

Cd、Zn、Pb及其相互作用对烟草、小麦的影响

夏增禄 穆从如 孟维奇 李森照 沈瑞珍 何瑞珍

(中国科学院地理研究所)

摘 要

烟草对Cd、Zn、Pb是一种敏感性作物, Cd、Zn、Pb对烟草的影响比小麦、水稻都大。

Cd、Zn、Pb在烟草各器官中的累积随土壤Cd、Zn、Pb浓度的增高而增大。

Cd、Zn、Pb在烟草各器官中含量的次序为: 茎叶>根>籽粒。它们在根中受阻, 而较易转移到茎叶和籽粒中。

烟草对Pb的吸收比对Zn和Cd明显地低。Pb仍然是一种低吸收性元素。

土壤Zn增加, 减低了烟草对Cd的吸收, 而土壤Pb的增加, 则促进了烟草对Cd的吸收。

在植物对重金属吸收的研究中, 大多集中于单一金属的吸收。但实际上, 植物对某一金属元素的吸收往往是在与其他金属元素相互作用下进行的(Patterson, 1971)。它们之间可能相互促进, 也可以彼此抑制。因此, 研究重金属元素之间的相互作用对植物吸收的影响, 有利于正确了解土壤重金属对植物的污染及其在体内的残留累积。关于重金属之间相互作用对植物吸收的影响虽然有了一些报道(Trocome, 1950; Turner, 1973; White, 1974; Berry, 1976), 但多为小麦、玉米作物的吸收, 而对烟草吸收的影响却报道甚少。本文主要通过盆栽试验和野外调查, 讨论烟草和小麦对Cd、Zn、Pb吸收和Zn、Pb对Cd吸收的影响。

一、自然条件、处理和方法

野外调查区位于北京东郊永定河冲积扇中下部, 属暖温带半湿润季风气候。年平均降水量630毫米左右。冬季干旱多风、蒸发量大。夏季高温多雨, 雨量集中。在用水季节, 由于雨水不均, 大部地区引用污水灌溉, 土壤受到重金属的污染。

土壤多为潮土, 高处发育有潮褐土。pH在7—8.5之间, 含碳酸盐5—7%。代换性盐基总量为10—30毫克当量/100克土。有机质在0.8—3.7%之间。作物以小麦、玉米、水稻、蔬菜为主。

田间采样深度为0—20厘米。盆栽土壤采混合样。土壤样品风干, 压碎, 过100目网筛后混匀待用。

盆栽试验设置在露天网室中。盆栽用土为轻壤质潮褐土。试验盆为内径25厘米、高25厘米白釉瓷盆。试验用的化合物为 CdCl_2 、 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ 、 ZnSO_4 。以纯Cd、Pb、Zn计。各

化合物按各处理浓度所需之量分别溶于水后用喷雾器喷撒于土中使之与土壤均匀混合, 然后装盆。各处理均设 3 次重复。4 月下旬移植烟草 (*Nicotiana tabacum*), 烟草苗龄为 27 天, 每盆移栽 3 株烟苗。8 月开始采收烟叶, 9 月收获种子, 到 11 月上旬收茎秆和根系。根、茎叶和籽实分别洗净, 风干后磨碎进行化验分析。

土壤样品以王水-高氯酸消化, 用 Y_2 型原子吸收分光光度计测定, 其中 Cd、Pb 用甲基异丁酮萃取后再测定。植物样品用硝酸-高氯酸消化, 以日本岛津 640-13 型石墨炉原子吸收分光光度计测定。

