

原条件下重又释放在所处环境中<sup>[2]</sup>。

Be、Hg、Pb 和 As 在本矩阵中值较小(几乎都小于 0.355), 呈现弱相关或不相关。这 4 种元素都是有毒元素, 是否偶然巧合, 需作进一步研究。

本工作得到渡口市环境保护局、渡口市环境保护科研监测站的大力支持, 特此致谢。

参 考 文 献

[1] Groot, A. I. de. et al., *Geol Mijnbouw*, 50, 393 (1971).

[2] Ralph, M., *Water Pollution Microbiology*, 2,

209, New York, (1978).

[3] Dahlberg, E. C., *Pa. Econ. Geol.* 63, 409 (1968).

[4] Förstner, U. and Wittmann, G. T., *Metal Pollution in the Aquatic Environments*, p. 130, New York. 1979.

[5] Johnston, L. H., *Abstr. Conf. Great Lakes Res*, 1971.

[6] Braannon, J. M. et al., *Ann Arbor Sci. Publ*, p. 125 (1976).

[7] Silverman, M. P. et al., *Advances in Applied Microbiology*, 6, 153. Academic Press, New York, 1964.

[8] 武汉地质学院矿床学教研组, 矿床学, 29, 1, 地质出版社, 1979.

[9] 曾北危等, 环境科学 5, 46(1981).

## 兴平化肥厂含砷废水对土壤的污染

姜永清 郝小品

(中国科学院西北水土保持研究所)

陕西省兴平化肥厂自 1970 年正式投产以来, 一直采用砒霜(三氧化二砷)氢氧化钾碱液脱硫脱炭, 每年耗用砒霜 60 吨以上。这些砷排入废水, 等于日排砒霜 165 公斤以上, 排污渠内接纳废水(包括碱厂和纸厂的废水)约 600 吨/小时, 废水含砷量 6.5—10.8ppm, 该厂排污口竟高达 46ppm。在浅层水中尚残留相当数量的三价砷(约占总砷的 10%—40%)。这些废水灌溉耕地三万余亩, 灌溉十年后, 土壤发灰变黑, 完全不同于非污灌区。

该区耕作土壤是瘠土, 无污染的土壤中, 砷分布较为均一: 耕作层、底土层、粘化层和田质层依次是 16.19、14.79、18.19 和 14.51 ppm。污灌十年后, 首先可见到剖面形态上有明显的变化: 0—30 厘米的土层变为灰黑色, 30—60 厘米土层的虫孔及粗大根孔中仍有明显的炭黑条斑, 说明污水下渗所至。污染的砷主要积累在 0—30 厘米的耕作层中,

低于 30 厘米后, 砷突然降低, 转折明显, 但在 2 米深处仍有砷污染(图 1)。0—30 厘米内净积累的砷量占总积累量的 50.14%、66.02% 和 96.16%, 与污染砷总量有关。总积累量越高, 耕作层内积累量的比例越低, 污染的土层亦深, 反之则绝大部分集中在耕作层内。

表 1 水中砷的含量

样品名称	样品号	含砷量 (P. P. M.)		As <sup>+3</sup> 总砷 (%)	pH 值
		总砷	三价砷		
化肥厂总污水	×27-2	4.84	0.57	11.78	1
化肥厂脱硫水	×28-2	46.24	19.0	40.09	1
化肥厂脱炭水	×29-2	36.14	3.58	9.91	1
渭河水(周至县)	×9-3	0.017	0.00	0.00	1
碱厂、纸厂污水	7	0.021	0.011	52.38	8.35
渭惠渠灌溉水	8	0.016	0.005	31.25	8.40
排污渠污水	5	7.76	2.59	33.38	9.20

