

DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2021.0321

吴运金,周艳,杨敏,等.国内外土壤环境背景值应用现状分析及对策建议[J].生态与农村环境学报,2021,37(12):1524-1531.

WU Yun-jin,ZHOU Yan,YANG Min,et al.Analysis of the Applies of Soil Environmental Background Value at Home and Abroad and Suggestions on Countermeasures[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2021,37(12):1524-1531.

国内外土壤环境背景值应用现状分析及对策建议

吴运金^{1,2},周艳^{1,2},杨敏^{1,2},王荐^{1,2},龙涛^{1,2},尹爱经^{1,2},李群^{1,2,①} (1.生态环境部南京环境科学研究所,江苏南京 210042; 2.国家环境保护土壤环境管理与污染控制重点实验室,江苏南京 210042)

摘要: 土壤环境背景值作为土壤污染识别的依据,在环境管理上具有重要作用。许多国家和地区先后开展了土壤背景值的研究工作。该研究在介绍土壤环境背景值内涵的基础上,详细阐述了土壤环境背景值在土壤环境标准制定、农用地土壤可持续管理、污染地块判断、地块关注污染物筛选、地块修复目标值确定等方面的应用情况,总结了土壤环境背景值的表达方式,分析了我国土壤环境背景值应用存在的问题,并提出了相应的建议,可为我国土壤环境背景值的研究提供参考,为土壤环境背景值在管理上的应用提供借鉴。

关键词: 土壤环境背景值; 背景值应用; 背景值表达; 土壤环境管理

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2021)12-1524-08

Analysis of the Applies of Soil Environmental Background Value at Home and Abroad and Suggestions on Countermeasures. WU Yun-jin^{1,2}, ZHOU Yan^{1,2}, YANG Min^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, LONG Tao^{1,2}, YIN Ai-jing^{1,2}, LI Qun^{1,2,①} (1. Nanjing Institute of Environmental Science, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of Soil Environmental Management and Pollution Control, Nanjing 210042, China)

Abstract: Soil environmental background value is the basis for soil pollution identification and plays an important role for environmental management. Several countries and regions have already carried out researches on soil environmental background value. In this paper, the definition of soil environmental background value is introduced, and the status of the application of soil environmental background value has been reviewed, including the development of soil environmental standard, the management of agricultural land sustainability, the identification of contaminated sites, the screening of the concerned contaminants, and the determination of remediation goals. The expressions of soil environmental background values are then summarized. At last, the problems in the application of soil environmental background values in China have been analyzed and some suggestions are proposed accordingly. This study can provide a reference for scientific research on soil environmental background value and its administrative management.

Key words: soil environmental background value; applications of background value; expressions of background value; soil environmental management

根据《土壤学大辞典》的定义,背景值(background value)指在不受外源物质影响的情况下,环境组成的各要素,如大气、水体、岩石、土壤、植物、农作物、水生生物和人体组织中各种化学元素的含量及其基本的化学成分,为背景含量的统计特征值^[1]。土壤背景值主要包括土壤地球化学背景值和土壤环境背景值2种。土壤地球化学背景值(pedo-geochemical background value)为土壤地球化学背景含量(pedo-geochemical concentration)的统计特征值,指不受任何人为活动影响条件下,由自然地质过程和成土过程产生的土壤中物质的含量^[2]。

土壤环境背景值(soil environmental background value)为土壤环境背景含量的统计特征值,指在一定时间条件下,仅受地球化学过程和非点源输入影响的土壤中元素或化合物的含量^[3]。土壤环境背景值一般包括两类:一是区域尺度土壤环境背景值,即某区域土壤的环境背景含量;二是地块尺度土壤环境背景值,即具体地块附近未受地块生产活

收稿日期: 2021-05-19

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFC1804005)

① 通信作者 E-mail: liqun@nies.org

动污染,与具体地块土壤理化、地质等特性相同或相似背景参考区域的土壤物质含量^[4-6]。土壤环境背景值在环境管理上具有重要作用,主要应用于土壤环境标准制定、农用地土壤可持续管理、污染地块判断、土壤修复目标确定和土壤资源化利用等方面。

1 在土壤环境管理上的应用

1.1 土壤环境标准制定

为了防治土壤污染,保护生态受体,很多国家或地区将区域尺度的土壤背景值作为制定土壤环境标准的重要依据。

意大利现行的《环境法》(法令 152/06)第 240 条规定,当一个区域的土壤环境背景值超出筛选值时,将以这些区域的参考背景值作为筛选值^[7]。地区环境保护署可基于精密采样网格,在区域级或省级尺度开展具体环境基质的自然背景评估。

加拿大环境部长理事会发布的土壤质量指导值(soil quality guidelines, SQGs),旨在同时保护人体健康和生态安全。同时以保护人体健康为目标推导人体健康指导值,以保护生态为目标推导环境指导值,取两者中的较小值作为土壤质量指导值。在确定该值时,需综合考虑背景值和仪器检出限量,如果指导值比地球化学背景值低,应调整到地球化学背景值水平,背景值水平应代表加拿大大多数未受影响的土壤中相应污染物的浓度^[8]。

