

鄱阳湖南矶山典型湿地重金属铜含量及污染评价

马丹丹 (江西科技学院护理学院, 江西南昌 330022)

摘要 针对2015年和2016年2年枯水期鄱阳湖南矶山湿地土壤金属Cu污染变化,运用地累积指数法对其分析评价。结果表明:2次采样所得铜元素含量的变化范围为41.26~64.10 mg/kg。铜含量最高值2015年和2016年分别出现在苔草和荸荠群落、藜蒿和苔草群落,分别为48.58和64.10 mg/kg,而最低值均出现在湖底,分别为41.26和57.10 mg/kg。对2次样品进行污染评价,得出其地累积分级指数为2~3,属于中等-强度污染区域,且铜污染程度以19.55%~38.39%的速度在增加。因此应重视铜元素的污染,加大对污染的预防和管理。

关键词 铜;地累积指数;鄱阳湖

中图分类号 X53 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)06-0082-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.06.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evaluation on Copper Pollution in Nanjishan Wetland Reserve of Poyang Lake

MA Dan-dan (College of Nursing, Jiangxi University of Technology, Nanchang, Jiangxi 330022)

Abstract Based on the changes of Cu pollution in soil of Nanjishan wetland of Poyang Lake in 2015 and 2016, the Cu content of soil was measured by PerkinElmer A Analyst 200 atomic absorption spectrophotometer, and then analyzed and evaluated by the geoaccumulation index method. The results showed that the change range of Cu content after two samples was 41.26-64.10 mg/kg. In 2015 and 2016, the highest Cu content occurred in communities of *Carex tristachya* and *Heleocharis dulcis*, which were 48.58 mg/kg and 64.10 mg/kg, respectively, while the lowest were 41.26 mg/kg and 57.10 mg/kg, respectively. Based on the pollution assessment of two samples, it is concluded that the accumulation grading index is 2-3, belonging to the medium-intensity pollution area, and the copper pollution degree is increasing by 19.55% - 38.39%. Therefore, the pollution of copper should be emphasized and the prevention and management of pollution should be strengthened.

Key words Copper; Index of geoaccumulation; Poyang Lake

铜是人类健康和植物生长的必需微量营养元素,是动植物体内多种酶的重要组成成分,参与各种代谢过程,但过高或缺乏均会对人体和植物产生有害影响。土壤是高度不均一的时空连续体,具有高度的时空变异性^[1-2]。土壤铜污染主要来自铜矿及灌溉农田的冶炼废水。随着铜矿业的发展,大量铜废液流入土壤环境,进而影响动植物的正常生长和人类身体健康。因此,国内外学者对土壤铜元素的研究异常活跃,从不同角度对铜元素^[3-5]的性质和稳定性等进行大量研究。因此,研究土壤铜元素的动态变化具有重要意义。

鄱阳湖是由赣江、抚河、信江、饶河和修河五大主要河流构成完整的水系,是我国最大的淡水湿地分布区之一,同时也是受人类活动影响天然湿地分布面积减少较快的区域之一。南矶山湿地是鄱阳湖最主要的湿地景观类型,是水陆相互作用的核心,分布在高漫滩、低阶地及沼泽性河流的分水线上,具有面积大、生物多样性丰富、环境梯度变化较大、对环境变化反应敏感等特点^[6-7],因此鄱阳湖湿地是研究湿地土壤铜污染动态变化理想的场所。目前,对铜污染的评价研究主要集中在在水体、蔬菜和水果等方面^[8-11],而对鄱阳湖湿地潜在的土壤铜污染评价研究还鲜见报道。该研究拟对鄱阳湖南矶山湿地受不同强度人为活动干扰下土壤铜元素含量进行测定,评价其污染情况,以为潜在污染物的预防提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 鄱阳湖南矶山湿地(116°10'24"~116°23'50"E,

28°52'21"~29°06'46"N)位于江西省南昌市东北部,鄱阳湖主湖区的西南部,周围有常湖、流湖、菱湖、东湖、神塘湖等湖泊和草洲,随着季节性湖水落,一年一度水陆相互交替,因此具有典型的江南水乡泽国的地貌景观。保护区属亚热带湿润季风气候区,热量丰富,雨量充沛,无霜期长,四季分明。极端最高气温为40.2℃,极端最低气温为-9.8℃,年均气温为17.1℃,年均日照时数达1970h,年均降水量1426.4mm,多集中在4—6月。每年夏季为丰水季节(4—9月),水体面积大约为32894hm²,占整个保护区总面积的98.4%。秋冬季为枯水季节(10月—翌年3月),水位退去,露出大小湖泊及洲滩。保护区多年最高水位为22.43~22.57m,最低水位为9.59~11.02m^[12]。

