

山口红树林保护区英罗港表层沉积物重金属形态的分布特征^{*}

宋超,巫冷蝉,李斌,周浩郎,梁文^{**}

(广西科学院广西红树林研究中心,广西红树林保护与利用重点实验室,广西北海 536000)

摘要:通过对广西山口红树林自然保护区英罗港红树林湿地表层沉积物粒度和重金属 Zn、Cu、Pb、Cd 的分析,探讨重金属在红树林表层沉积物中的存在形态和分布规律。本文发现英罗港红树林林内表层沉积物粉砂和黏土所占比例高于光滩,并且林内沉积物 Zn、Cu、Pb、Cd 含量均高于光滩。表层沉积物中粉砂和黏土所占比例与重金属含量呈显著正相关,符合重金属的粒度效应。英罗港表层沉积物 Zn、Cu、Pb、Cd 平均含量低于国内其他主要红树林生长区域,表明该地区表层沉积物重金属污染相对较小。英罗港红树林沉积物重金属主要存在形态为残渣态,表明该区域重金属元素生物有效性较小。红树林林内沉积物非残渣态可氧化态重金属所占比例较高,这与红树林沉积物富含有机质和硫化物有关。光滩沉积物可还原态所占比例较高,这可能是光滩沉积物的砂质较多,通气性好,呈现氧化性的结果。

关键词:重金属形态 红树林 粒度 英罗港 分布

中图分类号:X173 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2020)03-0319-07

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20200618.004

0 引言

红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带,受周期性潮水浸淹的常绿乔木、灌木组成的潮滩湿地木本植物群落^[1],并且为数以千计的海洋生物、鸟类和昆虫等提供生存、觅食和繁衍的环境^[2]。由于红树林处于海水与淡水交互的地带,其沉积物具有一定的厌氧性和还原性,且富含有机质,进而可以结合更多的重金属,使其成为重金属污染物的“汇”^[3]。众所周知,重金属污染物具有一定危害性,例如高毒性、持久性、

难降解性,并可通过食物链积累^[4],进而对人体造成危害。

通常来说,天然水体的重金属大部分会富集在沉积物中,而沉积物中的重金属会随着环境的改变而释放出来,造成二次污染^[5]。按照 Tessier 提取法,重金属在沉积物中一般以 5 种结合态的形式存在,分别是可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机质结合态和残渣态^[6],其中,可交换态和碳酸盐结合态又可统称为弱酸提取态,铁锰氧化物结合态又称为可还原态,有机质结合态又称为可氧化态。这几种形态中,非残渣态部分的重金属易与沉积物解离,再次

^{*} 国家自然科学基金项目(41766007)和广西红树林研究中心基本科研业务费项目(2017GMRC02)资助。

【作者简介】

宋超(1991—),男,硕士,研究实习员,主要从事环境化学研究,E-mail:songchao150@sina.com。

【**通信作者】

梁文(1967—),男,副研究员,主要从事海洋地质、珊瑚礁地貌研究,E-mail:gx.lw@163.com。

【引用本文】

宋超,巫冷蝉,李斌,等. 山口红树林保护区英罗港表层沉积物重金属形态的分布特征[J]. 广西科学,2020,27(3):319-325.

SONG C, WU L C, LI B, et al. Distribution Characteristics of Heavy Metal in Surface Sediments of Yingluo Bay in Shankou Mangrove Reserve [J]. Guangxi Sciences, 2020, 27(3): 319-325.

释放到水中,引发二次污染。另外,不同粒级的沉积物由于其表面积的不同,导致对重金属的吸附量会有所差异^[7-8],从而对重金属的存在形态表现出一定的影响。

目前已有的研究主要关注红树林沉积物重金属总量的空间分布及环境危害评价等^[9-11],但是对红树林沉积物形态的研究较少。因此,本文研究了山口红树林保护区英罗港表层沉积物粒度和重金属存在形态的关系,探讨重金属在红树林沉积物中的沉积规律,为红树林保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

山口红树林国家级自然保护区位于广西合浦县东南部,地处北纬 $21^{\circ}28'$ — $21^{\circ}37'$,东经 $109^{\circ}37'$ — $109^{\circ}47'$,位于沙田半岛两侧。该保护区海岸线总长

