

农田重金属污染防控思路与技术对策研究

翁伯琦¹, 刘朋虎², 张伟利¹, 黄颖¹, 王义祥¹

1. 福建省农业科学院农业生态研究所, 福建 福州 350003; 2. 福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002

摘要: 农田土壤重金属含量是否超标或者造成污染, 直接关系到农产品质量安全、人类和动物的健康。有效地防控农田土壤重金属污染, 无疑是耕地土壤质量的内容, 也是一个重要的评价指标。文章综述了农田土壤重金属污染的特点, 分析了建立预警预测体系的重要性和当前造成预警预测体系建设滞后的原因, 提出重点从科学制定规划, 实施优化布局; 组建骨干队伍, 实施项目带动; 完善顶层设计, 实施集成配套; 依靠科技创新, 实施集成推广; 完成组网建库, 实施资源共享等 5 个运营与管理环节抓好农田重金属污染预警预测系统的构建。同时从实际应用角度, 研究并提出了农田重金属污染的防控思路与主要技术对策。具体包括 5 个方面: 一是研究并完善农业产地重金属评价方法与技术体系; 二是研究并完善农业产地重金属污染的物理防控技术; 三是研究并完善农业产地重金属污染的化学防控技术; 四是研究并完善土壤重金属含量阈值及安全利用技术; 五是研究并完善农业产地重金属污染的生物防控技术。力求为构建与完善农田土壤重金属污染预警预测体系以及有效实施防控提供参考和借鉴。

关键词: 农田土壤; 重金属污染; 防控; 技术对策

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.07.026

中图分类号: X53

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2015) 07-1253-06

引用格式: 翁伯琦, 刘朋虎, 张伟利, 黄颖, 王义祥. 农田重金属污染防控思路与技术对策研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7): 1253-1258.

WENG Boqi, LIU Penghu, ZHANG Weili, HUANG Ying, WANG Yixiang. Ideas and Countermeasures Research on Heavy Metal Pollution Prevention and Control for Farmland [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(7): 1253-1258.

万物土中长, 土洁方可净。清洁的土壤对人类的生存与发展是至关重要的, 其不仅关系到粮食生产的数量质量和质量安全, 而且关系到整个生态环境的健康状况。众所周知, 农田是植物生长的重要载体, 农田土壤的健康状态如何? 直接决定了食品安全与绿色程度的水平高低。农田土壤如果受到污染, 人们赖以生活的“米袋子”、“菜篮子”必然会受到严重影响。联合国秘书长潘基文曾指出, “没有健康的土壤, 地球上的生命则不可持续”、“土壤是一种难以再生的自然资源, 对于可持续土壤管理, 人人都应予以重视”。毫无疑问, 土壤环境质量的保护已经成为世界性的重大生态问题(王玉军等, 2014)。目前, 我国许多农田土地受到了各种污染的威胁, 耕地受到中、重度污染的面积约 5 000 万亩, 很多地区土壤污染带来的生产生态方面的风险已经十分严重。2014 年 4 月, 国家环境保护部、国土资源部《全国土壤污染状况调查公报》显示, 全国土壤总的超标率为 16.1%, 耕地土壤点位超标

率为 19.4%, 其中无机污染物超标点位占全部点位数的 82.8%, 而镉的点位超标率为 7%(国家环境保护部, 2014)。不言而喻, 土壤污染必须引起人们高度关注, 同时必须有效的措施加以防控。

1 农田重金属污染的特点与预警滞后原因分析

土壤重金属污染一般是指人们在生产等活动中使微量金属元素进入土壤, 致使其在土壤中的含量超过背景值, 并引起农田生态环境状况恶化的现象。防控土壤中的重金属污染, 必须强化预警与预测工作, 力求做到以防为主, 防控结合, 着力减少污染面积与危害程度。众所周知, 主要粮食产量与农业产品来自土壤, 进而土壤质量与粮食安全及食品安全密切相关。如何切实有效地保育农田耕地与维护土壤质量, 无疑是我国农业与农村可持续发展的重要举措。然而, 有数据显示, 我国每年因重金属污染而造成粮食重金属含量超标的数量高达 1 200 万 t, 相当于 4 000 万人一年的口粮, 造成的

