

福建漳江口红树林和盐沼湿地的多毛类动物群落*

陈昕韡¹ 蔡立哲^{1,2**} 吴辰¹ 彭欣¹ 曹婧¹ 许鹏¹ 刘莎¹ 傅素晶¹

(¹厦门大学环境与生态学院,福建厦门 361005; ²厦门大学海洋生物多样性与全球变化研究室,福建厦门 361005)

摘要 为了比较漳江口 4 种植物生境之间多毛类动物群落的差异性,2010 年对漳江口潮间带秋茄、桐花树、白骨壤和互花米草 4 种植物生境的多毛类动物进行 4 个季度的定量取样。共获得 15 种多毛类动物,4 个季度在 4 种植物生境中均出现三角洲双须虫、溪沙蚕、拟突齿沙蚕、凿贝才女虫、小头虫和加州中蚓虫。多毛类动物栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数的季节变化不明显;但 4 种植物生境之间多毛类动物栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数有显著差异,且互花米草生境与 3 种红树林生境之间多毛类动物优势种不同。Pearson 相关分析表明,漳江口红树林和盐沼湿地除了多毛类物种数与泥温显著相关外,多毛类动物栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数均与泥温、盐度、总有机碳、总氮无显著相关关系,其原因是漳江口 4 种植物生境多毛类动物常见种小头虫、加州中蚓虫和溪沙蚕均是广温、广盐及耐高有机质含量的种类。

关键词 多毛类 红树林 盐沼 潮间带 漳江口

文章编号 1001-9332(2012)04-0931-08 中图分类号 Q143 Q178 Q958 文献标识码 A

Polychaete community in mangrove and salt marsh in Zhangjiang River Estuary, Fujian Province of East China. CHEN Xin-wei¹, CAI Li-zhe^{1,2}, WU Chen¹, PENG Xin¹, CAO Jing¹, XU Peng¹, LIU Sha¹, FU Su-jing¹ (¹College of Environmental and Ecological Science, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China; ²Laboratory of Marine Biodiversity and Global Change, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2012, **23**(4): 931-938.

Abstract: In order to understand the community structure of polychaete in different botanic habitats in Zhangjiang River Estuary, an investigation was conducted in the habitats of *Kandelia candel*, *Aegiceras corniculatum*, *Spartina alterniflora*, and *Avicennia marina* in four seasons, 2010. A total of 15 polychaete species were recorded, and 6 species including *Eteone delta*, *Namalycastis abi-uma*, *Paraleonnates uschakovi*, *Polydora ciliata*, *Capitella capitata*, and *Mediomastus californiensis* were found in the four habitats and four seasons. The density, biomass, richness index, evenness index, and diversity index of the polychaete had no significant differences among seasons but significant differences among habitats, and the dominant species of polychaete in *S. alterniflora* habitat differed from that in the other three mangrove habitats. Pearson correlation analysis showed that in the mangrove and salt marsh, there were no significant correlations between the polychaete parameters (density, biomass, richness index, evenness index, and diversity index) and the environmental factors (sediment temperature, salinity, total organic carbon, and total nitrogen), except that the species number of polychaete had significant correlation with sediment temperature due to the common species of polychaete such as *Capitella capitata*, *Mediomastus californiensis*, and *Namalycastis abi-uma* in the mangrove and salt marsh in Zhangjiang River Estuary being of eurytherm and euryhalinity, and resistant to high organic matter content.

Key words: Polychaete; mangrove; salt marsh; intertidal zone; Zhangjiang estuary.

* 国家自然科学基金重点项目(30930017)资助。

** 通讯作者, E-mail: cailizhe@xmu.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
2011-08-30 收稿 2012-01-20 接受。

福建漳江口红树林国家级自然保护区位于云霄县漳江口(23°53'45"—23°56'00" N, 117°24'07"—117°30'00" E, 海拔-6~8 m), 距离县城 10 km. 漳江口滩涂湿地面积 2360 hm², 保护区自然条件优越, 属亚热带海洋性季风气候, 温暖湿润, 光、热、水资源丰富, 水域理化条件好, 是中国红树林自然地理分布最北的重要湿地类型保护区, 也是福建省最重要的湿地生态系统类型的国家级自然保护区^[1]. 漳江口红树林保护区于 1992 年元月成立, 1997 年 7 月经福建省政府批准成为省级自然保护区, 2003 年 6 月经国务院批准升格为国家级自然保护区. 漳江是云霄县的主要河流, 全长 58 km, 流域面积 855 km², 径流总量 1.01×10^9 m³ (包括客水 1.53×10^8 m³), 全县年均径流量为 6.35×10^8 m³. 根据县气象台历史观测资料统计, 漳江口年平均气温 21.2 °C, 1 月均温 13.3 °C, 7 月均温 28.2 °C, 极端最高气温 38.1 °C, 极端最低气温 0.2 °C, 年均风速 2.7 m·h⁻¹, 秋冬季多偏北风, 春夏季多偏南风; 年均降雨量 1714.5 mm, 年均蒸发量 1718.4 mm, 年均雷暴雨日数 50.5 d, 年均日照时数 2152.1 h, 年均均有霜日数 2.3 d.

