

石家庄污灌区土壤中 As 元素分布特征

宋泽峰 栾文楼 吕科建 崔邢涛 李随民

(石家庄经济学院, 河北 石家庄 050031)

摘要:根据石家庄污灌区土壤的平面和垂直剖面土壤样品中 As 含量数据, 制作了 As 分布图, 总结当地 As 元素分布特征。结果表明: 石家庄污灌区内表层和深层土壤中 As 的分布都受到强烈的外源影响; 表层 As 的分布受到污水排放源位置的控制, 深层土壤也接纳了从上层向下迁移的外源 As, 在表层和深层都形成了若干高值区, 各高值区具有独立成因; 垂向分布上 As 主要富集在深部粘土层。

关键词: As; 分布; 石家庄; 污灌; 土壤

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)01-0204-08

污水灌溉是人们有意识、有目的地利用土壤环境自净功能, 解决水资源缺乏和污水资源化的重要应用工程措施。据全国第二次污水灌区环境质量状况普查统计(基准年为 1995 年), 目前中国利用污水灌溉的农田面积为 361.84 万 hm^2 , 占中国总灌溉面积的 7.33%, 占地表水灌溉面积的 10%, 该面积比 20 世纪 80 年代初第一次污灌普查时的 140 万 hm^2 增加了 1.6 倍。污灌面积中, 直接引用工业及城市地下水进行污水灌溉的面积为 51.2 万 hm^2 , 使用超过农灌水质标准水体灌溉的面积为 310.7 万 hm^2 [1]。污水灌溉的发展, 在一定程度上缓解了水资源的短缺, 污水灌溉中的水肥资源得到了充分利用, 但长期污灌容易引起污染物的累积, 尤其是重金属, 当其积累量超过土壤的环境容量时, 可通过食物链对人类健康造成潜在威胁 [2-4]。国内外已有研究表明 [5-10], 如果长期使用未经处理的污水进行农田灌溉, 使污水中的重金属元素在土壤中持续积累, 可能会导致土壤重金属污染。土壤污染进而造成农作物中重金属累积污染, 长期食用受污染的农作物则会对人体的健康造成威胁, 农田土壤重金属污染已经成为社会热点之一 [11]。

石家庄污水灌溉区是中国污灌历史较长的污灌区之一, 当地利用污水进行农田灌溉始于 1950 年, 至今已有 50 多年的污灌历史。污水主要来源于石家庄市、栾城县、赵县城镇生活工业混合污水、栾城县窦姬工业区污水、县城医药基地污水以及石家庄市炼油厂污水等, 污水类型为城市工业和生活混合污水。长期污灌已使土壤性质发生了较大变化。因此, 开展石家庄污灌区土壤环境质量的生态地球化学评价, 对污灌区土壤重金属的污染进行评价与研究具有重要意义。本文是在石家庄地区多目标区域地球化学调查基础上, 以石家庄污灌区为研究对象, 对污灌区土壤中重金属元素 As 含量分布规律、形态特征等进行研究, 以期在当地土壤环境质量评价以及农业规划、环境治理等提供科学的地球化学资料和依据。

1 研究区概况

石家庄污灌区地处河北省中南部, 位于东经 $113^{\circ}30' \sim 115^{\circ}20'$, 北纬 $37^{\circ}27' \sim 38^{\circ}47'$ 。处于太行山东麓山前平原的滹沱河冲积扇, 地形平缓, 由西北向东

收稿日期: 2010-04-15; 改回日期: 2010-09-08

基金项目: 河北省政府与中国地质调查局合作项目河北省农业地质调查(200414200007)、河北省社科联大型调研活动课题(200901050)及石家庄经济学院科研计划项目(XN0906)资助。

作者简介: 宋泽峰, 男, 1980 年生, 助理研究员, 从事环境地球化学研究; E-mail: songzefeng@sina.com。

南倾斜,地面高程为 45~66 m。属华北暖温带半湿润地区,受大陆性季风气候影响。年平均气温 12.2℃,多年平均降水量 493 mm。气候总特征为:气候温和,光照充足,降水适中,四季分明,春季干燥多风,夏季炎热多雨,秋季凉爽多雾,冬季寒冷少雪,寒暑悬殊,雨量集中,干湿期明显,夏冬季长,春秋季短。

当地土壤发育于洪积、冲积扇的黄土母质上,由于所处暖温带半湿润气候条件和山前平原地形和人文条件的影响,自然土壤属褐土和草甸褐土在长期耕作影响下,逐渐演变为农业土壤。根据《河北省土壤图集》^[12],本区区内土壤类型主要为潮褐土和石灰性褐土。潮褐土的 pH 为 7.9,有机质含量为 0.9%~1.98%,石灰性褐土的 pH 为 7.5~8.5。区内土壤的有机质和氮素含量中等偏缺,磷素含量相当缺乏,钾元素含量比较丰富。农作物以玉米和冬小麦为主。

