

重金属在小麦作物体中残留特征的田间试验研究

冯绍元, 邵洪波, 黄冠华
(中国农业大学)

摘 要: 研究表明经污水灌溉后重金属铅、砷和镉在小麦植物体中的残留量因部位不同而有差异, 但清水和污水灌溉对其总体残留特征无明显影响。其总的分布趋势是小麦根部的重金属累积量最大, 其次是小麦的茎叶部, 再其次是小麦的穗部, 即小麦植株体内重金属累积量由大到小依次为根> 茎叶> 穗。因此认为根可作为一种屏障使重金属铅、砷和镉难于向上部迁移, 使地上部分免受其害。
关键词: 冬小麦; 污水灌溉; 重金属残留量
中图分类号: S273.5 文献标识码: B 文章编号: 100226819(2002)0420113203

北京市污水灌溉(简称“污灌”)及受污水影响的耕地面积为 80 万 hm^2 , 占北京市耕地面积的 23%, 其中有 70%~80% 受到轻度污染, 5%~10% 受到中度污染^[1]。由于污灌面积的增大, 时间的增长, 污水中污染物对土壤、作物和地下水的污染影响越来越受到人们的普遍关注。污灌农田中, 重金属在根、茎及籽粒中的累积情况, 其残留量是否超过食品卫生标准是人们十分关心的问题。为了进一步研究污水灌溉对冬小麦生长发育、产量和品质的影响, 探讨重金属铅(Pb)、砷(As)和镉(Cd)在小麦体内的残留特征, 在北京市东南郊的污灌农田中进行了田间试验测定。

1 材料与方法

1.1 试验布置

小区试验于 2001 年在北京市通州区永乐店北京市水利科学研究所节水试验基地进行。该试验站位于北京东南部, 北纬 40°; 东经 120°; 海拔高程为 11 m, 属华北平原地区, 多年平均降雨量 598 mm, 主要集中在夏季, 春季干旱少雨, 年内分配不均。试验考虑 3 个因素: 水质、水量和施肥量(详见表 1)。

表 1 试验因素、水平表

Table 1 Experimental factors and levels			
因 素	水 平		
	1	2	3
A (水质)	清水	污水	
B (水量)	高	中	低
C (肥量)		中	无

收稿日期: 2002204222
基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目“首都北京及周边地区大气、水、土壤污染机理与调控原理”(G19990457)
作者简介: 冯绍元, 院长, 教授, 博士, CSAE 高级会员, 北京清华大学 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083

本试验中清水用未受污染的井水, 清水有 3 个处理, 即高水中肥、中水中肥和低水中肥; 污水用污水厂排放污水, 其成分见表 2, 满足灌溉水质标准。本次试验污水灌溉之前, 表层土壤(0~40 cm)重金属的含量详见表 3。污水灌溉共有 6 个处理, 分别为: 高水中肥、高水无肥、中水中肥、中水无肥、低水中肥和低水无肥。清水和污水共 9 个处理, 每个处理 2 组重复, 共 18 个小区, 每个小区面积为 2 m × 3 m。为了防止水分在小区间水平方向上的交换, 小区间用 1 m 深的土工膜隔开。小区土壤上层为粗砂壤土, 下层为细砂壤土, 在 70~110 cm 处有一粘土层。田间试验各小区灌水量详见表 4。

表 2 污水成分分析表

Table 2 Composition of sewage water $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$					
分析编号	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	As	Pb
原液(1)	180	0.1	1.5	0.009	< 0.005
原液(2)	178	27.5	1.6	0.003	< 0.005

表 3 表层土壤(0~40 cm)中重金属的含量

Table 3 The content of heavy metal in the surface soil(0~40 cm) $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$			
项目	As	Pb	Cd
含量	0.003	< 0.005	未检出

表 4 冬小麦灌水量

Table 4 Irrigation quota for winter wheat $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$		
生育阶段	拔节期	其它生育阶段
高水	975	825
中水	750	600
低水	525	375

注: 1. 清水使用井水, 污水使用凉水河污水。灌水日期分别为: 返青水 3 月 25 日, 拔节水 4 月 20 日, 孕穗水 5 月 5 日, 灌浆水 5 月 20 日。
2. 4 月 17 日施尿素, 中肥按 180 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ (合 300 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); 全生育期其它管理措施相同。

