

脆弱性视角下耕地重金属污染区农户的多重风险与消减路径研究

郝亮¹ 汪晓帆² 李颖明³

1. 生态环境部环境与经济政策研究中心, 北京 100029; 2. 中国国土勘测规划院, 北京 100035;
3. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190

摘要: 采用世界粮食计划署提出的脆弱性分析框架, 对耕地重金属污染治理X试点区农户从风险因素、抵御风险的能力和社会服务体系三个维度进行分析。结果表明, 试点区农户面临不同层级多重风险叠加、风险抵御能力不足与社会服务体系不完善等三方面问题, 具有显著脆弱性特征。有鉴于此, 应从三方面构建降低脆弱性路径: 一是依据风险不同层级及紧迫性与严重性, 分近期、中期、远期三个阶段降低农户的暴露风险; 二是从技术培训、增加收入、主动维权三方面增强农户抵御风险能力; 三是通过推进土壤污染普查、提供多种方式补偿、增加对农户的关注、完善保险制度稳定社会服务体系。

关键词: 脆弱性; 农户; 风险; 消减路径; 耕地重金属污染

中图分类号: F321.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-3805(2019)01-0024-07 **收稿日期:** 2018-10-25

基金项目: 2018年度国家环境保护战略决策支持项目子课题“环境社会风险有序释放机制与案例研究”(2110105); 自然资源部土地利用重点实验室开放基金“中国耕地生态管护政策研究”(KLLU201802); 国家社科青年项目“基于融合理念的农业科技创新组织与管理模式研究”(18CGL004)

作者简介: 郝亮(1987-), 男, 生态环境部环境与经济政策研究中心助理研究员, 博士, 研究方向为环境社会治理。

引言

土壤污染具有复杂性、隐蔽性、滞后性和长期性等特点^①, 治理难度大, 目前已成为影响我国环境质量改善的突出短板之一。在土壤污染治理中, 若将土壤与污染物按用途和类型组合, 与治理模式较为清晰的城市棕地、污染者较易确定的矿山相比, 耕地污染治理面临更大挑战^②。在耕地污染治理中, 相比于治理化肥、农膜、农药等造成的有机污染, 重金属等无机污染治理因其周期长、投资大、见效慢而更为紧迫。

为降低土壤环境质量恶化对经济社会的影响, 2016年国务院发布《土壤污染防治行动计划》, 提

出2020年、2030年和本世纪中叶耕地土壤环境质量改善目标。2018年《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》中提出“扎实推进净土保卫战。加强耕地土壤环境分类管理, 严格管控重度污染耕地, 严禁在重度污染耕地种植食用农产品”。同时, 国家相关部委在湖南、广西、甘肃等省份耕地重金属污染区积极开展治理试点, 为全国范围内推广探索有益经验。目前来看, 无论是“土十条”提出的污染耕地安全利用的指导思想, 还是湖南世界首次大规模治理实践, 其实质均非对受污染耕地土壤彻底修复, 而是在成本、技术等约束条件下将重金属对农产品的危

^① 耕地污染治理的挑战主要在于其双重外部性: 一是污染治理具有典型的正外部性; 二是为保障粮食安全, 基本农田只能生产效益较低的主粮, 从这种意义上说具有一定的外部性。因此, 无论我国还是发达国家, 政府均为粮食生产者提供补贴, 较低的比较效益是耕地污染治理尚无成熟商业模式的重要原因之一。

害降至最低^②，是符合我国国情的最佳方案²¹。但因影响技术效果因素较多，目前X试点区稻米重金属含量虽大幅降低，但仍无法完全达标，治理成效受到社会质疑²³。

在此背景下，基于环境治理最终目的——保障国民健康出发，降低易受重金属影响群体污染暴露风险成为迫切的现实需要。对此，现有研究无法提供足够支持，目前相关文献主要集中于耕地重金属修复技术、修复基准、健康风险、政策措施及法律法规等方面⁴⁻⁸，对易受重金属污染影响的重点人群关注不足。毋庸置疑，试点区农户遭受耕地重金属污染危害及风险最大。鉴于此，本文以脆弱性为分析视角，通过对X试点耕地重金属污染区多次调研，识别试点区中农户面临的多重风险，分析农户风险抵御能力和社会服务体系存在的不足，提出降低农户脆弱性的相关建议。

