



林泽渊,李永刚,饶红娟,等.贵州省印江县土壤硒地球化学特征及评价[J].黑龙江农业科学,2023(2):35-39.

# 贵州省印江县土壤硒地球化学特征及评价

林泽渊,李永刚,饶红娟,李仁启,王文杰

(贵州省地质矿产勘查开发局一〇一地质大队,贵州凯里556000)

**摘要:**为促进富硒土壤资源的开发利用,基于贵州省印江县耕地质量地球化学调查评价项目的数据,分析土壤中硒含量分布特征与成土母质、土壤类型、土地利用类型之间的关系,根据《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)和贵州省富硒土壤评价分级标准(试行),评价全区硒元素地球化学等级特征及富硒农产品。结果表明,印江县土壤硒含量为 $0.08\sim 3.22\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,平均值为 $0.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,背景值为 $0.29\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;区内硒元素的分布与成土母岩、土壤类型、土地利用类型密切相关;土壤硒元素地球化学等级以含硒为主,含硒土壤面积为 $40\,760.00\text{ hm}^2$ ,占比 $75.60\%$ ;富硒土壤面积为 $10\,786.66\text{ hm}^2$ ,占比 $20.00\%$ ,具有开发富硒农产品的良好基础。同时,少量农产品富硒,研究区富硒土壤资源具有良好的开发利用前景。

**关键词:**硒;地球化学特征;富硒标准;印江县

硒(Se)是对人体健康起着关键作用的一种微量元素,在维持人体正常生理功能上发挥重要作用<sup>[1]</sup>。研究表明,人体摄入适量硒具有预防癌症及心血管疾病、抗氧化、抗衰老、增强人体免疫力、拮抗重金属等功能,而摄入过量硒可能会造成“蹒跚症”“碱毒症”等慢性中毒症,人体缺硒则会引起白肌病、克山病和大骨节病等多种硒缺乏症。人体硒最初来源于土壤,土壤中硒含量及空间分布状况直接影响农作物的吸收,并通过食物链影响人类健康<sup>[1-2]</sup>。因此,研究土壤中硒的含量并对其进行分布及影响因素进行相关评价具有重要意义。

以往研究表明,土壤母质硒含量与岩石类型关系密切<sup>[3-4]</sup>,土壤硒含量与成土母岩硒含量、化学活性密切相关<sup>[5]</sup>,土壤硒元素主要往下游迁移至低洼处富集,垂向剖面上硒元素主要向下迁移,在中下部淋溶淀积层富集<sup>[6-7]</sup>。土壤硒含量特征及分布方面的研究通常是在全国范围、东北平原、不同省份等大尺度范围进行,对县级层次的研究较少,研究县级范围内硒元素分布特征及评价,对区内富硒土壤的开发利用具有重要意义,能助推当地经济发展。

本研究以贵州省印江县耕地质量地球化学调查评价项目的评价数据为基础,结合区内地质、土

壤类型、土地利用类型及自然地理等因素,对本区耕地土壤中硒含量分布特征及控制因素综合分析,圈定富硒土壤范围,以期对区内富硒土壤合理规划利用提供科学依据,对促进当地农村经济发展、助力乡村振兴具有重要意义。

## 1 研究区概况

研究区位于贵州省东北部,铜仁市西部,地处贵州、湖南和重庆二省一市的结合部,地理坐标: $27^{\circ}35'N\sim 28^{\circ}28'N$ , $108^{\circ}17'E\sim 108^{\circ}48'E$ ,下辖街道和乡镇有鹅岭街道、中兴街道、板溪镇、沙子坡镇、天堂镇、木黄镇、合水镇、郎溪镇、缠溪镇、洋溪镇、新寨镇、刀坝镇、杉树镇、紫薇镇、杨柳镇和罗场乡,县域面积 $196\,900\text{ hm}^2$ 。年均气温 $16.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,属亚热带季风湿润气候,年均降雨量 $1\,100\text{ mm}$ 。该区地处贵州高原的东北边缘向四川盆地过渡的斜坡地带,在武陵山脉的主峰梵净山的西麓,地形呈东部和南部高、中部背状凸起,西部和西北部低的倾斜之势,海拔高度一般 $500\sim 2\,000\text{ m}$ 。由于风化强烈,流水溶蚀、侵蚀严重,地中山、低山峡谷和岩溶丘峰洼地地貌较多。