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAD14B15; 2012BAD14B03); 福建省科技重大专项(2012NZ0007); 福建省农业科学院创新团队项目(CXTD1-05)

作者简介: 翁伯琦(1957年生), 男, 研究员, 博士, 研究方向为生态农业技术与农业生态经济。E-mail: wengboqi@163.com

收稿日期: 2015-05-22

经济损失超过200亿元(黄占斌等, 2012)。近年来农田污染特别是重金属污染呈现扩展之势, 其不仅已经成为影响我国粮食生产与食品安全的不稳定因素, 而且土壤中重金属在一定条件下, 可能被植物吸收, 并在植物组织、器官中凝聚而进入食物链, 危害人类的健康(顾继光等, 2003)。为此, 如何强化土壤重金属污染的预警与防控, 则必须引起高度重视与积极应对。

就农田土壤重金属污染现状来分析, 其主要呈现4个明显特点。一是矿山开采与工业排放成为主要污染源。纵观国内外近代工业和城镇建设发展历史, 污染总是工业生产、矿山开发、城镇建设等方面的伴生物。尤其是处于经济高速发展时期, 科学规划、环保政策、生态意识、防控措施、科技应用等都尚未完全到位, 甚至部分地区还存在严重脱节的现象, 造成农田土壤重金属的扩展。就此, 切实搞好源头治理是关键环节。二是自然因素与人为影响成为主要驱动力。很显然, 水和风是污染物质由点源污染转化为面源污染的驱动力。风可以携带含有重金属的尘埃, 使距污染源一定范围内的农田受到不同程度的污染; 水可以携带山区矿山的尾矿等污染物到达平原农业田区, 使农田遭受污染。据有关资料显示, 全国年污水排放量超过60亿t, 超标的污水灌溉必将引发大面积土壤重金属污染, 其对农业生产的不良影响是显而易见的(曹心德等, 2011)。三是污染面积的不断扩且污染程度加重。据相关统计数据分析表明: 矿山周边、工厂附近、城镇周围、公路两侧等经济活动和人活动密集的区域, 几乎都受到不同程度的污染, 并且呈现了经济越发达地区的周边农田, 其重金属污染则越严重的趋势(蒋先军等, 2000)。四是交叉污染与复合集成使治理难度加大。重金属物质在大气、地表水、地下水、土壤、作物等系统间相互交叉污染, 其成分复杂而且途径交错, 难以区分内在机理与变化规律, 这为基础研究增加了许多难度。至今全国尚未对农田重金属污染进行严密监控和实时预警, 也未采取最为严厉的农田保护措施。不言而喻, 农田土壤重金属污染扩展, 必然会使城乡区域的居民健康与农牧生产安全受到威胁。

如何做好防控工作? 重点工作之一就是要着力构建农田土壤重金属污染预测预警体系。实际上, 农田重金属预警和预测研究是一项污染防治的重要基础工作, 其正确的评估与内在机理的阐明, 可为污染防治政策制定、治理技术实施和防护工程建设等提供科学依据(黄耀裔, 2009)。“十二五”期间, 国家农业与环保部门先后设立了若干个有关

重金属污染防治与治理的相关项目, 开展技术攻关与协同创新, 先后突破并解决了一些关键技术。然而, 我国目前还没有建立全国性的预警网络与长期运行的预测系统, 缺少对农田重金属污染现状和发展趋势的适时监控。

