

某疑似污染农用地地块土壤调查布点及评价方法

张启, 吴明洲 (南京大学环境规划设计研究院股份公司, 江苏南京 210093)

摘要 以某疑似污染的农用地为例, 根据调查范围内的功能区划进行分区布点, 以农产品食用安全、农用地安全利用为目标, 开展调查, 检测土壤中重金属 8 项(镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍)、苯并(a)芘、六六六、滴滴涕、有机质、阳离子交换量、氨氮、总磷和速效钾含量, 根据《土壤环境质量标准(GB 15618—1995)》和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(报批稿), 进行土壤质量和土壤污染风险评价, 结果表明, 土壤重金属镉超标。该研究为疑似污染农用地的调查布点方法和评价方法提供参考。

关键词 农用地; 疑似污染; 分区布点; 质量评价; 风险评价

中图分类号 S 151.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)20-0117-03

Soil Investigation Sampling and Evaluation Method of a Suspected Contaminated Agricultural Land

ZHANG Qi, WU Ming-zhou (Nanjing University Academy of Environmental Planning and Design, Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract A suspected contaminated agricultural land was taken as an example. Taking the safety of agricultural products and the safe use of agricultural land as the goal, a survey was carried out to detect contents of 8 heavy metals(cadmium, mercury, arsenic, copper, lead, chromium, zinc, nickel), benzo(a) pyrene, BHC, DDT, organic matter, cation exchange capacity, ammonia nitrogen, total phosphorus and available potassium, in the soil, which the stratified sampling was based on the functional zoning within the scope of the research. The soil quality and soil pollution risk assessment were evaluated according to the *Soil Environmental Quality Standard* (GB15618-1995) and the *Risk Control Standard for Soil Contamination of Agricultural Land* (Trial Draft) (Revision for Approval). As the result, heavy metal cadmium exceeded the standard in the soil. The research provides references for the investigation and allocation methods of suspected contaminated farmland.

Key words Agricultural land; Suspected pollution; Stratified sampling; Quality assessment; Risk assessment

我国耕地面积约有 $1.35 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 但人均耕地面积较低, 不及世界平均水平的 50%^[1]。截至 2014 年 12 月, 受污染耕地约 $1.0 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ^[2], 主要污染包括重金属污染、农药和化肥的不当使用^[3]。目前, 我国农用地土壤重金属、有机物等污染已呈现从局部区域向全国蔓延的趋势, 农田土壤受污染率已从 20 世纪 80 年代末期的不足 5% 上升至目前的近 20%。部分经济发达地区农田污染问题非常突出, 广东省清洁土壤仅 11%, 轻度污染农田占耕地总面积的 77%, 重度污染农田占耕地总面积的 12% 左右^[4]。在此情形下, 国家颁布了《农用地土壤环境管理办法(试行)》和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(报批稿), 对农用地进行详细的调查, 在调查的基础上, 以保障农产品质量安全为目标, 对污染农用地分别实施风险管控或治理修复措施^[5]。笔者以某农业示范基地为研究对象, 在对该基地全面调查的基础上, 按照《土壤环境质量标准(GB 15618—1995)》和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(报批稿)等标准分别进行土壤质量评价和风险评价, 并对超标污染物提出了修复建议。

1 地块环境背景与污染特征

1.1 地块环境背景 研究地块某农业示范基地分为生猪养殖区、蔬菜种植区、果树苗木种植区、水产养殖区和传统农作物种植区 5 区块, 约为 78.67 hm^2 。研究地块位于黄泛冲积平原, 属河间侵蚀平原。土壤多在黄淮泛滥的冲积物上发育而成, 土层较厚, 比较肥沃。土壤类型可分为潮土、棕壤土和砂姜黑土 3 个土类, 其中潮土占 23%, 主要分布在洼蓄洪区; 棕壤土占 32%, 主要分布在坡地; 砂姜黑土占 45%, 主要分布在中、北岗地。地层在水平方向分布稳定, 垂直方向变化较大,

