



关于建设土壤重金属污染 综合治理示范区的思考*

文 / 周桔 周建军

中国科学院科技促进发展局 北京 100864

【摘要】我国土壤重金属污染形势严峻。土壤重金属污染不仅对耕地与农产品质量构成严重威胁,还损害民众的身体健康,影响社会稳定。目前迫切需要根据我国区域土壤污染现状和污染特征,研发集成各类土壤重金属污染治理技术、材料和装备,以污染重、影响面大的矿山开采及其下游流域为治理单元,建设若干技术体系相对完备、示范效果比较突出的重金属污染连片综合治理示范区。通过综合治理技术的集成示范应用,大力提升土壤污染治理效率,探索产业化发展途径,并在全国同类区域推广应用,加速解决我国土壤重金属污染问题。

【关键词】 土壤,重金属污染,综合治理,示范区

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.Z1.013

近年来,我国土壤重金属污染事件频发,对生态环境、食物安全、国民健康等构成的威胁日益凸显。2014年4月由环境保护部和国土资源部发布的《全国土壤污染状况调查公报》显示,全国土壤环境状况总体不容乐观,部分地区土壤污染较重,耕地土壤环境质量堪忧。全国总体点位超标率16.1%,耕地点位超标率高达19.4%,湘江流域、珠江流域和长江中上游地区污染较重。

针对土壤重金属污染问题,国务院近期多次召开会议,布置防治工作,批复了《重金属污染综合防治“十二五”规划》,颁布了《关

于加快发展节能环保产业的意见》(国发〔2013〕30号)和《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》(国办发〔2013〕7号),明确提出了攻克污染土壤修复技术和加强试点示范的要求。2014年3月环保部审议通过了《土壤环境保护和污染治理行动计划》,并已提交至国务院审核颁布。建设土壤重金属污染治理试点示范工程,加强修复技术体系研究和推广应用,防控和修复土壤重金属污染,提高土壤环境质量,保障生态环境与食物安全,已成为国家重大现实需求。2015年《土壤污染防治法》已被列入十二届全国人大常

* 修改稿收到日期:2015年6月8日



中国科学院

委会立法规划,并制定了立法工作方案和工作计划。

我国土壤污染的科技研发和小型试验较多,但总体上成效不高,缺乏针对具体区域污染特征的技术集成和综合治理。根据现阶段我国土壤重金属污染治理现状,从国情出发,理清我国土壤重金属污染修复治理战略思路,设立有限修复治理目标,选择危害严重、影响较大的污染流域或县(市)域为典型区域,以成熟技术成果的规模化工程示范为切入点,以污染土壤的安全利用为目的,将经济和生态效益统一,“一区一策”、“分类分级”设计污染修复技术体系,建立国家级重金属污染土壤修复技术综合性试验示范区。在示范区内创立土壤重金属污染修复技术转化应用平台,突破个性技术,推广共性技术,进行关键技术创新与技术体系集成,为全国树立典型。

1 我国土壤重金属污染特征

(1)污染成因与分布。土壤重金属污染来源有金属矿山开采冶炼、化工工业生产、重金属农药化肥施用以及自然地质背景值等,其中有色金属矿业采选和冶炼所排放的含重金属的废气沉降和废水灌溉,或因废渣等固体废料溶蚀扩散进入土壤等,是重金属污染的主要途径。矿冶活动导致周边及下游江河沿岸土壤重金属大量积累,在地理空间上沿重有色金属矿冶活动地区呈流域性或典型区域性分布。我国土壤重金属污染区域主要相对集中于云南、贵州、广西等西南地区,江西、湖南等中南地区,以及珠三角地区和长三角地区等。

(2)污染类型。这些典型区域重金属污染类型多样,主要以镉、砷、铅、铜、铬、汞等为主,不同区域间又呈现一定的差异性。整体而言,以镉-铜、砷-镉-铅等为主的多金属复合污染,是代表我国大部分国土面积的土壤重金属污染类型。

2 我国土壤重金属污染修复治理存在的问题

(1)治理示范规模小、试点少。目前,国内不

同部门在土壤重金属污染修复治理技术多是小规模的试验性示范,不足以有效遏制土壤重金属污染的恶化趋势,将其实际应用推广需要进一步示范实践。只有建设大规模的连片治理综合示范,方能充分体现土壤重金属污染治理的技术发展趋势与社会推广前景。

(2)缺少符合我国土壤重金属污染特征的“分类分区”治理技术模式。我国土壤重金属污染区域特征明显、土壤属性差异大,重金属污染物类型多样,污染治理技术与模式在不同区域、不同污染物类型及土地利用方式上实用效果差异度显著。只有建设具有区域代表性的综合治理示范区,方能充分展示土壤重金属污染修复“一区一策”的治理理念。

