

# 塿土中铬对玉米、小麦生长发育的影响

肖 玲 薛澄泽

(西北农业大学农业环保室)

**摘 要** 采用塿土进行盆栽试验结果表明,铬对玉米、小麦生长发育的影响与其浓度和价态有关,浓度愈大对作物的危害症状越明显,六价铬的毒性显著大于三价铬。施入六价铬浓度大于5 ppm时,植株茎叶出现危害症状,干物质减产10%;大于10 ppm时,出现死苗;而三价铬浓度大于400 ppm时,才有危害症状产生。小麦出现六价铬危害症状的浓度为40 ppm,三价铬为200 ppm。小麦籽粒中铬的含量大于玉米。同一作物茎叶中的含量大于籽粒。 $\text{CrCl}_3$ 对玉米、小麦的危害大于 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

**主题词** 铬离子, 重金属污染, 污水灌溉, 土壤污染, 作物, 危害, 盆栽试验, 塿土

铬是有毒的重金属元素之一。不同浓度、不同价态铬对作物的污染危害已有不少报道<sup>[1-4]</sup>。关中塿土区是陕西省粮食主产区之一。近年来随着工业,特别是乡镇企业迅速发展,“三废”中排放出的铬,通过污灌等途径使土壤中的浓度日益增加,对农作物生长带来了危害。本研究在于探讨塿土中不同浓度和不同价态的铬对玉米、小麦生长发育的影响及其在作物体内不同部位的累积情况,为铬污染研究和农业环境保护提供基本资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试小麦品种为7859,玉米为户单9号。盆栽塿土采自西北农大农一站农田耕层,pH值8.2,有机质1.24%,全氮0.074%,碱解氮37 ppm,速效磷43 ppm(用0.5 M  $\text{NaHCO}_3$ 浸提),速效钾125 ppm(用1 N中性 $\text{NH}_4\text{AC}$ 浸提),土壤铬本底值为73 ppm。

### 1.2 试验方法

供试土壤采集后风干,过筛(2 mm),混匀。用20 cm×35 cm白瓷盆装土,每盆6 kg。装盆前,土壤与2 g尿素,2 g磷酸二氢钾及相应处理的铬盐充分混合。六价铬盐为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,三价铬盐为 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 。前者设0,5,10,20,40,60,80 Cr(VI) mg/kg土等7个处理;后者设0,200,400,600,800 Cr(III) mg/kg土等5个处理。各重复3次。装盆后播种小麦、玉米。小麦每盆留苗10株,玉米留苗1株。试验盆置盆栽室中,定期调换位置。采用容量灌水法。

文稿收到日期:1989-02-03

除上述主试验外,还采用 $\text{CrCl}_3$ 及 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 进行了不同阴离子的三价铬盐毒性比较试验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 铬对玉米、小麦幼苗生长的影响

试验表明,施于土壤的六价铬浓度大于5 ppm时,对玉米幼苗生长有一定的抑制作用;大于10 ppm时,有明显的危害症状出现:苗子细弱,叶片狭窄,叶脉紫红,叶尖叶缘枯黄,叶数较对照减少2~5片。植株矮化,较对照降低40~50 cm,生长呆滞,出苗后30多天死亡。死苗根系呈褐色,侧根短少,呈毛刷状。

六价铬对小麦苗期的毒害较轻。施入土壤六价铬浓度大于40 ppm时,才出现较明显的危害症状:出苗推迟1~3 d,叶色发黄,分蘖较对照减少0.8个,植株细弱;大于60 ppm时,虽能出苗,但大部分在越冬期死亡。

三价铬对玉米、小麦幼苗生长的影响较六价铬小。当施入土壤三价铬浓度大于400 ppm时,玉米、小麦才出现危害症状:玉米株高减低8~12 cm,叶数减少1~2片,叶色红紫,小麦叶片发黄,分蘖减少0.3~0.6个。但对两种作物的出苗率无影响,亦无死苗现象发生。这因为六价铬是以 $[\text{CrO}_4^{2-}]$ 阴离子状态存在于土壤溶液中,易被作物吸收;而三价铬是以 $[\text{Cr}^{3+}]$ 阳离子状态存在于土壤溶液中,易被土壤胶体吸附固定<sup>[5]</sup>;同时壤土pH值为8.2以上,呈微碱性,易将三价铬离子固定为难溶性化合物或者形成络合物<sup>[1,5]</sup>,从而降低了其在土壤溶液中的浓度。