一、脆弱性的内涵与分析框架

（一）脆弱性的内涵

脆弱性(vulnerability)，又称易受损害性，最早用于自然灾害研究，现广泛应用于气候变化、土地利用、生态环境、公共健康与可持续性科学等领域，扩展为包含风险、敏感性、适应性和恢复力等一系列相关概念的集合，成为连接自然科学和社会科学的重要纽带⁹。脆弱性在社会领域的研究重点主要为两个理论命题，即风险不平等与社会分化¹⁰。其中，风险不平等是指由于阶层、族群与性别等因素，使同一区域的个人、家庭和社区遭受的风险呈现不平等现象；社会分化是指如果社会资源无法有效且公平分配，弱势群体的脆弱性将会相对提升，容易引发社会冲突与政治斗争¹¹。本文采用世界银行对脆弱性的定义，即个人和家庭面临某些风险的可能，以及由于遭遇风险而导致财富损失或生活质量下降到某一社会公认水平之下的可能性。

（二）分析框架

学者对社会脆弱性概念、影响因素以及发生机制理解不同，现有分析框架差异较大。总体而言，可以归为三种视角：一是政治-经济学视角，包括压力和释放模型¹²、可持续生计框架¹³；二是社会-生态视角，包括地方-风险模型¹⁴、人-环境

耦合系统分析框架¹⁵；三是综合视角，包括BBC框架¹⁶、MOVE框架¹⁷。

选择分析框架应充分考虑研究对象特点及其面临的风险特征。基于此，本文依据农户和耕地重金属污染风险特征，采用综合视角下世界粮食计划署(WFP)提出的脆弱性分析框架。该框架认为脆弱性主要受三方面因素影响：(1) 风险因素。一般认为风险与脆弱性呈正相关关系，即风险越高，脆弱性越高；(2) 抵御风险能力。与风险不同，抵御风险能力与脆弱性呈负相关关系，即能力越强，脆弱性越低；(3) 社会服务体系。反映某一地区社会发展水平，地区社会发展水平越高，越有利于抵御各种风险；结合三者便可较为全面地反映研究对象的脆弱性¹⁸。

试点区农户作为受耕地重金属污染影响最大群体，无疑面临脆弱性挑战。本文借用WFP提出的经典分析框架，结合2015—2017年对X试点区多次调研，研究影响农户脆弱性的三方面因素：即风险因素、风险抵御能力与社会服务体系，并提出反脆弱性的具体路径。其中，调查问卷内容涉及农户年龄、受教育程度、主要收入来源及风险预防措施等方面，发放与回收工作依托XX市农业资源与环境管理保护站和农业科学研究所工作人员，以确保调查问卷有效性，样本农户分布详见表1。

1. 多重风险因素叠加。耕地重金属污染给不同社会阶层带来的风险不同。相比于城市消费者，试点区中农户面临多重风险，遭受威胁程度更高。一般来说，风险可以依据损失程度(相对预期收益)与发生概率划分为自留风险、市场保险与市场失灵3个层级¹⁹，如图1所示。其中，自留风险层级特点是高频率、低损失；市场保险层级特点是发生频率和损失程度相对居中；市场失灵层级特点是频率极低，一旦发生则会带来较大损失。此外，在调研过程中，发现试点区存在政府失灵现象。

环境污染风险。重金属会对耕地土壤微生物活性与种群产生影响²⁰。对重金属敏感的微生物活性会降低、种群数量会随之下降；反之，对重金属适应的微生物活性变化较小，种群数量将逐渐增加，

② 目前主流的做法是采取土壤的适度修复与种植结构调整相结合的方式，降低农产品中重金属含量。

进而改变耕地土壤微生物群落构成。重金属对农作物也会产生影响：一方面，重金属可以破坏农作物的组织和功能，降低农产品品质和产量。如镉会破坏叶绿素结构，降低光合作用；铜和锌则会损害作物根部，影响水分和养分吸收；另一方面，部分重