各类砷的积累量 Y(ppm) 与总积累 X

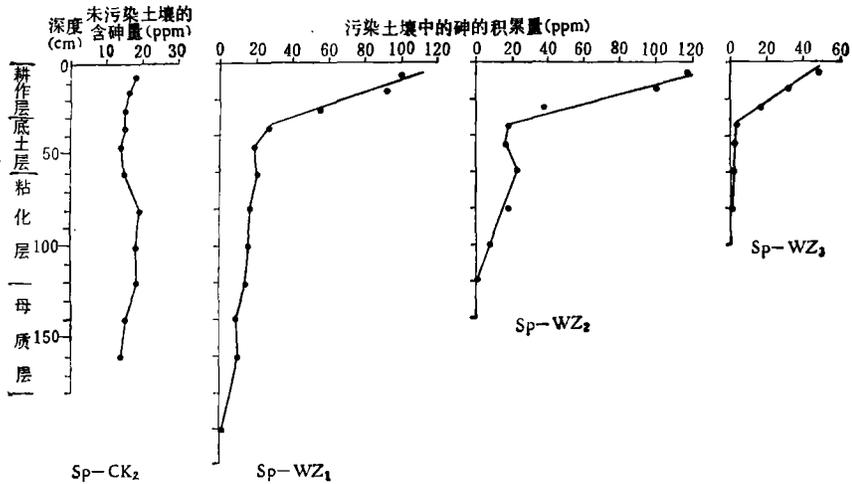


图 1 未污染土壤中的含砷量与污染土壤中砷的积累量

(ppm) 之间呈正相关 ( $r = 0.85-0.97$ ), 18 个污染耕作层土样的回归方程是:

- $Y_1$  (净积累的水溶性砷)  
=  $0.5913 + 0.2724X$  ( $r = 0.9335$ )
- $Y_2$  (净积累的铝砷)  
=  $0.1344 + 0.0738X$  ( $r = 0.9684$ )
- $Y_3$  (净积累的铁砷)  
=  $0.6521 + 0.1004X$  ( $r = 0.8944$ )
- $Y_4$  (净积累的钙砷)  
=  $2.4270 + 0.3429X$  ( $r = 0.9142$ )
- $Y_5$  (净积累的难溶砷)  
=  $-1.6377 + 0.2052X$  ( $r = 0.8478$ )

水溶性砷和钙砷的回归系数 (0.27 和 0.34) 最大, 铝砷和铁砷最低 (0.07 和 0.10)。未污染土壤未检出水溶性砷, 可浸提砷占总砷量的 26.2%。而这 18 个污染土样中, 水

表 2 18 个污染土样各类砷净积累占总积累量的平均百分比

	水溶性砷 (%)	铝砷 (%)	铁砷 (%)	钙砷 (%)	可浸提砷 (%)	难溶砷 (%)
污染土样	26.01	8.70	13.17	40.75	87.25	12.28
无污染土样	0.00	3.30	3.80	19.10	26.20	73.80

溶砷却高达 26.01%, 钙砷几乎占总可浸提砷

(87.2%) 的一半 (40.75%), 变化最大, 难溶砷次之, 与铁铝结合的砷含量低, 变化小 (表 2)。水溶性砷中也有一部分钙砷, 因此钙砷是主要形态。Johnston 等报道, 铁砷总浸提砷的 67—86% >> 钙砷 = 两倍铝砷, 水溶性砷很低。E. A. Woolson 等指出, 大多数土壤以铁砷为主, 若活性铁含量低而钙、铝高时则以钙砷或铝砷为主。后来又提出, 随土壤增加砷量, 铝砷占总砷的百分比几乎恒定在一个较高的水平, 因此认为铝是砷的贮藏库, 对于含钙量高的黄土, 则以钙作为贮藏库。

剖面中各类形态的砷含量变化趋势与污

表 3 麦粉含砷量与土壤含砷量的关系 (62 对样品)

土壤含砷量范围	样品数	麦粉含砷量		
		平均 ppm	标准误差	变异系数 %
对照 (未污染) 土壤*	5	0.114	0.01673	2.94
<20 ppm	11	0.203	0.07394	3.64
20—30 ppm	15	0.207	0.06861	2.21
30—40 ppm	16	0.214	0.06652	1.94
40—50 ppm	4	0.235	0.01732	1.84
>50 ppm	11	0.293	0.05225	1.49

