

土壤中三氯乙醛三氯乙酸 含量对小麦生长的影响

李德平 张水铭

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

在温室条件下研究了三氯乙醛、三氯乙酸和废酸磷肥对小麦生长的影响。结果表明,三者对小麦表现出的毒性大致相近,小麦受害程度与各自的浓度呈正相关;三氯乙醛、三氯乙酸对小麦的致害浓度为0.5ppm。

三氯乙醛(Chloral,简称CH)是化学工业的重要中间体,是合成农药、医药和其它有机化合物的原料。在我国,三氯乙醛主要用于合成滴滴涕、敌敌畏和敌百虫。生产此类农药的工厂排放的废硫酸、废水中常含有三氯乙醛和三氯乙酸(Trichloroacetic acid,简称TCA),若不经处理而排入河流和湖泊,就会污染水源,引起鱼虾中毒;若进入农田,则会危害作物。近年来发生的作物受害事故,多半是因施用了含三氯乙醛、三氯乙酸的废硫酸(浓度低则几百ppm;高则达几万ppm)生产的过磷酸钙而引起的。此外,施用造纸厂含三氯乙醛、三氯乙酸的废硫酸与造纸废液生产的胡敏酸铵肥料,也是造成土壤污染,危害作物的原因之一。

1974年以来,全国有十多个省(市)发生大面积农田受三氯乙醛、三氯乙酸的污染事故,受害面积少则数百亩,多则达20余万亩;受害作物有10多种,轻则减产,重则绝收,经济损失较大,农业生产受到严重威胁。

关于三氯乙醛、三氯乙酸造成农田污染的原因^[1]以及它们在土壤—植物体系中的归宿问题已有报道^[2,3]。本文就温室条件下,土壤中三氯乙醛、三氯乙酸的浓度与小麦生长的关系进行了研究,描绘了小麦受害的症状;确定了三氯乙醛、三氯乙酸对小麦的致害浓度;比较了三氯乙醛、三氯乙酸及沪产废酸磷肥(含三氯乙醛、三氯乙酸)对小麦的毒性以及土壤对毒性的影响。为合理利用废酸,变废为宝提供了科学依据。

一、试验材料与方法

(一)供试土壤 分别采自南京、郑州、安庆郊区和陕西省杨陵。主要性质见表1。

(二)试剂 三氯乙醛、三氯乙酸、硫酸铵均为分析纯。上海磷肥厂生产的废酸磷肥,含三氯乙醛和三氯乙酸总量为 3.0×10^3 毫克/公斤;含磷(P_2O_5)16.1%。南京化肥厂生产的普钙,含磷(P_2O_5)15.5%。

(三)试验方法 称2.75公斤风干、磨碎的供试土壤与2克硫酸铵、6.6克南京产普钙和毒土(即混有规定数量的三氯乙醛、三氯乙酸和废酸磷肥的细土)混合,充分拌匀后将2/3的土壤先装入 20×15 (直径)厘米的盆钵中,然后加入相当于供试土壤饱和持水量60%的水分,再将余下的1/3土壤全部装入盆钵中,每盆播入宁8173种子10粒。

表1

供试土壤性质

采土地点	土壤名称	质地	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	速氮 (ppm)	速磷 (ppm)	pH (H ₂ O)
南京市郊	马肝土	粘土	1.858	0.1030	0.242	6.20	20.88	7.74
安庆市郊	黄红壤	粘土	1.725	0.1081	0.245	6.89	21.06	6.21
郑州市郊	潮土	轻壤	1.321	0.0702	0.164	3.34	87.79	8.54
陕西杨陵	壤土	轻壤	1.321	0.0984	0.191	5.23	2.05	8.32

土壤中三氯乙醛、三氯乙酸、废酸磷肥的浓度分别为 0；0.5；1.0；2.0和5.0ppm。每处理重复 3—5 次。

二、结果与讨论

(一)三氯乙醛、三氯乙酸毒害小麦的机理与症状

三氯乙醛在植物生理学上被称为生长紊乱剂，有破坏植物细胞原生质的极性结构和分化的作用，使细胞及核的分裂紊乱，形成病态组织，阻碍植物正常发育。三氯乙酸则是极性较强的脂肪酸，有扰乱植物酶系统，减弱酶活性；抑制氨基酸、蛋白质、核酸的合成，阻碍植物代谢的作用，而最终导致植物变形枯萎。

