

塿土中砷污染毒性临界值初探

肖玲 李岗 赵允格

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨陵 712100)

摘 要 塿土中添加不同量砷的春小麦盆栽试验表明, 砷浓度 $<5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 春小麦的生长发育有一定的刺激作用, 生物量和籽粒产量均高于对照; 砷浓度 $>10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 春小麦生长发育受阻, 生物量和籽粒产量随砷浓度的增加而急剧减少; 砷浓度 $>100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 春小麦生长到四叶期死亡。砷在春小麦植株内的累积量随着其浓度增加而显著增大, 其分布是根 $>$ 茎叶 $>$ 籽粒。建议将塿土砷污染毒性临界值初步拟为 $22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

关键词 土壤污染, 塿土, 砷污染

中图分类号 X53

砷是生态环境中主要的污染物质之一。有关不同土壤类型中砷毒性临界值研究为数不少^[1~4], 但对塿土中砷污染的研究尚未见报道。不同类型的土壤对砷的吸附固定、净化能力有很大差异, 因而砷毒性临界值在不同土类中的差别也较大^[3]。本研究旨在探讨塿土中不同浓度砷污染的生物效应和临界含量, 为砷污染研究和防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

塿土采自西北农业大学农一站农田耕层。pH 8.34, 有机质 $14.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $19.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, CaCO_3 $6.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤砷本底值 $12.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。指示作物为春小麦。

1.2 方 法

用盆栽试验, 每盆装过2 mm筛的风干土5 kg。砷添加浓度为0(CK), 5, 10, 50, 100, 150, 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (不包括本底值), 以分析纯 Na_3AsO_4 作砷源; 每盆施N $0.29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土, P_2O_5 $0.15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土作肥底, 与土壤、砷盐混匀装盆, 重复4次; 1995年3月25日播种春小麦, 常规管理并作生育期观察。6月24日收获、考种, 植株样烘干粉碎备用。

1.3 砷的测定

全砷 土样用 H_2SO_4 - HClO_4 消解, 植物样用 HNO_3 - H_2SO_4 消解, 以Ag-DDC比色法测定砷含量。

土壤有效砷 用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 浸提, Ag-DDC比色法测定; 其余项目均用常规方法测定。

2 结果与讨论

2.1 不同浓度砷对春小麦生长发育的影响

试验结果(表1)表明, 砷添加浓度低时($<10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 春小麦出苗、生长、发育与

收稿日期: 1995-09-20

对照无差异,其生长势甚至还较对照略显健壮。说明低浓度砷对春小麦生长发育有一定的促进作用,这与前人研究结果类同^[4,5]。但当砷浓度增加到 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,春小麦出现受害症状,各生育期均推迟 2~6 d,生长势较弱;砷浓度 $>100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,春小麦受害症状更为明显,不仅出苗困难(推迟 6 d),苗子瘦弱,生长缓慢,而且不能完成发育阶段,勉强长到四叶期后相继枯死。

表 1 春小麦生育期记载

日/月

As 添加浓度 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	生育期						
	播种	出苗	三叶期	四叶期	拔节期	抽穗期	成熟期
0	25/3	31/3	10/4	15/4	3/5	10/5	24/6
5	25/3	31/3	10/4	15/4	3/5	10/5	24/6
10	25/3	31/3	10/4	17/4	3/5	10/5	24/6
50	25/3	2/4	14/4	26/4	10/5	15/5	24/6
100	25/3	2/4	14/4	26/4	10/5	枯死	—
150	25/3	6/4	16/4	26/4	10/5	枯死	—
200	25/3	6/4	16/4	26/4	枯死	枯死	—

2.2 不同浓度砷对春小麦植株性状及生物产量的影响

表 2 表明,当砷浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,春小麦的株高、穗长、穗粒数、籽粒重、地上地下部分干物质重均高于对照;当砷浓度为 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,春小麦各项指标均有明显下降,籽粒减产 11.76%;当砷浓度增至 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,各项指标急剧下降,籽粒减产达 70% 左右;当砷浓度 $>100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,春小麦不能完成发育阶段,颗粒无收,生物产量甚少或几乎没有。将春小麦总生物量和籽粒相对产量与土壤砷添加浓度进行相关分析结果表明,二者均与砷添加浓度呈极显著负相关,其相关系数和回归方程分别为 -0.9409^{**} , $Y_{\text{生物量}} = 22.7584 - 0.1738x (r_{0.01} = 0.917)$ 和 -0.9936^{**} , $Y_{\text{相对产量}} = 103.93 - 1.471x (r_{0.01} = 0.990)$ 。根据作物籽粒产量减产 10% 的土壤-作物体系的生物效应来确定砷的单体系统临界值^[2~4],经计算瘠土中砷单体系统临界值为 $21.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。此值低于目前国内南北方土壤砷单体系统临界值研究结果^[3,4]。说明瘠土砷环境容量较小,污染毒性临界浓度较低。

表 2 不同砷浓度下春小麦植株性状及生物产量*

As 添加浓度 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	茎叶干重 (g/盆)	根系干重 (g/盆)	籽粒重 (g/盆)	相对产量 (%)
0	59.2±4.7	11.7±0.5	25±4.5	12.69±0.29	1.76±0.24	9.35±0.84	100.00
5	60.4±1.2	12.0±0.4	27.5±1.0	13.27±1.38	1.87±0.14	9.52±0.48	101.80
10	55.5±1.1	10.9±0.7	21.25±0.39	12.55±2.20	1.55±0.46	8.25±0.60	88.24
50	38.0±5.7	8.1±1.2	11.08±3.2	5.05±0.60	0.62±0.07	2.81±0.1	30.05
100	19.1±1.3	—	—	1.43±0.27	0.24±0.12	—	—
150	14.2±1.3	—	—	0.73±0.35	0.11±0.04	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—