研究区出露地层从老至新分别有青白口系、南华系、震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、二叠系、三叠系及第四系;岩性主要为粉砂岩、白云岩、灰岩,其次为页岩、炭质页岩及板岩、砾岩及炭质硅质岩等。区内土壤类型主要有黄壤、石灰土、紫色土、潮土和水稻土;土地利用类型以林地、耕地、草地及园地为主;农作物主要有水稻、茶叶、柑桔、玉米等。本次研究对象主要是耕地和园地。

收稿日期:2022-11-27

基金项目:贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目(黔地矿科合[2019]3号)。

第一作者:林泽渊(1987-),男,学士,工程师,从事地质资源勘查工作。E-mail:985436504@qq.com。

## 2 方法

### 2.1 样品采集

2017—2019年,在研究区开展1:50 000耕地质量地球化学调查评价,采用1:50 000地形图网格与土地利用现状图及卫星遥感图相结合布设表层土壤样品,采样深度20 cm,采用“S”形、“X”形或棋盘形采集5个子样等量混合组成1件样品,其质量 $\geq 1.5$  kg,一共采集样品5 309件,采样密度4~16件 $\cdot$ km $^{-2}$ ,平均点密度9件 $\cdot$ km $^{-2}$ 。经自然风干后,样品全部过2 mm孔径泥笼筛,按四分法取样500 g,其中200 g送实验室检测,剩余的300 g装入副样瓶并送副样库留底保存。采用梅花点、对角线法等多点等量混合方式采集农作物样品73件,其中水稻33件,茶叶21件,柑橘19件;采集农作物的同时采集对应的根系土壤样品73件。

### 2.2 样品测试

样品测试由湖北省地质实验测试中心和贵州省地质矿产中心实验室完成,根据《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)和《多目标区

域地球化学调查规范(1:250 000)》(DZ/T 0258—2014)要求,硒元素采用荧光光谱法(AFS)测定,分析准确度和精确度均符合规范要求,样品分析结果合格率100%,测试数据真实可靠。

### 2.3 数据分析

采用Excel 2007和SPSS 20.0统计地球化学参数,运用中国地质调查局发展研究中心研发的“土地质量地球化学调查与评价数据管理与维护(应用)”子系统软件绘制等级评价图。

## 3 结果与分析

### 3.1 地球化学参数统计

研究区土壤硒含量为0.08~3.22 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,平均值为0.32 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,背景值为0.29 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,平均值和背景值均小于贵州省土壤的对应值<sup>[8]</sup>(平均值0.485 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,背景值0.482 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )。硒含量的最大值和最小值的差距较大,表明区内硒元素分布并不均匀,变异系数为0.51,显示区内硒元素分布具有一定变化;而偏度值4.43,峰度值44.02,说明硒含量存在部分极值(表1)。

表1 研究区土壤硒元素地球化学参数统计

元素	样品数/件	最小值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	最大值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	均值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	标准差/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	变异系数	峰度	偏度	背景值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )
Se	5309	0.08	3.22	0.32	0.16	0.51	44.02	4.43	0.29

### 3.2 不同成土母质硒含量特征

按照成土母岩进行统计(表2),不同成土母质表层土壤硒含量差异明显。硅质岩区的表层土壤硒含量最高,均值达1.75 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,粉砂岩、粘土岩区的

表层土壤硒含量最低,均值为0.26 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,全区平均硒含量为0.32 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,反映出硅质岩硒背景值和表层土壤硒含量相对较高。

