# 贵州省德江县耕地硒含量特征和富硒农作物研究

张德实1,2,杨炳南1,2,洪万华1,沈小庆1,2,韩姚飞1

(1. 贵州省地矿局 103 地质大队,贵州 铜仁 554300; 2. 中国地质大学 地球科学学院,湖北 武汉 430074)

[摘 要] 硒是人体必需的营养元素之一。为调查了解德江县耕地、农作物以及不同成土母岩、不同土壤类型、不同耕地类型中硒含量特征。以 2017—2019 年实施的贵州省德江县耕地质量地球化学调查项目获得数据为依托,对耕地硒元素地球化学图、养分评价等级图,农作物及对应根系土硒检测值,不同成土母岩、不同土壤类型、不同耕地类型特征值进行了分析研究。结果显示全县耕地富硒面积丰富,合计 59.56 万亩,占耕地面积 55.29%。农作物中水稻、玉米、大豆均有富硒,大豆对土壤硒富集强弱力最大,水稻次之,玉米、茶叶相近,天麻最小。不同成土母岩区耕地硒含量灰岩区最高,均值为 0.45 mg/kg,白云岩区次之,为 0.43 mg/kg,砂岩区相对较低,为 0.33 mg/kg。不同土壤类型耕地硒含量黄壤最高,为 0.44 mg/kg,紫色土最低,为 0.35 mg/kg,石灰土、水稻土、潮土相近。不同耕地类型硒含量茶园最高,为 0.47 mg/kg,裸地、旱地其次,为 0.42 mg/kg,水田、果园、水浇地相近。不同 pH 值耕地强酸性硒含量略高,为 0.47 mg/kg,其它酸碱度耕地硒含量均值相近,约为 0.42 mg/kg。

[关键词]富码:耕地:农作物:成土母岩:土壤类型:耕地类型

[中图分类号]P632;S159;O613.52 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-03-0298-07

硒是人体生理必需的微量元素之一,能替换半 胱氨酸中的硫原子形成硒代半胱氨酸,直接合成蛋 白质(王磊等,2015),与抗氧化、激素调节、矿质元 素代谢等功能密切相关(袁丽君等,2016),目前发 现克山病、癌症等多类疾病与硒缺乏有关(王权等, 2013)。由于饮食是动物和人体获取硒的主要途 径,而土壤是食物硒来源的库(胡艳华等,2010)。 湖北恩施市是全球唯一探明独立硒矿床所在地,富 硒地层为二叠系孤峰组—大隆组和寒武系牛蹄塘 组和奥陶—志留系龙马溪组(余涛等,2018)。贵州 分布有大量二叠系、寒武系黑色岩系地层,拥有面 积不小的富硒潜力耕地区,因调查工作不够,目前 仅发现遵义凤岗县,贵阳开阳县等区县局部存在富 硒耕地,调查农作物富硒情况亦仅针对茶叶等少部 分品种展开(仝双梅等,2013)。2017—2019年实施 的贵州省德江县耕地质量地球化学调查评价项目,

通过采样检测耕地土壤、农作物根系土及果实等样品,获得了大量的检测数据,查明了硒元素在耕地土壤、农作物等介质中的地球化学特征。

## 1 地质概况

## 1.1 构造及地层

德江县大地构造位置属扬子准地台黔北台隆 遵义断拱凤岗北北东向变形区。以北北东、北东 向雁列式构造为境内基本构造格架。褶皱构造以 复式背、向斜为主,具有窄向斜宽背斜组成的典型 隔槽式构造组合特征。县内出露地层有寒武系、 奥陶系、志留系、二叠系、三叠系及第四系,除第四 系外基本呈北东向、北北东向展布。地层岩性以 白云岩、灰岩、页岩、砂岩为主。

## 1.2 土壤

全县土壤有黄壤、石灰土、紫色土、潮土、水稻土5个类别。黄壤发育于各种母质之上,面积有1602.6 km²,占比为78.7%;石灰土成土母岩以方解石、白云石为主,面积有225.2 km²,占比为11.1%;紫色土是由富含碳酸钙的紫红色砂岩

