

鄱阳湖与长江交汇区陆域重金属含量研究

崔丽娟¹, 张曼胤^{1,2}

(1 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2 东北师范大学湿地生态与植被恢复重点实验室, 吉林 长春 130024)

摘要: 通过测定鄱阳湖与长江交汇区陆域(包括九江一新港和湖口 2 个采样地)土壤及植物体内的重金属 As、Hg、Cr、Cd、Pb 含量, 统计分析了植物体内重金属含量与土壤中重金属含量的相关性及拟合曲线, 同时提出相应的生态修复措施。结果表明: 九江一新港土壤含 Pb 量高于湖口, 而这两个地点的 As、Hg、Cr、Cd 含量差异不显著。九江一新港和湖口的植物根部重金属 Cr、Pb、Cd 含量高于茎部和叶部, 而 As 和 Hg 含量恰好相反, 茎部重金属含量处于中间水平。对所有采样点植物体内的重金属含量与土壤中重金属含量进行相关性分析, 得出植物体内与土壤中的 Hg、Pb 含量相关性显著, 而植物体内与土壤中的 As、Cd、Cr 含量没有显著的相关性。

关键词: 鄱阳湖; 植物; 土壤; 重金属; 生态修复

中图分类号: X52 文献标识码: A

The Content of Heavy Metals in the Terrestrial Area at the Intersection of Poyanghu Lake and Yangtse River

CUI Li-juan¹, ZHANG Man-yin²

(1 Research Institute of Forestry, CAF, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China

2 Key Laboratory of Wetland Ecology and Vegetation Restoration, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China)

Abstract On the basis of the measurement of the heavy metals As, Hg, Cr, Cd, Pb in the soil and plants on the terrestrial area at the intersection of Poyanghu Lake and Yangtse River (including two sampling plots in Jiujiang-Xingang and Hukou), the difference of the heavy metals in these two plots were compared, and the correlation and curve fitting of the heavy metal contents in the plants and soil were counted and analyzed, and the ecological restoration measures were put forward. The result showed that the content of Pb ($63.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) in the soil of Jiujiang-Xingang sampling plot was higher than that ($53.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) of Hukou sampling plot, but the contents of As, Hg, Cr, Cd were not significantly different. In Jiujiang-Xingang and Hukou sampling plots, the contents of Cr, Pb, Cd in the plant roots were higher than that in stems and leaves, but the contents of As and Hg were just contrary, the contents of heavy metals in stems were in the medium level. Analyzing the correlation of the heavy metal contents in plants and soil among all sampling plots, the results are as follows: the contents of Hg, Pb in plant and soil were correlated, but As, Cd, Cr were not.

Key words Poyanghu Lake; plants; soil; heavy metal; ecological restoration

重金属是一类典型的累积性污染物, 在环境中难以降解, 环境一旦受到重金属污染, 就较难清除和恢复原状。重金属可通过食物链逐渐传递富集,

在某些条件下可以转化为毒性更大的金属有机化合物, 过高的重金属浓度对植物及鱼类影响显著, 最终危及人类的健康^[1, 2]。重金属分布在土壤和

收稿日期: 2005-12-14

基金项目: 国家自然科学基金(30270275)

作者简介: 崔丽娟(1968—), 女, 吉林人, 副研究员。

水体中,土壤中的重金属不仅直接危害人的身体健康,而且会随着土壤淋溶作用进入与之毗邻的水体中,使其污染进一步扩大。鄱阳湖位于长江中游段,是我国第一大淡水湖,不仅对当地居民的生产生活具有重要的意义,而且也是一些珍稀濒危鸟类的越冬地。如果受到重金属的污染,会对湖区内的鱼类及在此停歇或繁殖的珍稀禽类等产生显著的危害,并最终危及鄱阳湖区周边居民的健康。随着本地区经济的迅速发展,不断扩大的工农业、运输业等行业对长江与鄱阳湖交汇处带来了不小的环境冲击^[3]。目前,国内针对鄱阳湖长江交汇区陆域重金属含量的研究还未开展,本文以该区为研究对象,分析重金属分布规律及其危害,意在查明该区重金属含量,为该区环境质量评价和环境修复提供科学依据和技术支撑。

1 研究区概况

鄱阳湖是中国第一大淡水湖,位于江西省的北部,长江中下游南岸, $115^{\circ}50' \sim 116^{\circ}44'E$, $28^{\circ}25' \sim 29^{\circ}45'N$ 。在通常水位(14~15 m)时,湖区面积约 3 000 km²。在最高水位(约 21.69 m)时,湖区面积可达 3 915 km²。鄱阳湖南北长 173 km,东西平均宽度 16.9 km,最宽处约 74 km,入江水道最窄处的屏峰卡口,宽约为 2.8 km,湖岸线总长 1 200 km。鄱阳湖水系流域面积 1 622 万 km²,约占长江流域面积的 9%^[4]。

