

不同可溶性有机碳对铜在土壤中迁移的影响*

卢信^{1,2} 赵炳梓^{1†} 张佳宝¹ 龚健东¹

(1 封丘农田生态系统国家试验站, 中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008)

(2 安徽蚌埠学院, 安徽蚌埠 233000)

摘要 土壤中可溶性有机碳(DOC)的存在被认为是能促进重金属在土壤中迁移的重要因素之一,但不同DOC的作用效果可能不同。本研究以Cu为研究对象,利用饱和土壤恒定流条件下的混合置换实验,试图阐明:不同DOC(胡敏酸(HA)和柠檬酸(CA))在土壤中的迁移过程,及其对Cu在土壤中迁移的促进作用。结果表明CA在砂土和红壤性水稻土中的移动能力高于HA;而HA和CA均有促进Cu在土壤中迁移的趋势,但CA的促进效果更为明显,这可能与CA比HA更能提高环境pH值及HA的分子比较大有关;尽管Cu在供试的两种土壤中的迁移能力均很弱,但其在质地粘重的红壤性水稻土中的迁移潜力似乎大于其在砂土中的迁移潜力。上述结果表明,当土壤中加入DOC含量较高的溶液时,Cu在土壤中迁移能力的增强可能主要与土壤溶液中存在可移动的Cu-有机质络合物有关,为验证这一研究结果,进一步的田间和长期试验十分必要。

关键词 Cu;DOC;迁移

中图分类号 S152.7

文献标识码 A

人们对重金属的普遍认识是重金属离子一旦进入土壤很容易被土壤基质吸附,从而抑制它们在土壤中的移动,因而重金属离子通过迁移进入土壤深层进而污染地下水的可能性一般很少引起人们的重视^[1,2];然而,近年来越来越多的田间和实验室模拟土柱实验研究发现,当土壤环境或灌溉水的化学环境发生变化,比如pH值变化、各种胶体存在和数量增加时,重金属离子有可能在土壤中迁移至相当的深度^[3,4],这引起了科学家们的高度关注。

污水灌溉和污泥土地的利用等,使土壤中引入了多种不同分子量的可溶性有机碳(DOC)。DOC在土壤许多不同pH条件下带负电荷,因而易于在土壤环境中移动^[5];特别是,它们对重金属有强烈的络合作用,形成稳定的、可溶的有机-重金属复合体,从而可能促进重金属在土壤剖面的迁移能力进而增加重金属污染地下水的潜在危害。

另外,不同DOC对土壤中重金属的活性有不同的影响^[7],比如,植物根系分泌物中的小分子量有机化合物含有酸性基团,它们能与重金属形成络合物,增加重金属离子的溶解度;另外,由于这些有机化合物的分子量小,在土壤中的移动性强,因此,它们有

可能作为重金属离子的载体而与重金属离子共迁移,增加重金属离子在土壤中的迁移潜力^[8]。

前人有关DOC可能促进重金属迁移的结果大部分是在静态平衡条件下获得的,为进一步明确不同分子量的DOC对促进重金属迁移行为的效应,本研究拟在动态平衡条件下,以重金属Cu为研究对象,选择质地截然不同的两种土壤为迁移媒介,利用饱和土壤恒定流条件下的混合置换土柱实验进行比较研究,主要目的是为了:1)了解不同分子量的DOC,即胡敏酸(HA)和柠檬酸(CA),在不同土壤中的迁移能力;2)比较Cu在不同质地土壤中的迁移行为;3)阐明HA和CA对促进Cu在不同质地土壤中迁移的可能性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试土壤 使用质地完全不同的2种土壤:取自河南封丘的砂土和取自浙江湖州的红壤性水稻土的耕作层,风干后,过2mm筛,备用。其基本理化性质见表1。

*国家重点基础研究发展规划(973)项目(2002CB410808)、中国科学院创新工程领域前沿项目(ISSASIP02027)资助

†通讯作者: E-mail: bzhao@issas.ac.cn; Tel: 025-86881230; Fax: 025-86881000

作者简介:卢信(1978~),女,硕士,主要从事污染物运移研究

收稿日期:2006-02-13;收到修改稿日期:2006-12-11

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of soils used

土壤 Soil	颗粒组成 Particle size distribution (%)			pH (H ₂ O)	有机质 Organic matter (g kg ⁻¹)	CEC (mmol kg ⁻¹)
	砂粒 Sand (50 ~ 2 000 μm)	粉砂粒 Silt (2 ~ 50 μm)	粘粒 Clay (< 2 μm)			
砂土 Sandy soil	88.3	3.4	8.3	8.92	5.1	60.0
红壤性水稻土 Red paddy soil	33.3	41.3	25.4	5.15	41.9	146.0

