

九龙江口桐花树红树林 对重金属的吸收与累积*

郑文教 王文卿 林鹏

(厦门大学环境科学研究中心和生物系 厦门 361005)

摘 要

探讨了福建九龙江口桐花树红树林对 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 元素的吸收、累积及分布。结果表明,该林地土壤 5 种元素的储量关系为 $Mn > Zn > Pb > Cu \geq Cd$, 植物体不同部位, 各元素含量有着明显的差异, 含量范围分别为 Cu 1.51~5.70、Pb 1.30~10.70、Zn 18.0~100.1、Cd 0.04~0.23 和 Mn 15.5~237.5 ($w/10^{-6}$); 植物对土壤元素的富集系数大小依次为 $Cd > Zn > Mn > Cu > Pb$; 群落现存生物量中, Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 元素的现存累积量分别为 46.56、63.30、445.05、1.14 和 1656.93 ($\rho_A/mg \cdot m^{-2}$)。其中, 地下部分别占 70.2%、81.8%、76.2%、72.2% 和 82.1%; 林地残留物相应元素的储量分别为 211.11、184.00、1941.69、6.19 和 22248.31 ($\rho_A/\mu g \cdot m^{-2}$)。

关键词 红树林; 桐花树; 重金属; 吸收与累积

ABSORPTION AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN AEGICERAS CORNICULATUM MANGROVE FOREST IN THE ESTUARY OF THE JIULONG RIVER IN FUJIAN

Zheng Wenjiao, Wang Wenqing and Lin Peng

(Research Center for Environmental Science and Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract

Absorption, accumulation and distribution of Cu, Pb, Zn, Cd and Mn elements in *Aegiceras corniculatum* mangrove forest in the estuary of the Jiulong River in Fujian were studied and the results showed that the storages of those elements in the soil of the forest were $Mn > Zn > Pb > Cu \geq Cd$; the element contents in different plant parts were quite different, the ranges of the contents were Cu 1.51~5.70, Pb 1.30~10.70, Zn 18.0~100.1, Cd 0.04~0.23 and Mn 15.5~237.5 ($w/10^{-6}$), and their storages in the standing crops of the community were 46.56 for Cu, 63.30 for Pb, 445.05 for Zn, 1.14 for Cd and 1656.93 for Mn ($\rho_A^{-1}/mg \cdot m^{-2}$), of which the underground part accounted for 70.2%, 81.8%, 76.2%, 72.2% and 82.1%, respectively; the accumulation ratio of the elements in plants to those in soil was $Cd > Zn > Mn > Cu > Pb$; the storages of elements in the litter on forest floor were Cu 211.11, Pb 184.00, Zn 1941.69, Cd 6.19 and Mn 22248.31 ($\rho_A^{-1}/\mu g \cdot m^{-2}$), respectively.

Key words mangrove; *Aegiceras corniculatum*; heavy metal; absorption and accumulation

收稿日期: 1995-10-12 接受日期: 1996-01-10

* 国家自然科学基金资助项目

红树林是热带、亚热带海岸潮间带特有的木本植物群落,是河口区重要的初级生产者和众多生物种的栖息、繁衍和觅食场所^[1~2]。由于流域的开发、沿海城市和工业的发展所带来的污染物以越来越快的速度汇集于河口区,因而有关污染物对红树林生态系统的作用便受到重视^[3~8]。本文研究福建九龙江口红树林自然保护区桐花树(*Aegiceras corniculatum*)林,对重金属元素的吸收、累积与分布,为红树林生态系统的保护和管理,以及河口区环境质量的生物监测,提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验地与样品的采集

实验地点位于福建省东南部九龙江口南岸龙海县浮宫镇草埔头村的海滩红树林,样地为桐花树纯林,林冠高2 m,呈灌木状,平均密度3.0丛/m²,群落总盖度95%,叶面积指数4.0。该群落位于秋茄(*Kandelia candel*)林内缘,沿海岸边呈带状分布,其详细的群落特征、生境概况及生物量测定见前文^[9]。1995年4月于桐花树林,分别采集植物体叶、花、幼枝、侧枝(多年生枝)、枯枝、主茎材、主茎皮、大根($d \geq 2$ cm 包括根莖)、中根($2 > d \geq 0.2$ cm)和细根($d < 0.2$ cm)等组分。同时采用同样方法收集测定林地残留物。用分层采样法分别采集植物根系分布土壤层深0~30 cm、30~60 cm和60~90 cm土样。

