

# 泥炭和堆肥对几种污染土壤中 铜化学活性的影响

陈世俭

(中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077)

## EFFECTS OF PEAT AND COMPOST ON CHEMICAL AVAILABILITY OF COPPER IN CONTAMINATED SOILS

Chen Shi-jian

(Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077)

**关键词** 土壤铜污染, 有机物质, 化学活性

**中图分类号** S153

由于重金属在土壤中的难移动性和污染危害的长期性, 有关重金属在土壤中化学行为的研究受到重视<sup>[1]</sup>。重金属铜在土壤环境中既有植物营养问题, 又有土壤污染问题<sup>[1,2]</sup>。研究土壤铜的形态区分与转化、作物吸收积累与反应规律, 有利于确定土壤铜的环境容量和铜污染土壤的改良方法<sup>[1,3]</sup>。由于铜与土壤有机质之间存在着特殊的亲和力, 研究添加外源有机物质对土壤铜形态与活性的影响作用<sup>[1,4]</sup>, 有利于揭示有机物质对污染土壤铜作用的规律, 为指导铜污染土壤的改良提供依据。本文主要介绍在盆栽条件下泥炭和堆肥两种有机物质对几个不同污染水平土壤铜化学活性的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试铜污染土壤: 取自湖北大冶有色金属公司冶炼厂以南, 该地区土壤母质主要为第四纪红色粘土, 土壤铜背景值为 32.6mg/kg, 污染土壤含铜量可高达 2000mg/kg。供试土壤主要理化性状<sup>[5]</sup>见表 1。

供试有机物质: 泥炭的产地为黑龙江省佳木斯市; 堆肥系将 20kg 干稻草斩成 3~6cm 长的草杆, 加 7.5kg 新鲜鹤鹑粪和适量水, 在湿润状态下堆腐 5 个月而成。有机材料皆经晒干、粉碎过 20 目筛备用。泥炭和堆肥的主要特性见表 2。

### 1.2 试验方法

表 1 供试土壤的理化性状

土壤代号	全铜含量 (mg/kg)	pH值	有机质 (g/kg)	无定型氧化铁 (g/kg)	晶型氧化铁 (g/kg)
CK	63.43	7.38	13.3	0.52	14.1
A	184.26	5.14	28.3	2.20	14.6
B	378.64	5.13	24.6	1.73	17.5
C	635.12	7.25	29.3	5.82	20.0
D	925.09	5.60	18.4	3.49	21.7

表 2 泥炭和堆肥的主要化学性质 (g/kg)

	腐殖酸总量	游离腐殖酸总量	粗灰分	浸出液pH值 <sup>1)</sup>
泥炭	220.5	196.0	199.4	5.03
堆肥	161.7	134.3	340.0	7.47

1) 0.01mol/l CaCl<sub>2</sub>提取, 固液比1: 20。

盆栽试验: 设置每一污染土壤为对照、添加泥炭、添加堆肥三种处理, 按风干土重 5% 添加有机物质, 与 3kg 原状污染土壤充分混匀, 装在 (18 + 12) × 17cm 塑料桶中, 加去离子水使之保持湿润状态; 移栽催过芽的黑麦草, 每处理重复三次。在 9 个月内内栽收三季黑麦草。每次栽前土壤充分混匀。按第一次移栽后 1、2、3、6、9 月采取土样。重复三次。

土壤化学活性铜提取: 用 25g/kg 醋酸浸提 2h, 液土比 10:1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 有机物质对土壤铜化学活性的总体影响

表 3 表明, 添加有机物质能显著降低污染土壤化学活性铜 (25 g/kg 醋酸提取) 的含量。与对照相比, 有机物质使化学活性铜平均减少 34.6%, 活性铜占土壤全铜百分数的平均值也由对照的 10.4% 降至 6.3%。统计分析表明, 除轻度污染土壤 (CK) 外, 其他中重污染水平土壤的活性铜减少达极显著水平。结果还表明, 由于污染水平不同, 有机物质的控制效果有差异。轻度污染水平 (CK), 化学活性铜的减幅最小; 随污染水平的提高, 有机物