三氯乙醛、三氯乙酸都是水溶性极大的化合物，进入土壤后，一旦被小麦根系吸收而进入体内时，一星期左右即出现中毒症状。在幼芽时，外壁形成一坚固的叶鞘，鞘的尖端呈白色半透明锥体。长度一般在 1 厘米左右，阻止心叶吐出和扩展。受害严重时非但心叶抽不出来，而且尖端逐渐变黄，直至枯死；受害轻的，在苗期和分蘖期间，植株出现矮化、茎基膨大、分蘖丛生；叶片老化、硬脆肥厚、颜色浓绿；新生叶卷曲、缢缩；次生根短粗或不长新的次生根等现象。在孕穗期，穗被旗叶紧紧包住，穗呈畸形，甚至难以抽出。

(二)三氯乙醛、三氯乙酸及含三氯乙醛(酸)的废酸磷肥对小麦的毒性

试验表明，在试验用量范围内 (0.5~5.0ppm)，三氯乙醛、三氯乙酸对小麦发芽率无明显影响，无论是经温水催芽后播种的或直接播种的，小麦的发芽率均在 90% 以上。

但是，随着小麦的生长，三氯乙醛、三氯乙酸的不利影响则逐渐显现出来，小麦植株的高度、重量以至籽粒产量都与土壤中三氯乙醛、三氯乙酸的含量有直接的关系，即用量愈大，植株愈矮，产量愈低，危害愈重(表 2)。

土壤中三氯乙醛、三氯乙酸浓度为 1.0ppm 时，株高较对照分别矮 22%。2.0ppm 时，较对照分别矮 46% 和 48%；鲜重较对照分别降低 46% 和 42%。5.0ppm 时，株高分别矮 58% 和 57%，鲜重分别降低 77% 和 71%。当土壤中二者的浓度为 1.0ppm 时，对产量影响不大。但达 2.0ppm 时，产量则明显下降；浓度达 5.0ppm 时，将颗粒无收。

(三)三氯乙醛、三氯乙酸、废酸磷肥对小麦毒性的比较

关于三者对小麦的毒性，通常以总受害率(包括致畸率、死苗率)、鲜重、株高及产量等指标衡量。以小麦三叶期的受害状况而言，三氯乙酸略大于三氯乙醛；从收获期的茎秆重和麦粒重来看，三氯乙醛略大于三氯乙酸，而废酸磷肥对小麦的毒性则较三氯乙醛、三氯乙酸为轻。

有关试验资料的方差分析(表 3、4)表明，三氯乙醛、三氯乙酸和废酸磷肥三者对小麦的毒性大致相近而无明显差异。

表2

CH、TCA、废酸磷肥对小麦植株鲜重、株高、茎重和粒重的影响

土壤中 CH、TCA 的浓度 (ppm)	CH				TCA				废酸磷肥	
	鲜重 (克/盆)	株高 (厘米)	茎重 (克/盆)	粒重 (克/盆)	鲜重 (克/盆)	株高 (厘米)	茎重 (克/盆)	粒重 (克/盆)	茎重 (克/盆)	粒重 (克/盆)
0.0	11.1	26.1	15.6	8.5	11.1	26.1	15.6	8.5	15.6	8.5
0.5	11.4	24.8	16.7	8.2	9.9	23.1	17.0	8.6	17.5	8.1
1.0	9.1	20.3	14.2	7.6	10.7	20.4	14.5	8.3	15.2	5.9
2.0	6.0	14.0	4.9	3.9	6.4	13.6	3.8	4.0	13.9	4.5
5.0	2.5	10.9	0	0	3.2	11.3	0	0	8.8	4.2
直线回归	$y = 11.1 - 1.8x$	$y = 24 - 3x$	$y = 16 - 3.6x$	$y = 8.8 - 1.8x$	$y = 11.1 - 1.6x$	$y = 24 - 2.8x$	$y = 16.3 - 3.6x$	$y = 9.0 - 1.9x$	$y = 16.9 - 1.9x$	$y = 7.6 - 0.8x$
相关系数	$r = 0.9652$	$r = -0.9132$	$r = -0.9177$	$r = -0.9781$	$r = -0.9499$	$r = -0.9018$	$r = -0.9038$	$r = -0.9687$	$r = -0.9561$	$r = -0.8261$

表3 CH、TCA废酸磷肥对小麦茎重影响的方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
浓度间	3	160.30	53.43	7.72	5.54	10.90
试剂间	2	20.22	10.11	1.46		
误差	6	41.52	6.92			
总变异	11	222.04				

表4 CH、TCA、废酸磷肥对小麦粒重影响的方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
浓度间	3	42.74	14.25	21.16	5.41	10.90
试剂间	2	0.29	0.15	0.22		
误差	6	4.04	0.67			
总变异	11	47.07				