表2 不同成土母质区表层土壤硒元素地球化学参数统计

成土母岩类型	样品数/ 件	平均值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	最小值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	最大值/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	标准差/ (mg $\cdot$ kg $^{-1}$ )	变异 系数	富集系数 (与全区相比)
粉砂岩、粘土岩	2548	0.26	0.08	2.50	0.11	0.42	0.82
白云岩、灰岩	1461	0.36	0.10	3.22	0.17	0.47	1.13
页岩	836	0.33	0.10	1.66	0.15	0.45	1.04
含炭质页岩	372	0.48	0.16	1.98	0.24	0.49	1.49
残坡积物	40	0.36	0.12	0.92	0.17	0.47	1.12
砂岩	30	0.40	0.20	0.83	0.16	0.41	1.25
板岩	16	0.42	0.26	0.67	0.12	0.28	1.32
砂质砾岩	4	0.77	0.36	1.49	0.44	0.57	2.42
硅质岩	2	1.75	0.87	2.64	0.89	0.51	5.48

以变异系数 $< 0.25$ (均匀)、 $0.25 \sim 0.50$ (不均匀)、 $0.50 \sim 1.00$ (弱分异)、 $1.00 \sim 2.00$ (分异)、

$> 2.00$ (强分异)作为离散程度评判标准,板岩、砂岩、粉砂岩、粘土岩、页岩、白云岩、灰岩、残坡积

物、含炭质页岩分布区的表层土壤硒含量呈现不均匀特征,而硅质岩和砂质砾岩分布区的表层土壤硒含量呈现弱分异特征。

以富集系数小于 0.80(贫化)、0.80~1.20(正常)、>1.20(富集)作为硒元素富集特征评判标准,区内硅质岩、砂质砾岩、含炭质页岩、板岩和砂岩成土母岩区,表层土壤的富集系数均大于 1.2,表现为富集特征,其中硅质岩区表层土壤硒的富集系数最大,达 5.48,明显富集;残坡积物、白云岩、灰岩、页岩和粉砂岩、粘土岩分布区表层土壤硒富集系数为 0.82~1.13,呈现正常特征。

土壤硒主要来源于成土母质<sup>[9-10]</sup>,表层土壤硒主要是母质风化的结果<sup>[11-12]</sup>,硅质岩(黑色岩系)中富含 Mo、Se、As、Cd、Ni、Zn、Cu 等多种金属元素<sup>[13]</sup>,经风化成土作用后形成的土壤硒含量均值较高<sup>[14]</sup>。

### 3.3 不同土壤类型硒含量特征

根据全国第二次土地调查资料,研究区土壤类型主要有黄壤、水稻土、石灰土,其次为紫色土

和潮土。不同土壤类型硒含量也不一样(表 3),各类土壤硒平均含量由高到低依次为:石灰土>潮土>黄壤>水稻土=紫色土。石灰土硒平均含量最高,为 0.39 mg·kg<sup>-1</sup>,但尚未达到富硒下限值(0.40 mg·kg<sup>-1</sup>),水稻土和紫色土硒平均含量最小,仅为 0.29 mg·kg<sup>-1</sup>,潮土、黄壤中硒平均含量分别为 0.36 和 0.33 mg·kg<sup>-1</sup>。

石灰土、黄壤多分布于地形较高坡地,气温较低,岩石风化强烈,引起 Ca、K、Na、Mg 等元素大量流失,同时 Si 元素大量迁移,Fe、Al 复合物相对富集,形成的土层较厚,有机质、粘粒含量较高,Fe、Al 复合物与土壤中的硒相结合发生沉淀反应,导致硒含量偏高<sup>[15-16]</sup>;水稻土受人为耕作活动影响,透水性、透气性较好,土壤硒易流失,长期耕作使土壤硒被水稻不断吸收消耗,导致硒含量偏低<sup>[17]</sup>;紫色土主要由紫红色砂质粘土岩、砂岩、页岩风化而成,土壤含砂量高,而有机质较少,结构松散,硒活动性强,易流失贫化,硒含量相对较低<sup>[17]</sup>。

