

亚热带植物科学 2006,35(4):1-5.
Subtropical Plant Science

福建漳江口红树林湿地沉积物中四种重金属的空间分布特征

刘景春^{1,2}, 严重玲²

(1.厦门市农业科学研究与推广中心, 福建 厦门 361009; 2.厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 对漳江口红树林湿地沉积物中 4 种重金属(Pb、Cd、Ni、Fe)含量空间分布的研究表明, 漳江口红树林湿地沉积物中 Pb、Fe 含量较高, Cd、Ni 含量相对较低; 林内沉积物的 Pb、Cd 含量显著高于林外沉积物; 在垂岸方向上, 表层沉积物中除 Ni 外其它三种元素含量均表现出从林外到林内增加的趋势; 在垂直梯度上, 四种元素含量均随着沉积物深度增加而逐渐降低。

关键词: 红树林; 沉积物; 重金属; 福建漳江口

中图分类号: X132 文献标识码: A 文章编号: 1009-7791(2006)04-0001-05

Spatial Distribution of Pb, Cd, Ni, Fe in Mangrove Sediments of the Zhangjiang Estuary, Fujian Province

LIU Jing-chun^{1,2}, YAN Chong-ling²

(1. Agricultural Science Research and Extension Center of Xiamen, Xiamen 361009, Fujian China; 2. College of Life Science, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian China)

Abstract: Based on the studies of spatial distribution of Pb, Cd, Ni and Fe in mangrove sediments of Zhangjiang estuary, some conclusions were obtained. High contents of Pb and Fe were found in the sediments, while the contents of Ni and Cd were relatively lower. Different contents were found at different locations of mangrove wetlands, forest sediments had higher Pb and Cd contents compared to sediments of mudflat. The concentrations of Pb, Cd and Fe increased across the tidal flat to the mangrove forest transition. The results indicated that the total metal concentrations decreased with the increase of sediment depth.

Key words: mangrove forest; sediment; heavy metal; Zhangjiang estuary, Fujian Province

红树林是分布于热带、亚热带河口潮间带的重要植被类型, 蕴藏着丰富的生物资源和生物多样性。保护红树林湿地对于浅海、滩涂栖息生物的多样性保护有着重要意义^[1]。作为一个分布于热带、亚热带海陆交错带特殊且重要的界面, 红树林湿地由于固有的一些特性, 能够大量接受来自潮汐、河水以及暴雨产生的径流等所携带的重金属污染物, 使其较一般潮滩更宜于重金属污染物的富集, 因此, 红树林沉积物常常成为重金属污染物的源和汇^[2]。近二十年来, 随着环境污染的加剧, 各国日益重视对红树林湿地的保护, 有关红树林湿地沉积物中重金属污染物的富集及其与沉积物理化性状的关系已有较多研究。本研究选择 2002 年被列为国家级自然保护区的漳江口红树林湿地为对象, 拟通过对该湿地几种重金属含量的空间分布研究, 了解其污染现状及历史, 为红树林湿地保护提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

沉积物样品于 2004 年 10 月采集于漳州市云霄县竹塔村红树林湿地 (117°24' ~ 117°30' E,

收稿日期: 2006-08-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (No. 30530150) 资助

作者简介: 刘景春 (1970-), 男, 陕西佳县人, 助理研究员, 博士研究生, 从事污染生态学研究。

23° 53' ~ 23° 56' N)。沿入海口反方向, 依次选择 9 个样点, 其中样点 1、2、3(白骨壤林 *Avicennia marina*), 样点 7、8(桐花树林 *Aegiceras corniculatum*) 和样点 9(秋茄林 *Kandelia candel*) 分别取林内(距林缘 15m)、林缘、林外(距林缘 30m)三个位置的表层沉积物样品(0~5cm), 移入封口袋后密封保存。样点 4(秋茄林内)、5(白骨壤林内)用不锈钢取样器分别钻取 0~80cm、0~35cm 深度的沉积物样品, 移入封口袋中密封保存。样点 6(桐花树林)分别取林内 50m、林内 15m、林缘、林外 30m、林外 60m、林外 100m 沉积物样品, 其中, 林内 15m 及林外 100m 分别取 0~120cm、0~40cm 柱状样, 其余则只取表层沉积物。所有表层沉积物均在 5m×5m 范围内取三个重复; 柱状沉积物则在取样后, 每层次分作三份作为 3 个重复。样品自然风干, 拣去根系、贝壳等杂质后, 过筛(2mm)用于沉积物中重金属总量及理化性状分析。

