

乌蒙山区富硒耕地土壤资源评价与分析

——以贵州省大方县为例

张德明, 骆 珊, 彭成龙, 安亚运, 李月森, 跃连红, 秦兴志

(贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550081)

[摘要]通过1:50000耕地质量地球化学调查,获得了乌蒙山区大方县耕地土壤、农产品中元素的高精度分析数据。统计发现,大方县耕地土壤中硒元素平均含量为0.74 mg/kg,硒高含量区与县内二叠系成土母岩、黄棕壤-黄壤、中-酸性土壤等分布紧密相关。评价结果显示大方县耕地土壤酸碱性环境以中-酸性为主,占比85.04%;富硒耕地土壤面积1 137.75 km²,占比90.52%;富硒耕地土壤环境质量优先保护类-安全利用类占比84.84%,富硒耕地土壤养分质量丰富-较丰富等级占比70.69%,共同表明全县富硒耕地具环境质量优越、养分条件好、总量大和分布广的优势。不同农产品对硒的富集程度受土壤酸碱性环境和有机质含量丰缺的影响显著,可通过土壤酸碱度适宜改良和增施有机肥等调配好土壤pH值和有机质的含量,大力提升农产品的绿色、富硒品质。因此,本研究系统对富硒耕地土壤资源进行地球化学评价和分析,为大方县及乌蒙山集中连片贫困区开发富硒耕地资源和发展特色农业产业提供依据具有重要意义。

[关键词]富硒土壤;评价与分析;环境质量;养分质量;大方县

[中图分类号]S159;P632;O613.52 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-03-0281-08

1 引言

硒曾被誉为“生命的神奇元素”、“长寿元素”(任榕娜等,1999;秦俊法,2008),人体或动物所需的硒主要来源于膳食,而膳食又主要来源于农产品,富硒耕地土壤是发展富硒农产品产业的物质基础和宝贵资源,因此科学合理利用富硒耕地土壤资源,已成为生产富硒农产品的重要途径(侯现慧等,2015)。本文依托贵州省自然资源厅2017—2019年组织实施的大方县1:50000耕地质量地球化学调查项目,通过对耕地土壤、农产品样品中硒元素含量和分布特征的研究,系统评价全县富硒耕地土壤资源,并进一步探讨土壤-作物系统中硒、镉的转化利用,以期为乌蒙山区大方县及

相邻集中连片贫困区富硒耕地资源的开发利用和绿色、富硒农产品产业的规划发展提供科学依据。

2 采样与方法

2.1 采样

大方县位于贵州省西北部、毕节市中东部,地处乌蒙山脉东麓(105°15'47"~106°08'04"E,26°50'02"~27°36'04"N)的黔西高原向黔中山原丘陵过渡的斜坡地带,地势中高、南北低。全县下辖36个乡镇,国土面积3 505.21 km²(据大方县2015年度土地利用变更成果资料),属亚热带湿润季风气候,气候温和,雨量充沛;河流属长江上游的赤水河和乌江水系;土壤类型以黄壤、黄棕壤、石灰

[收稿日期]2020-04-15 [修回日期]2020-05-28

[基金项目]贵州省自然资源厅项目“贵州省大方县耕地质量地球化学调查评价”(黔地矿耕调2017-34)资助。

[作者简介]张德明(1989—),男,工程师,硕士研究生,从事区域地质矿产调查及农业地质调查研究工作。E-mail:601327282@qq.com。

土、紫色土、水稻土为主;出露地层以二叠系、三叠系分布最广,矿产资源以煤矿、硫铁矿为主;农产品种类丰富多样,有天麻之乡、皱椒之乡等美誉(唐承顺等,2014)。

研究区为大方县的耕地、园地、裸地及采矿用地,总面积1 256.81 km²。其中耕地面积1 229.92 km²,占国土面积的35.09%。在研究区以网格化4~16件/km²密度共布设采集耕地土壤样12054件,农产品包括玉米样41件、前胡中药材20件(图1)。土壤样采集半径50 m范围内耕作层(0~20 cm)5点以上组合,重量≥1 000 g,土壤样品经自然晒干,人工机械破碎2 mm孔径过筛和缩分后送实验室;农产品采集半径20~50 m范围内主要农产品及对应根系土,以对角线或菱形采集10~20株代表性农产品的可食部分,重量≥500 g,根系土壤采集与土壤样一致。采样过程注重样品的代表性、均匀性、控制性、合理性,避开主要交通干

线、人为污染源、近期堆积土和施肥。

2.2 方法

2.2.1 样品分析

土壤、农产品样品中各项指标的检测分析均由贵州省地质矿产中心实验室完成。土壤中各指标测定方法:pH为电位法(ISE);有机质、N为容量法(VOL);P、K、Cu、Zn、Cr为电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-OES);Cd、Pb为电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS);Se、As、Hg为原子荧光光谱法(AFS)。农产品中As、Cd、Cr、Hg、Pb、Se、Ge均采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定。以国家一级标准物质进行准确度、精密度监控,以重复样相对双差、相关系数等评定采样和分析误差,内部及外部质量控制样合格率的测定,随机抽查异常点监控分析质量,确保了样品测试数据结果的质量。