和页岩上的初育土,面积有 17.6 km²,占比为 0.9%;潮土是河流沉积物受地下水运动和耕作活动影响而形成的土壤,面积约 1.8 km²,占比为 0.1%,主要分布于乌江及支流沿岸区域;水稻土是长期淹水种稻条件下受到人为活动和自然成土因素的作用下形成的土壤,面积有 188.6 km²,占比为 9.3%。

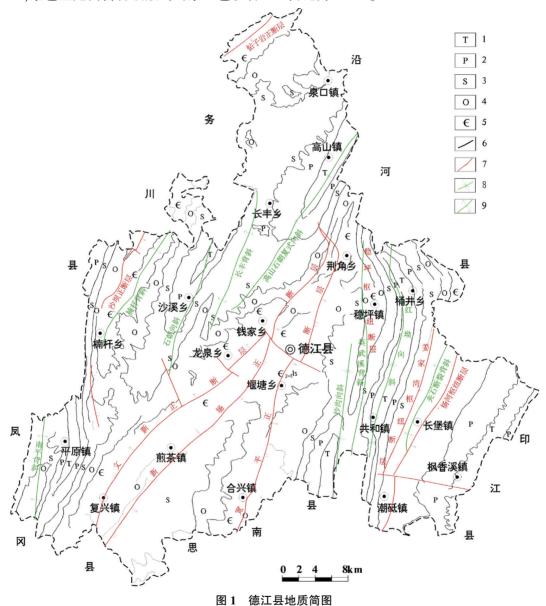


Fig. 1 Geological sketch of Dejiang county

1—三叠系;2—二叠系;3—志留系;4—奥陶系;5—寒武系;6—地层界线;7—断层;8—向斜;9—背斜

# 2 样品采集及检测

样品布设采用 1:5万地形图叠加土地利用现状图为工作底图,参考卫星遥感图。密度为 4-16 个点/km²,平均密度 9 点/km²。耕地土壤采样深度约

为 20 cm,采用"X"、"S"形等采集 5 个子样等量混合组成 1 件样品,共采样 6664 件。农作物采集时间为收获盛期,采用梅花点、对角线法等进行多点取样可食用部分,等量混匀组成一个样品,采集品种有水稻、玉米、茶叶、大豆、天麻等,合计 95 件。采集农作物样的同时,采集对应根系土壤样,采样 93 件。

硒元素的分析使用的是原子荧光光谱法(AFS),检出限为 0.01 mg/kg。按每 500 件样品插入 12 个土壤国家一级标准物质,一级标准物质合格率为 100%。本项目中表层土壤样品共插入583 件,142 组精密度控制样品,精密度控制标样合格率为 100%。硒元素检测报出率亦为 100%。重复性检验按样品总数随机抽取 5%编成密码样再测试得到 A2,测试结果和原测结果 A1 按()计算双差,按原始分析数据含量 3 倍检出限以上 RD ≤ 25%计算合格率,得到重复样合格率为 99.47%。

## 3 地球化学特征

耕地土壤硒元素地球化学参数统计显示硒元素含量平均值为 0.45 mg/kg,标准离差 0.23,变异系数 0.51。剔除三倍方差后(>平均值+3 标准离差)平均值为 0.42 mg/kg,标准离差 0.14,变异系数 0.34,表明高异常值少,整体数据质量较好。剔除三倍方差后硒平均值仍然高于硒丰富等级下限值 0.4 mg/kg,且是中国 A 层土壤硒均值的 2.1倍。

#### 表 1 德江县耕地硒元素地球化学参数表

Table 1 Geochemical parameters of selenium in cultivated land of Dejiang county

特征值	直 最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数	硒丰富下限值	A 值
Se 1	0.05	4. 52	0.45	0. 23	0.51	0.4	0.2
Se 2	0.05	0. 84	0.42	0. 14	0. 34	0. 4	0. 2