多毛类是某些海洋经济鱼类和虾、蟹类的重要饵料, 也是从事海洋渔业农牧化的优质活饵, 有些种类是贝类养殖的敌害, 还有一些种类可作为评价海域环境质量的指示生物^[2]. 此外, 作为海洋大型底栖生物的重要组成部分, 多毛类在维持海洋底栖

生态系统的平衡方面具有重要作用^[3]. 许多学者在漳江口红树林区开展了古菌^[4]、浮游植物^[5]、昆虫^[6]、鸟类^[7]等生物类群的研究, 但在底栖生物方面仅见林清贤^[7]的博士论文涉及一些大型贝类和蟹类, 而在多毛类动物方面尚未见报道. 因此, 研究漳江口潮间带红树林和盐沼湿地多毛类动物可为大型底栖动物物种多样性研究及为生态修复种植植物的选择提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 样点设置及样品采集

2010 年 1 月(冬季)、4 月(春季)、7 月(夏季)、10 月(秋季), 在福建漳江口红树林湿地秋茄(*Kandelia candel*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、白骨壤(*Avicennia marina*)和互花米草(*Spartina alterniflora*) 4 种不同植物生境分别进行大型底栖动物的生态调查(图 1), 主要分析大型底栖动物群落中常见的多毛类动物.

大型底栖动物采样时, 每种生境布设 5 个取样点(表 1), 即 5 个样框, 每个样框面积 25 cm×25 cm, 挖深 30 cm. 采样时, 将样框内的沉积物装入塑料袋带到岸边水塘处, 利用涡流分选器反复淘洗泥样, 并将最后残留于筛网中的生物和泥渣装入塑料样品瓶中, 用浓度 5% 的福尔马林溶液固定后带回实验室. 在每个取样点采集大型底栖动物的同时测定泥温和盐度.

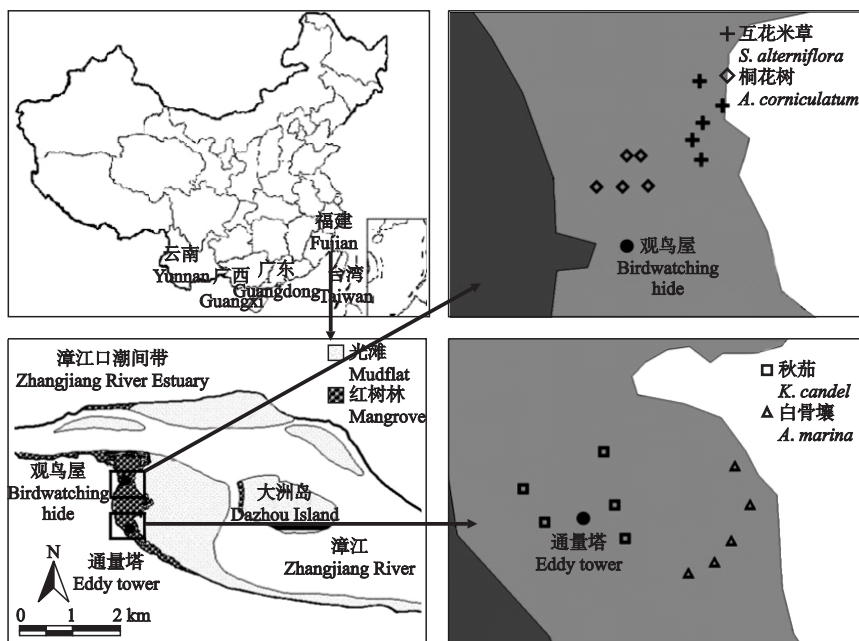


图 1 漳江口潮间带大型底栖动物取样位置示意图

表 1 漳江口各植物生境多毛类动物取样点的经纬度
Table 1 Latitudes and longitudes of polychaete sampling sites in mangrove and salt marsh in Zhangjiang River Estuary

生境 Habitat	取样点 Sampling station	经度 Longitude	纬度 Latitude
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	1	23° 55.442′	117° 24.882′
	2	23° 55.446′	117° 24.876′
	3	23° 55.430′	117° 24.904′
	4	23° 55.440′	117° 24.901′
	5	23° 55.460′	117° 24.903′
白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	1	23° 55.455′	117° 24.925′
	2	23° 55.446′	117° 24.935′
	3	23° 55.439′	117° 24.929′
	4	23° 55.432′	117° 24.924′
	5	23° 55.431′	117° 24.917′
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	1	23° 55.845′	117° 24.834′
	2	23° 55.845′	117° 24.844′
	3	23° 55.855′	117° 24.847′
	4	23° 55.855′	117° 24.851′
	5	23° 55.845′	117° 24.859′
互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	1	23° 55.880′	117° 24.928′
	2	23° 55.888′	117° 24.927′
	3	23° 55.893′	117° 24.930′
	4	23° 55.900′	117° 24.934′
	5	23° 55.906′	117° 24.929′