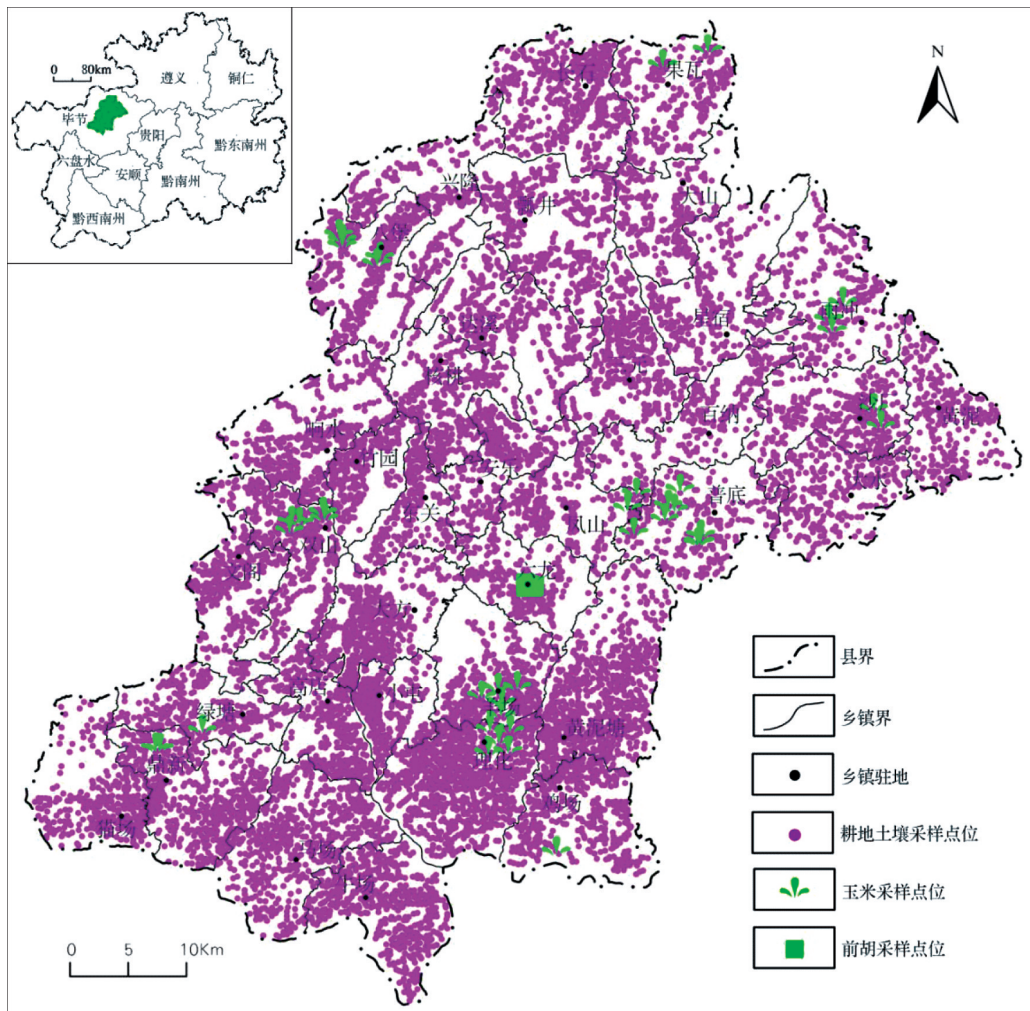


图1 大方县采样点位分布图

Fig. 1 Distribution of samples location in Dafang county

2.2.2 数据处理

采用中国地质调查局发展研究中心编制的地球化学找矿一体化处理子系统(GeoChem studio)与Statistica软件相结合分析统计土壤、农产品样品中元素的地球化学参数,并结合中国地质大学MapGis软件平台编制图件。

2.2.3 评价过程

在ArcGIS10.2平台下,利用大方县2015年度土地变更调查成果图斑数据,运用“土地质量地球化学评价管理与维护(应用)子系统”,依据《土地质量地球化学调查评价规范》(DZ/T 0295-2016),系统进行富硒耕地土壤质量评价。