1.1.2 化学试剂 溴化钾 (KBr 分析纯):购自上海凌峰化学试剂有限公司;硝酸铜 (Cu(NO₃)₂ 分析纯):购自上海振欣试剂厂;柠檬酸 (C₆H₈O₇ · H₂O 分析纯):上海化学试剂有限公司;以上试剂均为 A. R 级。胡敏酸 (Humic Acid):购自 SIGMA-ALDRICH 公司的 FLUKA Brand (CAS No. 1415-93-6, Lot 012041/1), 其主要化学成分为 C 490.1 g kg⁻¹, H 43.7 g kg⁻¹, N 7.1 g kg⁻¹, 灰分 170.0 g kg⁻¹。

1.2 迁移实验

利用混合置换实验装置来获取不同处理的 Cu 和 DOC 的穿透曲线 (BTCs), 该装置中填装土壤的柱子为全玻璃柱, 柱高 18 cm, 内径 7.5 cm, 实际装土约 15 cm, 上下两端各填有 1.5 cm 厚的石英砂, 以防土粒堵塞上下连接管, 实验装置示意图见图 1。

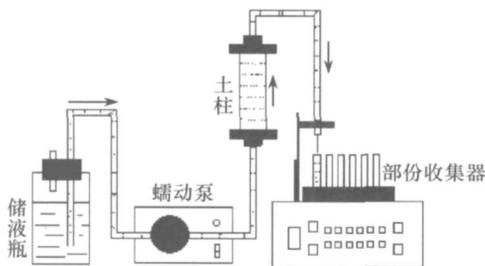


图 1 混合置换实验装置示意图

Fig. 1 Schematic map of miscible displacement apparatus

砂土和红壤性水稻土各进行了 3 个土柱 (即 3 个处理) 的迁移实验, 因此实验共有 6 个处理, 它们分别为: (1) 砂土对照: 不加任何 DOC, 即在示踪实验结束后, 在砂土填装的土柱中以脉冲方式输入 1 500 ml 浓度为 150 mg L⁻¹ 的 Cu (以 Cu(NO₃)₂ 配制) 溶液 (pH 用稀硝酸调至 5.5), 然后用去离子水淋洗, 收集淋出液; (2) 砂土 + HA: 在 4 ml 浓度为 0.1 mol L⁻¹ 的 KOH 溶液中加入 150 mg 胡敏酸 (HA) (即含碳量为 73.5 mg), 连续搅拌 30 min 后, 与 1 500 ml 浓度为 150 mg L⁻¹ 的 Cu(NO₃)₂ 溶液充分混合并继续搅拌 30 min, 使其充分络合然后用稀硝酸

调 pH 至 5.5, 以脉冲方式将上述络合溶液用输入砂土填装土柱, 然后用去离子水淋洗, 收集淋出液; (3) 砂土 + CA: 在 1 500 ml 浓度为 150 mg L⁻¹ 的 Cu(NO₃)₂ 溶液中加入 214.3 mg 柠檬酸 (CA), 使 CA 的总碳量为 73.5 mg, 不断搅拌 30 min, 调 pH 至 5.5 后, 以脉冲方式输入砂土填装土柱, 然后用去离子水淋洗, 收集淋出液; (4) 水稻土对照: 不加任何 DOC 情况下, 输入 Cu(NO₃)₂ 溶液至红壤性水稻土填装的土柱, 操作步骤同处理 1; (5) 水稻土 + HA: 将 HA 和 Cu(NO₃)₂ 的络合溶液输入到以红壤性水稻土填装的土柱, 操作步骤同处理 2; (6) 水稻土 + CA: 将 CA 和 Cu(NO₃)₂ 的络合溶液输入到以红壤性水稻土填装的土柱, 操作步骤同处理 3。