表 3 不同土壤类型硒元素地球化学参数统计

土壤类型	样品数/件	平均值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最小值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最大值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	标准差/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	变异 系数	富集系数 (与全区相比)
水稻土	1895	0.29	0.10	1.66	0.13	0.43	0.91
石灰土	197	0.39	0.15	0.98	0.14	0.37	1.22
黄壤	3067	0.33	0.08	3.22	0.18	0.55	1.03
紫色土	143	0.29	0.12	1.48	0.15	0.52	0.91
潮土	7	0.36	0.18	0.92	0.25	0.68	1.13

### 3.4 不同土地利用类型硒含量

不同的土地利用类型及耕作条件,土壤的生物、化学、物理变化过程存在差异,硒元素的流失与富集程度不同,土壤中硒含量呈现差异。由表 4 可知,不同土地利用类型硒平均含量由高到低的顺序为茶园(0.34 mg·kg<sup>-1</sup>)>水田(0.30 mg·kg<sup>-1</sup>)=旱地(0.30 mg·kg<sup>-1</sup>)>果园(0.29 mg·kg<sup>-1</sup>),变异系数表现为水田>旱地>茶园>果园。茶园的海拔较高,气温较低,土壤中有有机质分解缓

慢,有利于土壤中有有机复合态硒积累,土壤中易被淋溶和植物吸收的硒减少,使硒得以富集<sup>[18]</sup>。同时,植被给土壤提供遮荫条件,可有效减少土壤中硒的流失<sup>[19]</sup>,据此推断可能是由于分布密度较大的茶树对土地遮荫作用大于分布密度较小的果数乔木,从而使茶园土壤硒流失较少,造成茶园土壤硒含量高于果园土壤。水田、旱地土壤硒含量较低,可能与农作物对硒的长期吸收利用有关。

表 4 不同土地利用类型硒元素地球化学参数统计

土地利用类型	样品数/件	平均值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最小值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最大值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	标准差/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	变异系数	富集系数 (与全区相比)
水田	1529	0.30	0.10	3.22	0.16	0.55	0.94
旱地	1580	0.30	0.12	1.98	0.16	0.53	0.94
茶园	2120	0.34	0.08	2.50	0.16	0.47	1.06
果园	80	0.29	0.14	0.80	0.12	0.41	0.91

### 3.5 土壤硒等级评价

3.5.1 土壤硒评价等级划分 参照《贵州省富硒土壤评价分级标准(试行)》,将研究区土壤硒划分为低硒、含硒、三级、二级、一级、特级和过剩7个等级(表5),三级、二级、一级和特级为富硒土壤。

表5 贵州省富硒土壤分级标准(试行)

级别	含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )
低硒	≤0.2
含硒	0.2~0.4
三级	0.4~0.5
二级	0.5~0.8
一级	0.8~1.2
特级	1.2~3.0
过剩	>3.0

3.5.2 土壤硒评价结果 由图1可知,研究区表层土壤硒元素含量总体表现为北高南低。富硒土壤面积10 786.67 hm<sup>2</sup>,主要分布于沙子坡镇、刀坝镇、木黄镇、板溪镇,占比20.00%。其中,特级等级面积53.33 hm<sup>2</sup>,占比0.10%;一级等级面积246.67 hm<sup>2</sup>,占比0.45%;二级等级面积3 573.33 hm<sup>2</sup>,占比6.63%;三级等级面积6 913.33 hm<sup>2</sup>,占比12.82%。含硒等级面积最大,为40 760.00 hm<sup>2</sup>,占比75.60%;低硒等级面积2 373.33 hm<sup>2</sup>,占比4.40%。

