

# Distribution Characteristics of Chlorophyll A among Different Mangrove Species in Dongzhai Port Mangrove

Fangzhao Zhao, Chao Yuan\*

Haikou Marine Environment Monitoring Station, State Oceanic Administration, Haikou Hainan  
Email: 316030279@qq.com, \*263720793@qq.com

Received: Feb. 13<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 5<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 12<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Mangrove have the functions of preventing wind and waves, accelerating silting and protecting beaches, fixing bank dikes, and purifying seawater and air. In this experiment, 15 sampling points were set up for sampling in four seasons. The 15 sampling points were respectively of *hornbeam*, *Brassica*, *R. sylvestris*, *S. sylvestris*, *K. candel*, *K. sylvestris*, *Caudal Flap*, *Sonneratia alba*, *Hainan Sea mulberry*, *Bruguiera sexangula*, hibiscus, red sea urchin, *Paulownia*, *Avicennia marina* and *Sonneratia ovata*. Three samples of different depth layers were taken at each sampling point, which were 0 - 2 cm, 2 - 5 cm and 5 - 8 cm depth layers respectively. The chlorophyll a content was determined by spectrophotometry in the Ocean Survey Code. From the horizontal distribution, the chlorophyll a content was  $1.7308 \pm 0.6510 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  for the whole year. The chlorophyll a content in the site of *Bruguiera sexangula* was the highest  $3.2960 \pm 2.0909 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , which was significantly higher than that under the vegetation types of *Avicennia marina*, *S. arborescens*, *Brassica chinensis*, *R. sylvestris*, *C. sylvestris*, *C. sylvestris*, *C. sylvestris* and *Kandelia candel* ( $0.01 \leq p \leq 0.05$ ). There is no significant difference between the sampling points of *Bruguiera sexangula* and *Sonneratia alba*, hibiscus, cusps, red sea lam, Hainan sea mulberry and *Paulownia* ( $0.05 \leq p \leq 0.1$ ), so they formed a high concentration zone. The horizontal distribution data of chlorophyll a content showed a trend of gradually increasing from low to high from shallow sea to near shore. From the vertical distribution, the chlorophyll a content was the lowest in the depth of 0~8cm and the highest in the surface of 0 - 2cm. Statistical analysis showed that the content of chlorophyll a in the four seasons was significantly different ( $p > 0.01$ ). The distribution characteristics of chlorophyll a among 15 species of mangrove plants in dongzhai port were determined to provide basic data for monitoring and comprehensive protection of mangrove reserve.

## Keywords

Mangrove Forest, Chlorophyll A, Difference

## 东寨港红树林不同红树植物种类间叶绿素a的分布特征

\*通讯作者。

## 赵方钊, 袁超\*

国家海洋局海口海洋环境监测中心站, 海南 海口

Email: 316030279@qq.com, \*263720793@qq.com

收稿日期: 2020年2月13日; 录用日期: 2020年3月5日; 发布日期: 2020年3月12日

## 摘要

红树林具有防风消浪、促淤保滩、固岸护堤、净化海水和空气的功能。本研究在四个季节分别采集角果木、卤蕨、榄李、水椰、秋茄、木果楝、尖瓣、杯萼海桑、海南海桑、海莲、木榄、红海榄、桐花、白骨壤和卵叶海桑树下沉积物, 按照《海洋调查规范》分别测定0~2 cm、2~5 cm和5~8 cm深度叶绿素a含量。结果显示, 叶绿素a含量全年平均 $1.7308 \pm 0.6510 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 在海莲站点叶绿素a含量最高 $3.2960 \pm 2.0909 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 显著高于白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、卵叶海桑、角果木和秋茄植被下含量( $0.01 \leq p \leq 0.05$ )。海莲采样点含量与杯萼海桑、木榄、尖瓣、红海榄、海南海桑和桐花有差异不显著( $0.05 \leq p \leq 0.1$ ), 为叶绿素a高浓度区。叶绿素a水平分布呈现由浅海区到近岸逐渐由低到高的趋势。垂直分布, 在0~8 cm深度中叶绿素a含量较低, 在0~2 cm表层叶绿素a含量最高。统计分析表明, 四个季节叶绿素a含量差异显著( $p > 0.01$ )。研究测定了东寨港15种不同红树植物种类间叶绿素a的分布特征, 为红树林保护区的监测及综合保护提供基础资料。

## 关键词

红树林, 叶绿素a, 差异

Copyright © 2020 by author(s) and Hans publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