造成预警预测体系建设滞后的原因是多方面的, 但主要集中体现以下4个方面的原因: 一是资源共享渠道不畅。尤其是科研数据缺乏共享渠道。事实上, 科研人员积累了大量的数据, 但这些数据因各种原因无法汇集, 更难以实现资源共享平台构建, 而且科研人员之间也缺少互通渠道。尤其是不同层级的科研单位保存的历史土样因缺乏牵头单位与专项经费支持, 难以做到系统测试、数据分析, 从而更难以实现共享数据信息资源(杨苏才等, 2006)。二是科技创新相对滞后。目前对农田土壤重金属污染预警和预测的研究不够, 很多人热心于单纯理论研究, 对于防控热点与治理难点研究则开展较少, 尤其是对国家迫切需要解决的生产技术难题以及研发便捷实用产品缺乏紧迫感, 更缺少创新研究。为此要注重基础性理论与实用性技术研究紧密结合(周启星等, 2014)。三是信息综合分析不够。普遍存在重监测轻数据挖掘应用的现象。长期以来, 农业与地质部门科研人员积累了大量数据, 也建立了相应的数据库, 但存在只重视数据积累, 而轻视数据挖掘工作, 造成资源浪费(夏星辉, 1997)。四是科学规划相对滞后。尤其是缺少综合性的系统设计专家, 缺乏顶层设计与统筹协调。长期以来, 许多科研单位与高校都是围绕本单位的发展目标而开展研究工作, 缺乏国家需求层面上的科研协作与协同创新。许多科研院所与高校都是主要针对本领域开展研究, 呈现低水平重复, 缺乏宏观视野, 进而综合性的创新成果难以产生, 国家层面预警系统更难以构建, 许多优秀人才也难以脱颖而出。专家们呼吁要着力强化顶层设计与系统建设, 特别是要发挥协作攻关的效力, 力求在更高起点上瞄准国际研究前沿与国家实际需要开展有针对性的且有前瞻性的深入研究。

2 构建农田重金属污染预警预测系统及其思路

长期定位试验表明, 近年来我国耕地中重金属的累积已是客观存在的事实, 同时表现出农业集约化程度越高, 生产投入品用量越多的农田重金属累积量则在逐步增加(曾希柏等, 2010)。实践证明, 监测是防控的重要基础, 为此, 要着力构建全国范围或省级范围的农田重金属污染预警和预测系统。就运营与管理要求而言, 其必须要注重把握5个重

要环节：一是科学制定规划，实施优化布局。要从持续发展的高度来认识，着力建设好农田重金属污染预警网络和预测系统的重要意义，这就要求我们必须解放思想，更新理念。要以工业化管理理念与经营体制来建立预警网络和预测系统，用现代化的技术实现远程调控并实施监测、分析、处理等相关部分的有机结合，用信息化方式实现心件（Mindware）、软件和硬件的组装。创立项目研发与高效管理新体制，创建良好的科研环境和氛围。二是组建骨干队伍，实施项目带动。预警网络与预测系统是一个协同创新的载体与长期监测的平台，也是一个重要而复杂的系统工程。为此，要选好学术带头人或项目首席专家，这对于科研攻关与监测评估有重要影响。作为引领者则必须精通专业，同时有做过信息技术的研发工作，掌握多学科知识并具有很强的综合协调能力。三是完善顶层设计，实施集成配套。农田土壤重金属污染预警网络和预测系统的建立是公益事业，建议可参照公益技术研发中心的管理体制，由国家农业部主抓，各省农业厅，农科院共同参与，针对国家需求，明确各自的分工任务与职责，组织相关专家成立创新团队与工作平台，深入开展长期的技术研发与理论探讨。与此同时，国家与省级财政部门要保证充足的研究经费，专款专用，单列考核，明确目标，全力以赴，力求全面完成预警预测任务。四是依靠科技创新，实施集成推广。农田土壤重金属污染预警和预测系统构建，应建立在创新理论和方法之上，同时注重发挥高新技术有机组合优势，实现整个系统的配套组装，研制出实用的产品，力求为各级政府与农业管理部门服务。五是完成组网建库，实施资源共享。大量的检测数据是防控农田土壤重金属污染预警网络和预测系统建立的基础，应将各科研单位和科研人员的研究数据纳入到同一个系统中，便于开展全方位的、步调统一的研究。建立高标准的数据库，联网使用，共享资源，使其发挥更大的作用。