\* 对照土壤平均含砷 16.55 ppm

染土壤总砷变化相类似。0—30 厘米的耕作

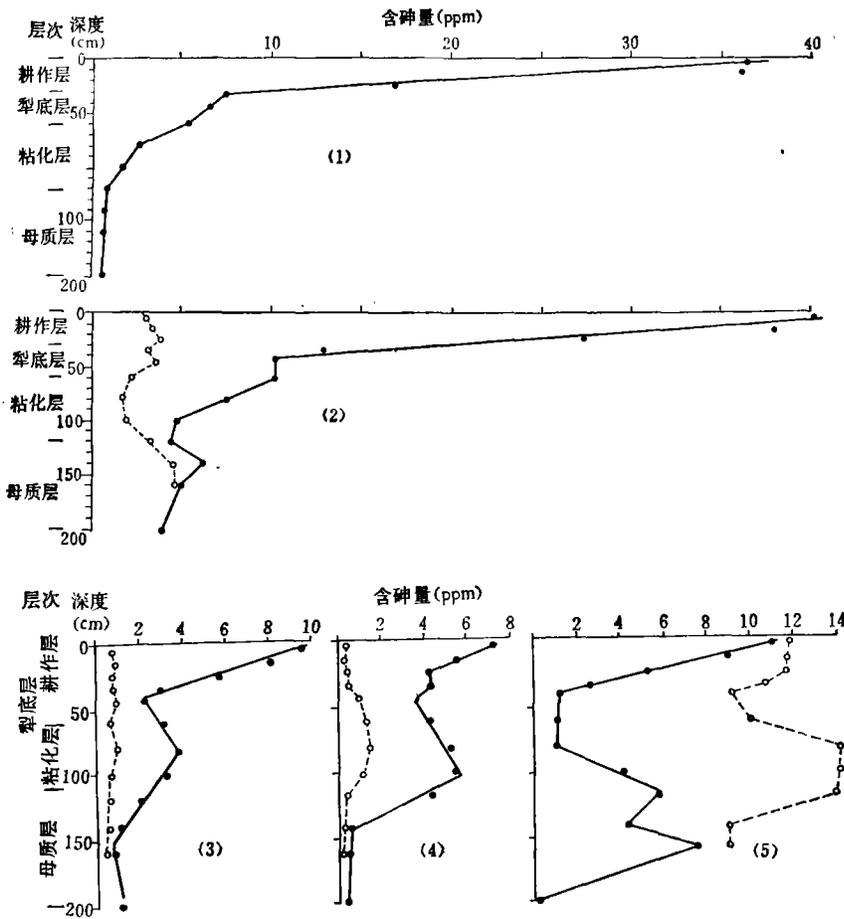


图 2 土壤剖面中各类砷的分布

(1)——水溶性砷 (2)——钙-砷 (3)——铝-砷 (4) 铁-砷 (5) 难溶砷 (实线代表污染土壤中，  
净的难溶砷量，即等于土壤难溶砷总量减去未污染土壤中的难溶砷量之差

层内，各类砷含量都高，其中又以钙砷和水溶性砷含量最高，变化最大。30 厘米以下的土层突然降低，其余形态的砷变化则不大。耕作层之下的含铁铝高的粘化层中，铁砷铝砷略升高，而钙含量高的母质层中钙砷稍有增加，说明各类砷的含量与可能和砷相作用的物质含量有关。铝铁砷含量低表明能与砷起作用的铁铝含量不高，且变化不大(图 2)。

作物含砷量与土壤含砷量之间存在着一定的关系。该污染区内土壤含砷量最高是 130ppm，随着土壤含砷量的增加，麦粉含砷

表 4 麦粉、麦颖壳和麦草中含砷量的比较 (ppm)

样品编号	土壤	麦粉	麦颖壳	麦草
Sp-CK <sub>1</sub>	16.08	0.11	0.39	0.43
Sp-WZ <sub>1</sub>	115.70	0.39	1.41	2.07
Sp-WZ <sub>4</sub>	114.83	0.26	1.44	1.86
Sp-WM <sub>33</sub>	102.99	0.39	2.01	2.02
Sp-WM <sub>37</sub>	88.22	0.23	1.68	2.01

