

# 模拟酸雨对灰潮土中铅、镉的浸出特性研究

胡超, 徐运清, 邓雨 (1. 孝感学院生命科学技术学院, 湖北孝感 432000; 2. 华中农业大学资源与环境学院, 湖北武汉 430070)

**摘要** 为了研究酸雨作用下灰潮土铅、镉的释放规律。通过对采自田河村(S1)及河口大桥(S2)灰潮土样品进行模拟酸雨淋溶试验,研究了湖北省孝感地区灰潮土中铅、镉的浸出特性。720 ml 的模拟酸雨淋洗后,pH 值4.5 的模拟酸雨使供试灰潮土镉累积浸出比正常降水增加19.5%(S1)和60.9%(S2),使铅的浸出增加87.7%(S1)和12.9%(S2);pH 值3.5 的模拟酸雨使灰潮土镉累积浸出比正常降水增加45.6%(S1)和80.3%(S2),使铅的浸出增加183.7%(S1)和424.7%(S2);土样S2 的总镉和总铅的含量都要比S1 土样高,pH 值3.5 下呈现出镉和铅累积浸出量也较大。镉的浸出随着淋洗液pH 值降低淋出量逐渐增加,铅的浸出则在pH 值3.5 时出现显著增加。镉与铅都随着酸度增加和淋溶量的增加而逐渐浸出。

**关键词** 酸雨;灰潮土;镉;铅

中图分类号 S151.9<sup>+</sup>3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)21-06498-02

## Effect of the Simulative Acid Rain on the Leaching Characteristics of Pb and Cd in Calcareous Alluvial Soil

HU Chao et al (College of Life Science and Technology, Xiaogan University, Xiaogan, Hubei 432000)

**Abstract** The releasing law of Pb and Cd in calcareous alluvial soil under the action of acid rain was studied. Through simulative acid rain leaching experiment in calcareous alluvial soil samples from Tianhe village (S1) and estuarine bridge (S2), the leaching characteristic of Pb and Cd in calcareous alluvial soil in Xiaogan district of Hubei province was studied. Compared with the normal rainfall, after leached by simulative acid rainfall of 720 ml, simulative acid rain with pH 4.5 enhanced the cumulative leaching amount of Cd 19.5% (S1) and 60.9% (S2), Pb 87.7% (S1) and 12.9% (S2) in calcareous alluvial soil; simulative acid rain with pH 3.5 enhanced the cumulative leaching amount of Cd 45.6% (S1) and 80.3% (S2), Pb 183.7% (S1) and 424.7% (S2) in calcareous alluvial soil. Total Cd content and total Pb content were higher in soil sample S2 than that in soil sample S1, and the cumulative leaching amount was quite large at pH 3.5. The cumulative leaching amount of Cd increased gradually along with reducing pH value of rainfall and that of Pb increased significantly at pH 3.5. Cd and Pb were gradually leached along with the acidity and leaching amount increasing.

**Key words** Acid rain; Calcareous alluvial soil; Cd; Pb

随着对土壤中重金属和酸雨环境效应的深入研究,人们逐渐认识到酸雨不仅可以对陆生和水生生态系统造成破坏,也可以使土壤溶液中溶解态的活性铝和重金属含量明显增加。镉和铅是环境中最受关注的有毒重金属,其毒性仅次于汞居第2、3位。它们可以通过土壤进入植物直接或者间接影响人类健康<sup>[1-3]</sup>。而很多重金属在土壤中的被吸附能力又与土壤溶液的酸度在一定范围内呈负相关。酸雨促进土壤中重金属元素活化溶出,从而提高重金属对生物体的直接或者潜在危害。针对湖北省孝感地区降水出现酸化的情况,有必要对孝感的典型土壤——灰潮土进行模拟酸雨情况下镉和铅两种重金属元素的浸出特性研究<sup>[4]</sup>。研究酸雨作用下灰潮土重金属元素的释放规律,有助于进一步了解灰潮土中重金属因浸出对环境的潜在影响,为灰潮土质量的长期管理提供理论依据。

## 1 材料与方

**1.1 供试土壤** 供试土壤采自湖北孝感市孝南区田河村及河口大桥河流冲积物形成的灰潮土表层(0~20 cm)。自然风干后轻轻捏碎,测定理化性质(表1)。将土样按照容重1.29 g/cm<sup>3</sup>填入高20 cm、内径5 cm的塑料管中<sup>[5]</sup>。填充土样分别为S1和S2,分别设2次重复。

