 ± 5. 036) ind/cm² 和(48. 638 ± 8. 349) ind/cm²；站位 2 的丰度最低，为(47. 331 ± 5. 923) ind/cm²。经 ANOVA 分析结果表明站位间的丰度存在显著差异 ($P < 0. 01$)。

表 3 西门岛红树林湿地小型底栖动物类群的丰度
Tab.3 Meiofauna groups abundance in Ximen Island mangrove wetland

类群 Group	(ind/cm ²)				
	站位 1 Station 1	站位 2 Station 2	站位 3 Station 3	站位 4 Station 4	站位 5 Station 5
线虫 Nematoda	87. 955 ± 4. 322	46. 006 ± 5. 650	47. 263 ± 7. 478	70. 045 ± 5. 158	74. 323 ± 9. 945
桡足类 Copepoda	0. 204 ± 0. 144	0. 764 ± 0. 398	1. 036 ± 0. 959	0. 323 ± 0. 078	0. 306 ± 0. 102
多毛类 Polychaeta	0. 025 ± 0. 036	—	0. 153 ± 0. 000	0. 051 ± 0. 088	0. 085 ± 0. 029
寡毛类 Oligochaeta	—	—	—	0. 034 ± 0. 059	0. 051 ± 0. 000
有孔虫 Foraminifera	—	0. 323 ± 0. 179	0. 017 ± 0. 029	—	—
其他 Other	0. 178 ± 0. 036	0. 238 ± 0. 029	0. 170 ± 0. 078	0. 170 ± 0. 147	0. 136 ± 0. 078
总计 Total	88. 363 ± 4. 177	47. 331 ± 5. 923	48. 638 ± 8. 349	70. 622 ± 5. 036	74. 900 ± 10. 031

2. 3 西门岛红树林线虫群落优势属与摄食类型

本研究鉴定出的海洋线虫隶属 43 属 18 科。以海洋线虫的丰度占比（优势度）≥5% 的属作为优势属，则优势属按优势度大小排序依次为折咽线虫属 (*Ptycholaimellus*) (35. 16%)、萨巴线虫属 (*Sabatieria*) (15. 00%)、吞咽线虫属 (*Daptonema*) (8. 77%)、拟囊咽线虫属 (*Parasphaerolaimus*) (7. 71%)、近瘤线虫属 (*Adoncholaimus*) (5. 66%) 和显齿线虫属 (*Viscosia*) (5. 33%)。优势属共占海洋线虫总丰度的 77. 62%。

海洋线虫群落的优势属、优势度及其摄食类型见表 4。从表 4 可知：*Ptycholaimellus* 在各站位都有出现，在站位 3 的优势度高达 72. 01%，而在站位 5 优势度最低，仅为 9. 57%。*Parasphaerolaimus* 除在站位 3 外的其他站位都有出现，其在站位 2 的优势度最高为 15. 79%。*Sabatieria* 和 *Adoncholaimus* 两者都在 3 个站点出现，在站位 5 的优势度均为 5. 26%。*Tripyloides*、*Pseudolella* 和 *Pseudochromadora* 只在个别站位出现，如 *Tripyloides* 仅出现在站位 2，优势度为 6. 48%；*Pseudolella* 和 *Pseudochromadora* 是站位 5 的特有优势属，优势度分别为 19. 14% 和 12. 44%。海洋线虫的摄食类型以 2A 型为主导。

表 4 西门岛红树林湿地各站位海洋线虫群落优势属的优势度
Tab.4 Dominance genera of marine nematode in the Ximen Island mangrove wetland

优势属 Dominance genera	优势度/%					摄食类型 Feeding type
	站位 1 Station 1	站位 2 Station 2	站位 3 Station 3	站位 4 Station 4	站位 5 Station 5	
折咽线虫属 <i>Ptycholaimellus</i>	20. 38	21. 46	72. 01	46. 78	9. 57	2A
拟囊咽线虫属 <i>Parasphaerolaimus</i>	6. 54	15. 79	—	6. 01	9. 57	2B
萨巴线虫属 <i>Sabatieria</i>	36. 15	—	—	31. 33	5. 26	1B
近瘤线虫属 <i>Adoncholaimus</i>	8. 46	12. 55	—	—	5. 26	2B
吞咽线虫属 <i>Daptonema</i>	—	28. 34	—	—	12. 92	1B
显齿线虫属 <i>Viscosia</i>	—	—	14. 18	—	10. 05	2B
假拟齿线虫属 <i>Pseudolella</i>	—	—	—	—	19. 14	2B
似三核线虫属 <i>Tripyloides</i>	—	6. 48	—	—	—	1B
假拟色予线虫属 <i>Pseudochromadora</i>	—	—	—	—	12. 44	2A