41 km,面积 4 000 hm^2 ,其中红树林有林面积 818.8 hm^2 ,区内真红树植物种类共 9 科 10 属 10 种,半红树植物 5 科 6 属 6 种,主要建群种为秋茄(*Kandelia candel*)、白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)和海漆(*Excoecaria agallocha*)^[12]。

1.2 站位设置

根据山口保护区英罗港区域红树林的分布沿潮沟差异,设置 6 个站位,于 2018 年 6 月进行采样。具体站位分布如图 1 所示,其中,1# 为秋茄林外光滩,2# 为秋茄林,3# 为桐花树林,4# 为红海榄林,5# 为桐花树林外光滩,6# 为红海榄林外的光滩。林内站位与光滩站位分别为在林缘向内 25 m 处与林缘向外 25 m 处。

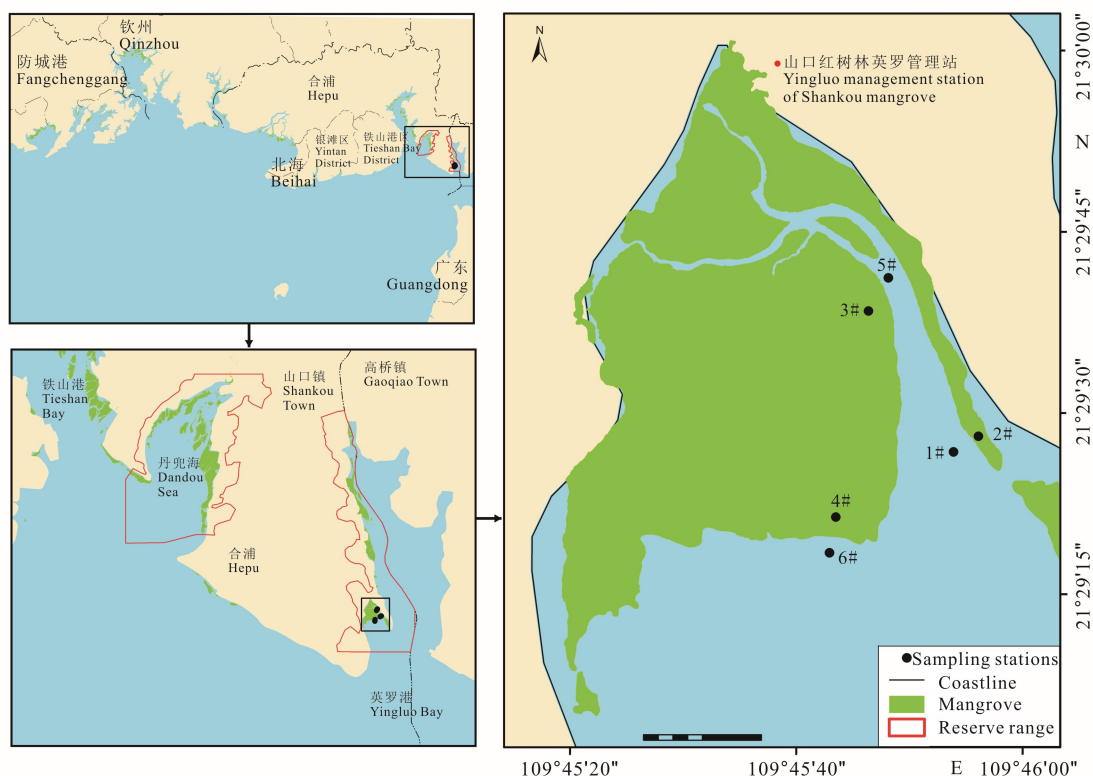


图 1 英罗港采样站位图

Fig. 1 Map of sampling stations in Yingluo Bay

1.3 样品采集及处理

每个站位使用柱状样采泥器,以梅花桩采样法采集 5 个沉积物表层样品(0—10 cm),共采集 30 个表层沉积物样品,每个样品采集量约为 1 kg。采集的样品放于塑料封口袋中混匀保存,于实验室中晾干。

