

白银区东大沟流域农田土壤Cd分布及其影响因素

王 婷¹, 南 海²

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741001)

摘要: 为揭示白银区东大沟流域耕地土壤 Cd 的分布特征及其影响因素, 对采集土样的 Cd、土壤有机质、全氮、全磷、CEC、pH、土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和多酚氧化酶含量进行了测定, 运用 GIS 手段分析了耕层土壤 Cd 空间分布特征。结果表明, 耕层土壤 Cd 浓度范围 0.170~82.400 mg/kg, 属重度污染。土壤 Cd 含量高值区出现在沙坡岗和民勤村, 呈岛状分布, 并以此为中心 Cd 浓度向周边方向递减。Cd 土壤剖面分布具有明显的表层富集规律, 符合负指数方程递减规律。表层土壤 Cd 含量与有机质呈显著正相关, 与 pH 呈极显著负相关。

关键词: 镉; 空间分布; 影响因素; 白银区

中图分类号: X 131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)07-0009-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.004)

Cd Distribution of Soil in Dongdagou Baiyin District and Its Influencing Factors

WANG Ting¹, NAN Hai²

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui Gansu 741001, China)

Abstract: This study is aimed to explore Cd distribution characteristics and its influence factors in cultivated soil from Dongdagou in Baiyin district of Baiyin city, Gansu province. The content of Cd, soil organic matter, total N, total P, CEC, pH, soil urease, invertase, catalase and polyphenol oxidase in soil are measured, and the spatial distribution data of Cd are obtained with ArcGIS method. The result shows that the arable layer soil is polluted seriously, the range of Cd contents is 0.170~82.400 mg/kg. The high value area of Cd contents with island-like spacial distribution located mainly in Shapogang and Minqin village, in which Cd contents decreased around. Cd distribution has obvious enrichment regularity in the surface layer of soil profile, and the significant model of negative exponential function is found for Cd. Cd contents are significantly positively correlated with organic matter, and it are very significantly negatively correlated with pH.

Key words: Cd; Spatial distribution; Influencing factors; Baiyin district

白银市是以有色金属采选冶金为主的工业城市, 城区工厂多且分布集中, 东大沟流域农田长期

引用工业企业排放的含重金属废水进行灌溉, 造成严重的土壤重金属污染, 掌握该区域土壤重金属污

收稿日期: 2015-04-05

基金项目: 甘肃省青年科技基金计划“白银矿区土壤镉迁移转化与粮食质量安全的耦合规律研究”(2013GS06935); 甘肃科技计划软科学项目“白银矿区土壤重金属污染现状、趋势及对策研究”(1305ZCRA174)

作者简介: 王 婷(1982—), 女, 甘肃秦安人, 助理研究员, 硕士, 主要从事农业环境与作物栽培及生理方面的研究工作。联系电话: (0931)7614846。E-mail: wt1982_2000_2000@163.com

kg/hm², 较板桥白黄瓜(CK)增产 9.14%; 农城新玉 1 号次之, 为 65 770 kg/hm², 较板桥白黄瓜(CK)增产 8.26%。这 2 个品种生育期长, 综合性状优良。建议在陇东地区日光温室早春茬栽培中推广。

参考文献:

- [1] 张占军. 9 个白皮黄瓜品种在陇东的引种对比试验结果[J]. 甘肃农业科技, 2008(12): 15-18.
- [2] 赵瑞霞. 西峰区日光温室白黄瓜早春茬栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2010(1): 48-49.
- [3] 万金文, 王安贵. 白皮黄瓜新品种——白玉一号[J]. 长江蔬菜, 2005(1): 10.
- [4] 孟焕文, 程智慧. 黄瓜新品种‘农城新玉1号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(5): 1 009-1 010.
- [5] 刘晓虹, 陈慧明. 白黄瓜新品种蔬研 2 号的选育[J]. 辣椒杂志, 2012(2): 44-47.
- [6] 张俊平, 郭晋平. 白皮黄瓜新品种引种试验[J]. 中国瓜菜, 2006(6): 25-26.