2 样品与方法

文中浅层和深层土壤样品数据来源于由河北省

地质调查院开展的多目标区域地球化学调查。根据中国地质调查局《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》(DD2005-01)^[13]要求,分别采集表层土壤和深层土壤样品。表层样品取样深度为 0~20 cm,采样密度为 1 件样品/km²;深层土壤样品采样深度为 180~200 cm,采样密度为 1 件样品/4 km²。上述样品每 4 件混合成 1 个分析样,污灌区范围内共有表层分析样 61 件,深层土壤分析样 21 件。

垂直剖面样品由石家庄经济学院采集。选取东明渠——洨河段上、中、下游 3 组剖面,在其东西两岸每隔 500 m 设置 1 个土壤采样点,其中上游剖面(Ⅰ)13 个采样点,中游剖面(Ⅱ)15 个采样点、下游剖面(Ⅲ)6 个采样点。土壤样品采集深度为 0~200 cm,每 20 cm 土层合成 1 件土壤样品,共采集样品 340 件。

土壤样品采集 1 kg 左右,装在干净的布袋中贴好标签,进行自然风干。样品过筛前用木槌轻轻敲打,以便使土壤样品保持自然粒级状态。样品用尼龙

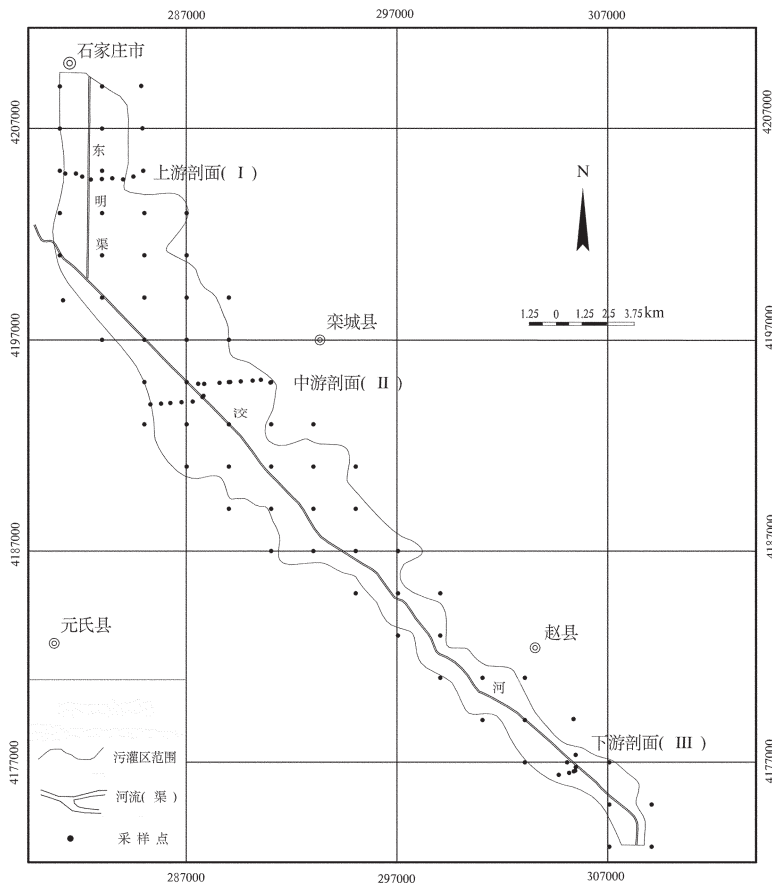


图 1 石家庄污灌区样点分布图

Fig.1 Distribution of soils in sewage-irrigation areas of Shijiazhuang City

筛,截取小于 0.8 mm(20 目)粒级组分 500 g,装瓶。

土壤样品中重金属全量和形态的具体分析由国土资源部保定矿产资源监督检测中心承担,质量监控严格按照《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》(DD2005-01)《和生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)》(DD2005-03)进行。样品采用硫酸和硝酸消解后利用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法测定 As 元素全量。测定过程由空白样和加标回收样进行质量控制。

运用 MapGIS 软件分别制作污灌区 As 在表层和深层土壤中含量的空间分布图,元素含量分级标准参照地球化学勘探圈定异常的方法,分为显著高值区、明显高值区、平均值区和低值区 4 个区域;剖面样品数据则以采样深度为纵坐标,以采样点距离灌渠距离为横坐标,运用 Surfur8.0 软件制作 As 在 3 个剖面上的含量分布图。