(3)土壤重金属污染修复技术工程化、技术(装备)产业化亟待加强。国内现有的土壤重金属污染修复治理技术缺少产业化目标,缺乏跨部门、行业(包括企业)的联动,难于形成低成本、环境友好型、具有市场竞争力的土壤修复产品、易操作性的技术和设备。亟待通过综合示范区建设,加强对重金属污染土壤修复技术与模式的工程化程度,体现技术的明确工程指标,推动修复治理技术和机械设备的配套与可植入性。

3 建设土壤重金属污染综合治理示范区

从我国土壤重金属污染特征和治理技术问题出发,理清我国土壤重金属污染修复治理战略思路,以污染土壤的安全利用为目的,将经济和生态效益统一,分区、分类、分级设计污染土壤修复技术体系,建立我国不同区域重金属污染土壤修复治理技术综合治理示范区。

选择危害严重、影响较大的国家重金属污染防治重点区域内的污染流域或涉重工矿企业周边区域或县(市)域为典型示范区域,在已有治理工作基础上,联合相关力量,进一步研发和完善土壤重金属污染修复技术,开展集成创新,形成因地制宜的修复技术体系和科学合理的治理模式,建设土壤重金属污染大规模连片治理示范样板。通过

综合示范区建设,展示实用技术,积累应用经验,以点带面,在同类区域大规模推广应用。

3.1 示范区整体思路

根据我国土壤重金属污染的主要特征,以污染重、影响面大的矿山开采及其下游流域为治理单元,示范区内设立合理修复治理目标,依据流域内污染类型和污染程度“分类分级”设计污染修复综合技术体系,示范区由连片的村庄农田组成,示范规模在万亩以上。示范区内以污染土壤的安全利用为目的,将经济和生态效益统一,开展符合区域污染特征的污染土壤治理技术集成示范,修复途径为“控源、降活减存”。通过对矿山开采和尾矿库区等污染源头进行控制,加强资源化利用,阻止砷、镉、铜、铅等主要重金属污染物向周围及下游扩散,防止产生新的污染,即为“控源”。同时对流域内污染覆盖区域,尤其对民生影响严重的农田等进行大规模连片污染土壤修复,降低重金属在土壤中活性和迁移性,从而降低其对动植物的毒性与可食部分的积累量,并进一步消减土壤中重金属的存量,即为“降活减存”。最终实现清洁土壤、恢复土壤生态功能的目的。

3.2 示范区主要示范内容

(1)“分区、分类、分级”治理的关键配套技术。针对土壤类型、土地利用方式、作物种类与植被类型和水文条件等不同地理背景下不同种类的重金属元素,结合国土、环保和农业等部门的区划部署,按照不同区域、不同污染程度,进行修复治理的关键技术集成示范,将修复药剂、制剂、菌剂、化学稳定剂和诱导剂等修复剂产品,超富集、强耐性、低积累修复植物或作物的品种选育与规模化栽培,以及相关设备装置等组成完整的关键与配套技术,通过示范不断优化完善,是土壤重金属污染修复治理的关键。

(2)覆盖控源-阻断-治理全污染链条的完整技术体系。重金属污染区的治理是源头控制、扩散路径截断、水气综合治理和土壤修复的控制全过程。单纯进行土壤治理只可能是“边治理、边污染”,难以达到治理的预期目的。重金属污染治理需要具备对应全污染链条各环节的完整技术体系:在源头上,发展废气、废水、废渣的处理技术;在路径的截断方面,结合工程措施发展污染阻断和拦截技术;在土壤治理方面,应针对污染区的不同土地利用类型,开展修复技术示范。

(3)支撑工程化、规模化和产业化的土壤清洁与安全生产技术。实现连片重金属污染土壤的清洁与安全生产,需要相关技术的工程化、规模化和产业化,包括修复药剂和修复植物种苗的规模化生产、修复设备的放大,以及修复材料喷淋、混翻机械和修复植物的安全处置与资源化设备研发等。修复机械与装备的研制是实现修复技术大规模推广的重要因素,这方面的相关技术在我国尤为薄弱。

(4)成套高效经济的重金属钝化、去除技术与修复过程中资源化和无害化处理技术。我国农田土壤重金属污染治理需研发切合我国当前污染现状和污染区经济与社会现状的经济适用技术,主要包括去除修复和钝化稳定等修复成套技术。修复技术需充分利用当地资源优势,实现以废治废;在修复技术规模化推广后,还需对修复工程中产生的废水、废气、有毒植物等进行无害化和资源化处置,发展相关处置技术。

(5)因地制宜发展修复产业。土壤修复过程带动当地产业发展,是修复技术推广的动力。在中科院广西环江重金属污染土壤修复示范工程中,修复土壤面积1200余亩,筛选桑树、甘蔗等非粮作物与超富集植物蜈