晾干后的沉积物样品使用 Mastersizer 2000 激光粒度仪对其粒度进行分析测定。剩余沉积物样品剔除杂物,研磨,过 120 目筛。由于 Tessier 提取法步骤繁琐,偏差较大,重金属形态提取使用原欧共体标准物质局(European Communities Bureau of Ref-

erence)提出的BCR三步提取法提取^[13],具体过程如下。

弱酸提取态(F1):称量1.00 g筛好的沉积物样品放入锥形瓶,加入20 mL $0.11 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸(CH_3COOH),室温下振荡16 h,离心,上清液即为弱酸提取态待测样品。

可还原态(F2):收集上一步提取的上清液后,剩余固体加入 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸羟胺($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$),振荡16 h,离心,上清液即为可还原态重金属待测样品。

可氧化态(F3):上一步剩余固体加入5 mL 30%过氧化氢(H_2O_2),室温下放置1 h,间歇振荡,之后 85°C 加热1 h,间歇振荡。加5 mL 30% H_2O_2 , 85°C 加热1 h,加25 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸氨(NH_4OAc),并使用硝酸(HNO_3)调节至pH值为2,室温下振荡16 h,离心分离,取上清液,该部分为可氧化态待测样品。

剩余固体部分则为残渣态(F4),使用王水作为

溶液进行微波消解后定容测定。

提取后每个站位的4种形态(F1,F2,F3,F4)的重金属含量使用WFX-210原子吸收分光光度计进行分析测定^[14]。

2 结果与分析

2.1 英罗港沉积物粒度构成

调查区域6个站点采集的沉积物各粒级分布如表1所示,1#—6#站点沉积物的砂所占比例分别为68.98%、54.34%、62.54%、64.27%、75.80%、92.68%,粉砂所占比例分别为27.67%、38.21%、31.66%、31.59%、21.65%、6.51%,黏土所占比例分别为3.35%、7.45%、5.80%、4.14%、2.55%、0.81%。1#—5#站点均以粉砂为主,6#站点离岸最远,以砂为主。由表1可以看出,光滩采集的沉积物大于 $0.5 \mu\text{m}$ 颗粒的所占比例高于红树林生长区域的沉积物。出现这种现象的原因可能是林内受潮汐作用影响小,小颗粒沉积物更容易保留下来^[15]。

表1 各站点表层沉积物样品粒度分布(%)

Table 1 Particle size distribution of surface sediment samples at each station (%)

站点 Sta- tions	黏土 Clay			粉砂 Silt				砂 Sand				
	$<0.001 \mu\text{m}$	0.001— 0.002 μm	0.002— 0.004 μm	0.004— 0.008 μm	0.008— 0.016 μm	0.016— 0.032 μm	0.032— 0.063 μm	0.063— 0.125 μm	0.125— 0.250 μm	0.250— 0.500 μm	0.500— 1.000 μm	1.000— 2.000 μm
1#	0.49	0.86	2.00	3.38	4.83	5.78	13.68	25.25	15.39	4.74	11.16	12.44
2#	1.02	1.88	4.55	7.37	9.31	10.35	11.18	12.22	12.21	12.70	12.57	4.64
3#	0.71	1.47	3.62	5.56	6.72	8.18	11.20	14.75	14.25	12.17	13.75	7.62
4#	0.55	1.01	2.58	4.38	5.92	7.20	14.09	23.29	17.34	8.67	8.92	6.05
5#	0.28	0.61	1.66	2.67	3.35	4.99	10.64	17.89	29.06	20.26	1.13	7.46
6#	0.00	0.10	0.71	1.46	2.01	1.72	1.32	0.25	4.20	23.21	37.29	27.73

2.2 英罗港沉积物重金属含量特征

英罗港6个站点及国内典型红树林湿地表层沉积物重金属含量范围如表2所示。由表2数据可以看出,表层沉积物重金属质量分数表现为 $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$, Zn、Cu、Pb、Cd的平均含量分别为48.3, 12.7, 6.52, 0.181 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。本研究中英罗港沉积物4种重金属含量低于三亚、钦州湾、湛江等中国其他区域红树林湿地沉积物重金属含量,这可能是因为英罗港在山口红树林保护区内,受到工业污染等人类活动影响较小。