表1 供试灰潮土的理化性质

土壤代号	采样地点	粘粒 %	CEC cmol/kg	有机质 ng/g	pH 值	Cd ng/kg	Pb ng/kg
S1	田河村	23.92	31.09	13.52	6.44	0.62	20.55
S2	河口大桥	19.95	24.85	18.60	6.64	0.67	21.86

**1.2 酸雨配制** 酸雨导致土壤酸化,不仅取决于降雨的pH值,而且降雨中阴阳离子种类和含量对其有较大影响。根据

我国中部地区大部分雨水的化学成分分析,主要考虑酸雨pH值和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>4种离子,以酸雨pH值与离子变化设计pH值为5.6、4.5和3.5的淋洗液,并用去离子水(pH值6.5)为对照。其中[SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]与[NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]摩尔比为4.0;[Ca<sup>2+</sup>]与[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]摩尔比为0.91;K<sup>+</sup>和Na<sup>+</sup>作为溶液平衡离子<sup>[4]</sup>。

**1.3 实验方法** 根据孝感市多年的降雨量情况,模拟每月平均降雨量,对土柱表面进行连续喷洒。每日喷洒总量为240 ml(相当于实际月均降水量),分为7次,每次间隔1 h,共淋洗3 d。淋溶过程中收集淋出液进行有关元素含量的测定。土样总淋溶量为720 ml,收集液为500 ml。

**1.4 测定方法** pH值用酸度计测定(水土比2.5:1);有机质采用外加热-重铬酸钾容量法测定;阳离子交换量用中性醋酸铵-蒸馏法测定;土壤及淋出液中的Pb、Cd含量用原子吸收光谱法测定<sup>[6-7]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 酸雨对灰潮土中镉和铅浸出的影响** 经过720 ml的模拟酸雨淋洗后,酸雨对镉和铅的累积浸出产生明显影响,且影响程度在两土壤之间有所不同(图1、2)。对比CK,pH值4.5的酸雨淋洗液使灰潮土镉累积浸出增加19.5%(S1)和60.9%(S2),使铅的浸出增加87.7%(S1)和12.9%(S2);pH值3.5的酸雨淋洗液使灰潮土镉累积浸出增加45.6%(S1)和80.3%(S2),使铅的浸出增加183.7%(S1)和424.7%(S2)。

由图1、2还可见,镉和铅的浸出累积过程是不一样的,镉的浸出随着pH值的降低逐渐增大,而铅的浸出却在pH值3.5时剧增,pH值5.6和4.5的淋溶与蒸馏水相比没有显著差异。

**2.2 酸雨作用下两土样重金属累积浸出量的比较** 由图3、4可见,S2土样在pH值3.5模拟酸雨情况下呈现出镉和铅累积浸出量较S1土样高,pH值4.5的淋洗液淋出结果则相

反,pH 值6.5 的模拟酸雨和蒸馏水淋洗的两土样重金属浸出量则相近。结合表1 中土样的理化性质可知,在土样S2 经过淋溶后,累积的浸出液中,各种待测重金属都要多一些,尤其是在pH 值3.5 情况下,出现铅的最大析出量(图4)。