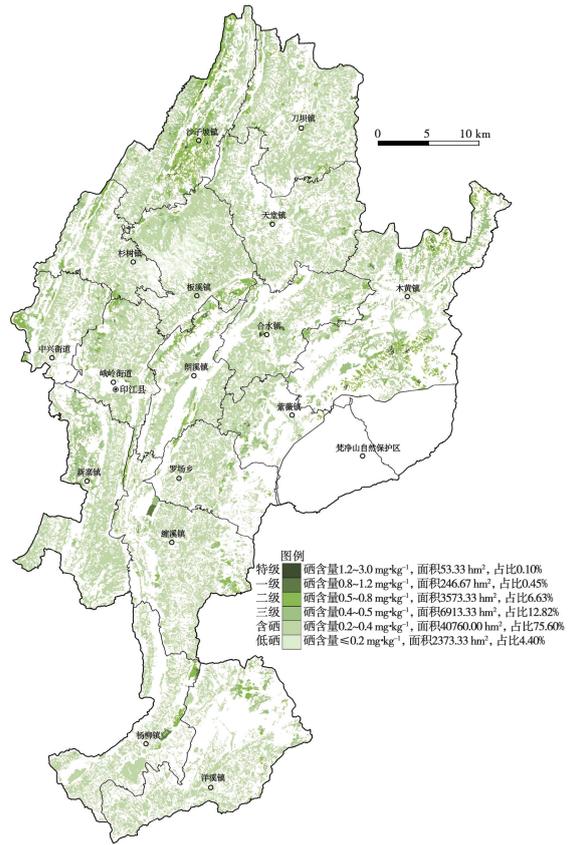


图1 研究区土壤硒等级评价图

3.5.3 富硒农产品评价 本次调查的农产品测试结果显示,茶叶富硒率为4.76%,水稻富硒率为3.03%,柑橘未达到富硒标准(表6)。

表6 不同农产品硒元素地球化学参数统计

农产品类型	样品数/件	平均值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最小值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	最大值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	富硒样品 数/件	富硒比例/%
水稻	33	0.018	0.005	0.044	1	3.03
茶叶	21	0.096	0.005	0.263	1	4.76
柑橘	19	0.005	0.005	0.005	0	0

## 4 结论

研究区土壤硒含量变幅为0.08~3.22 mg·kg<sup>-1</sup>,平均值为0.32 mg·kg<sup>-1</sup>,低于贵州省土壤的背景值(0.482 mg·kg<sup>-1</sup>),总体表现为北高南低,弱分异分布,存在部分极值。

土壤硒含量受成土母岩与土壤类型控制,成土母岩是土壤中硒元素的主要来源,区内硅质岩、砂质砾岩和含炭质页岩母岩发育土壤硒平均含量明显高于其他成土母质发育的土壤,石灰土中硒平均含量高于其他土壤类型。土壤利用现状对土壤硒迁移、富集产生一定影响,茶园对土壤硒的富

集略有优势。

研究区内土壤硒含量等级以含硒为主,含硒土壤面积为40 760.00 hm<sup>2</sup>,占比75.60%;富硒土壤面积为10 786.67 hm<sup>2</sup>,占比20.00%,主要分布于沙子坡镇、刀坝镇、木黄镇、板溪镇,可作为今后开发富硒农产品的优选区域。

本研究采集的农产品中,茶叶富硒率为4.76%,水稻富硒率为3.03%,柑橘未达到富硒标准,下一步应增加富硒农产品调查,改良酸性土壤,提高土壤有效态硒含量,发展地方富硒特色农产品,提高产品附加值。