带回的样品用 0.1% 琥红染色, 在实验室置于孔径 0.5 mm 的网筛内, 小心地用自来水反复冲洗, 将留在网筛上的大型底栖动物标本及残渣全部用自来水转移至培养皿中, 挑出大型底栖动物, 用浓度 70% 的酒精溶液保存, 在解剖镜下分类和鉴定, 对其进行编号, 然后用滤纸吸干动物体表的液体, 在感量为 0.0001 g 的电子天平上称其湿质量。

总有机碳和总氮数据由本项目环境因子监测组测定。具体操作过程为: 现场采集泥样, 用钳子将待测泥样中的落叶、树根和垃圾拣出, 将经过初步处理

表 2 漳江口红树林和盐沼湿地的多毛类动物名录及分布

Table 2 Polychaetes and their distributions in mangrove and salt marsh in Zhangjiang River Estuary

种类 Species	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	I	II	III	IV
三角洲双须虫 <i>Eteone delta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
格鳞虫 <i>Gattyana</i> sp.	+	-	-	-	+	+	-	-
小健足虫 <i>Micropodarke dubia</i>	-	+	-	-	+	-	-	-
溪沙蚕 <i>Namalycastis abiuma</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnates uschakovi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>	+	-	-	+	+	-	+	+
苗贝才女虫 <i>Polydora ciliata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
须稚齿虫 <i>Prionospio cirrifera</i>	-	+	-	-	-	-	+	-
刚鳃虫 <i>Chaetozone setosa</i>	+	+	+	+	+	-	-	+
小头虫 <i>Capitella capitata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
厚鳃蚕 <i>Dasybranchus cadus</i>	+	+	-	-	-	-	+	+
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
加州中蚓虫 <i>Mediomastus californiensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
等栉虫 <i>Isolda pulchella</i>	+	-	-	-	-	-	-	+
刺纓虫 <i>Potamilla</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	+

+: 有分布 Present; -: 无分布 No present. I: 秋茄 *Kandelia candel*; II: 桐花树 *Aegiceras corniculatum*; III: 白骨壤 *Avicennia marina*; IV: 互花米草 *Spartina alterniflora*.

的泥样置于 50 °C 的恒温箱中烘至恒温, 并用 20 网目的筛子进行筛选, 将泥样以 10 g 为单位平均分成 3 份, 加入 1 mol · L⁻¹ 盐酸在室温下放置 24 h, 以去除泥样中的无机碳。用型号为 Vario EL III 的元素分析仪测定经过预处理的泥样中的总有机碳和总氮。

1.2 数据处理

将鉴定所得的数据逐一录入 Excel 表格中, 统计漳江口潮间带不同季节和植物生境的多毛类动物物种数、栖息密度 (ind · m⁻²) 和生物量 (g · m⁻²)。运用 SPSS 13.0 软件中的双因素方差分析 (Two-way ANOVA) 比较不同植物生境和不同季节的多毛类动物物种数、栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数。采用 Pearson 相关分析探讨不同植物生境多毛类物种数、栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数与理化因子的关系。

2 结果与分析

2.1 漳江口红树林和盐沼湿地的多毛类动物种类组成、栖息密度和生物量

在漳江口红树林和盐沼湿地 4 个季度定量采集, 获得多毛类动物 15 种。其中 4 个季度在 4 种植物生境均出现三角洲双须虫 (*Eteone delta*)、溪沙蚕 (*Namalycastis abiuma*)、拟突齿沙蚕 (*Paraleonnates uschakovi*)、苗贝才女虫 (*Polydora ciliata*)、小头虫 (*Capitella capitata*) 和加州中蚓虫 (*Mediomastus californiensis*)。格鳞虫 (*Gattyana* sp.) 仅在冬季的秋茄和桐花树生境采到, 须稚齿虫 (*Prionospio cirrifera*) 仅在春季的白骨壤生境采到, 等栉虫 (*Isolda pulchella*) 仅在冬季的互花米草生境采到 (表 2)。

多毛类物种数的季节变化不大,冬季和春季均为11种,夏季8种,秋季10种.不同植物生境多毛类物种数差别也不大,互花米草生境多毛类动物物种数最多,为12种,其次分别是秋茄生境、白骨壤生境和桐花树生境,分别是11、10和8种(图2).

漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物年均栖息密度为455.8 ind·m⁻².春季(650.4 ind·m⁻²)最高,然后依次为冬季、秋季和夏季,栖息密度分别为464.0、402.4和306.4 ind·m⁻².互花米草生境多毛类动物栖息密度有明显季节变化,春季高达1449.6 ind·m⁻²,而夏季仅83.2 ind·m⁻².在不同植物生境中,桐花树生境多毛类动物栖息密度最高,为668.0 ind·m⁻²,然后依次为互花米草生境、白骨壤生境和秋茄生境,其栖息密度分别为543.2、334.4和277.6 ind·m⁻²(图3).

漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物年均生物量为2.21 g·m⁻².春季最高,为2.61 g·m⁻²,其次分别是秋季、冬季和夏季,生物量分别是2.58、2.45和1.21 g·m⁻².桐花树生境多毛类动物生物量秋季高达9.12 g·m⁻²,其他3个季度的生物量很接近,冬、春和夏季分别为2.65、2.66和2.75 g·m⁻².在不同植物生境中,桐花树生境多毛类动物生物量最高,为4.30 g·m⁻²,其次分别是白骨壤生境、秋茄生境和互花米草生境,生物量分别为1.96、1.68和0.91 g·m⁻²(图3).

2.2 漳江口不同植物生境多毛类动物群落的生物指数

漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物物种多样

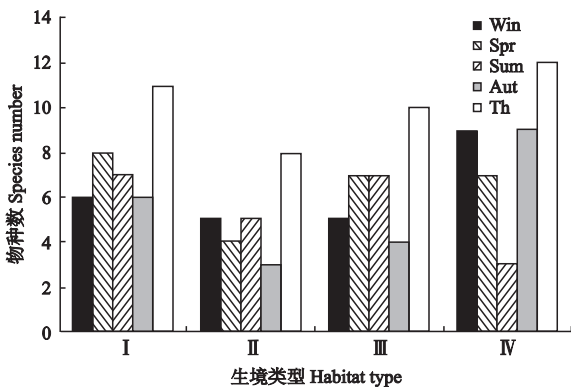


图2 漳江口不同植物生境多毛类物种数的季节变化
Fig.2 Seasonal variation of polychaete species number in different botanic habitats in Zhangjiang River Estuary.

Win: 冬季 Winter; Spr: 春季 Spring; Sum: 夏季 Summer; Aut: 秋季 Autumn; Th: 生境合计 Total in habitats; I: 秋茄 *Kandelia candel*; II: 桐花树 *Aegiceras corniculatum*; III: 白骨壤 *Avicennia marina*; IV: 互花米草 *Spartina alterniflora*. 下同 The same below.

性指数(H)平均值的季节变化不大,冬季、春季、夏季、秋季平均值分别为1.62、1.41、1.61、1.57.不同植物生境的季节变化不一样,桐花树生境多毛类动物多样性指数季节变化很小,在0.73~0.84;互花米草生境多毛类动物多样性指数冬季达2.76,春季仅1.23.桐花树生境的多毛类动物多样性指数平均值(0.77)明显低于秋茄生境、白骨壤生境和互花米草生境,后三者的多样性指数相差很小,分别为1.79、1.79和1.86(图3).