越来越多的国家开始使用“增加风险法”作为用于保护生态受体的土壤指导值制定方法。这种方法由 CROMMENTUIJN 等^[9]提出,作者认为生态系统已适应了当地环境背景浓度,人为添加的组分会对环境造成不利影响^[10-11],因此应加以管理和控制。荷兰为管理污染土地制定干预值时,综合采用生态和健康风险评估方法,其中生态风险评估就采用“增加风险法”,将金属的背景浓度考虑在内,以最大允许添加浓度加上标准土壤的背景浓度作为生态风险可接受的最大允许浓度^[12]。REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) 指南^[13]中对自然发生的物质进行化学安全性评估以及澳大利亚制定生态调查水平(EILs)时也采用了该方法^[14]。

针对超级基金场地生态风险评估要求,美国环保署制定了一套保护生态环境的生态土壤筛选值,适用于生态风险的筛选。在制定筛选值时,要求考虑土壤背景浓度^[15],此背景浓度为基于美国地质调查局 20 世纪 70 年代和 80 年代开展的 2 次全国尺

度土壤调查数据,以及州、联邦或其他独立调查的土壤数据,分别用箱形图方式给出了东部和西部背景浓度的范围。

1.2 农用地土壤可持续管理

通过评价土壤污染物浓度超出背景值的水平,可以评估农业等活动向土壤中输入人为化学物质的程度和污染物的积累速率,进而为土壤的有效管理提供支撑。加拿大开发了痕量元素指数,以评估加拿大农业的环境可持续性^[16]。该指标是一种土壤平衡指标,考虑了 As、Cd、Cu、Pb、Se、Zn 这 6 种元素,可根据每公顷农用地使用的肥料、饲料补充剂、生物固体量以及浸出、作物移除、挥发量来估计痕量元素投入和损失情况。如果在此期间继续采用当前的管理做法,则基于土壤平衡计算出 100 a 后农业土壤中痕量元素的浓度(简称“百年浓度”)。将“百年浓度”相对于背景值增幅最大的元素(用“痕量元素/背景浓度”表征增量)作为重点关注对象,采取相应的管理措施降低其风险。

1.3 污染地块判断

土壤环境背景值是土壤污染识别的依据,土壤环境管理中通常需要利用土壤环境背景值判断具体地块是否受到污染。不超背景值的,通常认为未受到污染,可以利用区域或地块尺度的土壤环境背景值进行比较来判断。按照所选背景值尺度的不同,可以分为 3 种情形。

1.3.1 采用地块尺度土壤环境背景值进行比较

地块尺度土壤环境背景值可以更准确地反映地块背景信息,有些国家和地区采用或首选地块尺度土壤环境背景值作为评判标准。

澳大利亚《国家环境保护办法-场地污染评估》(National Environment Protection Measure-Assessment of Site Contamination)规定,健康调查值(health investigation levels)用于筛选是否需要进一步开展人体健康风险调查和评估,场地土壤中重金属含量如果超过了健康调查值,但能明确其与环境背景水平一致,一般不需要开展进一步调查评估。此处环境背景水平是指地块尺度的背景水平,首选方法是在适当的参考场地直接检测获取背景数据,在无法确定适当参考场地的情况下,使用场地土壤中铁或锰元素的浓度预测背景土壤重金属浓度^[14]。

加拿大环境部长理事会制定的《加拿大污染地块土壤质量修复“一地一策”目标制定指导手册》(Guidance Manual for Developing Site-Specific Soil Quality Remediation Objectives for Contaminated Sites in Canada)指出,如果场地污染物浓度不超过通用

环境质量标准或相关背景水平,则不需要采取相应行动。相关背景水平一般先采用地块尺度背景值,在地块尺度背景值无法获取的情况下,可以通过地块或附近区域来确定地块尺度背景值^[8,17]。通用环境质量标准包括评价标准和修复标准,评价标准是土壤中污染物的背景浓度和分析检测限值的近似值,修复标准为加拿大土壤质量指导值(SQGs)。在加拿大国家污染场地分类系统(National Classification System for Contaminated Sites, NCSCS)^[18]中,土壤质量指导值用于初筛,低于指导值的无需进行场地分类,超过指导值的则用于评估污染和受体危害程度,通过综合评估的方法将场地分为高等行动优先级、中等行动优先级、低等行动优先级、非行动优先级和信息不足 5 类。

1.3.2 采用地块尺度或区域尺度土壤环境背景值进行比较

在实践中可能存在无法获得地块尺度土壤环境背景值的情况,因此有些国家或地区也允许利用区域尺度土壤环境背景值进行比较判断,可以节省地块尺度土壤环境背景值的调查费用和时间。