2. 4 西门岛红树林线虫群落结构和多样性分析

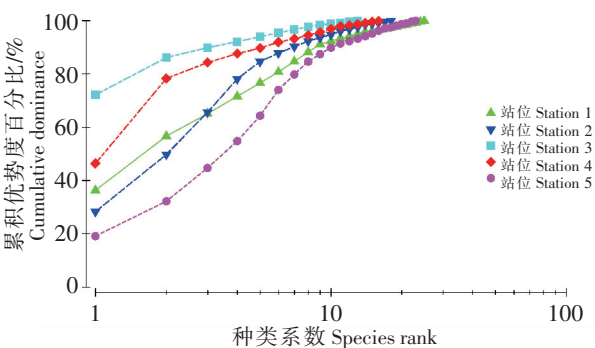
从西门岛红树林线虫群落结构的生物多样性指数的结果可以看出（见表 5）：站位 3 出现的种类数为 13，是 5 个站位中种类数最少的，其物种丰富度指数（ d ）、香农－威纳指数（ H' ）和优势度指

数 (λ) 均最低。站位 5 的香农 - 威纳指数 (H') 和优势度指数 (λ) 最高。除站位 3 外, 其他站位的物种丰富度指数 (d)、香农 - 威纳指数 (H') 和优势度指数 (λ) 均高于光滩站位 4。

表 5 西门岛红树林湿地海洋线虫群落的生物多样性指数
Tab. 5 Biodiversity index of marine nematode in Ximen Island mangrove wetland

站位 Station	种类数 S Species number	物种丰富度指数 d Species richness index	均匀度指数 J' Pielous evenness index	香农 - 威纳指数 H' Shannon-wiener index	优势度指数 λ Dominance index
1	25	4. 3130	0. 6704	2. 1579	0. 8096
2	18	3. 0856	0. 7141	2. 0641	0. 8294
3	13	2. 1449	0. 4195	1. 0760	0. 4588
4	16	2. 7475	0. 5580	1. 5472	0. 6795
5	23	4. 1218	0. 8003	2. 5093	0. 8982

线虫群落 K - 优势度曲线如图 2 所示。站位 3 和 4 所代表的群落 K - 优势度曲线位于图形的最上方, 表明该两站位线虫群落具有较高的物种优势度和较低的物种多样性。站位 5 所代表的群落优势度曲线位于图形的最下方, 表明该站位具有最低的群落优势度和最高的物种多样性。



3 讨论

3.1 不同红树林湿地小型底栖动物的丰度

小型底栖动物的丰度受到多种因素的影响, 如沉积物类型、有机质含量、温度和溶解氧等^[12-13]。刘均玲等^[14]在对东寨港红树林湿地研究中发现, 春、夏季的小型底栖动物丰度高于秋、冬季。但郭玉清等^[15]在福建主要的红树林湿地所做的研究表明, 在亚热带区域, 春、冬季的小型底栖动物丰度会高于夏、秋季。在本研究中, 站位间的小型底栖动物的丰度存在显著差异。各站位的底温、盐度和 pH 值有一定的差异, 其中站位 5 的底温最高, 站位 4 和 3 的底温次之, 站位 2 和 1 的底温最低 (见表 1)。从各站位小型底栖动物的丰度来看, 除站位 1 外, 其他站位的丰度随着底温的增加而呈上升趋势。

我国主要红树林湿地小型底栖动物丰度及海洋线虫丰度见表 6, 其中红树林湿地小型底栖动物类群有 5 ~ 12 个左右, 其平均丰度介于 $(40. 235 \pm 17. 250) \sim (108. 223 \pm 56. 376) \text{ ind/cm}^2$ 之间, 海洋线虫丰度所占比例均高于 90%。本研究共鉴定出小型底栖动物类群 5 个, 其平均丰度为 $(64. 371 \pm 16. 243) \text{ ind/cm}^2$, 与其他地区相比均相对偏低, 可能和本研究目前只进行了一个季节的采样有关。随着纬度由低到高, 在我国一些主要的红树林湿地小型底栖动物丰度的大小没有呈现明显的变化规律。Ólafsson^[16]在东非红树林中得到小型底栖动物丰度为 $149. 300 \text{ ind/cm}^2$, 高于本研究的结果, 这与 Armenteros 等^[17]得出的热带红树林湿地的小型底栖动物丰度一般低于亚热带或温带的结论有出入。

