

# 尾矿污染与几种土壤酶活性<sup>①</sup>

孙庆业

(安徽师范大学地理系 芜湖 241000)

田胜尼

(安徽师范大学生物系)

**摘 要** 尾矿库内的铜尾矿对周围的农田土壤造成污染, 距离尾矿库越近农田土壤中的有效铜含量越高, 污染越严重; 土壤中的脲酶对于铜的污染非常敏感, 有效铜的含量与脲酶的活性呈极显著负相关( $r=0.964$ ), 而土壤中的过氧化氢酶和蔗糖酶的活性与有效铜的含量并无相关性。

**关键词** 尾矿; 铜污染; 土壤酶; 有效铜

土壤作为“特殊的有机体”, 其中的植物根系及残体、土壤动物及遗骸和微生物能够产生具有生物活性的土壤酶, 这些土壤酶积极参与土壤中的各种物质转化过程<sup>[1]</sup>。当土壤受到重金属污染时, 由于重金属对土壤酶的抑制作用, 影响土壤酶的活性, 从而降低土壤的肥力水平, 影响植物生长。土壤酶种类繁多, 不同种类的土壤酶对于各种重金属污染的敏感程度不同。通过土壤酶活性与重金属之间关系的研究有助于了解土壤受重金属污染的程度。堆放在尾矿库内的尾矿由于颗粒细小, 表面干燥, 移动性强<sup>[2]</sup>, 易随风飘散, 从而污染了周围的环境。同时由尾矿库内流出的废水也会对周围的环境造成污染。本文研究了铜陵的杨山冲尾矿库对于周围农田(水稻田)的污染及其对土壤中几种酶活性的影响。

## 1 材料和方法

1. 野外采样 在停用 8 年、自然堆放、表层尾矿干燥的杨山冲尾矿库的主导下风向或利用尾矿库废水灌溉的农田(水稻田), 依据离开尾矿库的距离远近, 设置样带并采集土壤样本, 每一样带采三个重复样。各个样带离尾矿库坝底的距离分别为: 10m、100m、200m、300m 和 600m 处, 另在远离该尾矿库 10 公里处采集 5 个对照样。

2. 样品处理 野外采回的土壤样品, 在室内自然风干后研磨、过筛。

3. 有效 Cu 的测定 0.1mol/L HCl 提取, 水:土=10:1 震荡 1.5 小时, DDTC 比色法测定<sup>[3]</sup>。

4. 土壤酶活性的测定 蔗糖酶: 3,5-二硝基水杨酸比色法测定<sup>[1]</sup>。过氧化氢酶: 0.1mol/L 高锰酸钾滴定法测定<sup>[4]</sup>。脲酶: 苯酚钠比色法测定<sup>[1]</sup>。

## 2 结果及讨论

### 2.1 农田土壤中的铜污染状况

所研究的农田土壤中的铜主要是通过尾矿库内的尾矿随风飘散、沉降和利用尾矿库的污水灌溉而来, 造成了农田距离尾矿库的远近不同, 土壤中的有效铜含量不同。表 1 为离尾

① 国家自然科学基金(编号: 39770154)资助完成。

矿库不同距离的农田土壤中的有效铜的含量。

农田土壤中有效铜含量差异很大, 总体表现为距离尾矿库越远, 有效铜的含量越低, 如 100m 处 > 300m 处 > 600m 处, 100m 处比 300m 和 600m 处高 2 倍以上; 10m 处大于 200m 处。各样点有效铜的含量高于对照样的 2~7 倍。

由于尾矿库内表层尾矿结构疏松、颗粒细小、干燥, 易被风吹动进入空中, 随风飘散, 由于尾矿的比重较大, 在空中飘散过程中沉降很快, 颗粒越大, 沉降越快, 在空中飘散的距离越短; 颗粒越小, 沉降越慢, 随风飘散的距离越近。因此距离尾矿库越近处尾矿沉降总量越多, 土壤中有效铜的含量越高; 距离越远处尾矿沉降总量越少, 土壤中有效铜的含量越低, 表现出了农田土壤中的有效铜含量与尾矿库距离远近的密切关系。

10 米和 200 米处的农田中除了接受随风飘散的尾矿带来的铜外, 还接受了由于利用尾矿库污水直接灌溉而带来的铜。这两处的农田自从尾矿库停用后, 每年在水稻生长季节内持续 4 个月的灌溉, 干旱年份灌溉时间持续更长, 由尾矿库流出的污水中铜的含量约 10mg/kg (这与尾矿库内获得的水分补充有关), 造成了 10m 和 200m 处土壤中的铜的含量很高, 这也是 200m 处的土壤中有效铜含量高于 100m 处的原因, 也说明了不能够利用从尾矿库内流出的污水进行农田灌溉。

从表 1 还可以看出, 300m 和 600m 处铜的含量相差较小, 但仍然高于对照样, 说明了尾矿能够通过空气传播到较远的地方。而 100m 与 300m 相比相差达到 2 倍, 说明了绝大部分随空气飘散的尾矿都在距离尾矿库较近处 (300m 以内) 沉降, 仅有小部分颗粒较小的尾矿被带到较远的地方。

## 2.2 几种土壤酶的活性

表 2 是离尾矿库不同距离的农田土壤中的蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶等三种土壤酶的酶活性。