金属会突破土壤-作物屏障，在农产品中富集；此外，土壤中重金属经雨水淋滤与地表径流进入水体，再通过地表水体与地下水体交换污染地下水，威胁饮用水安全。一般认为，环境污染风险属于市场失灵层级。

表1 样本农户分布情况

	优先利用区	安全利用区	严格管控区	非试点区	合计
XX市	XX区XX镇XX村	XX县XX镇XX村	XX区XX乡XX村	XX县XXX镇XXX村	443
	111	108	104	120	

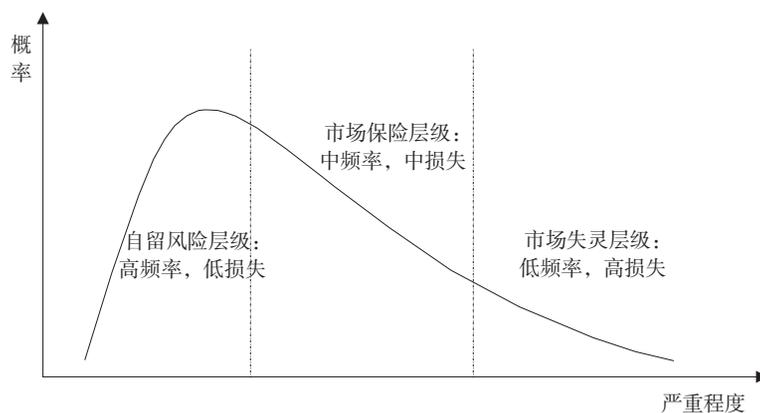


图1 不同风险层级的划分

经济收益风险。耕地土壤重金属污染通过两条路径影响农户经济收益：一是重金属污染降低耕地流转价格，二是耕地重金属污染会影响农产品销售。首先，随着耕地所有权、经营权、承包权“三权分置”改革的深入推进，流转耕地经营权将成为部分农户的首要选择。除耕地土壤肥力外，在流转过程中，承包方日益重视土壤环境质量，重金属含量超标将降低耕地流转价格；其次，随着国家对农产品质量安全监管力度加大及农产品信息追溯制度日益完善，企业必然会强化农产品质量管理，压缩不合格农产品市场空间。试点区农户若依然延续传统种植方式，农产品中重金属含量必然超标，无法获得正常价格，农户经济收益将会降低。综上，经济收益风险属于市场保险层级。

农户健康风险。为摸清污染区中重金属对当地农户的健康影响，2013年由国家食品安全风险评估中心牵头，广东、北京、湖南、江西、河南、江苏、上海等七省市疾控中心联合四川大学和中

科院计算机网络信息中心，开展为期三年的“稻米镉健康监护对策与食源性疾病预防技术”卫生行业科研专项。在2016年的“健康、环境与发展论坛”第九届年会上，来自湖南省疾病预防控制中心的专家披露该科研项目在湖南省的部分研究成果：尽管918个有效样本中仅26人出现“痛痛病”等实质性病变，但湖南镉暴露人群普遍出现慢性轻度及重度镉中毒现象，其中受检人群中慢性轻度镉中毒率高达79.09%；专家推断，可能是长期食用本地镉污染大米所致^[21]。通常来说，农户健康风险属于自留风险和政府失灵层级。

2. 风险抵御能力薄弱。试点区农户由于家庭禀赋、经济条件和社会话语权等因素制约，难以有效应对耕地重金属污染危害，风险抵御能力明显不足。

农户的家庭禀赋。2017年问卷调查结果显示，试点区农户风险防范意识普遍不强，仅32.3%的农户家庭购买农业保险，以应对市场保险层级的经济收益风险，大部分农户一旦遭遇风险，则无法

通过农业保险有效转移风险；从年龄结构来看，从事农业生产的劳动者主要为中老年。其中，年龄段为50~60岁和60~70岁的群体合计占比61.5%，偏大年龄降低其抵御风险的能力；从受教育程度看，受访者中小学文化占比36.6%，初中文化占比57.2%，高中文化占比5.8%，大专及以上文化占比仅为0.6%，受教育程度普遍偏低，影响其对风险的认知并采取有效措施抵御。