1.2 分析方法

各样品60℃烘干,研磨成粉。植物样品用HNO₃-HClO₃消化,原子吸收分光光谱仪火焰法测定Mn、石墨炉法测定Cu、Pb、Zn、Cd含量;土壤样品HNO₃-HClO₃-HF消化,火焰法测定各元素含量。群落现存生物量及各组分分布见文献^[9]。根据各层土壤容重计算m²林地土壤深0~30 cm、30~60 cm和60~90 cm各层土壤重量,再与各层土壤元素含量的乘积求得m²林地各层Cu、Pb、Zn、Cd、Mn的储量。根据群落各组分现存生物量与植物体相应部位元素含量的乘积,求得群落各元素的现存累积量;林地残留物中各元素的储量亦根据残留物量与残留物中元素含量的乘积而求得。

2 结果与讨论

2.1 林地土壤5元素含量及储量分布

九龙江口浮宫桐花树林地不同层次土壤5种重金属元素含量及储量见表1。

表1 桐花树群落林地土壤5种元素含量及储量

Table 1 Contents and amounts of five elements in the soil of *Aegiceras corniculatum* community

土层 Soil layers (d/cm)	容重 Bulk Weights ($\rho/g \cdot cm^{-3}$)	含量 Contents($w/10^{-6}$)					储量 Amounts($\rho_A/g \cdot m^{-2}$)				
		Cu	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn
表层 Surface(0~30)	0.805	26.6	101	138	0.12	607	6.42	24.32	33.28	0.029	146.69
中层 Middle(30~60)	0.901	27.3	89	143	0.12	648	7.38	24.06	38.54	0.032	175.24
深层 Deep (60~90)	0.927	26.0	88	147	0.17	448	7.23	24.44	40.94	0.047	124.48
总计 Total (0~96)							21.03	72.82	112.76	0.109	446.41

从表 1 可以看出,该林地土壤 Cu 含量各层相近,Pb 含量表层 高于中、深层,Mn 中层高于表层和深层,而 Cd 含量则深层高于中、表层,Zn 从深层至表层含量略为降低,即 Pb、Mn 含量上层较高,而 Zn、Cd 则深层较高,Cu 各层变化不明显。由于目前海洋沉积物中的污染物尚无统一适用的评价标准,因而对该林区受重金属的污染程度,难以作统一的评价。

该群落植物根系的分布深度在 0~90cm 土壤层。根据土壤各元素含量和土壤容重计算,该林地植物根系分布土壤层 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 的现状储量,分别为 21.03、72.82、112.76、0.109 和 446.41($\rho_A/g \cdot m^{-2}$),即储量 $Mn > Zn > Pb > Cu \gg Cd$ 。

2.2 植物体各部位 5 元素含量

从图 1 可以看出,桐花树植物体不同部位各元素的含量有明显的差异,含量范围($w/10^{-6}$)Cu 1.51~5.70、Pb 1.30~10.70、Zn 18.0~100.1、Cd 0.04~0.23 和 Mn 15.5~237.5,加权平均($w/10^{-6}$)分别为 2.36、3.20、22.52、0.058 和 83.85,各含量关系为 $Mn > Zn > Pb > Cu \gg Cd$,这与土壤中的元素关系相一致,但植物地上部加权为 $Cu > Pb$ 。从植物体各部位看:5 种元素在细根中的含量均远高于其他部位,且从细根→中根→大根,含量随之显著的降低,如 Zn、Cd 细根中的含量分别是中根的 3.5 和 3.3 倍,是大根的 5.3 和 5.0 倍。地上部茎、枝、叶、花各元素含量: $\omega(Cu)$ 仅为细根中含量的 26%~48%(茎皮最低); $\omega(Pb)$ 仅为细根的 12%~22%,且从根→叶含量呈逐步降低趋势; $\omega(Zn)$ 仅为细根中含量的 18%~22%(中根较高,为细根的 29%); $\omega(Cd)$ 为细根的 18%~42%(茎材含量最低); $\omega(Mn)$ 在叶中的含量也显著较高,仅次于细根(比细根低 10.3%),而花、幼枝、侧枝、主茎的含量则仅为细根的 7%~20%(茎材最低)。上述结果表明,植物吸收的重金属元素,仍大量的停留累积在细根中,其次 Cu 茎材、Pb 中根和大根、Zn 中根、Cd 叶、花和枝以及 Mn 叶也是较明显的累积部位。与不同港湾红树林(另文讨论)相比,植物体各元素含量(各部位含量的加权平均)桐花树 Pb、Zn、Cd 含量(ω)分