从空间分布来看,Zn、Cu、Pb、Cd的总体含量为3# \approx 2# $>$ 4# $>$ 5# $>$ 1# $>$ 6#,具体表现为桐花树

林内 \approx 秋茄林内 $>$ 红海榄林内 $>$ 光滩,这是因为红树林对重金属具有一定的储积作用,会将重金属污染物积累在其生长的沉积物区域中^[16]。并且本研究发现,光滩的沉积物粒径大于林内沉积物粒径,而重金属更容易富集在颗粒较小的沉积物上^[17]。这两点是造成重金属含量林内大于光滩的主要原因。秋茄林内沉积物重金属含量要低于红海榄和桐花树林内沉积物重金属,其原因可能是由于研究区域秋茄的密度低于红海榄和桐花树,受潮汐影响较大,重金属在沉积物和海水中转化更为频繁所致^[18]。可以推测,红树林表层沉积物中的重金属含量与沉积物粒径及红树种类相关。

表 2 英罗港各站位及国内其他红树林湿地沉积物重金属含量比较 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $n=5$)Table 2 Contents comparison of heavy metals in mangrove sediment of each stations in Yingluo Bay and other mangrove wetlands in China ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $n=5$)

站位 Stations	Cu	Pb	Zn	Cd	参考文献 References
1#	5.52±0.32	4.96±0.18	31.6±1.17	0.090±0.013	*
2#	20.2±3.26	10.2±1.11	73.8±5.74	0.252±0.028	*
3#	22.0±1.60	10.9±1.74	73.0±3.25	0.324±0.060	*
4#	17.5±2.23	4.22±1.56	57.8±4.83	0.242±0.033	*
5#	8.20±1.95	7.55±0.88	46.5±5.11	0.124±0.021	*
6#	5.22±1.05	2.64±0.73	14.2±1.89	0.106±0.017	*
三亚 Sanya	4.25—21.5	2.02—81.7	7.12—133	0—0.61	[19]
钦州湾 Qinzhou Bay	9.37—23.4	28.6—61.1	36.3—95.2	6.53—12.6	[19]
湛江 Zhanjiang	8.44—26.8	8.49—49.3	24.5—68.9	3.79—20.64	[19]
福田 Futian	39.4—84.1	119—147	154—322	3.99—10.5	[19]
中国 China	9.01—30.3	23.6—180	4.86—313	0.04—0.98	[19]

注: * 表示本研究

Note: * Means this research

2.3 重金属存在形态及特征

重金属元素的迁移能力、潜在生态风险与其在沉积物中的存在形态有密切关系,并且决定了其环境效应^[20]。英罗港各站位表层沉积物中 Zn、Cu、Pb、Cd 4 种重金属存在形态的比例见表 3。这 4 种元素残渣态所占比例为 42.9%—64.0%。残渣态含量高表明重金属在沉积物中存在的稳定性较好,不易解离出来,对环境和生物的影响较小^[21]。其他存在形态中,可氧化态占总量比例为 4.4%—38.2%,可还原态占总量比例为 8.4%—19.1%,弱酸提取态占总量比例为 8.6%—19.6%,这 3 种形态在一定程度上反映了重金属元素的生物有效性,其比例越高,越容易受环境改变而释放出来造成二次污染^[5]。

表 3 各站位表层沉积物 4 种重金属存在形态所占比例

Table 3 Proportion of the speciation of four heavy metals in the surface sediments at each station

重金属 Heavy metal	站位 Stations	比例 Proportion			
		F1	F2	F3	F4
Cu	1#	0.142	0.131	0.124	0.602
	2#	0.108	0.125	0.185	0.582
	3#	0.105	0.084	0.382	0.429
	4#	0.173	0.110	0.196	0.520
	5#	0.112	0.110	0.098	0.681
	6#	0.107	0.182	0.104	0.607
Pb	1#	0.136	0.153	0.120	0.591
	2#	0.138	0.169	0.157	0.536
	3#	0.114	0.131	0.289	0.466
	4#	0.155	0.078	0.274	0.493
	5#	0.108	0.143	0.135	0.614
	6#	0.113	0.168	0.091	0.628