自地表至 40 m 范围内, 地层自上而下分为 9 层, 2、4、6、9 层为亚层, 其岩性为粉质黏土、黏土、粉砂等组成; 1、3、5、7 层为粉质黏土; 8 层为粉砂层。浅层地下水与大气降水、地表水联系密切, 埋深 2~5 m, 水力性质为潜水—弱承压水。

研究地块周边 2 km 内为其他农用地, 未发现工矿企业, 未调查到有周边企业污染排放事件。

1.2 污染特征 调查结果显示, 研究地块内一直进行农业生产活动, 生猪养殖区 2007 年建设运行, 在前期生产过程中直接将畜禽粪便等污染物排放至周边沟渠。因此该地块主要生产活动为种植和养殖, 根据种植和养殖的污染特征、《土壤环境质量标准(GB 15618—1995)》和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(报批稿)中指定的污染物, 该次调查的污染物为重金属(镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍)和苯并(a)芘、六六六、滴滴涕; 并针对农用地土壤性质, 检测了有机质、阳离子交换量、氨氮、总磷和速效钾。

对不同功能区分别布点, 在蔬菜种植区和传统农作物种植区布设 0~20 cm 点位; 果树种植区布设 0~60 cm 点位; 养殖区由于有污染排放记录, 进行加密布点; 水产区采集地表水, 共布设 22 个点位, 采集 33 个土壤样品、5 个地表水样品、3 个地下水样品(图 1)。

按照标准中指定的检测方法对土壤样品中的污染物进行检测, 检测结果表明, 调查评估范围内土壤样品 pH 分布在 5.55~7.74, 生猪养殖区、传统作物区和果树苗木种植区土壤呈弱碱性, 蔬菜种植区土壤呈弱酸性。土壤有机质含量水平中等偏弱, 根据全国第 2 次土壤普查养分分级标准, 蔬菜种植区和生猪养殖区有机质含量为第 4 级, 果树苗木种植区和传统作物区有机质含量为第 5 级。阳离子交换量表现为生猪养殖区>果树苗木种植区>传统作物区>蔬菜种植区。氨氮污染物含量在蔬菜种植区相对较高。总磷和速效钾含量

作者简介 张启(1982—), 女, 安徽宿州人, 工程师, 硕士, 从事土壤调查与修复研究。

收稿日期 2018-04-17

在生猪养殖区相对较高。土壤样品中氨氮含量在 0.18 ~ 37.42 mg/kg, 平均值为 7.29 mg/kg, 与对照点相比偏低, 氨氮污染物含量在蔬菜种植区相对较高。总磷含量在 123.12 ~ 1 870 mg/kg, 平均为 441.81 mg/kg, 与对照点相比偏高, 总磷含量在生猪养殖区相对较高。速效钾含量在 154.47 ~ 369.46 mg/kg, 平均为 222.87 mg/kg, 与对照点相比偏高, 速效钾含量在生猪养殖区相对较高。对无机污染物(重金属元素)的监测结果表明, 所有调查的重金属(铜、铬、镍、锌、铅、镉、砷、汞)均全部检出。其中, 铜、铬、镍、锌、铅、镉、砷含量生猪养殖区和果树苗木种植区最高, 蔬菜种植区和传统作物区相对较低; 仅汞含量生猪养殖区低于蔬菜种植区。有机污染物(六六六、滴滴涕、苯并(a)芘、有机氯农药、有机磷农药)均未检出。

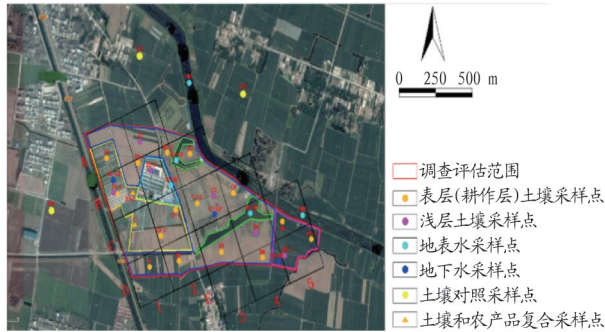


图1 场地布点

Fig.1 Sampling points of research field

2 质量评估

2.1 评价标准和方法 根据《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)二级标准和《温室蔬菜产地环境质量评价标准》(HJ/T 333—2006), 对调查区土壤重金属进行评价。