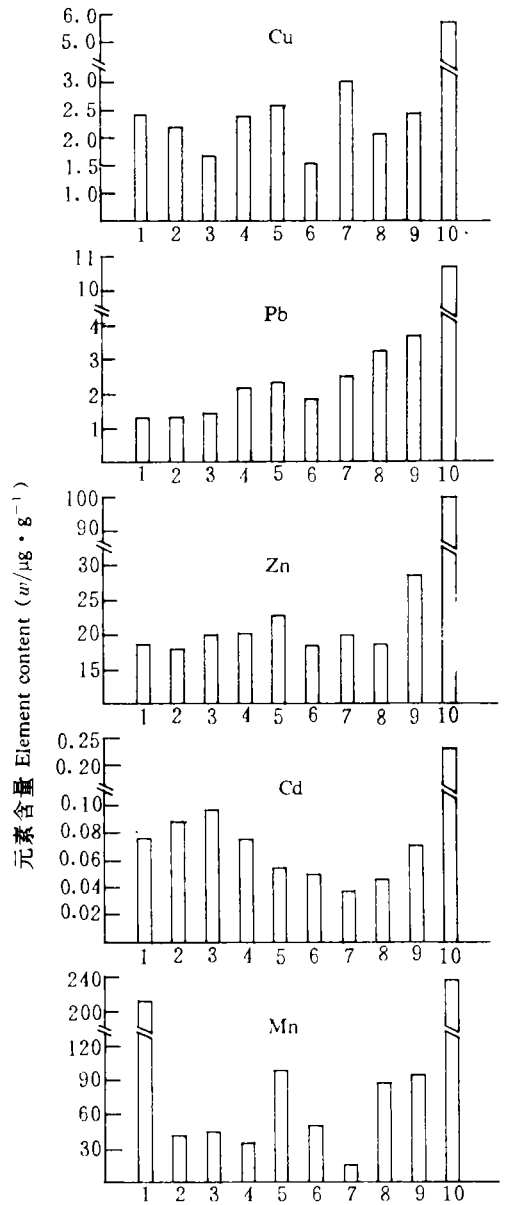


图 1 铜、铅、锌、镉、锰元素在桐花树植物体不同部位中的含量

Fig. 1 Contents of Cu, Pb, Zn, Cd and Mn elements in the different parts of *Aegiceras corniculatum*
 1. 叶 Leaf; 2. 花 Flower; 3. 幼枝 Twig; 4. 侧枝 Branch; 5. 死枝 Dead branch; 6. 茎皮 Stem bark 7. 茎材 Stem wood; 8. 大根 Big root; 9. 中根 Middle root; 10. 细根 Fine root

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

别比深圳福田白骨壤(*Avicennia marina*)高 175.9%、98.8%和 31.8%,而 Cu、Mn 则分别比白骨壤低 27.2%和 11.7%;Cd 含量比英罗湾红海榄(*Rhizophora stylosa*)低 47.3%,而 Cu、Pb、Zn、Mn 则分别为红海榄的 2.4、3.7、4.6 和 5.7 倍(表 2)。

表 2 3 种红树群落植物 5 元素含量及现存累积量*

Table 2 Contents and amounts of five elements in three mangrove communities

元素 Elements	九龙江口桐花树林 <i>Aegiceras corniculatum</i> in Jiulong River estuary		福田白骨壤 <i>Avicennia marina</i> in Futian		英罗湾红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i> in Yinluo Bay	
	含量 Contents ($\omega/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A/mg \cdot m^{-2}$)	含量 Contents ($\omega/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A/mg \cdot m^{-2}$)	含量 Contents ($\omega/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A^{-1}/mg \cdot m^{-2}$)
	Cu	2.36	46.56	3.24	53.70	0.99
Pb	3.20	63.30	1.16	19.27	0.87	25.25
Zn	22.52	445.05	11.33	187.79	4.93	143.68
Cd	0.058	1.14	0.044	0.72	0.11	3.14
Mn	83.85	1 656.93	95.00	1 631.17	14.76	430.39

* 表中元素含量为植物体不同部位含量的加权平均。The content of elements in the table are the weighted average of the different plant parts.

