

农田土壤重金属污染: 严峻棘手的难题

自20世纪50年代日本出现的“水俣病”和“骨痛病”被查明分别由重金属汞和镉污染引起后,重金属污染问题引起了世界各国的普遍关注。由于土壤重金属污染具有隐蔽性、滞后性等特征,直到近些年,才引起政府和民众的广泛关注。2011年4月初,我国首个“十二五”专项规划——《重金属污染综合防治“十二五”规划》获得国务院正式批复,体现了国家对重金属污染防治的重视。2013年年初,《南方日报》刊发“湖南万吨镉超标大米流向广东餐桌”的文章引起了全国甚至全世界的关注;2013年底国土资源部公报了我国5000万亩耕地中重度污染调查结果,社会各界对土壤重金属污染关注达到顶峰。以“镉米”为代表的食品安全事件的暴发将深刻影响我国区域经济的发展和社会的稳定,威胁人体健康。然而,如何解决土壤重金属污染尤其是大面积的农田土壤重金属污染,是一个十分严峻且棘手的问题。

1. 农田土壤重金属持续累积趋势难以逆转,我国未来土壤重金属污染形势将会变得更加严峻。土壤是污染物的最终受体,大量水、气污染陆续转化为土壤污染,因而,在我国整体环境质量得以改善之前,土壤重金属污染持续累积趋势难以改变。以广泛关注的稻田镉污染为例,我国大多数地区稻田土壤镉输入通量都将大于其输出通量。据文献报道,我国平均大气镉沉降通量为4.0 g/ha/yr,按照双季稻每亩每年900 kg的产量计算,在符合我国对镉的限量标准0.2 mg/kg的情况下,通过稻米的输出通量为2.7 g/ha/yr。由于这一数值小于大气沉降输入,即使不考虑通过肥料和灌溉水等其他途径的输入,土壤镉浓度也将持续增加。考虑部分农业投入品中重金属含量过高,尤其是畜禽粪便以及工矿和冶炼厂周边地区的灌溉水源污染,问题将会更加严峻。土壤镉持续累积现象已在全球和我国很多地区得到证实。

2. 农田土壤酸化严重,降低了土壤植物重金属迁移屏障,使得土壤重金属污染形势更加恶化。大气酸沉降及大量使用氮肥致使我国农田酸化严重,土壤



酸化带来的直接影响是增加重金属在土壤中的活性致使其更容易被作物吸收,从一定程度上加剧了重金属污染的危害。这一现象对于稻米镉吸收影响更为显著。南方地区是我国稻米的主要产区,也是我国土壤酸化最严重的区域,这是如此多镉米产生的重要原因。

3. 农田土壤重金属含量具有很高的空间异质性,需要大量物力和人力来精准把握土壤重金属污染状况,进而采取针对性管理措施。首先,我国幅员辽阔,不同区域成土背景差异较大,导致了较高的土壤重金属背景值差异,如:我国土壤镉背景值内蒙古最低,为0.055 mg/kg,贵州最高,为0.659 mg/kg,相差达10余倍。即使在县域尺度,不同乡镇土壤重金属背景值也可能存在较大差异。其次,农田土壤重金属含量受多种因素影响,如距工业区、矿区和城镇区的距离、农业投入品的种类和用量、作物类型以及气候条件等,这些因素在空间上有较大的变异,也导致农田土壤重金属含量具有较高的空间异质性。

4. 农田土壤重金属含量与作物重金属含量之间线性关系较差,增加了粮食质量保障的复杂性。重金属在土壤-作物系统中的转移受多种因素影响,如土壤本身的特性、肥料类型和用量、作物类型、其他金属元素、伴随阴离子等,因而,土壤与作物重金属含量二者之间的定量关联较差。不超标土壤生产超标粮食和超标土壤生产不超标粮食的现象广泛存在,这给农田土壤重金属污染风险控制与管理带来了极大挑战。

5. 农田土壤重金属污染来源复杂且通量较小,准确识别污染源、建立来源清单、进行源头阻控难度大。农田土壤

重金属污染防治应立足于“防重于治”的基本方针,这需要准确识别污染源,以保护未受污染土壤或防止土壤重金属污染进一步加剧。除成土母质的差异外,区域工业发展导致的大气沉降通量增加以及耕作活动施肥和灌溉导致的外源输入,都可能是农田重金属污染的重要来源。由于不同污染的土壤重金属来源和积累过程的差异,准确判断与定量解析农田重金属来源具有较高的难度,需要良好的数据和技术支撑。在来源清单方面,由于土壤重金属输入通量较小,容易被忽视,如大气沉降镉通量监测通常以 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 为单位,数值很小,而这一单元要转化成常用通量单位 $\text{g}/\text{ha}/\text{yr}$ 需乘以 3.65×10^{12} 。此外,如何建立农田输入源与区域直接排放源的关系,也是棘手的问题。

6. 农田土壤重金属污染修复难度大,重金属超标农田安全利用面临巨大挑战。发达国家耕地资源丰富,对超标耕地一般采取休耕等方式,使其自然恢复后再农业利用。然而,我国耕地资源十分紧张,重金属超标土壤比例大,如何安全利用或修复那些重金属超标的农田,是个难题。目前,有多种技术可供选择,包括物理、化学、生物的修复技术。对被重金属轻度、中度污染的农田而言,如何筛选、综合各种修复技术,并耦合科学的耕作措施和适当的作物品种,建立经济可行的区域农田土壤重金属污染治理方案,并通过财政和政策支持进行推广,是一个综合性的问题且需要大量投入,应十分慎重。对于重度污染的农田土壤,在目前技术水平下难以通过有效的修复手段达到利用目的的,应禁止其农业利用。

总的来说,鉴于我国目前国情,农田土壤重金属污染防治任重而道远,政府应予以高度重视,科学家应加强相关科学研究,民众应予以理解。

文陈卫平

作者简介 中国科学院生态环境研究中心,研究员,图片为本文作者。

栏目主持人 关增建,电子信箱:guanzz@sjtu.edu.cn。

(编辑 王丽娜)