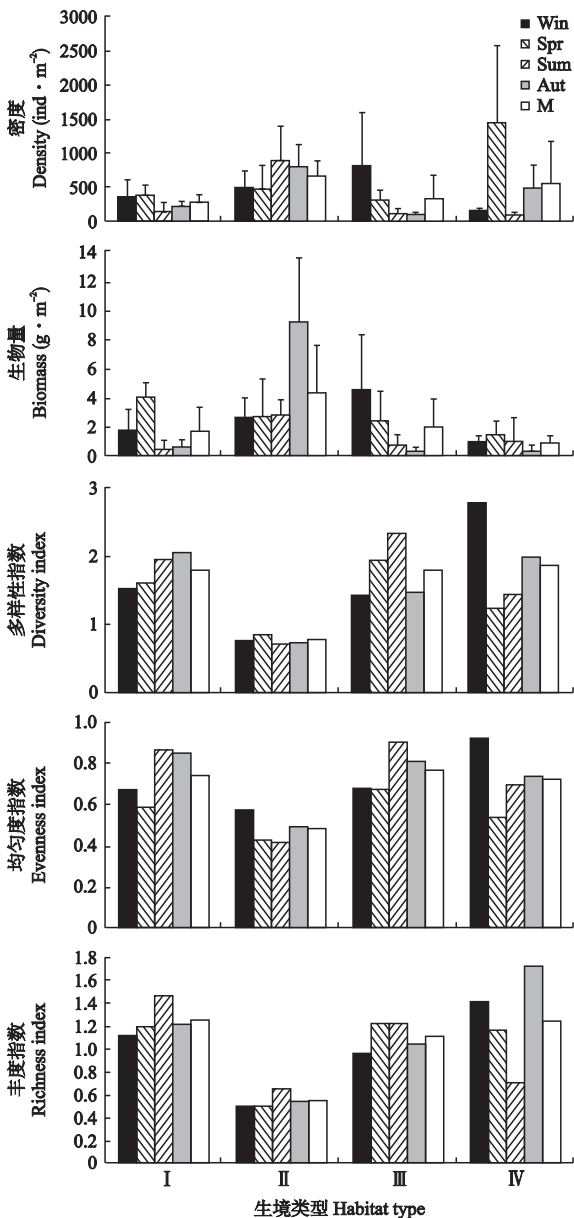


图3 漳江口不同植物生境多毛类动物栖息密度、生物量、物种多样性指数、均匀度指数和丰度指数的季节变化

Fig.3 Seasonal variation of polychaete density, biomass, species diversity index, evenness index and richness index in different botanic habitats in Zhangjiang River Estuary.

M: 平均 Mean.

漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物均匀度指数(J)平均值春季(0.55)较低,冬季、夏季和秋季较接近,分别为0.71、0.72、0.72。不同植物生境季节变化不一样,桐花树生境多毛类动物均匀度指数在4个季节均较低,均在0.58以下;互花米草生境多毛类动物均匀度指数冬季达0.92,春季仅0.53。桐花树生境的多毛类动物均匀度指数平均值(0.48)明显低于秋茄生境、白骨壤生境和互花米草生境,后三者的均匀度指数相差很小,分别为0.74、0.77和0.72(图3)。

漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物丰度指数(d)平均值的季节变化不大,冬季、春季、夏季、秋季分别为0.99、1.01、1.00、1.13。不同植物生境季节变化不一样,桐花树生境多毛类动物丰度指数4个季节均较低,均在0.79以下;互花米草生境多毛类动物丰度指数秋季达1.73,夏季仅0.69。桐花树生境的多毛类动物丰度指数(0.53)明显低于秋茄生境、白骨壤生境和互花米草生境,后三者的丰度指数平均值分别为1.24、1.10和1.25(图3)。

2.3 漳江口红树林和盐沼湿地的理化因子及其与多毛类动物的关系

漳江口红树林和盐沼湿地泥温季节变化较大,夏季最高为32.5℃,其次是秋季、春季和冬季,分别是26.1、19.2和17.7℃。不同植物生境之间泥温也有差异,如冬季秋茄生境的泥温为16.1℃,互花米草生境泥温为20.6℃。

漳江口红树林和盐沼湿地盐度季节变化较大,冬季最高为25.2,其次是春季、秋季和夏季,分别是16.1、10.2和10.1。不同植物生境之间盐度也有差异,如冬季秋茄生境的盐度为26.0,互花米草生境盐度为22.6。

漳江口红树林和盐沼湿地有机碳秋季最高,为1.9%,其次是夏季、春季和冬季,分别是1.7%、1.5%和1.5%。秋茄生境有机碳最高,为1.9%,其

次是桐花树生境、白骨壤生境和互花米草生境,分别是1.7%、1.6%和1.4%。

漳江口红树林和盐沼湿地总氮夏季最高,为0.2%,其次是春季、秋季和冬季,分别是0.2%、0.1%和0.1%。秋茄生境总氮最高,为0.2%,其次是白骨壤生境、桐花树生境和互花米草生境,均为0.1%。

Pearson 相关分析表明,漳江口红树林和盐沼湿地除了多毛类物种数与泥温有显著相关外,多毛类栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数均与泥温、盐度、总有机碳(TOC)、总氮(TN)无显著相关(表3)。

2.4 漳江口不同植物生境多毛类动物群落参数和理化因子比较

单因变量双因素方差分析(Two-way ANOVA)表明,多毛类动物物种数、均匀度指数、泥温、盐度、总有机碳和总氮有明显的季节变化,而多毛类动物栖息密度、生物量和多样性指数没有明显的季节变化。不同植物生境之间,所有计算的多毛类动物群落参数和4种理化参数均有显著差异(表4)。

表3 漳江口红树林和盐沼湿地多毛类群落与环境因子的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between polychaete community and environmental factors in mangrove and salt marsh in Zhangjiang River Estuary

	泥温 Muddy temperature	盐度 Salinity	总有机碳 Total organic carbon	总氮 Total nitrogen
物种数 Species number	-0.281*	0.098	-0.118	-0.059
栖息密度 Density	-0.196	-0.041	-0.202	-0.167
生物量 Biomass	-0.176	0.076	0.144	-0.046
丰度指数 Richness index	0.038	0.047	0.095	0.174
均匀性指数 Evenness index	0.180	0.046	0.126	0.124
多样性指数 Diversity index	-0.069	0.133	0.125	0.031

* $P < 0.05$.