2.3 不同浓度砷对春小麦体内砷累积量的影响

从表 3 看出,砷在春小麦根系、茎叶、籽粒中累积量随添加到土壤中砷浓度的增加而增大,而且主要分布在根系中,茎叶中含量较少,籽粒中最少。经相关分析检验,茎叶、根系

中砷的累积量与土壤砷浓度均呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.9837^{**} 和 0.9956^{**} ($r_{0.01}=0.917$)。籽粒中砷累积量也与土壤中砷浓度呈极显著的正相关, r 为 0.990^{**} ($r_{0.01}=0.990$), 其回归方程为 $Y_{\text{籽粒砷}}=0.1474+0.0305x$ 。通过该方程可计算出当籽粒砷含量达到食品卫生标准 $0.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 砷的添加浓度为 $18.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 加上本底值, 土壤砷的实际浓度应为 $30.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 此时春小麦将减产 22.74%。因此只要土壤中砷浓度不超过以籽粒减产 10% 为依据所确定的临界值 $21.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 则春小麦籽粒中砷的累积量是绝对不会超过食品卫生标准的。

表 3 不同砷浓度下春小麦体内砷的累积量 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

As 添加浓度	茎叶	根系	籽粒	As 添加浓度	茎叶	根系	籽粒
0	0.327	1.518	ND	10	60.71	133.0	1.651
5	2.397	12.28	0.430	100	150.0	202.3	—
10	7.174	21.85	0.490	150	303.4	320.1	—

2.4 土壤有效砷含量与春小麦产量的关系

目前大多数土壤砷毒性临界值研究均以全砷含量表示^[1~4]。由于不同土壤对有毒元素固定、净化能力有很大差异, 因而生物效应亦有差别。对于同种作物而言, 土壤全砷量临界值在不同土壤间差别也就较大。因此选用土壤有效砷含量作为植物的毒性临界值将会更好些^[1]。本实验用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 法对土壤有效砷进行了浸提测定(表 4), 并将其结果与春小麦籽粒产量和相对产量进行了相关分析, 二者之间均呈极显著负相关, 相关系数 $r=-0.990^{**}$ 。通过回归方程 $Y_{\text{相对产量}}=104.11-3.2125x$ 可计算出春小麦减产 10% 时, 土壤有效砷含量为 $4.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。此值可作为确定土壤有效砷临界浓度的参考。

表 4 土壤有效砷的测定结果 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

As 添加浓度	有效砷含量	As 添加浓度	有效砷含量
0	0.681	100	38.38
5	2.799	150	52.38
10	3.472	200	84.76
50	23.04		

参 考 文 献

1 徐从, 苗金燕. 土壤砷毒性临界值的初步研究. 农业环境保护, 1992, 11(2): 80~83
2 土壤环境容量协作组. 中国主要类型土壤 Cd, Pb, Cu 和 As 的主要生态学指标和临界含量. 环境科学, 1991, 12(4): 20~34
3 张毅. 赤红壤、红壤中砷的污染效应临界含量及土壤环境容量研究. 农业环境保护, 1992, 11(6): 256~260
4 李应学, 何宗兰, 霍文瑞等. 农田施用污泥中砷的控制标准研究. 农业环境保护, 1984(1): 1~6
5 刘更另, 陈福兴, 高素端等. 土壤砷对植物生长的影响——南方“砷毒田”的研究. 中国农业科学, 1995(4): 9~16

Toxic Critical Values of Arsenic Pollution in Loess Soil

Xiao Ling Li Gang Zhao Yunge

(Department of Natural Resources and Environment Protection,
Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The pot experiments of spring wheat were carried out with different addition quantities of arsenic to loess soil. The results showed that the arsenic with its concentration less than $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ could stimulate the growth of spring wheat, and the biomass and grain yields were greater than that of the control treatment. When the arsenic concentration was bigger than $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, the growth of spring wheat was inhibited and the biomass and grain yield were sharply decreased with the rise of arsenic concentration. When the concentration higher than $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, spring wheat could grow only to the fourth leaf period and then died. The accumulation of arsenic in spring wheat was significantly increased with the increase of arsenic concentration, whose distribution arranged as that root > stem-leaf >> grain. Therefore, the toxicity critical value of total soil arsenic was suggested to be $22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ for the normal growth of spring wheat.

Key words soil pollution, loess soil, arsenic pollution

欢迎订阅 1997 年《陕西农业科学》

《陕西农业科学》是由陕西省农业科学院主办的综合性农业科技刊物。1992 年被评为中国农学类核心期刊。办刊宗旨：立足本省，面向全国，贯彻“双百”方针，突出旱地农业，提高与普及兼顾，追踪农业科学研究热点，报道最新农业研究成果，提供创新性的实用技术。竭诚为农业科研人员、大专院校师生、各级管理干部、农技推广人员及农村专业户服务。欢迎订阅。

为适应市场经济的需要和满足广大广告客户的需求，本刊将进一步扩大广告经营范围，并以优惠价刊登各类广告。

《陕西农业科学》为双月刊，逢单月 25 日出版，公开发行，定价 2.00，全年 12 元。邮发代号 52—50，全国各地邮局（所）均可订阅。

编辑部邮编及地址：712100 陕西省杨陵镇省农业科学院内