生态系统是由生物与其所属环境构成的整体。生态系统中的动物、植物和微生物彼此影响、相互作用, 生物依赖于环境又反作用于环境。红树林是指分布在热带、亚热带海岸带和潮间带的以红树植物为主的常绿乔木、灌木组成的植物群落, 是海岸区域重要湿地类型之一, 沉积物中叶绿素a是底栖生物息息相关的有机环境, 也是控制小型底栖生物数量的关键因子之一[1][2]。红树林生态系统作为全球最高的生物多样性、生物量和生产力生态系统之一, 红树林有非常强大的固定有机质能力, 其初级生产力还有沉积物总产量达到了生态系统中极高的水平, 红树林生态系统的特点为高度的光合作用、呼吸作用和返还率。我国红树林区每公顷的枯枝落叶凋落物量净重为6310~12,550 kg/年[3]。东寨港自然保护区地处海南省海口市美兰区演丰镇, 是中国最典型、最原始的天然红树林分布区[4]。东寨港红树林保护区的建立是为了保护生活其中的珍稀动植物、保持湿地生态系统的完整稳定性, 但是随着经济的发展, 近岸海域正遭受破坏。红树林面临植物叶片的光合作用和沉积物叶绿素浓度降低、酶活力被破坏等问题, 导致红树林的生境受到威胁[5]。

东寨港红树林保护区主要的红树林群落包括木榄群落(*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk community), 角果木群落(*Ceriops tagal* (perr.) C.B. Rob community), 白骨壤群落(*Avicennia marina* community), 卤蕨群

落(*Acrostichum aureum* (L.) community), 秋茄群落(*Kandelia candel* Druce community), 海莲群落(*Sonneratia caseolaris* community), 红海榄群落(*Rhizophora stylosa* Griff community), 水椰群落(*Nypa fruticans* Wurm community), 桐花树群落(*Aegicera corniculatum* (L.) Blanco community), 无瓣海桑群落(*Sonneratia apetala* community), 海桑 + 桐花群落(*Sonneratia caseolaris* and *Aegicera corniculatum*(L.)Blanco community), 红海榄 + 角果木群落(*Rhizophora stylosa* Griff and *Ceriops tagal* (perr.) C.B.Rob community), 海莲 + 秋茄群落(*B.sexangyla* (lour.) poir and *Kandelia candel* Druce community)。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 采样时间、地点和种类

本研究于2017年4月29日(春季)、2017年6月21日(夏季)、2017年10月29日(秋季)、2018年1月11日(冬季), 选取东寨港红树林保护区的潮间带, 低潮时进行采样。选取角果木、卤蕨、榄李、水椰、秋茄、木果楝、尖瓣、杯萼海桑、海南海桑、海莲、木榄、红海榄、桐花、白骨壤、卵叶海桑 15 个不同树种, 每个采样点分三个不同深度层采取, 分别为0~2 cm层、0~5 cm层和5~8 cm层(图 1), 分层装入封口袋中冷藏备用。

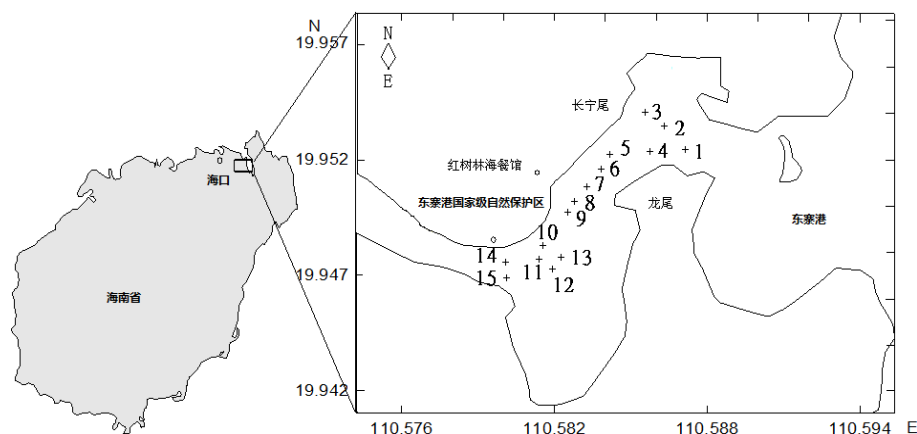


Figure 1. Sampling plan of mangroves in Dongzhai port

图 1. 东寨港红树林采样平面图

### 2.2. 叶绿素 a 含量测定

取 2 g 沉积物, 用 150 mL 磨口具塞碘量瓶放入, 加入 9 mL 丙酮(90%), 同时加入少量,  $MgCO_3$  固体, 用力拧紧瓶盖, 在温度低且黑暗的条件下, 摇匀使土壤样品与丙酮充分混合均匀, 然后放入冰箱中浸提 24 h,  $4000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  离心 15 min, 萃取沉积物中的叶绿素 a。按照《海洋调查规范》中的分光光度法测定上清液中的叶绿素 a, 最后计算出沉积物中叶绿素 a 的含量[6]。

