

## 经验交流

# 镉对土壤、作物的污染及其防治的初步研究

吕春元

(广东省土壤研究所)

近年来不少学者对镉污染土壤、作物的研究后,认为镉进入土壤后移动性很小,主要积聚于表层<sup>[1][3]</sup>,作物含镉量和土壤含镉量并非一致,也就是说土壤含镉量和作物的吸镉量不是一种简单的相关关系。土壤的 pH、氧化还原电位、土壤有机质的螯合性能和土壤胶体的吸附性能等对镉被植物吸收的有效性影响很大。不同植物对镉的吸收能力差异也很大,粮食作物吸收较少,叶菜吸收最多<sup>[4]</sup>。

消除镉对作物的污染,目前有以下几种方法: 1. 排土与客土法。即挖去被污染的土壤,换入未污染的土壤。 2. 生物吸收法。即种植对镉吸收能力强的植物。 3. 施入抑制镉的材料,如施入磷肥、锰、铁、锌和石灰等物质,降低镉的活性<sup>[2]</sup>。

本试验目的在于了解旱地土壤对镉的固定;作物对镉的吸收;以及在生产实践中易于实施的技术措施对提高土壤固定镉的能力。现将 1977—1979 年试验结果总结于后。

## 一、材料和方法

试验用 20 × 25 厘米圆柱状白瓷盆盆栽。土壤取自耕层 30 厘米以下的生土(属黄土性母质上发育的川地碳酸盐褐土)。添加的镉是化学纯硝酸镉  $Cd(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ , 配成一定浓度的水溶液待用。供试材料的化学性质见表 1。

试验处理: 添加镉水溶液使土壤含镉量分别达到 2、5、12.5、25、50ppm(不包括本底

表 1 供试材料的主要化学性质

名称	pH	有机质 (%)	盐基代换总量 (ml/100g土)	含镉量 (ppm)
盆内土壤	8.1	0.57	12.50	<1
黑钙土	6.4	3.99	33.27	<1
粉煤灰	12.0	—	9.1	2
褐煤	4.85	—	—	0.65
马粪	7.75	21	—	—

值,下同),并按试验要求,在含镉量 50 ppm 土壤中分别添加占土壤重 5% 的马粪、5% 的褐煤、10% 的黑钙土及 30% 的粉煤灰(同时减少等量的土,使含镉量保持在 50ppm)。

指示作物: 先种谷子, 回茬冬小麦。谷子每盆三株, 冬小麦每盆四穴, 每穴两株。重复五次。出苗后浇水, 松土等管理措施按实际需要适时统一施行。收获时测产考种, 分析籽实中含镉量。

土壤、粮食中总镉用硝酸-高氯酸消化, 土壤中有效镉用 0.1N 盐酸浸提, 原子吸收分光光度计测定。

## 二、结果和讨论

### 1. 土壤中镉含量与作物生长的关系

试验中添加的镉是水溶性的, 它易被植物吸收利用。从表 2、表 4 可见, 添加水溶性镉后种谷子, 5ppm 以下时, 对谷子生长发育影响不明显。高于 5ppm 时, 谷子的生育开始受到抑制, 出苗后有死苗现象, 成熟时植株

表 2 土壤中不同含镉量对谷子生长的影响

测定项目 处理内容	苗 期		成 熟 期				产 量	
	出苗率 (%)	株高 (cm)	收获率 (%)	后期死苗率 (%)	株高 (cm)	穗长 (cm)	盆粒重 (g)	与对照增减
对照	96.7	54.6	96.7	0.0	68.7	10.3	12.35±1.13	0
含镉 2ppm	93.3	58.0	83.7	10.3	72.6	11.6	8.44±1.50	-3.91*
含镉 5ppm	96.7	63.1	90.0	6.9	72.4	10.2	11.32±1.47	-1.03
含镉 12.5ppm	100.0	31.7	70.0	30.0	61.7	9.5	5.74±0.73	-6.61*
含镉 25ppm	93.3	35.9	80.0	14.2	57.3	9.2	6.74±1.20	-5.61*
含镉 50ppm	96.7	26.6	66.7	31.0	45.5	7.6	5.10±1.3	-7.25**
含镉 50ppm (对照)	96.7	26.6	66.7	31.0	45.5	7.6	5.10±1.3	0
含镉 50ppm+5% 马粪	96.7	64.8	96.7	0.0	69.0	12.0	12.40±1.43	+7.30**
含镉 50ppm+5% 褐煤	96.7	44.2	93.3	3.5	60.8	11.7	8.92±0.58	+3.82*
含镉 50ppm+10% 黑钙土	100.0	54.5	96.7	3.4	69.6	11.4	10.60±1.42	+5.50**
对照(加 30% 粉煤灰)	—	—	—	—	74.5	14.3	11.70±1.15	0
含镉 50ppm+30% 粉煤灰	—	—	—	—	80.6	16.6	11.61±1.50	-0.09

