

# 贵州 1:5万耕地质量地球化学调查评价方法技术

任明强<sup>1</sup>,冷洋洋<sup>1</sup>,周尔春<sup>2</sup>,蔡大为<sup>1</sup>,李龙波<sup>1</sup>,张美雪<sup>1</sup>

(1. 贵州省地质环境监测院,2. 贵州省自然资源厅)

[摘要]为摸清耕地质量“家底”,服务现代山地特色高效农业发展,贵州在全国率先完成全省1:5万耕地质量地球化学调查评价工程。其方法技术总体遵循现行技术标准的基本原则和要求外,结合贵州山地耕地实际,对耕地表层土壤样点布设、耕地土壤养分等级评价、耕地土壤环境质量评价,以及耕地土壤质量综合等级评价等,进行了探索与创新,从而进一步完善了调查评价有关方法技术,对贵州特殊地质背景和自然地理环境条件下的耕地质量地球化学调查评价工程的圆满完成,起到了较好的作用。本文将重点介绍上述内容,并对有关问题进行讨论,以丰富和完善这一领域的方法技术。

[关键词]地球化学调查;耕地质量评价;方法技术;贵州

[中图分类号]P632;S159 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-03-0227-06

## 1 概述

贵州是我国没有平原支撑的内陆省份,是一个喀斯特地貌广泛发育、地表起伏悬殊、切割强烈的亚热带高原山区。山地丘陵占国土面积的92.5%,耕地仅占25.64%,素有“八山一水一分田”之说(贵州省自然资源厅,2018)。贵州为加快推进贵州现代山地特色高效农业发展,树立绿色农产品品牌,部署了“贵州省耕地质量地球化学调查评价”工程,成果为全省各地因地制宜地发展现代山地特色高效农业提供科学依据。为高质量完成这项开创性的调查评价系统工程,方法技术总体遵循原国土资源部《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)(中华人民共和国国土资源部,2016)的基本原则和要求,对调查评价中介质样点布设、耕地地球化学质量等级评价等关键技术,进行探索、调整和创新。

## 2 耕地基本情况

本次调查评价的核心对象是耕地,同时涵盖了园地(果园、茶园),以及通过整治可能成为新增耕地的裸地和废弃工矿用地,调查总面积519.27万公顷。根据贵州省第二次土地利用现状调查成果统计,全省耕地面积454.84万公顷,其中,旱地、水田、水浇地面积分别为328.24万公顷、125.44万公顷、1.16万公顷,果园面积8.14万公顷、茶园面积4.60万公顷,裸地面积48.04万公顷,废弃工矿用地面积3.65万公顷。全省耕地面积占本次调查面积的87.59%,而耕地中旱地面积占比达72.17%,是贵州农业种植的主要地类。

受特殊地质背景和自然地理环境条件限制,山多地少,地块破碎,全省25°以上的坡耕地占全省耕地面积的18%,耕地图斑零碎,全部耕地涉及图斑3255052个。从全省88个县(市、区、特区)耕地垦殖指数来看,最高为41.37%,最低仅9.04%,分布零散,连续性差,500亩以上坝区耕地

[收稿日期]2020-06-13 [修回日期]2020-08-05

[基金项目]贵州省耕地质量地球化学调查评价项目(编号:黔耕调2017-04)。

[作者简介]任明强(1968—),男,研究员,从事地球化学及农业地质调查研究工作。E-mail:renmingqiang@163.com。

面积 41.20 万公顷,仅占全省耕地面积的 9.06%,耕地山地特点突出。耕地资源以坡塅田土为主(汪汾,等,1994),耕层较浅,水肥容量不高,养分含量较低,生态环境相对脆弱,坝地少,水肥条件较好,耕地资源宝贵。耕地土壤残坡积母质占绝大多数(汪汾,等,1994),土壤中主要养分 N、P、K、微量元素 Cu、Mn、B、Zn、Mo 等,与区域内复杂多样而性质不同的成土母岩(母质)密切相关,不同母岩(母质)背景耕地土壤地球化学特征差异显著。