2.3 植物对土壤 5 元素的富集系数

植物对土壤元素的吸收富集能力,可以用富集系数(或称吸收或累积系数),即植物体内某元素的含量与该元素在土壤中含量的比值来表示。本文仅讨论在现状生境综合条件下,植物对土壤元素全量的富集系数。从表 3 可知,九龙江口桐花树林植物体对表层土壤 5 种元素的富集系数各部位加权平均,Cd 0.483 居最大,Pb 0.032 为最小,各元素依次为 Cd>Zn>Mn>Cu>Pb,其中 Cd 分别是 Zn 的 3.0、Mn 的 3.5、Cu 的 5.4 和 Pb 的 15.1 倍,Zn 分别是 Mn 的 1.2、Cu 的 1.8 和 Pb 的 5.1 倍,Mn 分别是 Cu 的 1.5 和 Pb 的 4.3 倍,Cu 是 Pb 的 2.8 倍。这一结果表明,在该群落现状生境的综合条件下,桐花树植物在整体上,对土壤 5 元素的吸收富集能力为 Cd>>Zn>Mn>Cu>>Pb。从植物体不同部位看,细根富集系数居最高,Cd、Zn、Mn、Cu、Pb 分别在 2.0、0.7、0.4、0.2 和 0.1 水平,其余部位较低,Cd 在 0.3~0.8、Zn 0.1~0.2、Mn 0.03~0.15(叶为 0.35)、Cu 0.05~0.1 和 Pb 在 0.01~0.04 水平。

表 3 桐花树植物对土壤(0~30cm 深)5 元素的富集系数*

Table 3 Accumulation ratio of 5 elements of *Aegiceras corniculatum* to soil(depth 0~30cm)

组 分	Fractions	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn
叶	Leaf	0.092	0.013	0.134	0.675	0.351
花	Flower	0.083	0.014	0.131	0.742	0.069
幼 枝	Twig	0.062	0.015	0.146	0.808	0.074
侧 枝	Branch	0.090	0.021	0.147	0.667	0.056
茎 皮	Stem bark	0.057	0.018	0.134	0.425	0.083
茎 材	Stem wood	0.113	0.025	0.142	0.308	0.026
大 根	Big root	0.078	0.032	0.136	0.383	0.145
中 根	Middle root	0.093	0.037	0.210	0.592	0.154
细 根	Fine root	0.214	0.106	0.726	1.917	0.391
加权平均	Weighted average	0.089	0.032	0.163	0.483	0.138

* 富集系数 Accumulation ratio: $m(\text{植物元素 The element in plant}) \cdot m(\text{土壤元素 The element in soil})^{-1}/1$

2.4 群落 5 元素的现存累积量及分布

群落 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 元素现存累积量是指累积在群落现存生物量中各元素的总量, 其反映了该河口区红树林长期吸收而净存留累积在植物体中的重金属总量, 由植物体各部位元素含量与该群落相应部位组分生物量^[9]的乘积而求得. 九龙江口桐花树林 5 元素的现存累积量及其分布见表 4.

表 4 桐花树群落 5 种元素的现存累积量及分布*

Table 4 Accumulation and distribution of five elements in *Aegiceras corniculatum* community

组分 Fractions	生物量	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn
	Biomass ($\rho_A/\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	($\rho_A/\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	($\rho_A/\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	($\rho_A/\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	($\rho_A/\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	($\rho_A/\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)
叶 Leaf	729.0	1.79(3.84)	0.95(1.50)	13.49(3.03)	59.05(5.18)	155.28(9.37)
花 Flower	112.3	0.25(0.54)	0.15(0.24)	2.02(0.45)	9.99(0.88)	4.74(0.29)
幼枝 Twig	93.6	0.15(0.32)	0.14(0.22)	1.88(0.42)	9.08(0.80)	4.21(0.25)
侧枝 Branch	1 407.0	3.36(7.22)	2.93(4.63)	28.56(6.24)	112.56(9.88)	47.56(2.87)
枯枝 Dead branch	234.6	0.61(1.31)	0.55(0.87)	5.33(1.20)	12.67(1.12)	23.44(1.41)
主茎 Stem	2 826.4	7.73(16.60)	6.78(10.71)	54.78(12.31)	113.06(9.93)	61.90(3.74)
大根 Big root	11 225.0	23.24(49.92)	36.37(57.45)	211.03(47.42)	516.35(45.34)	991.17(59.82)
中根 Middle root	2 608.2	6.44(13.83)	9.81(15.50)	75.38(16.94)	185.18(16.26)	243.87(14.72)
细根 Fine root	525.3	2.99(6.42)	5.62(8.88)	52.58(11.81)	120.83(10.61)	124.76(7.53)
地上部 Aboveground	5 402.9	13.89(29.83)	11.50(18.17)	106.06(23.83)	316.41(27.79)	297.13(17.93)
地下部 Underground	14 358.5	32.67(70.17)	51.80(81.83)	338.99(76.17)	822.35(72.21)	1 359.80(82.07)
总计 Total	19 761.4	46.56(100.00)	63.30(100.00)	445.05(100.00)	1 138.76(100.00)	1 656.93(100.00)

* 括号内数据为占总量的百分比. Numbers in the brackets are the percentages of the total amounts.