二、结果与讨论

1. 土壤中不同含量的 Cd、Zn、Pd 对烟草生长的影响

土壤中不同含量的 Cd、Zn、Pb 对烟草生长影响的盆栽试验结果绘于图 1、2、3。

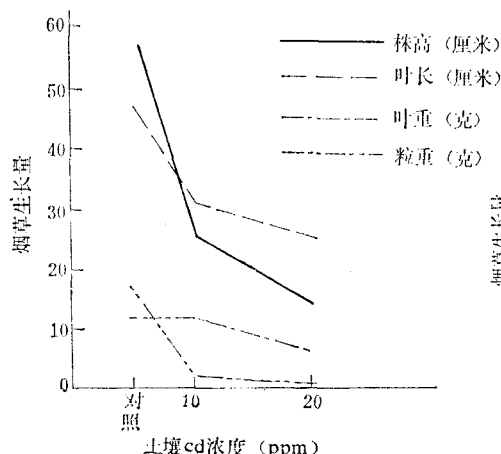


图 1 不同浓度 Cd 处理土壤对烟草生长的影响

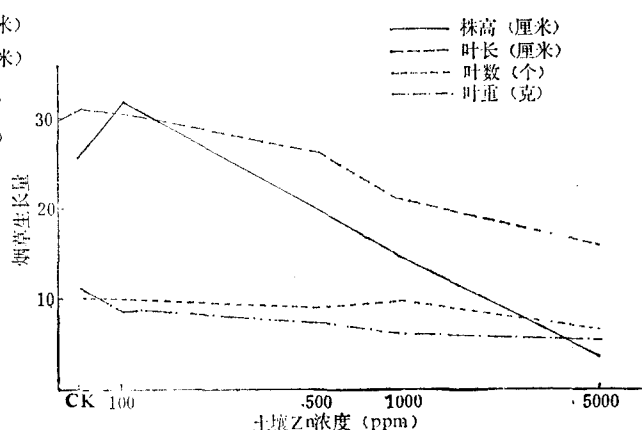


图 2 不同浓度 Zn 处理土壤对烟草生长的影响

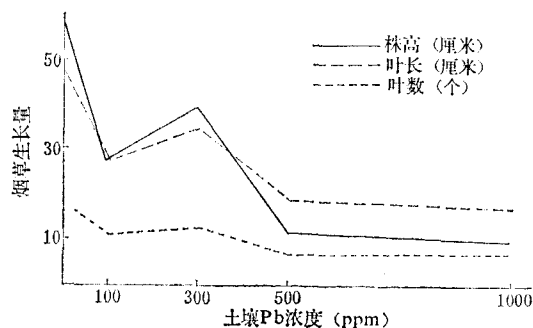


图 3 不同浓度 Pb 处理土壤对烟草生长的影响

从图 1 可以看出, 土壤中的 Cd 对烟草生长危害明显。10ppmCd 的处理已使烟草的株高、叶长、叶重和籽粒重比对照低很多。30ppmCd 的处理, 烟草的株高只有对照的 1/4, 叶重也是对照的一半。若与小麦、水稻相比, 土壤中的 Cd 对烟草生长的影响要比对小麦、水稻的影响大得多。据报道, 100ppmCd 处理, 才使水稻减产 10% 左右 (任继凯, 1982a)。可见烟草对 Cd 是一种很敏感的作物。

土壤中的 Zn 对小麦、水稻等作物的危害一般比较轻微, 但在本组试验中, 土壤 Zn 处理对烟草生长却表现出明显的毒害反应 (图 2)。在 100ppmZn 的处理中, 除烟草株高比对照稍有增加外, 其它处理各项均随土壤 Zn 浓度的增加而降低。当土壤 Zn 浓度达到 5,000ppm 时, 烟草虽能成活, 但株高不到 10 厘米, 烟叶窄小, 无籽实, 生长很差。

土壤中的 Pb 一般对农作物生长危害不甚明显。据报道,土壤 Pb 对水稻生长和产量影响,在 1,500ppm 处理时,水稻的茎叶和糙米重仅减产 15—20% (任继凯等, 1982a)。但在本组烟草的试验中, 100ppm 的处理,烟草的株高、叶数和叶长均比对照明显下降。在 1,000ppm 的处理中,烟草的株高、叶数和叶长仅为对照的 1/3—1/2。叶长仅为对照的 1/3—1/2。可见,烟草对 Pb 也是一种敏感性较强的作物。