### 3 工作思路

在“贵州省耕地质量地球化学调查评价领导小组”的领导下,以问题和需求为导向,针对全省的耕地,遵循现行技术规范的基本原则和要求,结合贵州山地耕地实际和存在问题,创新工作方法,依照“五统一”,即采样方法统一、分析检测方法统一、评价方法统一、图件编制统一和报告编制统一的原则,重点围绕服务贵州山地特色高效农业发展,充分发挥省属国有地勘单位专业技术优势,集中力量在全国率先完成“贵州山地耕地质量地球化学调查评价”。

### 4 技术路线

充分收集全省自然地理、地质、农业、环境等方面的基础资料,结合评价区内存在的各种耕地质量地球化学问题,对影响耕地地球化学质量的各种因素和调查评价需重点解决的问题展开预研究。运用现代生态地球化学理论和方法,划分调查评价单元,运用“3S”技术开展野外调查和采样,运用先进的检测方法进行多介质的样品分析测试。依据影响耕地土壤质量的营养元素、环境元素及化合物、理化性质等指标含量,以影响耕地质量的土壤养分指标、环境指标为主,以大气干湿沉降物、灌溉水环境指标为辅,综合考虑与耕地利用有关的各种因素,以实现耕地质量地球化学评价。以调查、评价成果为基础,建立贵州“智慧耕地”数据库及软件平台。

贵州耕地质量地球化学调查评价工作流程见图 1。

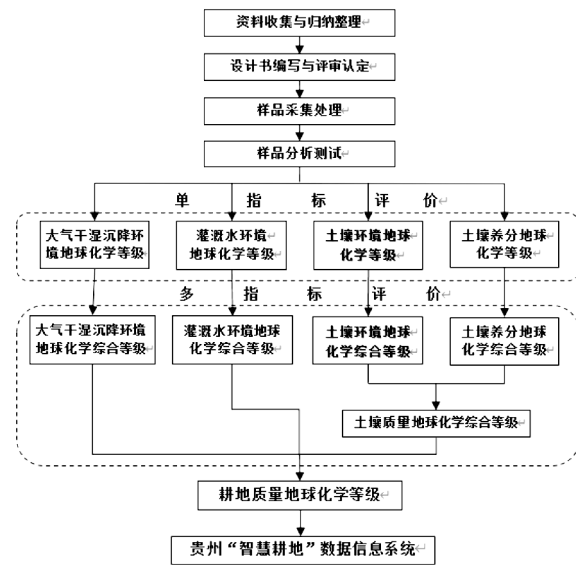


图 1 贵州耕地质量地球化学调查评价工作流程图

Fig. 1 Work flow chart of the cultivated land quality geochemical survey and evaluation in Guizhou

## 5 方法技术应用与创新

### 5.1 遵循的技术标准

《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)是在我国近二十年的土地质量地球化学调查评价工作中形成的行业技术标准(彭敏等,2019),适合于 1:250000、1:50000、1:10000 ~ 1:2000 等不同比例尺农用地土地质量地球化学调查评价(中华人民共和国国土资源部,2016)。该标准规定了调查评价中设计编审、样点布设、样品采集、样品处理和样品分析、评价指标,以及土地质量地球化学评价、图件、数据库与报告编制等各个环节工作的基本原则和方法技术要求,是本次贵州省耕地质量地球化学调查评价方法技术的基本遵循。

### 5.2 方法技术创新

根据任务要求,贵州省耕地质量地球化学调查评价工作精度为 1:50000 比例尺,调查主要对象为耕地,覆盖全省范围,以县级行政区为单元,涵盖 100 个现代高效农业示范园区、20 个极贫乡镇和 51 个万亩大坝等重点区域专项调查。在这一精度上,以县为单元,突出重点地展开全省耕地全覆盖的调查评价工作,在国内尚属首次,加之贵州耕地特点既不同于北方平原地区,又有别于东