评价方法与分级: 评价方法采用污染指数法, 评价参数包括土壤单项污染指数、污染分担率、内梅罗污染指数(综合污染指数)等, 并根据《耕地土壤重金属污染评价技术规程》对耕地土壤重金属进行累积性评价。

土壤单项污染指数(P_i) = 土壤污染物实测值(C_i) / 某污染物质量标准(S_i)

土壤污染物分担率 = (土壤某项污染指数 / 各项污染指数之和) × 100%

内梅罗污染指数(PN) = $\{[(PI_2 \text{均}) + (PI_2 \text{最大})] / 2\}^{1/2}$
式中, $PI_2 \text{均}$ 和 $PI_2 \text{最大}$ 分别为平均单项污染指数和最大单项污染指数。

2.2 评价结果 当综合累积指数与单项累积指数划定等级不一致时, 以划定等级低的为准。对比内梅罗指数与累积指数划定等级, 2种评价结果保持一致(图2、3)。点位 B1-1、B2-3 和 B3 污染等级为尚清洁(警戒限), 累积性划定等级为未累积; 点位 B1-2 污染等级为中度污染, 累积性划定等级为中度累积; 点位 C2-1 污染等级为轻度污染, 累积性划定等级为轻度累积。调查评估范围内主要超标因子为重金属镉, 共有 5 个点位超标, 分别位于蔬菜种植区、生猪养殖区和果树苗木种植区, 其中蔬菜种植区有 3 个点位镉超标, 且有 1 个

点位为中度污染(中度累积), 相比生猪养殖区和果树苗木种植区污染情况较为严重。调查评估区内土壤环境质量总体良好, 在个别点位镉有超标现象, 超标倍数为 1.067 ~ 2.933。镉平均值为 0.15 mg/kg, 与对照点镉(0.18 mg/kg)含量相当。

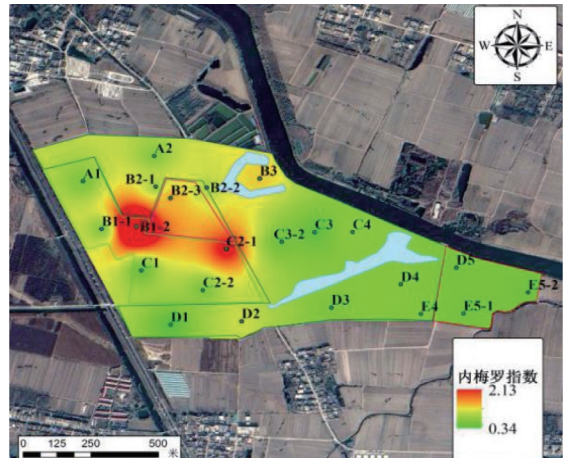


图2 内梅罗指数空间分布

Fig.2 Spatial distribution of Nemerow exponent

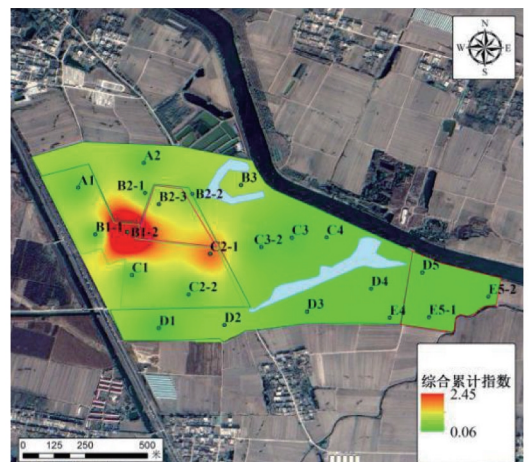


图3 综合累积指数空间分布

Fig.3 Spatial distribution of integrated cumulative exponential

3 风险评估

3.1 评价标准和方法 对农用地土壤进行污染风险评估, 使用《土壤污染风险管控标准 农用地土壤污染风险筛选值和管制值(试行)》(报批稿)中的风险筛选值和管制值进行对比。