就农田环保而言，我国部分地区农田土壤重金属污染出现了进一步加剧的状况。主要表现在3个方面：其一是有的地区土壤原有重金属污染背景值本身比较高；其二是土壤酸化的加重提高了土壤重金属的活性，导致对作物生长的不利影响加深；其三是不科学的发展方式导致农田土壤重金属污染的加剧，而且这3个层次的情况常常是交集在一起，使其显得更加复杂，增加治理的难度。第一次全国土壤污染状况调查显示，全国土壤总的超标率达到16.1%，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，工矿业废弃地土壤环境问

题突出。如不加以严格的防控，其无疑将对生态环境、食品安全和身体健康形成严重影响。从理论上认识，土壤重金属污染防控或治理，要注重科学的方法，要注重运用适合的技术。常言道“寸土难移”，同理而言，要让每一污染土地恢复如初，是要花费一番功夫，特别是花费大量的人力、财力和物力，有些土壤一旦造成污染几乎是不可修复的。与城镇建设用地、工业发展用地污染相比，农田土壤污染成因更加复杂，影响面更广，治理难度也更大。对染污面积较大且主要以中轻度为主的重金属污染农田而言，其修复技术与方式的选择则必须充分考虑农业生产方式和开发类型，同时要统筹兼顾有效性、经济性和推广性。

建立防控体系，其主要的工作在于树立防控重于治理的基本思路。要调查并明确重金属在“土壤—作物”之间迁移转化的主要影响因素，科学地加以辨别并分析污染的主要来源，从而科学合理地制定有效防控措施。一般来说，重金属污染程度的不同来源于积累过程的差异，不同重金属种类在土壤中的存在形态与其有效性也存在差异，因此呈现出来的生物活性、有害性和迁移特征也不尽相同，甚至差异很大（白玲玉等，2010）。建立预测预警体系，则要求无论是在宏观还是微观层面，都要探查出具有典型产地环境污染特征的区域，对产地周边环境的土壤、水体、空气等方面重金属污染状况进行重点监测，定期排查并列出主要污染物清单，同时定量分析污染危害程度，从而科学制定产地环境分类管理标准与源头防控技术措施（周东美等，2014）。

在作物实际生长的农田环境中，土壤受制约的因素是多元的，其赖以生存的土壤、水分等条件不断变化、情况复杂，建立有效模型则是描述其变化情况的一种直观方法。同时与多因子分析、聚类分析、相关性分析等统计学空间分析方法相结合，从而为科学识别土壤重金属主要污染源提供技术支撑。遥感、地理信息系统、卫星定位等空间信息技术的发展，可以实现土壤、水源、植物等大量数据采集，为农田土壤与作物生产之间关系的空间建模奠定基础，开发出基于不同种类农产品的重金属污染的分类管理信息系统与农资减量化施用技术，同时核算重金属在农田土壤系统中的污染通量，建立适于预测预警的迁移转化模型。有研究认为：建立农田土壤重金属污染预警预测体系，有利于土壤负载容量管控法的实施（王玉军等，2015）。就实践意义认识，土壤重金属负载容量管控法是指在土壤环境质量保护和农产品清洁生产过程中土壤重金

属负载容量的全过程监测和控制方法。土壤重金属负载容量管控体系包括必要性、可能性、合法性、操作性。它与标准管理法的差别在于其是实施立体的、全方位的过程控制并实行总量控制。同时负载容量管控法可以发挥责任主体的主观能动性,即使在目前尚未获得超标或者污染界定统一标准的情况下,都不会影响土壤重金属污染的防控技术实施。负载容量管控法可以针对特定对象,有其自身的临界值,有助于保障农产品安全。

3 农田重金属污染防控战略思考及其技术对策

俗话说:民以食为天,食以土为本。农田土壤对人类的生存、发展至关重要,其不仅关系到粮食数量与质量安全,而且与整个生态环境的良好程度关系密切。众所周知,农田是植物生长的重要载体,农田土壤的健康状态如何?直接决定了食品安全与农业绿色化水平的高低,有学者估测我国目前大约有20%以上的农田土壤受到重金属污染(曾希柏等,2007)。不言而喻,土壤污染必须引起人们高度关注,同时必须有效的加以防控。