尽管各个采样点的土壤中有有效铜的含量差异很大, 但是不同采样点的土壤中的蔗糖酶和过氧化氢酶的相关系数 (对照样 3 中酶活性未列入相关系数计算) 分别仅为 0.044、0.043, 表现出有效铜与二种酶之间并无相关性; 脲酶却不同, 不同采样点的脲酶差异显著, 从 10m 处到 600m 处极差达到 9.63 个单位, 与对照样相比极差更达到 17.57 个单位 (10m 处), 相差达到 2.4 倍。脲酶的活性

随着土壤中有有效铜含量的上升而下降, 相关系数为  $r = -0.964$ ,  $t$ -检验说明二者呈现极显著的负相关 ( $\alpha = 0.01$ ), 这说明脲酶对于铜污染非常敏感, 其活性的大小能够反映出土壤受到铜污染的轻重。脲酶与土壤中铜污染程度的关系与史长青的研究结果一致<sup>[3]</sup>。脲酶由于能够促进尿素生成  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 供给农作物 N 素营养, 因此土壤铜污染所造成脲酶活性降低, 必然会影响到土壤中氮素的利用水平和植物的生长发育, 降低农作物产量, 同时土壤铜污染还会使得农作物中铜含量升高, 从而影响农作物品质。

表 1 土壤中的有效铜含量 (mg/kg)

采样点	10m	100m	200m	300m	600m	对照样
铜含量	75.5	42.3	58.0	20.7	19.5	11.5

表 2 几种土壤酶的活性

采样点	蔗糖酶 *	过氧化氢酶 **	脲酶 ***
10m	4.92	6.81	12.23
100m	5.03	6.53	16.03
200m	4.93	6.42	13.64
300m	4.88	6.37	18.85
600m	4.95	6.50	21.86
对照样	5.00	6.54	29.80

注: \* 蔗糖酶活性以 100 克土壤培养 24 小时后生成的还原糖的毫克数表示;

\*\* 过氧化氢酶活性以 1 克土壤培养 1 小时消耗的 0.1 mol/L 的高锰酸钾毫升数表示;

\*\*\* 脲酶活性以 24 小时内 100 克土壤中  $\text{NH}_3\text{-N}$  的毫克数表示。

### 3 小结

来自铜尾矿库内的铜尾矿和含铜废水对周围的农田土壤造成污染, 污染的程度不仅与农田和尾矿库的距离有关, 还与是否直接利用尾矿库的废水灌溉有关。受到铜污染的农田土壤中脲酶的活性受到很大的影响, 土壤中有效铜的含量与脲酶的活性表现出极显著的负相关, 但是过氧化氢酶和蔗糖酶的活性与土壤中有效铜的含量并无相关性, 因此对于铜尾矿库周围的农田来说, 可以利用土壤中脲酶的活性来指示该农田土壤是否受到铜的污染以及受污染的相对程度。

### 参 考 文 献

- 1 关荫松等编著. 土壤酶及其研究方法. 北京: 农业出版社, 1986
- 2 孙庆业等. 铜陵铜尾矿理化性质的变化对植被重建的影响. 农村生态环境, 1998, 14(1): 21~ 23 60
- 3 陈世勇等. 铜的  $\text{Cu}(\text{DDTC})_2$  一次萃取分光光度测定. 土壤肥料, 1996(2): 38 ~ 42
- 4 周礼恺编著. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987
- 5 史长青. 重金属污染对水稻土壤酶活性的影响. 土壤通报, 1995. 26(1): 34 ~ 35



(上接第 22 页)

土的复混肥颗粒的养分释放稍快于原土复混肥颗粒的现象, (图 3a ~ d 中的方框图)这可能是由于粘附在颗粒表面的一些养分离子, 由于改性粘土对其吸附性能大大减弱, 从而有利于释放之故。

### 3 结论

1. 不同类型的粘土矿物, 因其组成、结构和性质各异, 对复混肥的团聚作用有显著的影响。
2. 亲水性聚合物表面活性剂 1 号不仅能加强复混肥的团聚作用, 提高其有效成粒率, 而且能有效地控制养分的释放, 尤其是在释放的初始阶段。
3. 疏水性表面活性剂 2 号对养分有显著的缓释作用, 用其改性的粘土是生产缓释肥料有希望的廉价包膜材料和防结块的调理剂。

### 参 考 文 献

- 1 王鸿禧. 膨润土. 地质出版社, 1980
- 2 陈丰. 地质地球化学. 1990, (1) :73~ 74
- 3 曹广峰. 膨润土在复混肥生产中的应用. 磷复肥与硫酸信息. 1996, (2) :5~ 6
- 4 徐兴家. 复混(合)肥防结块调理. 磷肥与复肥. 1997, (4) :49 ~ 50
- 5 地质矿产部科学技术司. 膨胀土矿物化性能测试暂行统一方法. 湖北科学技术出版社, 1984
- 6 刘其贵. 复混肥料发展中有关问题的探讨. 磷肥与复肥. 1989, (1) :18~ 20
- 7 张宝林. 复混肥料生产设备论述(一). 磷肥与复肥. 1989, (2) :58 ~ 62
- 8 Robert. L. Mikkelsen(熊又升译). 利用亲水性聚合物控制养分释放. 磷肥与复肥. 1996, (4) :73— 74, 40