鄱阳湖是江西省境内五大主要河流(赣江、抚河、信江、饶河和修水)的汇集地,承纳赣江、抚河、信江、饶河、修河五大江河(以下简称五河)及博阳河、漳河、潼河之来水,经调蓄后由湖口注入长江,是一个过水性、吞吐型、季节性的湖泊。鄱阳湖地属亚热带潮湿的季风气候。年降水量在 1 400~1 900 mm,年平均气温为 17℃,无霜期约为 280 d^[5]。鄱阳湖滩地分布有水生植物 28 科、56 属、95 种 3 变种,种类最多的是莎草科、禾本科与蓼科。灰化苔草(*Carex cinerascens* Kukenth)、荻(*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth)、芦苇(*Phragmites communis* Trin)和针蔺(*Heleochari valliculosa* Ohwi)等 7 种植物为主要优势种^[6]。本研究的试验区新港—九江和湖口区植物以芦苇、蒲草(*Typha angustifolia* Linn)、莎草(*Cyperus rotundus* Linn)、苔草和荻等为主。

2 研究方法

2.1 采样及样品预处理

通过实地调查,在充分考虑样点布局的空间变异基础上,采用 GPS 定位,在九江—新港选设 4 个样点,在湖口选设 3 个样点(图 1)。

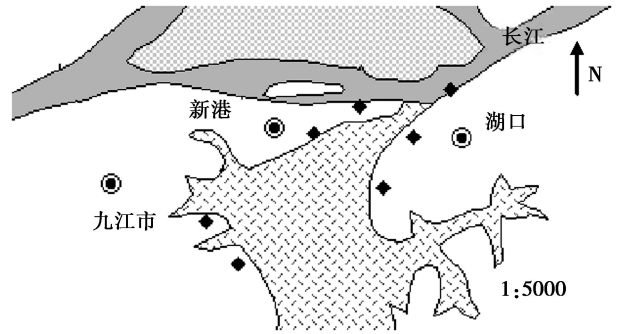


图 1 鄱阳湖与长江交汇区域示意及采样布点

在每个样点布设 5 个植物样方(50 cm × 50 cm),在植物样方内择取出现频率最多的 3 种植物,采用收割法获取地上部分的植物样本,在对应的样方内挖掘植物样本的根部,用清水将根部洗净,将植物样品的根、茎、叶分别装好标记。在每个样点布设 3 个土壤样方,挖取 0~20 cm 表层土壤 1 000 g 分别进行标记。

2.2 分析项目与测定方法

测定的重金属为 As、Hg、Cr、Pb、Cd。土壤风干后磨碎,过 0.25 mm 的尼龙网筛,取 10 g 样品于 25 mL 的瓷坩埚中,在马福炉内于 600℃ 下进行 2 h 取出冷却后将样品移至 250 mL 三角烧瓶中,加入 30 mL 王水加热消解,待溶液冷却后将溶液和沉淀全部转至 200 mL 容量瓶中,加入去离子水静置 2 d 移取上清液 1.00 mL 于 25 mL 容量瓶中,用去离子水稀释至刻度,摇均后用 RIS(HR)全谱直读等离子体原子发射光谱仪(美国 TJA 公司)测定。

称取植物风干样品的根(茎、叶)1 g 经烘箱中低温(<80℃)烘干 2 d,于 25 mL 的瓷坩埚中,在马福炉内于 500℃ 下进行 4 h 灰化以去除有机物,取出后加入 2 mL 王水加热消解,至溶液约剩下 1 mL 取下放冷,转移到 10 mL 容量瓶中,用去离子水稀释至刻度,摇均静置后测定上层清液,并用 RIS(HR)全谱直读等离子体原子发射光谱仪(美国 TJA 公司)测定。

2.3 数据处理

用 SPSS、SAS 等统计软件进行相关分析, 并选择适当的数学模型建立植物体内与土壤中重金属的回归方程。

3 结果与分析

3.1 土壤重金属含量状况

从表 1 可知, 2 个采样地土壤中的 Pb 和 Cd 含量高于一级标准土壤的重金属含量, As、Hg、Cr 的含量均低于标准值, 其中, Pb 超过标准值近 1 倍, Cd 超过标准值 38 倍左右 (表 1), 这与当地工农业发展迅速密切相关。工农业生产中产生的污水、废水是 Pb 和 Cd 污染的原因之一, Pb 和 Cd 的污染已经成为本地区污染的最主要因素。