注：加粉煤灰试验是 1977—1978 年进行的，其他是 1978—1979 年进行的显著性测定结果 \*为显著 \*\*为极显著。

表 3 表 2 的方差分析

变异来源	自由度	离均差平方和	变 量	F 值
处理间	5	196.6	39.32	7.188**
处理内	22	120.4	5.47	
总变异	27	317.0		

高度、穗长及籽实产量，均明显低于对照。谷茬种冬小麦，含镉量为 25ppm 以下，对种子萌发、幼苗生长、抽穗、开花结籽都与对照无明显差异。含镉量为 50ppm 籽实产量与对照相比，仅略有降低。分析其原因可能是种谷时，镉加入土壤中时间短，镉被吸附、螯合所固定的量仅 10—30%，土壤中活性镉比重还很大。种植冬小麦时，镉在土壤中的活性已大为降低。见表 6。

从表 2、4、6 来看，明显地抑制谷子、冬小麦生长的土壤有效态镉含量约为 3ppm 左右。

### 2. 作物对镉的吸收

从表 7 中可以看出，谷子、麦子籽实中含

表 4 土壤中不同含镉量对冬小麦生长的影响

测定项目 处理内容	株高 (cm)	穗长 (cm)	盆粒重(克)	盆粒重与对照差值
对照	60.5	8.5	15.60±0.93	0
含镉 2ppm	60.5	8.6	13.76±1.20	-1.84
含镉 5ppm	64.0	8.6	14.29±1.30	-1.31
含镉 12.5ppm	64.1	8.6	13.73±1.63	-1.87
含镉 25ppm	64.4	8.1	13.93±0.56	-1.67
含镉 50ppm	64.2	8.3	12.48±1.10	-3.12
含镉 50ppm (对照)	64.2	8.3	12.48±1.10	0
含镉 50ppm+5% 褐煤	60.3	8.2	13.32±0.63	+0.84
含镉 50ppm+5% 马粪	56.7	8.6	15.04±0.63	+2.56
含镉 50ppm+10% 黑钙土	66.0	8.5	12.35±1.43	-0.13
对照(加 30% 粉煤灰)	49.5	—	7.26±1.03	0
含镉 50ppm+30% 粉煤灰	52.5	—	5.69±0.64	-1.57

表 5 表 4 的方差分析

变异来源	自由度	离均差平方和	变 量	F 值
处 理 间	5	355.88	71.18	0.36
处 理 内	20	3995.27	199.76	
总 变 异	25	4351.15		

表 6 耕层土壤有效态镉含量的变化

处 理 内 容 测 定 时 间	对 照	含 镉 2ppm	含 镉 5ppm	含 镉 12.5ppm	含 镉 25ppm	含 镉 50ppm	镉 50ppm+ 褐 煤	镉 50ppm+ 马 粪	镉 50ppm+ 黑 钙 土
	种前实测土壤中全镉量 (ppm)	1	2.8	4.8	12.8	32.3	43.7	43.7	45.1
谷抽穗期土壤有效镉量 (ppm)	—	2.0	3.0	11.5	31.5	39.8			
土壤固定率 (%)	—	29.0	38.0	10.0	2.0	9.0			
冬小麦拔节期土壤有效镉量 (ppm)	0.1	0.25	0.5	1.4	3.1	6.0	5.7	3.5	5.8
土壤固定率 (%)	90.0	91.0	89.5	89.0	90.4	86.2	86.9	92.2	86.9

表 7 作物籽粒中含镉量与土壤含镉量的关系

处 理 内 容 作 物 种 类	对 照	含 镉 2ppm	含 镉 5ppm	含 镉 12.5ppm	含 镉 25ppm	含 镉 50ppm	镉 50ppm+ 褐 煤	镉 50ppm+ 马 粪	镉 50ppm+ 黑 钙 土
	小米粒中含镉量 (ppm)	0.02	0.17	0.54	—	0.37	0.75	—	0.16
冬小麦粒中含镉量 (ppm)	0.6	0.9	1.6	3.2	4.4	5.3	5.5	5.1	5.6