尽量维持不同处理间实验条件的一致性, 每种土壤填装土柱的基本参数见表 2, 平均孔隙水流速 v 的计算公式为: $v = q / \theta$, 其中 q 为达西流速 (cm h⁻¹), θ 为饱和时土壤体积含水量 (cm³ cm⁻³)。各处理的土柱填装完毕后, 用蠕动泵从土柱底部向上缓慢泵入去离子水 (排除气泡), 直到土柱顶端建立稳定水流, 将流速调整到实验所需流速, 以脉冲方式输入 1 个孔隙体积 (PV) 的示踪剂 Br (浓度为 0.05 mol L⁻¹ 的 KBr) 后, 立即用去离子水淋洗, 部分收集器收集流出液, 待测。示踪剂 Br 在砂土和红壤性水稻土上的典型穿透曲线 (BTCs) 见图 2。BTCs 的纵坐标表示流出液中的相对浓度 (C/C_0 , 其中 C_0 为初始浓度; C 为流出液中浓度), 横坐标为相对孔隙体积 (其中 V, V_0 分别为流出液累计体积和每个土柱的孔隙体积)。混合置换实验加示踪剂的目的是为了描述每个土柱的穿透结果的弥散性。本文根据 Br 的 BTCs 结果, 固定实测的平均孔隙水流速 (v), 通过经典一维对流弥散方程的确定性平衡模型拟合非反应性溶质 Br 的穿透曲线而得弥散系数 $D^{[9]}$ 。拟合而得的水动力弥散系数 D 值和实测与拟合穿透曲线的相关系数平方 R^2 见表 2。

从参数拟合结果可得知, 通过该模型得到的拟合 BTCs 与实测值之间符合程度很好, 砂土和红壤性

水稻土中 Br 的实测和预测 BTCs 具有较好对称性和重现性,这意味着各处理土柱的整个系统是稳定的,同一土壤其水力梯度连续且相近。因此推测在实验

所需的流速下,2 种土壤中没有物理非平衡现象发生,Br 迁移服从于一点平衡模型,因此可以忽略非活动水对 Br 和 Cu 迁移的影响。

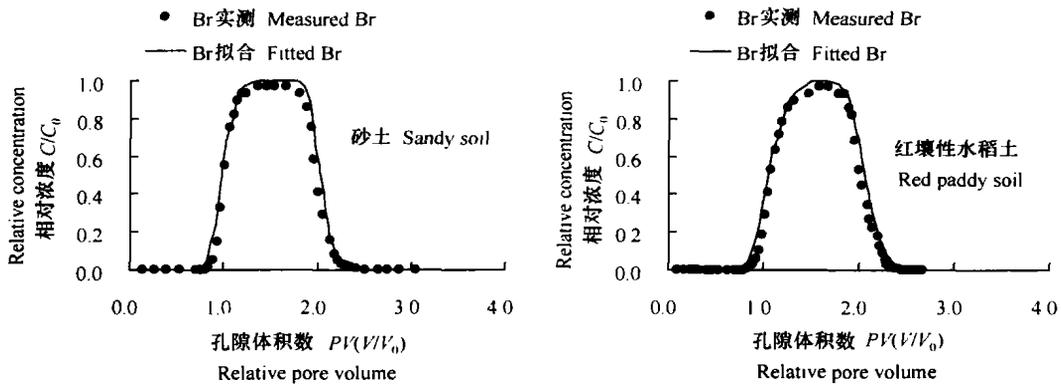


图 2 示踪剂 Br 在饱和砂土和红壤性水稻土上的 BTCs 及拟合值

Fig. 2 Measured and simulated BTCs of tracer Br in saturated sandy soil and red paddy soil

表 2 不同土柱的混合置换实验条件

Table 2 Experimental conditions of the miscible displacement experiments of different soil columns

处理 Treatment	容重 Bulk density (g cm^{-3})	土层厚度 Soil depth (cm)	孔隙体积 Relative pore volume (cm^3)	孔隙水流速 Pore water velocity (cm h^{-1})	饱和含水量 Saturated water content ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	弥散系数 Dispersion coefficient ($\text{cm}^2 \text{h}^{-1}$)	$R^{2(1)}$
砂土对照 Sandy soil CK	1.64	15.0	286	1.25	0.381	0.126	0.97
砂土 + HA Sandy soil + HA	1.61	15.3	300	1.13	0.390	0.099	0.99
砂土 + CA Sandy soil + CA	1.64	15.1	292	1.14	0.381	0.108	0.98
水稻土对照 Red paddy soil CK	1.15	15.0	396	0.80	0.566	0.083	0.96
水稻土 + HA Red paddy soil + HA	1.13	14.8	398	0.84	0.575	0.109	0.99
水稻土 + CA Red paddy soil + CA	1.17	15.0	400	0.79	0.559	0.103	0.98

1) 实测与拟合穿透曲线的相关系数 Correlation coefficient between measured and simulated breakthrough curves

1.3 测定方法

淋洗液中 Cu 含量采用澳大利亚 GBC 932AA 型原子吸收分光光度计测定;DOC 全量用日本岛津 TOC-500 测定;pH 用复合电极;Br 采用离子选择性