续表 3

Continued table 3

重金属 Heavy metal	站位 Stations	比例 Proportion			
		F1	F2	F3	F4
Zn	1#	0.196	0.120	0.149	0.535
	2#	0.163	0.159	0.116	0.563
	3#	0.121	0.077	0.310	0.493
	4#	0.191	0.161	0.145	0.503
	5#	0.140	0.156	0.122	0.583
	6#	0.133	0.191	0.083	0.593
Cd	1#	0.136	0.131	0.094	0.640
	2#	0.164	0.167	0.147	0.521
	3#	0.186	0.076	0.208	0.531
	4#	0.162	0.126	0.243	0.469
	5#	0.086	0.132	0.184	0.598
	6#	0.153	0.177	0.044	0.626

光滩中沉积物重金属主要存在形式为残渣态 (F4),非残渣态中弱酸提取态 (F1)和可还原态 (F2)形态占比大致相同,约 10%,略高于可氧化态 (F3),其大小顺序为残渣态 (F4) > 可还原态 (F2) > 弱酸提取态 (F1) > 可氧化态 (F3)。与光滩不同的是,林内沉积物重金属可氧化态所占比例提升至非残渣态的第一位,其顺序为残渣态 (F4) > 可氧化态 (F3) > 弱酸提取态 (F1) > 可还原态 (F2)。

各站位沉积物重金属可氧化态比例为 3# (桐花树林内) > 4# (红海榄林内) > 2# (秋茄林内) > 5# (桐花树林外光滩) > 1# (秋茄林外光滩) > 6# (红海榄林外光滩)。林内沉积物可氧化态占比最高的原因可能是由于红树林内沉积物富含有机质及硫化物,使沉积物处于相对还原的条件,而硫化物与有机质易于

与重金属结合形成稳定的络合物^[22-23], 并且植物的存在减缓了海水的流动, 使重金属可以充分与硫化物、有机物结合为络合物^[24]。这4种重金属元素弱酸提取态所占比例顺序总体趋势为4# > 2# > 3# > 1# > 6# > 5#, 表现为林内含量高于光滩。弱酸提取态中主要成分是碳酸盐结合态, 而这种结合态是一种相对松散的结合形式, 极易受环境影响^[25], 林内沉积物受海水水流影响作用较小, 因此所占比例较高。可还原态中主要成分为铁锰氧化物结合态, 各站位重金属可还原态所占比例顺序为6# > 1# > 5# > 2# > 4# > 3#, 表现为光滩高于林内, 值得注意的是, 该顺序正好与沉积物重金属可氧化态所占比例的顺序相反, 表明可还原态重金属更易存在于光滩沉积物中。一些研究表明, 由于光滩砂质较多, 通气性好, 使沉积物氧化还原电位较高, 铁锰氧化物可以稳定存在, 使得光滩沉积物中可还原态含量较高^[26]。

总体而言, 沉积物重金属主要存在形式为残渣态, 并且光滩沉积物以残渣态形式存在的重金属所占比例高于林内沉积物。对于非残渣态形式存在的重金属而言, 林内沉积物重金属主要以可氧化态存在, 而光滩沉积物重金属主要存在形态为可还原态。

2.4 英罗港表层沉积物粒度与重金属含量相关性分析

本文使用 Pearson 相关性分析英罗港表层沉积物粒度与重金属相关性, 结果显示如表4所示。Cu、Pb、Zn、Cd 与粒度的相关性从大到小的顺序为黏土 > 粉砂 > 砂, 并且这4种重金属与砂的含量呈现负相关, 表明英罗港沉积物重金属在粒径较小的黏土上更容易富集, 其次是粉砂, 而砂对重金属的富集效应较小, 符合重金属的粒度效应^[7]。并且 Cu、Pb、Zn、Cd 这4种重金属之间也具有较强相关性, 表明