(1) 研究并完善农业产地重金属评价方法与技术体系。利用当地土壤环境背景标准对土壤环境重金属污染状况进行评价,可以较好地分析和了解当地土壤重金属污染的状况与影响程度。许多专家提出了多种土壤重金属污染的评价方法,如内梅罗综合污染指数法、模糊数学法、地质累积指数法等,不同评价方法都是基于不同的评价目,有其不同的适用范围。要积极借助于先进的技术手段,如空间信息技术等,研究土壤重金属污染的有效方法及其适用条件,为科学、合理、准确评价土壤中重金属的污染程度提供有效方法。

(2) 研究并完善农业产地重金属污染的物理防控技术。对污染面积较大且主要以中轻度为主的重金属污染农田而言,其修复技术与方式的选择则必须充分考虑农业生产方式和开发类型,同时要统筹兼顾有效性、经济性和推广性。要如何有效的防控或治理土壤污染?实践证明:最直接且富有成效的方法就是工程技术措施。其技术模式主要包括客土法、翻耕混匀法、去表土法、表层洁净土壤覆盖法等。客土法(俗称换土法)是指受到重度污染的土壤要采取客土或换土的方法进行解决,但要注意的是换出的受污染的土壤应该进行妥善处理。客土法对重金属污染重、面积小的农田,特别是设施农业大棚内局部土壤重金属污染治理具有非常明显的修复效果,不受外界条件限制,治理效果比较彻底。稀释法(翻耕混匀)主要是指在污染土壤中加入大

量未被污染的土壤来降低重金属含量。去表土法是指将受到重金属污染的表层土壤清除,然后进行翻耕。深耕翻土地法(旋耕法)指针对污染程度较轻、土层较厚、面积较小的地块或者区域对土壤进行深耕深翻的方法。农田重金属污染工程治理技术由于涉及工程量大,费大高,一般只适宜于小面积且染污严重的土壤修复;对于大面积农田重金属污染修复不仅需要大量的人力、物力、成本高,而且容易引起农田肥力减弱,耕层破坏。

(3) 研究并完善农业产地重金属污染的化学防控技术。污染治理实践与深入研究表明,治理受重金属污染的土壤,还可以采用化学介入方法。例如人们成功使用的原位钝化修复技术则有一定的防控效果。钝化与活化是土壤重金属的主要化学修复途径,活化作用是通过物理化学方法提高重金属的可浸提性,通过植物吸收来降解农田土壤的重金属含量(沈建国等,1998),而钝化作用的主技术原理是通过调节土壤理化性质以及吸附、沉淀、离子交换、腐殖化、氧化-还原等一系列反应,将土壤中的有毒重金属固定起来,或者将重金属转化成化学性质不活泼的形态物质(例如形成某些活性比较稳定螯合物或者土壤团聚体等),可以降低其对生物侵害的有效性,从而阻止重金属从土壤通过植物根部向土壤上部的迁移变化,对受污染农田土壤进行治理的一种修复技术。其具有修复较快、稳定性好,费用较低、操作简单等特点,同时可以实现边修复边生产,尤其适用于修复大面积中轻度重金属污染的农田土壤。试验结果表明,土壤经钝化修复后,重金属铬、铅等有效态一般可降低30%~60%;农作物(稻米、蔬菜地上部)中铬、铅等钝等含量可降低30%~70%;一般土壤中铬、铅等稳定性可以持续2~3 a。郑煜基等(2014)研究发现施用硅肥可以减少作物对土壤中镉的吸收。另外,生物黑炭生物炭可以作为重金属污染土壤治理的备选改良剂(侯艳伟等,2014)。

(4) 研究并完善土壤重金属含量阈值及安全利用技术。就总体情况分析,目前农田重金属污染出现了由矿区向农区转移,由城郊向乡村伸延,由上游向下游转移的趋势,同时出现了重金属污染从水土链向食品链延伸的现象,这意味着农田重金属污染正由逐步积累的过程开始进入突发性、连锁性、区域性爆发的阶段,必须引起人们的高度重视。实践表明,土壤重金属超标与污染阈值制订及其农田土壤安全利用是至关重要的。很显然,要有效防控农田土壤重金属污染,必须注重多种方法联用与技术配套。其中农艺技术与水肥调控则有助于缓解污