电极。

1.4 数据处理

Spearman 方法用来估计流出液中 Cu 和 DOC 浓度之间的相关性,用 SPSS 11.5 进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 流出液 pH 值的动态变化

与土壤本身的 pH 值变化趋势相似,所有砂土土柱流出液的 pH 值均大于红壤性水稻土土柱流出液(图 3)。与砂土对照土柱相比,加柠檬酸(CA)使砂土流出液 pH 值增加,砂土+CA 处理的流出液 pH 值变化范围在 8.1~9.7 之间,为所有处理中最高,其峰值出现在 PV 为 12 左右;总体而言,CA 对红壤性水稻土流出液 pH 值的影响不如对砂土的影响明显,但水稻土+CA 处理的流出液 pH 峰值达 8.2 左右(在 PV 为 5.3 时出现),为红壤性水稻土所有处理最高值。加胡敏酸(HA)同样有增加砂土实验后期流出液 pH 值的趋势,在 PV 为 9.2 后,砂土+HA

处理的流出液 pH 值几乎均高于砂土对照处理;但 HA 对红壤性水稻土流出液 pH 值的影响趋势为:在 PV 值为 5.36 前的实验前期有增加流出液 pH 值的趋势,这以后的影响趋势不明显。

产生上述现象的原因可能是在酸性淋洗液作用下,游离的 H 和 CA、HA 分子中羧基和羟基的 H 将土壤盐基离子交换或活化而进入土壤溶液,并随溶液向下迁出土体,使渗滤液 pH 值升高^[10];而 HA 由于其分子量较大,在通过土柱时被土壤基质通过吸附而截获的可能性比较大,另外红壤性水稻土本身 pH(5.15)较淋洗液 pH(5.5)低,pH 值的降低有增加 HA 絮凝沉淀的可能性^[11,12];再次,像红壤性水稻土这样的酸性土盐基离子含量要低于像砂土这样的碱性土,因而 CA 对砂土流出液 pH 值的影响甚于红壤性水稻土,HA 对土壤流出液 pH 值的影响不如 CA 明显。