其中,土壤硒含量划分为7个等级(表1)。以土壤硒含量>0.4~3.0 mg/kg划定富硒,包括了“特级、一级、二级和三级”4个等级。

富硒耕地土壤环境评价是在As、Cd、Cr、Hg、Pb、Ni、Cu、Zn单指标富硒耕地土壤环境质量等级划分基础上,每个评价单元的富硒土壤环境质

量等级等同于单指标划分出的环境等级最差的等级。富硒耕地土壤中污染物含量(Ci)对照《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)中的筛选值(Si)和管制值(Gi)将土壤风险程度分为3类:优先保护类: Ci ≤ Si,无土壤污染风险或风险很低可忽略;安全利用类: Si < Ci ≤ Gi,存在或可能存在土壤污染风险,但风险较低;严格管控类: Ci > Gi,风险较高。

富硒耕地土壤养分评价选取N、P、K单指标养分等级,按照下列公式计算富硒耕地土壤养分地球化学综合得分 $f_{\text{养综}}$,进行土壤养分综合等级划分(表2)。

$$f_{\text{养综}} = \sum_i^n k_i f_i$$

式中, $f_{\text{养综}}$ 为评价总得分 $1 \leq f_{\text{养综}} \leq 5$; k_i 为氮、磷、钾权重系数,分别为0.4、0.3和0.3; f_i 为N、P、K的单指标等级得分,分别为1、2、3、4、5分。

表1 土壤硒等级划分标准

Table 1 The grading standard of soil selenium

含量区间(mg/kg)	>3.0	>1.2~3.0	>0.8~1.2	>0.5~0.8	>0.4~0.5	>0.2~0.4	≤0.2
含义	过剩	特级	一级	二级	三级	含硒	低硒

表2 土壤养分综合等级划分表

Table 2 Classification of soil nutrients

$f_{\text{养综}}$	≥4.5	<4.5~3.5	<3.5~2.5	<2.5~1.5	<1.5
含义	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏

3 结果与分析

3.1 土壤环境酸碱性评价

大方县耕地土壤酸碱度(pH)值在3.71~8.66之间,中位值为5.95,总体为偏弱酸性环境。其中,碱性、中性、酸性耕地土壤分别占比8.94%、22.39%和62.65%,耕地土壤以中-酸性为主,占比85.04%,土壤酸碱性环境总体较好(图2)。

3.2 土壤硒地球化学特征

3.2.1 土壤硒含量

大方县耕地土壤中硒元素含量区间为0.06~7.14 mg/kg,多集中于0.5~1.2 mg/kg(表3),平均值为0.74 mg/kg,标准差为0.40,背景值为0.70 mg/kg(剔除250个特异值后的算数平均

值),对比全国A层土壤硒背景值0.29 mg/kg(魏复盛等,1991)和贵州土壤硒平均含量0.37 mg/kg(何亚琳,1996),可得出大方县耕地土壤中硒含量处于较高水平。

3.2.2 自然分布情况

大方县耕地土壤中硒含量在中部大方-东关-安乐-六龙,北部兴隆-长石,西南部猫场-高店等地较高,在西北部响水-八堡、东南部黄泥塘-鸡场等地较低(图3)。影响土壤硒含量和分布的自然因素有成土母岩、土壤类型、土壤酸碱性环境、土地利用方式等(孙朝等,2010;刘强等,2017;周墨等,2018),而成土母岩是最主要的因素(严明书等,2018)。统计土壤中硒含量与成土母岩的关系(表4),发现以二叠纪(P)辉绿岩、峨眉山玄武岩、灰岩及含煤砂泥岩为成土母岩的土壤中硒含量较高,集中于大方县中部和西南部,平均值分别为2.75 mg/kg、1.19 mg/kg、1.12 mg/kg、1.11 mg/kg;

