

DOI: 10.5846/stxb201711262113

刘均玲,袁超,何永姑,王永强.东寨港红树林小型底栖动物丰度与 Chla、有机质的相关性.生态学报,2019,39(1): - - .

Liu J L, Yuan C, He Y G, Wang Y Q. Correlation of meiofauna abundance with chlorophyll a and organic matter of Dongzhai Harbor Mangrove. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): - - .

# 东寨港红树林小型底栖动物丰度与 Chla、有机质的相关性

刘均玲<sup>1,2,\*</sup>, 袁超<sup>3</sup>, 何永姑<sup>1</sup>, 王永强<sup>1,2</sup>

1 海南大学热带生物资源教育部重点实验室, 海口 570228

2 海南大学海洋学院, 海口 570228

3 国家海洋局海口海洋环境监测中心站, 海口 570228

**摘要:**于 2015 年 4 月(春季)、2015 年 6 月(夏季)、2015 年 10 月(秋季)、2016 年 1 月(冬季),在海南东寨港红树林保护区潮间带进行多次采样,分选小型底栖动物,并测定沉积物中有机质和叶绿素 a 含量,分析不同季节东寨港红树林小型底栖动物丰度与有机质、Chla 的相关性。研究结果,沉积物中小型底栖动物主要包括自由生活线虫、桡足类、涡虫、多毛类、寡毛类,线虫为优势类群;有机质含量为 25.22%—93.41%,平均值为 46.6%;Chla 含量为 0.188—6.303  $\mu\text{g/g}$ ,平均值为 1.731  $\mu\text{g/g}$ 。相关性分析显示,春季小型底栖动物的丰度和 Chla 含量呈显著正相关(Pearson's  $r=0.684$ ;  $P<0.05$ ),夏季小型底栖动物的丰度与有机质含量呈显著负相关(Pearson's  $r=-0.518$ ;  $P<0.05$ )。

**关键词:**红树林;小型底栖动物;有机质;Chla;相关性

## Correlation of meiofauna abundance with chlorophyll a and organic matter of Dongzhai Harbor Mangrove

LIU Junling<sup>1,2,\*</sup>, YUAN Chao<sup>2</sup>, HE Yonggu<sup>1</sup>, WANG Yongqiang<sup>1,2</sup>

1 Key Laboratory of Tropical Biological Resources of Ministry of Education, Haikou 570228, China

2 The Ocean College Hainan University, Haikou 570228, China

3 Haikou Marine Environment Monitoring Central Station, Haikou 570228, China

**Abstract:** The meiofauna of Dongzhai Harbor Mangrove was investigated, and, chlorophyll a (Chla) and organic matter content of the sediments were determined, in April (spring), June (summer), and October (autumn) of 2015 and January (winter) of 2016. Furthermore, correlations between meiofauna abundance and Chla and organic matter were analyzed for different seasons. Results showed that the main meiofauna groups were Nematoda, Copepoda, Turbellaria, Polychaeta, and Oligochaeta. Content of organic matter was 25.22%—93.41%, with an average value of 46.6%. Content of Chla was 0.188—6.303  $\mu\text{g/g}$ , and the average content was 1.731  $\mu\text{g/g}$ . Correlation analysis showed that there was a significant positive correlation between abundance of meiofauna and Chla content in spring (Pearson's  $r=0.684$ ;  $P<0.05$ ). The abundance of meiofauna was negatively correlated with organic matter content in summer (Pearson's  $r=-0.518$ ;  $P<0.05$ ).

**Key Words:** mangroves; meiofauna; organic matter; Chla; correlation

基金项目:国家自然科学基金青年基金(41406176)

收稿日期:2017-11-26; 网络出版日期:2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 330108510@qq.com