农户的经济条件。问卷分析结果表明，试点区农户家庭年收入最低者不足2 000元，最高者可达25万元，绝大多数农户家庭年收入不足10万元。从收入来源看，种植业收入占比仅为20%~30%，以打工收入为主，因此仅依靠农户根本无法对重金属超标的耕地实施修复。甚至当调研人员建议其改善饮食结构、减少食用自留稻米以缓释风险时，大多数农户表示没有多余资金购买主粮。

农户的社会话语权。从“镉大米”事件舆论爆

发可知，揭开XX地区稻米镉污染面纱的并不是最严重的受害者——当地农户。正如《镉米杀机》中报道，早在1986年当地稻米中镉含量就已超标^[22]，但由于农民缺乏社会影响力、不掌握话语权，存在30余年的风险并没有引发社会关注。在面临耕地镉污染和镉大米等风险时，他们难以通过行政、法律、媒体等渠道表达诉求，寻求帮助，以外力介入增强抵御风险的能力，只能将风险自留。

3. 社会服务体系不完善。截至目前，XX地区社会服务体系中专为降低试点区农户风险的举措主要为XX省农业委员会制定的《重金属污染耕地修复及农作物种植结构调整试点实施方案》，该方案从耕地环境质量分区^③、土壤适度修复、种植结构调整、控镉农艺措施落实及农户收益补损等方面管控耕地环境污染风险、农产品重金属超标引发的经济收益风险和农户健康风险及经济收益风险见表2。

表2 不同区域应对不同风险的管控措施

	优先利用区	安全利用区	严格管控区
环境污染风险	施用石灰与重金属钝化剂、深耕改土、种植绿肥、增施有机肥等	施用石灰、深耕改土、稻草移除等	施用石灰与深耕改土等
经济收益风险 农户健康风险	选种低镉水稻品种、优化水分管理、施用叶面阻控剂与微生物菌剂等	选种低镉水稻品种、优化水分管理等	将种植结构调整为蚕桑与花卉苗木等非食用农产品，并加强耕地用途监管
经济收益风险	对镉超标稻米采取“四专一封闭” ^④ 模式，并补偿利益受损的农户	对镉超标稻米采取“四专一封闭”模式，并补偿利益受损的农户	补偿种植结构调整过程中利益受损的农户

调研发现农户仍可能遭受健康风险。晚稻是试点区农户的重要主粮，相比于早稻，晚稻虽然口感更好但重金属超标更多；显然仅主粮一项，农户就存在日常摄入重金属的风险。可见，有限的社会资源在X试点中并没有公平分配，相比于消费者，农户脆弱性更高，长此以往，可能引发社会分化。此外，在宣传教育方面，试点区虽然开展过重金属污染防控的相关培训，但并未涉及饮食结构调整等保障农户健康内容。在医疗保障方面，农户一旦身患“痛痛病”等疾病，现有的农村医疗保障体系无法满足其就医需求，若自行承

担治疗费用，则大部分农户将因病致贫。最后，市场主体和社会组织由于种种原因在降低农户遭受重金属风险方面未能提供相关保障、履行社会责任。

二、降低脆弱性的路径分析

抵御风险主要有五种策略，分别为风险自留、风险缓释、风险分散、风险转移和风险应对，风险暴露主体可依据所属层级采取相应的应对策略，见表3。

具体来说，应对自留层级风险不需要通过制度或组织安排转移或分散风险，因为风险转移与

③《XX重金属污染耕地修复及农作物种植结构调整试点2017年实施方案》提出，依据米镉和土壤全镉两项指标可将试点区细分为优先利用区、安全利用区和严格管控区三类。其中，优先保护区的划分标准为米镉(中晚稻) ≤ 0.2 mg/kg且土壤全镉 ≤ 0.6 mg/kg；安全利用区的划分标准为米镉(中晚稻)0.2~0.6 mg/kg或土壤全镉0.6~1.5 mg/kg，米镉0.2~0.4 mg/kg且土壤全镉 ≤ 0.6 mg/kg为轻度，米镉0.4~0.6 mg/kg或土壤全镉0.6~1.5 mg/kg为中度；严格管控区的划分标准为米镉(中晚稻) > 0.6 mg/kg或土壤全镉 > 1.5 mg/kg。