(本文责编: 郑立龙)

染现状,对保护土壤环境、保障农产品质量安全和减少人体健康风险具有重要意义。近年来,已对白银区土壤 Cd 污染来源^[1-2]、分布特征^[3]、污染程度与评价^[4-5]、Cd 污染土壤的生物性状^[6-7]、土壤 Cd 的分布迁移及其赋存形态和 Cd 污染土壤对作物的影响等方面开展了大量研究^[8-9]。这些研究虽然较好地反映了该区土壤 Cd 变化的某些特征,但由于样点密度小,难以反映小尺度农业土壤 Cd 空间分布变化及其驱动因子。我们于 2014 年选择白银区 Cd 污染最为严重的东大沟流域,在较小尺度范围内进行了高密度采样,对表层土壤 Cd 空间分布特征、土壤剖面 Cd 的垂直分布特征以及表层土壤 Cd 含量与土壤理化性质的关系进行了研究,旨在为控制与治理重金属污染,合理布局农业产业提供参考。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

白银区属温带大陆性干旱、半荒漠气候,海拔 1 500 ~ 2 200 m,年均降水量 193.7 mm,年均蒸发量 2 004.1 mm,年均日照时数 2 603.4 h,年平均气温 8.3 °C,≥10 °C 活动积温 2 920.5 °C,无霜期 161 d 左右。主要土壤类型为灰钙土和淡灰钙

土。城郊耕地总面积 1.07 万 hm²,有效灌溉面积 0.47 万 hm²,主要分布在城东、城西两大沟流域冲洪积阶地面上,农业生产中有不同程度地利用污水灌溉的历史,土壤环境也表现出不同程度的 Cd、Cu、Zn、Hg 和 Ni 污染,其中尤以 Cd 污染最为严重。

1.2 样品采集与分析

土壤样品采集主要运用 ArcGIS 技术,将白银市区划分为 1 km × 1 km 网格,沿东大沟排污河两侧,用土钻垂直取 0 ~ 20 cm 耕层土样,5 个点构成 1 个混合样。用 GPS 定位仪精确定位,统一编号,注明采样地点、土壤名称、经纬度、采样日期等信息。试验采集土壤样品 57 个,测定土壤样品中 Cd 含量、土壤有机质、全氮、全磷、CEC、pH、土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和多酚氧化酶指标。土壤剖面按照 3 km × 3 km 网格选取位置,采集农田 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 100 cm 土层中土壤样品。采样点分布见图 1。

1.3 土壤样品测定

土壤总 Cd 用原子吸收分光光度法测定(Vari-anAF240WFX-1D)。土壤有机质、全氮、全磷、CEC、pH、蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和多酚氧