1.2 分析测定

取 0.5000g 沉积物样品, HF-HClO₄-HNO₃ 硝化^[3]后, 原子吸收分光光度计(AAS: AA-6800, Shimadzu, Kyoto)测定重金属总量。可溶性盐采用质量法(水:土 = 5:1)测定^[3]; pH 值采用电位法^[3](水:土 = 5:1)测定; 沉积物有机质含量测定采用灼烧法^[4]; 沉积物粒径组成采用粒度分析仪(Mastersizer 2000, Malvern, Britain)测定。

2 结果与分析

2.1 重金属在湿地沉积物中的水平分布

表 1 反映了漳江口红树林湿地几种重金属元素在不同位置表层沉积物中的含量。从表 1 可以看出, 漳江口红树林湿地具有较高的 Fe、Pb 含量, Ni、Cd 含量则相对较低。此外, 仅 Pb、Cd 在林内外存在显著差异。一般认为, 红树林湿地重金属含量与有机质含量及沉积物机械组成有关, 大量重金属存在

表 1 表层沉积物中四种重金属含量

项目	Ni(mg·kg ⁻¹)			Pb(mg·kg ⁻¹)			Cd(mg·kg ⁻¹)			Fe(%)		
	林外	林缘	林内	林外	林缘	林内	林外	林缘	林内	林外	林缘	林内
平均(n=7)	15.95	16.89	17.62	53.91	62.81	70.09	0.21	0.30	0.36	3.28	3.41	3.67
标准差	1.87	2.05	2.31	4.83	9.44	3.96	0.03	0.10	0.08	0.30	0.42	0.41
变异系数(%)	11.72	12.12	13.09	8.96	15.02	5.64	14.81	31.61	21.98	9.15	12.26	11.13
差异显著性	a	a	a	B b	AB a	A a	B b	AB a	A a	a	a	a

注: 1) 林外、林缘、林内分别指距离林缘 30m 光滩、林缘、距林缘 15m 林内位置的沉积物; 2) 同一元素下大、小写字母分别表示 99%、95%置信区间下的差异显著性; 图 1 同。

表 2 表层沉积物中重金属含量与沉积物理化性状的相关性

位置	重金属	水分	有机质	pH	可溶性盐	<63μm	镍	Pb	Cd
林外光滩 (n=9)	Ni	0.22	0.10	0.23	0.01	0.83*			
	Pb	-0.50	-0.21	0.06	-0.10	0.06	0.01		
	Cd	-0.17	0.05	0.41	-0.05	0.44	0.57	0.24	
	Fe	0.13	-0.01	0.10	-0.26	0.67	0.52	0.05	0.75*
林内 (n=10)	Ni	0.39	0.73*	0.17	0.37	-0.18			
	Pb	-0.32	0.01	-0.08	-0.61	-0.32	-0.02		
	Cd	-0.66*	-0.49	-0.39	-0.40	0.07	-0.23	0.25	
	Fe	-0.70*	-0.25	0.00	-0.34	0.52	-0.31	0.19	0.67*
林缘 (n=7)	Ni	0.63	-0.08	-0.28	-0.13				
	Pb	-0.66	-0.01	-0.02	-0.32		-0.71		
	Cd	0.23	-0.58	-0.04	-0.21		0.75	-0.59	
	Fe	0.50	-0.25	-0.50	-0.48		0.79*	-0.67	0.80*