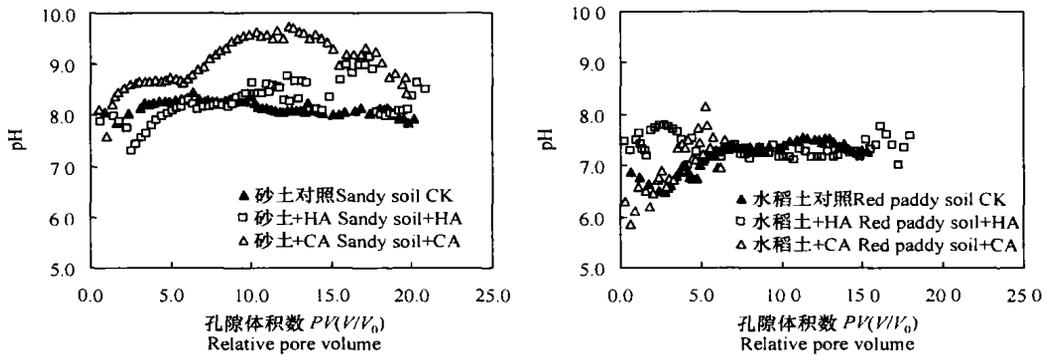


图 3 不同处理土柱流出液中 pH 值的动态变化

Fig. 3 pH values in effluent as a function of pore volumes

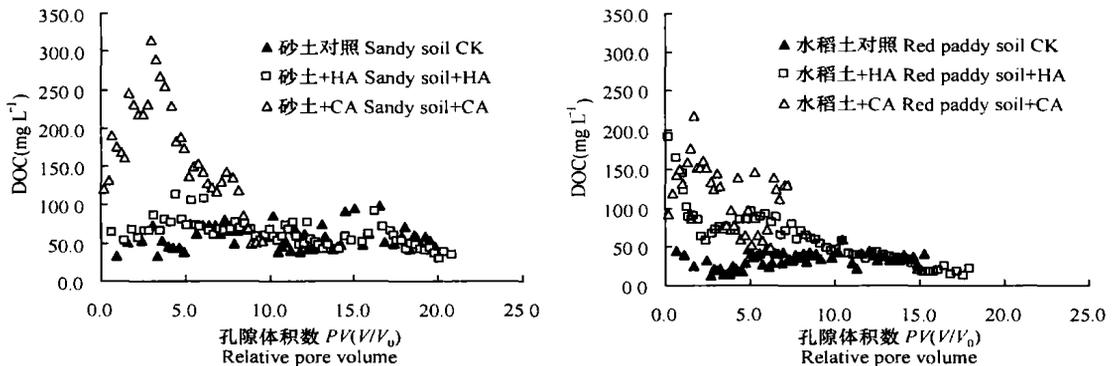


图 4 不同处理土柱流出液中 DOC 浓度的动态变化

Fig. 4 Concentrations of DOC in effluent as a function of pore volumes

2.2 流出液中 DOC 浓度的动态变化

砂土+CA 和水稻土+CA 处理的流出液中的

DOC 含量显著高于其他处理流出液中的 DOC 含量,其峰值分别在 PV 值为 3.0 和 1.7 时出现,为 315 和

218 mg L⁻¹。峰值过后,DOC 含量在该两处理中均迅速降低,曲线没有明显的拖尾现象,表明 CA 处理的 DOC 在两种土壤中均呈现较强的移动性,并且 DOC 在砂土中移动性强于红壤性水稻土,这是因为 pH 较高的碱性砂土更易使 DOC 分子表面的羧基和羟基脱质子化,表面负电荷增加,静电斥力使 DOC 不易被碱性土壤吸附^[13]。另外,胡敏酸分子较大,具有巨大的比表面且带负电荷,能与土壤表面基团、交换性阳离子等结合,进入土壤后大部分快速被土壤颗粒吸附或形成絮凝^[14],因而 HA 处理产生的 DOC 的移动性不如 CA 处理所产生的 DOC。

2.3 流出液中 Cu 浓度的动态变化

不同 DOC 处理后 Cu 在砂土和红壤性水稻土中的 BTCs 呈不同的形状(图 5)。CA 处理的 BTCs 在

吸附阶段(BTC 的左半部分)和解吸阶段(BTC 的右半部分)均呈现比较剧烈的上升和下降趋势,相比较而言,其他处理的吸附和解吸均略显平缓;不同土柱 BTCs 的峰值出现时间也不同。一般来说,峰值出现时间越早,越是表明溶质在该土柱中的移动能力越强。水稻土+CA 处理的 BTC 峰值在所有处理中出现最早(大约 4.3 PV),其后出现峰值的处理依次为:砂土+CA 4.4 PV,水稻土对照 6.6 PV,水稻土+HA 6.9 PV,砂土+HA 8.9 PV,而砂土对照处理在整个实验阶段则没有出现明显的峰值;实验阶段流出液中 Cu 总量占加入 Cu 总量的百分比高低依次为:砂土+CA 47.1,水稻土+CA 20.3,水稻土+HA 0.1,水稻土对照 0.09,砂土+HA 0.08,砂土对照 0.01。