3 结果与分析

3.1 As 含量的参数

2004 年孟凡乔等^[14]所测该污灌区的表层土壤含量 As 含量为 7.32~8.04 mg/kg,笔者对污灌区土壤 As 含量统计分析结果数据(表 1)高于上述数值,说明当地土壤确实存在 As 元素累积。在经过了数十年污灌后,研究区内深层和表层土壤中 As 的含量平均值仍低于河北省 As 元素背景值 12.1 mg/kg^[15],说明当地土壤中 As 含量本底值很低。区内表层、深层土壤是在同一地貌单元、统一成土母质基础上发育形成的,元素含量特征本应一致,但是受到污灌、农业耕作等因素影响,As 含量在表层和深层土壤中出现差异,尤其是表层土壤中 As 含量平均值为 9.7 mg/kg,而深层土壤则达到 10.8 mg/kg,表层 As 含量低于深层土壤。另外,由于表层土壤更直接接纳外界物质,尤其是城市工业、生活污水等酸性物质,受外界影响更大,使得表层土壤 pH 降低,并且变异系数大于深层。

有学者提出酸性物质能加大 As 的活性,例如西南地区紫色土区,土壤 pH 每降低 1 个单位,As 的活度系数就提高 1.2 倍^[16]。而蒋建清等^[17]通过模拟酸雨实验指出,As 的迁移只有在弱酸性酸雨条件下才有所增加,增加酸度反而会抑制 As 的迁移。

目前学术界较为一致的看法是,pH 升高利于土壤中 As 的解吸,提高土壤中 As 的溶解性,使得

表 1 污灌区 As 含量基本统计

Table 1 Basic statistics of As concentrations in sewage-irrigation areas

项目	表层土壤	深层土壤样
样本数	63	21
含量范围 mg/kg	7.8~16.3	9.3~14.3
平均值 mg/kg	9.7	10.8
中值 mg/kg	6.6	10.5
标准差 mg/kg	1.13	1.25
变异系数%	11.70	11.54
土壤 pH 值	7.99	8.47
全国土壤元素背景值	12.1	

As 更利于迁移活动。这是因为随着 pH 的升高,土壤胶体上正电荷减少,因此对 As 的吸附量降低,可溶性 As 的含量增高。本研究区内深层中 As 含量与 pH 均高于浅层,可见当地 As 在垂向上的分布特征与 pH 相关性较弱。原因可能是当地土壤 pH 普遍较高,其变化范围很小,使得土壤 pH 略微下降虽对 As 的吸附与解吸虽可能产生一定影响,但不构成主导因素。相应的,在 pH 作为次要因素之后,土壤粘性对于元素吸附性的影响凸显为 As 分布的控制因素。因此土壤垂向上的土壤类型变化成为影响 As 垂直分布的最主要因素。

3.2 As 在土壤中的平面分布

表层土壤 As 分布图(图 2)显示,As 元素在污灌区表层土壤内多为平均值区。但自洺河上游向下依次形成 4 个明显高值区和 1 个显著高值区。值得注意的是,东明渠在石家庄入口处的 As 含量较低,在与洺河交口却形成了一个 As 高值区。这有可能是东明渠道道较窄水流较急,至洺河河道变宽流速变缓,使得污染物在此沉积,形成一个大面积的高值区域。另外,在邻近栾城县城和赵县县城的区域均形成了不同程度的高值富集区。尤其是赵县县城附近,在偏向县城的一侧河岸农田形成了显著高值区,可能是赵县县城排放污染物所致。栾文楼等^[18]分析了本研究区表层土壤剖面样品的重金属元素形态,认为表层土壤 As 主要为残渣态,有效态比例小于 1%,且表层 As 富集程度很低,因此表层土壤 As 对环境及生态系统基本上没有危害。

As 元素在深层土壤中的含量高于表层土壤,因此相应的各级含量区域划分标准也都高于表层土

壤。深层土壤的 As 元素不仅在含量统计值高于表层土壤,而且高含量区的分布面积也远大于浅层土壤。从深层地球化学分布图(图 3)可以看出深层土壤分布有 2 个 As 高值区。尤其是在洺河中下游,沿着河流走向,呈现出一个条带状的大面积 As 含量明显高值区。同时也应注意到在东明渠入口处、栾城县附近以及污灌区出口位置存在 As 的低值区。

综合表层与深层的 As 地球化学分布图,可以看出在东明渠—洺河流域中 As 的分布在空间上有着不同的特点:

(1) 在石家庄至栾城县城之间流域,深层与表层土壤 As 的低值区与高值区分布位置大体一致。由于当地表层 As 明显受到外界排放的强烈影响,可以初步证实此处深层土壤 As 含量受表层元素向下迁移的影响,不再保持原始的土壤元素分布状态。

(2) 栾城县城至洺河下游区域的土壤,表层与深层的 As 分布不尽一致。主要表现为:表层以平均值区为主,沿洺河分布规模若干较小的高值区;深层沿洺河形成大片连续的高值区。这可能是因为洺河两岸土壤灌溉历史久,表层土壤经历多次水淹。水淹会

使土壤 Eh 剧烈下降,可溶性 As 升高^[9],从而减少了表层 As 的含量。而该区域的深层土壤 As 含量多为 11.5~13.3,与河北省土壤 As 背景值较为接近,可以认为洺河下游深层土壤受外界扰动较小,保持了成土的自然状态。

(3) 污灌区内无论是深层还是表层,高值区和低值区交替分布。说明表层土壤的 As 高值区的出现具有独立成因,各高值区之间没有继承或因果关系。

3.3 As 在土壤中的垂向分布

As 的垂向分布图(图 4)显示:上游剖面,东明渠西岸 As 元素在各横向位置上含量表层至深层差异不大,但自渠道向西含量逐渐增高,并在西岸 2.5 km,地表之下 1 m 处达到最高值 16.4 mg/kg。东岸深层 As 含量自上而下逐渐升。主要富集区域在 500~2500 m 处深层,最高值位于 1500 m 位置的 1.6 m 深处,为 15.6 mg/kg。

中游 As 在垂向剖面呈现较明显的 3 个高值区域。分别在西岸 500~2000 m 深层,东岸 0~500 m 中层,以及东岸 1000~3000 m 区域。As 的最高值和次高值都出现在西岸 1050 m,分别是地表下 160 cm