注:Sel 为原始检测数据,Se2 为剔除三倍方差后的数据。A 值为中国 A 层土壤含量平均值,取自鄢明才,1996。单位为 mg/kg

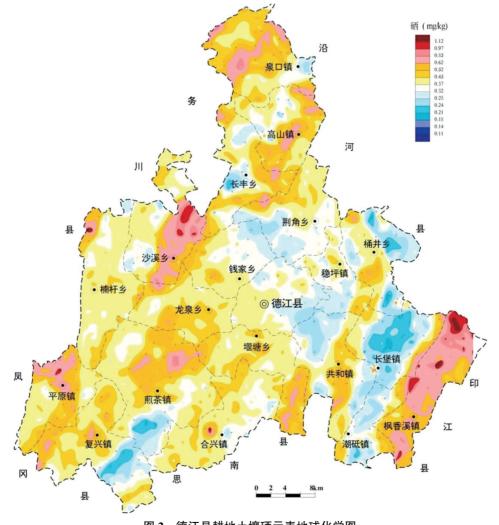


图 2 德江县耕地土壤硒元素地球化学图

Fig. 2 Geochemical map of selenium in cultivated soil of Dejiang county

按累积频率 0.62%、2.28%、6.68%、15.9%、30.85%、50%、69.15%、84.1%、93.3%、97.7%、99.3%确定 12级色阶绘制硒元素地球化学图。全县土壤硒元素高值区主要有南东枫香溪镇、北部泉口镇-高山镇-沙溪乡、西部龙泉乡-煎茶镇-平原镇三个北东向分布带,与母岩地层展布方向基本一致。相对低值区则主要分布于中东部钱家乡、荆角乡、稳坪镇、桶井乡、长堡镇、潮砥镇以及煎茶镇南部至复兴镇东南部区域。

## 4 硒含量特征

#### 4.1 耕地硒含量总体特征

全县耕地硒含量较丰富,且总体表现为清洁富硒。硒养分等级评价结果显示全县耕地无过剩等级(单点高值经软件插值拟合后变小);特级面积 0.45 万亩,占比 0.42%;一级面积 4.22 万亩,占比 3.91%;二级面积 22.52 万亩,占比 20.91%;

三级面积 32. 37 万亩,占比 30. 05%,此上四个等级为富硒,合计 59. 56 万亩,占比 55. 29%;未达到富硒标准耕地中含硒等面积 47. 34 万亩,占比 43. 95%;低硒等面积 0. 82 万亩,占比 0. 76%。全县清洁富硒(富硒且环境元素未超限)耕地 58. 84 万亩,占比 54. 61%。

#### 4.2 农作物硒含量特征

农作物采样遵循项目总体设计及 PPS 抽样调查法(Probability Proportionate to Size Sampling)(谢邦昌,1998),按种植规模大小成比例采样:水稻种植规模最大,各乡镇样品采集选取集中连片区采集1-2件,共采36件;玉米种植规模次之,各乡镇样品采集选取集中连片区采集1件,共采20件;茶叶种植规模再次之,兼考量县经济发展规划,采样26件;大豆样品为异常查证阶段针对耕地富硒区采样,在枫香溪镇采样7件,天麻为县特殊经济作物,在各种植区采集1件,共采3件。最终检出水稻、玉米、大豆可食部分及其根系土均存在富硒。

表 2 德江县耕地硒元素养分等级统计表

Table 2 Statistics of selenium nutrient levels in cultivated land of Dejiang co	Table 2	Statistics of	selenium	nutrient	levels in	cultivated	land of	Deiiang	count
---	---------	---------------	----------	----------	-----------	------------	---------	---------	-------

						•	
等级	过剩	特级	一级	二级	三级	含硒	低硒
标准值(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
硒养分等级(万亩)	0	0. 45	4. 22	22. 52	32. 37	47. 34	0. 82
占比(%)	_	0. 42	3. 91	20. 91	30. 05	43. 95	0.76
清洁硒养分等级(万亩)	0	0.40	4. 15	22. 05	32. 22	47. 30	0. 82
占比(%)	_	0. 38	3. 88	20. 62	30. 12	44. 23	0.77

注:评价标准参考《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)

