

北京市东南郊污灌区土壤环境重金属污染现状及防治对策

朱桂珍

(北京市环境保护监测中心, 北京 100044)

摘要: 通过对北京市东南郊污灌区土壤的现状监测与农业生产活动的调查, 分析了东南郊污灌区土壤的环境质量状况, 与 70 年代末期的数据进行比较, 研究了该地区 30 年来土壤环境质量变化趋势, 并提出土壤污染防治对策。

关键词: 北京市; 土壤; 污灌; 重金属污染; 防治对策

中图分类号: X53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)03 – 0164 – 03

Pollution of Heavy Metals on Soils in East – South Area of Beijing and Its Remediation

ZHU Gui-zhen

(Beijing Municipal Environmental Protection Monitoring Center, Beijing 100044)

Abstract: Environmental quality in the east – south area of Beijing has been evaluated by the analyzing soil data and comparing with the data obtained from 1970s’. It has been found out that environmental trend for the region was clarified and further some remediation was proposed.

Keywords: east – south area of Beijing; soil; pollution of heavy metals; remediation

本文通过对北京市东南郊污灌区土壤现状监测与农业生产活动的调查, 并与 70 年代末期的情况进行比较, 得出土壤中重金属含量变化情况, 为环保管理提供科学依据, 以期促进农业生态环境的保护。

1 基本生态环境概况

北京市地处华北大平原的西北边缘, 其中山地面积约占三分之二, 平原占三分之一; 属于半湿润大陆性季风气候, 冬季寒冷干旱, 夏季高温多雨, 年平均降水量在 600 mm 左右, 年际之间变化大, 降水量主要集中在 7、8、9 月, 年蒸发量大于降水量, 东南郊污灌区位于北京城区及东南郊工业区的下游, 处在由多条河流冲洪积作用而形成的冲积扇平原上, 地势平坦, 土层深厚, 土壤类型为潮土, 土壤肥沃, 适合农作物的生长。但该区降水量不足, 地表水缺乏, 不能满足农作物的生长需要。为保证农业生产, 几十年来一直引用承接北京市生活污水和生产废水的通惠河、凉水河或高碑店污水处理厂的排水进行灌溉。污灌农田分布在通惠河以南和凉水河两岸, 行政归属朝阳、通州和大兴县的十余个乡镇。随着城市化的进一步发展, 部分原先处于污灌区的农田已改作他用, 但到目前为止,

大田面积仍有 2.7 万 hm^2 。

2 水资源利用情况

东南郊属于水资源紧张地区, 地下水位达 100 m 以上, 并有逐年递增的趋势。由于水资源缺乏, 虽然一直在推行清灌工程, 但在北京市的东南郊依然有部分农田使用污水或清污混合进行灌溉, 污灌历史约 40 年。灌区内农田主要用通惠河、凉水河的水经通惠北干渠、东南郊干渠、大稿沟和肖太后河等河道进行灌溉。这些河道每年大部分时间都是干枯的, 只有在需要浇地开闸放水时才有水。有些地区用地下水补充水的不足。长期污灌使该区农业环境受到一定程度的污染, 农业受害现象时有发生。

目前在东南郊污灌区的种植方式为小麦、玉米和小麦、水稻轮作方式。小麦在生长期一般浇两次水, 主要在越冬前和返青时进行; 地表水的使用量约占总使用量的三分之二, 地下水的使用量占三分之一, 年浇灌水总量约为 $2\,250\,\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

灌区内的水稻主要采用清污混灌, 污水泡地, 育苗时用清水; 水稻在生长生育期共浇水 3 次左右, 用污水泡地约 $2\,250\,\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 生长过程中补水约 2 次, 每次约 $750\,\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 主要使用机井水, 总使用水量约 $3\,750\,\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

3 农业灌溉水质情况

本区灌溉地表水中,凉水河有部分河段超过《地表水环境质量标准》(GB3838-88)中Ⅴ类水体标准值。但各项指标未超过《农田灌溉水质标准》(GB5084-92)。

4 土壤环境质量评价方法与评价标准

4.1 评价方法

土壤质量采用监测值与相应标准值直接对比的方法进行评价。

4.2 土壤评价标准

土壤重金属含量评价,执行国家《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中二级标准限值(土壤 pH>7.5),见表 1。

5 污灌区环境质量状况评述

表 2 污灌区土壤中重金属元素含量监测结果(mg·kg⁻¹)

Table 2 Contents of heavy metals in the soils irrigated by sewage(mg·kg⁻¹)

监测点	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Hg	As
范围值	19.1—69.4	14.4—80.4	55.7—327	0.015—0.433	19.1—36.4	49.6—99.2	0.139—3.81	4.90—10.7
平均值	34.6	43.8	121	0.171	26.0	61.1	0.571	7.02
超标率%	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0