表 3 添加有机物质对盆栽土壤化学活性铜的影响<sup>1)</sup>

土壤 代号	对照		施泥炭		施堆肥		施有机物质平均		
	活性铜 (mg/kg)	占全铜 百分数	活性铜 (mg/kg)	减幅 <sup>2)</sup> (%)	活性铜 (mg/kg)	减幅 (%)	活性铜 (mg/kg)	减幅 (%)	占全铜 百分数
CK	1.08	1.7	0.82	24.0	1.04	4.0	0.98	9.3	1.5
A	18.06	9.8	10.92	39.5	10.68	40.9	10.80	40.2	5.9
B	42.30	11.2	22.23	47.4	21.95	50.4	22.09	47.8	5.8
C	111.80	17.6	64.33	42.5	67.20	39.9	65.76	41.2	10.4
D	109.32	11.8	74.82	31.6	68.29	34.9	71.56	34.5	7.7
平均值	56.5	10.4	34.60	37.0	33.80	34.0	34.20	34.6	6.3

1) 表中化学活性铜值为盆栽 1、2、3、6、9 月时五次采样分析结果的平均值。

2) 与未添加有机物质的对照相比, 活性铜减少的百分数。

质降低土壤活性铜的作用明显加强,最高可使之减少近 50%;但随污染水平的继续升高,有机物质的作用有减弱的趋势。

有机物质对土壤化学活性铜的控制与铜对有机物质有较强的亲和力有关<sup>[1]</sup>,同时有机物质还能影响其他土壤组分对土壤铜的吸持。本试验在一定添加量范围内,有机物质对土壤铜的控制量是有限的;当添加量为 5% 时,土壤铜含量在 400mg/kg 附近时的作用效果最大。比较泥炭和堆肥的作用效果,从控制量来看两者不相上下;但两者控制量的变化与土壤的 pH 值有关,即泥炭对弱碱性土壤中化学活性铜的控制量较大,而堆肥的作用却相反。这可能是有机物质本身的 pH 值与土壤 pH 值相互作用的结果。

表 4 盆栽土壤不同时间用醋酸(25g/kg)提取的土壤化学活性铜含量(mg/kg)

土壤(全铜)	处理	盆栽前	1个月	2个月	3个月	6个月	9个月
CK (63.43)	对照	1.15	1.23	1.21	1.12	1.18	0.98
	泥炭		0.84	0.80	0.82	0.78	0.86
	堆肥		1.05	0.96	1.02	0.98	1.10
A (184.26)	对照	22.77	19.62	20.20	20.32	15.10	15.06
	泥炭		12.51	12.28	10.90	9.43	9.47
	堆肥		11.77	11.91	10.90	9.43	9.39
B (378.64)	对照	48.26	40.16	40.57	42.71	45.20	42.88
	泥炭		23.08	25.39	24.18	19.24	19.28
	堆肥		21.84	24.67	24.41	19.20	19.64
C (635.12)	对照	129.6	116.4	120.4	121.6	99.40	101.2
	泥炭		71.34	66.05	70.66	56.19	57.40
	堆肥		77.93	64.45	71.66	60.57	61.31
D (925.09)	对照	136.5	119.54	102.84	117.82	99.10	107.30
	泥炭		76.68	67.41	77.37	73.70	78.94
	堆肥		70.42	65.48	75.25	63.20	67.12
平均值	对照	67.66	59.39	57.00	60.70	52.00	53.48
	泥炭		36.89	34.39	36.79	31.87	33.19
	堆肥		36.60	33.49	36.65	30.68	31.73