④所谓“四专”是指对试点区的粮食实施专企收购、专仓储存、专项补贴、专用处置，“一封闭”是指超标粮食的封闭运行，确保镉超标粮食不流入口粮市场。

分散需要成本；对于市场保险层级风险，需要采取风险分散与风险转移策略。其中，风险分散策略是指在不改变风险事件发生概率和造成损失程度的情况下，将风险分散给不同主体或不同活动，从而使得每一个主体或活动承担的风险降低。由于保险机制是风险分散转移机制的主要形式之一，因而世界银行将这个层级称为市场保险层级；而风险转移策略是由不同主体对未来结果的判断和风险偏好的差异，且不同主体愿意承受的风险往往不同，故可将风险转移给愿意接受的一方；市场失灵层级的风险很难仅依靠市场机制分担，一般需要配合风险缓释等手段；政府失灵层级风险则需要克服市场失灵的基础上，再增加风险应对措施。

表3 不同风险层级的应对策略

风险层级	应对策略
自留风险层级	风险自留
市场保险层级	风险分散+风险转移
市场失灵层级	风险缓释+风险分散+风险转移
政府失灵层级	风险缓释+风险分散+风险转移+风险应对

(一) 降低农户暴露风险

考虑试点区当前实际，应依据农户遭受风险不同层级、紧迫性与严重性，分阶段采取应对措施，见表4。近期应以降低因自留风险和政府失灵导致的农户健康风险为目标，采取风险缓释、风险分散、风险转移、风险应对等多种应对策略。具体可从以下几方面着手：一是切断工矿企业等外源污染。调研发现，XX地区是著名的“有色金

属之乡”，历史上矿山与加工冶炼企业集中，该区域耕地污染的主要原因为重金属开采与冶炼。因此，提高行业污染排放标准、加大环境监管力度、切断农田重金属污染源对控制风险至关重要；二是增强农户耕地环境安全意识，采取绿色生产方式。研究显示，大量施用重金属超标化肥和有机肥，也是造成耕地重金属污染的重要原因之一^[23]，因此，试点区应积极落实化肥、农药零增长行动，同时确保农业生产投入品中重金属含量达标；三是对环境-作物-农产品实行系统风险管控，采取适当措施降低耕地重金属危害。例如施用重金属钝化剂或土壤调理剂，降低其危害；适当种植重金属高富集植物，减少耕地土壤重金属含量；净化灌溉与饮用水源，检测结果显示，试点区部分灌溉水源重金属超标，若其与地下水体发生交互作用将污染地下水，因此需加强对灌溉与饮用水体的监测，一旦发现超标应及时采取净化措施。落实种植结构调整方案与控镉农艺措施，降低农产品中重金属含量。同时建议农户丰富饮食结构与来源。

中期目标是在保障农户健康的基础上，以风险分散、风险转移为应对策略，从土壤-作物系统入手，继续通过土壤适度修复、种植结构调整和控镉农艺等措施，确保农产品重金属含量达标，降低农户经济风险。远期目标是通过风险缓释、风险分散、风险转移等手段彻底修复耕地土壤，在技术发展、治理模式成熟情况下，彻底修复重金属污染耕地，提升土壤环境质量，达到《农用地土壤环境质量标准》相关要求。

表4 降低农户暴露风险的阶段性方案

阶段性目标	风险类型	所属层级	应对策略与具体应对措施
近期	农户健康风险	自留风险 政府失灵	采取绿色、生态的生产方式，对环境-作物-农产品系统实行风险管控 风险缓释：施用重金属钝化剂或土壤调理剂 风险分散：多元化农户的饮食结构 风险转移：购买农业保险 风险应对：切断外源污染
中期	经济收益风险	市场保险	重点管控土壤-农作物系统的风险 风险分散：种植结构调整和控镉农艺等措施 风险转移：购买农业保险
远期	环境污染风险	市场失灵	对重金属污染耕地实行彻底管控与修复 风险缓释：重金属钝化剂等技术发展 风险分散：种植结构调整等治理模式成熟 风险转移：设立土壤修复基金