3.2 海洋线虫的优势属及摄食类型

本研究中海洋线虫优势属与陈玉珍等^[21]在沙质沉积物中所发现的优势属仅有 *Viscosia* 相同, 说明海洋线虫的优势属在不同沉积物环境中存在很大的差异。蔡立哲等^[22]在深圳湾红树林潮间带所鉴定的优势属中仅有 *Daptonema* 是本研究的优势属, 常瑜^[23]在福建洛阳江口红树林湿地发现的优势属中有 4 个优势属与本研究一致 (*Sabatieria*, *Parasphaerolaimus*, *Adoncholaimus* 和 *Viscosia*), 这表明不同红树林湿地中海洋线虫群落结构既有一定的差异性, 又有一定的相似性。

海洋线虫几乎能利用周围环境中的所有营养源, 如细菌、有机碎屑、微藻、真菌、微型底栖生物

（主要为底栖原生动动物）及其他的小型底栖动物^[24]，其口腔结构的不同，表示其摄食类型不同，摄食类型的变化反映了海洋线虫的食物在沉积物中存在形式的差异^[25]。西门岛红树林湿地的海洋线虫摄食类型丰度变化趋势为：2A > 1B > 2B > 1A，以底上食性者为主导，其次是非选择性沉积食性者，排在第三的是捕食者或杂食者，相似的发现也出现在厦门湾一些红树林湿地中^[15]。Chinnadura 等^[26]研究发现红树植物决定了该环境中可用的沉积物和食物类型，从而决定了现有优势群体的物种组成。本研究海洋线虫的摄食类型以 2A 型为主，而郭玉清^[27]在集美风林红树林的秋茄林得到的结果是以 1B 型为主，Zhou^[28]得到以 1A 型为主，这三个区域的主要摄食类型都不同，可能是由于采样季节、秋茄林的树龄和互花米草入侵等的不同，从而影响了沉积物中海洋线虫的食物源。

表 6 我国主要红树林湿地小型底栖动物的丰度比较

Tab.6 Comparison of meiofauna abundance between the Ximen Island mangrove wetland and other mangrove wetland in China

研究区域 Study area	采样季节 Sampling season	经纬度 Latitude and longitude	站位数 Stations	类群数 Groups	小型底栖动物丰度 Meiofauna abundance /(ind · cm ⁻²)	海洋线虫丰度 Nematode abundance /(ind · cm ⁻²)	海洋线虫 丰度占比 The ratio of Nematode abundance/%
东寨港红树 ^[18] Dongzhai Bay man- grove	冬 Winter	19.96°N 110.58°E	4	6	108.223 ± 56.376	103.273 ± 28.236	95.43
深圳湾福田 ^[19] Shenzhen Bay of Fu- tian	夏、秋、冬 Summer, Autumn, Winter	22.51°N 114.33°E	3	7	157.2 ± 38.9	—	97.26
福建漳江口 ^[15] Zhangjing Estuary of Fujian	四季 Seasons	23.96°N 117.35°E	3	11	74.875 ± 22.428	68.836 ± 20.238	91.99
福建九龙江口 ^[15] Jiulongjiang Estuary of Fujian	四季 Seasons	24.45°N 117.82°E	3	7	40.235 ± 17.250	38.466 ± 16.687	95.53
集美风林 ^[15] Fenglin of Jimei	四季 Seasons	24.58°N 118.10°E	3	12	92.311 ± 17.481	85.692 ± 16.895	93.62
厦门下潭尾 ^[20] Xiatanwei of Xiamen	四季 Seasons	24.65°N 118.19°E	5	9	44.130 ± 6.100	—	91.75
福建洛阳江口 ^[15] Luoyangjiang Estuary of Fujian	春、秋、冬 Spring, Autumn and Winter	24.94°N 118.60°E	3	8	70.332 ± 9.101	62.349 ± 6.793	93.02
浙江西门岛 Xiamen Island of Zhe- jiang	冬 Winter	28.34°N 121.17°E	5	5	64.371 ± 16.243	63.500 ± 17.165	98.63

[参 考 文 献]

[1] 林鹏. 红树林的种类及其分布 [J]. 林业科学, 1987, 23(4): 481-490.
[2] 王文卿, 王琨. 中国红树林 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 86.
[3] 牟爱友, 刘际建, 杨建青, 等. 我国最北缘秋茄红树林引种试验调查 [J]. 防护林科技, 2005(增刊 1): 6-8.
[4] 肖翠, 解雪峰, 吴涛, 等. 浙江西门岛湿地景观格局与人为干扰度动态变化 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3255-3262.
[5] 金彬明, 陈少波, 艾为民. 浙江温州红树林湿地资源及其保护开发 [J]. 水利渔业, 2005(2): 61-63.
[6] 曹明兰, 宋豫秦, 李亚东. 浙南红树林的生态服务价值研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(增刊 2): 157-160.