中国科学院

虫草间种,利用修复土壤发展桑蚕产业,农产品和蚕丝重金属含量符合国家饲料和纺织标准和要求,每亩创收超过1 500元,解决了当地6 000余人的生计问题。

(6)建立污染土壤规模化工程修复的管理体系、规范和评价标准。基于“污染源头控制-污染物扩散阻断-土壤修复”的全过程工程管理,涉及施工设备安全性、药剂的管理与安全使用、修复过程中二次污染的控制、地下水和空气的动态监测等各项管理规范。结合污染土壤的生态效应评价和快速污染诊断设备,需对不同典型污染区土壤修复建立从污染物总量到有效性的联合评价标准体系。

3.3 示范区建设选点

(1)选点依据。我国土壤重金属污染主要集中于西南、中南、长三角和珠三角等地区。国家土壤重金属污染治理“十二五”规划确定了广西、湖南、江西、广东等14个重点省区作为重金属土壤污染重点防治地区。同时,这些地区也是国家粮食等农产品的主产区。中科院等在上述地区长期开展过修复技术试验研究,针对西南、中南、珠三角以及长三角等地区土壤特征、种植习惯、重金属类型和污染程度等特征,选择了部分典型地区,开展了土壤重金属污染修复相关的去除、钝化、农艺调控、功能制剂、装备制造等共性关键技术和一般配套技术的小范围试验示范,建立了小规模的技术研发团队和平台,为大规模推广应用奠定了良好基础。

(2)示范区域。根据上述依据,结合《土壤环境保护和污染治理行动计划》等国家和部门的土壤重金属治理规划,建议在污染严重、影响较大的污染流域或涉重大型矿冶企业周边区域设立万亩级的综合治理示范区,如:广西环江流域土壤砷镉污染修复示范区、江西贵冶周边及乐安河流域土壤镉铅铜锌污染修复示范区、湖南湘江流域土壤镉铅污染修复示范区、长三角太湖流域土壤铜锌镉铅污染修复示范区、珠三角珠江流域土壤铜锌

镉铅污染治理示范区等。

4 关于代表性综合示范区的建议

(1)广西环江流域重金属污染土壤治理修复示范。以广西地区砷、镉等污染土壤为对象,针对农田重金属污染修复的工程化设计和经济合理的修复模式需求,研发相关的污染土壤植物修复技术、修复剂生产技术、超富集植物的组培繁殖、土壤重金属现场监测技术与设备、含重金属物质安全焚烧技术。研发针对提取土壤中的砷、镉等重金属的超富集植物萃取修复技术及其物化强化技术,研发利用超富集植物提取土壤重金属、促进经济作物生长的间、套作修复模式,研发利用钝化剂降低重金属活性钝化修复技术,研发针对减少重金属进入农作物可食部位的植物阻隔技术,开展土壤重金属治理的全产业链清洁生产与植物安全种植技术示范。

(2)江西贵溪冶炼厂周边区域及乐安河流域镉铜污染农田土壤修复治理技术示范。以涉重大型工矿企业周边及流域内铜、镉等重金属与含硫、氟等酸性物质叠加污染土壤为对象,开展污染土壤重金属含量物理调节、化学调理技术研发,开展无机修复剂、有机-无机复合调理剂等土壤镉铜污染钝化技术,以及超耐性、超富集植物选育以及综合农艺管理等配套技术研发,开展针对调理污染土壤重金属介质环境的“物理调节-化学改良技术”研发,针对降低污染土壤重金属铜和镉总量或有效态含量的“物理化学-植物/生物联合技术”研发,针对土壤生态功能恢复的“调理污染土壤介质环境-消减土壤重金属铜和镉浓度-联合生物及农艺管理技术”研发,开展轻度、中度、重度重金属污染土壤的“物理-化学-生物”联合修复技术示范。

(3)湖南湘江流域重金属污染土壤的农业安全利用与技术集成示范。选择湖南省湘江流域等重金属污染土壤典型区域建设示范区,研发针对流域镉、铅、砷等重金属污染土壤的消减重金属含量的功能复合肥、降低重金属活性的复合钝化剂、强耐与低积累重金属水稻新品种选育、强耐重金



属经济作物栽培等技术,针对轻度污染农田农艺综合调控的科学施肥与田间水分管理技术,针对中度污染原位钝化修复技术的复合钝化剂产品,针对重度污染区污染土壤的种植制度调整技术,开展稻米降镉技术模式的示范。

