

土壤溶液中重金属离子的浓度

徐莉英

邢光熹

(山西师范大学)

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

测定了正常土壤和污染土壤溶液中 Mn、Cu、Zn、Co、Ni、Cr 和 Pb 的浓度;分别计算了土壤溶液中这些重金属离子的浓度占该元素全量浓度的比率;并讨论了土壤 pH 与土壤溶液离子浓度与土壤全量 Cu、Zn、Co、Ni、Mn、Cr 和 Pb 的比率的关系。

土壤溶液是土壤中发生的化学反应的介质。植物则从土壤溶液中得到所需的矿质营养。然而,土壤溶液中某种离子,特别是重金属离子浓度过高,又会对植物产生毒害,也对环境产生不利的影响。

土壤溶液中重金属离子的浓度是与土壤中其它形态的重金属元素特别是交换态重金属元素处于平衡状态的,土壤溶液中重金属离子的浓度受离子溶度积、pH、Eh、土壤水分和温度等多种因素的影响,但土壤溶液中重金属离子是活性部分,不论对于植物的营养或环境保护都是很重要的。

本文研究了我国不同类型、不同性质土壤在饱和持水条件下土壤溶液中 Zn、Cu、Co、Ni、Cr、Mn 和 Pb 的浓度。

一、材料和方法

(一)供试土壤

供试土壤为我国 32 个主要类型土壤的表层土。污染土壤采自江西省东乡炼铜厂附近的污染水田。土壤样品磨碎过 20 目尼龙筛孔。

(二)土壤溶液的提取

参照 Adams 等人(1980)及 Minnich 和 McBride(1987)的方法,采用备有专用离心管的高速离心法进行土壤溶液的分离提取,所用离心机型号为 Marusam 50B-CFS-3 型(日本),离心管分上下两层,为一可拆式套管,中间有一块带有漏孔的不锈钢隔板。将 50 克通过 20 目筛孔的风干土平铺在覆有 0.45 μ m WX 型混合纤维酯微孔滤膜的铝质隔板上,稍稍压实土体。每种土壤各加入预测过的相当于饱和持水量的去离子水。由于 4 种土壤颗粒组成和结构不同,达到饱和持水量的加入水量也各不相同。但 4 种供试土壤加水后的土:水比接近于 2:1。加水后在 25 C 下静置 4 小时,然后离心 45 分钟(10000rpm)。每个样品重复 3 次,离心分离后所得土壤溶液合并在一起,以获得足够量的土壤溶液供测定 Cu、Zn、Co、Ni、Mn、Cr 和 Pb 的浓度用。

(三)重金属离子浓度的测定方法

土壤溶液中 Cu、Zn、Co、Ni、Cr、Mn 和 Pb 的浓度用 DCP 直流氩等离子体光谱测定。测量精度为:Cu 2.9%,Zn 3.1%,Co 10.8%,Ni 3.7%,Cr 3.0%,Mn 2.9%,Pb 1.3%。

二、结果和讨论

(一)正常土壤溶液中 Zn、Cu、Co、Ni、Cr、V 和 pb 的浓度

我国主要类型的正常土壤溶液中 Zn、Cu、Co、Ni、V 和 pb 的浓度如表 1。

从表 1 可以看出,所测定的未污染土壤溶液中 7 个元素的浓度除 Mn 为 mg/L 级外,其它 6 个元素的浓度都为 $\mu\text{g/L}$ 级。其中 Ni、Cr 和 pb 的浓度最低。7 个元素的相对浓度,即占全量的比率可观察到两种情况:① Zn、Cu、Co、Ni、Pb 和 Mn 均在千分之几的范围;② Cr 的相对浓度在万分之几的范围。

表 1 我国正常土壤的溶液中重金属离子的浓度

元 素	全 距	算术平均	占土壤中该元素全量的‰(n=32)
Zn	0—1.16	0.29	5.12±6.18
Cu	0.006—0.69	0.14	6.55±8.95
Co	0—0.92	0.14	7.13±9.11
Ni	0.009—0.18	0.03	1.34±1.36
Mn	0—3.2	1.04	2.29±3.03
Cr	0—0.07	0.01	0.26±0.29
Pb	0—0.56	0.06	4.48±5.71

对所研究的 32 种不同类型土壤中的 28 种土壤按酸性土(包括微酸性土壤)和碱性土(包括弱碱性土壤)进行分类,并分别统计了酸性和碱性土壤溶液中 Zn、Mn、Cr、Cu、Co、Ni 和 Pb 的浓度占该元素全量的比率,以千分率表示(表 2)。结果表明,不同元素在酸碱性质不同的土壤溶液中占该元素全量的比率(‰)是不同的。Zn、Mn 和 Cr 在酸性土壤中溶液中占土壤全量 Zn、Mn 和 Cr 的比率高于碱性土壤,这是因为土壤溶液中 Zn 和 Mn 离子的浓度在酸性条件下溶解度增加(Lindsay, 1979)。Cr 与 pH 也是这种关系。但酸性土壤溶液中 Cu 占土壤全 Cu 的比率略低于碱性土壤。袁可能(1993)认为,由于铜在土壤中的化学行为较为复杂,土壤 pH 与铜有效性的关系其明显程度不及 Fe、Mn、Zn 等元素,甚至还有一些相反的结果。Co 和 Ni 在酸性土壤溶液和碱性土壤溶液中占土壤全 Co 和全 Ni 的比率也有与 Cu 相似的趋势,但差异不大。在碱性土壤溶液中 Pb 占土壤全 Pb 的比率明显高于酸性土壤,这是因为影响土壤溶液中重金属离子浓度的因素很多(袁可能, 1983)。