表4 英罗港表层沉积物粒度与重金属的相关性
Table 4 Correlation between particle size and the concentration of heavy metals in the surfer sediments of Yingluo Bay

	粉砂 Silt	黏土 Clay	Cu	Pb	Zn	Cd
砂 Sand	-0.998**	-0.946**	-0.844*	-0.762	-0.913*	-0.798
粉砂 Silt		0.922**	0.823*	0.737	0.901*	0.779
黏土 Clay			0.893*	0.832*	0.915*	0.842*
Cu				0.764	0.950*	0.989**
Pb					0.876*	0.756
Zn						0.929**

注: * 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)

Note: * means significant correlation ($P < 0.05$), ** means extreme significant correlation ($P < 0.01$)

这4种重金属可能具有相同或相近的来源^[27]。

3 结论

(1) 英罗港光滩沉积物中大粒径含量高于林内沉积物含量, 表明光滩位置水动力较强, 随着潮汐作用带走了部分小粒径颗粒物, 而红树林错综复杂的根系减缓了潮汐作用, 有助于小粒径沉积物保存下来。通过 Pearson 相关性分析表明, 黏土和粉砂所占的比例与重金属的含量呈现显著的正相关关系。

(2) 英罗港沉积物中 Zn、Cu、Pb、Cd 的平均含量分别为 48.3, 12.7, 6.52, 0.181 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 低于国内其他地区红树林, 间接表明山口保护区英罗港的重金属污染程度较轻, 受人为干扰较小。英罗港沉积物重金属含量顺序为秋茄林内 \approx 桐花树林内 > 红海榄林内 > 光滩, 这一现象受重金属粒度效应和红树植物对重金属的积累作用共同影响。

(3) 英罗港沉积物重金属是以残渣态为主, 反映其重金属生物活性较低, 因外界环境改变不易从沉积物中解离析出, 对环境的危害性较小。非残渣态中沉积物可氧化态比例的顺序为桐花树林内 > 红海榄林内 > 秋茄林内 > 光滩, 而沉积物可还原态所占比例的顺序正好相反。弱酸提取态所占比例顺序为光滩 > 红海榄林内 > 秋茄林内 > 桐花树林内。不同形态特征的重金属分布取决于水动力条件、红树林底质差异等因素。

参考文献

- [1] 李晓菊, 靖元孝, 陈桂珠, 等. 红树林湿地系统污染生态及其净化效果的研究概况[J]. 湿地科学, 2005, 3(4): 315-320.
- [2] 孙仁杰, 范航清, 吴斌, 等. 广西红树林生态系统的常见物种[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 372-387. DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20180813.001.
- [3] 林鹏. 红树林[M]. 北京: 海洋出版社, 1984: 4-34.
- [4] 张辉, 马东升. 南京地区土壤沉积物中重金属形态研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(3): 346-352.
- [5] 王军广, 赵志忠, 赵广孺, 等. 红树林湿地沉积物中重金属元素含量及其存在形态研究进展[J]. 海南师范大学学报: 自然科学版, 2010, 23(3): 343-346.
- [6] TESSIER A, CAMPBELL P G C, BISSON M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals [J]. Analytical Chemistry, 1979, 51(7): 844-851.
- [7] 赵一阳. 中国海大陆架沉积物地球化学的若干模式[J]. 地质科学, 1983, 18(4): 307-314.