2. 烟草对 Cd、Zn、Pb 的吸收累积

在不同浓度处理 Cd、Zn、Pb 情况下烟草中吸收累积的 Cd、Zn、Pb 分别列于表 1、2、3 中。从表中可以看出,土壤浓度的高低影响 Cd、Zn、Pb 在烟草各器官中的累积量,

表 1 不同浓度 Cd 处理土壤烟草中的 Cd 含量 (ppm)

处 理	籽 粒	茎	叶	根
对 照	0.30	0.34	0.30	0.38
10	7.05	10.88	3.96	6.30
30		20.78	36.30	21.15

表 2 不同浓度 Zn 处理土壤烟草中的 Zn 含量 (ppm)

处 理	籽 粒	茎	叶	根
对 照		55.30	152.00	23.80
100	41.18	118.75	104.00	62.70
500	72.20		152.00	127.30
1,000	60.80	182.40	174.00	180.50
5,000	89.30	564.30		589.00

表 3 不同浓度 Pb 处理土壤烟草中的 Pb 含量 (ppm)

处 理	茎	叶	根
对 照	3.38	8.50	5.94
100	4.25	15.30	15.30
500	23.80	20.80	68.00
1,000	47.60	35.70	83.30

Cd、Zn、Pb 在烟草叶、茎、根、籽实中的残留累积量都随土壤中 Cd、Zn、Pb 含量的增高而增大。

烟草对 Cd 和 Zn 的吸收以茎、叶最高,根次之,籽实最低。这一吸收累积的序列与谷类作物根>茎叶>籽实的序列不一样。由于烟草的经济价值主要在于叶部分,因此它吸收 Cd 的这一特点使之成为土壤 Cd 污染的敏感性作物。日本暂定大米含 Cd 0.4ppm 为临界含量,

若以北京地区小麦的吸收率 (夏增禄, 1983a) 推论,土壤 Cd 的临界含量约为 3ppm。今以烟草的吸收率计 (见表 4), 则一旦土壤发生 Cd 污染,这种土壤上收获的烟草就会受到 Cd 的严重污染。虽然目前还没有制定出烟草中 Cd 含量的卫生标准,但若以日本暂定的大米 0.4ppm 的 Cd 临界浓度推论,当土壤仅受到轻至中度的 Cd 污染 (含 Cd 1 ppm) 时,烟草吸收累积的 Cd 量将超过 0.4ppm,达到重度污染水平了。这一点为我们在今后制定 Cd 的土壤环境标准时提供了新的因素。Zn 的毒性较 Cd 的毒性低,它对作物的污染威胁较 Cd 小,但烟草各器官对 Zn 累积的序列与 Cd 相似的这一特点,今后对种植烟草土壤的 Zn 污染也应给予严重关切。

烟草各器官对 Pb 的吸收与 Cd 和 Zn 不一样,根吸收累积的 Pb 比叶、茎稍高。在相同土壤含量下,烟草吸收 Pb 的量无论是根或是茎、叶都比吸收 Cd 和 Zn 的量低。尤其是茎和叶更相对较低,因此 Pb 对于烟草来说,仍然是一种不敏感的低吸收性元素。

烟草对 Cd 的吸收累积,与水稻相比,吸收率明显地高,吸收累积的程度与小麦、西红柿、茄子、白菜、萝卜等旱作对 Cd 的吸收相似 (表 4)。看来作物对土壤中 Cd 的吸收尽管因作物种类不同而不同,但有一个共同的重要特征,即土壤的水湿条件起着更为重要的作

表 4 不同作物对Cd的吸收率(%)

处 理	作物种类	籽 实	茎 叶	根
10ppm (Cd)	水 稻	1.4	8.5	545.0
	烟 草	70.5	108.8	63.0
	小 麦	65.5	157.5	588.0
	西红柿*	50.0(果)	177.0	210.0
	茄 子*	60.0(果)	470.0	218.0
	白 菜*		78.0	83.0
	萝 卜*		101.0	28.0

* 根据参考文献(任继凯等, 1982b)中的资料进行计算获得。

表 5 不同作物对Zn的吸收率(%)