- [7] 高爱根, 陈全震, 曾江宁, 等. 西门岛红树林区大型底栖动物的群落结构 [J]. 海洋学研究, 2005(2): 33-40.
- [8] 黄丽, 陈少波, 仇建标, 等. 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33(10): 3138-3147.
- [9] 郑荣泉, 葛宝明, 张永普, 等. 乐清湾红树林和光滩大型底栖动物群落比较研究 [J]. 生态科学, 2006(4): 299-302.
- [10] 杜永芬, 高抒, WARWICK R M, 等. 海岸带湿地自由生活海洋线虫的生态功能研究进展 [J]. 科学通报, 2014, 59(31): 3043-3060.
- [11] WIESER W. Die beziehung zwischen mundhöhlengestalt, ernährungsweise und vorkommen bei freilebenden marine nematoden; eine ökologisch-morphologische studie [J]. Arkiv for Zoologi, 1953, 4(26): 436-484.
- [12] HARRIS, ROGER P. The distribution and ecology of the interstitial meiofauna of a sandy beach at Whitsand Bay, East Cornwall [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1972, 52(1): 1-18.
- [13] SHARMA J, WEBSTERR J M. The abundance and distribution of free-living nematodes from two Canadian Pacific beaches [J]. Estuarine Coastal & Shelf Science, 1983, 16(2): 217-227.
- [14] 刘均玲, 袁超, 何永姑, 等. 东寨港红树林小型底栖动物丰度与 Chla、有机质的相关性 [J]. 生态学报, 2019, 39(1): 185-191.
- [15] 郭玉清, 刘爱原, 康斌. 福建省滨海湿地小型底栖动物与海洋线虫 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 17-98.
- [16] ÓIAFSSON E. Meiobenthos in mangrove areas in eastern Africa with emphasis on assemblage structure of free-living marine nematodes [J]. Hydrobiologia, 1995, 312(1): 47-57.
- [17] ARMENTEROS M, MARATIN I, WILLIAMS J P, et al. Spatial and temporal variations of meiofaunal communities from the western sector of the gulf of Batabanó, Cuba: I Mangrove systems [J]. Estuaries & Coasts, 2008, 56(1): 124-132.
- [18] 刘均玲, 黄勃, 梁志伟. 东寨港红树林小型底栖动物的密度和生物量研究 [J]. 海洋学报 (中文版), 2013, 35(2): 187-192.
- [19] 谭文娟, 曾佳丽, 李晨岚, 等. 深圳湾福田红树林区小型底栖动物群落特征分析 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2017, 56(6): 859-865.
- [20] 陈昕韡, 李想, 曾佳丽, 等. 厦门同安湾下潭尾人工红树林湿地小型底栖动物群落结构 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2017, 56(3): 351-358.
- [21] 陈玉珍, 郭玉清, 刘爱原. 福建海坛岛长江澳沙滩自由生活海洋线虫群落研究 [J]. 生态学报, 2019, 39(7): 2573-2582.
- [22] 蔡立哲. 深圳湾底栖动物生态学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2014: 219-220.
- [23] 常瑜. 福建省红树林湿地海洋线虫多样性及分类学的研究 [D]. 厦门: 集美大学, 2014.
- [24] 张志南, 周红. 自由生活海洋线虫的系统分类学 [J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(6): 891-900. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5174.2003.06.024.
- [25] MONES T, VINCX M. Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1997, 77(1): 211-227.
- [26] CHINNADURAI G, FERNANDO O J. Meiofauna of mangroves of the southeast coast of India with special reference to the free-living marine nematode assemblage [J]. Estuarine Coastal & Shelf Science, 2007, 27(1): 329-336.
- [27] 郭玉清. 厦门凤林红树林湿地自由生活海洋线虫群落的研究 [J]. 海洋学报 (中文版), 2008, 30(4): 147-153.
- [28] ZHOU H. Effects of leaf litter addition on meiofaunal colonization of azoic sediments in a subtropical mangrove in Hong Kong [J]. Journal of Experimental Marine Biology & Ecology, 2001, 256(1): 99-121.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄力行)