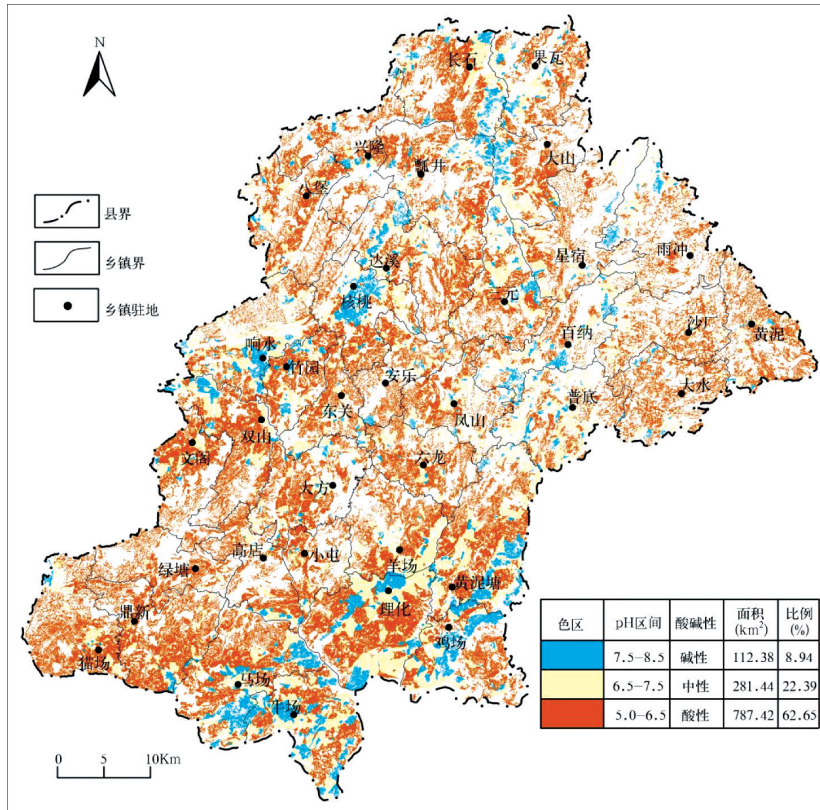


图2 大方县耕地土壤酸碱性(pH)分布图

Fig. 2 Cultivated land soil pH distribution in Dafang county

表3 土壤硒含量区间及样本量统计表

Table 3 Statistics of soil selenium content interval and sample size

含量区间(mg/kg)	平均值(mg/kg)	标准差	样本量(件)	占总样本量比例(%)
>3.0	4.05	1.08	32	0.27
>1.2~3.0	1.48	0.32	1 356	11.25
>0.8~1.2	0.99	0.11	2 423	20.10
>0.5~0.8	0.63	0.03	4 619	38.32
>0.4~0.5	0.46	0.03	2 050	17.01
>0.2~0.4	0.34	0.05	1 485	12.32
≤0.2	0.16	0.03	89	0.74

表4 土壤硒含量与成土母岩关系统计表

Table 4 Statistics of relationship between soil selenium content and soil parent rock

统计指标	\bar{X}	K1	\bar{X}	K1	\bar{X}	K1	\bar{X}	K1
成土母岩	T-J 砂泥岩		T 灰岩、白云岩		T 砂泥岩		P 含煤砂泥岩	
耕地土壤	N=431		N=5 387		N=1 632		N=1 334	
成土母岩	辉绿岩		P 玄武岩		P 灰岩		C 泥岩	
耕地土壤	N=16		N=154		N=2 245		N=73	
成土母岩	2.75 3.72		1.19 1.61		1.12 1.50		0.67 0.91	
成土母岩	O 砂页岩		Є-O 白云岩		Є 砂泥岩		Є 灰岩	
耕地土壤	N=90		N=667		N=11		N=14	
	0.88 1.19		0.61 0.82		0.52 0.70		0.70 0.95	

注： \bar{X} 为成土母岩上覆耕地土壤中硒元素平均含量值，单位为mg/kg；K1为 \bar{X} 和全县耕地土壤硒平均含量之比值；样本量N单位为件；Є-J为地质年代代号。