注: * 表示显著相关(p<0.05)。

于沉积物细微颗粒中^[2,5], 但本研究中重金属含量与沉积物理化性状的相关分析结果(表2)与此并不完全一致。表2结果表明, 除林外光滩及林内沉积物中Ni含量分别与沉积物细微颗粒含量、有机质含量呈显著正相关外, 其它三种重金属含量均与沉积物有机质、细微颗粒含量无显著相关, 此结果与Tam等^[6]的研究结果一致。原因可能是沉积物中重金属累积是由多种因素综合作用的结果。不论是林外光滩、林缘还是林内, 沉积物中Pb含量与其它指标间均无显著相关, 说明Pb的来源可能与其它重金属不同。

2.2 重金属在湿地沉积物中的垂岸分布

漳江口红树林湿地(样点6)沉积物中重金属含量在垂岸方向的变化如图1所示。从中可以看出, 林外到林缘表层沉积物中重金属含量有逐渐增加的趋势, 而林缘向林内又有下降的趋势。总体上看, 林外光滩(三个位置)表层沉积物中重金属含量(除Ni外)均低于林内(两个位置)。有关重金属污染物含量在潮间带垂岸方向的变化已有较多报道, 其变化原因除人为干扰(如滩涂养殖、养殖池的污水排放)外, 主要与沉积动力作用相关^[7]。由于细颗粒物质是吸附与捕集重金属元素的主要载体, 因此, 在水动力作用较弱的高潮滩部分, 伴随细颗粒泥沙的淤积, 重金属元素趋于富集; 而林内深处重金属含量下降, 则可能与沉积速率下降有关。Alongi等^[8]在对九龙江口红树林湿地的研究中就发现, 红树林内低潮带沉积速率高于高潮带。

