

模拟酸雨对林地黄壤汞溶出的影响*

江帆, 李静, 魏世强

(西南农业大学资源与环境学院, 重庆市农业资源与环境研究重点实验室, 重庆 400716)

摘要:以缙云山上的 3 种森林地被黄壤为供试土壤, 通过模拟 pH 2.0、pH 3.0、pH 4.0、pH 5.0 的酸雨对上述土壤的动态淋溶试验, 研究酸雨对林地土壤汞溶出的影响。结果表明:阔叶林地汞的溶出总量在酸雨 pH 3.0、4.0 时最低, 但各 pH 的酸雨对阔叶林地汞的溶出量之间的差异不显著。针叶林地和竹林地汞的溶出总量随 pH 降低而升高, 在 pH 2.0 的酸雨作用下, 与 pH 3.0、4.0、5.0 的酸雨间的差异达极显著水平。在强酸雨的作用下, 针叶林和竹林土壤的汞更易迁出土壤而污染水体。因此应加强森林土壤的管理, 禁止取材, 以提高土壤有机质, 抑制汞的水迁移。

关键词:模拟酸雨; 汞溶出; 动态淋溶; 黄壤

中图分类号: X5

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2005)02-0050-04

Effect of Simulated Acid Rain on Mercury Leaching from Forest Yellow Soil

JIANG Fan, LI Jing, WEI Shi-qiang

(College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, the Key Lab of Agro-resources and Environment in Chongqing, Chongqing 400716, China)

Abstract: Forestry yellow soils in Jinyun Mountain are collected to study the effect of simulated acid rain (adjusted to pH 2.0, 3.0, 4.0, 5.0) on the Hg leaching from soils by the methods of dynamic leaching. The results show that in forest yellow soils, the amount of leached Hg from Broadleaf soil is the lowest at pH 4.0, but the difference among each pH hasn't reached to the significant level. The amounts of leached Hg from Coniferous and Bamboo soil go up with the fall of pH and the difference between pH 2.0 and pH 3.0, 4.0, 5.0 has reached to the strong significant level. The Hg in Coniferous and Bamboo soil is easy to be leached out than that in Broadleaf soil by strong acid rain and polluted the water body. To abate the risk of Hg pollution in water bodies by the Hg leaching from this forest soil, the management of Mountain should be enhanced, and timber-felling should be forbidden.

Key words: simulated acid rain; Hg leaching; dynamic leaching; yellow soil

汞是一种高毒性而非生命所必需的元素, 自 20 世纪 50 年代日本水俣病事件以来, 不同领域的科学家都开始对其进行研究。随着认识的不断深入, 开始把它作为全球性的污染物^[1, 2]。由于汞的生物富集和生物放大^[3], 有研究报道^[4], 汞从土壤输入水体, 导致了水体中鱼的汞含量比自然状态下高 5 倍, 是水中汞浓度的一百万倍以上^[3]。而酸雨是当代世界上面临的主要环境问题之一, 我国是世界第三大酸雨区, 三峡库区又是我国酸雨频率较高、酸雨程度极为严重的区域之一^[5-7]。酸雨不仅能促使土壤酸化, 土壤中的有毒元素活化^[8], 又能促进水体酸化,

水体中汞的甲基化, 甲基汞的毒性比其它种类的汞的毒性大得多^[3, 9-11], 且甲基汞很容易被水生生物, 特别是鱼类所富集, 然后通过食物链的放大, 从而加剧对人体的危害^[3]。三峡水库是举世瞩目的特大型水利工程, 由于库区位于长江上游高汞、高硫煤的生产地和使用区^[12, 13], 汞污染较为严重, 林地黄壤的汞含量已呈现出超过黄壤汞背景值的趋势, 已有明显的表层汞富集的现象^[14], 因此三峡水库成库后所面临的汞污染问题也受到了国内外的广泛关注^[15, 16], 库区黄壤中的汞在严重的酸雨胁迫下向水体的迁移势必对库区水质产生重要影响。而酸雨胁