1.2 样品的采集与处理 标准样地为江西省南昌市南矶山保护区退潮后即在2015年12月和2016年12月2个时期赣江与饶河交汇处的中湖池样点的典型湿地土壤,根据不同的植物带确定样方布点采集土壤样品,采用系统随机抽样和典型抽样相结合的方法,即在离赣江西支水边大概400m的草洲,从低到高在高程为1~4m的典型植物带内每隔100m取一个样,这4个典型植物群落分别为:湖底、苔草和荸荠群落、藜蒿和苔草群落及荻和藜蒿群落。同一植物群落类型每隔5m左右采取3个(1m×1m)样方作为重复,每个样方根据土壤的发生层取垂直的土壤剖面样品,土样深10cm,2次采样4个植物群落类型,3次重复,共计24个样品,每份样品1000g左右。样品采集后送回实验室,铺于干净纸上置阴凉通风处风干,剔除各种杂物,碾碎、磨细,将土样在105℃左右的烘箱中烘干2h,过60目筛,并存储试剂瓶待测。

1.3 试验方法 土壤试样的消化:称取经105℃烘干(过60

基金项目 南昌市指导性科技计划项目(洪科发计字2016-96);江西省教育厅科技项目(GJJ171025)。

作者简介 马丹丹(1983—),女,河南洛阳人,副教授,硕士,从事微生物学教学科研工作。

收稿日期 2018-11-01; **修回日期** 2018-11-23

目筛)土样 0.500 0~1.000 0 g 于 30 mL 聚四氟乙烯坩埚内,加几滴蒸馏水湿润,加 10 mL HF,加 5 mL 1:1 HClO₄-HNO₃ 混合液,低温消化(100 °C 以下)1 h 后,升高温度(低于 250 °C)继续消化至 HClO₄ 大量冒烟,再加 5 mL HF 和 5 mL HClO₄-HNO₃ 混合液,消化至 HClO₄ 大量冒烟并至干,再加 5 mL HNO₃ 消化至干,加 2 mol/L 盐酸溶液 5 mL 加热溶解,定容至 25 mL,待测^[13]。

1.4 地积累指数法及其评价 地积累指数 Igeo(geoaccumulation index)是 20 世纪 60 年代晚期在欧洲发展起来的广泛用于研究沉积物中重金属污染程度的定量指标,尤其用于研究现代沉积物中重金属污染的评价。选择普通页岩的平均值作为重金属元素的地球化学背景值。其表达式为:

$$I_{geo} = \log_2 [C_n / 1.5B_n]$$

式中, C_n 为样品中元素 n 的浓度; B_n 为地球化学背景浓度;1.5 为修正指数,通常用来表征沉积特征、岩石地质及其他影响因素。

Forstner^[14]将地积累指数分为 7 个级别,Igeo 值与重金属污染水平关系如表 1。

2 结果与分析

2.1 不同群落类型土壤 Cu 含量特征 从表 2 可以看出,对 2015 年和 2016 年 2 年土壤 Cu 含量的比较来看,不同群落类型土壤 Cu 含量 2016 年均高于 2015 年,其中湖底增幅最高,

为 38.39%,苔草和荸荠群落增幅最低,为 19.53%,说明土壤 Cu 污染加剧。2015 年的样品土壤 Cu 含量变化范围为 41.26~48.58 mg/kg,均高于背景值 4.75 mg/kg^[15],超过土壤环境质量标准值^[16],其中以苔草和荸荠群落土壤类型最高,为 48.58 mg/kg,其次为藜蒿和苔草群落类型、荻和藜蒿群落类型,分别为 48.53 和 45.61 mg/kg,湖底土壤 Cu 含量最低,为 41.26 mg/kg。2016 年土壤样品 Cu 含量 57.10~64.10 mg/kg,与 2015 年的群落类型规律并不完全一致,其大小顺序为:藜蒿和苔草群落>荻和藜蒿群落>苔草和荸荠群落>湖底。另外,不同群落类型和采集时间的土壤 Cu 含量变异系数均较小,在 0.91%~8.14%。