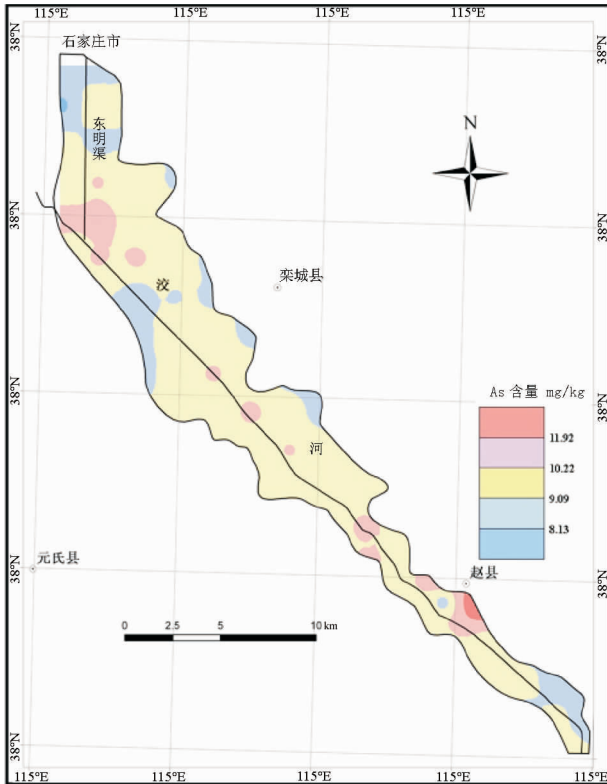


图 2 污灌区表层土壤 As 分布图
Fig.2 Spatial distribution of As in topsoil

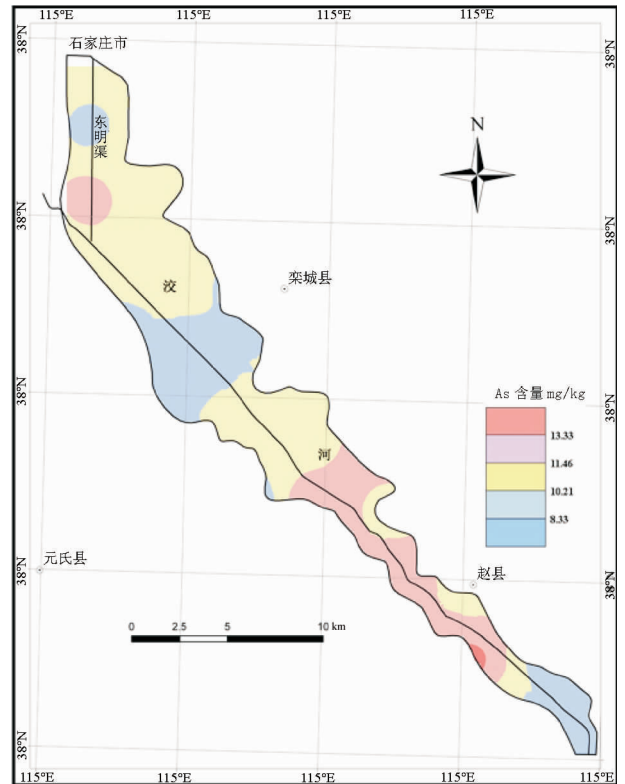
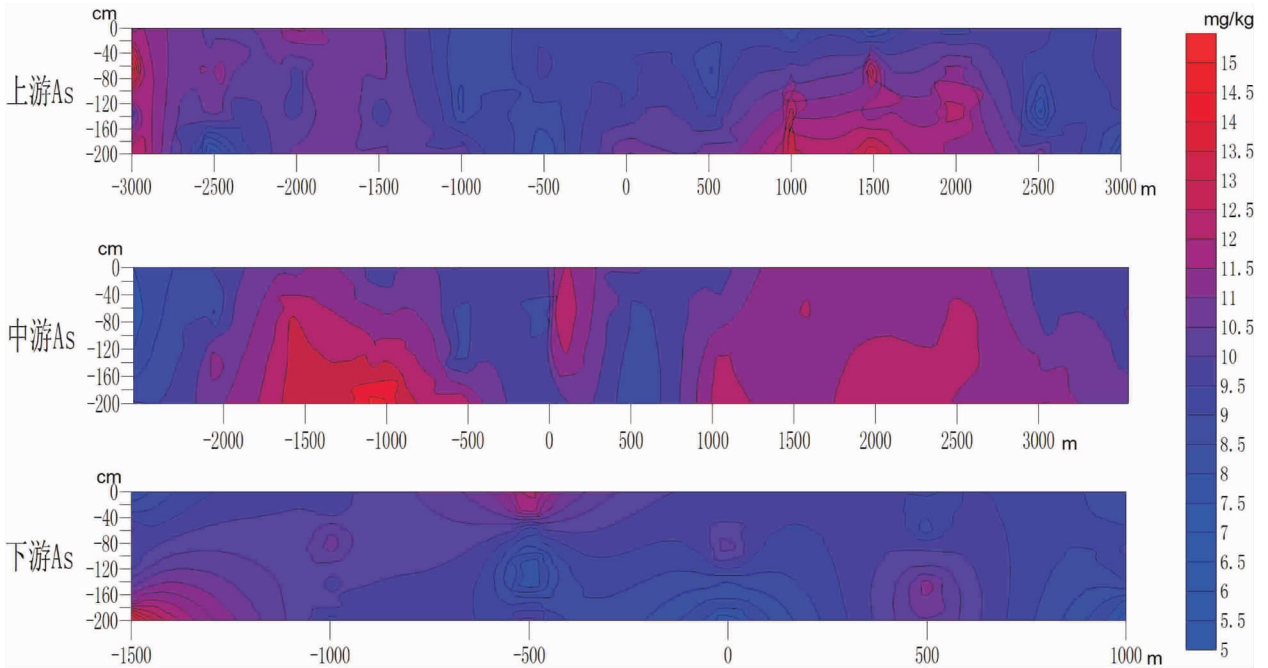


图 3 污灌区深层土壤 As 分布图
Fig.3 Spatial distribution of As in deep soil



注:横坐标为点与河道之间的距离,其中0 m处为邻近河道位置;纵坐标为2 m的采样深度。

图4 污灌区土壤As元素垂向分布图

Fig.4 Vertical distribution of As in soils of sewage-irrigation areas

和180 cm处达到18.4 mg/kg和17.6 mg/kg。东岸最高值出现在50 m地表下80 cm处,为14.3 mg/kg,其次是2050 m地表下160 cm,为14.2 mg/kg。

下游As在西岸1500 m地表下200 cm处显示出含量增高的趋势并出现最高值,而次高值位于西岸500 m的表层,东岸500 m深层出现一个含量较低的富集区,整体上表现以西岸500 m为轴,富集中心对称地以“品”字形分布。

总体来讲,As表现出独特的地球化学分布规律,As的含量与距污水灌渠的距离没有特定关系。并非离污水渠越近,As含量越高,而是在靠近河道附近区域,As的含量相对较低;离开河道一段距离后,含量逐渐增高。且在垂向上表现为表层的含量低,向深部含量逐渐增高。余国英等^[20]在对呼市黑河污灌与净灌土壤中重金属含量迁移规律的研究中也发现了相似的情况:当地污灌区As含量低于净灌区,而且污灌区内As含量与灌水量成反比。这一现象表明As在表层偏酸性污水的淋溶作用会发生向下迁移运动。