## 2.2 化学活性铜随时间的动态变化

从活性铜含量动态变化的平均值看(表 4),任一处理在栽种黑麦草一个月后,土壤化学活性铜含量的下降相当明显;以后数月略有起伏,但变化不大;在六个月时出现一个“浅谷”,以后又开始回升。

在盆栽第一个月土壤活性铜含量普遍下降时,有机物质处理的平均降幅近 50%,可见有机物质控制土壤化学活性铜的作用是相当迅速的,基本在一个月內完成,以后只随季节变化而有所波动。

## 2.3 影响土壤化学活性铜含量的综合因子分析

表 5 表明,土壤化学活性铜含量与土壤全铜含量和无定形氧化铁含量呈极显著正偏相关,而与土壤有机质含量呈极显著负偏相关。主要讨论土壤性状的影响。

添加有机物质对土壤化学活性铜含量的影响,可以归纳为两方面的作用:一是有机物质本身直接吸持  $\text{Cu}^{2+}$  的作用,二是影响其他土壤基本性状(如组分或理化性质)所产生的

表 5 土壤化学活性铜含量(Y)与土壤性状的偏相关分析<sup>1)</sup>

项目	全铜 (mg/kg, $X_1$ )	有机质 (mg/kg, $X_2$ )	pH值 ( $X_3$ )	无定形氧化铁 (%, $X_4$ )
偏相关系数	0.795**	-0.537**	-0.088	0.561**
最优回归方程	$Y=9.396+0.0764X_1-0.5027X_2+0.578X_4$ <sup>2)</sup>			

1) 用盆栽 3、6、9 个月(为三季黑麦草收割时)测定的土壤性状与相对应的土壤化学活性铜含量作偏相关分析( $n=45, r_{0.05}=0.304, r_{0.01}=0.398$ )。

2) 公式中  $X_3$  项, 因其在统计回归中不显著而剔除。

间接作用。在本试验的各污染水平土壤处理中, 化学活性铜含量与相应的有机物质含量皆呈显著或极显著负相关(表 6), 可见有机物质控制活性铜的作用基本上不受污染水平的制约。

表 6 化学活性铜与土壤性状的简单相关系数<sup>1)</sup>

土壤性状	CK	A	B	C	D
有机质	-0.816**	-0.674*	-0.903**	-0.907**	-0.767*
无定形氧化铁	-0.721*	-0.388	-0.115	-0.074	-0.079
pH值	0.353	-0.297	0.611	0.300	0.422

1)  $n=9$  时,  $r_{0.05}=0.666, r_{0.01}=0.796$ 。

无定形氧化铁对土壤化学活性铜的影响较为复杂。虽然在偏相关分析中, 无定形氧化铁与活性铜呈极显著正相关, 但在同一污染土壤处理中两者皆呈不同程度的负相关, 且在轻度污染水平中达显著水平。出现这种矛盾现象的原因有: 由于在供试土壤中无定形氧化铁与全铜呈正相关(相关系数为 0.712), 但在同一污染处理中, 无定形氧化铁的动态变化对活性铜的影响受添加有机物质的制约。而土壤 pH 值与土壤化学活性铜无显著相关。

## 参 考 文 献

1. 陈世俭, 胡霁堂. 土壤铜形态及有机物质的影响. 长江流域资源与环境, 1995, 4(4): 367~371
2. 徐俊祥, 董文瑞. 永久性 & 长期渍水的水稻土中铜的供给情况和施铜效果的关系. 土壤学报, 1989, 26(2): 149~158
3. 蒋廷惠, 胡霁堂, 秦怀英. 土壤中锌的形态分布及其影响因素. 土壤学报, 1993, 30(3): 260~266
4. Han Feng-Xiang, Amos Banin. Solid-phase manganese fractionation changes in saturated arid-zone soils: pathways and kinetics. Soil Sci. Soc. Am. J., 1996, 60:1072~1080
5. 史瑞和. 土壤农化分析(第二版). 北京: 农业出版社, 1990