表4 漳江口不同植物生境和季节之间多毛类参数的 F 和 P 值

Table 4 F and P values among habitats and seasons for polychaete parameters in Zhangjiang River Estuary

参数 Parameter	季节 Season		生境 Habitat		季节 × 生境 Season × Habitat	
	F	P	F	P	F	P
物种数 Species number	7.810	0.000***	12.774	0.000***	7.277	0.000***
栖息密度 Density	2.536	0.065	3.984	0.011*	4.896	0.000***
生物量 Biomass	2.609	0.059	12.246	0.000***	7.292	0.000***
丰度指数 Richness index	0.662	0.578	18.761	0.000***	3.024	0.005**
均匀度指数 Evenness index	3.306	0.026*	8.716	0.000***	1.421	0.198
多样性指数 Diversity index	2.271	0.089	14.687	0.000***	2.563	0.014*
泥温 Muddy temperature	651.740	0.000***	7.685	0.000***	5.390	0.000***
盐度 Salinity	166.022	0.000***	22.082	0.000***	7.313	0.000***
总有机碳 Total organic carbon	19.077	0.000***	24.920	0.000***	3.876	0.001***
总氮 Total nitrogen	7.586	0.000***	5.633	0.002**	2.456	0.018*

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

3 讨 论

3.1 环境变化对漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物的影响

季节变化导致红树林和盐沼湿地沉积环境的改变,一般情况下多毛类栖息密度和生物量在春季较高.漳江口红树林和互花米草生境春季的多毛类栖息密度和生物量均高于其他3个季节,这与深圳河口潮间带泥滩^[8]和椒江口潮间带^[3]的研究结果一致.这些潮间带多毛类栖息密度和生物量均为春季最高.长江口九段沙潮间带春季个体较小的多毛类动物物种数和数量增加^[9].漳江口桐花树生境和白骨壤生境春季的多毛类栖息密度和生物量均不是全年最高.桐花树生境多毛类栖息密度甚至是全年最低.这与优势种有关.因为桐花树生境多毛类优势种加州中蛭虫春季栖息密度最低.冬季、春季、夏季、秋季加州中蛭虫栖息密度分别是422.4、390.4、771.2、684.8 ind·m⁻².春季白骨壤生境多毛类优势种加州中蛭虫的栖息密度在4个季节中居第2(169.6 ind·m⁻²),且与冬季(553.6 ind·m⁻²)相差较多,因此该季节多毛类栖息密度也在4个季节中居第2.

盐度是影响九龙江口红树林海岸潮间带多毛类分布的重要因素^[10],也是影响深圳河口潮间带泥滩多毛类水平分布的限制因素^[11],但这要有狭盐性种类存在的情况下才有明显影响.漳江口红树林和盐沼湿地多毛类动物物种数、栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数均与盐度无显著相关,其主要原因是漳江口红树林和盐沼湿地较少出现狭盐性种类.在漳江口4个季节4种植物生境均出现三角洲双须虫、溪沙蚕、拟突齿沙蚕、凿贝才女虫、小头虫和加州中蛭虫,它们都是河口常见的广盐性种类.特别是溪沙蚕和小头虫,它们是能耐受高有机质含量的种类^[8,12-15],小头虫还是世界分布种.在空间尺度上,盐度、有机碳的小差异对它们影响较小.漳江口潮间带红树林和盐沼湿地温度、总有机碳和总氮与多毛类动物群落参数之间无显著相关关系,与盐度影响的原因类似,且同一季节各植物生境之间总碳、总氮的变化较小.

3.2 漳江口不同植物生境多毛类动物群落差异的分析

单因变量双因素方差分析表明,漳江口不同植物生境之间多毛类动物群落的物种数、栖息密度、生物量、丰度指数、均匀度指数和多样性指数均显著

差异.漳江口互花米草生境多毛类动物栖息密度分别以小头虫和刚鳃虫所占比例为最高和次高,分别占52.7%和24.9%;而秋茄生境、桐花树生境和白骨壤生境多毛类动物栖息密度以加州中蛭虫所占比例最高,分别占55.5%、84.9%和60.3%.秋茄生境、桐花树生境的多毛类动物丰度指数(分别在1.10~1.47和0.48~0.64,差幅小于0.37)和多样性指数(分别在1.52~2.06和0.73~0.84,差幅小于0.54)在4个季节间的差幅较小,而互花米草生境的多毛类动物丰度指数(0.69~1.73,差幅为1.04)和多样性指数(1.23~2.76,差幅达1.53)在4个季节间的差幅较大,可见红树林湿地的多毛类动物群落相对于盐沼湿地互花米草生境而言,相对稳定,波动较小.