#### 表 3 德江县富硒农作物统计表

Table 3 Statistical table of selenium-enriched crops in Dejiang county

农作物种类	采样数量	富硒数量	富硒标准值 (mg/kg)	硒含量范围 (mg/kg)	根系土 富硒数量	分布位置
水稻	36	12	$0.04 \sim 0.3$	$0.042 \sim 0.135$	10	高山镇、泉口镇、煎茶镇、 长堡镇、枫香溪镇等
玉米	20	6	$0.04 \sim 0.3$	$0.041 \sim 0.8$	6	泉口镇、高山镇、枫香溪镇
大豆	7	7	$0.05 \sim 0.3$	$0.072 \sim 0.17$	7	枫香溪镇

注:农作物参考国家标准(DB/T 22499—2008),根系土参考《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)

为了评价农作物中硒含量与对应根系土中硒含量的关系,引入富集系数,它在一定程度上反映着沉积物—植物系统中元素迁移的难易程度(徐聪等,2018),其公式为:

富集系数=农作物硒含量/根系土硒含量×100%

根据该公式对全县所有农作物硒元素富集系数统计求算术平均值发现,农作物品种对硒元素的富集强弱能力不同:大豆>水稻>玉米>茶叶>天麻,检出富硒的3个农作物品种富集系数均大于未检出富硒的农作物品种,这与不同农作物品种硒含量特征吻合。

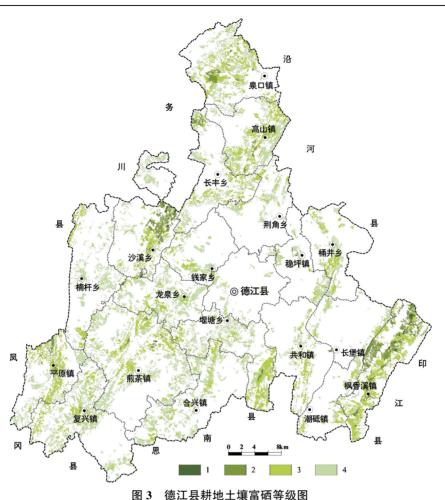
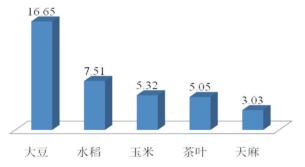


Fig. 3 Soil selenium grade map of cultivated land in Dejiang county 1—特级;2—一级;3—二级;4—三级



#### 图 4 农作物硒元素富集系数图

Fig. 4 Enrichment coefficient of crop selenium

## 4.3 不同成土母岩区硒含量特征

耕地不同成土母岩区中灰岩母岩区硒含量均值相对较高,为 0.45 mg/kg,白云岩区次之,为 0.43 mg/kg,页岩区再次之,为 0.40 mg/kg,砂岩区相对较低,为 0.33 mg/kg。总体趋势为灰岩>白云岩>页岩>砂岩。

## 4.4 不同土壤类型硒含量特征

不同土壤类型中黄壤硒含量均值相对较高,为 0.44 mg/kg,紫色土相对较低,为 0.35 mg/kg,其它土壤类型均值介于  $0.39 \sim 0.41 \text{ mg/kg}$ 。总体趋势为黄壤>石灰土>水稻土=潮土>紫色土。

### 4.5 不同耕地类型硒含量特征

不同耕地类型中茶园硒含量均值相对较高,为 0.47 mg/kg,水田、水浇地相对较低,为 0.39 mg/kg,其它耕地类型均值介于 0.40~0.42 mg/kg。总体趋势为茶园>裸地=旱地>果园>水浇地=水田。

# 4.6 不同酸碱度(pH值)耕地硒含量特征

不同酸碱度耕地中强酸性耕地硒含量均值相对较高,为 0.47 mg/kg,酸性、中性、碱性耕地均值较为接近,介于  $0.41 \sim 0.42 \text{ mg/kg}$ 。总体趋势为强酸性>碱性=中性>酸性。

#### 表 4 不同成土母岩耕地硒含量特征值表

Table 4 Characteristic value table of selenium content in different cultivated mother rock