根据美国密歇根州的清理法规,如果污染物是由于自然条件而存在的(即背景),即使浓度超过了基于风险的通用清洁标准,也不需要采取清理或其他措施^[19]。《自然资源与环境保护法》第 201 部分规定,判断一个地块土壤污染物是否超过背景含量,可以采用以下 4 种方式:a)与全州默认土壤背景水平进行比较;b)与密歇根背景土壤调查确定的土壤背景含量进行比较;c)与管理部 门 认 可 的 研 究 或 调 查 发 布 的 背 景 含 量 范 围 比 较;d)与 场 地 尺 度 土 壤 背 景 含 量 进 行 比 较。这里 a)、b)和 c)中的背景指的是区域土壤背景,d)中的背景是指在设施附近或区域附近环境中存在的危险物质的含量或水平,该物质不得归因于设施或区域附近的任何排放源。

美国德克萨斯州《德克萨斯风险减少计划》指出,可通过比较关注污染物浓度与临界保护浓度水平(protective concentration levels, PCLs),来判断地块是否需要采取进一步措施^[20]。关注污染物的临界保护含量水平如果低于方法检出限,则将方法检出限或背景含量较大者作为 PCLs,这里的背景含量一般是地块尺度的背景,如果不想或无法确定地块尺度的土壤背景浓度,可以使用德克萨斯州特定的背景浓度中位值。可以通过以下 3 种方式进行比较:(1)将关注污染物的浓度逐个直接与临界保护含量水平进行比较;(2)使用统计或地统计学方式确定的代表性场地浓度与临界保护浓度水平进行

比较;(3)使用比较 2 个数据集的统计方法来确定受影响场地浓度是否等于或低于特定场地的背景浓度。

1.3.3 采用区域尺度土壤环境背景值进行比较

加拿大不列颠-哥伦比亚省的污染场地管理办法(Contaminated Sites Regulation)规定^[21],场地土壤含量高于国家标准,但低于背景含量(图 1),则不是污染地块。如果场地土壤浓度超标且与人为活动或者点源输入无关,首先与区域背景含量的估计值进行比较,如低于该值,则不需要向政府部门申请就可判断为非污染地块;如高于该值,则进一步与地块尺度的背景含量进行比较。如果低于地块尺度背景含量,则需要向政府部门提出背景含量主管决议申请,申请通过后可以判断为非污染地块;如果高于地块尺度背景含量,则直接判断为污染地块^[22]。

加拿大安大略省环境保护法 XV.1 部分^[23]和安大略省条例 153/04^[24]规定,场地污染物含量如果低于土壤、地下水和沉积物标准(Soil, Groundwater and Sediment Quality Criteria in Ontario)或者低于基于风险计算的标准,则可以向环境场地注册处提交场地状况记录(record of site condition, RSC)以备案^[25]。其中土壤、地下水和沉积物标准包括全深度背景场地条件标准(Full Depth Background Site Condition Standards)和基于效果的通用标准。全深度背景场地条件标准为区域尺度土壤背景值,是根据安大略省特定土地用途的典型土壤浓度范围值(ontario typical range, OTR)推导出来的背景值,并被视为代表了不受点源污染的土壤中全省所有典型土壤背景含量的上限,用于证明场地中污染物含量与自然环境相当。基于风险的场地条件标准包括风险评估获得的场地标准和当地背景浓度标准。对于高背景或全深度背景场地条件标准中未涉及的元素或化合物,可制定当地背景浓度标准。

2012 年英国环境保护法第 2a 部分“受污染土地法定指导”(Contaminated Land Statutory Guidance)进行了修订,为减少土地何时需要和不需要补救的不确定性,用“正常水平”来判断是否为污染的土地,低于该水平的,可以定义为第 4 类土地(无风险或风险较低)。其对“正常水平”的定义相当于区域尺度背景值,指这些污染物是自然产生的,没有对健康和环境造成不可接受的风险,或是由低水平的扩散污染和除特定工业过程以外的常见人类活动所致^[26]。

根据《中华人民共和国土壤污染防治法》(下称

《土壤法》), 土壤污染是指因人为因素导致某种物质进入陆地表层土壤, 引起土壤化学、物理、生物等方面特性的改变, 影响土壤功能和有效利用, 危害公众健康或者破坏生态环境的现象。不超过土壤环境背景值的, 通常认为未受到污染。因此, 作为土壤污染判别重要依据的土壤环境背景值, 在我国土壤环境管理上也应用于污染地块判断。GB

36600—2018《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》^[3] 中规定, 砷、钴、钒 3 种重金属元素含量超过筛选值, 但等于或低于土壤环境背景值水平的, 不纳入污染地块管理, 并在附录中按土壤类型给出土壤环境背景值, 此背景值为区域尺度的土壤环境背景值。