表 1 地积累指数与污染程度

Table 1 Geoaccumulation index of copper and pollution degree

Igeo	级别 Grade	污染程度 Pollution degree
<0	0	无
0~1	1	无-中
1~2	2	中
2~3	3	中-强
3~4	4	强
4~5	5	强-极强
>6	6	极强

表 2 南矶山湿地不同植物群落类型土壤铜含量

Table 2 Contents of Copper at different sites in Najishan Wetland Reserve

时间 Time	湖底 Sublacustrine		苔草和荸荠群落 <i>Carex and Chinese water chestnut</i> community		藜蒿和苔草群落 <i>Artemisia Selengensis Turcz and Carex</i> community		荻和藜蒿群落 <i>Amur silvergrass and Artemisia Selengensis Turcz</i> community	
	Cu 含量 Cu content mg/kg	变异系数 CV//%	Cu 含量 Cu content mg/kg	变异系数 CV//%	Cu 含量 Cu content mg/kg	变异系数 CV//%	Cu 含量 Cu content mg/kg	变异系数 CV//%
2015-12	41.26±0.99	8.14	48.58±0.68	5.00	48.53±0.50	3.58	45.61±0.87	6.41
2016-12	57.10±0.42	2.57	58.07±0.17	0.91	64.10±0.37	1.87	61.26±0.88	4.73
增幅 amplitude//%	38.39		19.55		32.09		34.31	

2.2 地积累指数法及其评价 地积累指数法(Igeo)主要用来评价沉积物中重金属污染情况,该研究的 Cu 含量背景平均值,其值为 4.75 mg/kg^[15]。不同群落类型土壤 Cu 含量、地积累指数及其分级如表 3 所示。从表 3 可以看出,2016 年地积累指数土壤样品均高于 2015 年。2015 年以湖底土壤

Igeo 值最低,为 2.576,苔草和荸荠群落 Igeo 值最高,为 2.771;2016 年土壤地积累指数为 2.983~3.176。从这 2 年土壤样品 Cu 地积累分级指数可以看出,基本在 2~3(表 3),污染强度属于中等-强污染区域。

表 3 各样点铜地积累指数及分级

Table 3 Geoaccumulation index of copper and classification for different sites in Nanjishan of Poyang Lake

采样点 Sites	地积累指数 Geoaccumulation index		分级 Classification	
	2015-12	2016-12	2015-12	2016-12
湖底 Sublacustrine	2.576	2.983	中-强	中-强
苔草和荸荠群落 <i>Carex and Chinese water chestnut</i>	2.771	3.018	中-强	强
藜蒿和苔草群落 <i>Artemisia Selengensis Turcz and Carex</i> community	2.770	3.176	中-强	强
荻和藜蒿群落 <i>Amur silvergrass and Artemisia Selengensis Turcz</i> community	2.623	3.129	中-强	强

3 讨论

2015 年和 2016 年不同群落类型土壤 Cu 含量在 41.26~64.10 mg/kg,均高于背景值 4.75 mg/kg,超过土壤环境质量

标准值^[16]。2016 年的 Cu 含量均比 2015 年的要高,且铜元素的污染程度以 19.55%~38.39% 的速度在增加。对比 2 年所得结果发现,同一植物群落类型土壤 Cu 含量变化规律并

不一致,其原因可能是2016年水位较2015年要高。对同一年度土壤Cu含量,以湖底增加最高,其原因主要是由于上游砂石无序开采以及生活垃圾所导致的。如一些矿区大面积密集和废石堆中铜元素顺水而下形成,并且铜元素的浓度主要与砂石的开采、残存铜元素的扩散以及生活关系密切^[17],以致深层土壤的铜被挖掘起来,在丰水期顺流而下被湖底枯枝夹带并长期堆积而造成铜元素的富集。在自然界中铜常伴生于铁、汞、铅、锌等有色金属的硫化物矿床中,日常用品中如采砂船、电线、铜钥匙、铜刀、电池等含有大量的铜。以苔草和荸荠群落土壤Cu含量增加较缓,可能是荸荠根部绝大部分对Cu元素的积累,缓减其含量的增加。

铜含量2次采样时最低值均出现在湖底,分别为41.26和57.10 mg/kg,最高值则出现在苔草和荸荠群落、藜蒿和苔草群落,这2个群落类型都是湖水和岸地的过渡区域。较低水位和岸地Cu元素浓度高,说明Cu元素的浓度主要与水位高低有着密切的空间依存关系,其原因可能是高水位的丰水期较短,水体中的铜元素在此停留时间较短,而且在常年的风化淋滤过程中迁移到下中水位的土壤中,造成高水位铜富集较少。而低水位因水一直在流动,铜元素还没有来得及富集就被水冲走,所以在低水位偏低。