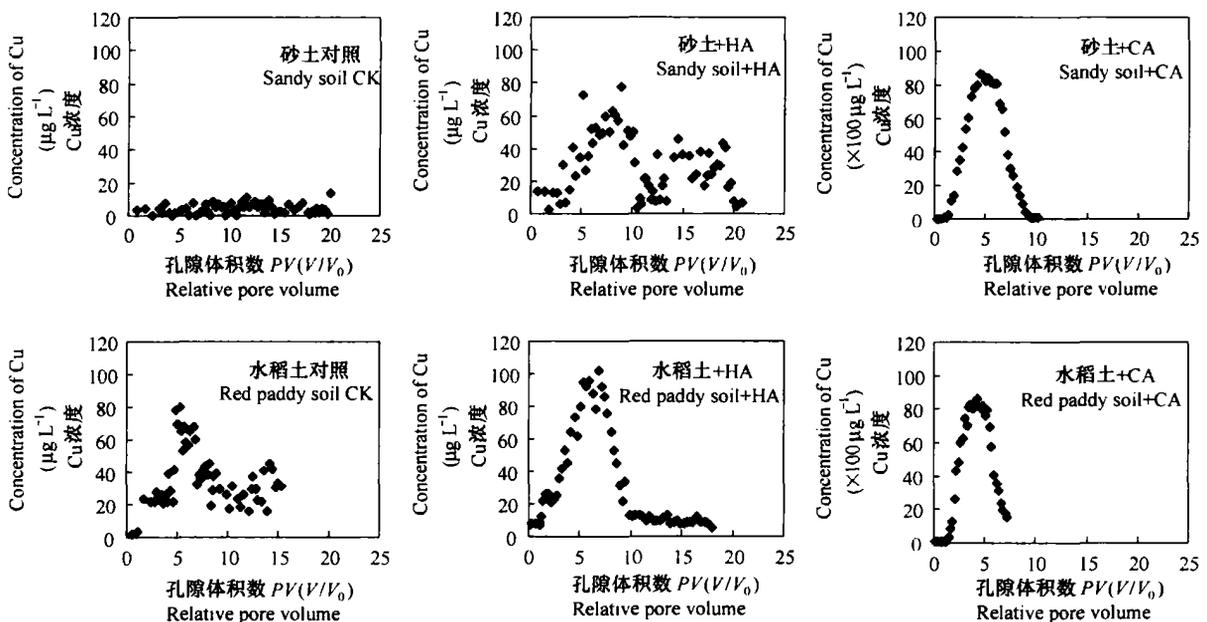


图 5 不同 DOC 对 Cu 在砂土和红壤性水稻土中的穿透曲线的影响

Fig. 5 Copper breakthrough curves through sandy soil and red paddy soil columns as affected by different forms of DOC

与砂土对照和水稻土对照相比,HA 处理也有增加 Cu 在两种土壤中迁移的趋势。砂土+HA 处理的 BTC 的拖尾现象比较明显,表示 HA 处理后 Cu 在砂土中呈现连续而又缓慢的释放。因此,如果实验时间进一步延长,Cu 有从砂土中继续释放的趋势,进一步证明 HA 处理能增加 Cu 在砂土中的迁移行为。

上述结果同时显示 CA 较 HA 处理显著促进 Cu 在砂土和红壤性水稻土中的迁移,同时也意味着加

CA 处理能显著降低 Cu 在该两种土壤中的滞留。在本实验条件下,CA 与 HA 对促进 Cu 在土柱中不同迁移效果可能与以下原因有关:(1) CA 较 HA 提高环境 pH 值的效应更加显著,尤其在碱性的砂土上;(2) HA 分子较大,与金属 Cu 络合后表面负电荷减少,巨大的表面积使得其自身形成絮凝而沉淀,因此能随水流迁移出土柱的量比小分子量的 CA 大为减少。Erwin 等^[15]的研究也表明,HA 进入土壤后发生絮凝可能是 HA-Cu 络合物难以向下迁移的主要原

因。另外,CA 对土壤中重金属有较强的活化效应,能增加其生物有效性和移动性,甚至能将重金属从污染土壤中释放出来^[16],因而它能与 Cu 之间发生强烈的络合,产生的络合物不易被土壤颗粒吸附从而较 HA 更能促进 Cu 在土壤中的移动性。

与我们原来猜测不同的是,Cu 在质地粘重的红壤性水稻土中的迁移潜力大于其在砂土中的迁移潜力,并且水稻土对照处理 BTC 的解吸呈现连续而又缓慢的释放趋势,这可能与红壤性水稻土的 pH 值低而有利于重金属呈离子态存在和有机质含量较高有关。尽管红壤性水稻土的质地较重,粘粒含量远高于砂土中的粘粒含量,但由于其较高的有机质含量,其中的一部分小分子量或可溶性的有机质可能会覆盖在粘粒表面,当有重金属溶液迁移经过时,这

部分有机质比较容易溶解到溶液中,随后与重金属络合而与重金属共同迁移。Selim 和 Zhu^[17]进行不同土壤中的农药溴氰菊酯的迁移实验时得到相似结论。

CA 和 HA 处理土柱的流出液中 Cu 与 DOC 浓度呈显著或极显著正相关(图 6),这进一步说明了 CA 和 HA 对促进 Cu 在土壤中迁移的正效应,同时也暗示流出液中 Cu 可能主要以 Cu-DOC 的形态存在。前人的研究也已经表明在低 pH(3.9)环境下,约 70% 的 Cu 呈离子态,30% 呈 Cu-DOC 形态;当 pH 升至 6.6 时,淋洗液中 99% 的 Cu 以 Cu-DOC 的形态存在,离子态只有 1%^[15]。而本研究所有处理的流出液 pH 基本上都在 6.6~9.5 之间,进一步说明 Cu 可能主要以 Cu-DOC 的形态迁移出土体的。