将As垂向分布与土壤质地图(图5)对比发现,As在垂向上的高值富集区的土壤为粘土或粉土类,

砂土内的As含量较低。尤其是3个剖面的As最高值均出现在粘土质的部分。郑国璋^[21]对关中娄土剖面的研究发现As含量在土壤粘化层有明显增高趋势,这与笔者所研究的情况吻合。产生这种现象的原因是:一方面As的迁移主要是以+3或+5价态的酸根阴离子形式进行,但是由于污灌区当地土壤pH较高,土壤中正电荷较少,降低了对酸根的吸附作用,使得As能够继续向下迁移,到一定深度后,与Fe、Mn等元素一同沉积^[22];另一方面砷酸根或亚砷酸根易与土壤或污水中的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子生成难溶性砷化物而沉积,沉积过程中由于粘土相对于砂土和粉土,其颗粒小、颗粒间空隙小,对砷化物的阻滞作用大,从而沉积于粘土层。

4 结论

在长期污水灌溉的条件下,石家庄污灌区内表层和深层土壤中As的分布都受到强烈的外源影响:表层As的分布受到污水排放源的控制,深层土壤也接纳了从上层向下迁移的外源As,在表层和深层都形成了若干高值区,各高值区具有独立成因;垂向分布上由于As主要富集在粘土层,因此在3个剖面上

