

# 贵州省凯里市农作物籽实与根系土硒含量特征与应用

尹 祺,严 琦\*

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局六总队,贵州 凯里 556000)

[摘 要] 本文以水稻、玉米、葡萄共 144 件农作物样品及其对应的 144 件根系土样品作为研究对象,研究农作物中 Se 的富集程度,为凯里市富硒农作物的科学种植提供依据。研究表明,在凯里地区碳酸盐岩性上覆土壤和黄壤中农作物水稻的 Se 含量较高,分别为 0.077 mg/kg 和 0.079 mg/kg。在研究的 144 件农作物样品中,水稻籽实平均 Se 含量为 0.068 mg/kg,是同比研究农作物中最高,且其籽实与其对应根系土中 Se 含量在同比农作物中也具有较强的相关性。结合凯里市地质背景、地层岩性及当地交通情况及居民的农作物种植情况等,可以在舟溪镇发展富硒农产品,在龙场镇发展冷水田富硒大米。

[关键词] 凯里市;籽实;根系土;硒

[中图分类号] S159;O613.52;S51 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2020)-04-0532-07

硒元素是地球上一种稀有且分散的元素,是维持人体和动物必须的微量元素。硒能改善动物机体的免疫能力,提高人体抗癌能力,抑制镉、砷、贡、银等重金属毒性。缺硒可引起克山病、大骨节病等地方病(陈婕等,2018)。

硒在地壳中存在量极少,大约只有  $9 \times 10^{-8}$ ,多集中在硫酸盐矿物中,与硫伴生(王景怀等,2005)。研究表明,我国从东三省起,斜穿云贵高原,2/3 以上地区缺硒,其中 50% 为严重缺硒区(布和敖斯尔等,1995)。农作物中富硒在一定程度上能改善缺硒的状况,在缺硒的地区提供相对富集的硒农作物产品利于改善缺硒的状况,有益于人体健康。鉴于此,农作物中硒含量的研究成为相关领域学者的焦点,开展对农作物硒含量的调研能为特色土地资源规划和开发利用提供建议,为硒资源的开发利用及地方经济发展提供重要的科学依据。

## 1 研究区概况

研究区位于贵州省东南部的凯里市。出露地

层以寒武系娄山关组、石冷水组、高台组和清虚洞组为主,次为青白口系下江群、奥陶系桐梓组、红花园组及大湾组和泥盆系蟒山群、高坡场组,另有第四系零星分布。出露岩性主要为:碳酸盐岩,次为碎屑岩,少量分布有变质岩及黑色岩系。

研究区土壤以石灰土、黄壤为主,水稻土次之,粗骨土最少。石灰土主要分布在区内中部炉山、大风洞、鸭塘等地。黄壤主要分布于西部、西北部、东部。水稻土成片分布于区内山间盆地和河谷阶地;粗骨土分布在西部。