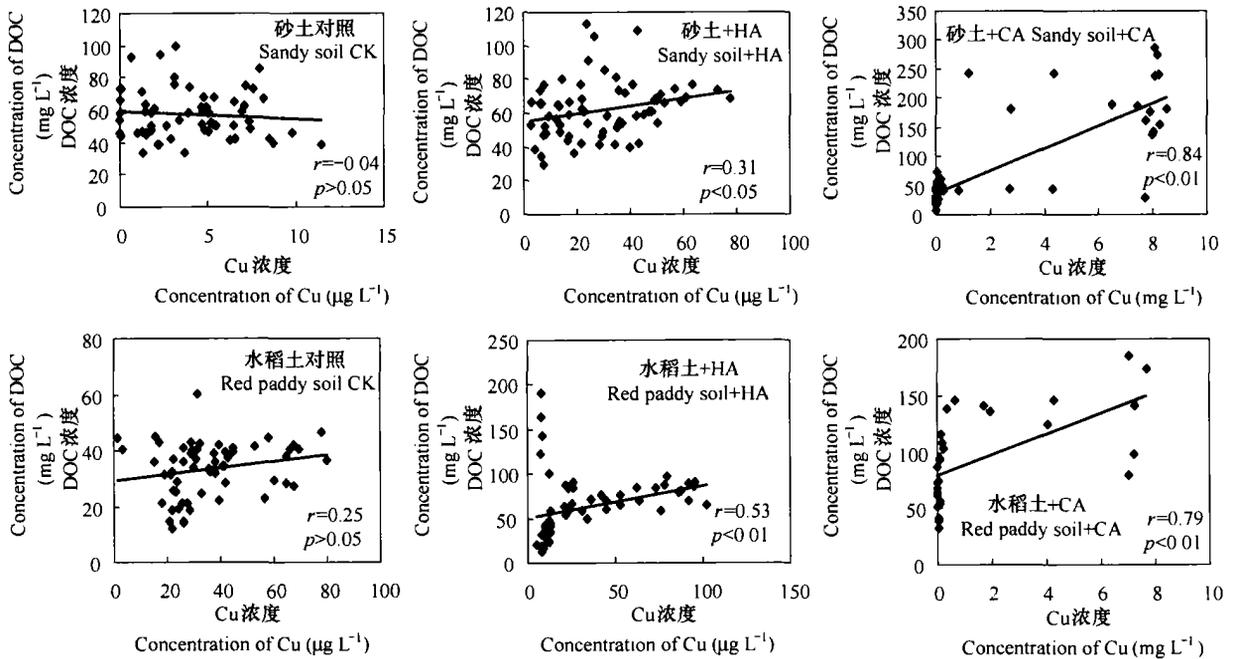


图 6 流出液中 Cu 浓度与 DOC 浓度之间的相关性

Fig. 6 Relationship between concentrations of Cu and DOC in effluent

3 结 论

可溶性有机碳胡敏酸(HA)和柠檬酸(CA)均有促进 Cu 在土壤中迁移的趋势,但 CA 的促进效应较 HA 显著,这可能与不同 DOC 本身在土壤中的迁移潜力不同有关。本研究只报道室内短期的土柱实验结果,在长期和田间条件下 HA 对 Cu 迁移行为的影响是否会发生变化,由于微生物对 HA 的分解和转

化,其对 Cu 迁移行为的影响又会发生怎样的变化尚不得知,因此,进一步研究非常必要。

参 考 文 献

- [1] McBride M B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations protective? *Environ. Qual.*, 1995, 24: 5~18
- [2] Bachter B, Davidoff B, Amacher M C, *et al.* Correlation of Freundlich K_d and retention parameters with soils and elements. *Soil Sci.*, 1989, 148: 370~379