壤中各项重金属平均含量低于《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中二级标准限值(土壤 pH>7.5)。但个别点的土壤中 Hg、Zn 已有超标现象。Zn 超标率为 6.7%,Hg 超标率为 10%。

6 污灌区环境质量差异分析

6.1 不同区县间土壤重金属含量的差异分析

东南郊污灌区内朝阳、通州和大兴 3 个区县间土壤中各项重金属含量经显著性检验($P < 0.05$),无明显差异。但朝阳区的 Cu、Pb、Zn 元素含量相对较高,大兴县的 Cd、Hg 含量相对较高,结果见表 3。

6.2 水旱田土壤中各金属元素含量差异分析

由于本灌区农作采用水旱轮作制和清污混灌,本次监测旱田土壤和水田土壤中重金属含量经 $t(\alpha = 0.05)$ 检验大多数无明显差异,但 Cd、Zn 含量有明显差异,旱田土壤明显高于水田土壤,其原因待查,见表 4。

6.3 不同污灌区域之间各金属元素含量差异分析

根据灌溉水源进行区域划分,由监测结果可知,通惠河污灌区域与凉水河周边污灌区域农田土壤中各重金属元素含量经 $t(\alpha = 0.05)$ 检验无明显差异,结果见表 5。

表 1 二级标准限值(mg·kg⁻¹)

Table 1 The second class standardized limited value(mg·kg⁻¹)

污染物名称	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Hg	As
标准值	100	350	300	0.60	60	350 水田 250 旱地	1.0	20 水田 25 旱地

在污水灌溉的情况下,污水中所含的重金属元素在田间迁移过程中因土壤的吸附等作用而留存于土壤中,发生较强的富集作用,使局部含量增高,并由于污水灌溉的方式和土壤质地、地形等原因而形成小尺度空间分异^[1]。为了解多年污灌后污灌区土壤环境状况,在污灌区内网状设置 30 个监测点。按多点混合采样法在小麦、玉米、水稻地中采取耕层土壤(0—20 cm)样品各 16 个、9 个、5 个,各点代表面积在 10 km² 左右。监测项目为 Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、Cr、Hg、As。监测和分析结果列于表 2。

由表 2 可以得出,本次监测东南郊污灌区农田土

表 3 区域土壤各元素含量差异

Table 3 Comparison of various elements in soils from different regions

区县	样品个数	元素	范围值/mg·kg ⁻¹	平均值/mg·kg ⁻¹	标准差
朝阳	8	Cu	26.5-69.4	45.8	14.6
		Pb	33.5-80.4	58.0	15.7
		Zn	55.7-327	157	93.3
		Cd	0.064-0.319	0.170	0.099
		Ni	19.4-30.8	24.5	3.89
		Cr	49.6-64.2	58.7	4.71
		Hg	0.252-2.56	0.875	0.733
通州	18	As	5.94-8.25	6.77	0.87
		Cu	19.1-49.9	31.5	9.35
		Pb	17.4-69.4	39.5	18.3
		Zn	65.8-302	106	55.2
		Cd	0.017-0.433	0.163	0.116
		Ni	19.1-36.4	26.5	5.26
		Cr	53.4-99.2	62.4	10.2
大兴	4	Hg	0.139-0.551	0.293	0.152
		As	5.29-10.7	7.54	1.59
		Cu	19.1-34.5	26.1	6.97
		Pb	22.4-45.4	34.8	11.9
		Zn	100-130	118	14.0
		Cd	0.117-0.318	0.210	0.082
		Ni	20.6-29.5	24.9	3.89
		Cr	54.4-66.2	60.0	4.84
		Hg	0.215-3.81	1.20	1.74
		As	4.90-5.84	5.23	0.42

表 4 水旱田土壤各元素含量差异					
Table 4 Difference of various elements in the soils					
from paddy and glebe soils					
类别	样品个数	元素	范围值 /mg · kg ⁻¹	平均值 /mg · kg ⁻¹	标准差
旱田	21	Cu	19. 1—58. 4	31. 9	11. 5
		Pb	14. 4—71. 8	40. 6	18. 3
		Zn	56. 3—327	135	74. 2
		Cd	0. 064—0. 433	0. 211	0. 099
		Ni	20. 6—36. 3	26. 2	4. 10
		Cr	53. 4—99. 2	61. 4	9. 33
水田	9	Hg	0. 210—3. 81	0. 683	0. 889
		As	4. 90—10. 7	6. 69	1. 49
		Cu	26. 5—69. 4	40. 9	13. 5
		Pb	17. 4—80. 4	51. 4	18. 3
		Zn	55. 7—108	88. 0	21. 0
		Cd	0. 017—0. 127	0. 077	0. 043
		Ni	19. 1—36. 4	25. 4	6. 04
		Cr	49. 6—67. 6	59. 4	5. 68
		Hg	0. 139—0. 709	0. 311	0. 182
		As	5. 09—9. 81	7. 78	1. 37