镉量随土壤含镉量的增高而增加。麦粒较小米显著 (相关系数: 麦粒是 0.93, 小米是 0.79)。若以日本“镉米”(含镉 1ppm) 标准来衡量, 土壤中含镉量在 50ppm 以下, 小米中含镉量均未超过“镉米”。当土壤含镉量 5.0ppm, 麦粒含镉比对照增加 1.5 倍达 1.6ppm, 超过镉米标准。这主要是植物种间对镉吸收能力的差异所致<sup>[4]</sup>, 其次与谷粒被脱壳有关。根据试验结果, 当土壤中总镉含量为 2ppm 以上又必须要种食用作物时, 应选择对镉吸收能力低的作物 (如谷子), 不种吸收能力强的冬小麦等。

### 3. 土壤及添加物对镉的固定

表 6 表明水溶性镉加到土壤中后, 随时间推移或添加有机质类物质, 镉被固定而降

低对植物的有效性。若以被 0.1N 盐酸浸提出来的镉被认为是能供植物吸收利用的话 (即有效态), 则水溶性镉加入土壤后半年, 有效态镉为原添加量的 70—90%, 一年以后则仅为 10% 左右。由此可见黄土性母质发育的碳酸盐褐土对镉的固定能力是强的。表 6 还表明, 当添加量超过 25ppm 时土壤的固定能力开始下降。也就是说土壤固定镉的能力是有限度的。

土壤中添加物对镉的固定效果以马粪最好, 其次是粉煤灰, 添加褐煤、黑钙土效果较差。这是因为褐煤中腐殖酸含量较多, 呈酸性反应, 施入土壤后, 提高镉的活性, 黑钙土的有机质含量虽较高, 但加入量很少, 对提高整个土体有机质含量作用不大。粉煤灰的颗

粒粗,盐基代换总量比土壤小,但它在掺入土壤后,提高了土壤的碱性,致使土壤中镉的活性降低。(见表 8)

表 8 粉煤灰对土壤酸度等性质的影响

测定项目 \ 样品类型	土 壤	粉煤灰	含 30% 粉煤灰的土壤
pH	8.10	12.00	9.15
盐基代换总量 (ml/100g土)	12.5	9.1	10.04

### 三、小 结

1. 同一类型土壤中,作物吸镉量随土壤含镉量的增高而增加。土壤中总镉含量为 2ppm (包括本底值为 2.8ppm)时,籽粒中含镉量明显增加。含量达到 5ppm 时,作物生长明显受抑制。不同作物吸镉能力差异很大,冬

小麦吸镉能力高于谷子,这对已被镉污染或受镉威胁的土壤选择种植作物种类很重要。

2. 在黄土性母质上发育的碳酸盐褐土吸附、螯合而固定镉的能力强,一年左右时间就能把 90% 水溶性镉被固定,但添水溶性镉达 25ppm 以上,固定能力有所下降。

3. 马粪一类有机物质能提高土壤固定镉的能力。其中尤以马粪为佳,它不仅能使作物在含镉量很高的土壤上有一定收成,还能降低镉在籽实中积累。

4. 粉煤灰降低镉的活性效果亦较明显,因粉煤灰使土壤的碱性提高。

#### 主要参考资料

- [1] 陶战 环境保护 6, 31—34(1978).
- [2] 辽宁省林业土壤研究所编译. «环境污染与生物净化» 科学出版社 第一版 74—79 页 1976 年.
- [3] «公害与农业»编译组编 «公害与农业», 石油化学工业出版社 第一版 126—127 页 1976 年



(上接第 31 页)

如 12 日 20 时沈阳市热岛水平流场、风向有明显切变,辐合中心风速小,低层大气为中性,辐合中心区的 SO<sub>2</sub> 浓度值高于其他区,甚至高于重工业区(见图 13)。对于沈阳市的商业区、文化区来说,小风伴随逆温则是最危险的。在小风情况下,气流发生弯曲辐合,会造成某些地区污染物质的高浓度值。而在大风流型无逆温情况下,则会造成高架源集中的工业区的重污染。这主要受危险的临界风速的作用。总之,中小尺度的气象场虽受大的天气系统的影响,但在大范围空气停滞的情况下,城市地区污染物浓度分布主要取决

于污染源位置及其热岛流场。微风加逆温的情况,是造成全市污染物高浓度的气象条件。小风时的气流弯曲辐合,造成了低矮烟源集中的下风方向区域污染物浓度的累积和增高,中心辐合区的浓度最高。在大风流场的危险临界风速下,虽然没有逆温,但高架源集中的重工业区的浓度则剧增,而其它商业区、文化区污染则较轻。

#### 参 考 文 献

- [1] O. G. 萨顿,微气象学 p241—242 (1959),高等教育出版社