部丘陵地区,因此,在一些调查评价的方法技术上,需要结合贵州耕地实际情况探索、完善。

### 5.2.1 耕地表层土壤样品布设

耕地表层土壤样品布设中样点代表性和区域连续性是样品布设的关键问题。样点布设采用“网格加耕地图斑”,以 $1\text{ km}^2$ 网格(正方形大格)为编号单元,按大格方里网内分成 $333.3\times 333.3\text{ m}$ 的9个正方形布设采样小格,规定小格内耕地、园地(含果园、茶园)图斑面积 $\geq 1/2$ 小格(约83亩)的应布设采样点,相邻小格之间的耕地图斑面积之和 $\geq 1/2$ 小格(约83亩)应布设采样点控制,样点布设注重代表性。对于现代高效农业示范园区,若小格内耕地、园地(含果园、茶园)图斑面积 $\geq 1/3$ 小格(约55亩)应布设采样点。对于面积 $> 4\text{ km}^2$ 的集中连片林地分布区,虽有个别孤立的图斑满足布样要求,不布设采样点,但对于插花状分布在耕地之间的土地(含林地)面积 $\leq 4\text{ km}^2$ ,为保持区域调查评价的完整性,至少布设1件样品。对于面积 $\leq 4\text{ km}^2$ 石漠化分布区,虽有个别孤立的图斑满足采样要求,但无特色农业种植分布,不再布设点位。

### 5.2.2 土壤剖面及成土母岩样品布设

土壤剖面与成土母岩样品布设目的是分析评价区重要的生态地球化学问题,布设的关键在于对第一阶段表层土壤的元素地球化学检测数据分析,通过分析,判定评价区内需要解决的重要生态地球化学问题,针对问题,选择代表性区域进行布设。每个土壤垂向剖面的布设原则上与成土母岩、农作物种植相结合,形成一个土壤重要元素成因来源、迁移转化与控制因素的完整剖面,剖面深度原则上以见到成土母岩为准。每个剖面按腐植层(耕层)、淋溶层、淀积层和母质层分层采样,并对应采集成土母岩。

### 5.2.3 灌溉水、大气干湿沉降物、土壤有机污染物样品布设

采用平均网度,较大密度地布设灌溉水、大气干湿沉降物、土壤有机污染物样品,既不符合贵州山地耕地数量少、零散、植被覆盖率高的实际情况,也不经济。工作中,采用调查精度与调查重点相结合,在县级评价单元内以坝区、现代高效农业示范园区等重要的农业种植区域为重点进行布设,在区域上各县级单元样点布设兼顾全省的系统性。

### 5.2.4 土壤养分地球化学综合等级划分中N、P、K权重系数调整

现行标准中,土壤养分地球化学综合等级划分中N、P、K权重系数为0.4、0.4和0.2(中华人民共和国国土资源部,2016)。有调查表明(全国农业技术推广服务中心,等,2008),从化肥结构看,钾肥投入量不足,土壤钾素含量有下降趋势,依据全国“测土配方施肥补贴项目”调查结果,一些地区提出了“控氮、稳磷、增钾”的施肥措施,并取得成效。高雪等根据贵州“测土配方施肥补贴项目”调查结果,研究认为(高雪等,2013),贵州耕层土壤氮含量处于中上水平,有效磷集中在适宜等级,许多地区速效钾、缓效钾处于缺乏和极缺乏状态,提出的水稻和马铃薯在不同地区N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O施肥适宜比例建议分别是1.0:0.9:1.2~1.4和1.0:0.9:1.8配比。工作中,依据农业部门掌握的贵州耕地土壤实际情况,经过综合分析研究,听取农业土肥方面专家的建议,将N、P、K权重系数调整为0.4、0.3和0.3。

### 5.2.5 耕地土壤环境地球化学等级评价

现行技术标准发布实施时,《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018代替GB15618-1995)(中华人民共和国生态环境部,2018)尚未发布,仍沿用国家《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)(中华人民共和国国家环境保护局,1995),Cd、Hg、Pb、As、Cr、Cu、Ni、Zn,以及六六六、滴滴涕的环境质量等级划分标准值相同于GB15618-1995中的二级标准值,土壤环境质量划分为清洁、轻微污染、轻度污染、中度污染和重度污染五个等级(中华人民共和国国土资源部,2016)。2018年8月1日,新的土壤环境质量标准(GB15618-2018)发布实施,工作中,参照生态环境部《农用地土壤环境污染风险评价技术规定(试行)》(中华人民共和国生态环境部,2018),规定了土壤环境质量评价方法。