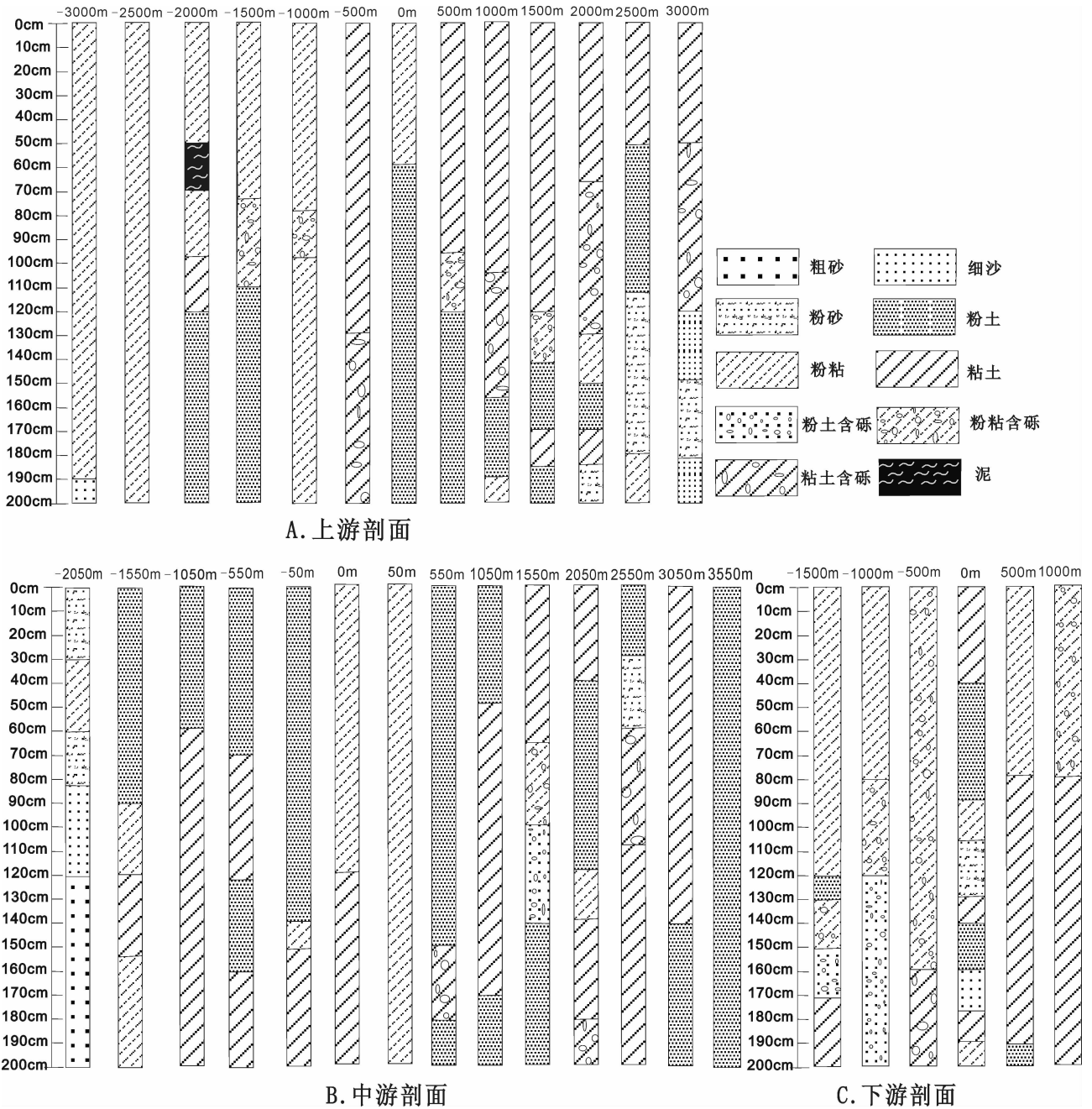


图 5 污灌区垂直剖面土壤质地示意图

Fig.5 Vertical distribution of soil texture in sewage-irrigation areas

都呈现出浅层含量低,深层含量高的特点。

参考文献(References):

[1] 王贵玲, 蔺文静. 污水灌溉对土壤的污染及其整治[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2):163-166.
 Wang Guiling, Lin Wenjing. Contamination of soil from sewage irrigation and its remediation [J]. Journal of Agro-environmental Science, 2003, 22(2):163-166(in Chinese with English abstract).

[2] 张秀梅, 唐以剑, 章申. 白洋淀地区土壤-植物系统中污染物含量与变化规律研究[J]. 地理科学进展, 1997, 16(2):61-69.
 Zhang Xiumei, Tang Yijian, Zhang Shen. Study on the content and distribution of contamination in soil plant system in Baiyangdian Region[J]. Progress in Geography, 1997, 16(2):61-69 (in Chinese with English abstract).

[3] 庞奖励, 黄春长, 孙根年. 西安污灌区土壤重金属含量及对西红柿影响[J]. 土壤与环境, 2001, 10(2):94-97.