表 5 各不同灌溉水源土壤元素含量差异(mg · kg ⁻¹)										
Table5 Difference of various elements in the soils irrigated by different water(mg · kg ⁻¹)										
污灌区域	样品个数	项目	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Hg	As
通惠河灌区	17	平均值	37. 6	48. 4	121	0. 159	25. 8	58. 6	0. 586	7. 29
		范围值	20. 5—69. 4	14. 4—80. 4	55. 7—327	0. 017—0. 319	19. 1—36. 3	49. 6—65. 6	0. 139—2. 56	5. 15—10. 7
		标准差	14. 0	20. 4	70. 0	0. 095	4. 63	4. 24	0. 58	1. 38
凉水河两岸	13	平均值	30. 7	37. 9	122	0. 187	26. 2	64. 4	0. 552	6. 65
		范围值	19. 1—49. 9	19. 6—62. 7	65. 8—302	0. 015—0. 433	20. 6—36. 4	54. 4—99. 2	0. 153—3. 81	4. 90—9. 80
		标准差	9. 61	14. 9	61. 1	0. 121	4. 90	11. 4	0. 984	1. 66

表 6 土壤中重金属含量变化情况(mg · kg ⁻¹)										
Table 6 Dynamic of heavy metals in soils(mg · kg ⁻¹)										
灌区	年份	类别	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Hg	As
通惠河灌区	70 年代末	平均值	49. 2	40. 4	112	0. 159	—	66. 2	0. 649	8. 33
		范围值	21. 0—105	16. 9—87. 0	47. 5—350	0. 029—2. 05	—	50. 0—138	0. 063—4. 55	4. 90—13. 0
	1999 年	平均值	37. 6	48. 4	121	0. 159	25. 8	58. 6	0. 586	7. 29
		范围值	20. 5—69. 4	14. 4—80. 4	55. 7—327	0. 017—0. 319	19. 1—36. 3	49. 6—65. 6	0. 139—2. 56	5. 15—10. 7
凉水河两岸	70 年代末	变化情况	下降	增高	无变化	下降	—	下降	下降	下降
		平均值	31. 3	32. 3	68. 6	0. 069	—	63. 1	0. 235	8. 4
	1999 年	范围值	21—39. 0	22—41. 0	47. 5—80. 0	0. 035—0. 107	—	52. 5—72. 5	0. 143—0. 398	5. 9—10. 5
		平均值	30. 7	37. 9	122	0. 187	26. 2	64. 4	0. 552	6. 65
		范围值	19. 1—49. 9	19. 6—62. 7	65. 8—302	0. 015—0. 433	20. 6—36. 4	54. 4—99. 2	0. 153—3. 81	4. 90—9. 80
		变化情况	无变化	增高	增高	增高	—	增高	增高	下降

说明土壤对重金属污染仍有一定的环境容量^[2],但个别点位的 Hg、Zn 已超过标准,因此,污水灌溉对土壤的污染已不容忽视。

8.2 与 70 年代末的监测结果相比,通惠河、凉水河灌区土壤中重金属含量的 Pb 略有上升,凉水河灌区的 Zn、Cd、Hg 增高明显,土壤中其它重金属含量变化不大,都略有上升或下降;由此可见,继水、气之后,土壤

7 污灌区土壤与作物环境质量变化趋势

70 年代末期,东南郊污灌区调查协作组曾经对东南郊污灌区的土壤和作物进行过监测,到 1999 年已经过去 20 多年了。虽然此次采样监测在采样点位、实验室条件和分析方法上与过去有一定的差异,但仍可以通过土壤和作物中各项重金属含量的监测结果比较看出该地区 20 多年来的变化情况。见表 6。

与 70 年代末相比,通惠河、凉水河灌区土壤的 Pb 略有上升,凉水河灌区的 Zn、Cd、Hg 含量明显增高,土壤中其它重金属含量变化不大。

8 结果与讨论

8.1 1999 年对东南郊污灌区的农田土壤中重金属含量监测结果表明,虽然污灌历史已达 40 年,但农田土壤中各项重金属含量普遍低于国家《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)中二级标准限值(土壤 pH> 7.5),

的污染防治也应提到议事日程上来。

8.3 从对土壤环境质量的差异分析得知,污灌区内朝阳、通州和大兴 3 个区县间、通惠河污灌区域与凉水河周边污灌区农田土壤中各种重金属元素含量均无明显差异,但旱田土壤和水田土壤中 Cd 和 Zn 含量有明显差异,旱田土壤高于水田土壤。

(下转第 182 页)