从表 4 可知, 该群落 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 元素现存累积量分别为 46.56、63.30、445.05、1.14 和 1 656.93 ($\rho_A/\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$). 与深圳福田白骨壤红树林^{1,2)}和广西英罗湾红海榄红树林^{3)[5]}5 元素群落现存累积量相比(表 2): 该群落 Pb、Zn、Cd 累积量分别是白骨壤林的 3.3、2.3 和 1.6 倍, 而 Mn 相近, Cu 则仅为白骨壤林的 86.7%; Cd 桐花树林仅为红海榄林的 36.2%, 而 Cu、Pb、Zn、Mn 则分别是红海榄林的 1.6、2.5、3.1 和 3.6 倍. 对照表 1, 该群落植物体 5 元素的现存累积量, Mn 仅为该林地植物根系分布土壤层(0~90cm 深)Mn 储量的 5%, Cd 为 1%, Cu、Zn 为 0.2%~0.4%, Pb 小于 0.1%.

从群落 5 元素累积量分布看: Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 地上部分别占 29.8%、18.2%、23.8%、27.8% 和 17.9%, 地下部分别占 70.2%、81.8%、76.2%、72.2% 和 82.1%, 即该群落现存累积的 5 种重金属元素有 70%~80% 贮存于地下部, 而地上部则仅占 20%~30% 左右. 在各组分中的分布量, 5 元素均在大根分布量居最大, 各占总量的 45%~60%; 其次, 中根各占 14%

1,2) 郑文教等. 1996. 海洋与湖沼. 应用生态学报(待刊)

3) 郑文教等. 1996. 植物生态学报(待刊)

~17%；主茎 Pb、Zn、Cl 各占 10%~12%，Cu 约占 17%，Mn 较少仅约占 4%；枝条 Pb、Mn 各占 4%~5%，Cu、Zn、Cd 各占 8%~12%；细根各元素各占 6%~12%；叶、花之和 Cd、Mn 各占 6%~10%，Cu、Pb、Zn 各占 2%~4%。

2.5 林地残留物 5 元素的含量及储量

林地残留物是指林地的森林凋落物，大都处于分解、半分解状态的腐烂枝叶。红树林因生境特殊，生长于热带、亚热带海陆交汇河口区的潮间带滩涂，生境高温、高湿，林地残留物有较高的分解速率，同时部分的枯枝落叶被漂移外海，因而林地残留物量较少。九龙江口桐花树林地残留物量仅为 $74.63(\rho_A^{-1}/g \cdot m^{-2})$ ，其中残留叶占 80.7%，残留枝占 19.3%，残留物中 5 元素含量及储量见表 5。

表 5 桐花树林地残留物 5 种元素含量及储量*

Table 5 Contents and amounts of five elements in the litter of *Aegiceras corniculatum* community

组 分 Fractions	残留物 Residues ($\rho_A/g \cdot m^{-2}$)	含量 Contents($w/10^{-6}$)					储量 Amounts($\rho_A/\mu g \cdot m^{-2}$)				
		Cu	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn
残留叶 Residual leaf	60.24	2.58	2.45	28.1	0.087	346.3	155.42	147.59	1692.74	5.24	20861.11
残留枝 Residual branch	14.39	3.87	2.53	17.3	0.066	96.4	55.69	36.41	248.95	0.95	1387.20
总 计 Total	74.63	(2.83)	(2.47)	(20.02)	(0.083)	(298.1)	211.11	184.00	1914.69	6.19	22248.31

* 括号内数据为加权平均含量。Numbers in the brackets are the weighted average contents.