* 收稿日期 2003-03-04

资助项目: 国家教育部优秀青年教师资助计划项目(20020716), 国家教育部春晖计划资助项目(重庆及库区酸沉降对森林生态退化影响及恢复技术)

作者简介: 江帆(1983-), 女, 天津人, 2002 级本科生, 主要研究方向为环境科学。

迫下林地土壤汞的溶出报道较少。因此,研究酸雨对黄壤中的汞的作用机理,加强防止汞从土壤经径流向水体迁移的研究有着重要的现实意义。本试验以重庆市缙云山上的3种林地黄壤作为供试土壤,通过动态淋溶研究不同模拟酸雨作用下,林地土壤汞溶出的规律,为库区汞污染控制和水质保护以及森林土壤管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

选取重庆市缙云山上具有代表性的阔叶林、针叶林、竹林植被下的林地冷沙黄泥作为供试土壤。阔叶林主要植被为香樟树(*Cinnamomum camphora*),针叶林的主要植被类型为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb)。3种林地黄壤按A₀、A₁、B层分层取样。风干,过2mm筛。供试土样理化性质见表1。

表1 供试土样理化性质

土壤类型	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	质地 (<0.001mm) (g·kg ⁻¹)	阳离子交换 量/(cmol(+)· kg ⁻¹)	全汞含量/ (mg·kg ⁻¹)	
阔叶林地	A ₀	3.8	389.37	20	92	0.204
	A ₁	4.0	125.67	170	59	0.188
	B	4.4	27.03	130	40	0.137
竹林地	A ₀	3.8	89.21	130	90	0.126
	A ₁	4.0	61.26	140	37	0.111
	B	4.6	9.60	200	29	0.089
针叶林地	A ₀	3.4	414.41	110	118	0.219
	A ₁	3.9	46.73	90	43	0.134
	B	4.2	8.59	150	24	0.094

1.2 实验方法

供试装置采用直径5.4cm,长30cm的硬质塑料管。供试土壤加入HgCl₂溶液,使土壤汞含量达15mg·kg⁻¹(风干土样),陈化两周,然后按林地土壤的自然剖面分布与容重,逐层回填^[17]。装样厚度20cm,不足20cm时以各自土壤的B层补足。用pH2.0、3.0、4.0、5.0的模拟酸雨^[18]动态淋溶土柱。试验雨量按重庆地区常年降雨量(1142mm)之60%计为土壤渗入量^[19],每柱年承接雨量为 $[\pi(5.4 \times 10^{-2}/2)^2 \times 1142 \times 10^{-3} \times 60\%] = 1.57L/a$ 。土柱淋洗采用定量、定时从土柱上部注入模拟酸雨,每天淋洗400mL模拟酸雨,以自然连续浸淋的方式淋洗并收集淋溶液,测定淋溶液的汞含量。各处理重复3次。

1.3 测定方法

土壤pH值、有机质、阳离子交换量、质地等采用土壤常规分析法测定,土壤全汞用HNO₃-H₂SO₄-KMnO₄消化,淋溶液汞用H₂SO₄-KMnO₄消化,冷原子荧光测汞仪测定^[20]。