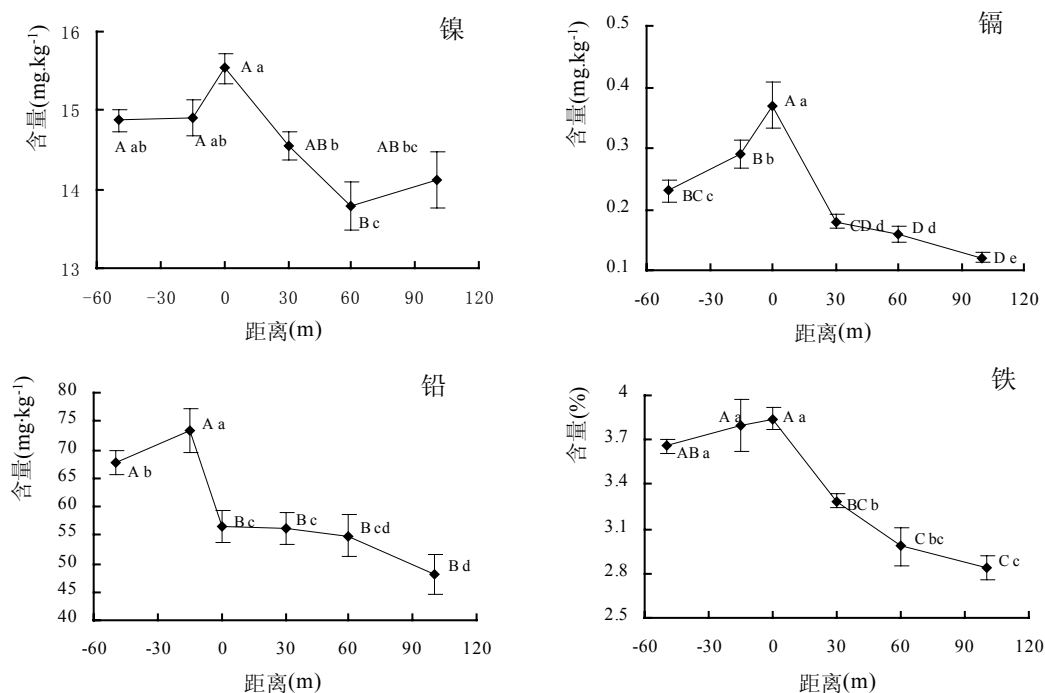


图1 漳江口红树林湿地沉积物中重金属含量的垂岸分布

注: 以林缘为0距离, 光滩方向为正值, 林内方向为负值

2.3 重金属在湿地沉积物中的垂直分布

重金属在漳江口红树林湿地沉积物中的垂直分布如图2所示。从图2中可以看出, 在三个红树林内沉积物柱样中, 重金属含量均随着沉积物深度的增加而明显减小, 而在林外光滩沉积物柱样中变化则相对较小。沉积物柱样中重金属含量的空间变化, 一方面是不同的年代沉积记录的反映, 另一方面也是重金属在沉积物不同层次中上下迁移的结果。对于林内沉积物, 红树林植物的吸收、累积也是造成沉积物垂直梯度上重金属含量变化的一个原因。沉积物剖面同一深度重金属含量与沉积物理化性状及其它重金属含量的相关分析表明, 四种重金属含量均与沉积物pH、可溶性盐含量存在显著或极显著正