红树林在沿海生态系统中发挥着关键作用,可提供生态服务和不可替代的社会经济价值,是生物圈中最大的初级生产力之一,但其所处地理位置不仅要面临自然变化,如沉积物类型、温度、潮汐等,更重要的是人为压力,如当地人口密度、养殖业、港口的疏浚等。小型底栖生物(meiofauna)是指分选时能通过孔径为 0.5 mm 的套筛,而被 0.031 mm 的套筛截留的生物。红树林小型底栖动物是生态系统内重要生物组成部分,是一类长期生活在土壤表面,或埋栖在内部能世代生存繁衍的生物群,通常在有机质丰富底质,也能在高盐低氧甚至无氧的淤泥环境中生存。内外环境变化对红树林生态系统内的各项功能影响是很难预测的,但鉴于小型底栖动物在底栖—水层耦合(benthic-pelagic coupling)系统的中间地位,且生命周期短,特别是它们的食物来源是有限的,因此可以对生境变化作出快速响应<sup>[1]</sup>。如,厦门同安湾下潭尾人工红树林湿地,小型底栖动物丰度和生物量在不同季节有极显著差异,且小型底栖动物的个体数与底温呈极显著负相关,与底盐呈显著负相关<sup>[2]</sup>。Ansari 等报道,印度红树林泥滩上小型底栖动物的垂直分布可能与沉积物颗粒孔隙水、有机物、三磷酸腺苷含量、底栖藻类丰度和微生物数量等有关<sup>[3]</sup>。沉积物颗粒大小和氧是影响肯尼亚查兹湾红树林沉积物小型底栖生物垂直分布的主要因子<sup>[4]</sup>。不同红树植物种类间小型底栖动物种类分布也有差异,马来群岛 Merbok 红树林中红树和小花木榄根部小型底栖动物群落多样性差异显著,而沉积物层间无显著差异<sup>[5]</sup>。Vafeiadou 等报道温度升高影响海洋线虫种群的动态分布,且不同种间会相互影响<sup>[6]</sup>。

海南东寨港是我国第一个红树林自然保护区,海岸线曲折多弯,滩面缓平,和外海直接相连,受潮汐直接影响,内部与陆地淡水混合,属典型半封闭浅海,受自然因素和人类活动影响较大,但湾内水体交换不强,环境易发生较大变化。如 2012 年东寨港红树林团水虱爆发,造成红树大面积死亡,生态系统健康状况也引起广泛关注。湿地生境中叶绿素 a(Chla)和有机物含量是动物生存的基础。Chla 是生境内各种理化因子共同作用的综合反映,营养盐影响藻类生长,藻类进行光合作用把无机物转化为有机物,从而影响 Chla 的变化,而 Chla 含量与生境沉积物的种类相关,进而影响小型底栖动物的分布。红树植物的枯枝落叶是沉积物中有机质和营养物质的主要来源,同时生活废水,雨水冲刷等也会携带陆源有机物沉积,而生境的变化,主要表现在有机物的有效利用和分配。本研究分不同季节多次采集、分离东寨港红树林小型底栖动物,同时测定相应采样点 Chla 和有机质含量,分析相关性,以期深入研究小型底栖动物对红树林主要环境变化的响应过程,环境监测提供基础理论。

## 1 采样时间、地点

东寨港红树林保护区(110°32'—110°37'E,19°51'—20°1'N),位于海南省东北部,属湿地类型的自然保护区。2015 年 4 月 28 日(春季)、2015 年 6 月 20 日(夏季)、2015 年 10 月 30 日(秋季)、2016 年 1 月 10 日(冬季),在保护区随机选取有代表性的 15 个采样点,其中 1—3 采样点靠近内陆,4、5 采样点靠近水门闸排出口,10—13 采样点位于河边码头附近,14、15 采样点在东寨港红树林研究所人工育苗基地附近,图 1。

## 2 研究材料与方法

### 2.1 小型底栖动物的分选

小型底栖动物分离分选参照张志南的方法<sup>[7]</sup>。选取具有代表性、不同红树植物下,底质类型相对均匀,无人破坏较稳定的地点,用内径为 2.9 cm 的有机玻璃管垂直取完整芯样,每个采样点平行采集 3 个样品,分别置于样品瓶,立即用 5% 的甲醛溶液固定,同时测定温度、盐度、pH 值、经纬度等环境因子。将样品放入冰盒冷藏带回实验室内分离,然后在解剖镜下检出全部小型动物,按不同类群分别计数,并计算小型底栖动物的丰度(个/10cm<sup>2</sup>)。