Dumbauld等^[16]和Hedge和Kriwoken^[17]研究认为,互花米草区底栖无脊椎动物栖息密度和丰富度高于邻近的普通滩涂,但Luiting等^[18]和洪荣标等^[19]的研究结果表明,互花米草区大型底栖动物的栖息密度、种类多样性、丰度比相邻的普通滩涂低.本文的数据与椒江口的数据^[3]支持了Dumbauld等^[16]和Hedge和Kriwoken^[17]的论述.漳江口红树林和盐沼湿地多毛类栖息密度(455.8 ind·m⁻²)和生物量(2.21 g·m⁻²)明显高于椒江口潮间带多毛类动物栖息密度(春季最高31.5 ind·m⁻²)和生物量(0.43 g·m⁻²)^[3].上述差异除了与潮间带植物类型有关外,还与取样孔径的差别有关.漳江口潮间带采用0.5 mm孔径的筛网,而椒江口潮间带采用1.0 mm孔径的筛网.孔径0.5 mm的筛网较孔径1.0 mm的筛网获得的多毛类物种数和栖息密度多^[20].虞蔚岩等^[21]研究表明,盐城东台互花米草盐滩多毛纲动物物种丰富度、多样性指数、生物量高于光滩.仇乐等^[22]认为,新生互花米草生境大型底栖动物的物种数和丰富度较高,但随着时间的推移及互花米草的生长,互花米草生境中的大型底栖动物的物种数及多样性都会下降.可见,研究互花米草入侵对滨海湿地大型底栖动物群落的影响,除了调查方法及时空因素外,还应考虑到样地互花米草入侵时间的长短^[19,22].潮滩盐沼中大型底栖动物的物种组成和分布是沉积物粒径、盐度、潮汐特征及植被类型等多种环境因子协同作用的响应^[23-29].

参考文献

- [1] Xu Z-H (徐宗焕), Fang B-Z (方柏州), Chen J-J (陈家金), et al. A correlation research between man-

- grove growth and meteorological conditions of Zhangjiang Estuary in Yunxiao, Fujian Province. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2007, **23**(8): 532 - 535 (in Chinese)
- [2] Wu Q-Q (吴启泉), Wu B-L (吴宝铃). Preliminary study of polychaete ecology in Luhuitou tidal zone around the Hainan Island. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), 1987, **6**(1): 78 - 81 (in Chinese)
- [3] Zhao Y-Q (赵永强), Chen Q-Z (陈全震), Zeng J-N (曾江宁), et al. Relationship between environmental factors and temporal and spatial variation of benthic polychaetes in intertidal flats of Jiaojiang estuary. *Journal of Fishery Science of China* (中国水产科学), 2009, **16**(4): 580 - 587 (in Chinese)
- [4] Zhang X-Y (张熙颖), Xu J (许静), Xiao J (肖静), et al. Archaeal lineages detected in mangrove sediment in the Zhangjiang estuary of Fujian Province. *Journal of Shandong University (Natural Science)* (山东大学学报·理学版), 2009, **44**(3): 1 - 10 (in Chinese)
- [5] Chen C-P (陈长平), Gao Y-H (高亚辉), Lin P (林鹏). Seasonal change of phytoplankton community in waters of mangrove in the estuarine of the Zhangjiang River, Fujian Province, China. *Marine Sciences* (海洋科学), 2007, **31**(7): 25 - 31 (in Chinese)
- [6] Ding B (丁秘). Study on the insect community structure of mangrove of Zhangjiang estuary. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology* (福建林业科技), 2009, **36**(3): 15 - 19 (in Chinese)
- [7] Lin Q-X (林清贤). Study on the Relationship between Birds and Macrofauna in Mangrove Area in Minnan Coast. PhD Thesis. Xiamen: Xiamen University, 2003 (in Chinese)
- [8] Cai L-Z (蔡立哲), Li H-M (厉红梅), Lin P (林鹏), et al. Analysis of environmental effect and polychaete quantitative variations on intertidal mudflat in Shenzhen estuary. *Journal of Xiamen University (Natural Science)* (厦门大学学报·自然科学版), 2001, **40**(3): 741 - 750 (in Chinese)
- [9] An C-G (安传光). Primary investigation of seasonal characters of macrobenthic communities distribution in tidal flats of Jiuduansha wetland of Yangtze River estuary. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), 2007, **31**(suppl.): 52 - 58 (in Chinese)
- [10] He M-H (何明海). Studies on ecology of polychaeta in mangrove in Jiulong River estuary. *Marine Science Bulletin* (海洋通报), 1991, **10**(3): 56 - 62 (in Chinese)
- [11] Cai L-Z (蔡立哲), Lin P (林鹏), She S-S (余书生), et al. Studies on polychaete ecology on the mudflat of the intertidal zone in Shenzhen estuary. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), 1998, **17**(1): 41 - 47 (in Chinese)
- [12] Fu S-J (傅素晶), Cai L-Z (蔡立哲), Liang J-Y (梁俊彦), et al. The spatial-temporal distribution of *Namalycastis abiuma* in the Futian mangrove wetland of Shenzhen Bay as well as its relationship to climate response. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2009, **29**(9): 4781 - 4789 (in Chinese)
- [13] Cohen RA, Pechenik JA. Relationship between sediment organic content, metamorphosis, and postlarval performance in the deposit-feeding polychaete *Capitella* sp. I. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1999, **240**: 1 - 18
- [14] Giangrande A, Licciano M, Musco L. Polychaetes as environmental indicators revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 2005, **50**: 1153 - 1162
- [15] Méndez N, Romero J, Flos J. Population dynamics and production of the polychaete *Capitella capitata* in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2008, **218**: 263 - 284
- [16] Dumbauld BR, Peoples M, Holcomb L, et al. The potential influence of the aquatic weed *Spartina alterniflora* and control practices on clam resources in Willapa Bay, Washington // Pattem K, ed. Proceedings of the Second International *Spartina* Conference. Olympia: Washington State University, 1997: 51 - 57
- [17] Hedge P, Kriwoken LK. Evidence for effects of *Spartina anglica* invasion on benthic macrofauna in Little Swanport estuary. *Tasmania Austral Ecology*, 2000, **25**: 150 - 159
- [18] Luiting VT, Cordell JR, Olson AM, et al. Does exotic *Spartina alterniflora* change benthic invertebrate assemblages? // Pattem K, ed. Proceedings of the Second International *Spartina* Conference. Olympia: Washington State University, 1997: 48 - 50
- [19] Hong R-B (洪荣标), Lü X-M (吕小梅), Chen L (陈岚), et al. Benthos on mangrove wetland and smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) wetland in Jiulongjiang estuary. *Journal of Oceanography Taiwan Strait* (台湾海峡), 2005, **24**(3): 189 - 194 (in Chinese)
- [20] Lu L (鲁琳), Wu Q-Q (吴启泉), Zheng F-W (郑凤武). Comparison and analysis of sampling results of benthic polychaete with different size sieves. *Journal of Oceanography Taiwan Strait* (台湾海峡), 1991, **10**(2): 189 - 193 (in Chinese)
- [21] Yu W-Y (虞蔚岩), Li C-H (李朝晖), Huang C (黄成), et al. Effects and management of *Spartina alterniflora*