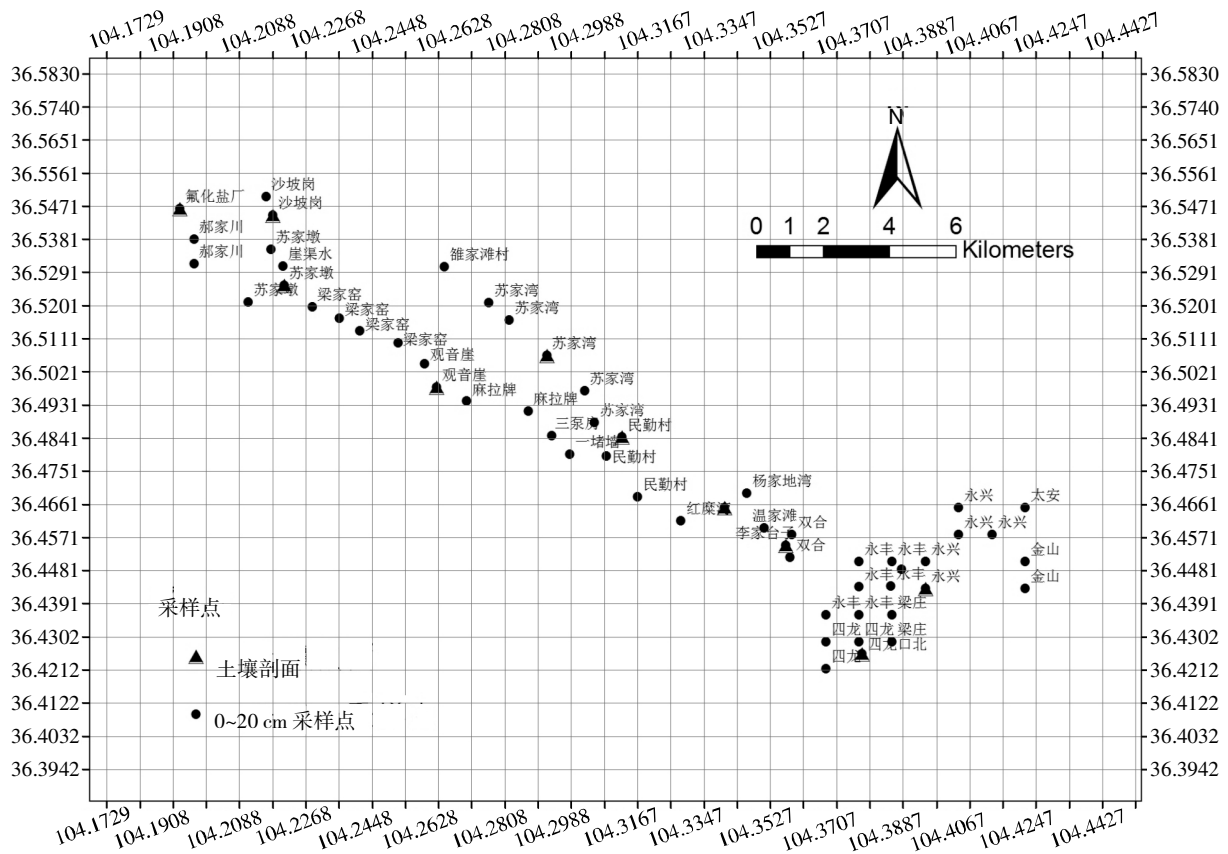


图 1 采样点分布

化酶指标均按常规分析方法测定^[10]。

1.4 数据分析

土壤 Cd 描述性统计和相关分析采用 SPSS 18.0 软件。变异函数拟合及相关参数确定、克里格插值及趋势面分析采用 ESRI 的 ArcGIS 9.3 的统计模块分析。Cd 的土壤剖面垂直分布和模型拟合采用 Sigmaplot 13.0 完成。

2 结果与分析

2.1 土壤 Cd 基本统计特征

从表 1 看出, 2014 年测得东大沟流域两侧耕地耕层 Cd 的平均浓度超过土壤环境质量二级标准 18.4 倍, 属重度污染。Cd 浓度范围 0.170~82.400 mg/kg, 变异系数 148.05, 说明耕层土壤中的重金属受到外界的干扰明显, 空间分异较大, 其变异幅度在很大程度上与白银区产业布局 and 耕地分布有关。与 2012 年测定结果相比^[11], Cd 平均浓度降低 1 倍, Cd 污染最大值也降低 42.2%, 但变异系数 146.46 变化不大, 说明白银地区受污染区域分布变化不大, 但污染程度有所降低。

2.2 土壤 Cd 空间分布

选用简单克里格法进行地统计分析, Cd 含量分级后的结果如图 2。空间分布图显示, 沿东大沟排污河两侧, 耕层土壤 Cd 呈岛状分布, 峰值区有两部分, 一处分布在城区周边的王岷镇范围内, 由污染最严重的沙坡岗向郝家川、苏家墩、崖渠水等村向外递减, 地带性明显。另一处分布在四龙镇民勤村, 并以此为中心污染范围向西北和东南方向递减。东大沟靠近沙河入黄河口处污染程

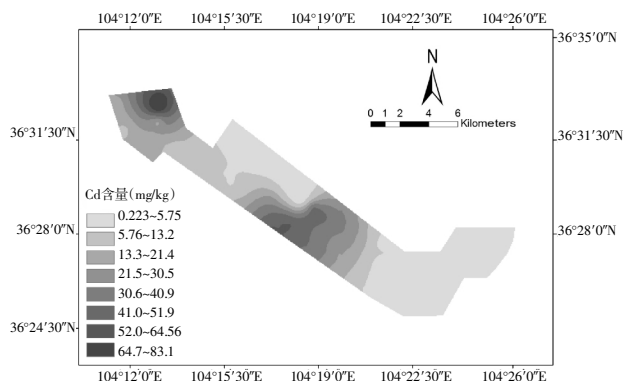


图 2 Cd 含量空间分布

度较轻。这种地带性与空间分布特征与白银市工业布局 and 耕地分布特点相一致, 东大沟流域所在周边集中有白银公司等能源矿产企业, 地势较为平坦, 水源不充足, 附近耕地土壤有长期污水灌溉的历史。