### 2.2 叶绿素 a 和有机质的测定

参照海洋调查规范 GB/T13909-92 中的方法测定沉积物中 Chla 和有机质的含量。

荧光分光光度法测定 Chla:在 150 mL 磨口具塞棕色碘量瓶中放入沉积物 2 g,加入 90% 丙酮摇匀,低温避

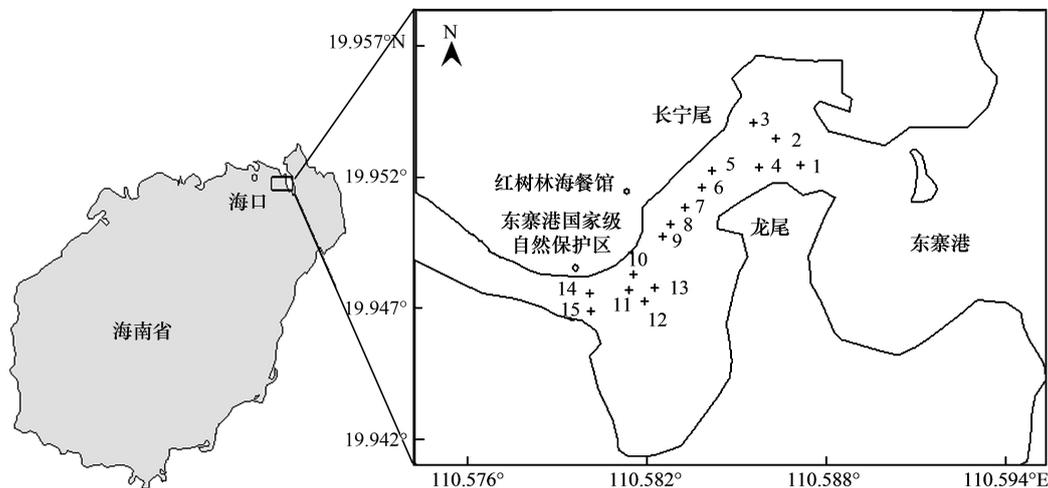


图1 东寨港红树林采样点

Fig.1 Sampling sites of Dongzhai Harbor Mangrove

光萃取 24 h, 4000 rpm 离心 15 min, 测定吸光值, 计算 Chla 含量。

重铬酸钾容量法测定有机质: 将干燥的沉积物样品研磨均匀, 过 0.25 mm 筛, 精确称取 0.1 g 放入干燥的硬质试管, 备用; 用移液管取 0.4 mol/L 重铬酸钾-硫酸溶液 ( $1/6 K_2Cr_2O_7$ ) 10 mL 加入试管内, 在试管口加一曲颈小漏斗, 置于 170—180°C 油浴锅中爆沸 5 min, 取出, 将试管内内容物倒出至 150 mL 锥形瓶内, 未参与反应的重铬酸钾用 0.1 mol/L  $FeSO_4$  标准溶液回滴, 邻菲罗啉溶液为指示剂。据消耗的重铬酸钾量计算得出有机碳的含量, 再乘以常数 1.724, 即得沉积物有机质的含量。

### 2.3 数据处理和分析

采用 Excel 软件和 Spss11.0 数据处理系统进行方差分析, Surfer 软件绘制采样点图, Chla 和有机质等值线图。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同季节小型底栖动物丰度

东寨港红树林小型底栖动物类群主要为, 线虫类、桡足类、多毛类、寡毛类、涡虫类、轮虫类、海螵类和其他少数未鉴定种类。本次研究春、夏、秋、冬四季多次采样, 15 个采样点中线虫均为优势类群, 百分比依次为 94.78%、98.25%、95.50%、96.44%, 夏季最多。其次是桡足类, 春季最多, 3.79%, 夏季最少, 0.55%。海螵则只在夏季出现, 其他小型底栖动物类群变化不大。

不同季节小型底栖动物丰度不同, 图 2。春季小型底栖动物的平均丰度为 ( $202.53 \pm 100.74$ ) 个/ $10cm^2$ , 最高丰度值 ( $418.74 \pm 48.95$ ) 个/ $10cm^2$ , 出现在 14 号采样点, 其次是 4 号采样点, 丰度 ( $373.98 \pm 57.42$ ) 个/ $10cm^2$ , 最低丰度值 ( $96.29 \pm 24.65$ ) 个/ $10cm^2$ 。

夏季小型底栖动物的平均丰度是 ( $206.43 \pm 72.61$ ) 个/ $10cm^2$ , 最高丰度值 ( $401.66 \pm 51.40$ ) 个/ $10cm^2$ , 在 1 号采样点, 其次是 7 号采样点, 丰度 ( $285.80 \pm 33.92$ ) 个/ $10cm^2$ , 最低丰度值 ( $105.26 \pm 13.15$ ) 个/ $10cm^2$ 。