近年来,国内外的科学家从沉积学角度提出重金属污染评价的多种方法,如地累积指数法(Igeo)和潜在生态危害指数法(PERI)等^[18]。该研究采用地累积指数法,结果表明2016年土壤样品比2015年高,2015年湖底土壤Igeo值最低,为2.576,苔草和荸荠群落Igeo值最高,为2.771;2016年土壤地累积指数为2.983~3.176,并且从低水位到高水位有先增后降的变化趋势。从这2次所采土样的分析得出,Cu元素地累积分级指数基本在2~3,污染强度属于中等-强污染区域。

4 结论

现阶段鄱阳湖南矶山保护区重金属Cu污染依然较重,铜的污染程度仍在加剧,尤其是苔草和荸荠群落、藜蒿和苔草群落土壤污染更加显著,富营养化严重。从2015年和2016年2次所采土样分析结果看,Cu元素地累积分级指数

基本在2~3,污染强度属于中等-强污染区域,因此需要引起高度的重视。治理鄱阳湖,改善鄱阳湖环境,必须减少鄱阳湖外源铜元素的输入,同时对内源铜元素的产生机制进行合理的研究,使得内源铜元素的产生得到有效遏制。最终使鄱阳湖沉积物中的铜含量控制在合理的水平,这对改善鄱阳湖水质、治理整个鄱阳湖流域的生态环境具有重要意义。

参考文献

- [1] 任琼,张金池,周莉茵,等.鄱阳湖湿地重金属空间分布特征及分析评价[J].江苏农业科学,2018,46(8):275-278.
- [2] 陈静生,董林,邓宝山,等.铜在沉积物各相中分配的实验模拟与数值模拟研究:以鄱阳湖为例[J].环境科学学报,1987,7(2):140-149.
- [3] 霍文毅,黄风茹,陈静生,等.河流颗粒物重金属污染评价方法比较研究[J].地理科学,1997,17(1):81-86.
- [4] 李杰,祝凌,全利红,等.蔬菜温室长期种植下土壤重金属累积风险评价[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2159-2165.
- [5] 范成新,季江,隋桂容.太湖底泥蓄积和主要的理化性质空间分布特征[M]//蔡启铭.太湖环境生态研究(一).北京:气象出版社,1998:55-61.
- [6] 曾凡萍,肖化云,周文斌.乐安江河水和沉积物中Cu,Pb,Zn的时空变化特征及来源分析[J].环境科学研究,2007,20(6):14-20.
- [7] 弓晓峰,黄志中,张静,等.鄱阳湖湿地土壤中Cu,Zn,Pb,Cd的形态研究[J].农业环境科学学报,2006,25(2):388-392.
- [8] 石兰英,田新民,王永林,等.兴凯湖地区天然沼泽和森林土壤重金属分布特征及潜在生态风险[J].湖北农业科学,2017,56(22):4229-4303.
- [9] 庄玉婷,冯嘉仪,储双双,等.粤西地区不同林分类型土壤重金属含量及生态风险评价[J].华南农业大学学报,2018,39(5):25-31.
- [10] 李杰,祝凌,全利红,等.蔬菜温室长期种植下土壤重金属累积风险评价[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2159-2165.
- [11] 欧阳丽婷,颜刚刚,尤斌,等.野生欧洲李原生地土壤重金属分布特征与污染评价[J].中南林业科技大学学报,2018,38(12):62-69.
- [12] 刘信中,樊三宝,胡斌华.江西南矶山湿地自然保护区综合科学考察[M].北京:中国林业出版社,2006.
- [13] 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,1999.
- [14] FORSTNER U.Lecture notes in earth sciences(contaminated sediments)[M].Berlin:Springer Verlag,1989:107-109.
- [15] 吕兰军.鄱阳湖重金属污染现状调查与分析[J].人民长江,1994,25(4):32-38.
- [16] 黄兆贞,段庆钟.云南省化肥施用现状[M].昆明:云南科技出版社,2001.
- [17] 《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.
- [18] 张鑫,周涛发,杨西飞,等.河流沉积物重金属污染评价方法比较研究[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2005,28(11):1419-1423.