量有增高趋势(表 3)。麦草含砷量高于麦粉，与麦颖壳相近(见表 4)。麦颖壳含砷量

Y(ppm) 与土壤含砷量 X(ppm) 之间呈正相关。由 38 对样品得到的回归方程是:  $Y = 0.2086 + 0.016X$  ( $r = 0.8590$ )。土壤含砷量 50ppm 时, 麦颖壳含砷量约达 1ppm。土壤含砷量增加, 作物体内积累的砷量也增加。另外, 废水具碱性, 势必影响土壤的特性变劣, 阻碍作物的生长, 苗期还会发生“烧苗”等问题。因此, 必须立即采取措施, 或改革工艺, 禁止投入砒霜, 或处理废水, 脱去砷化物, 保留肥伤。在此之前, 力戒单用污灌, 最好

净、污水混灌, 减轻对土壤和作物的污染。

## 参 考 文 献

- [1] Johnston, S. E. and Barnard, W. M. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 43, 304 (1979).
- [2] Woolson, E. A. et al., *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35, 105 (1971).
- [3] ———, *Ibid.*, 35, 938 (1971).
- [4] ———, *Ibid.*, 37, 254 (1973).
- [5] Aggett, J. and Aspell, A. C. *The Analyst*, 101(1208), 912 (1976).
- [6] 中国科学院南京土壤研究所, *环境科学*, 3, 41(1973).

## 二氧化硫和氟化氢单独和复合熏气 对金荞麦影响的初步试验\*

卞詠梅 陈树元

(江苏省植物研究所)

在工矿区和城市周围大气中, 植物往往受到二种以上有害气体复合污染的伤害。六十年代以来, 关于气体复合污染(如  $SO_2 + O_3$ 、 $SO_2 + NO_2$ 、 $SO_2 +$  乙烯、 $NO_2 + O_3$ 、 $SO_2 + HF$  及  $SO_2 + NH_3$  等)对植物影响的研究, 日益受到重视。有的实验组合对某些植物的伤害表现为增效作用, 如  $SO_2 + O_3$ 、 $SO_2 +$  乙烯; 有的则产生拮抗作用, 如  $SO_2 + NH_3$ ; 有的只是简单相加或彼此不相影响。本工作对孕蕾期金荞麦受到  $SO_2$ 、HF 单独和复合熏气所产生的反应、伤害症状及其对生长、发育和产量的影响进行了实验。

### 材 料 与 方 法

金荞麦 (*Fagopyrum cymosum*) 于 1981 年 5 月 4 日盆播, 一周后出苗, 6 月 15 日移栽, 每盆 1 株, 一般性管理。八月下旬, 选取长势较一致的植株 32 盆, 稍加修剪, 每盆留

下 8 根生长良好的分叉枝条。试验分四组: (1) 对照, (2)  $SO_2$  熏气, (3) HF 熏气, (4)  $SO_2 + HF$  熏气。

9 月 2 日至 7 日, 连续 6 天在动式熏气罩 ( $3.6M^3$ ) 中进行熏气, 每日熏气时间为 2 小时。自然光照加镉灯照明, 光强为 7,000—1,000lux。每次熏气时抽样实测罩内气体浓度,  $SO_2$  平均浓度为  $0.87 \pm 0.13$ ppm, HF 平均浓度为  $0.16 \pm 0.07$ ppm。复合熏气即将  $SO_2$  和 HF 以上述浓度通入同一箱体。由于我们只有二只动式熏气箱, 为了尽量减少因熏气时间不同造成的误差, 对四种处理采取了上、下午分批轮换进行熏气试验的方法, 例如上午进行 HF+ $SO_2$  复合熏气和对照, 下午就进行  $SO_2$  和 HF 单一熏气, 次日将顺序倒过来, 上午进行单独熏气, 下午再进行复合熏气, 依

\* 本文承汪嘉熙同志审阅, 徐和宝、潘如圭同志参加部分工作, 谨致谢意。