- [8] 黄向青,梁开,林进清,等. 钦州湾口沉积物中重金属变化特征及其与粒度的关系[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 281-287. DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20150401.002.
- [9] 韦江玲,王增军,潘良浩,李武峥. 山口红树林湿地重金属含量及生态风险评价[J]. 亚热带资源与环境学报, 2019, 14(2): 28-33.
- [10] 罗万次,雷富,叶朝放,等. 防城港湾夏季水质及表层沉积物重金属污染评价[J]. 广西科学学院学报, 2015, 31(2): 83-88. DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20150525.004.
- [11] 谢谊,张腾,雷富,等. 涠洲岛西面及西南面沉积物重金属污染分析[J]. 广西科学, 2018, 25(1): 57-62, 67. DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20180207.001.
- [12] 潘良浩,史小芳,曾聪,等. 广西红树林的植物类型[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 352-362. DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20180813.002.
- [13] 倪志鑫,张霞,蔡伟叙,等. 珠江口沉积物中重金属分布、形态特征及风险分析[J]. 海洋环境科学, 2016, 35(3): 321-328.
- [14] 国家海洋环境监测中心. 海洋监测规范 第5部分: 沉积物分析: GB 17378.5-1998 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [15] 陈振楼,许世远,柳林,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.
- [16] 王仁恩,杨文杰,张钰,等. 不同红树林群落土壤吸附重金属的研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2037-2038.
- [17] FARKAS A, ERRATICO C, VIGANO L. Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of the River Po [J]. *Chemosphere*, 2007, 68(4): 761-768.
- [18] LI X D, SHEN Z G, WAI O W H, et al. Chemical forms of Pb, Zn and Cu in the sediment profiles of the Pearl River Estuary [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2001, 42(3): 215-223.
- [19] 李柳强. 中国红树林湿地重金属污染研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008: 52.
- [20] DAVIDSON C M, THOMAS R P, MCVEY S E, et al. Evaluation of a sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in sediments [J]. *Analytica Chimica Acta*, 1994, 291(3): 277-286.
- [21] 韩新,曾传志. 清澜港(八门湾)自然保护区红树林调查[J]. 热带林业, 2009, 37(2): 50-51.
- [22] 高彦鑫,冯金国,唐磊,等. 密云水库上游金属矿区土壤中重金属形态分布及风险评价[J]. 环境科学, 2012, 33(5): 1707-1717.
- [23] 林鹏. 福建漳江口红树林湿地自然保护区综合科学考察报告[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001.
- [24] 谢陈笑,丁振华,高卫强,等. 漳江口红树林区沉积物Cu、Zn、Cr的分布及形态特征[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(z1): 100-104.
- [25] FERNANDES H M. Heavy metal distribution in sediments and ecological risk assessment: the role of diagenetic processes in reducing metal toxicity in bottom sediments [J]. *Environmental Pollution*, 1997, 97(3): 317-325.
- [26] TAM N F Y, WONG Y S. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater [J]. *Environmental Pollution*, 1996, 94(3): 283-291.
- [27] YE F, HUANG X P, ZHANG D W, et al. Distribution of heavy metals in sediments of the Pearl River Estuary, Southern China: Implications for sources and historical changes [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2012, 24(4): 579-588.

Distribution Characteristics of Heavy Metal in Surface Sediments of Yingluo Bay in Shankou Mangrove Reserve

SONG Chao, WU Lengchan, LI Bin, ZHOU Haolang, LIANG Wen

(Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

Abstract: By analyzing the sediment size and heavy metals Zn, Cu, Pb, and Cd in the Yingluo Bay mangrove

wetland in Guangxi Shankou National Mangrove Reserve, the forms and distribution of heavy metals in mangrove surface sediments were explored. This paper finds that the proportion of silt and clay in the forest surface sediments in Yingluo Bay were higher than that in bare mudflat, and the contents of Zn, Cu, Pb and Cd in the sediments in the forest are also higher than that in bare mudflat. The proportion of silt and clay in surface sediments is significantly positively correlated with the content of heavy metals, which is consistent with the particle size effect of heavy metals. The average content of Zn, Cu, Pb and Cd in the surface sediments of Yingluo Bay is lower than that of other major mangrove growth areas in China, indicating that the heavy metal pollution of surface sediments in this area is relatively small. Heavy metals in mangrove surface sediments in Yingluo Bay are mainly in residual state, indicating that the bioavailability of heavy metals in this area is relatively small. In the non-residual state, the proportion of oxidizable heavy metals in forest sediments is higher, which is related to the abundance of organic matter and sulfides in the sediments in the growth area of mangroves. The proportion of bare mudflat sediments in the reducible state is relatively higher, which may be due to the results that the sediments in bare mudflat are full of more sand, have good aeration, and exhibit oxidative.

Key words: heavy metal speciation, mangrove, particle size, Yingluo Bay, distribution

责任编辑:符支宏



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkx@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>