2.3 土壤 Cd 剖面分布特征

2.3.1 土壤剖面 Cd 垂直分布特征 从图 3 看出, Cd 在所研究剖面土壤中具有明显的表层富集型分布规律, 各剖面 Cd 浓度变化范围主要在 0~60 cm, 随着土壤深度的增加, 各剖面层含量逐渐减少, 这与之前的报道一致^[12]。不同地区 Cd 污染程度不同决定了 Cd 在剖面中分布的不同。表层 Cd 含量越高, 下层土壤 Cd 含量相对也较高。

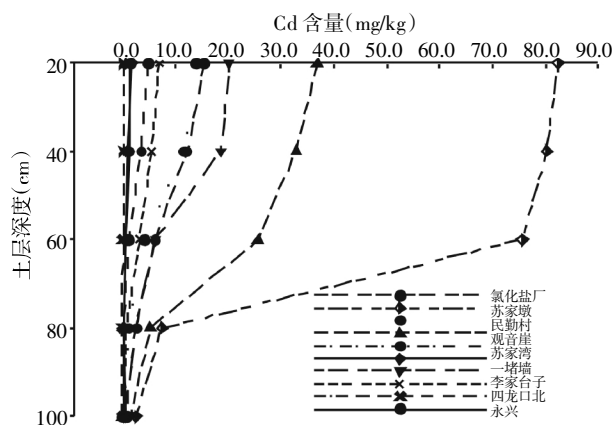


图 3 土壤剖面 Cd 含量垂直分布

2.3.2 土壤剖面 Cd 随深度变化的模拟曲线 从图 4 看出, 除沙坡岗 Cd 在剖面的分布拟合方程不显著外, 其余点拟合模型均在 $P=0.05$ 水平显著相关,

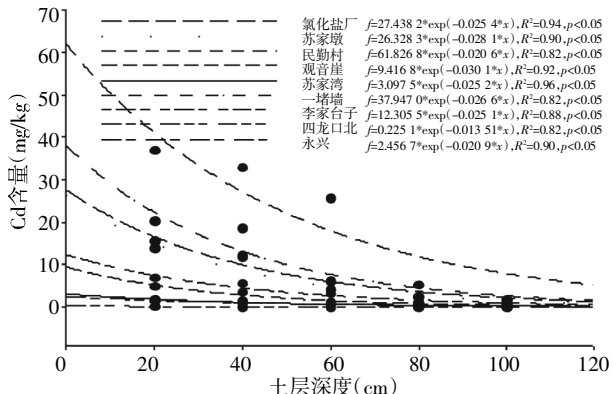


图 4 剖面土壤中 Cd 随深度变化模拟曲线

表 1 东大沟流域耕地耕层土壤重金属 Cd 含量的统计特征

测定年份	算数平均值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	标准偏差	变异系数	研究区土壤背景值 (mg/kg)	土壤环境质量标准二级 (mg/kg)
2014	11.05	82.400	0.170	16.36	148.05	0.184	0.6
2012	23.33	142.660	0.155	34.17	146.46	0.184	0.6

表 2 表层土壤 Cd 含量与土壤理化性状相关分析

金属	有机质	pH	全氮	全磷	CEC	蔗糖酶	脲酶	过氧化氢酶	多酚氧化酶
Cd	0.366*	-0.536**	0.167	0.530	0.351	-0.203	-0.496	-0.420	-0.565

分布态势相同,呈负指数规律递减。说明土壤表层重金属浓度含量过高,在降水与灌溉下渗水流作用下会向犁底层,甚至心土层迁移,但迁移能力较低,易在土壤表层积累。前人的研究也表明,高剂量时迁移率小但绝对迁移量大,低剂量时元素迁移率大但绝对迁移量小^[13]。这可能与长期污灌条件下耕层土壤理化性质发生改变,从而使更多的重金属固定在土壤表层等原因有关。