秋季小型底栖动物的平均丰度是 ( $163.19 \pm 56.74$ ) 个/ $10cm^2$ , 最高丰度值 ( $265.84 \pm 50.78$ ) 个/ $10cm^2$ , 在 7 号采样点, 其次是 13 号采样点, 丰度值 ( $253.12 \pm 33.36$ ) 个/ $10cm^2$ , 最低丰度值 ( $77.38 \pm 13.07$ ) 个/ $10cm^2$ 。

冬季小型底栖动物的平均丰度是 ( $141.51 \pm 53.84$ ) 个/ $10cm^2$ , 最高丰度值 ( $247.27 \pm 32.70$ ) 个/ $10cm^2$ , 在 7 号采样点, 其次是 5 号采样点, 丰度值 ( $230.31 \pm 36.77$ ) 个/ $10cm^2$ , 最低丰度值 ( $69.80 \pm 15.08$ ) 个/ $10cm^2$ 。

### 3.2 沉积物 Chla 的含量

不同季节测定结果, Chla 含量为 0.188—6.300  $\mu g/g$ , 平均值为 1.731  $\mu g/g$ 。

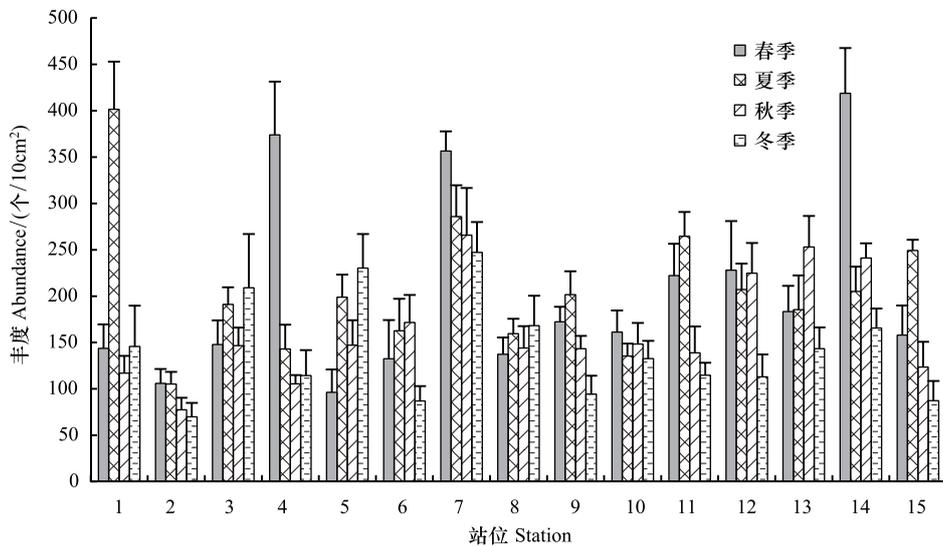


图2 小型底栖动物丰度

Fig.2 Abundance of meiofauna at the sampling sites

东寨港红树林沉积物 Chla 分布, 图 3。春季, Chla 含量在 14 号采样点最高为  $2.446 \mu\text{g/g}$ , 最低含量在 6 号站点  $0.188 \mu\text{g/g}$ 。夏季, Chla 含量在 9 号采样点最高为  $4.279 \mu\text{g/g}$ , 最低含量在 5 号站点  $0.742 \mu\text{g/g}$ 。秋季, 10 号站点 Chla 含量最高为  $6.303 \mu\text{g/g}$ , 最低含量在 1 号站点  $0.873 \mu\text{g/g}$ 。冬季, 12 号站点 Chla 含量最高为  $2.946 \mu\text{g/g}$ , 最低含量在 5 号站点  $0.246 \mu\text{g/g}$ 。春季 Chla 含量分布较为均匀, 在靠近水流源头的 14、15 号采样点附近形成高浓度区, 在红树生长稀疏、靠近出水门闸口的 1、2、3、4 号采样点是 Chla 低浓度区。总体上, Chla 含量季节变化明显, 由近岸向海域逐渐降低, 夏、秋季 Chla 平均含量高, 春、冬季平均含量低, 但差异均不显著。

### 3.3 沉积物有机质的含量

不同季节测定结果, 东寨港红树林沉积物有机质含量为 25.22%—93.41%, 总平均值为 46.60%。春季, 有机质最高含量在采样点 1, 为 86.54%, 最低出现在采样点 2 站, 含量为 25.22%。夏季, 有机质最高含量在采样点 2, 为 62.97%, 最低含量在采样点 15, 为 34.78%。秋季, 有机质最高含量也在采样点 2, 为 61.4%, 最低含量却在采样点 1, 为 30.94%。冬季, 有机质最高含量在采样点 1, 为 94.41%, 最低含量在采样点 7, 为 30.96%。总体上, 有机质含量春、冬季近岸低远岸高, 夏、秋季近岸高远岸低, 图 4。