处 理 (ppm)	作物种类	茎	茎 叶	籽 实	根
500	水稻*		14.0	5.3	70.0
	烟草		34.4	14.4	25.5
1,000	水稻*		9.5	2.7	70.5
	烟草	18.2	17.4	6.1	18.1

* 根据参考文献(任继凯等, 1982a)中的资料进行计算获得。

用。当在水田条件下, 由于Cd与硫结合生成作物难以吸收的CdS, 植物对Cd的吸收显著减少, 而在旱作条件下, Cd氧化为较活跃的Cd而使旱地作物的吸收量增大。

烟草对Zn的吸收与水稻相比也显著不同(表5)。烟草根的吸收比水稻明显地低, 但烟草的茎叶和籽实对Zn的吸收却比水稻强。

烟草对Pb的吸收与小麦、水稻相比也不相同(表6)。烟草的根对Pb的吸收比小麦和水稻的根吸收低许多, 但烟草的叶对Pb的吸收虽与小麦茎叶的吸收无明显差异, 却明显地比水稻茎叶对Pb的吸收高。

表 6 不同作物对Pb的吸收率(%)

处 理 (ppm)	作物种类	茎 叶	根
100	小 麦*	11.2	112.5
	烟 草	4.3	15.3
	水 稻		102.3
300	小 麦*	5.2	90.8
	烟 草	5.4	8.5
	水 稻	0.8	75.0
500	小 麦*	3.3	95.0
	烟 草	4.8	4.2
	水 稻	0.2	157.4
1,000	小 麦*	2.4	78.3
	烟 草	4.7	3.6
	水 稻	0.4	

* 根据参考文献(任继凯等, 1982a)中的资料进行计算获得。

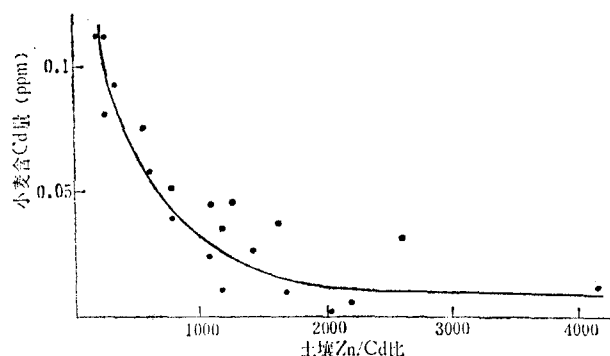


图 4 小麦Cd含量与土壤Zn/Cd比关系

3. 野外条件下Zn和Cd的相互作用对小麦吸收的影响

将土壤中Zn和Cd的含量比率(Zn/Cd)与小麦籽实吸收的Cd量进行统计分析, 结果示于图4中, 从图中可以看出, 土壤中Zn和Cd量的变化, 影响着小麦对Cd的吸收, 当Zn/Cd比增大时, 小麦吸收的Cd量会随之减低。土壤Zn/Cd比与小麦吸收的Cd之间呈负指数关系。

在这种土壤的含Cd水平下(<2ppm), Zn对Cd的影响大约在Zn/Cd比小于1,500时较为显著, 大于1,500时其影响就很微弱了。但是必需说明, 在野外情况下, 由于土壤中多种重

金属的存在,这种重金属的相互作用可能会复杂得多。

4. 盆栽条件下Zn和Pb对烟草吸收Cd的影响

不同浓度Zn处理土壤对烟草吸收 Cd 影响的结果列于表 7 中。从中可以看出,烟草籽实中吸收累积的Cd随土壤Zn浓度的增高而趋于减低。但茎、叶和根中吸收累积的 Cd 却变化不明显。

表 7 不同浓度Zn处理对烟草吸收Cd的影响(ppm)

处 理 (ppm)		籽 实	茎	叶	根
Cd	Zn				
0	0	0.30	0.34	0.30	0.38
10	0	7.05	10.88	3.96	6.30
10	100	3.00	8.03	7.35	6.60
10	500	3.60	8.78	8.85	4.95
10	1,000	1.05	8.48		6.60
10	5,000	1.80	8.48		13.65