### 2.2 铬对玉米、小麦生物学产量(干物质重)的影响

铬对玉米、小麦生物学产量的影响既和铬的价态有关,也和铬的浓度有关(见表1)。相关分析表明,施入土壤中六价铬的浓度与这两种作物的干物质重呈明显的负相关,相

表1 铬对玉米、小麦干物质重的影响

价态	处理浓度 (ppm)	玉米干物质重 (g/盆)		小麦干物质重 (g/盆)	
		籽粒干重	总干重	籽粒干重	总干重
六 价 铬	0	33.6	72.0	13.6	31.9
	5	34.0	72.8	18.5	34.0
	10	17.0	56.0	15.3	30.3
	20	0.0	0.0	7.7	20.0
	40	—	—	1.2	2.7
	60	—	—	0.0	0.0
三 价 铬	0	33.6	72.0	13.6	31.9
	200	31.5	68.3	6.5	22.0
	400	28.0	64.9	5.9	19.6
	600	11.3	39.2	6.4	17.4
	800	5.0	18.6	5.9	12.2

关系数分别为 $-0.950$ ( $n=4, r_{0.05}=0.950$ )和 $-0.967$ ( $n=5, r_{0.01}=0.917$ ),依次达到显著和极显著水准。玉米比小麦更易受六价铬危害:使玉米减产10%的土壤六价铬浓

度大于5 ppm,而使小麦减产10%的浓度则大于10 ppm;使玉米致死的浓度为20 ppm,而使小麦致死的浓度高达60 ppm。土壤中三价铬对玉米、小麦干物质重的影响虽较六价铬为小,但不同浓度的影响仍与六价铬趋势一致,也是浓度增加,干物质重减少,两者之间依然存在着明显的负相关。相关系数顺次为-0.936和-0.957 ( $n=5, r_{0.05} = 0.878$ ),均达显著水准。与六价铬情况相反,三价铬对小麦的危害甚于玉米,使小麦干物质减产10%的土壤浓度为156 ppm,而使玉米达到类似减产效果的浓度则高达400 ppm。

三价铬对作物的危害大小与其伴随的阴离子有关。三价铬的浓度相同时,  $\text{CrCl}_3$  比  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  对作物的危害更大。如在浓度为200 ppm的  $\text{CrCl}_3$  处理中,玉米、小麦苗期出现严重受害症状,植株矮化,叶尖枯黄,叶数少而小,生长缓慢,而且对后期生长发育有很大影响,植株干物质重大幅度减产,仅为对照的34%和54.3%;当  $\text{CrCl}_3$  的浓度为800 ppm时,玉米、小麦均有死苗现象发生;而浓度为200 ppm的  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  则对玉米无明显危害,玉米干物质为对照的94.9%,小麦为对照的70%;当浓度为800 ppm时,玉米、小麦亦无死苗现象出现。其原因可能与氯离子对作物的危害大于硫酸根离子有关<sup>[6]</sup>。

### 2.3 土壤中不同浓度、不同价态铬对玉米、小麦吸铬量的影响

土壤中六价铬和三价铬的浓度对作物吸铬量有较大的影响,浓度愈大,作物吸收的铬越多(见表2)。相关分析表明,施入土壤不同浓度的六价铬和三价铬与小麦茎叶中铬的含量呈显著的正相关。相关系数分别为0.971和0.967 ( $n=5, r_{0.01} = 0.917$ ),均达到极显著相关水准,与玉米茎叶中铬的含量也有同样趋势。但玉米、小麦籽粒中铬的含量与施入土壤中不同价态、不同浓度铬的相关性不甚明显。如玉米籽粒中铬的含量在0.0463~0.0767 ppm之间,小麦籽粒中铬的含量在0.310~0.793 ppm之内,变化幅度较小,基本趋于恒定。