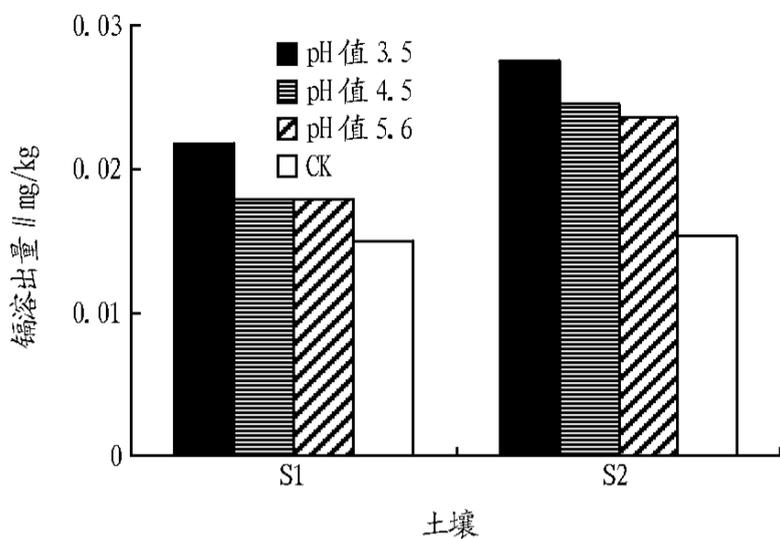


图1 两土样的镉淋溶量

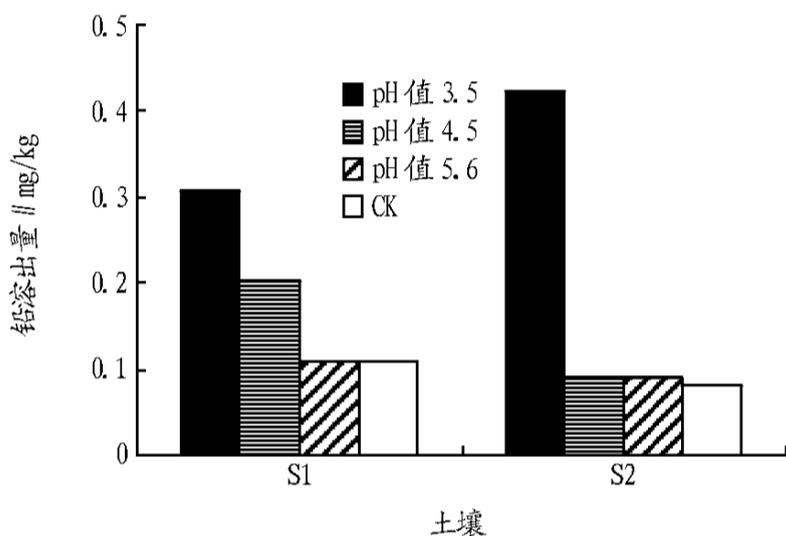


图2 两土样的铅淋溶量

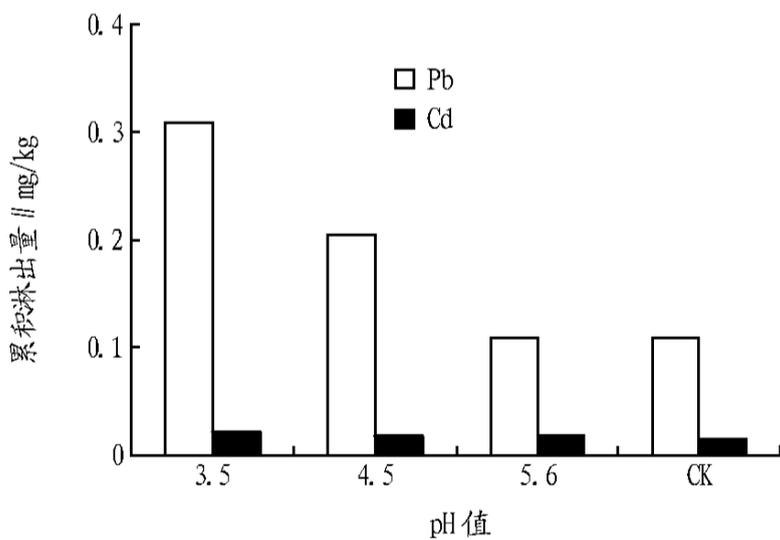


图3 土样S1 中镉和铅的累积淋出量

有研究表明,土壤对镉的吸附率达80%~90%。土壤对镉的吸附与pH 值呈正相关;被吸附的镉可被水溶出而迁移,pH 值越低,镉的溶出率越大。如pH 值4 时,镉的溶出率超过50%;pH 值7.5 时,镉很难溶出。土壤中铅主要以 $Pb(OH)_2$ 、 $PbCO_3$ 、 $PbSO_4$  固体形式存在,而在土壤溶液中可溶性铅的含量很低,故土壤中铅的迁移能力较弱,生物有效性较低<sup>[2-3,8]</sup>。对于同一土壤来说,重金属元素的释放不仅与降雨强度有关,从长期效应来看,与降雨量也密切相关。根据现有的资料,酸度较大的酸雨(pH 值<4.0) 在孝感发生的