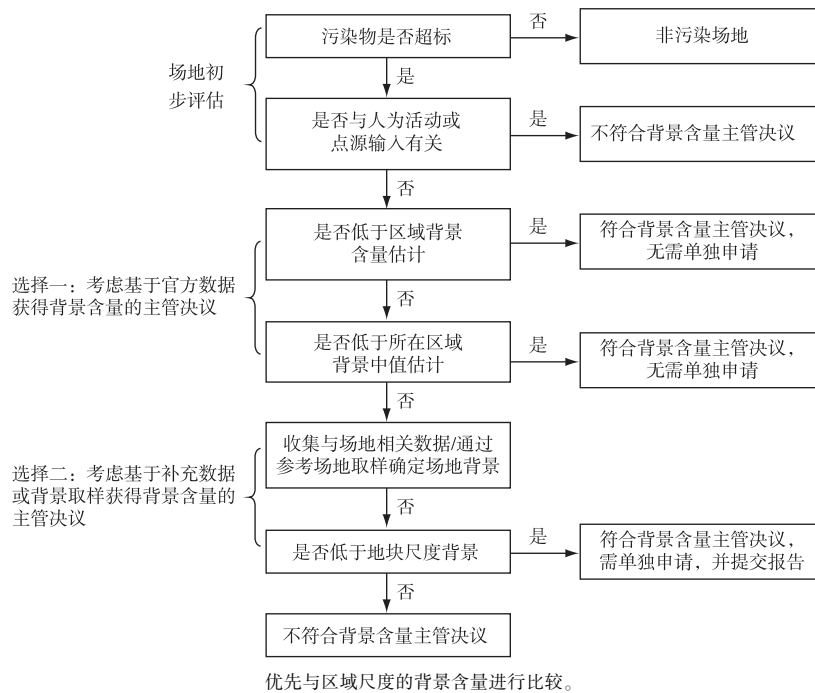


图 1 加拿大大不列颠-哥伦比亚省土壤背景值使用流程

Fig. 1 The process of using background value in soil of British Columbia in Canadian

1.4 地块关注污染物筛选

2002 年俄勒冈州环境质量局 (Oregon Department of Environmental Quality, DEQ) 发布了本州 10 个地形区 (physiographic provinces) 土壤和沉积物的背景值。该背景值被用于该州受关注化学物质生物富集的评估^[27] 以及人体健康风险评估^[28]。2012 年 DEQ 发布了重金属污染物的区域默认背景值, 可用于场地潜在关注化学物质或者潜在关注生态化学物质的筛选, 如果场地重金属污染物的最大值低于区域默认背景值, 可不作为潜在关注化学物质或者潜在关注生态化学物质。

德克萨斯州依据美国地质调查局 19 世纪 80 年代初发表的一项关于美国土壤重金属背景含量的研究, 该研究分析了德克萨斯州不同地区的 120 份样本重金属数据, 选择重金属含量的中位数作为该州重金属背景值^[20]。如果土壤中重金属污染物低于该背景值, 则不需要作为关注污染物。

1.5 地块修复目标值确定

美国环保署《超级基金清理项目中背景值的作用》(Role of Background in the CERCLA Cleanup Program) 中描述, 超级基金地块的修复目标值不应小于土壤背景值, 此背景值为地块尺度的背景值 (background concentration)^[4-5]。

华盛顿州《示范毒物控制法清理条例》规定^[29], 对于土壤中的修复目标污染物, 如果没有修复目标值, 则使用自然背景值和实际定量限值中的较大者作为修复目标值。同时, 土壤修复目标值不得小于实际定量限值或自然背景值。

加拿大环境部长理事会制定的《加拿大污染地块土壤质量修复“一地一策”目标制定指导手册》^[17] 指出, 对于受到污染的场地可以采取以下 3 种方法来确定修复目标值: (1) 直接采用加拿大土壤质量指导值作为修复目标值, 如果土壤质量指导值低于相关的土壤环境背景值, 则土壤环境背景值

值作为修复目标值;(2)如果场地相关特征参数(例如,高自然背景、复杂的污染物混合物或不寻常的暴露情景)与推导的土壤质量指导值不一致,管理当局可以允许修改土壤质量指导值来制定场地修复目标值,如果修改后的值低于相关环境背景值,则将相关环境背景值作为修复目标值;(3)使用风险评估程序来建立场地修复目标值。相关环境背景值建议优先采用当地或区域的背景数据,如果没有,则可以考虑场地背景。对于没有相应土壤质量指导值的,可以采用以下 3 种方法确定修复目标值:(1)使用风险评估程序;(2)按照土壤质量指导值的推导规程进行推导确定;(3)采用其他管辖区域的指导值或者基于背景值确定。

HJ 25.4—2019《建设用地土壤修复技术导则》规定,在提出修复目标值时,应分析比较按照 HJ 25.3—2019《建设用地土壤污染风险评估技术导则》计算的土壤风险控制值、GB 36600—2018 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值,结合目标污染物形态与迁移转化规律等,提出土壤目标污染物的合理修复目标值。