表2 不同价态、浓度铬对玉米、小麦吸铬量的影响

ppm

处 理	价 态	浓 度	玉 米			小 麦		
			茎叶铬浓度	籽粒铬浓度	地上部分总吸铬量 ( $\mu\text{g}/\text{盆}$ )	茎叶铬浓度	籽粒铬浓度	地上部分总吸铬量 ( $\mu\text{g}/\text{盆}$ )
六 价 铬	0	0.893	0.0463	0.0463	35.9	1.17	0.310	25.6
	5	1.130	0.0509	0.0509	45.5	1.48	0.321	28.9
	10	1.390	0.0669	0.0669	55.5	3.16	0.332	52.4
	20	—	—	—	—	9.87	0.387	124.0
	40	—	—	—	—	32.10	0.793	49.0
三 价 铬	0	0.893	0.0463	0.0463	35.9	1.17	0.310	25.6
	200	2.320	0.0618	0.0618	87.1	2.24	0.354	37.1
	400	2.060	0.0560	0.0560	77.5	5.52	0.336	77.5
	600	11.900	0.0769	0.0769	333.0	11.50	0.378	128.0
	800	7.450	0.0669	0.0669	102.0	17.60	0.460	114.0

铬被作物吸收累积的数量与铬的价态有关。在本试验中,土壤中三价铬的浓度远大

于六价铬的浓度,而两种作物吸收三价铬的比率却远小于吸收六价铬的比率。例如,200 ppm的三价铬比20 ppm的六价铬处理浓度大10倍,但小麦茎叶中铬的含量却不到六价铬的 $1/4$ ;其吸收比率,六价铬约为50%,而三价铬约为1%。这充分说明了六价铬更易被作物吸收累积。同时试验还表明,铬在作物体内主要累积于茎叶之中,籽粒中含量甚少。不管施用六价铬或三价铬,作物茎叶中铬含量均占地上部分总吸收铬量的90%以上,而籽粒中铬含量均在10%以下。

由于铬有其复杂的环境化学变化,如它本身的价态及存在形态等,对它的有效性以及对作物产生的危害作用大小都有影响。故此在评价铬污染危害,制定环境标准时必须全面考虑。本文就壤土中不同价态、不同浓度铬对玉米、小麦生长发育的影响作了一些探讨,初步提出了关于壤土中铬离子的一些浓度界限。但要确定铬对玉米、小麦影响的阈值及不同价态、不同铬盐对作物的危害机理还有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 David Purves. *Trace—element Contamination of the environment*. B.V.: Elsevier Sci.Pub., 1985.120~121
- 2 Mortvedt J J, Giordano P M. Response of Corn to zinc and chromium in municipal wastes applied to soil. *J. Environ. Qual.*, 1975, 4: 170
- 3 Schirado T, Vergara I, Schalscha E B *et al.* Evidence for movement of heavy metals in a soil irrigated with untreated wastewater. *J. Environ. Qual.*, 1986, 15: 9~12
- 4 张春龙、何增耀,叶兆杰.三价和六价铬对大豆生长的影响. *农业环境保护*, 1988, 7(4): 23~26
- 5 中国大百科全书环境科学编辑委员会. *中国大百科全书环境科学*. 北京: 中国大百科全书出版社, 1983.119
- 6 朱祖祥. *土壤学*. 北京: 农业出版社, 1986.348

## Effects of Chromium in Lou Soil on Growth and Development of Corn and Wheat

Xiao Ling

Xue Chengze

*(Research Lab for Protection of Agricultural Environment)*

**Abstract** Pot experiments with Lou soil have shown that the effects of Cr upon the growth and development of corn and wheat are related to its valences and concentration. The higher the concentration, the greater the toxicity to crops; and the toxicity of Cr (VI) is higher than that of Cr (III). When the concentration of Cr (VI) is higher than 5 ppm, some damage occurred to plant leaves and stems, and the dry matter is reduced by 10%. When the concentration is over 10 ppm, plants start to die. However, damages caused by Cr (III) appear only when the concentration is over 400 ppm. The damage symptom appearing for wheat is 40 ppm from Cr (VI) and 200 ppm from Cr (III). The content of Cr in wheat grain is higher than that in corn grain, and for the same crop, Cr contents in leaves and stems are greater than those in grains. In addition,  $\text{CrCl}_3$  has stronger toxicity to crops than  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .

**Subject words** chromium ion, heavy metal pollution, sewage irrigation, soil pollution, crop, disasters, pot-culture experiment, arid loess