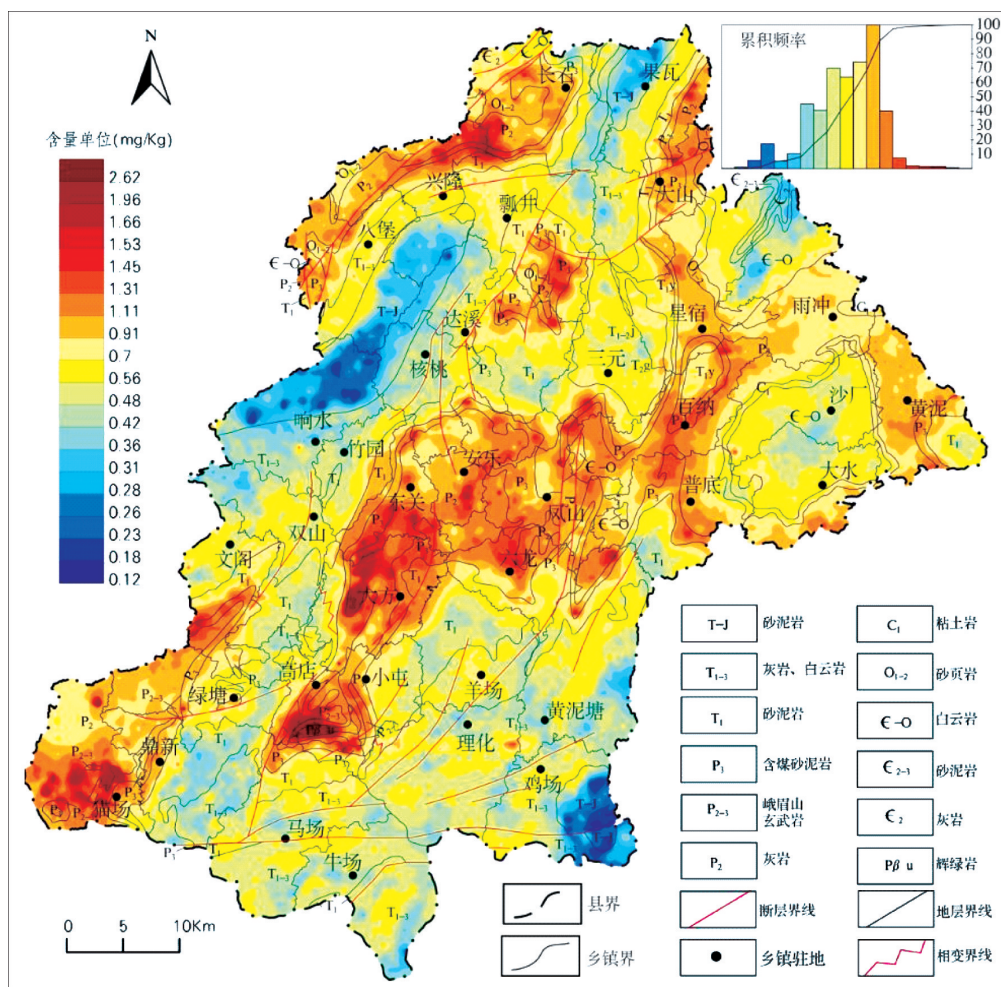


图3 大方县土壤硒地质地球化学略图

Fig. 3 Geological and geochemical sketch map of soil selenium in Dafang county

硒低含量区主要集中于以三叠纪-侏罗纪(T-J)砂泥岩等为成土母岩的分布区域,即大方县东南部和西北部、北部;各土壤类型分布区耕地土壤中硒平均含量差异较大,呈现黄棕壤(0.76 mg/kg)>黄壤(0.74 mg/kg)>石灰岩土、粗骨土(0.72 mg/kg)>水稻土(0.58 mg/kg)>紫色土(0.46 mg/kg)的变化特点;不同酸碱土壤中硒平均含量差异显著,在强碱性土壤中为0.28 mg/kg、碱性土壤中为0.62 mg/kg、中性土壤中为0.70 mg/kg、酸性土壤中为0.75 mg/kg;不同土地利用方式中土壤硒平均含量从高到低为茶园 1.33 mg/kg、采矿用地 1.02 mg/kg、裸地 0.86 mg/kg、水浇地 0.80 mg/kg、旱地 0.79 mg/kg、果园 0.73 mg/kg、水田 0.68 mg/kg。

大方县耕地土壤中硒高含量区主要集中于中部、北部和西南部,硒高含量区与分布广泛的二叠系成土母岩、黄棕壤-黄壤、中-酸性土壤等关系紧密,表明全县具有富硒特色耕地土壤分布的优越基础和条件。

3.3 富硒耕地土壤评价

3.3.1 土壤富硒评价结果

大方县耕地土壤富硒评价结果为:特级 132.88 km²,占比 10.57%;一级 279.13 km²,占比 22.21%;二级 516.55 km²,占比 41.10%;三级 209.19 km²,占比 16.64%。富硒耕地面积共1 137.75 km²,占比高达 90.52%,其中“特级”主要分布于猫场-绿塘、高店-东关-安乐-凤山-六龙、八堡-兴隆-长石等地,“一级、二级、三级”除西北部响水-八堡、东南部鸡场及北部果瓦以外全县均有分布(图4)。

3.3.2 富硒土壤环境质量

大方县富硒耕地土壤环境质量评价结果为:优先保护类 62.47 km²,占比 4.97%;安全利用类 1 003.87 km²,占比 79.87%,优先保护类-安全利用类富硒耕地共计占比 84.84%,其中优先保护类耕地主要集中于核桃-达溪-八堡-兴隆、沙厂-大水、黄泥塘-理化以及马场-牛场等(图5)。