### 2.3. 统计与分析

采用 Suffer8.0 绘制地图, Excel 数据统计及图表制作, IBM SpSS Statistic 24 数据分析。

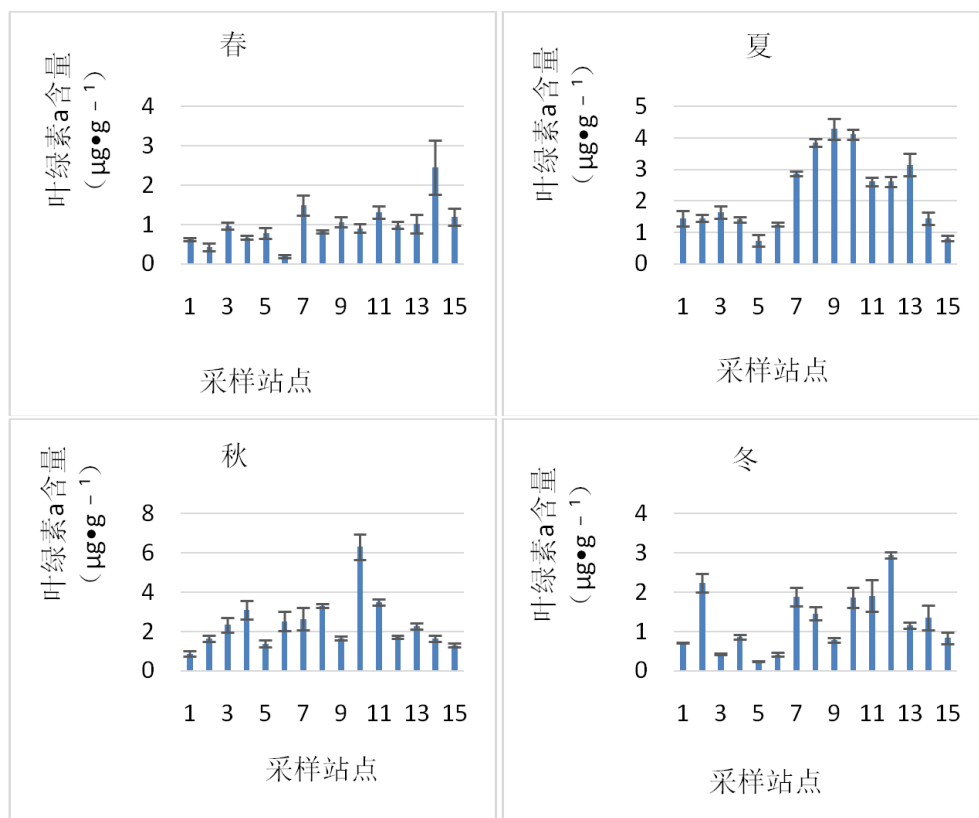
## 3. 结果与分析

### 3.1. 叶绿素 a 在不同树种间的水平分布特征

东寨港红树林 15 个采样点水平分布特征(图 2), 叶绿素 a 含量全年平均  $1.7308 \pm 0.6510\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其中

全年叶绿素 a 含量最高点在海莲站点  $3.2960 \pm 2.0909 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 全年叶绿素 a 含量最低点在秋茄站点  $0.7894 \pm 0.4062 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。春季 15 个站点(图 2), 叶绿素 a 含量平均  $0.9929 \pm 0.5035 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其中叶绿素 a 含量最高点为白骨壤站点  $2.4457 \pm 0.6868 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 叶绿素 a 含量最低点为木果楝站点  $0.1878 \pm 0.0341 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。夏季 15 个站点(图 2), 叶绿素 a 含量平均  $2.2463 \pm 1.1523 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其中叶绿素 a 含量最高点为海南海桑站点  $4.2787 \pm 0.3242 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 叶绿素 a 含量最低点为秋茄站点  $0.7421 \pm 0.1739 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。秋季 15 个站点(图 2), 叶绿素 a 含量平均  $2.4132 \pm 1.2766 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其中叶绿素 a 含量最高点为海莲站点  $6.3033 \pm 0.6377 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 叶绿素 a 含量最低点为角果木站点  $0.8729 \pm 0.1286 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。冬季 15 个站点(图 2), 叶绿素 a 含量平均  $1.2708 \pm 0.7455 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其中叶绿素 a 含量最高点为红海榄站点  $2.9460 \pm 0.0812 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 叶绿素 a 含量最低点为秋茄站点  $0.2459 \pm 0.0130 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