（二）加强农户能力建设

增强农户能力是降低脆弱性的重要途径，可从以下三方面加强建设：一是加大农户种植结构调整技术培训力度。虽然试点区已经开展以村为单位的种植结构调整技术宣传与培训工作，但问卷结果显示，农户对开展种植结构调整的必要性认识程度不深，具体技术措施尚未全部掌握，影响落实效果。尽管由于农村劳动力短缺、农民老龄化严重等问题，试点区正积极探索第三方治理及政府和社会资本合作(PPP)模式，但农户作为最直接的利益相关者若不熟悉技术，将降低其安全利用污染耕地能力，同时无法有效监督措施落实者；二是增加农民收入使其有能力改善饮食结构。严格落实十九大精神，试点区要整合相关资源拓宽农民增收渠道、提高农民增收能力，使其有能力改变目前稻米“自种自食”的局面，丰富食物种类、多元化食品来源，降低重金属日常摄入量；三是增强农户依法维护自身权益的能力。相关部门应通过广播、电视、网络等各种途径对农户开展维权教育，使其在遭受风险时可以通过多种途径依法有序地表达利益诉求，寻求政府与社会关注及支持。

（三）健全社会服务体系

仅靠农户自身难以抵御耕地重金属污染带来的多重风险，必须健全社会服务体系，克服政府失灵的风险，从外部助力农户降低脆弱性。一是加快推进土壤污染状况详查工作，进一步公开耕地重金属污染信息。虽然2014年公布的《全国土壤污染状况调查公报》揭示我国耕地污染的严重性，但由于其公开数据为土壤重金属点位超标率，代表性和解释力略显不足。鉴于此，只有彻底摸清全国耕地重金属污染情况，才能有效落实“农用地土壤环境分类管理”的治理方针；二是为试点区农户提供补偿。技术补偿、资金补偿、实物补偿、智力补偿和政策补偿是五种主要的补偿方式，政府应结合X试点区针对不同污染区风险特征和层级，选用适宜的应对策略、补偿方式或其组合；三是加强对试点区农户等易受重金属污染群体的社会关注。增加并合理引导对风险易受群体的社会关注，有利于吸引市场主体和社会组织参与帮助试点区农户工作，形成政府-市场-社会共同降

低农户脆弱性合力；四是完善农业保险与农村医疗保险制度。由镉低积累品种与技术不成熟导致的农产品品质与产量下降必然影响农户经济收入，因此需要健全试点区农业保险制度，充分发挥政策性担保与商业性担保优势互补效果，并将农业担保机构纳入中小企业信用担保体系管理，积极引导中小企业信用担保机构业务向农业担保延伸，并借鉴中小企业信用担保机构经验和运作模式加快其发展，形成金融机构、保险与农业担保机构风险共担机制；对于农户长期摄入重金属超标农产品可能引发的疾病，须尽快健全农村医疗保险制度。此外，还应设立土壤修复基金，为耕地土壤管控与修复提供资金支持。

三、结论

耕地重金属污染引发的风险，遭受危害最重的群体是污染区农户，应对风险时社会资源分配不公平则提高农户脆弱性。利用世界粮食计划署提出的脆弱性分析框架对X试点区研究表明，当地农户具备典型脆弱性特征：面临分别属于市场失灵层级、市场保险层级以及自留风险和政府失灵层级的环境污染风险、经济收益风险和健康风险等多重风险叠加，农户家庭禀赋劣势、经济基础较弱与社会话语权不足等风险抵御能力薄弱，服务体系的不完善等从内部和外部共同加重试点区农户脆弱性。