频率比较低,而pH 值4.5 左右的酸雨是有代表性的酸雨,可以看出,在pH 值4.5 的酸雨淋溶下,重金属元素Cd、Pb 累积浸出量明显高于对照淋洗液。

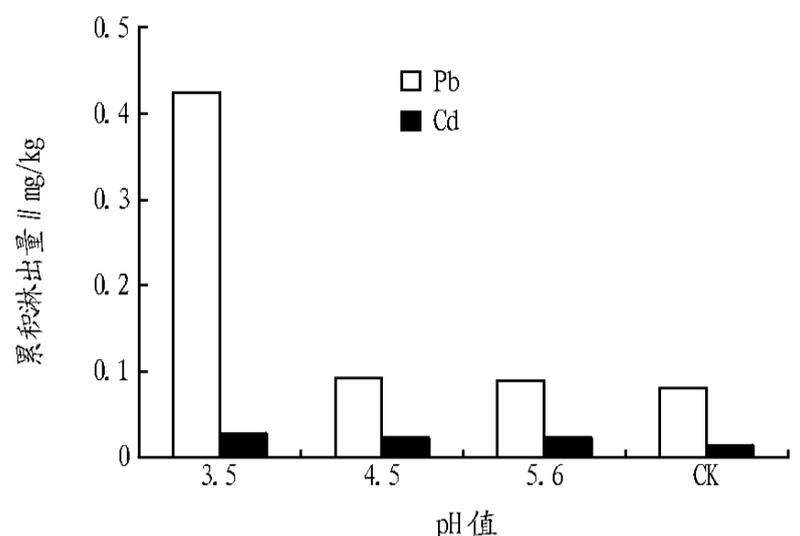


图4 土样S2 中镉和铅的累积淋出量

### 3 结论

(1) 经过720 ml 的模拟酸雨淋溶,发现酸雨对孝感灰潮土中镉和铅的浸出作用明显,随着酸度的增加,累积浸出量也明显增加,其中pH 值4.5 的模拟酸雨使灰潮土镉累积浸出比正常降水增加19.5%(S1) 和60.9%(S2),使铅的浸出增加87.7%(S1) 和12.9%(S2);pH 值3.5 的模拟酸雨使灰潮土镉累积浸出比正常降水增加45.6%(S1) 和80.3%(S2),使铅的浸出增加183.7%(S1) 和424.7%(S2)。

(2) S2 土样的总镉和总铅含量都比S1 土样略高,低pH 值情况下呈现出镉和铅累积浸出量也较大一些,结合表1 中土样的理化性质可知,在S2 经过淋溶后,累积的浸出液中,两种重金属都要多一些,尤其是在pH 值3.5 情况下,出现铅的最大析出量。

(3) 虽然镉与铅都随着酸度增加和淋溶量的增加而逐渐浸出,但两者存在很大差别。镉的浸出随pH 值降低分别增加40.2%(pH 值4.5) 和62.9%(pH 值3.5),而铅的浸出分别增加50.0%(pH 值4.5) 和309.2%(pH 值3.5),可以发现,虽然孝感灰潮土中铅的迁移能力较弱,但在pH 值3.5 条件下,其浸出显著增加,故在酸雨增强情况下,尤其要注意铅的溶出特性。

### 参考文献

- [1] 王鸿飞. 环境镉污染及镉对环境暴露人群影响的研究[J]. 广东微量元素科学,2002,9(7):24-26.
- [2] RECHIGL J E, SPRIS D L. Effect of acid rain on the soil environment: a review[J]. Commun Soil Sci Part Anal, 1985, 16(7):653-680.
- [3] EMILE CORHAM. Acid deposition and its ecological effects; a brief history of research[J]. Environmental Science and Policy, 1998(1):153-166.
- [4] 杜光智, 黄晓华, 黄霞, 等. 湖北省酸雨的时空分布规律及成因分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(4):377-381.
- [5] 许中坚, 刘广深. 模拟酸雨对红壤重金属元素释放的影响研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5):89-93.
- [6] 郭朝晖, 黄昌勇, 廖柏寒. 模拟酸雨对污染土壤中Cd、Cu 和Zn 释放及其形态转化的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9):1547-1550.
- [7] 许中坚, 李方文, 刘广深, 等. 模拟酸雨对红壤中铬释放的影响研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(2):09-12.
- [8] 陈怀满. 土壤对镉的吸附与解吸. 土壤组分对镉的吸附和解吸的影响[J]. 土壤学报, 1988, 25(1):66-73.