对 15 个站点线叶绿素 a 含量进行单因素方差检验( $df = 14, p = 0.09$ ), 东寨港红树林不同植被类型下的叶绿素 a 含量有差异但是差异不显著( $0.05 \leq p \leq 0.10$ ), 对不同植被类型下叶绿素 a 进行多因素 LSD 检验(表 1),  $F = 1.531, p = 0.087$ , 表明植被类型对叶绿素分布影响有差异但是差异不显著( $p \geq 0.05$ )。其中海莲站点叶绿素 a 含量与杯萼海桑站点、木榄站点、尖瓣站点、红海榄站点、海南海桑站点、桐花站点有差异不显著( $0.05 \leq p \leq 0.1$ ), 显著高于白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、圆叶、角果木和秋茄植被类型下叶绿素 a 含量( $0.01 \leq p \leq 0.05$ )。杯萼海桑、木榄、尖瓣、红海榄、海南海桑、桐花站点之间无显著性差异( $p \geq 0.1$ ), 与白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、圆叶、角果木、秋茄之间叶绿素 a 含量有差异不显著( $0.05 \leq p \leq 0.1$ )。白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、圆叶、角果木、秋茄植被下叶绿素 a 含量之间无显著性差异( $p \geq 0.1$ )。



**Figure 2.** Horizontal distribution characteristics of chl a in different tree species in different seasons  
**图 2.** 不同季节叶绿素 a 在不同树种间的水平分布特征

**Table 1.** Single factor analysis of horizontal distribution LSD**表 1.** 水平分布 LSD 单因素分析

站点	均值	5%显著水平
海莲	3.2960 ± 2.4144	a
杯萼海桑	2.3618 ± 1.4490	ab
木榄	2.3294 ± 0.9317	ab
尖瓣	2.22014 ± 0.6408	ab
红海榄	2.06491 ± 0.8880	ab
海南海桑	1.94465 ± 1.5988	ab
桐花	1.8963 ± 1.0044	ab
白骨壤	1.7229 ± 0.4988	b
水椰	1.5077 ± 1.09691	b
卤蕨	1.4421 ± 0.7538	b
榄李	1.3443 ± 0.8316	b
木果楝	1.0939 ± 1.0509	b
卵叶海桑	1.0379 ± 0.2495	b
角果木	0.9111 ± 0.3701	b
秋茄	0.7894 ± 0.46901	b