对比 2 个样地 5 种重金属含量, As、Hg、Cr、Cd 含量相差不大, 而九江—新港采样点土壤中的 Pb 含量高于湖口采样点, 这是由于新港地区有大量的船舶停靠和进出, 含铅汽油的燃烧使九江—新港地区土壤含铅量增加; 而湖口采样地, 特别是岸边, 植被覆盖较好, 生长着多种湿地植被, 湿地生态系统相对健康, 生态功能, 尤其净化功能良好发挥, 因此湖口地区的 Pb 含量低于九江—新港样点。

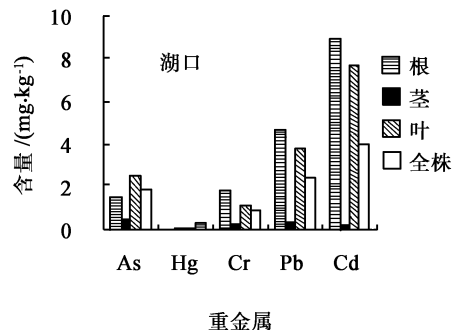
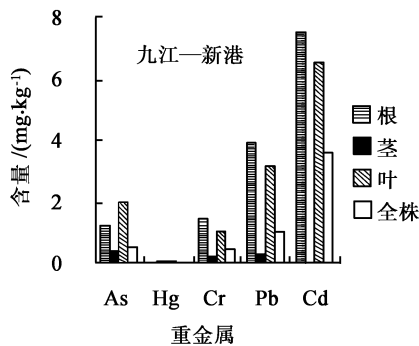


图 2 九江—新港和湖口采样地植物体内重金属含量

九江—新港样地根与叶的重金属含量显著相关 ($r = 0.982, p < 0.01$), 湖口样地的根与叶重金属含量也显著相关 ($r = 0.976, p < 0.01$). 2 个样地植物的茎与根、茎与叶的重金属含量不相关。可见, 根吸收重金属对茎的影响不大, 而是通过茎传送到叶中, 茎只起到了通道的作用, 这与朱鸣鹤等人的研究结果一致^[9]。

3.3 植物体内重金属与土壤中重金属相关性

植物体内的某些重金属含量与土壤中金属含量具有一定的联系^[10], 鄱阳湖湿地植物体内 As、Cd、Cr 含量与土壤中的没有显著的相关性, 而植物体内

表 1 九江—新港与湖口采样点土壤中重金属含量平均值

样点	重金属含量 / (mg·kg ⁻¹)				
	As	Hg	Cr	Pb	Cd
九江—新港	6.31	0.056	26.63	63.56	7.65
湖口	6.94	0.056	26.23	53.12	7.70
一级标准土壤 ^①	15.00	0.15	90.00	35.00	0.20

注: ①为《土壤环境质量标准 (GB15618-1995)》中的国家标准。

相对于土壤来说, 鄱阳湖湖口水质受重金属污染的情况较弱, 湖口内平水及枯水期水中的 Pb、Hg、Cr 等重金属含量达到地表水 II 类标准^[7-8], 土壤重金属主要来自地上的人类活动, 特别是九江—新港样地, 植被覆盖较差, 土壤中的重金属容易随土壤淋溶而进入水体。

3.2 植物体内重金属含量状况及相关性分析

所采植物样主要包括芦苇、香蒲、莎草类等, 分析时用混合样。植物各部位的重金属含量呈现出一定的规律性, 2 块采样地植物根部的重金属 Cr、Pb、Cd 含量为根 > 叶 > 茎, 而 As 和 Hg 含量为叶 > 根 > 茎 (图 2), 茎部的重金属含量均处于较低的水平, 这说明重金属在植物体内不同器官中重金属的含量是不同的, 湿地植物体内的重金属主要在根、叶中积累。

Hg、Pb 含量与土壤中的含量具有相关性, 通过 F 检验, 拟合出较显著的二次模型, 其拟合曲线为 (图 3):

$$(1) \text{Hg (植被中的含量)} = -0.003197 + 0.3825891 \text{Hg (土壤中的含量)} + 3.6505847 (\text{Hg (土壤中的含量)} - 0.05025)^2, F = 46.49 > F_{0.01}(1, 10) = 10.04$$

$$(2) \text{Pb (植被中的含量)} = -4.859903 + 0.1167516 \text{Pb (土壤中的含量)} - 0.0102806 (\text{Pb (土壤中的含量)} - 56.03)^2, F = 14.39 > F_{0.01}(1, 12) = 9.33$$

从图 3 可以看出, 植物体内 Hg 和 Pb 的含量随

土壤中 Hg 和 Pb 含量的增加而增加,并在增大到一定程度后保持稳定。

重金属元素在土壤中的含量受多种条件制约,除人类活动影响外,还随着金属离子种类、浓度、存在形态以及植被覆盖、植物种类、土壤质地、有机质

水平、可代换阳离子数量、pH 值条件等的不同而变化。不同植物对不同重金属元素的吸收能力是不同的,而且湿地中的植被除了吸收土壤中的重金属外,还吸收水中的重金属,所以影响其体内重金属含量的因素更加复杂。