### 3.4 小型底栖动物与环境因子的相关性分析

本研究调查的小型底栖动物生活在东寨港红树林潮间带沉积物, 受潮汐、雨水和径流冲刷影响较大, 盐度变化大, 18‰—30‰, 年平均水温约为 24—27℃, 生境沉积物多为细质冲积土, 形成黏性较强的淤泥, 长期处于淹水状态下, 含水量高, 溶解氧含量低或缺乏, 产生大量还原性气体, 导致土壤呈酸性, 有机碎屑丰富, 因此沉积物中小型底栖动物的种类和数量也较多。

BIOENV 分析小型底栖动物与环境因子的相互影响, 表 1。春季小型底栖动物丰度与 Chla、盐度和 pH 相关性最高, 这可能是因为春季保护区沉积环境的变化较为稳定, 水动力相对较小。夏季, 对小型底栖动物分布影响最大的环境因子是 pH 值, 但相关性系数仅为 0.527。秋季, 主要影响环境因子是 Chla 和盐度, 相关性系数为 0.904。冬季, 有机质、含水率、盐度、pH 值与小型底栖动物相关系数为 0.974。对不同季节小型底栖动物与主要环境因子的相关性进一步分析, 表 2。春季小型底栖动物的丰度和 Chla (Pearson's  $r = 0.684$ ;  $P < 0.05$ ) 含量呈显著的正相关。夏季有机质含量与小型底栖动物的丰度呈显著的负相关 (Pearson's  $r = -0.518$ ;  $P < 0.05$ )。秋季小型底栖动物丰度与盐度呈显著负相关 (Pearson's  $r = -0.566$ ;  $P < 0.05$ )。