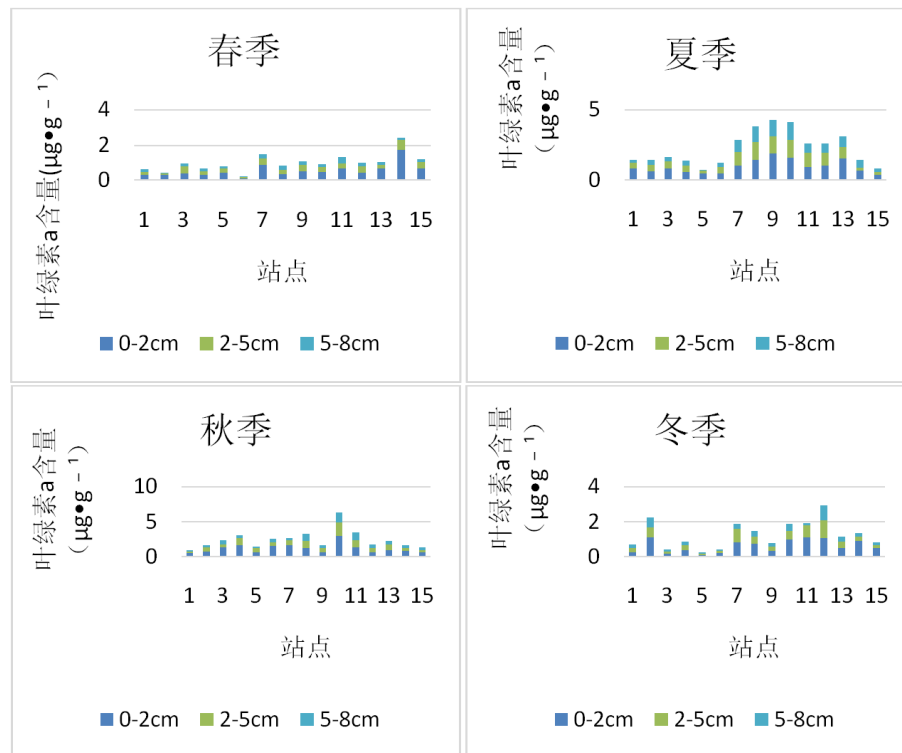
### 3.2. 叶绿素 a 在不同树种间的垂直分布特征

在春季(2017年4月29日), 沉积物在0~2 cm、2~5 cm和5~8 cm三个不同深度层沉积物中叶绿素 a 含量的范围为  $0.0970 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.7493 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.0646 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $0.5787 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $0.0162 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $0.3551 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其三个不同深度层平均含量分别是  $(0.5358 \pm 0.3765) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $(0.2834 \pm 0.1287) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $(0.1737 \pm 0.0770) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。0~2 cm层、2~5 cm层和5~8层的叶绿素 a 含量比为 53.96%、28.54%和 17.50%。

在夏季(2017年6月21日), 沉积物在0~2 cm、2~5 cm和5~8 cm三个不同深度层中叶绿素 a 含量的范围分别是  $0.3710 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.8820 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.1839 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.3245 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $0.0733 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.2016 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其叶绿素 a 平均含量为  $(0.9490 \pm 0.4483) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $(0.6992 \pm 0.3998) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $(0.5980 \pm 0.3490) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。0~2 cm层、2~5 cm层和5~8层的叶绿素 a 含量比为 42.25%、31.13%和 26.62%。

在秋季(2017年10月29日), 沉积物在0~2 cm、2~5 cm和5~8 cm不同深度层叶绿素 a 含量的范围为  $0.4725 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $2.9499 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.2080 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.9403 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $0.1923 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.4130 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 平均含量分别是  $(1.1313 \pm 0.6234) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $(0.7310 \pm 0.3968) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $(0.5511 \pm 0.3524) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。0~2 cm层、2~5 cm层和5~8层的叶绿素 a 含量比为 46.87%、30.29%和 22.84%。

在冬季(2018年1月11日), 沉积物在0~2 cm、2~5 cm和5~8 cm三个不同深度层叶绿素 a 含量的范围为  $0.1002 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.1180 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.0708 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $1.0223 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $0.0749 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ~ $0.8687 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 平均叶绿素 a 含量分别是  $(0.6073 \pm 0.3521) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $(0.3837 \pm 0.2639) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和  $(0.2798 \pm 0.2000) \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。0~2 cm层、2~5 cm层和5~8层的叶绿素 a 含量比为 47.79%、30.19%和 22.02%。东寨港红树林沉积物中叶绿素 a 的垂直分布如图 3。



**Figure 3.** Vertical distribution characteristics of chl a in different species in different seasons  
**图 3.** 不同季节叶绿素 a 在不同树种间的垂直分布特征

### 3.3. 叶绿素 a 在不同树种间的季节变化特征

四个季节中叶绿素 a 的含量从高到低为秋季 > 夏季 > 冬季 > 春季, 其中秋季和夏季含量相近, 冬季和春季含量相近。春季, 叶绿素 a 的平均含量为  $0.9930 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最高值出现在白骨壤站点, 达到了  $2.4457 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最低值出现在木果楝站点, 为  $0.1878 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。夏季, 叶绿素 a 平均含量为  $2.2462 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最高值出现在海南海桑站点, 其值为  $4.2787 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最低值出现在秋茄站点, 含量为  $0.7421 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在秋季时, 叶绿素 a 平均含量为  $2.4134 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最大值出现在海莲站点, 含量高达  $6.3033 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最低值出现在角果木站点, 其值为  $0.8729 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在冬季时, 叶绿素 a 平均含量为  $1.2708 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最高值出现在红海榄站点, 其含量为  $2.9460 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 最低值出现在秋茄站点, 其值为  $0.2459 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