2 结果与讨论

2.1 土壤淋溶液汞浓度与淋洗量的关系

经过6L pH值为pH2.0、3.0、4.0、5.0的模拟酸雨淋洗,3种土壤淋溶液的汞含量见图1~图3。由图可见,土壤淋溶液汞含量前期波动较大,后渐趋平缓。其中,阔叶林土壤的波动最大,范围在0.011~0.649μg·L⁻¹之间,针叶林和竹林黄壤波动较小,其最大值分别为最小值的65、19、18倍。阔叶林土壤在淋溶到5.2L时,淋溶液汞含量已趋于一致,说明经过长期酸雨的淋洗,土壤中易淋失的汞大部分已被淋滤,这与前期的研究相一致^[14],新复极差测验^[21]表明,pH2.0、3.0、4.0、5.0的模拟酸雨淋洗下,其相互间的差异不显著,这主要是由于阔叶林土壤富含大量的有机质。而针叶林和竹林土壤在pH3.0、4.0、5.0的酸雨淋洗下,后期也趋于一致,但在pH2.0酸雨的作用下,与pH3.0、4.0、5.0的酸雨作用下有较大的差异,进一步的新复极差测验^[21]表明,在模拟酸雨的作用下,pH3.0、4.0、5.0相互间的差异不显著,而pH2.0与pH3.0、4.0、5.0间的差异达极显著水平。表明酸雨pH值的大小对阔叶林土壤汞的溶出影响较小,而pH2.0的酸雨对针叶林和竹林土壤汞的溶出有较大的影响。

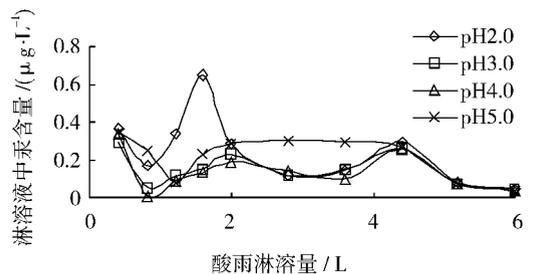


图1 阔叶林土壤淋溶液汞浓度与淋洗量的关系

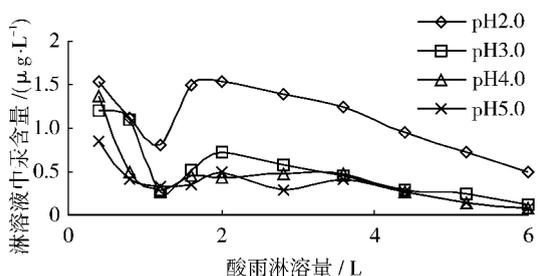


图2 针叶林土壤淋溶液汞浓度与淋洗量的关系

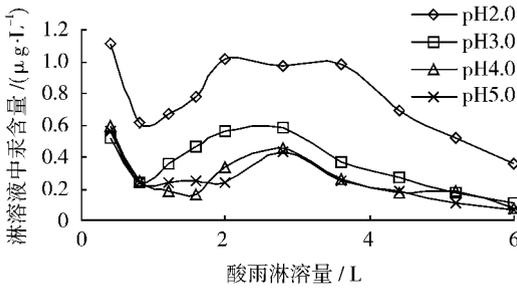


图 3 竹林土壤淋溶液汞浓度与淋洗量的关系

2.2 相同酸雨淋洗下 3 种土壤汞的溶出量

不同植被条件下,黄壤抵御酸雨溶出汞的能力不同。在不同的酸雨作用下(pH 2.0、3.0、4.0、5.0)3 种土壤汞的溶出总量均表现为针叶林地 > 竹林地 > 阔叶林地。这是由于,针叶林的枯枝落叶腐解后所形成的有机质中,富里酸含量较高,酸性较强,富里酸结合汞更易向水体迁移。阔叶林和竹林土壤的有机质中,胡敏酸含量较高,而胡敏酸结合汞的水体迁移性相对较小,但阔叶林有机质含量都比竹林高,抑制汞的溶出。针叶林地和竹林地表现为汞的溶出总量随 pH 值增大而降低,阔叶林地则表现为汞的溶出总量随 pH 值增大先降低而后增高,在 pH3.0、4.0 时溶出量最低,因而,可能存在一个汞活化的阈值,此现象还有待进一步的研究(见图 4)。新复极差测验^[21]表明(图 5~图 8),在 pH 2.0 的酸雨作用下,针叶林与竹林、阔叶林,竹林与阔叶林之间的差异均达到极显著水平;在 pH 3.0 的酸雨作用下,针叶林与阔叶林之间的差异达到极显著水平,竹林与阔叶林之间的差异达到显著水平,针叶林与竹林之间的差异不显著;在 pH 4.0 的酸雨作用下,针叶林与阔叶林之间的差异达到极显著水平,针叶林与竹林、竹林与阔叶林之间的差异不显著;在 pH 5.0 的酸雨作用下,针叶林与竹林、阔叶林,竹林与阔叶林之间的差异均不显著。表明在强酸雨的作用下,针叶林和竹林土壤的汞更易迁出土壤而污染水体。因而应加强森林土壤的管理,禁止取材,以提高土壤有机质,抑制汞的水迁移。