- flora invasions on the diversity of polychaeta of Dongtai salt marsh of Yancheng City. *Journal of Shanghai Ocean University* (上海海洋大学学报), 2009, **18**(1): 47 – 52 (in Chinese)
- [22] Qiu L (仇乐), Liu J-E (刘金娥), Chen J-Q (陈建琴), et al. Impacts of *Spartina alterniflora* invasion on the macrobenthos communities of Jiangsu's coastal wetlands. *Marine Science* (海洋科学), 2010, **34**(8): 50 – 55 (in Chinese)
- [23] Wang RZ, Yuan L, Zhang LQ. Impacts of *Spartina alterniflora* invasion on the benthic communities of salt marshes in the Yangtze Estuary, China. *Ecological Engineering*, 2010, **36**: 799 – 806
- [24] Wang R-Z (王睿照), Zhang Q-L (张利权). Effect on managed waterlogging to control *Spartina alterniflora* on macrobenthic communities. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2009, **29**(5): 2639 – 2645 (in Chinese)
- [25] Karlson AML, Näslund J, Rydén SB, et al. Polychaete invader enhances resource utilization in a species-poor system. *Oecologia*, 2011, **166**: 1055 – 1065
- [26] Metcalfe KN, Glasby CJ. Diversity of polychaeta (Annelida) and other worm taxa in mangrove habitats of Darwin Harbour, northern Australia. *Journal of Sea Research*, 2008, **59**: 70 – 82
- [27] Musco L, Terlizzi A, Licciano M, et al. Taxonomic structure and the effectiveness of surrogates in environmental monitoring: A lesson from polychaetes. *Marine Ecology Progress Series*, 2009, **383**: 199 – 210
- [28] Zhao Y-L (赵云龙), An C-G (安传光), Lin L (林凌), et al. Effects of grazing on zoobenthos community in beach. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(5): 1086 – 1090 (in Chinese)
- [29] Zhou X (周晓), Ge Z-M (葛振鸣), Shi W-Y (施文彧), et al. Seasonal fluctuation of macrobenthos community in Jiuduansha intertidal wetland of Yangtze River Estuary. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(11): 2079 – 2083 (in Chinese)

作者简介 陈昕韡,女,1987年生,硕士研究生.主要从事环境生物学研究. E-mail: 83152927@qq.com

责任编辑 肖红