当土壤中污染物含量低于风险筛选值时, 农产品超标等风险可以忽略; 当土壤中污染物含量高于风险筛选值、低于风险管制值时, 存在农产品超标风险, 具体需要结合农产品质量协同调查确定; 当土壤中污染物含量高于风险管制值时, 农产品超标风险很高, 且难以通过农艺调控、替代种植等措施降低农产品超标的风险^[6]。

3.2 评价结果 该场地与筛选值进行对比后, 有 5 个点位样品中镉超出筛选值, 分别是 B3(0~60 cm)、B1-2(0~20 cm)、B2-3(0~20 cm)、B1-1(40 cm)、C2-1(0~20 cm), 镉浓度为 0.32 ~ 0.88 mg/kg, 其中, B3 点位位于河边上的桃树种植区, B1-1、B1-2、C2-1 点位位于蔬菜大棚区(B1-1 和 B1-2 种植

蔬菜分别是番茄、西葫芦, C2-1 暂时空置), B2-3 点位位于生猪养殖区。由图 4 可知, 镉超标的点位主要集中在蔬菜大棚区域附近。镉超标的原因可能与施用肥料有关, 也可能与大气沉降有关, 具体来源需要对区域的大气、水和土壤进行调查。

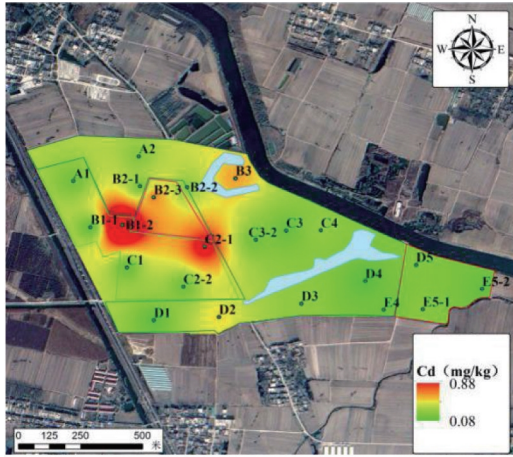


图 4 镉污染空间分布

Fig.4 Spatial distribution of cadmium pollution

该场地超出风险筛选值标准的 5 个点位, 并未超出风险管制值标准。根据《土壤污染风险管控标准 农用地土壤污染风险管控筛选值和管制值》, 当土壤中污染物含量高于风险筛选值、低于风险管制值时, 存在农产品超标的风险, 具体结合农产品质量协同调查确定。

由于该次调查处于冬季, 大部分果蔬尚未成熟, 仅取到大棚区的蔬菜, 分别是 B1-1 点位的番茄、B1-2 点位的西葫芦和 C1-1 点位的茼蒿, 经过检测, 食品中污染物检测结果与食品中污染物限量 (GB 2762—2017) 相关标准对比, 未超出标准限值, 说明调查期间采集到的农产品安全^[7]。

4 结论与建议

该研究的农用地土壤污染调查研究在采样阶段采用分

(上接第 91 页)

- [2] 杨尚娥, 龙新究, 倪吾钟. 超积累植物吸收重金属的生理及分子机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 8-15.
- [3] 林义章, 徐磊. 铜污染对高等植物的生理毒害作用研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 201-204.
- [4] 张明生, 樊卫国, 尹杰, 等. 麻疯树资源概况及其开发利用[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(6): 97-98.
- [5] 李荣峰, 兰翠玲, 曾小颀. 广西麻疯树资源及其开发利用前景研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2111-2112, 2303.
- [6] 邓绍林. 极具开发前景的生物能源树——麻风树[J]. 广西林业, 2005(6): 44-45.
- [7] 袁敏, 铁柏清, 唐美珍. 重金属单一污染对龙须草叶绿素含量和抗氧化酶系统的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 929-932.
- [8] 林娟, 周选国, 唐克轩, 等. 麻疯树植物资源研究概况[J]. 热带亚热带植