鉴于此，本文建议从三方面构建降低试点区农户脆弱性路径：一是依据风险不同层级及紧迫性与严重性，分近期、中期、远期三个阶段降低农户的暴露风险。近期应以降低因自留风险和政府失灵导致的农户健康风险为目标，采取风险缓释、分散、转移与应对等多种应对策略，切断外源污染，采取绿色、生态的生产方式，对环境-作物-农产品系统实行风险管控。中期是在保障农户健康基础上，以风险分散和转移为应对策略，重点管控土壤-农作物系统风险，确保农产品重金属含量达标。远期目标是通过风险缓释、分散和转移等手段彻底管控与修复耕地土壤；二是从技术培训、增加收入、主动维权三方面增强农户抵御风险能力；三是通过推进耕地土壤污染普查、提供技术与物质支持、增加对农户的关注、完善保险制度等四方面健全社会服务体系。总之，耕地

重金属污染区农户正面临多重风险,自身抵御能力不足以及社会资源分配不公平,使其呈现显著脆弱性特征。

参考文献:

- [1] 宋伟,陈百明,刘琳.中国耕地土壤重金属污染概况[J].水土保持研究,2013(2).
- [2] 郝亮,李颖明,刘扬.耕地重金属治理政策研究:一个多维分析框架[J].农业经济与管理,2017(4).
- [3] 南方周末.重金属污染耕地:三年探路路未明 湖南试验田再“续命”[EB/OL]. [2016-07-22]. <http://www.infzm.com/content/118455>.
- [4] 樊霆,叶文玲,陈海燕,等.农田土壤重金属污染状况及修复技术研究[J].生态环境学报,2013(10).
- [5] 周启星.污染土壤修复基准与标准进展及我国农业环保问题[J].农业环境科学学报,2010(1).
- [6] 贾超华,颜新培,龚昕,等.镉超标耕地蔬菜重金属污染调查与健康风险评价[J].中国农学通报,2016(5).
- [7] 蔡美芳,李开明,谢丹平,等.我国耕地土壤重金属污染现状与防治对策研究[J].环境科学与技术,2014(s2).
- [8] 王学军,龙文静.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,2014(4).
- [9] 黄晓军,黄馨,崔彩兰,等.社会脆弱性概念、分析框架与评价方法[J].地理科学进展,2014(11).
- [10] 周利敏.从自然脆弱性到社会脆弱性:灾害研究的范式转型[J].思想战线,2012(2).
- [11] Tierney K J. From the Margins to the Mainstream? Disaster Research at the Crossroads[J]. Annual Review of Sociology, 2007(1).
- [12] Wisner B, Blaikie P M, Cannon T, et al. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters[M]. London: Routledge (2nd ed), 2004.
- [13] Department for International Development. Sustainable livelihoods guidance sheets[EB/OL]. [2008-06-15]. http://www.efls.ca/webresources/DFID_Sustainable_livelihoods_guidance_sheet.pdf
- [14] Cutter S L. The vulnerability of science and the science of vulnerability[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2003(1).
- [15] Turner II B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science[J]. PNAS, 2003(14).
- [16] Fekete A. Validation of a Social Vulnerability Index in Context to River-floods in Germany[J]. Natural Hazards & Earth System Sciences, 2009(2).
- [17] Birkmann J, Cardona O D, Carreno M L. Framing Vulnerability, Risk and Societal Responses: the MOVE Framework[J]. Natural Hazards, 2013(2).
- [18] 李小云,董强,饶小龙,等.农户脆弱性分析方法及其本土化应用[J].中国农村经济,2007(4).
- [19] World Bank. Reduce risk, vulnerability and gender inequality in agriculture [EB/OL]. [2014-03-19]. <http://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/reduce-risk-vulnerability-and-gender-inequality-in-agriculture>.
- [20] 张涪平,曹凑贵,李苹,等.藏中矿区重金属污染土壤的微生物活性变化[J].生态学报,2010(16).
- [21] 财新网.湖南镉米中毒率高 尚未大范围爆发“痛痛病”[EB/OL]. [2017-11-09]. <http://china.caixin.com/2017-11-09/101168339.html>.
- [22] 财新网.镉米杀机[EB/OL]. [2011-02-12]. <http://magazine.caixin.com/2011-02-12/100224834.html>
- [23] 郝亮,李颖明,程多威.环境侵权视角下耕地镉污染治理责任研究[J].东北农业大学学报(社会科学版),2017(1).