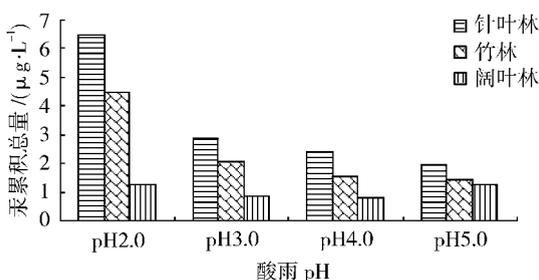


图 4 各处理淋溶液汞累积量

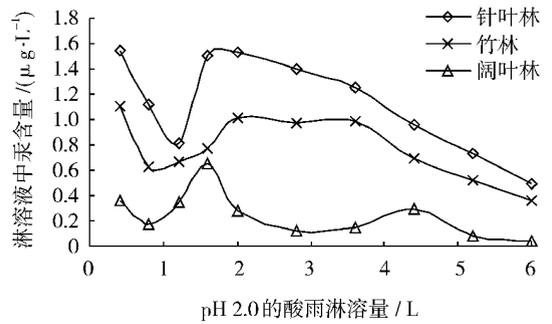


图 5 pH 2.0 的酸雨作用下淋溶液汞累积量

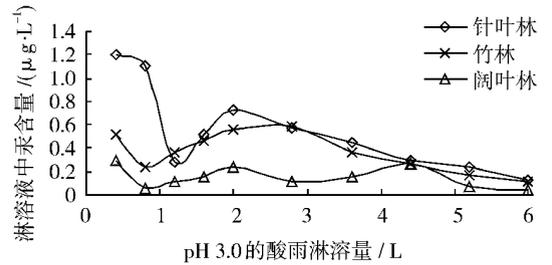


图 6 pH 3.0 的酸雨作用下淋溶液汞累积量

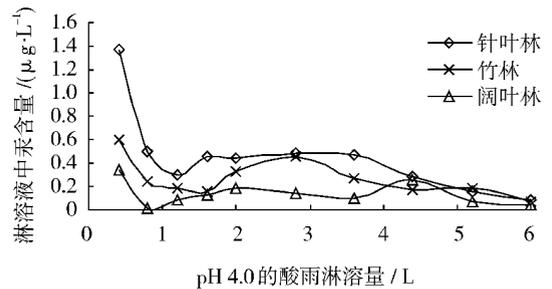


图 7 pH 4.0 的酸雨作用下淋溶液汞累积量

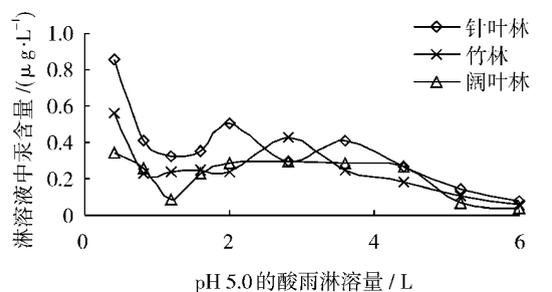


图 8 pH 5.0 的酸雨作用下淋溶液汞累积量

3 结论

在模拟酸雨的作用下,3 种土壤汞溶出量前期波动较大,后期渐趋平缓且一致(除 pH2.0 的酸雨对针叶林和竹林的作用外)。阔叶林地汞的溶出总量随 pH 增大先降低而后增大,在 pH4.0 时溶出量最低,但其相互间的差异不显著。针叶林地和竹林地汞的溶出总量随 pH 降低而升高,pH2.0 的酸雨作用下,与 pH3.0、4.0、5.0 的酸雨间的差异达极显