成土母岩岩性	样品数	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数
白云岩	1247	0.08	0. 84	0. 43	0. 11	0. 25
灰岩	2932	0.06	0. 84	0. 45	0. 15	0. 34
砂岩	1053	0.05	0. 84	0. 33	0. 13	0. 37
页岩	968	0. 11	0. 84	0.40	0. 13	0. 33

注:标准偏差、变异系数无量纲,其它数值单位为 mg/kg。硒元素统计数据已剔除大于1\*平均值+3\*标准偏差 数据(下同)

#### 表 5 不同土壤类型硒含量特征值表

Table 5 Selenium content characteristic value table of different soil type

土壤类型	样品数	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数
黄壤	4108	0.08	0. 84	0. 44	0. 14	0. 33
石灰土	75	0. 13	0. 84	0.41	0. 17	0.41
水稻土	958	0. 11	0. 83	0. 39	0. 12	0. 32
潮土	70	0. 12	0. 81	0. 39	0. 14	0. 37
紫色土	989	0.05	0. 84	0. 35	0. 13	0. 36

注:标准偏差、变异系数无量纲,其它数值单位为 mg/kg

#### 表 6 不同耕地类型硒含量特征值表

Table 6 Characteristic values of selenium content in diffevent cultivated land

耕地类型	样品数	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数
茶园	131	0. 17	0. 83	0. 47	0. 13	0. 28
旱地	4 709	0.06	0. 84	0. 42	0. 15	0. 35
裸地	124	0. 14	0.76	0. 42	0. 14	0. 33
果园	130	0.05	0. 84	0.40	0. 15	0. 36
水浇地	130	0. 12	0.81	0. 39	0. 13	0. 33
水田	976	0. 11	0.82	0.39	0. 13	0.32

注:标准偏差、变异系数无量纲,其它数值单位为 mg/kg

#### 表 7 不同酸碱度耕地硒含量特征值表

Table 7 Characteristic values of selenium content in different pH cultivated land

酸碱度	样品数	pH 值	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数
碱性	936	7. 6-8. 5	0.09	0. 84	0. 42	0. 13	0. 31
中性	1292	6. 6-7. 5	0. 12	0. 84	0.42	0. 14	0. 32
酸性	3510	5. 0-6. 5	0.05	0. 84	0.41	0. 14	0. 35
强酸性	460	< 5.0	0.06	0. 84	0.47	0. 16	0. 35

注:pH值、标准偏差、变异系数无量纲,其它数值单位为 mg/kg

# 5 结论与讨论

(1)全县耕地富硒面积丰富,合计 59.56 万亩,占耕地面积 55.29%。农作物中水稻、玉米、大豆均有富硒,大豆对土壤硒富集强弱力最大,水稻次之,玉米、茶叶相近,天麻最小。不同成土母岩区耕地硒含量灰岩区最高,均值为 0.45 mg/kg,白云岩区次之,为 0.43 mg/kg,砂岩区相对较低,为 0.33 mg/kg。不同土壤类型耕地硒含量黄壤最高,为 0.44 mg/kg,紫色土最低,为 0.35 mg/kg,石

灰土、水稻土、潮土相近。不同耕地类型硒含量茶园最高,为0.47 mg/kg,裸地、旱地其次,为0.42 mg/kg,水田、果园、水浇地相近。不同 pH 值耕地强酸性硒含量略高,为0.47 mg/kg,其它酸碱度耕地硒含量均值相近,约为0.42 mg/kg。

(2)德江县耕地不同土壤类型硒含量特征与 广西南宁市耕地土壤硒含量特征有相同或相似之 处(李杰等,2012);不同成土母岩土壤硒含量与全 国已探明主要农耕区土壤硒高含量区受煤系、黑 色地层控制特征一致(王锐等,2017);农作物大 豆、玉米等含硒特征及对硒元素的富集能力与张 家界市农作物富硒特征相似(胡婷等,2014)。

(3)绿色天然富硒农产品是人民日益增长的 美好生活需要之一,发展富硒农业是现在和未来 的热点。通过耕地质量调查查清了德江县拥有丰 富的清洁富硒耕地,为促进全县富硒土壤开发利 用,发展高附加值、高品质农产品及特色农业产业 提供了科学依据。

#### [参考文献]

胡艳华,王加恩,蔡子华,等. 2010. 浙北嘉善地区土壤硒的含量、分布及其影响因素初探[J]. 地质科技情报,29(06):84-88.