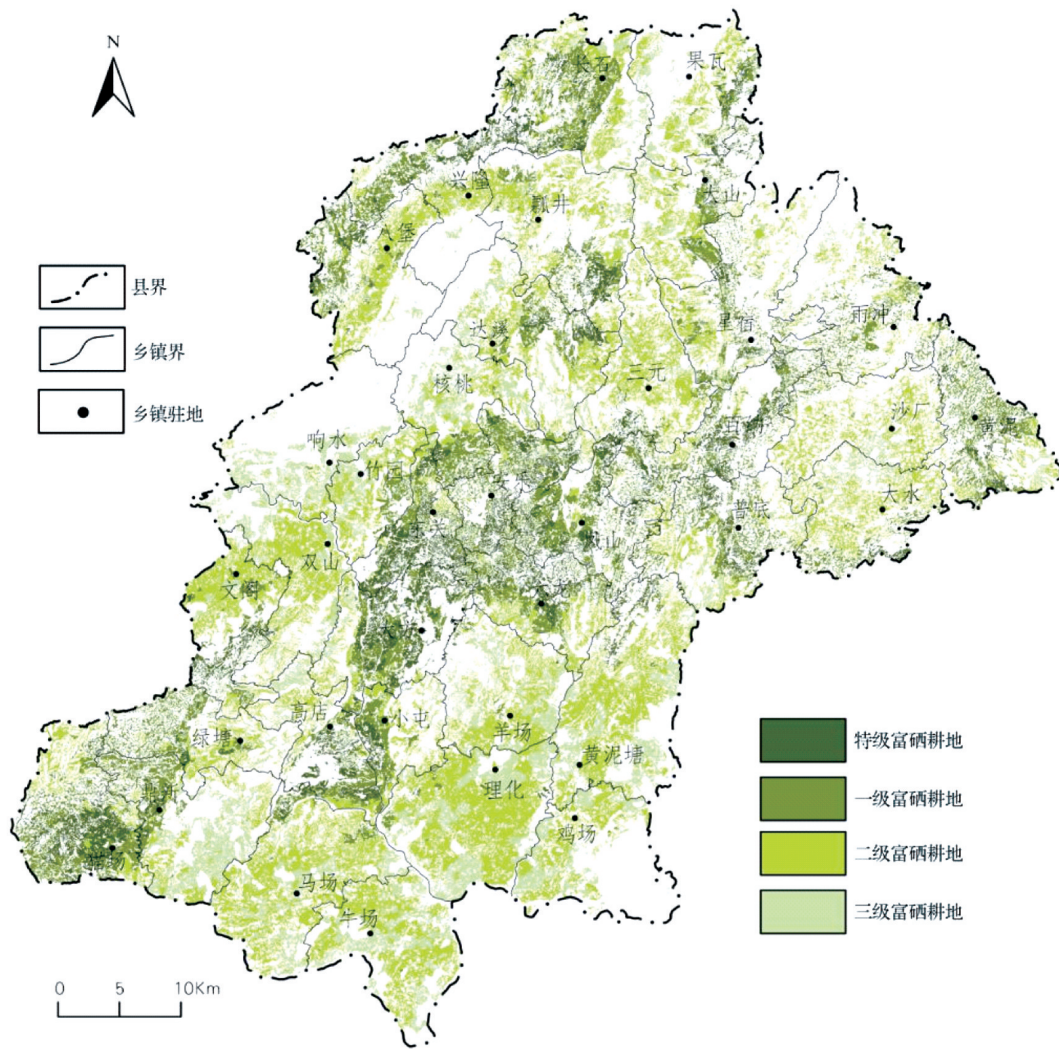


图4 大方县耕地土壤富硒评价结果

Fig. 4 Evaluation result of selenium-rich cultivated land soil in Dafang county

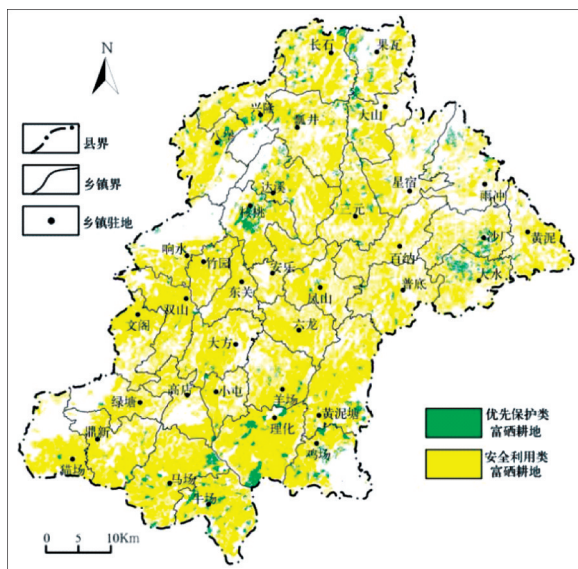


图5 大方县富硒耕地土壤环境质量

Fig. 5 Environmental quality of selenium-rich soil in Dafang county

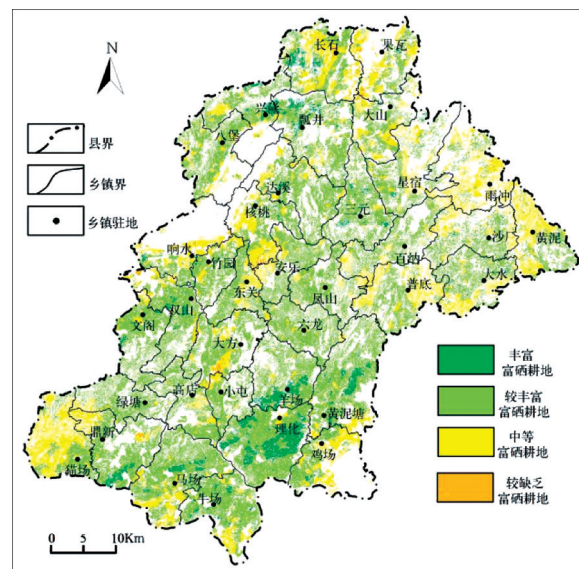


图6 大方县富硒耕地土壤养分质量

Fig. 6 Nutrient quality of selenium-rich soil in Dafang county

3.3.3 富硒土壤养分质量

大方县富硒耕地土壤养分质量评价结果为:丰富 55.66 km²,占比 4.43%;较丰富 832.75 km²,占比 66.26%;中等 236.05 km²,占比 18.78%;较缺乏 13.04 km²,占比 1.04%;缺乏 0.26 km²,占比 0.02%。养分丰富富硒耕地集中于黄泥塘-理化-羊场以及瓢井-兴隆等地;养分较缺乏-缺乏富硒耕地占比 1.06%,集中于东关-安乐、长石-大山以及黄泥-雨冲等地(图 6)。据养分 N、P、K 单指标评价结果,氮较缺乏-缺乏占比不足 0.6%,而磷较缺乏-缺乏占比为 10.21%、钾较缺乏-缺乏占比为 39.94%,表明磷和钾含量丰缺是影响富硒耕地土壤养分质量的重要因素,可

表 5 生物富集系数与根系土壤 pH、有机质相关系数(N 为样本量)

Table 5 Relationship between biological enrichment coefficient, soil pH and Organic matter

相关系数		As	Cd	Cr	Hg	Pb	Se	Ge
玉米 (N=41 件)	pH	0.02	-0.47	0.23	0.07	0.22	-0.02	0.14
	有机质	0.45	0.13	-0.13	0.21	-0.07	0.25	0.22
前胡 (N=20 件)	pH	-0.46	-0.70	-0.26	0.37	0.43	-0.03	0.12
	有机质	-0.13	-0.23	0.26	-0.16	-0.04	-0.39	-0.33