染毒害的程度。农田耕作调控法主要包括水分管理、施肥调控、低累积作物品种替换、调节土壤 pH 值、调整种植结构等综合措施来控制与缓解农田重金属的毒害, 其合理应用可直接或间接达到修复农田重金属污染的目的。有研究表明: 水稻全生育期淹水, 可显著降低土壤铬有效态, 降低稻米中铬的吸收累积。在农田铬含量处于污染临界值附近或已受铬污染的土壤上, 应避免施用高量的酸性肥料如尿素、氯化铵、过磷酸钙以及其他酸性物料。在常用磷、钾肥中, 磷酸二铵和硫酸钾在铬污染土壤上施用更为适合。有试验报道: 镉在不同作物中的累积大小为: 葱蒜类>叶菜类>根茎类>豆类>茄果类>瓜类, 所以对菜地重金属镉污染, 可以通过调整农作物品种起到修复效果的作用。在农作物生长期中, 对作物茎叶表面合理喷施硒肥、锌肥或硅肥等微量元素肥料, 可以抑制或拮抗农作物对重金属镉、砷等的吸收累积。为了降低土壤砷的毒性, 一般可采用水田改旱地种植模式加以修复。但在镉砷复合污染下, 水田改旱地会增加铬对生物毒害的有效性。为此对镉砷污染农田治理需要统筹考虑, 以免在降低镉污染的同时, 却加重砷的污染。

(5) 研究并完善农业产地重金属污染的生物防控技术。实际上, 对矿区附近受污染的农田, 要重点防控, 递进设档, 合理导水, 适时轮作。同时要兼顾考虑土壤治理与植物修复技术的集成应用。有研究表明, 常用的土壤重金属污染修复植物为超富集植物, 所谓的超富集植物是指对重金属的吸收量超过一般植物 100 倍以上的植物, 积累 Cr、Co、Ni、Cu、Pb 一般在 $110 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 积累 Mn、Zn 一般在 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (干质量) 以上。其临界质量分数为铬 $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 锌、铅、铜、镍、钴均可达到 $800\sim 1\,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上; 而且作物土壤上部的重金属含量明显高于其根部的重金属含量。目前, 国内已知的重金属超富集植物包括: 砷超富集植物—蜈蚣草; 镉超富集植物—羊齿类铁角蕨、野生苋和十字花科植物天蓝褐蓝菜; 铅和锌—紫叶花苕, 锌、镉超富集植物—东南景天; 铜高累积植物—酸模草等。尽管植物修复技术有较好的效果, 但仍然要因地制宜的合理选用, 尤其要注重搭配使用。植物修复比较适应于中度重金属污染土壤, 但超积累植物通常矮小、生物量低, 生长缓慢, 修复效率低, 受不同地区气候环境等自然因素影响, 超积累植物在不同地区生长也受到影 响。尤其是随着年限的增加, 植物修复

效果也会下降, 而且会增加治理费用。为此, 必须因地制宜的统筹考虑修复植物的工业化应用的产品开发, 特别是无害化的可用产品开发至关重要, 力求做到既不影响环境, 同时又有一定的经济回报, 使之成就一个统筹治理与开发的健康产业, 以经济与生态利益的双轮驱动, 促进环保农业的持续发展。

参考文献:

- 白玲玉, 曾希柏, 李莲芳. 2010. 不同农业利用方式对土壤重金属累积的影响及其原因分析[J]. 中国农业科学, 43(1): 96-104.
- 曹心德, 魏晓欣, 代革联. 2011. 土壤重金属复合污染及其化学修复技术研究进展[J]. 环境工程学报, 5(7): 1441-1453.
- 曾希柏, 李莲芳, 梅旭荣. 2007. 中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J]. 中国农业科学, 40(11): 2507-2517.
- 曾希柏, 苏世鸣, 马世铭. 2010. 我国农田生态系统重金属的循环与调控[J]. 应用生态学报, 21(9): 2418-2426.
- 顾继光, 周启星, 王新. 2003. 土壤重金属污染的治理途径及其研究进展[J]. 应用基础与工程科学学报, 11(2): 143-151.
- 国家环境保护部, 国土资源部. 2014. 全国土壤污染状况调查公报[Z].
- 侯艳伟, 池海峰, 毕丽君. 2014. 生物炭施用对矿区污染农田土壤上油菜生长和重金属富集的影响[J]. 生态环境学报, 23(6): 1057-1063.
- 黄耀裔. 2009. 土壤重金属污染来源与预防治理[J]. 能源与环境, (1): 62-64.
- 黄占斌, 焦海华. 2012. 土壤重金属污染及其修复技术[J]. 自然杂志, 34(6): 350-354.
- 蒋先军, 骆永明, 赵其国. 2000. 重金属污染土壤的植物修复研究[J]. 土壤, 32(2): 71-74.
- 沈建国, 刘友良, 陈怀满. 1998. 螯合剂对重金属超量积累植物 *Thlaspi caerulescens* 的锌、铜、锰和铁吸收的影响[J]. 植物生理学报, 24(4): 340-346.
- 王玉军, 陈能场, 刘存. 2015. 土壤重金属污染防治的有效措施[J]. 农业环境科学学报, 34(4): 1-5.
- 王玉军, 龙文静. 2014. 我国农产品产地环境安全法规和政策的现状与展望[J]. 农业环境科学学报, 33(4): 617-622.
- 夏星辉. 1997. 土壤重金属污染治理方法研究进展[J]. 环境科学, 18(3): 74-75.
- 杨苏才, 南忠仁, 曾静静. 2006. 土壤重金属污染现状与治理途径研究进展[J]. 安徽农业科学, 34(3): 549-552.
- 郑煜基, 陈能场, 张雪霞, 等. 2014. 硅肥施用对重金属污染土壤甘蔗镉吸收的影响研究初探[J]. 生态环境学报, 23(12): 2010-2012.
- 周东美, 王玉军, 陈怀满. 2014. 论土壤环境质量重金属标准的独立性和依存性[J]. 农业环境科学学报, 33(3): 205-216.
- 周启星, 滕涌, 展思辉, 等. 2014. 土壤环境基准/标准研究需要解决的基础性问题[J]. 农业环境科学学报, 33(1): 1-14.

Ideas and Countermeasures Research on Heavy Metal Pollution Prevention and Control for Farmland

WENG Boqi^{1*}, LIU Penghu², ZHANG Weili¹, HUANG Ying¹, WANG Yixiang¹

1. Institute of Agricultural Ecology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350000, China;

2. College of life sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Farmland soil heavy metal content is excessive or cause pollution, is directly related to the quality and safety of agricultural products and human and animal health. Effective prevention and control of farmland soil heavy metal pollution, no doubt, is the content of the farmland soil quality, is also an important evaluation index. Reviewed in this paper the characteristics of farmland soil heavy metal pollution, the importance of establishing early warning and forecasting system and the reason of its delay is analyzed. Five operation and management links are proposed to conduct farmland heavy metal pollution early warning forecasting system construction, including implementing the optimal layout and the scientific planning and; forming the backbone of the team and promoting the implementation of the project; improving the top-level design and implementation of integrated supporting; relying on scientific and technological innovation and implementation of the integrated promotion; completing the network construction and implementing resource sharing. At the same time from the point of view of practical application, research and put forward the methods and main technical fields of heavy metal pollution prevention and control countermeasures. Specific include five aspects: one is to study and improve agricultural origin evaluation method and technology system of heavy metals. 2 it is to study and improve agricultural origin physical prevention and control technology of heavy metal pollution. Three is to study and improve agricultural origin chemical prevention and control technology of heavy metal pollution. Four is to study and improve the soil heavy metal content threshold and safety use of technology; Five is to study and improve agricultural origin biological prevention and control technology of heavy metal pollution. Strive to build and perfect the farmland soil heavy metal pollution early warning and forecasting system and effective prevention and control to provide the reference and reference.

Key words: farmland soil; heavy metal pollution; prevention and control; technical countermeasures