表 8 不同浓度Pb处理对烟草吸收Cd的影响(ppm)

处 理 (ppm)		茎	叶	根
Cd	Pb			
10	0	10.88	3.96	6.30
10	100	6.98	23.25	10.20
10	500	15.83	25.65	11.10
10	1,000	18.15	34.35	7.80

Turner(1971)曾认为 Zn 在土壤中的有效性比许多其它元素大,它减低植物对 Cd 的吸收,Cd的累积能因土壤保持高Zn/Cd比而减低。这一论述与本文结果是相符的。在野外情况下测定植物对Zn的吸收常常发现其吸收的量最高(夏增禄,1983b),吸收的序列为 $Zn > Cd > Cu > Pb$ 。Mitchell 等(1978)也发现植物累积某些金属的次序是 $Zn > Cd > Ni > Cu$ 。植物吸收的这种序列关系可能是Zn在植物吸收的相互竞争中处于优越地位,减低植物吸收 Cd 的原因。植物对Cd的吸收虽然受土壤中Zn和Cd含量的变化或 Zn/Cd 比的变化而变化。但看来土壤Zn/Cd比影响植物吸收Cd仍有一定限度。在野外条件下,我们获得的结果是Zn/Cd比 $> 1,500$ 时始显著影响 Cd 的吸收, $> 2,000$ 时无明显影响。这里,土壤中元素的浓度可能是一个重要因素。在低浓度下的Zn/Cd比和在高浓度下的 Zn/Cd 比,Zn、Cd 之间的相互作用对植物吸收的影响也许是不同的。因为在高浓度和低浓度下,这些元素在土壤中存在的状态不同,植物的吸收率也不一样(夏增禄等,1983a)。这一点将是今后需要继续研究的问题。

不同浓度Pb处理土壤对烟草吸收 Cd 影响的结果列于表 8 中。烟草茎、叶、根吸收累积的Cd随土壤Pb含量的增加而趋于增高,Pb表现出对Cd吸收的促进作用。Lagerwerff(1972)和Joseph(1977)等曾讨论过 Pb 和 Cd 的相互作用对萝卜和玉米吸收的影响。Largerwerff等(1972)认为Cd比Pb的有效性高,是一个有效的竞争者。我们用 DTPA溶液提取本区土壤获得的结果也表明,Cd的提取量占总Cd量的33.10%,而 Pb 仅占总量的0.92%,Cd 的有效性比Pb 高许多(Mitchell,1978)。Pb是一种植物弱吸收性的元素,这是众所周知,它比Cd的吸收性能低许多,因此Cd可能进一步减弱Pb的吸收。但Pb促进Cd的吸收,则似乎表明由于Pb和Cd的相互作用,Pb可能会夺取Cd在土壤中的吸附位而提高了土壤中Cd的有效性或者取代根中吸附的Cd,促进了根中滞留Cd的活性而进一步向茎叶转移。

元素之间的相互作用对植物吸收的影响是一个非常复杂的问题,目前虽然获得了它们的一些现象,但其发生的机制尚知之甚少。由于它们之间的相互促进和减弱的作用对重金属污染的发生和污染危害的控制是至关重要的,因此,加强这方面的研究是今后防治重金属污染的重要课题之一。

THE EFFECTS OF CADMIUM, ZINC AND LEAD IN THE SOIL ON TOBACCO AND WHEAT

Xia Zenglu Mu Congru Meng Weiqi Li Senzhao

Shen Ruizhen He Ruizhen

(Institute of Geography, Academia Sinica)

The tobacco is a sensitive plant for Cd, Zn and Pb. The effects of Cd, Zn and Pb are greater on tobacco than on wheat or rice.

The accumulation of Cd, Zn and Pb in various organs of tobacco increases with their amounts in the soil.

The sequence of Cd, Zn and Pb contained in various organs of tobacco is as follows: stems leaves roots grains. They are obstructed in roots, but they are easily transported into stems, leaves and grains.

The increasing of Zn in the soil reduces the uptake of Cd by tobacco, but the increasing of Pb promotes the uptake of Cd by tobacco.