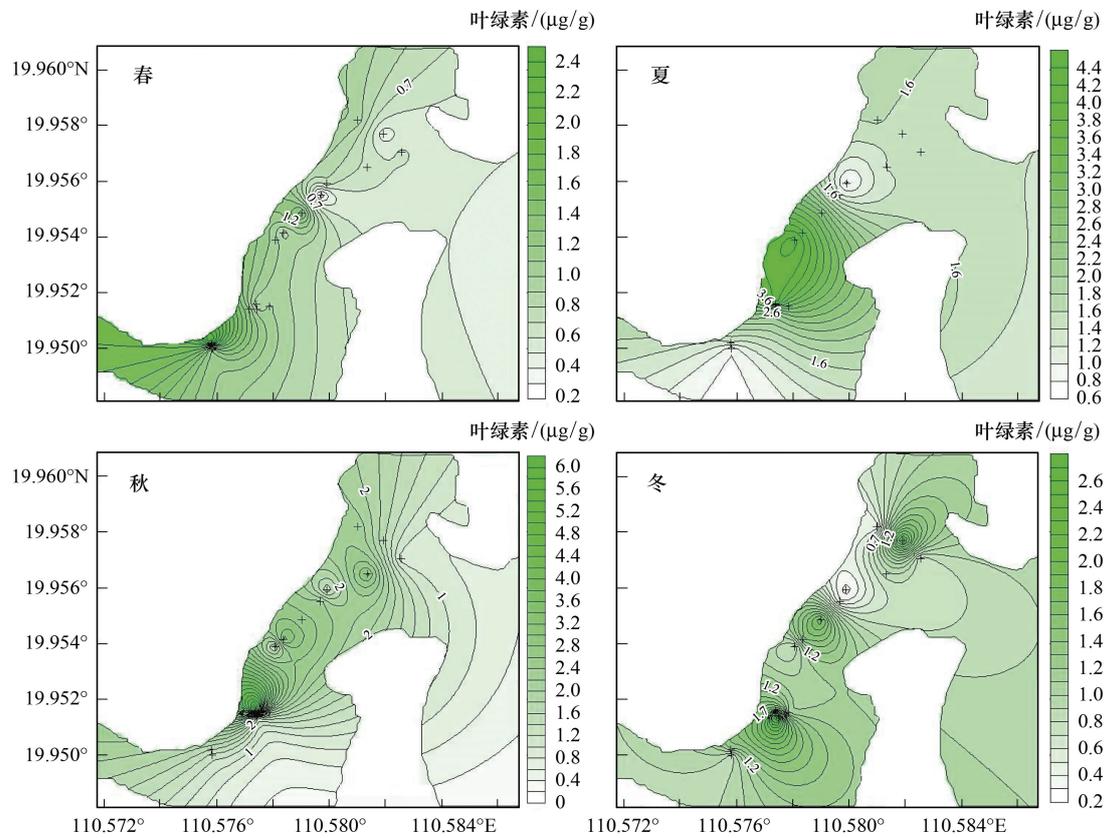


图 3 沉积物叶绿素 a 的水平分布

Fig.3 Chla distribution in sediments of mangrove in different seasons

表 1 小型底栖动物丰度类群与环境因子相关性

Table 1 Correlation of meiofauna abundance and environmental factors

季节 Season	相关性 Correlation	变量 Variable	季节 Season	相关性 Correlation	变量 Variable
春季 Spring	0.919	Chla、有机质、含水率、盐度、pH	秋季 Autumn	0.876	Chla、有机质、含水率、盐度、pH
	0.924	Chla、盐度、pH		0.89	Chla、含水率、盐度、pH
	0.907	盐度、pH		0.901	Chla、盐度、pH
夏季 Summer	0.318	Chla、有机质、含水率、盐度、pH	冬季 Winter	0.904	Chla、盐度
	0.527	pH		0.969	Chla、有机质、含水率、盐度、pH
				0.974	有机质、含水率、盐度、pH

表 2 小型底栖动物丰度类群与环境因子的相关性分析

Table 2 Correlation of meiofauna abundance and environmental factors

丰度 Abundance	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	丰度 Abundance	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
Chla Chlorophyll a	0.684 **	-0.156	-0.011	-0.200	盐度 Salinity	-0.066	0.040	-0.566 *	0.192
有机质 Organic matter	0.201	-0.518 *	-0.140	-0.052	pH 值	-0.117	0.244	-0.492	0.257
温度 Temperature	0.267	0.010	0.500	-0.238					

\* \*.在 0.01 水平上显著相关(双尾); \*.相关在 0.05 水平上相关(双尾)(n=3)