通过分析作物与根系土壤中的硒含量的浓度比值关系(何邵麟等,2017),玉米硒的富集系数变化在 1.09%~30.78%,平均值为 5.03%,前胡硒的富集系数变化在 0.80%~3.63%,平均值为 1.74%。分析生物富集系数与根系土壤 pH、有机质的相关系数特征(表 5),发现玉米、前胡中镉显示与 pH 呈较强的负相关性,而硒在玉米中与有机质呈正相关性、在前胡中与有机质呈负相关性,表明不同农产品受土壤本身理化性质影响亦不尽相同,如增加根系土有机质含量可提升玉米对硒的吸收利用率,而降低根系土有机质含量可提高前胡对硒元素的利用率,但两种情况均易引起作物对镉元素吸收率的加强。因此,通过酸碱度适宜改良和增施有机肥等调配好土壤 pH 值和有机质的含量,一方面能很好的抑制有害元素吸收从而保障农产品的安全性,另一方面促进营养元素的吸收进而大力提升农产品的品质。

4 讨论与结论

(1)大方县共调查采集土壤样品 12054 件,统计发现,其中 10448 件样品富硒,富硒率达 86.68%。土壤中硒含量平均值为 0.74 mg/kg、背景值为 0.70 mg/kg,对比全国 A 层土壤和贵州省耕地土壤,全

能与该县农业施肥不足或调配不均的影响有关(高雪等,2013)。

3.4 土壤-作物硒富集特征

41 件玉米样品中硒含量范围为 0.007~0.434 mg/kg,平均值为 0.048 mg/kg,其根系土壤硒含量范围为 0.37~2.26 mg/kg,平均值为 0.87 mg/kg,在普底一带所产出的玉米硒含量较高,可达 0.434 mg/kg,其成土母岩为二叠系含煤砂泥岩;20 件前胡中药材样品中硒含量范围为 0.009~0.032 mg/kg,平均值为 0.018 mg/kg,其根系土壤硒含量范围为 0.73~1.40 mg/kg,平均值为 1.07 mg/kg,其成土母岩均为三叠系灰岩。

县耕地土壤中硒含量处于较高水平。县内不同成土母岩、土壤类型、酸碱性环境和土地利用方式是影响土壤硒含量及分布的重要因素,其高含量区与全县分布广泛的二叠系成土母岩、黄棕壤-黄壤、中-酸性土壤等关系紧密,共同表明全县具富硒特色耕地土壤分布的优越基础和条件。

(2)评价发现,大方县富硒耕地面积 1 137.75 km²,占总面积的 90.52%,除西北部响水-八堡、东南部鸡场及北部果瓦以外全县均有分布;全县耕地土壤以中-酸性为主,占比 85.04%,环境优先保护类-安全利用类富硒耕地占比 84.84%,养分丰富-较丰富富硒耕地占比 70.69%,共同反映县内富硒特色耕地具环境质量优越、养分条件好、总量大和分布广的优势。