以土壤中TCd、THg、TPb、TAs、TCr含量( $C_i$ )对照GB15618-2018中筛选值( $S_i$ )和管制值( $G_i$ ),分 $C_i \leq S_i$ 、 $S_i < C_i \leq G_i$ 和 $C_i > G_i$ 三个含量区间,将土壤环境质量对应评价划分为优先保护、安全利用和严格管控三个类别;以土壤中TCu、TNi、TZn、六六六、滴滴涕含量( $C_i$ )对照(GB15618-2018)中的筛选值( $S_i$ ),分 $C_i \leq S_i$ 和 $C_i > S_i$ 二个含量区间,将土壤环境质量对应评价划分为优先保



护、安全利用两个类别;综合环境元素或指标单项评价形成评价单元的土壤环境质量类别,评价单元土壤环境质量类别按照级别优先选择风险等级较高的单项指标类别进行划定;局部区域可利用农产品安全性和土壤重金属的活性适当调整耕地土壤环境质量类别。

### 5.2.6 耕地土壤地球化学综合等级评价

由于土壤环境质量地球化学综合等级由原来的五个等级减少为三个类别,使耕地土壤地球化学综合等级的划分及含义有所变化,耕地土壤地球化学综合等级划分及含义需要对应调整。结合耕地土壤环境质量类别进行的耕地土壤地球化学综合等级划分见表 1,不同等级具有不同含义,一等为优质,表明土壤环境无风险或风险可忽略,土壤养分丰富至较丰富;二等为良好,表明土壤环境无风险或风险可忽略,土壤养分中等;三等为中等,表明土壤环境无风险或风险可忽略,土壤养分较缺乏或土壤环境风险可控,土壤养分丰富至较缺乏;四等为差等,表明土壤环境无风险或风险可忽略,土壤养分缺乏或土壤环境风险可控,土壤养分缺乏;五等为劣等,表明土壤环境风险较大,土壤养分丰富至缺乏。

表 1 耕地土壤质量地球化学综合等级划分

Table 1 Comprehensive classification of cultivated soil geochemical quality

耕地土壤地球化学综合等级	耕地土壤环境地球化学综合等级		
	优先保护	安全利用	严格管控
丰富	一等	三等	五等
较丰富	一等	三等	五等
中等	二等	三等	五等
较缺乏	三等	三等	五等
缺乏	四等	四等	五等

## 6 关于方法技术的几个问题讨论

### 6.1 方法技术的可靠性问题

目前,全省 88 个县(市、区、特区)县级耕地质量地球化学调查评价工作已全面完成,从元素的地球化学分布来看,不论是养分元素、环境元素,亦或是特色元素,都反映了贵州成土母岩(母质)的基本状况,说明样点布设在局部是具有代表性的,在区域上是连续的、系统的。从发现的局部一些地区耕地土壤养分 K 素缺乏,P 素较缺乏,耕地

土壤有机质含量有所下降,局部区域耕地土壤环境质量主要受 Cd 元素的影响,以及全省耕地土壤酸化趋有所加剧等生态地球化学问题来看,是客观的。从耕地质量地球化学调查评价成果应用调研结果来看,耕地土壤地球化学等级评价结果符合各地区耕地土壤的实际情况,说明贵州耕地质量地球化学调查评价工作的方法技术是适当的。

### 6.2 土壤环境质量评价标准限值问题

王玉军等研究认为(王玉军等,2013),环境元素地质高背景值的土壤,不符合土壤污染的特征要素,不能归入土壤污染范围,采用标准限值评价夸大了土壤污染情况,以保护土壤资源自身为目的,一些研究中以地球化学方法中背景值为依据,以背景值+2 倍标准差为限值进行评价(周国华等,2004)。以贵州某地耕地土壤镉元素环境质量评价为例,分别以现行土壤环境质量标准值和地球化学背景值为依据进行评价,结果显示(图 2),以背景值评价比标准值评价在严格管控类耕地面积上减少了 55.28%,从这一地区农产品安全性评价结果来看,符合区域实际情况。如何客观评价喀斯特地区耕地土壤质量,土壤 Cd 元素环境质量评价标准限值问题是需要深入研究的重要问题。