1 2 试验观测

1 2 1 观测项目

在小麦越冬前、越冬期、返青、拔节期观测小麦生长发育状况,成熟后测产,考种。此外还测定各个小区的水分,土壤溶液成分和水势。

1 2 2 观测要求

小麦生长要素观测每 10 d 一次;土壤水分观测每 5 d 一次,灌水和降雨后加测一次,采用中子仪测定;土壤水势的测定每天观测一次,采用负压计读数法;在每次灌水稳定后测定土壤溶液的成分,土壤溶液的提取用土壤溶液提取计。

2 结果与分析

本文着重分析污水灌溉中重金属在冬小麦作物体中的残留量。在以下分析中,所用的数据为各处理的均值。

2 1 铅在作物体中的残留

铅是对人类有毒的重金属元素之一,对幼苗生长也有明显的抑制作用。铅对幼苗生长的影响至少有 2 个原因:抑制了根的生长,从而抑制了对营养的吸收;使叶绿素含量减少,光合作用受阻,以致产量下降^[2]。因此研究铅在小麦作物体内的残留是非常有意义的。

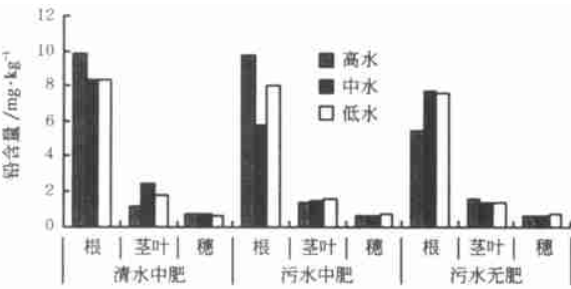


图 1 铅在小麦作物体中的残留

Fig 1 The residue of Pb in wheat crop

由实测资料(图 1)可知,总的来看,小麦根部铅含量平均值为 7.87 mg/kg,茎叶部铅含量平均值为 1.57 mg/kg,穗部(籽粒)铅含量平均值为 0.65 mg/kg。根部铅含量是茎叶部铅含量的 5 倍,是穗部铅含量的 12 倍;而且茎叶部铅含量是穗部铅含量的 2.4 倍。小麦根对铅的吸收量最大,其次为茎,再其次为穗,即根>茎叶>穗。这种地上部分铅的浓度远低于根的情况已为许多研究所证实。因此认为根可作为一种屏障使铅难于向上部分迁移,使地上部分免受其害^[3]。

2 2 砷(A s)在作物体中的残留

由实测资料(图 2)可知,总的来看,小麦根部砷含量平均值为 4.50 mg/kg,茎叶部砷含量平均值为

0.71 mg/kg,穗部砷含量平均值为 0.24 mg/kg。根部砷含量是茎叶部砷含量的 6.3 倍,是穗部砷含量的 18.8 倍;而且茎叶部砷含量是穗部砷含量的 3 倍。小麦根对砷的吸收量最大,其次为茎,再其次为穗,即根>茎叶>穗。清水处理中,小麦穗部 A s 含量平均为 0.23 mg/kg,而污水各处理中 A s 含量平均值 0.24 mg/kg,两者无显著差异。根据国家粮食卫生标准,粮食中 A s 含量(以原粮计) 0.7 mg/kg (GB 2715281),在本次试验各处理中穗部 A s 含量均小于 0.7 mg/kg,符合国家粮食卫生标准。砷对小麦毒害的可见症状表现为:植株矮化,茎叶深绿,抽穗期和成熟期推迟等症状^[4]。这一结论刚好被本次试验验证。

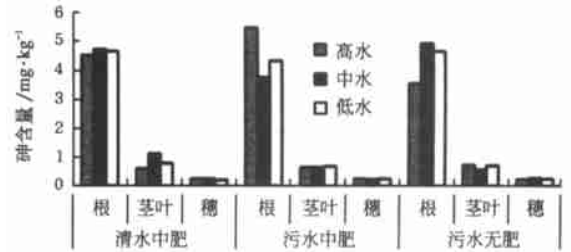


图 2 砷在小麦作物体中的残留量

Fig 2 The residue of A s in wheat crop

2 3 镉(Cd)在作物体中的残留

联合国粮农组织和世界卫生组织 (FAO WHO) 曾议定每人每周所摄取的 Cd 量为 0.4~0.5 mg 为可忍受的最大浓度。这议定意味着对食品中 Cd 含量的限制十分严格,因为其“本底”水平约为上述限量的一半(0.2~0.25 mg/周),而世界上大多数人每天摄取的 Cd 量为 25~75 Lg^[4]。人体中 Cd 的累积主要来自于食品链,而食品生产与土壤有着十分密切的关系。虽然 Cd 能通过叶片的直接吸收而进入植物体,但土壤是植物体中 Cd 的主要来源。对土壤来说,植物体中 Cd 的含量主要被 pH、温度、有机质含量、氧化还原电位、阳离子交换容量 (CEC)、矿物成分和类型等制约。由实测资料(图 3)可知,总的来看,小麦根部镉含量平均值为 0.14 mg/kg,茎叶部镉含量平均值为 0.068 mg/kg,穗部