从表 5 可知，该林地残留物中，Zn、Cd、Mn 含量为残留叶 > 残留枝，Cu 残留枝 > 残留叶，Pb 含量两者相近。对照植物体相应组分(图 1)，在残留叶中 Pb、Zn、Mn 含量，分别比植物体鲜叶高 88.5%、51.9% 和 62.6%，Cu、Cd 含量则与鲜叶相近，残留枝 Cu、Pb、Mn 含量高于活枝，而 Zn、Cd 则低于活枝，如 Cu 在残留枝中的含量分别比幼枝和侧枝高 136.0% 和 61.9%，而 Zn 则分别低 14%~15%。这与残留物这些有机残体，与土壤及水体直接作用、吸附或被冲洗有关。各元素加权平均含量关系为 $Mn > Zn > Cu > Pb > Cd$ 。由残留物中元素含量与林地残留物量的乘积计算，该林地残留物这一环节 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 元素的储量，分别为 211.11、184.00、1914.69、6.19 和 22248.31 ($\rho_A/\mu g \cdot m^{-2}$)，其中残留叶中的储量分别占总量的 73.6%、82.2%、87.2%、84.7% 和 93.8%，残留枝中分别占 26.4%、19.8%、12.8%、15.3% 和 6.2%。与其他港湾红树林(另文讨论)相比(表 6)：该林地残留物中 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 含量(各元素不同组分加权平均)分别仅为深圳福田白骨壤红树林地残留物中相应元素含量(加权平均)的 18.0%、16.7%、52.7%、57.2% 和 9.8%；Cu、Pb、Zn、Cd 含量亦分别仅为广西罗湾红海榄红树林地残留物相应元素含量(加权平均)的 36.8%、27.0%、35.7% 和 36.1%，而 Mn 含量则是红海榄的 5.9 倍。在储量上，该林地残留物中 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn 储量仅分别是白骨壤林的 10.1%、9.4%、38.5%、32.1% 和 5.5%；Cu、Pb、Cd 分别是红海榄林的 77.7%、56.9% 和 75.7%，Zn 储量与红海榄林相近，而 Mn 储量则是红海榄林的 12.5 倍。

表 6 3 种红树群落林地残留物 5 元素含量及储量*

Table 6 Contents and amounts of five elements in the litter of three mangrove communities

元 素 Elements	九龙江口桐花树林 <i>Aegiceras corniculatum</i> in Jiulong River estuary		福田白骨壤林 <i>Avicennia marina</i> in Futian		英罗湾红海榄林 <i>Rhizophora stylosa</i> in Yinluo Bay	
	含量 Contents ($w/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A/\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	含量 Contents ($w/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A/\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	含量 Contents ($w/10^{-6}$)	储量 Amounts ($\rho_A/\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
Cu	2.83	211.11	15.75	2 091.18	7.69	271.68
Pb	2.47	184.00	14.75	1 958.66	9.15	323.41
Zn	20.02	1 941.69	38.02	5 046.60	56.10	1 983.70
Co	0.083	6.19	0.145	19.30	0.23	8.18
Mn	298.11	22 248.31	3 054.6	405.50×10^3	50.25	1 776.90

* 表中元素含量为残留物各组分含量的加权平均。Contents of elements in the table are the weighted averages of the different residual fractions.

参 考 文 献

- 1 林 鹏. 红树林. 北京:海洋出版社,1984.95~102
- 2 Teas H J. Silviculture with saline water. In: Hollaender A ed. The Biosaline Concept. New York: Plenum Publishing Corporation, 1979. 117~161
- 3 Walsh G E, Ainsworth K A, Rigby R. Resistance of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) seedlings to lead, cadmium and mercury. *Biotropica*. 1979, 11(11): 22~27
- 4 林 鹏, 陈荣华. 九龙江口红树林对汞的循环和净化作用. 海洋学报. 1989, 11(2): 242~247
- 5 郑文教, 连玉武, 郑逢中等. 广西英罗湾红海榄红树群落锰镍的累积和循环. 厦门大学学报(自然科学版). 1995, 34(5): 829~834
- 6 郑逢中, 林鹏, 郑文教等. 秋茄对镉的吸收、累积及净化作用的研究. 植物生态学与地植物学学报. 1992, 16(3): 220~226
- 7 范航清. 广西海岸红树林现状及人为干扰. 见: 范航清等编. 中国红树林研究与管理. 北京: 科学出版社, 1995. 189~202
- 8 缪绅裕. 红树林污染生态学研究进展. 广西科学院学报. 1993, 9(2): 111~115
- 9 林 鹏, 王文卿, 胡宏友. 九龙江口桐花树群落的生物量和能量的初步研究. 见: 范航清等编. 中国红树林研究与管理. 北京: 科学出版社, 1995. 100~106

《心理学报》编辑部启事

《心理学报》自 1997 年起由北京市邮局发行, 敬请各订户注意. 《心理学报》国内邮发代号为 82-12.