(4)长三角太湖流域土壤重金属污染修复治理示范。以水网密集地区铜、锌、镉、铅等重金属污染土壤为对象,研发针对减弱重金迁移性的重金属固化技术,研发富集植物的育苗、移栽、密植以及土地深松与平整技术,研发针对田间科学管理的田间肥料选择施用、水分管理以及农艺调控技术,针对减少修复过程中二次污染的有毒修复植物的安全焚烧装备和污染物控制技术,研发针对增加重金属富集的不同重金属富集植物的套种技术、锌镉超富集植物伴矿景天-镉低积累水稻轮作模式与技术,研发针对减少农作物对重金属的吸收和积累的修复植物与农作物套种技术,开展针对不同污染程度的土壤重金属污染治理示范。

(5)珠三角珠江流域土壤重金属污染修复治理示范。以镉、铅、锌等重金属污染土壤为对象,研发针对不同“控源-调理-品种选育-农艺管理”农田污染源修复技术体系,研发污染尾砂安全填埋技术,研发针对调理污染土壤酸碱度的调理剂技术,研发针对不同污染程度的重金属钝化剂和土壤修复剂以及相应的生态喷播技术,研发污染土壤修复区域的植物群落构建、生态恢复技术、风险评估与控制技术,并研发针对不同污染类型的抗性修复植物选育技术,全面开展污染土壤的植物安全种植与土壤安全利用技术示范。

5 预期效果

通过5—10年左右综合修复治理,在我国西南地区、中南地区、珠三角和长三角等

典型污染区域,初步建成若干个技术体系完备、示范效果突出的重金属污染治理示范区,形成万亩级规模的重金属污染耕地示范样板。通过综合治理技术的示范推广应用,促进这些地区环保产业的发展并产生可观的经济效益。

据中科院在江西试点示范效果分析,中度和轻度污染土壤修复后,种植业可以安全利用,单位面积粮食(水稻)产量可以提高10%以上,寸草不生的重度污染土壤修复后可以种植非食物链作物,产生一定经济效益。依据利用方式,年均每亩产值可达1 000—2 000元。据不完全估计,我国受镉、砷等重金属污染的耕地土壤面积约1.5亿亩,约占全国耕地总面积的8%,我国每年因土壤污染而减产粮食约100亿公斤,另有120亿公斤粮食受污染,二者之和直接经济损失200多亿元。全国重污染土壤治理修复后,每年可为国家增加粮食100亿公斤产量,而且还提高产品质量,增强区域农业和农村的可持续发展能力,产生更优的环境和社会效益。增加我国农产品的竞争力等。另外就土壤修复产业而言,“十三五”期间国内市场规模将超过1 000亿元,通过综合示范区建设,提升修复剂产品及配套技术水平,形成高效合理治理模式,若降低修复成本25%—30%,近期就可节省成本250亿—300亿。

总体上,我国土壤重金属污染问题日益突出,建立土壤重金属污染综合治理示范区是有效缓解土壤重金属污染的重要途径。目前我国已具备了开展大规模土壤重金属污染治理的技术条件,环保部、国土部、农业部、中科院等国家有关部门共同努力,在我国土壤重金属污染防控和治理方面发挥引领作用,促进我国土壤重金属污染现状的根本好转,助力我国经济社会绿色发展和生态

文明建设。

参考文献

- 1 环保部,国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报. 2014.
- 2 中国科学院学部. 我国土壤重金属污染问题与治理对策. 中国科学院学部咨询报告. 2013.

- 3 陈同斌,雷梅,杨军,等. 关于重金属污染土壤风险控制区划的研究与建议. 中国科学院院刊, 2014, 29(3):321-326.
- 4 周静,崔红标. 规模化治理土壤重金属污染技术工程应用与展望——以江铜贵冶周边区域九牛岗土壤修复示范工程为例. 中国科学院院刊, 2014, 29(3):336-343.

Establish Demonstration Zone of Comprehensive Harnessing for Heavy Metal Contaminated Soil

Zhou Ju Zhou Jianjun

(Bureau of Science & Technology for Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China)

Abstract The serious soil heavy metal pollution in China has not only posed great threat to the safety of arable land and agricultural production, but also become a social problem due to the potential harm to human health. It is essential to develop and assemble a series of technologies, equipment, and materials against different pollution scenarios based on regional pollution situation and soil pollution characteristics of China. It is also suggested to set up several regions for comprehensively demonstrating the relatively complete technique system in the mines and their downstream zones with heavy and broad pollution. These contiguous demonstration regions will promote the technology transfer and industrialization exploration of soil remediation, and further speed up the comprehensive solution for soil heavy metal pollution in China.

Keywords soil, heavy metal contamination, comprehensive remediation, demonstration zone

周桔 中科院科技促进发展局资源环境处处长, 1974 年出生, 博士。E-mail: zhoju@cashq.ac.cn

Zhou Ju, Ph.D. born in 1974. Currently, he serves as the director of Resources and Environment Division, Bureau of Science & Technology for Development, Chinese Academy of Sciences. Email: zhoju@cashq.ac.cn