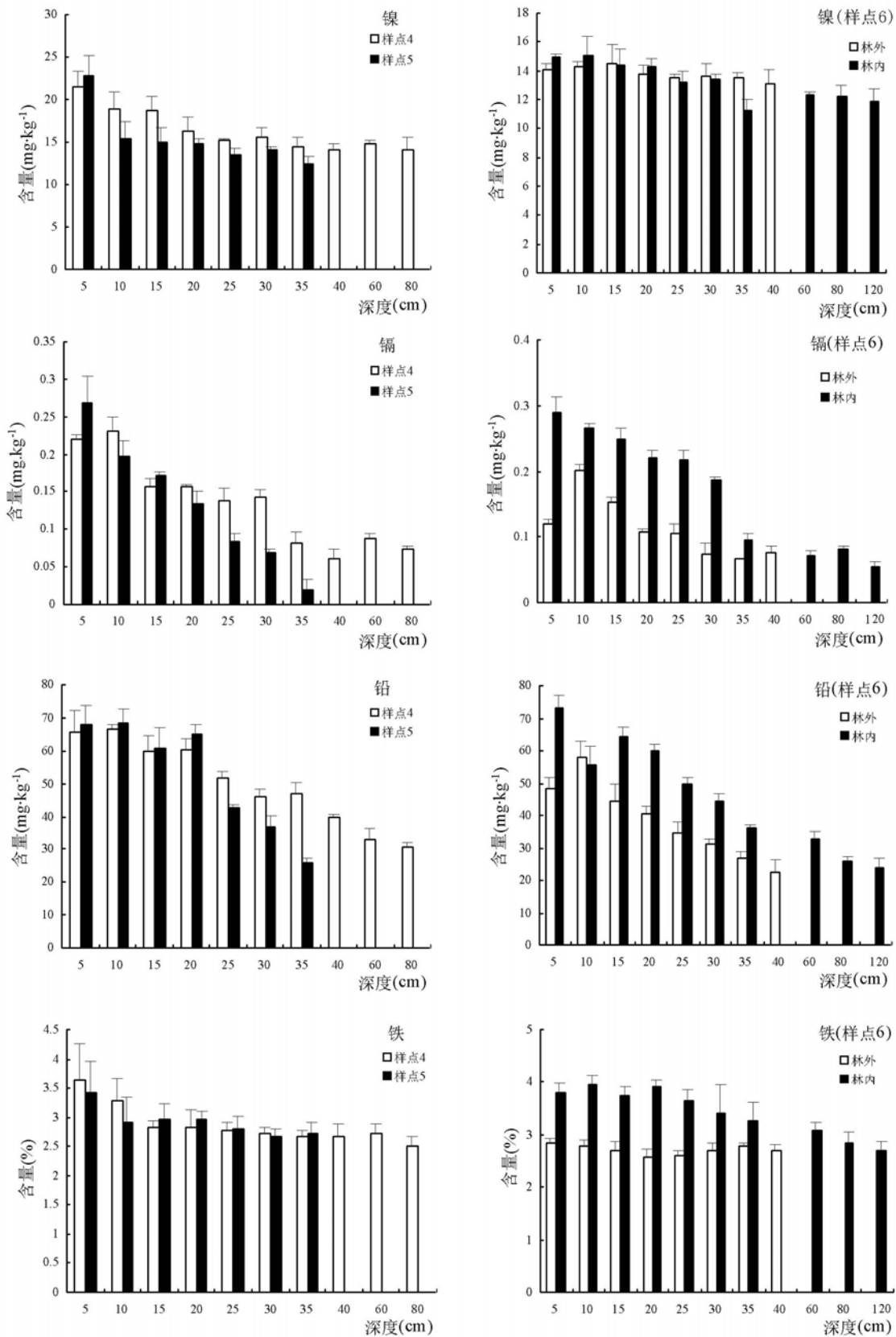


图 2 Ni、Cd、Pb、Fe 在漳江口红树林湿地沉积物中的垂直分布

注：样点 4、5 分别为秋茄、白骨壤林内沉积物；样点 6 林内、林外分别指桐花树林内沉积物及其林外光滩沉积物。

相关,除 Ni 外, Pb、Cd 含量与 Fe 含量存在极显著正相关(表 3)。这种相关性说明这几种重金属可能存在相伴沉积,如几种重金属吸附于富含铁锰氧化物的粘粒上共同沉积,从而使得其在柱样剖面上存在相同的变化趋势。

表 3 湿地林内柱状样沉积物中重金属含量与沉积物理化性状的相关性(n=27)

	水分	pH	有机质	盐度	Ni	Pb	Cd
Ni	0.582**	0.388*	0.581**	0.724**			
Pb	0.570**	0.703**	0.517**	0.790**	0.565**		
Cd	0.365	0.542**	0.224	0.573**	0.276	0.831**	
Fe	0.392*	0.441*	0.307	0.503**	0.127	0.688**	0.815**

注: *、** 分别表示显著(p<0.05)、极显著(p<0.01)相关。

3 小 结

本研究表明,漳江口红树林湿地沉积物具有较高的 Fe 含量,这可能与流域的母质(花岗岩、玄武岩)有关。漳江地处亚热带,由于强烈的风化作用,土壤脱硅富铝化作用强烈,进而形成了富含 Fe 的红壤,而这些土壤常常由于水土流失成为河口沉积物的主要来源^[8]。Ni、Cd 在红树林湿地中的含量均不高,在同一林地中含量变化较小,表明人为污染不明显。沉积物中 Pb 含量较高,根据国家海洋沉积物质量标准^[9],林内沉积物中 Pb 含量超过国家一类沉积物标准,说明存在明显的 Pb 污染。

红树林湿地不同位置表层沉积物重金属含量对比研究表明,湿地不同位置重金属含量存在一定的差异,Pb、Cd 在漳江口红树林湿地林内沉积物中含量显著高于林外光滩沉积物中的含量。在垂岸方向上,除 Ni 外,Pb、Cd、Fe 均表现出从林外到林内,表层沉积物中含量逐渐增加的趋势。

重金属在红树林湿地沉积物垂直梯度上的含量变化,可以反映污染物的沉积历史和污染变化。本研究分析表明,随着沉积物深度的增加,重金属含量存在减少趋势,反映了近年来随着沿海经济发展,污染物排放增多造成环境污染加重的现实。

参考文献:

- [1] 林鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [2] Harbison P. Mangrove muds – a sink and a source for trace metals[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1986,17: 246-250.
- [3] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [4] Tam N F Y, *et al.* Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps[J]. *Environmental Pollution*, 2000,110: 195-205.
- [5] Soto-Jiménez M F, *et al.* Distribution and normalization of heavy metal concentrations in mangrove and lagoonal sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California)[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2001,53: 259-274.
- [6] Tam N F Y, *et al.* Normalisation and heavy metal contamination in mangrove sediments[J]. *The Science of the Total Environment*, 1998,216: 33-39.
- [7] 陈振楼,等. 上海滨岸潮滩沉积物重金属元素的空间分布与累积[J]. *地理学报*, 2000,55(6): 641-651.
- [8] Alongi D M, *et al.* Rapid sediment accumulation and microbial mineralization in forests of the mangrove *Kandelia candel* in the Jiulongjiang estuary, China[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2005,63: 605-618.
- [9] GB 18668-2002, 中华人民共和国国家标准, 海洋沉积物质量[S].