著水平。在强酸雨的作用下,针叶林和竹林土壤的汞更易迁出土壤而污染水体。因此应加强森林土壤的管理,禁止取材,以提高土壤有机质,抑制汞的水迁移。

参考文献:

- [1] 刘德绍,青长乐. 大气和土壤对蔬菜汞的贡献[J]. 应用生态学报,2002,13(3): 315-318.
- [2] HEMEL M. Hg Contaminated Sites-behavior of Hg and Its Species in Lysimeter Experiments, Hg as a Global Pollution [C]. Third International Conference Held in Whistler, British Columbia, July 1994. 1089-1098.
- [3] GOCHFELD M. Cases of Mercury Exposure, Bioavailability, and Absorption[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2003, 56(1): 174-179.
- [4] WATRAS C J, HUCKABEE J W. Mercury Pollution Integration and Synthesis[M]. Boca Roton: Lewis Publishers, 1994. 32.
- [5] 杨学春,牟树森. 酸雨促进降尘溶出汞的生物效应研究[J]. 农业环境保护, 1998, 17(6): 251-254.
- [6] 廖正军,唐亮. 重庆市酸雨成因及控制对策[J]. 环境保护科学 2000, 26(100): 1-5.
- [7] 徐淑碧. 重庆酸沉降污染及其对策[J]. 重庆环境科学, 1994, 16(6): 18-23.
- [8] CHARLES T D, DRISCOLL K M, et al. Effects of Acidic Deposition on Forest and Aquatic Ecosystems in New York State[J]. Environmental Pollution, 2003, 123(3): 327-336.
- [9] VERTA M, MANNIO J, JIVONEN P. Trace Metals in Finnish Headwater Lakes-Effects of Acidification and Airborne Load[M]. Kauppi et al. (Eds). Acidification in Finland, Berlin Springer Verlag, 1990. 883.
- [10] BONZONGO JEAN -C J, DONKOR A K. Increasing UV-B Radiation at the Earth's Surface and Potential Effects on Aqueous Mercury Cycling and Toxicity[J]. Chemosphere, 2003, 52(8): 1263-1273.
- [11] HRABIK T R, WATRAS C J. Recent Declines in Mercury Concentration in a Freshwater Fishery: Isolating the Effects of De-acidification and Decreased Atmospheric Mercury Deposition in Little Rock Lake[J]. The Science of the Total Environment, 2002, 297(1-3, 7): 229-237.
- [12] 刘广深,曾毅强,朴河春. 陆地生态系统中汞的迁移与富集研究的重要意义[J]. 四川环境, 1996(4): 8-10.
- [13] 刘英俊. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [14] 李静,魏世强,杨学春. 酸雨对缙云山林地黄壤汞溶出的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1681-1683.
- [15] 靳立军,余小清. 三峡库区地表水和鱼体中甲基汞含量分布特征[J]. 长江流域资源与环境, 1997(4): 324-327.
- [16] COSTA M. A Laboratory Study About Mercury Photochemistry in Natural Water Abstract Collection of Inter Confer on Mercury as a Global Pollutan[C]. August 4 ~ 8, Congress Center Hamberg, Germany, 1996.
- [17] 牟树森,青长乐. 环境土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 186-188.
- [18] 周百兴,徐渝. 重庆市酸雨污染及其对策[J]. 重庆环境科学, 1996, 18(2): 1-4.
- [19] 牟树森,青长乐,王力军. 酸沉降致酸土壤及其危害的研究[J]. 农业环境保护, 1990, 9(6): 1-6.
- [20] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [21] 盖均镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000. 105. 252-261.

(责任编辑 许文昌)