#### 4 讨论

小型底栖动物典型特点是体型小,生活周期短,种类多,不同海域、距岸远近、水文条件等都会影响它们的

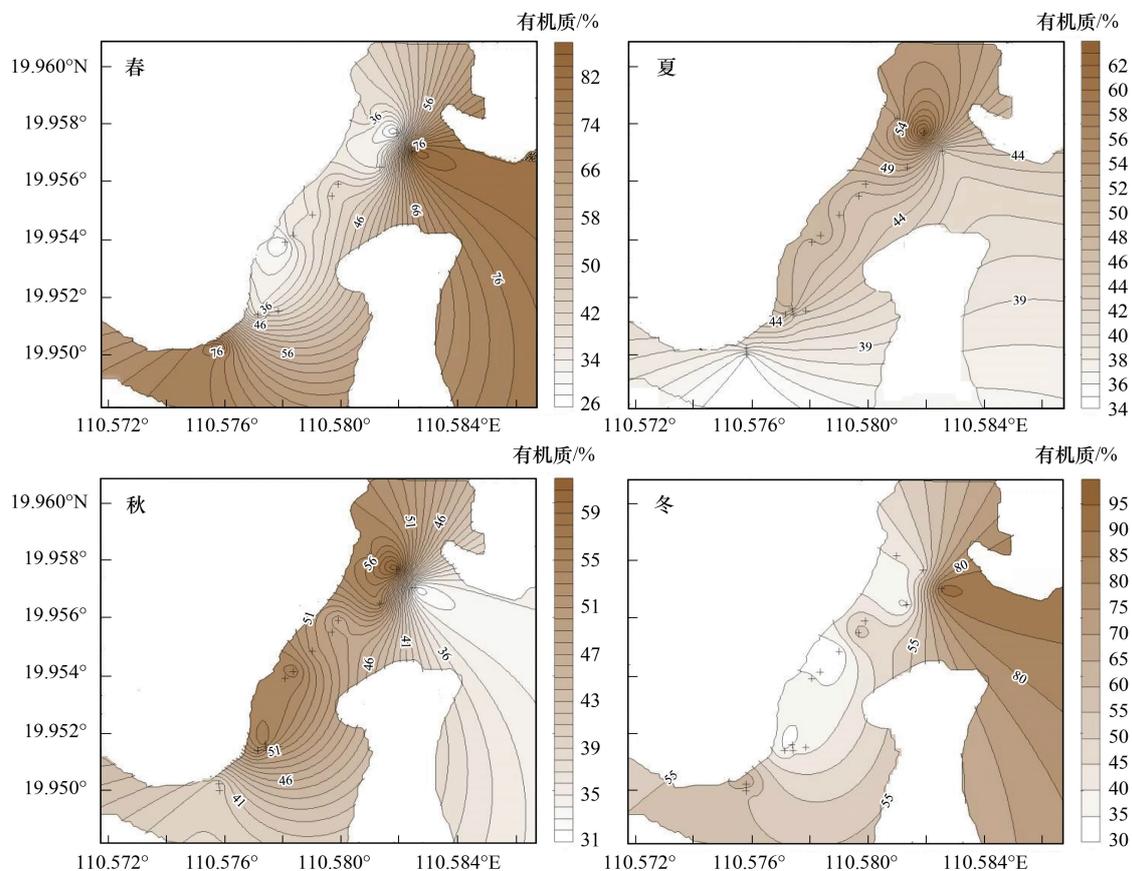


图 4 沉积物有机质的水平分布

Fig.4 Organic matter distribution in sediments of mangrove in different seasons

分布,尤其受沉积物理化性质、营养条件的影响,因为绝大多数幼体对底质要求严格,这在一定程度上限制了底栖动物的分布范围。本研究结果,东寨港红树林小型底栖动物的种类多样性较低,这与深圳湾福田红树林区小型底栖动物优势类群呈现较低的类群多样性一致<sup>[8]</sup>。小型底栖动物的分布受多个环境因子共同作用,而相关性系数变化受季节影响较大,BIOENV 分析显示每个季节环境因子的相关性系数都不同,但都存在一个最优环境,即沉积物中有机质和 Chla 是影响小型底栖动物丰度的重要环境因子。

本研究发现小型底栖动物多集中分布在 Chla 含量高区,这与很多研究结果一致,如毛硕乾等对象山港小型底栖动物与环境因子的研究<sup>[9]</sup>,王家栋等对黄海冷水团及周边海域小型底栖动物与环境因子相关性研究<sup>[10]</sup>,范世亮等对黄东海小型底栖动物与环境因子研究<sup>[11]</sup>,结果均表明呈显著正相关。东寨港红树林潮间带沉积物中 Chla 的含量在季节、生物环境等综合作用下发生了显著变化,由于采样点位于河口附近,受近岸、生物、环境影响较大。春季平均气温达到 18.54℃,光照时长为 6.45h,适宜光照和温度以及较高营养盐水平使得藻类快速从底泥中复苏,进行大量增殖,生物量增加快。夏、秋季平均气温达到 26.99℃,光照时长为 5.72h,光照充足、温度适宜,大规模藻类生长为生境中的以藻类为食的生物提供了丰富的营养,这使不同站点 Chla 浓度先升高后降低。冬季温度下降、光照减弱,藻类代谢减弱,甚至进入休眠期,Chla 浓度逐步降低至最低浓度。不同生境不同调查区域小型底栖动物与单个环境因子的相关性有差异,王小谷等研究报道长江口春季小型底栖动物生物量与 Chla 不相关<sup>[12]</sup>,冬季小型底栖动物丰度与 Chla 含量呈显著正相关<sup>[13]</sup>。胶州湾西北部海域小型底栖动物丰度与有机质、Chla、沉积物类型等单个环境因子没有显著相关关系<sup>[14]</sup>。退潮时巴基斯坦 Korangi 和 Phitti 两地的红树林小型底栖动物丰度及分布与环境因子呈正相关<sup>[15]</sup>。

在沉积环境中,有机质可为底栖动物提供营养,众多的小型底栖动物,都直接或间接的以有机质为食,如

自由生活线虫类,直接以有机碎屑或间接的以消化有机碎屑为无机盐的细菌和微藻为食,因此,有机质的含量是研究小型底栖动物的重要环境因子之一。春、夏季节,红树林中的动植物的生长发育加速,有机质作为营养物质源会被大量消耗,但生境内动植物旺盛的代谢活动又会产生新的动植物残体和排泄物来补充有机质,同时近岸春耕施肥等陆源污染带来营养盐汇入,营养盐水平较高,且夏季多暴雨,雨水会挟带大量有机质碎屑及泥沙在港内沉积。秋、冬季节,温度较低,生境内动植物进入休眠期,消耗有机质的活动和反应速度降低,产生的有机物会不断累积,含量增高。环境条件健康时,有机质消耗与产生平衡,含量维持在稳定水平。由于红树林生态系统的生产者主要是红树,红树脱落的叶片,一般都富集于沉积物的表层,这些都是有机质的重要来源。富集的有机质会吸引更多以分解有机质为生的微生物和微型底栖生物,而小型底栖动物以有机碎屑或分解有机质的微生物和微型底栖生物为食,所以更多的有机质也会直接或间接的吸引更多的小型底栖动物。