区布点法, 根据各功能分区的特点采集土壤样品, 评价阶段采用土壤质量评价和风险评价 2 种评价方法, 结果均显示, 土壤污染物为重金属镉, 超标点位主要集中在蔬菜大棚区域附近。镉超标的原因可能与施用肥料有关, 也可能与大气沉降有关, 具体来源需要对区域的大气、水和土壤进行调查。由此可知, 农用地质量评价和风险评价结果较为一致。土壤质量超标的点位, 其受污染的风险也较大。

该次调查采样阶段是分区布点采样, 由于调查地块为农业示范基地, 地块内存在多种作物种植区, 且有养殖区畜禽粪便排放周边沟渠, 因此, 在布点中特别注意采用分区布点, 在疑似污染的区块进行加密布点, 并针对不同作物的根系生长特点, 确定合适的采样深度。

由于农作物种类不同, 建议在进行农用地土壤调查时, 充分考虑农作物的种植及分布特征, 合理布点, 确定适宜采样深度。对于较明确疑似污染的农用地, 建议实施加密布点, 明确污染物分布状况。针对农用地土壤的评价, 建议协同农作物调查后, 采用风险管控标准^[8]。

参考文献

- [1] 全国人大网. 十二届全国人大常委会立法规划规划[EB/OL]. (2013-12-12)[2015-02-25]. http://www.npc.gov.cn/npc/zgrdzz/2013-12/12/content_1816288.htm.
- [2] 冯华. 长期高强度、超负荷利用 我国耕地退化面积超四成[N]. 人民日报, 2014-12-18(3).
- [3] 罗丽. 论土壤环境的保护、改善与风险防控[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2015, 17(6): 124-128.
- [4] 刘玮宁, 张炜哲. 3 亿亩地遭重金属污染广东仅一成耕地幸免[N]. 羊城晚报, 2011-10-12.
- [5] 国务院. 国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知: 国发[2016]31号[A]. 2016.
- [6] 国家生态环境部. 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(报批稿)[A]. 2018.
- [7] 刘凤枝, 马锦秋. 土壤监测分析实用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [8] 国家环境保护部, 农业部. 农用地土壤环境管理办法(试行): 部令第 46 号[A]. 2017.

- 物学报, 2004, 12(3): 285-290.
- [9] 李朝苏. 植物生理生化实验方法[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [10] 徐勤松, 施国新, 杜开和. 镉胁迫对水车前叶片抗氧化酶系统和亚显微结构的影响[J]. 农村生态环境, 2001, 17(2): 30-34.
- [11] 严重玲, 洪业汤, 付舜珍, 等. Cd、Pb 胁迫对烟草叶片中活性氧清除系统的影响[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 488-492.
- [12] 铁柏清, 袁敏, 唐美珍, 等. 重金属单一污染对龙须草生长与生理生化特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 99-103.
- [13] BASSI R, SHARMA S S. Proline accumulation in wheat seedlings exposed to zinc and copper[J]. Phytochemistry, 1993, 33(6): 1339-1342.
- [14] 刘登义, 谢建春, 杨世勇, 等. 铜尾矿对小麦生长发育和生理功能的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 126-128.
- [15] 储玲, 刘登义, 王友保, 等. 铜污染对三叶草幼苗生长及活性氧代谢影响的研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 119-122.

科技论文写作规范——结果

利用图、表及文字进行合乎逻辑的分析。务求精练通顺。不需在文字上重复图或表中所具有的数据, 只需强调或阐述其重要发现及趋势。