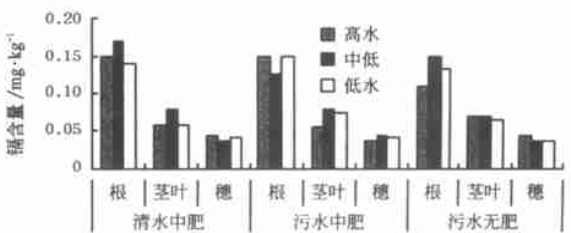


图 3 镉在小麦作物体中的残留量

Fig 3 The residue of Cd in wheat crop

镉含量平均值为 0.04 mg/kg。根部镉含量是茎叶部镉含量的 2.1 倍, 是穗部镉含量的 3.5 倍; 而且茎叶部镉含量是穗部镉含量的 1.7 倍。小麦根对镉的吸收量最大, 其次为茎, 再其次为穗, 即根> 茎叶> 穗。清水处理中, 小麦穗部 Cd 含量平均为 0.04 mg/kg, 而污水各处理中 Cd 含量平均为 0.0396 mg/kg, 两者无显著差异。根据国家粮食卫生标准, 粮食中 Cd 含量(以原粮计)0.1 mg/kg (GB138284)。在本次试验各个处理中, 小麦穗部 Cd 含量均小于 0.1 mg/kg, 符合国家粮食卫生标准。

3 结 论

重金属铅、砷和镉在小麦植物体中的残留量因部位不同而有差异。其总的分布趋势是小麦根部的重金属累积量最大, 其次是小麦的茎叶部, 再其次是小麦的穗部, 即根> 茎叶> 穗。这种地上部分铅的浓度远低于根的情况已为许多研究所证实。因此认为根作为一种屏障使铅难于向上部分迁移, 使地上部分免受其害。

由试验结果(图 1~ 图 3)可知, 清水和污水灌溉条件下, 小麦作物体内重金属残留的总体特征是一致的, 表明污水灌溉对小麦体内重金属的残留影

响不显著, 同时小麦穗部重金属的含量均未超过国家粮食卫生标准。虽然污水原液和表层土壤中 Cd 的含量均未检出, 但小麦体内各部位均检出了重金属 Cd, 表明植物在吸收土壤溶液的过程, 对重金属具有较强富集作用。

土壤中砷和铅含量在试验前与试验后(小麦一季)比较, 含量有一定的增加, 但增加量及增加规律不明显。其原因主要是: (1) 重金属在土壤中分布的影响因素非常复杂; (2) 重金属的累积过程是一个长期的行为, 在短期内很难发现其规律。

[参 考 文 献]

[1] 董克虞, 杨春惠, 林春野等. 北京市污水农业利用区划的研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 51~125.
[2] 陈怀满, 陈能场, 陈英旭等. 土壤- 植物系统中的重金属污染[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
[3] 杨景辉. 土壤污染与防治[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 167~181.
[4] Koeppel D E. Lead: Understanding the minimal toxic of lead in plants [A]. In Effect of Heavy Metal Pollution on Plants[M]. (ed by L W Lepp), App Sci Pub London and New Jersey, 1981, 1: 55~75.

Field Experimental Study on the Residue of Heavy Metal in Wheat Crop

Feng Shaoyuan, Shao Hongbo, Huang Guanhua

(College of Hydraulic & Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The residual quantity of heavy metal such as Lead, Arsenic and Cadmium, varies greatly with different parts of the crop, which is highest in root, middle in stalk and leaves, and lowest in spike. The residue of heavy metal in wheat crop is not affected by sewage irrigation or fresh water irrigation. So it is considered that root which acts as a sort of barrier retards the upwards transport of heavy metal such as Lead, Arsenic and Cadmium, and protects the above ground parts of the crop from toxication. Heavy metal concentration in the spike of wheat crop meets the National Food Sanitation Standard.

Key words: winter wheat crop; sewage irrigation; residual quantity of heavy metal