红树林生态系统中小型底栖动物的多样性可以反映环境细微的变化,并被用于环境监测<sup>[16-17]</sup>,因此,东寨港红树林的环境监测需要密切持续地关注底栖动物的变化。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Vizzini S, Sarù G, Michener RH, Mazzola A. The role and contribution of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Acta Oecologica*, 2002, 23(4): 277-285.
- [ 2 ] 陈昕韡, 李想, 曾佳丽, 谭文娟, 周细平, 洪万树, 蔡立哲. 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. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2017, 56(3): 351-358.
- [ 3 ] Ansari ZA, Sreepada RA, Matondkar SGP, Parulekar AH. Meiofaunal stratification in relation to microbial food in a tropical mangrove mud flat. *Tropical Ecology*, 1993, 34(2): 204-216.
- [ 4 ] Vanhove S, Vincx M, Van Gansbeke D, Gijssels W, Schram D. The meiobenthos of five mangrove vegetation types in Gazi Bay, Kenya. *Hydrobiologia*, 1992, 247(1/3): 99-108.
- [ 5 ] Gee JM, Somerfield PJ. Do mangrove diversity and leaf litter decay promote meiofaunal diversity?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1997, 218(1): 13-33.
- [ 6 ] Vafeiadou AM, Chintiroglou C, Moens T. Effects of an increased temperature regime on the population dynamics and species interactions of marine nematodes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2017, 502: 142-142.
- [ 7 ] 张志南, 谷峰, 于子山. 黄河口水下三角洲海洋线虫空间分布的研究. *海洋与湖沼*, 1990, 21(1): 11-19.
- [ 8 ] 谭文娟, 曾佳丽, 李晨岚, 饶义勇, 陈昕韡, 蔡立哲. 深圳湾福田红树林区小型底栖动物群落特征分析. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2017, 56(6): 859-865.
- [ 9 ] 毛硕乾, 林霞, 罗杨, 朱艺峰, 严小军. 象山港小型底栖动物群落结构及其与环境因子的相关性. *生态学报*, 2016, 36(5): 1442-1452.
- [ 10 ] 王家栋, 类彦立, 徐奎栋, 杜永芬. 黄海冷水团及周边海域夏初小型底栖动物现存量及空间分布研究. *海洋与湖沼*, 2011, 42(3): 359-366.
- [ 11 ] 范士亮, 王宗兴, 徐宗军, 朱明远, 王宗灵, 刘光兴. 南黄海冬季小型底栖生物分布特征. *海洋环境科学*, 2011, 30(2): 185-188.
- [ 12 ] 王小谷, 王春生, 张东声, 洪丽莎, 杨丹. 长江口及其陆架春季小型底栖生物丰度和生物量. *生态学报*, 2010, 30(17): 4717-4727.
- [ 13 ] 于婷婷, 徐奎栋. 长江口及邻近海域秋冬季小型底栖动物类群组成与分布. *生态学报*, 2013, 33(15): 4556-4566.
- [ 14 ] 纪莹璐. 胶州湾西北部海域小型底栖动物生态学和自由生活海洋线虫群落结构研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [ 15 ] Qureshi NA, Naz F, Saher NU. Variations in distribution and abundance of meiobenthos communities in mangrove creek areas along the coast of Karachi, Pakistan. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 2016, 45(4): 546-555.
- [ 16 ] Chittima A, Chawaporn J. Assessment of marine Meiobenthic assemblages in transplanted mangrove forests along the inner gulf of Thailand. *The NaGISA Westpac Congress*, 2009, 10: 65-74.
- [ 17 ] Bianchelli S, Pusceddu A, Buschi E, Danovaro R. Trophic status and meiofauna biodiversity in the northern Adriatic Sea: insights for the assessment of good environmental status. *Marine Environmental Research*, 2016, 113: 18-30.