表 2 酸性和碱性土壤溶液中不同重金属离子的浓度占该元素土壤全量的千分比(‰)

元素	酸性土		碱性土	
	比率范围	平均比率 (n=19)	比率范围	平均比率 (n=9)
Zn	0.4—24.7	7.19	0.4—6.1	1.97
Mn	0.3—12.7	4.12	0.2—0.8	0.09
Cr	0.2—1.00	0.44	0.2—1.1	0.30
Cu	0.3—15.9	4.59	0.8—11.3	5.62
Co	0.3—18.9	7.09	9.2—19.9	8.51
Ni	0.4—2.70	1.25	0.4—7.90	1.93
Pb	0.4—4.80	1.52	0.8—5.40	2.67

表 3 东乡炼铜厂附近污染土壤的溶液中重金属离子的浓度(mg/L)

元 素	污染土壤	正 常 土 壤(平均值)
Zn	108.0	0.29
Cu	1175.0	0.14
Co	119.9	0.14
Ni	17.3	0.03
Mn	76.0	1.04
Cr	0.24	0.01
Pb	0.71	0.06

(二)污染土壤溶液中重金属离子的浓度

我国对污染土壤的溶液中重金属离子浓度研究不多,而且由于污染程度及污染重金属种类不同,其浓度可以有很大的差异。现举

一个污染最严重的水田土壤溶液中重金属离子浓度(表 3)为例,并与正常土壤作一比较。该污染土样采自中国江西省的东乡炼铜厂附近的稻田,由于污染严重已经弃耕撂荒。

(下转第 280 页)

表2 几种土壤各层次有效硼含量 (mgkg⁻¹)

土 种	地 点	A 层	B 层	C 层		1m 土体有效硼含量*
中 盐 土	三龙镇龙东村六组	0.256	0.275	0.492		0.431
黄 砂 土	大桥镇大桥五组	0.352	0.281	0.40		0.338
轻 盐 土	通商乡桥口二组	0.350	0.42	0.494		0.447
平 均		0.319	0.325	0.462		0.105
		A 层	P 层	W 层	C 层	
小粉浆土	草埝镇埝兆三组	0.33	0.331	0.283	0.335	0.321

* 指 1m 深剖面各层次有效硼含量的加权平均数

土壤有效硼含量与作物产量的关系,可以棉花、水稻和大、小麦产量与有效硼含量关系来说明。

棉花 棉花皮棉产量与有效硼含量呈显著正相关。其回归方程式为:

$y = 29.37 + 39.69x$ ($n=11, R=0.7163^*$) 式中: y 为棉花皮棉产量(亩); x 为土壤有效硼含量。

水稻 水稻籽粒产量与土壤有效硼含量也呈显著正相关。其回归方程式为:

$y = 57.56 + 870.3x$ ($n=5, R=0.3857^*$) 式中: y 为水稻籽粒产量(亩); x 为土壤有效硼含量。

大、小麦 二麦产量与土壤有效硼含量同样呈显著相关。其回归方程式为:

$y = 17.88 + 699.3x$ ($n=9, R=0.9588^*$) 式中: y 为二麦产量(亩), x 为土壤有效硼含量。

田间施硼试验结果表明,棉花、水稻和大、小麦的增产率与回归方程式计算结果基本吻合。它们分别为 10.43%、13.9% 和 12.4%。

综上所述,笔者建议,在大丰县的缺硼土壤上在作物生育前期和中期应以基肥或追肥的形式施用 0.5 千克/亩硼砂;在作物生长后期喷施硼砂水溶液(2—3 克/升)2—3 次为宜。

(上接第 246 页)

由表 3 可见,受炼铜厂污水严重污染的土壤,其溶液中 Zn, Cu, Co, Ni, Mn, Cr 和 pb 的浓度分别高出正常土壤 372, 8392, 850, 576, 73, 24 和 12 倍。通过污水或污泥进入农田正常的重金属元素一般都是可溶态的,而正常土壤溶液中重金属离子的浓度一般都在 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 级,土壤溶液中重金属离子浓度占总量的相对比率一般都在千分之几或万分之几,少数元素为百分之几。土壤溶液中重金属离子的浓度及其占全量的相对比率可以作为判断土壤重金属污染的一个重要指标。

参 考 文 献

- (1) 袁可能,植物营养元素的土壤化学,科学出版社,1983。
- (2) Adams, F. c. Burmester, N. V. Hue and F. L. Long, SSSAJ, 44 : 733—735, 1980.
- (3) Lindsay, W. L., Chemical Equilibrium Soils. John Wiley and Sons, New York, 1978.
- (4) M. M. Minnich and M. B. McBride, SSSAJ. 51 : 568—572, 1987.