1.6 土壤资源化利用标准

加拿大不列颠-哥伦比亚省的污染场地管理办法规定,修复后土壤污染物含量高于修复目标值,但低于接收地的土壤背景值,也是可以接受的^[21]。

根据德国联邦/州土壤保护工作组发布的《土壤中无机和有机物质背景值》^[30],为了正确和无害地将土壤回收作为替代建筑材料,必须确保土壤没有受到污染,要求在制定相关法规时,必须考虑土壤背景值。

我国 HJ 25.5—2018《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)》规定,若修复后土壤外运到其他地块,应根据接收地土壤暴露情景进行风险评估,确定土壤修复效果评估标准值,或采用接收地土壤背景浓度与 GB 36600—2018 中接收地用地性质对应筛选值的较高者作为土壤修复效果评估标准值,并确保接收地的地下水和环境安全。

2 土壤环境背景值的表达

一般基于统计单元对土壤环境背景值进行表达。通常按照成土母质类型^[31]、土壤类型^[32-33]、用地类型^[34]、主导因素^[2, 35]、行政区^[19, 22, 36]等因素或其组合方式^[19, 30]划分统计单元。若采用的数据可能来源于 2 个及以上总体(如来源于多个成土母质

类型的),可采用累积频率曲线拐点法或结合统计学方法(如最大似然估计、稳健估计)分离出来源于背景总体的样本数据^[37-38]进行统计。目前国内相关标准和主要调查研究成果一般根据土壤背景含量数据的分布类型,采用土壤环境背景含量的分位数、平均值和标准差、中位数和绝对中位偏差等进行表达。

2.1 用分位数表达

分位数一般在土壤环境背景含量数据为非参数分布情况下采用,也有在对数正态分布情况下采用,用多个分位数、单个分位数或其置信上限进行表达。

(1)用多个分位数表达。ISO《土壤质量-背景值确定指南》^[2]中表述:由于背景含量数据经常呈非正态分布或对数正态分布,建议使用百分位数作为背景值,例如可采用 10%、25%、50%、75%、90% 一系列分位数来表示。德国采用 50% 和 90% 分位数作为联邦和州土壤中无机和有机物质背景值(在确定 90% 分位数作为背景值时,主要考虑确定的背景值不应高于预警值)^[30]。

(2)用单个分位数或其置信上限表达。不同的国家或地区选择作为背景值的分位数有所不同。美国德克萨斯州特定的中位背景水平采用来源于州内不同地区的 120 个样本的中位值(50% 分位数)^[20]。密歇根全州默认背景水平在非参数分布情况下采用 84% 分位数^[19]。美国华盛顿州和新泽西州农村地区背景值采用 90% 分位数^[39]。加拿大大不列颠哥伦比亚省采用背景点表层数据的 95% 分位数或者所在区域内所有点位数据的中位数(因为数据量有限)^[22];采用 95% 分位数来表示的还有荷兰^[36]及我国的深圳市^[32-33]和韶关市^[31]等;英国地质调查局(British Geological Survey, BGS)采用 95% 分位数的 95% 置信上限作为正常背景值上限^[35]。加拿大安大略省采用 97.5% 分位数+ 2 倍站点内标准偏差(当大于风险评估值时,采用 97.5% 分位数)作为背景值;美国密歇根州背景土壤调查过程中,对于非参数分布的数据采用 97.5% 分位数作为背景值^[34];新西兰采用 99% 分位数作为背景值^[40]。

2.2 用平均数和标准差表达

一般在土壤环境背景含量数据呈正态或对数正态分布情况下采用平均数和标准差表达。

(1)用平均值和标准差表示背景范围。土壤元素背景值研究中通常采用土壤中元素含量的算术平均值 \bar{x} 和几何平均值 M 表示数据分布的集中趋势,用算术标准差 S 和几何标准差 D 表示数据的分

散程度,用平均值和标准差的组合表示分布范围。例如,美国首次全国土壤元素含量调查^[41]、《农业环境背景值研究》^[42]用 $\bar{x} \pm S$ 和 $M \times$ 或 $\div D$ 来分别表示正态和对数正态土壤元素背景值范围;《中国土壤元素背景值》^[43]、浙江^[44]、滁州^[45]等省市开展的土壤背景值研究,西班牙阿利坎特省^[46]开展的农田土壤背景值研究等,用 $\bar{x} \pm 2S$ 和 $M/D^2 - MD^2$ 分别表示正态和对数正态土壤元素背景范围。

(2)用平均值和标准差表示背景值。美国密歇根州全州默认背景水平,符合正态分布的用 $\bar{x} + S$ 表示,符合对数正态分布用 MD 表示;而密歇根背景土壤调查,对于符合正态和对数正态分布的分别用 $\bar{x} + 2S$ 和 MD^2 作为土壤背景值^[19]。