通过 IBM SpSS Statistic 24 对沉积物中的叶绿素 a 含量的季节性变化进行单因素分析。在 ANOVA 检验四个季节的变化中得出,  $df = 6.79$ ,  $p = 0.001$ , 表明四个季节之间存在差异极显著 ( $p < 0.01$ )。用多重比较 LSD 检验, 发现在春季与冬季之间  $p = 0.58$ , 表明无差异 ( $p \geq 0.1$ )、秋季与夏季之间  $p = 0.46$ , 表明无差异 ( $p \geq 0.1$ ), 而冬季和春季分别与夏季和秋季差异极显著 ( $p \leq 0.01$ )。

## 4. 讨论

从叶绿素 a 在不同树种间水平的分布特征来看, 海莲站点的叶绿素 a 含量显著高于白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、圆叶、角果木和秋茄植被类型下叶绿素 a 含量 ( $0.01 \leq p \leq 0.05$ )。海莲、杯萼海桑、木榄、尖瓣、红海榄、海南海桑和桐花站点, 在靠近水流源头的 14、15 号采样点附近形成高浓度区, 其原因是这高浓度区位于海南省东寨港红树林自然保护区, 受人为干扰破坏比较少, 植被生长旺盛。而靠近出水门闸口的白骨壤、水椰、卤蕨、榄李、木果楝、圆叶、角果木和秋茄采样点附近则出现了一个

较大范围的低浓度区, 由于采样点位于河口附近, 受近岸、生物环境影响较大, 海水透明度较高, 浮游藻类、底栖藻类及其他浮游生物生长较好, 受潮差影响相对较小, 叶绿素 a 的含量的高值均分布在近岸, 大体呈一个由近岸沿海向外逐渐降低的趋势, 这与袁超等人的研究结果相似[7]。

从季节变化来看, 四个季节春季到冬季呈先增加后减少的趋势, 通过 SPSS 分析得出, 夏季与秋季、春季与冬季之间叶绿素 a 含量无差异( $p \geq 0.1$ ), 但夏季和秋季分别与春季和冬季差异极显著( $p \leq 0.01$ )。春季和冬季叶绿素 a 含量较少, 是因为缺少光的照射, 使得植物的光合作用遭到了限制。秋季和夏季叶绿素 a 含量高, 是由于阳光充足, 使植物能够充分的进行光合作用。此实验结果与 2017 年袁超对海南东寨港红树林沉积物中叶绿素 a 含量的研究结果几乎一致[8]。

相关环境因子的研究结果与国内大多数学者研究结果相一致, 如毛硕乾等对象山港小型底栖动物与环境因子的研究, 张艳对胶州湾小型底栖动物季节变化研究, 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, 范世亮等对黄东海小型底栖动物与环境因子研究结果均表明呈显著正相关[9] [10] [11] [12]。不同树种沉积物中的叶绿素 a、脱镁叶绿酸的含量体现了差异性的食物来源和底质条件, 认为沉积物不同导致小型底栖动物对事物产生选择性继而影响两者相关性[13]。

## 参考文献

- [1] 张志南, 周红. 国际小型底栖生物研究的某些进展[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2004, 34(5): 799-806.
- [2] 林鹏, 卢昌义, 林光辉, 等. 九龙江口红树林研究 I 秋茄群落的生物量和生产[J]. 厦门大学学报自然科学版, 1985, 24(4): 508-514.
- [3] 林鹏. 中国红树林研究进展[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2001, 40(2): 592-603.
- [4] 廖宝文, 李玫, 陈玉军, 等. 海南东寨港红树林生态系统研究[J]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2007: 2-31.
- [5] 刘均玲, 黄渤. 海南东寨港红树林沉积物中叶绿素 a 和脱镁叶绿酸含量[J]. 生态学杂志, 2013, 32(11): 2973-2977.
- [6] GB/T 12763.6-2007 海洋调查规范 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 59.
- [7] 袁超, 赵爽, 徐柯. 海南东寨港红树林沉积物中有机质的分布特征[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(1): 263-266.
- [8] 袁超. 海南东寨港红树林小型底栖动物分布与主要环境因子的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 海口: 海南大学, 2017: 1-79.
- [9] 毛硕乾, 林霞, 罗杨, 等. 象山港小型底栖动物群落结构及其与环境因子的相关性[J]. 生态学报, 2016, 36(5): 1442-1452.
- [10] 张艳. 胶州湾典型站位小型底栖生物丰度和生物量的季节变化研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(17): 296-301.
- [11] 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[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(3): 359-366.
- [12] 范世亮, 刘海滨, 张志南. 青岛太平湾砂质潮间带小型底栖动物丰度和生物量的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2006, 36(z1): 98-104.
- [13] 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[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4717-4727.