胡婷,李文芳,聂亚文,等.2014. 张家界市土壤硒分布规律和富硒作物研究[J]. 农业现代化研究,35(06):821-824.

李杰,杨志强,刘枝刚,等.2012. 南宁市土壤硒分布特征及其影响 因素探讨[J]. 土壤学报,49(05):1012-1020.

- 全双梅,连国奇,秦趣,等.2013. 贵州省开阳县土壤硒含量及其制约因素研究[J]. 甘肃农业大学学报,48(02):105-109.
- 王权,李秀霞,李伦,等. 2013. 硒与大骨节病相关性的 Meta 分析 [J]. 中国循证医学杂志,13(12):1421-1430.
- 王磊,杜菲,孙卉,等.2015. 人体硒代谢与硒营养研究进展[J]. 生物技术进展,5(04):285-290.
- 王锐,余涛,曾庆良,等. 2017. 我国主要农耕区土壤硒含量分布特征、来源及影响因素[J]. 生物技术进展,7(05):359-366.
- 谢邦昌.1998. 抽样调查的理论及其应用方法[M]. 北京:中国统计出版社.
- 徐聪,刘媛媛,孟凡乔,等.2018. 农产品硒含量及与土壤硒的关系 [J]. 中国农学通报,34(07):96-103.
- 袁丽君,袁林喜,尹雪斌,等.2016. 硒的生理功能、摄入现状与对策研究进展[J]. 生物技术进展,6(06):396-405.
- 余涛,杨忠芳,王锐,等.2018. 恩施典型富硒区土壤硒与其他元素组合特征及来源分析[J]. 土壤,50(06):1119-1125.

# Study on Selenium Content Characteristics and Selenium-enriched Crops in Dejiang County, Guizhou Province

ZHANG De-shi<sup>1,2</sup>, YANG Bin-nan<sup>1,2</sup>, HONG Wan-hua<sup>1</sup>, SHEN Xiao-qing<sup>1,2</sup>, HAN Yao-fei<sup>1</sup>

(1.103 Geologic Party, Guizhou Bureau of Geology & Mineral Exploration and Development, Tongren 554300, Guizhou, China; 2. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

[Abstract] Selenium is one of the essential nutrients for the human body. In order to investigate and understand the characteristics of selenium content in cultivated land, crops, and different parent rocks, different soil types, and different cultivated land types in Dejiang county. Based on the data obtained from the cultivated land quality geochemical survey project of Dejiang county, Guizhou Province from 2017 to 2019, based on the selenium element geochemical map of cultivated land, nutrient evaluation level map, selenium detection value of crops and corresponding root soils. The characteristic values of different soil types and different cultivated land types were analyzed and studied. The results show that the county's cultivated land is rich in selenium, with a total area of 596 600 mu, accounting for 55.29% of the cultivated land area. Rice, corn, and soybean are all rich in selenium in crops. Soybean has the strongest strength on soil selenium accumulation, followed by rice, corn and tea are similar, and gastrodia elata is the smallest. The selenium content of the cultivated land in the different parent rocks is the highest in the limestone area, with an average value of 0.45 mg / kg, followed by the dolomite area with 0.43~mg / kg, and the sandstone area is relatively low, with 0.33~mg / kg. Different soil types have the highest selenium content in yellow soil, 0.44 mg/kg, and purple soil, the lowest, 0.35 mg/ kg. Lime, paddy, and fluvo-aquic soils are similar. The selenium content in different cultivated land types was the highest in tea gardens, at 0.47~mg / kg, followed by bare and dry lands at 0.42~mg / kg. The content of strongly acidic selenium in cultivated land at different pH values was slightly higher, at 0.47 mg / kg, and the mean value of selenium content in other pH farmlands was similar, about 0.42 mg/kg.

[Key Words] Selenium-rich; Cultivated land; Agricultural products; Soil forming rock; Soil type; Cultivated land type