2.3 用中位数和绝对中位偏差表示

近几年,国际上关于土壤元素背景值和阈值的研究者认识到,当背景值数据既不符合正态分布,也不符合对数正态分布时,采用中位数表达集中趋势以及用绝对中位偏差(median absolute deviation)表达离散趋势可能更合理^[47-48]。由于认识到自然界土壤元素背景含量绝大多数情况下不是正态分布,美国第二次全国土壤元素背景值调查增加了所有检测项目的中位数和绝对中位偏差作为土壤元素背景值^[49],并不像美国首次调查那样,把绝大多数元素背景含量当作对数正态分布,直接以几何平均值和几何标准差作为土壤元素背景值^[41]。2017年欧洲农牧业土壤元素地球化学研究也以中位数作为土壤元素背景值,该研究证实,用中位数和绝对中位偏差表达偏态分布的具有相同母岩和地球化学发育过程区域的土壤元素背景值更为合理^[50]。

3 我国土壤环境背景值应用存在的问题及建议

3.1 存在的问题

3.1.1 土壤环境背景值在土壤环境管理上的使用要求不明确

虽然土壤环境背景值在我国已应用于污染地块筛选、修复目标值确定、土壤资源化利用等方面,但尚未明确具体如何使用。比如,在污染地块筛选方面,是否可以使用地方上确定的区域尺度土壤环境背景值或者使用地块尺度的土壤环境背景值进行筛选;在修复目标值确定和土壤资源化利用方面,在考虑土壤环境背景值时,选择什么尺度的土壤环境背景值作为依据。在土壤环境管理上,我国仍缺乏相应的管理或技术文件,对土壤环境背景值的使用流程、尺度选择、管理要求等进行详细规定。

3.1.2 已有 GB 36600—2018 标准中土壤环境背景值的完整性和针对性不足

我国地域辽阔,土壤类型和母质类型丰富多样,地质高背景地区分布较广,涉及的土壤元素或化合物较多,不同区域土壤环境背景值差异很大。针对我国土壤环境背景值的特点,已有 GB 36600—2018 标准中的土壤环境背景值存在 2 个方面的不足:一是 GB 36600—2018 中土壤环境背景值涉及指标有限。该标准只给出了砷、钴和钒 3 种元素的背景值,但实践中除此 3 个元素以外,还存在其他的元素可能因背景原因超过筛选值的情形,按照现行的土壤环境管理规定,这将会出现很多因高背景原因而纳入污染地块管理的地块,增加了土壤环境管理成本。二是 GB 36600—2018 中的土壤环境背景值缺乏区域针对性。该标准依据的是“七五”全国土壤环境背景数据,采用 95%分位数进行适当调整后作为土壤环境背景值。由于数据量有限,只能在全国范围内按主要土类进行统计分析,依此确定的土壤环境背景值往往针对性不够,不能很好地表征区域的实际情况,不能如实反映我国区域土壤环境背景值的特点。如标准中按照土壤类型给出了砷的背景值分别为 20、40、60 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,但《中国土壤元素背景值》中云南和广西土壤中砷的 95%分位数分别为 69.1 和 79.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,两者差距较大。

3.1.3 缺乏统一的区域和地块尺度土壤环境背景值的统计与确定方法

我国从 20 世纪 70 年代开始就相继开展了土壤环境背景值研究,涉及全国、区域、省、市等多个尺度^[40-43],但不同研究所采用的调查、统计与确定方法不同。近些年来,我国发布了一些与土壤环境背景调查相关的技术规范文件,如 HJ/T 166—2004《土壤环境监测技术规范》对区域土壤背景监测做了规定,NY/T 395—2012《农田土壤环境质量监测技术规范》对农田土壤区域土壤背景监测布点做了规定,HJ 25.2—2019《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》只对建设用地土壤对照监测点位的布设作出规定。尚缺乏统一的区域和地块尺度的土壤环境背景值统计与确定方法,以规范相关土壤调查和监测数据的统计分析,影响了土壤环境背景值在土壤环境管理上的应用。

3.2 对策建议

(1)尽快起草发布管理或技术文件,对土壤环境背景值在土壤环境管理上的适用范围、使用流程、尺度选择等进行详细说明,明确管理要求,确保土壤环境背景值在土壤环境管理上合理、规范使用。

(2) 为弥补 GB 36600—2018 中土壤环境背景值的区域针对性和指标完整性的不足, 对与 GB 36600—2018 可能存在较大差异的高背景值区, 或除砷、钴、钒外的其他高背景元素, 建议允许地方根据土壤环境管理需要, 制定发布并使用该区域的土壤环境背景值。

(3) 建议国家制定发布统一的区域和地块尺度的土壤环境背景含量统计与背景值确定方法等技术文件, 规范土壤环境背景的统计与背景值确定。

(4) 根据《土壤法》, 由于背景因素导致的土壤超标非人为因素所致, 不纳入土壤污染管理的范畴, 但不超土壤环境背景值、含量很高的土壤, 可能也存在一定的环境风险, 建议对这类土壤建立统一的管理制度, 确保土壤安全利用。

参考文献:

- [1] 周健民, 沈仁芳. 土壤学大辞典 [M]. 北京: 科技出版社, 2013: 100-102.
- [2] ISO 19258, Soil Quality-Guidance on the Determination of Background Values [S].
- [3] GB 36600—2018, 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行) [S].
- [4] BRECKENRIDGE R P, CROCKETT A B. Determination of Background Concentrations of Inorganics in Soils and Sediments at Hazardous Waste Sites [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1998, 51(3): 621-656.
- [5] US EPA 540-R-01-003, Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites [S].
- [6] Apat. Proccollo Operativo per la Determinazione dei Valori di Fondo di Metalli/metalloidi Nei Suoli Dei Siti D'interesse Nazionale [Z]. Roma, Italy: APAT, 2006.
- [7] APAT. Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152 [Z]. Roma, Italy: APAT, 2006.
- [8] Canadian Council of Ministers of the Environment. A Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guideline [Z]. Winnipeg, Canada: [s. n.], 2006.
- [9] CROMMENTUIJN T, SIJM D, DE BRUIJN J, et al. Maximum Permissible and Negligible Concentrations for Metals and Metalloids in the Netherlands, Taking into Account Background Concentrations [J]. *Journal of Environmental Management*, 2000, 60(2): 121-143.
- [10] SHEPPARD S C, GRANT C A, SHEPPARD M I, et al. Risk Indicator for Agricultural Inputs of Trace Elements to Canadian Soils [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2009, 38(3): 919-932.
- [11] VERBRUGGEN E M J, POSTHMUS R, VAN WEZEL A P. Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for Soil, Sediment and (Ground) Water: Updated Proposals for First Series of Compounds [R]. Bilthoven: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 2001: 3-4.
- [12] SWARTJES F A, RUTGERS M, LIJZEN J P, et al. State of the Art of Contaminated Site Management in the Netherlands: Policy Framework and Risk Assessment Tools [J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 427/428: 1-10.
- [13] ECA. Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Appendix R. 7. 13-2: Environmental risk Assessment for Metals and Metal Compounds [Z]. [s. l.]: [s. n.], 2008.
- [14] Office of Parliamentary Counsel, National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure 1999 as Amended [Z]. [s. l.]: [s. n.], 1999.
- [15] EPA. Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels [Z]. Washington DC, USA: USEPA, 2003.
- [16] EILERS W, MACKAY R, GRAHAM L, et al. Environmental Sustainability of Canadian Agriculture [R]. Ottawa, Canada: Agriculture and Agri-Food Canada, 2010: 3-4.
- [17] CCME. Guidance Manual for Developing Site-Specific Soil Quality Remediation Objectives for Contaminated Sites in Canada [R]. Winnipeg, Canada: Canadian Council of Ministers for the Environment, 1990: 10-11.
- [18] Canadian Council of Ministers of the Environment. National Classification System for Contaminated Sites: Guidance Document [Z]. Winnipeg, Canada: [s. n.], 2008.
- [19] KATHLEEN S. Soil Background and Use of The 2005 Michigan Background Soil Survey Resource Materials [R]. Michigan, USA: Michigan Department of Environment, Great Lakes, and Energy, 2019: 2-14.
- [20] No. 96106-350-WS, Adoption Preamble to Chapter 350-Texas Risk Reduction Program [S].
- [21] B. C. Reg. 375/96 1996, Environmental Management Act, Contaminated Sites Regulation [S].
- [22] Ministry of Environment and Climate Change Strategy. Protocol 4 for contaminated sites, Establishing Background Concentrations in Soil [Z]. Columbia, Canada: [s. n.], 2019.
- [23] 加拿大环境部. 环境保护法案 [EB/OL]. [2021-05-06]. <https://www.canlii.org/en/on/laws/stat/rso-1990-c-e19/latest/rso-1990-c-e19.html?autocompl=eteStr=en-vironmental%20&autocompletePos=1>.
- [24] 加拿大环境部. 场地条件记录 [EB/OL]. [2021-05-06]. <https://www.ecolex.org/details/legislation/records-of-site-condition-part-xv1-of-the-act-oreg-15304-lex-faoc068659/>.
- [25] Ministry of the Environment. Soil, Ground Water and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act [Z]. Ontario, Canada: [s. n.], 2011.
- [26] Scottish Executive. Environmental Protection Act 1990: Part 2A, Contaminated Land Statutory Guidance [Z]. London, UK: Stationery Office Books, 2006.
- [27] State of Oregon Department of Environmental Quality. Guidance for Assessing Bioaccumulative Chemicals of Concern in Sediment [R]. Oregon, USA: [s. n.], 2007.
- [28] State of Oregon Department of Environmental Quality. Human Health Risk Assessment Guidance [Z]. Oregon, USA: [s. n.], 2010.
- [29] PETE K, MICHAEL F. Model Toxics Control Act Cleanup Regulation [Z]. Oregon, USA: [s. n.], 2010.