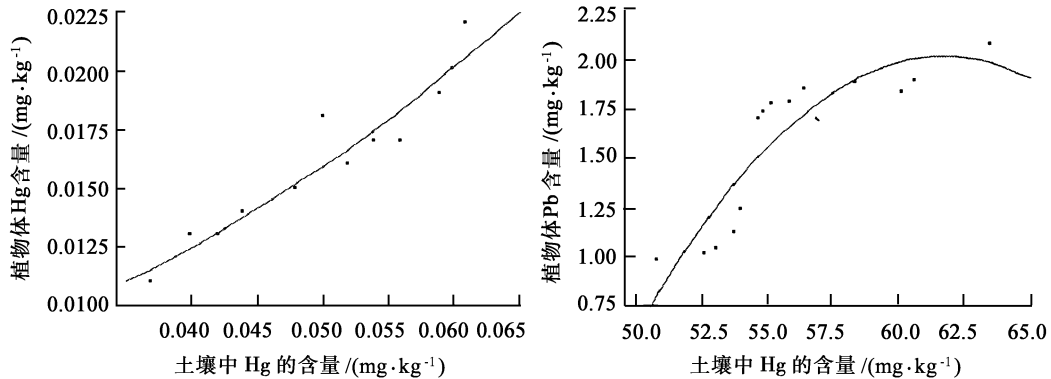


图 3 植物体内 Hg Pb 的含量与土壤中含量的相关性

4 结论与讨论

(1) 土壤重金属的含量与人类活动和湿地内植被状况密切相关。人类活动是影响土壤重金属含量的主要因素,而湿地植被覆盖率的高低也会影响湿地土壤中重金属含量。

(2) 湿地土壤中的重金属主要积累在湿地植物的根、叶中,茎只起到了运送重金属的通道作用。湿地植被中的重金属 Hg Pb 与湿地土壤中的含量具有显著相关关系,湿地植物中 Hg Pb 的含量随土壤中含量的增加而增加,但当土壤中的 Hg Pb 浓度达到一定程度后,湿地植物体内 Pb 的含量呈现下降趋势,而 Hg 含量的变化趋势不明显。

(3) 对重金属污染进行环境整治的重要手段之一是植物修复,健康的湿地能过滤和沉降外界重金属,对环境起着净化作用^[11],但由于湿地植被对不同重金属的吸收积累能力不同,所以在进行生态修复时,要根据当地重金属污染的具体情况,有针对性地选取合适的湿地植物种类。鄱阳湖生物资源十分丰富,植物物种多样,通过适当的实验可以发现修复污染环境的植物品种。

(4) 针对鄱阳湖的污染现状及其生态特征,应采取生态修复措施,做好鄱阳湖岸边湿地水土保持工作,减少重金属随土壤淋溶进入湖水中;提高植被覆盖度和植物的物种多样性,发挥不同植被对不同污染物吸收能力不同的特点;丰富水体中的生物多

样性,增强水体自净功能;筛选抗污染能力强、能够大量吸附污染物的植物品种;发展生态工农业生产,减少污染物进入土壤和水体中。

参考文献:

- [1] 谭长银,刘春平,周学军,等. 湿地生态系统对污水中重金属的修复作用[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 67~70
- [2] 陈建斌. 水体中重金属离子的形态及其对生物富集影响[J]. 微量元素与健康研究, 2003, 20(4): 46~49
- [3] 张敏,王德淑. 长江铜陵段表层水中重金属含量及存在形态分布研究[J]. 安全与环境学报, 2003, 3(6): 61~64
- [4] 鄱阳湖研究编委会. 鄱阳湖研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988
- [5] 徐德龙,熊明,张晶. 鄱阳湖水文特性分析[J]. 人民长江, 2001, 32(2): 21~22
- [6] 简永兴,李仁东,王建波,等. 鄱阳湖滩地水生植物多样性调查及滩地植被的遥感研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 581~587
- [7] 吕兰军. 鄱阳湖重金属污染现状调查与分析[J]. 人民长江, 1994(4): 32~38
- [8] 吕兰军. 鄱阳湖水水质状况分析与评价[J]. 人民长江, 1992(10): 17~24
- [9] 朱鸣鹤,丁永生,郑道昌,等. 潮滩植物翘碱蓬对 Cu, Zn, Pb 和 Cd 累积及其重金属耐性[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(2): 13~16
- [10] 罗春玲,沈振国. 植物对重金属的吸收和分布[J]. 植物学通报, 2003, 20(1): 59~66
- [11] 谭长银,刘春平,周学军,等. 湿地生态系统对污水中重金属的修复作用[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 67~70