## 参考文献:

- [1] 刘道荣,周漪,侯建国,等.浙西球川富硒区耕地土壤硒含量及其影响因素[J].地球与环境,2019,47(5):621-628.
- [2] 迟凤琴,徐强,匡恩俊,等.黑龙江省土壤硒分布及其影响因素研究[J].土壤学报,2016,53(5):1262-1274.
- [3] 杨良策,李明龙,杨延安,等.湖北神恩施市表层土壤硒含量分布特征及其影响因素研究[J].资源环境与工程,2015,29(6):825-829.
- [4] 刘才泽,王永华,曾琴琴,等.成渝典型地区土壤硒地球化学特征及其成因分析[J].物探与化探,2018,42(6):1289-1295.
- [5] 程湘,李福林,王成刚,等.鄂西地层硒的分布、富硒岩石成因及硒的来源[J].地质科技情报,2019,38(2):45-52.
- [6] 顾涛,赵信文,雷晓庆,等.珠江三角洲崖门镇地区水稻田土壤-植物系统中硒元素分布特征及迁移规律研究[J].岩矿测试,2019,38(5):545-555.
- [7] 黄春雷,宋明义,魏迎春,等.浙中典型富硒土壤区土壤硒含量的影响因素探讨[J].地球科学进展,2013,34(11):4405-4410.
- [8] 余飞,张风雷,张永文,等.重庆典型农业区土壤硒地球化学特征及影响因素[J].物探与化探,2020,44(4):830-838.
- [9] 王涵植,罗杰,蔡立梅,等.广东省惠来县土壤硒的分布特征及影响因素研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(6):262-268.
- [10] 黄俨然,肖正辉,余烨,等.湘西北下寒武统黑色岩系元素地球化学特征及地质意义[J].地球化学,2020,49(5):516-527.
- [11] 董旭,姜明亮,汤明.安徽省金寨县土壤硒分布特征及影响因素研究[J].东华理工大学学报(自然科学版),2021,44(1):48-53.
- [12] 蒋惠俏,陆国斌,赵震云,等.广西钟山县主要农用地土壤硒的地球化学特征[J].矿产与地质,2020,34(2):340-346.
- [13] 沈云飞.贵州省西秀区耕地土壤硒元素地球化学特征及成因分析[J].贵州地质,2020,37(4):526-531.
- [14] 刘道荣,李飞,郑基滋,等.浙江省临安东部地区土壤硒分布特征及影响因素[J].华东地质,2020,41(1):51-56.
- [15] 蔡大为,李龙波,任明强,等.贵州省土壤硒含量背景值研究[J].地球与环境,2021,49(5):504-509.
- [16] 牛忠磊,王建,李本玉.山东省淄博市淄川区土壤硒水平影响因素分析[J].黑龙江农业科学,2020(9):53-56.
- [17] 孙梓耀,王菲,崔玉军.黑龙江松嫩平原南部土壤硒元素含量及其分布特征的影响因素[J].黑龙江农业科学,2016(10):28-35.
- [18] 姚玲,潘启权,王大福,等.贵州省六枝特区土壤硒分布特征及评价研究[J].贵州地质,2020,37(3):366-371.
- [19] 周小娟,张嫣,祝莉玲,等.武汉市侏儒-消泗地区农田系统中硒的分布特征及有效性研究[J].地质科技情报,2016,35(4):158-171.

## Geochemical Characteristics and Evaluations of Soil Selenium in Yinjiang County of Guizhou Province

LIN Zeyuan, LI Yonggang, RAO Hongjuan, LI Renqi, WANG Wenjie

(101 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Kaili 556000, China)

**Abstract:** In order to promote the development and utilization of selenium-rich soil resources, based on the project of geochemical investigation and evaluation of cultivated land quality in Yinjiang County, Guizhou Province, analyze the relationship between the content and distribution characteristics of selenium in soil and soil parent material, soil type and land use type, according to the 'Land Quality Geochemical Evaluation Specification' (DZ/T 0295-2016) and the grading standard of selenium-rich soil in Guizhou Province (Trial), to evaluate the geochemical grade characteristics of selenium elements and selenium-rich agricultural products in the region. The results showed that the soil selenium content in Yinjiang County was 0.08-3.22 mg·kg<sup>-1</sup>, the average value was 0.32 mg·kg<sup>-1</sup> and the background value was 0.29 mg·kg<sup>-1</sup>. The distribution of selenium in the region was closely related to the parent rock, soil type and land use type. The geochemical grade of selenium element in the soil was mainly selenium-containing, with an area of 40 760.00 ha and 75.60% of the total area. Among them, the area of selenium-rich soil was 10 786.66 ha and 20.00% of the total area, which had a good basis for developing selenium-rich agricultural products. Since some of the agricultural products were selenium-rich, the selenium-rich soil resources in the study area have good prospects for development and utilization.

**Keywords:** selenium; geochemical characteristics; selenium-rich standard; Yinjiang County