- Pang Jiangle, Huang Chunchang, Sun Gennian. Heavy metal content of sewage irrigated soil in Xi'an and its influence to tomato[J]. Soil and Environmental Sciences, 2001, 10 (2):94-97 (in Chinese with English abstract).
- [4] 丁中元. 重金属在土壤-作物中分布规律研究[J]. 环境科学, 1989, 10(5):78-84.
Ding Zhongyuan. Study on the distribution of heavy metals in soil-crop system [J]. Environmental Science, 1989, 10 (5):78-84 (in Chinese with English abstract).
- [5] Liu Wh, Zhao J Z, Ouyang Z Y. Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China [J]. Environment International, 2005, 31(6):805-812.
- [6] Soll S C, Andradee, Mirelesa. Distribution of heavy metals in plants cultivated with wastewater irrigated soils during different periods of time [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2005, 241:351-355.
- [7] Marcel van der P. Soil and water contamination from molecular to catchment scale [M]. London: Taylor & Francis Group Plc, 2006: 125-128.
- [8] Ahmad I, Hayats, Pichtel J. Heavy metal contamination of soil problems and remedies[M]. Enfield (NH):Science Publishers, Inc., 2005: 212-226.
- [9] 孙雷, 赵焯, 李强, 等. 北京东郊污水与清水灌区土壤中重金属含量的比较研究[J]. 安全与环境学报, 2008, 8(3):29-32.
Sun Lei, Zhao Ye, Li Qiang, et al. Comparative study of heavy metal contents in soil from irrigated areas of east suburb, Beijing[J]. Journal of Safety and Environment, 2008, 8 (3):29-32 (in Chinese with English abstract).
- [10] 易秀. 西安市污灌区土壤中重金属潜在生态危害评价[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(3):118-120.
Yi Xiu. Evaluation on potential ecological risk of heavy metals in soils of Xi'an sewage irrigation area [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21 (3):118-120 (in Chinese with English abstract).
- [11] 徐友宁, 张江华, 刘瑞平, 等. 金矿区农田土壤重金属污染的环境效应分析[J]. 中国地质, 2007, 34(4):716-717.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Liu Ruiping, et al. Environmental effects of heavy metal pollution of farmland soils in gold mining areas[J]. Geology in China, 2007, 34(4):716-717(in Chinese with English abstract).
- [12] 河北省土壤普查成果汇总编委会, 河北省土壤普查办公室. 河北省土壤图集[M]. 北京: 农业出版社, 1991:42-47;
The Main Editorial Board on Soil Census Summary Results of Hebei Province. Soil Census Office of Hebei. Soils Maps of Hebei [M]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1991:42-47 (in Chinese).
- [13] 中国地质调查局, 多目标区域地球化学调查规范(1:25万)[S]. 2005. Geological Survey Bureau of China. Specification of Multi-objective Regional Geochemical Survey (1:250000) [S]. 2005 (in Chinese).
- [14] 孟凡乔, 巩晓颖, 葛建国, 等. 污灌对土壤重金属含量的影响及其定量估算——以河北省汶河和府河灌区为例 [J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2):277-280.
Meng Fanqiao, Gong Xiaoying, Ge Jianguo, et al. Impacts of irrigation by wastewater on quantitative contents of heavy metals in soils—a case study for Xiaohe irrigated area and Fuhe irrigated area[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2004, 23(2):277-280(in Chinese with English abstract).
- [15] 王元仲, 李冬梅, 高云凤. 河北省玉米主产区土壤重金属污染水平调查研究[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(6):28-31,43.
Wang Yuanzhong, Li Dongmei, Gao Yunfeng. Investigation of the heavy metal pollution level in soil of main maize area in Hebei Province [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2005, 28 (6):28-31,43(in Chinese with English abstract).
- [16] 杨胜科, 王文科, 张威, 等. 砷污染生态效应及水土体系中砷的治理对策研究[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3):69-73.
Yang Shengke, Wang Wenke, Zhang Wei, et al. Study on ecosystem effect and the remediation methods of arsenic pollution in water and soil system [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2004, 26 (3):69-73 (in Chinese with English abstract).
- [17] 蒋建清, 吴燕玉. 模拟酸雨对草甸棕壤中重金属迁移的影响[J]. 中国科学院研究生院学报, 1995, 12(2):185-190.
Jiang Jianqing, Wu Yanyu. Study on the movement of heavy metals in meadow burozem affected by model acid precipitation[J]. Journal of Graduate School Academia Sinica, 1995, 12(2):185-190 (in Chinese with English abstract).
- [18] 栾文楼, 温小亚, 崔邢涛, 等. 石家庄污灌区表层土壤中重金属环境地球化学研究[J]. 中国地质, 2009, 36(2):465-473.
Luan Wenlou, Wen Xiaoya, Cui Xingtao, et al. Environmental geochemistry of heavy metals in surface soils within sewage irrigation areas of Shijiazhuang City[J]. Geology in China, 2009, 36 (2):465-473(in Chinese with English abstract).
- [19] 邢光熹, 朱建国. 土壤微量元素和稀土元素化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003:306-307.
Xing Guangxi, Zhu Jianguo. Trace Element and REEs Chemistry of Soil [M]. 2003, Beijing: Science Press, 2003:206-307 (in Chinese).
- [20] 余国英, 徐冰, 郭克贞. 污灌条件下农田土壤中重金属的运移规律研究[J]. 内蒙古水利, 2006, (2):26-28.
She Guoying, Xu Bing, Guo Kezhen. Migration behavior of heavy metal in farmland soils under sewage irrigation [J]. Inner Mongolia Water Resources, 2006, (2):26-28 (in Chinese).
- [21] 郑国璋. 关中娄土剖面中重金属元素的垂直分布规律研究[J]. 地球学报, 2008, 29(1):109-115.
Zheng Guozhang. The vertical distribution regularity of heavy metal elements in Guanzhong tier soil profile [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2008, 29(1):109-115(in Chinese with English abstract).
- [22] 曹淑萍. 重金属污染元素在天津土壤剖面中的纵向分布特征[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(4):270-274.

Cao Shuping. Vertical distribution of heavy metal pollutant in soil profile of Tianjin [J]. Contributions to Geology and Mineral

Resouces Reseach, 2004, 19(4):270-274(in Chinese with English abstract).

Distribution characteristics of As in Shijiazhuang sewage irrigation area, Hebei Province

SONG Ze-feng, LUAN Wen-lou , LV Ke-jian, CUI Xing-tao, LI Sui-min

(*Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China*)

Abstract: Based on content of As in soil samples collected from the plane and vertical section of Shijiazhuang sewage irrigation area, the authors compiled the As distribution map and summarized characteristics of As distribution. The results show that, in both topsoil and deep soil, As distribution is affected by outside materials, As in topsoil is controlled by the position of wastewater fountainhead, deep soil accepts As which migrates from topsoil, and As high value areas are solely formed in topsoil and deep soil. In vertical direction, As is concentrated in clay bed of deep soil.

Key words: As; vertical distribution; Shijiazhuang; sewage Irrigation; soil

About the first author: SONG Ze-feng, male, born in 1980, mainly engages in the study of environmental geochemistry; E-mail: songzefeng@sina.com.