2.4 表层土壤 Cd 含量与土壤理化性质的关系

有机质含量能决定土壤重金属的有效性,并依靠有机质的专性吸附和表面配位作用来影响土壤重金属的行为和移动性。从表 2 可以看出,表层土壤 Cd 含量与有机质呈显著正相关,白银区的表层土壤有机质含量高于下层土壤,因此 Cd 移动性小,易于在表层土壤富集。环境体系中的 pH、Eh 和水分等条件会强烈影响土壤重金属形态分布。pH 是土壤化学性质的综合反映,土壤中重金属的活性随 pH 升高而降低,对重金属离子的吸附力加强,导致交换态重金属离子的浓度降低。本研究也证实,pH 与 Cd 含量呈极显著负相关,这与之前研究结论一致^[14]。相关分析表明,Cd 含量与土壤全氮、全磷和 CEC 呈正相关关系,但相关不显著,说明外源 Cd 输入可能会增加土壤养分。Cd 含量与土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和多酚氧化酶呈负相关关系,相关也不显著,说明 Cd 污染对土壤酶活性有一定影响,但响应并不敏感。

3 小结与讨论

1) 白银区东大沟流域两侧耕地耕层土壤 Cd 浓度范围 0.170~82.400 mg/kg,平均浓度超过土壤环境质量二级标准 18.4 倍,属重度污染。与较早研究结果相比,该区受污染区域分布变化不大,但污染程度有所降低。土壤 Cd 空间分布具有地带性特征,Cd 浓度最高值区出现在沙坡岗和民勤村,呈岛状分布,并以此为中心 Cd 浓度向周边方向递减。长期污水灌溉时间的不同可能是造成土壤 Cd 这种空间分布特征的主要原因。Cd 土壤剖面分布具有明显的表层富集规律,随着土壤深度增加,各剖面层含量逐渐减少,Cd 浓度变化范围主要在 0~60 cm。表层 Cd 污染程度不同决定 Cd 在下层

土壤剖面中含量差异,Cd 的剖面分布特征可用负指数方程模拟。

2) 表层土壤 Cd 含量与有机质呈显著正相关,与 pH 呈极显著负相关。Cd 含量与土壤全氮、全磷和 CEC 呈正相关关系,与土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和多酚氧化酶呈负相关关系,相关均不显著。

参考文献:

- [1] 石培宏,杨太保,田庆春,等.白银市工业污染源重金属排放特征分析[J].中国环境监测,2012,28(5):9-15.
- [2] 田庆春,杨太保,石培宏,等.白银市土壤重金属污染源分析及防治措施[J].中国环境监测,2012,28(6):40-45.
- [3] 雷思维,吴国振,王兴峰.白银区土壤和春小麦中重金属分布规律调查分析[J].甘肃冶金,2007,29(4):86-88.
- [4] 南忠仁.甘肃省白银市中心区土壤环境质量评价[J].西北师范大学学报,1994,30(1):83-88.
- [5] 刘白林.白银黄灌区农田土壤重金属空间分布及其污染风险评价[D].兰州:兰州大学,2014.
- [6] 鲁海燕,曹靖,杨鑫,等.白银地区污灌对农田土壤细菌多样性的影响[J].长春理工大学学报(自然科学版),2010,33(2):110-116.
- [7] 刘姣,曹靖,南忠仁,等.白银市郊区重金属复合污染对土壤酶活性的影响[J].兰州大学学报(自然科学版),2010,46(5):39-43.
- [8] 刘白林,马新旺,朱赛勇,等.白银黄灌农业区不同土层重金属赋存形态及其风险评价[J].兰州大学学报(自然科学版),2014,50(3):431-436.
- [9] 郭淑文.白银市郊区土壤与主要粮食作物污染情况调查[J].甘肃农业科技,2002(12):32-33.
- [10] 鲁如坤.土壤农业化学分析法[M].北京:北京农业科技出版社,1999.
- [11] 汪霞.干旱区绿洲农田土壤重金属污染生态补偿机制研究[D].兰州:兰州大学,2012.
- [12] 南忠仁,李吉均.干旱区耕作土壤中重金属镉铅镭剖面分布及行为研究—以白银市区灰钙土为例[J].干旱区研究,2002(17):39-45.
- [13] 薛粟尹,李萍,王胜利,等.工矿型绿洲农田土壤中氮和 Cd 的剖面行为研究[J].中国环境科学,2014,34(1):195-200.
- [14] 陈怀满.土壤对 Cd 的吸附与解吸—I.土壤组分对镉的吸附和解吸的影响[J].土壤学报,1988,25(1):66-74.

(本文责编:陈伟)