- [3] Ashworth D J , Alloway B J . Soil mobility of sewage sludge-derived dissolved organic matter , copper , nickel and zinc . *Environ. Pollut.* , 2004 , 127 : 137 ~ 144
- [4] Richards B K , Steenhuis T S , Peverly J H , *et al.* Effect of sludge-processing mode , soil texture and soil pH on metal mobility in undisturbed soil columns under accelerated loading . *Environ. Pollut.* , 2000 , 109 : 327 ~ 346
- [5] Durnivant F M , Jardine P M , Taylor D L , *et al.* Transport of naturally occurring dissolved organic carbon in laboratory columns containing aquifer material . *Soil Sci. Soc. Am. J.* , 1992 , 56 : 437 ~ 444
- [6] 倪才英 , 田光明 , 骆永明 , 等 . 有机化合物和硝酸溶液对复合污染土壤中 Cu、Zn、Pb 释放的影响 . *土壤学报* , 2004 , 41 (2) : 237 ~ 244 . Ni C Y , Tian GM , Luo YM , *et al.* Influences of organic compounds and nitric acid solutions on release of copper , zinc and lead from a mixed metal-polluted agricultural soil (In Chinese) . *Acta Pedologica Sinica* , 2004 , 41 (2) : 237 ~ 244
- [7] Wu L H , Luo Y M , Christie P , *et al.* Effects of EDTA and low molecular weight organic acids on soil solution properties of a heavy metal polluted soil . *Chemosphere* , 2003 , 50 : 819 ~ 822
- [8] Mench M , Morel J L , Guckert A , *et al.* Metal binding with root exudates of low molecular weight . *Soil Sci.* , 1988 , 39 (4) : 521 ~ 527
- [9] Toride N , Leij F J , van Genuchten M T . The CXTFIT Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments , Version 2. 1 . Research Report No. 137 . Riverside C A , US : US Salinity Laboratory , ARS , USDA , 1995 . 3 ~ 12 , 15 ~ 28 , 59 ~ 78
- [10] 蒋建清 , 吴燕玉 . 模拟酸雨对草甸棕壤中重金属迁移的影响 . *中国科学院研究生院学报* , 1995 , 12 (2) : 185 ~ 190 . Jiang J Q , Wu Y Y . Study on the movement of heavy metals in meadow burozem affected by model acid precipitation (In Chinese) . *Journal of Graduate School , Academic Sinica* , 1995 , 12 (2) : 185 ~ 190
- [11] Pafitt R L , Fraser A R , Farmer V C . Adsorption on hydrous oxides . III . Fulvic acid and humic acid on goethite , gibbsite and imogolite . *Soil Sci.* , 1977 , 28 : 289 ~ 296
- [12] Tipping E . The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides . *Geochimica et Cosmochimica Acta* , 1981 , 45 (2) : 191 ~ 199
- [13] Romkens P F , Bril J , Salomons W . Interaction between Ca^{2+} and dissolved organic carbon : Implications for mobilization . *Appl. Geochem.* , 1996 , 11 : 109 ~ 115
- [14] Chirenje T , Rivero C , Lena Q M . Leachability of Cu and Ni in wood ash-amended soil as impacted by humic and fulvic acid . *Geoderma* , 2002 , 108 : 31 ~ 47
- [15] Temminghoff E J M , van der Zee S E A T M , de Haan F A M . Copper mobility in a copper-contaminated sandy soil as affected by pH and solid and dissolved organic matter . *Environ. Sci. Technol.* , 1997 , 31 : 1109 ~ 1115
- [16] 杨仁斌 , 曾清如 , 周细红 , 等 . 植物根系分泌物对铅锌尾矿污染土壤中重金属的释放效应 . *农业环境保护* , 2000 , 19 (3) : 152 ~ 155 . Yang R B , Zeng Q R , Zhou X H , *et al.* The activated impact of plant root exudates on heavy metals in soils contaminated by tailing of lead-zinc ore (In Chinese) . *Agro-environmental Protection* , 2000 , 19 (3) : 152 ~ 155
- [17] Selim H M , Zhu H . Retention and mobility of deltamethrin in soils : 2 . Transport . *Soil Sci.* , 2002 , 167 : 580 ~ 589

MOBILITY OF Cu IN SOILS IN RELATION TO DISSOLVED ORGANIC CARBON (DOC)

Lu Xin^{1,2} Zhao Bingzi^{1†} Zhang Jiabao¹ Gong Jiandong¹

(1 *Fengqiu Agronecological Experimental Station, State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

(2 *Bengbu College, Bengbu, Anhui 233000, China*)

Abstract The presence of dissolved organic carbon (DOC) is considered as one of the key factors that facilitate movement of heavy metals , and the effect varies with the type of DOC. In this study , a miscible displacement approach , where soil-water saturation and constant flow velocity were maintained in soil columns , was applied to investigation of mobility of humic acid (HA) and citric acid (CA) , and their effects on Cu mobility in soil columns. Results show that CA was higher than HA in mobility in sandy soil and red paddy soil , and both HA and CA showed facilitating effect on Cu mobility in soils. The effect of CA was more obvious than that of HA , probably because CA may cause higher solution pH than HA and smaller in molecular weight. More interestingly , though the mobility of Cu was extremely low in the two studied soils , it seems that the potential mobility of Cu was higher in the heavy red paddy soil than in the light sandy soil. The results suggest that the enhancement of Cu mobility in the soils after irrigation with water high in DOC content is related mainly to the presence of mobile Cu-organic complexes in the soil solution. Further long-term and field experiments are required to validate the findings.

Key words Cu ; DOC ; Mobility