(3)通过分析生物富集系数与根系土壤 pH、有机质的相关系数特征,表明不同农产品对硒、镉的富集程度受土壤酸碱性环境和有机质含量高低的影响不尽相同。因此,可通过土壤酸碱度适宜改良和增施有机肥等调配好土壤 pH 值和有机质的含量,大力提升农产品的绿色、富硒品质。

(4)大方县地理区位、自然环境条件优越,利用天然的富硒耕地土壤资源开发富硒农产品的价值巨大,如县内相对高寒地区是国家重要的地道中药材种植基地,中药材资源十分丰富,科学打造

绿色富硒中药材品牌将对全县经济发展起到很好的促进作用。建议进一步科学规划、合理利用富硒耕地土壤资源,因地制宜,选择具有地方特色的农产品大力开发绿色、富硒农产品和发展特色农业产业。

[参考文献]

- 贵州省地质调查院. 2019. 贵州省大方县耕地质量地球化学调查评价报告[M].
- 高雪,陈海燕,童倩倩. 2013. 贵州耕地耕层土壤养分状况评价[J]. 贵州农业科学, 41(12):87-91+96.
- 何亚琳. 1996. 贵州省土壤含硒量及其分布[J]. 土壤学报, (04): 391-397.
- 何邵麟,陈武,莫春虎,等. 2017. 贵州乌蒙山区土壤-农产品体系硒-锌分布特征研究[J]. 生物技术进展, 7(05):557-562.
- 侯现慧,王占岐,杨俊. 2015. 富硒区耕地质量评价及利用分区研究——以福建省三元区为例[J]. 资源科学, 37(07): 1367-1375.
- 刘强,杨东. 2017. 不同土壤类型有效微量元素的空间特征——以张掖市临泽县为例[J]. 水土保持研究, 24(6):205-215.
- 孙朝,侯青叶,杨忠芳,等. 2010. 典型土壤环境中硒的迁移转化影响因素研究——以四川省成都经济区为例[J]. 中国地质, 37(6):1760-1768.
- 秦俊法. 2008. 中国的百岁老人研究 V. 微量元素—长寿的重要物质基础[J]. 广东微量元素科学, (02):15-32.
- 任榕娜,陈新民. 1999. 微量元素硒与人类疾病[J]. 微量元素与健康研究, (02):78-80.
- 唐承顺,盛良学,孙愈. 2014. 浅谈大方县特色农产品发展现状和方向[J]. 农业科技通讯, (10):48-51.
- 魏复盛,杨国治,蒋德珍,等. 1991. 中国土壤元素背景值基本统计量及其特征[J]. 中国环境监测, (01):1-6.
- 严明书,黄剑,何忠庠,等. 2018. 地质背景对土壤微量元素的影响——以渝北地区为例[J]. 物探与化探, 42(01):199-205+219.
- 周墨,陈国光,张明,等. 2018. 赣南地区土壤硒元素地球化学特征及其影响因素研究:以青塘—梅窖地区为例[J]. 现代地质, 32(6):1292-1301.

Evaluation and Analysis of Selenium-rich Cultivated Land Soil Resource in Wumeng Mountain Area

—A Case Study of Dafang County of Guizhou Province

ZHANG De-ming, LUO Shan, PENG Cheng-long, AN Ya-yun, LI Yue-seng,
YUE Lian-hong, QIN Xing-zhi

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, China)

[Abstract] The high precision analysis data of elements in soil and agricultural products of Dafang county in Wumeng Mountain area were obtained through 1:50000 geochemical investigation and evaluation of cultivated land quality. According to the statistics, the average Selenium content of cultivated land soil in the study area is 0.74 mg/kg. The high selenium content area is closely related to the distribution of Permian soil, yellow brown soil, yellow soil and medium acid soil. Evaluation results show that the selenium-rich cultivated land was 1 137.75 square kilometers, accounting for 90.52%, the acid and alkaline environment of soil is mainly neutral to acidic. The proportion of priority protection and safe utilization of soil environmental quality of selenium-rich cultivated land reached 84.84%, and the proportion of soil nutrient quality and abundance in selenium-rich cultivated land was 70.69%, which reflects that the selenium-rich cultivated land has the advantages of superior environmental quality, good nutrient conditions, large amount and wide distribution. The enrichment degree of selenium of different agricultural products is significantly affected by the acidity and alkalinity environment of soil as well as the abundance and deficiency of organic matter content. Therefore, the soil pH value and organic matter content can be well adjusted through the appropriate improvement of soil acidity and alkalinity and the application of organic fertilizer, so as to greatly improve the green and selenium-rich quality of agricultural products. Therefore, it is of great significance to systematically evaluate and analyze the soil resources of selenium-rich cultivated land, so as to provide a basis for the development of selenium-rich cultivated land resources and characteristic agricultural industry in the research area and the contiguous poor areas in Wumeng Mountain.

[Key Words] Selenium-rich Cultivated Land Soil; Evaluation and Analysis; Environmental quality; Nutrient quality; Dafang county