### 6.3 土壤环境质量评价对耕地土壤地球化学综合等级影响问题

现行技术规范中土壤环境质量评价标准执行 GB15618-1995 标准,本次调查执行 GB15618-2018 标准,评价结果在耕地土壤地球化学综合等级上有差异。以一个基本评价单元耕地图斑 Cd 元素环境质量评价为例,该评价单元耕地地类为旱地,假定耕地土壤 pH 值为 6.6,Cd 元素含量为 1.6 mg/kg。按现行规范,该图斑耕地土壤 Cd 单项污染指数为 5.33(>5),土壤环境质量地球化学等级为五等(重度污染),土壤质量地球化学等级为五等(劣等);按本次调查评价,该图斑耕地土壤环境质量类别为安全利用(0.3 mg/kg ~ 3 mg/kg),土壤质量地球化学等级结合土壤养分情况划分为四等(差等)或三等(中等)。采用本次调查评价方法,耕地土壤劣等等级面积有所减少,中等和差等耕地面积有所增加,但中等和差等之间如何界定更加符合实际是评价中出现的一些问题,有待进一步分析研究。

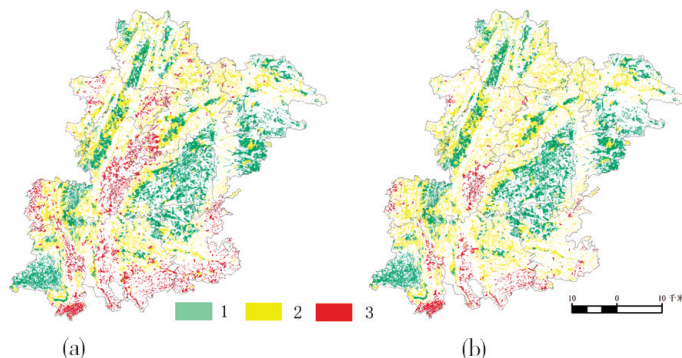


图2 贵州某地Cd元素不同风险管制值土壤环境质量评价结果对比

Fig. 2 Comparison of soil environmental quality evaluation results with different values of risk control of

Cd element in a certain place in Guizhou

(a)土壤环境质量标准值成图;(b)背景值+2倍标准差成图

1—优先保护;2—安全利用;3—严格管控

## 6.4 利用农产品安全性评价协同调整土壤环境质量类别问题

现行国家土壤环境质量评价标准,更加注重土壤对农产品安全质量的影响,本次调查评价中虽然提出了利用农产品安全性和土壤重金属活性适当调整耕地土壤环境质量类别的技术要求,但在调查评价之前并不了解严格管控类耕地的分布范围,从而使农产品样品布设与调整范围并不配套,协同调整可操作性差。从调查评价成果来看,在严格管控区内,一些农产品并未出现安全问题,或出现安全问题的比例低,说明有依据地进行土壤环境质量类别调整是必要的,但如何调整更有利于区域耕地资源的合理利用,还需要进行广泛深入研究,并制定相应的技术细则。

### [参考文献]

贵州省自然资源厅. 2018. 贵州省自然资源公报[R]. 贵州. 贵

阳.

高雪,陈海燕,张洁,等. 2013. 童倩倩. 贵州耕层土壤养分状况评价[J]. 贵州农业科学, 41(12): 87-91.

彭敏,李括,等. 2019. 全国土地质量地球化学调查二十年[J]. 地学前缘, 26(6): 128-158.

全国农业技术推广服务中心,中国农科院农业资源与区划研究所. 2008. 耕地质量演变趋势研究—国家级耕地土壤监测数据整编[M]. 北京:中国农业科学技术出版社.

王玉军,陈怀满. 2013. 我国土壤环境质量重金属影响研究中值得关注的问题[J]. 农业环境科学学报, 32(7): 1289-1293.

汪汾,蔡恩水,肖化仁,等. 1994. 贵州省土壤[M]. 贵阳:贵州科技出版社.