表5 OH、TCA在不同土壤中对小麦毒性的差异*

采土地点	添加物	项目	添加物浓度(ppm)			
			0.0	0.5	1.0	2.0
安庆	CH	鲜重(克/盆)	3.2	2.0	1.0	0.9
		株高(厘米)	25.0	13.4	9.8	9.0
	TCA	株高(厘米)	23.5	7.0	5.0	2.5
南京	CH	鲜重(克/盆)	3.2	2.6	2.0	1.6
		株高(厘米)	25.0	21.8	13.6	8.0
	TCA	株高(厘米)	24.3	8.6	5.0	2.0
杨陵	CH	鲜重(克/盆)	2.3	2.1	1.9	1.5
		株高(厘米)	21.4	18.0	15.2	11.6
	TCA	株高(厘米)	22.7	10.1	6.0	4.0
郑州	CH	鲜重(克/盆)	1.9	1.6	1.4	1.3
		株高(厘米)	19.8	18.6	17.2	15.4
	TCA	株高(厘米)	22.6	9.7	4.0	2.0

* 生长期一个月, CH是1984年5月进行的, TCA是1984年11月进行的。

表6 不同土壤对小麦株高影响的方差分析 (CH处理)

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
浓度间	3	314.09	104.70	10.26	3.86	6.99
土壤间	3	26.97	8.99	0.88		
误差	9	91.81	10.20			
总变异	15	432.87				

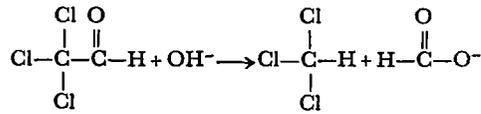
表7 不同土壤对小麦株高影响的方差分析 (TCA处理)

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
浓度间	3	1024.78	341.59	355.82	3.86	6.99
土壤间	3	3.49	1.16	1.21		
误差	9	8.63	0.96			
总变异	15	1036.90				

(四)不同土壤对三氯乙醛、三氯乙酸毒性的影响

在加有三氯乙醛、三氯乙酸土壤中进行的小麦试验结果(表5)表明,生长在采自安庆、南京土壤中的小麦受害最重,而生长在采自郑州和杨陵土壤中的小麦受害较轻。这是因为后两

种土壤具有以下两个特点：(1) 质地较轻，保水能力差，淋溶快，加入的三氯乙醛、三氯乙酸易随水下渗，从而降低了土壤中的含量；(2) pH值较高(在8.0以上)。在碱性介质中，三氯乙醛不稳定，易分解为氯仿和甲酸：



在某些受三氯乙醛危害的土壤中施用石灰，作为减轻三氯乙醛的毒性的措施，就是根据此化学反应而提出来的。

将表5结果经方差分析可以看出，三氯乙醛、三氯乙酸的毒性在四种土壤中并无显著差异。而浓度对毒性的影响都达极显著水平(表6、7)。

三、结 论

1. 三氯乙醛、三氯乙酸和废酸磷肥对小麦的毒性大致相近，没有明显差异。
2. 小麦受三氯乙醛、三氯乙酸的危害程度与其浓度呈正相关；而鲜重、株高、产量与其浓度呈负相关。
3. 三氯乙醛、三氯乙酸在各土壤中表现出的毒性，无明显差异。
4. 三氯乙醛、三氯乙酸对小麦的致害浓度为0.5ppm。

参 考 文 献

- (1) 徐瑞薇等，含三氯乙醛磷肥对农作物的危害。土壤通报，1:11，1980。
- (2) 徐瑞薇等，三氯乙醛的土壤污染及降解研究。土壤学报，17(3):217，1980。
- (3) 徐瑞薇等，三氯乙醛对土壤——植物系统的污染研究。环境科学学报，3(1):1，1983。

培 训 信 息

我公司定于1989年3月下旬在南京举办“土壤水分能量测试仪器及其在节水农业研究中的应用”培训班，时间一周。主要讲解适用于田间和实验室的各种类型的负压式土壤湿度计、节水灌溉监测器、土壤吸力测定仪(土壤孔隙测定仪)、饱和和不饱和导水率测定仪、土壤物理(湿度、温度、降水、蒸发、地下水等)参数传感器和田间土壤湿度监测技术的原理及操作法等；并介绍上述仪器在节水型农田灌溉、干旱农业研究、水盐运行、水土保持、水量平衡、田间湿度动态监测以及土壤孔隙研究、排水工程鉴定、耕作研究等方面应用的实例。

培训班还安排学员实验，并有各类土壤物理仪器供应。欲参加培训者，请来函与我公司项思贤、黄玉琴联系。培训班举办的具体时间另行通知。

中国科学院南京土壤研究所科技开发公司
地址：南京市北京东路71号