- [30] LABO. Hintergrundwerte für Anorganische und Organische Stoffe in Böden, 4. überarbeitete und Ergänzende Auflage [Z]. Berlin, German: [s. n.], 1998.
- [31] DB4402/T 08—2021, 韶关市土壤环境背景值[S].
- [32] DB4403/T 68—2020, 深圳市土壤环境背景值[S].
- [33] 赵述华, 罗飞, 郝秀平, 等. 深圳市土壤砷的背景含量及其影响因素研究[J]. 中国环境科学, 2020, 40(7): 3061–3069. [ZHAO Shu-hua, LUO Fei, XI Xiu-ping, *et al.* Study of Soil Background Content of Arsenic and Its Impact Factors in Shenzhen[J]. China Environmental Science, 2020, 40(7): 3061–3069.]
- [34] OMEE. Ontario Typical Range of Chemical Parameters in Soil, Vegetation, Moss Bags and Snow[Z]. Michigan, USA: [s. n.], 2019.
- [35] ANDER E L, JOHNSON C C, CAVE M R, *et al.* Methodology for the Determination of Normal Background Concentrations of Contaminants in English Soil[J]. Science of the Total Environment, 2013, 454/455: 604–618.
- [36] BRUS D J, LAMÉ F P J, NIEUWENHUIS R H. National Baseline Survey of Soil Quality in the Netherlands[J]. Environmental Pollution, 2009, 157(7): 2043–2052.
- [37] SINGH A, SINGH A K, FLATMAN G. Estimation of Background Levels of Contaminants[J]. Mathematical Geology, 1994, 26(3): 361–388.
- [38] FLEISCHHAUER H L, KORTE N. Formulation of Cleanup Standards for Trace Elements with Probability Plots[J]. Environmental Management, 1990, 14(1): 95–105.
- [39] JUAN C S. Natural Background Soil Metals Concentrations in Washington State, Toxics Cleanup Program Department of Ecology [R]. Washington DC, USA: Washington State Department of Ecology, 1994: 15–16.
- [40] GERALD R, JIM W, JOHN R, *et al.* Methodology for Deriving Standards for Contaminants in Soil to Protect Human Health[R]. Wellington, USA: Ministry for the Environment, 2011: 99–101.
- [41] HANSFORD T S, JOSEPHINE G B. Element Concentrations in Soils and other Surficial Materials of the Conterminous United States [R]. Washington DC, USA: United States Government Printing Office, 1984: 1–4.
- [42] 《农业环境背景值研究》编写组. 农业环境背景值研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997: 50–60.
- [43] 国家环境保护局, 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 14–15.
- [44] 汪庆华, 董岩翔, 周国华, 等. 浙江省土壤地球化学基准值与环境背景值[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 81–88. [WANG Qing-hua, DONG Yan-xiang, ZHOU Guo-hua, *et al.* Soil Geochemical Baseline and Environmental Background Values of Agricultural Regions in Zhejiang Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2007, 23(2): 81–88.]
- [45] 陶春军, 贾十军, 陈永宁, 等. 滁州地区土壤地球化学基准值与背景值研究[J]. 安徽地质, 2013, 23(4): 286–291. [TAO Chun-jun, JIA Shi-jun, CHEN Yong-ning, *et al.* A Study on Geochemical Baseline Value and Environmental Background Value of Soils in the Chuzhou Area[J]. Geology of Anhui, 2013, 23(4): 286–291.]
- [46] MICÓ C, PERIS M, RECATALÁ L, *et al.* Baseline Values for Heavy Metals in Agricultural Soils in an European Mediterranean Region[J]. Science of the Total Environment, 2007, 378(1/2): 13–17.
- [47] REIMANN C, GARRETT R G. Geochemical Background-Concept and Reality[J]. Science of the Total Environment, 2005, 350(1/2/3): 12–27.
- [48] 田嘉禹, 刘俐, 汪群慧, 等. 中美土壤元素背景值调查研究中数理统计方法运用及影响[J]. 环境科学研究, 2020, 33(3): 718–727. [TIAN Jia-yu, LIU Li, WANG Qun-hui, *et al.* Application and Impact of Statistic Methods on the Soil Background Values in China and the United States[J]. Research of Environmental Sciences, 2020, 33(3): 718–727.]
- [49] SMITH D B, CANNON W F, WOODRUFF L G, *et al.* Geochemical and Mineralogical Data for Soils of the Conterminous United States [R]. Minnesota, USA: United State Geological Survey, 2013: 1–19.
- [50] CLEEMNS R, KARL F, MANFRED B, *et al.* Establishing Geochemical Background and Threshold for 53 Chemical Elements in European Agricultural Soil[J]. Applied Geochemistry, 2018, 88: 302–381.

作者简介: 吴运金(1976—), 男, 安徽安庆人, 副研究员, 博士, 主要研究方向为土壤污染防治。E-mail: wyj@nies.org

(责任编辑: 许素)