周国华,汪庆华,董岩翔,等. 2004. 浙江省农业地质环境评价的基本思路与方法[J]. 中国地质, 31: 40-44.

中华人民共和国生态环境部. 2018. 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB15618-2018代替GB15618-1995)[S]. 北京.

中华人民共和国国家环境保护局. 1995. 土壤环境质量标准(GB15618-1995)[S]. 北京.

中华人民共和国生态环境部. 2018. 农用地土壤环境污染风险评价技术规定(试行)[S]. 北京.

## The Method and Technology of 1:50000 Cultivated Land Quality Geochemical Survey and Evaluation in Guizhou

REN Ming-qiang<sup>1</sup>, LENG Yang-yang<sup>1</sup>, ZHOU Er-chun<sup>2</sup>, CAI Da-wei<sup>1</sup>,  
LI Long-bo<sup>1</sup>, ZHANG Mei-xue<sup>1</sup>

(1. Guizhou Geological Environment Monitoring Institute, Guiyang 550081, Guizhou, China;

2. Department of Natural Resource of Guizhou Province, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] In order to find out the cultivated land quality and serve the development of modern efficient agriculture with mountainous features, Guizhou took the lead in completing the province's 1:50000 land quality

geochemical survey and evaluation project. The method and technology generally follow the basic principles and requirements of the current technical standards, combined with the actual conditions of the cultivated land in Guizhou, the layout of surface soil samples, the evaluation of the soil nutrient grade of the cultivated land, the environmental quality of the cultivated land, and the comprehensive grade evaluation of the soil quality of the cultivated land. Exploration and innovation have been carried out to further improve the survey and evaluation methods and technologies, and have played a good role in the successful completion of the geochemical survey and evaluation project of cultivated land quality under the special geological background and natural geographical environment in Guizhou. In this paper, it will focus on the above content and discuss related issues in order to enrich and improve the methods and technologies in this field.

[ **Key Words** ] Geochemical survey; Evaluation of cultivated land quality; Method and technology; Guizhou

(上接第 226 页)

## Project Results and Its Significance of Cultivated Land Geochemical Survey and Appraisal(Preface)

ZHOU Qi<sup>1,2</sup>, WANG Yan-geng<sup>1,2</sup>, CHEN Xu-hui<sup>1,3</sup>

(1. *Committee of Experts, Guizhou Office of Cultivated Land Geochemical Survey and Appraisal, Guiyang 550004, Guizhou, China*; 2. *Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550004, Guizhou, China*; 3. *Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, Guizhou, China*)

[ **Key Words** ] Cultivated land; Soil; Geochemistry; Survey; Appraisal; Agricultural product; Guizhou

(上接第 250 页)

## Geochemical Evaluation on Soil Quality of Cultivated (Garden) Land in Chishui City, Guizhou Province

TANG Ting-ting, MOU Jun\*, TIAN Wen-ming, TANG Zuo-qi,  
QIANG Xi-run, WANG An-hua

(*Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081, Guizhou, China*)

[ **Abstract** ] According to the 1:50000 cultivated land quality geochemical survey, the environment and nutrients of the study area are graded and evaluated. Based on the environment and nutrient grade evaluation, the soil quality is comprehensively evaluated. The results show that: (a) the soil environment is generally acidic in the study area. (b) The soil is free of heavy metals and the environmental quality is excellent. Except for cadmium, the remaining 7 elements with more than 99.8% of the soil belong to Class I (priority protection category). (c) The nutrient content is relatively lacking. Except for effective zinc and nitrogen, the remaining 12 nutrients are mainly lacking-lacking grades. Among them, available phosphorus, boron, and manganese are most scarce, and the proportion of lacking grades exceeds 61%. (d) The soil quality is mainly medium grade, accounting for 76.81% of the total area. The above research results indicate that the soil is acidic, the environment is of good quality, and the nutrient content is low. Organic fertilizers such as grass ash, livestock, and manure should be added to increase soil fertility, improve the quality of agricultural products, and develop green agriculture.

[ **Key Words** ] Soil nutrients; Heavy metal elements; Soil environmental quality; Cultivated (garden) soil; Grade evaluation; Chishui, Guizhou