研究区主要农作物以水稻为主,玉米次之,呈北东至南西向分布,其中中心城区由于城市建设等原因,农作物分布较少。

## 2 样品采集与分析方法

### 2.1 样品采集

本研究采集了地区具有代表性农作物 144 件(水稻 64 件、玉米 64 件、葡萄 16 件)及相应的根系

[收稿日期] 2020-04-29 [修回日期] 2020-07-08

[作者简介] 尹祺(1991—),女,助理地质工程师,学士学位,从事矿产资源勘查及成矿理论研究。E-mail: 451782939@qq.com。

[通讯作者] 严琦(1989—),男,地质工程师,学士学位,从事矿产资源勘查及成矿理论研究。E-mail: 552401822@qq.com。

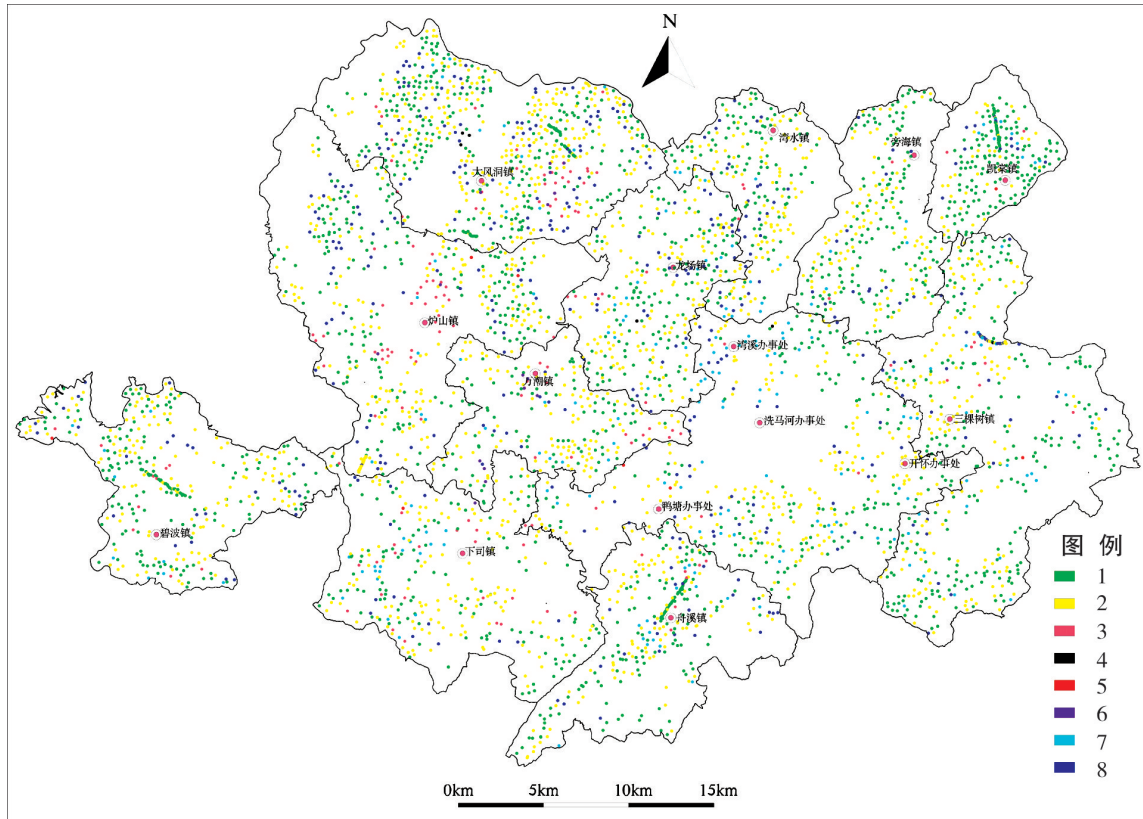


图1 凯里市主要农作物分布

Fig.1 Main agricultural product distribution in Kaili city

1—水稻;2—玉米;3—水果;4—茶叶;5—花卉;6—葡萄;7—蔬菜;8—其他

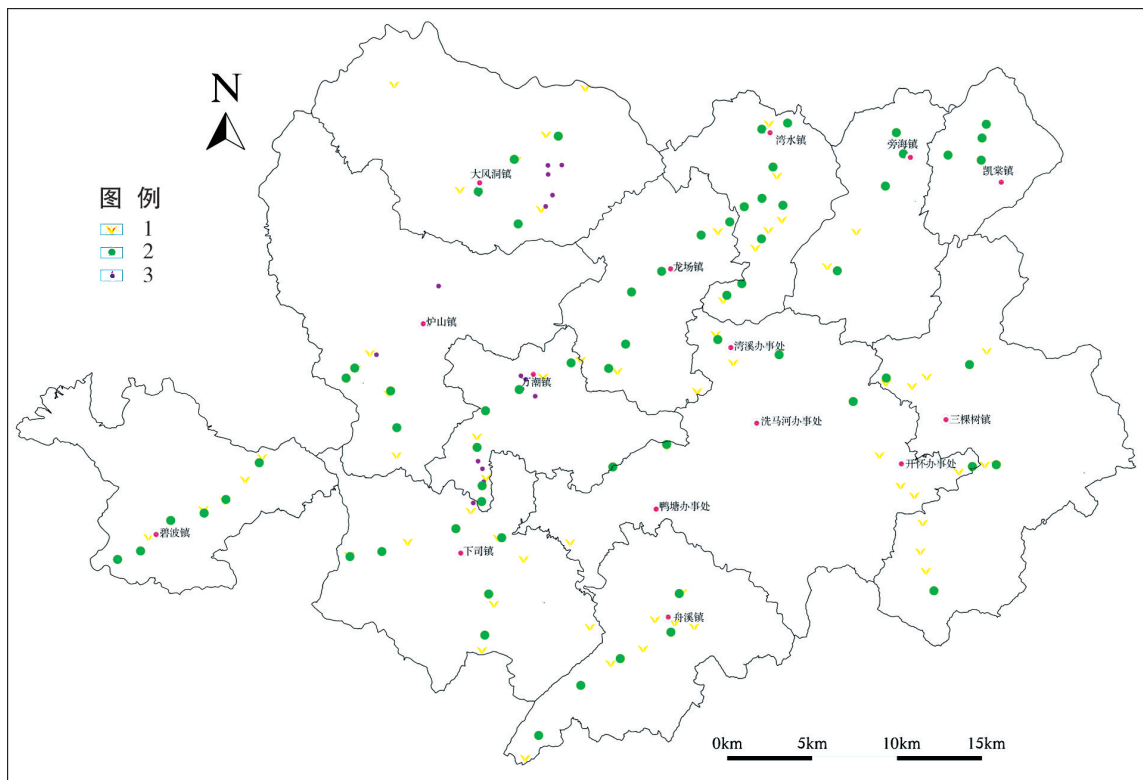


图2 研究区农作物采样点位图

Fig.2 Sampling points of agricultural product in the studying area

1—玉米采样点;2—水稻采样点;3—葡萄采样点

土壤样(144件)。

### 2.1.1 农作物样品采集

农作物采集了调查区特色农作物葡萄及大宗农作物水稻和玉米,采用了棋盘法、梅花点法等对分样点进行了布置,对9-15个分样点进行采集,然后等量混匀组成一个混合样品。每个农作物样品采集时避开了病虫害、腐烂等不可食用的样品,采集样品的总重量一般大于2.5 kg(严琦等,2019)。

### 2.1.2 农作物根系土样采集

采集农作物样品的同时进行根系土的采集工作,分样点数量和位置与农作物对应一致,采样位置位于分样点农作物根部,每个分样点采集的根系土壤重量一致,将采集的子样点土壤掰碎,挑出了根系、石块、虫体等杂物,混合均匀后,组成了一个根系土壤样品。若土壤较为潮湿,则用清洁的塑料袋套在样品外部。

## 2.2 样品加工及分析方法

### 2.2.1 样品加工

#### 2.2.1.1 鲜基样的加工

将样品用自来水冲洗,除去粘附的土壤和因施肥、喷农药等引起的污染,然后再用纯水冲洗干净,在室温下晾干。分取需检测部位(葡萄是分析其果实),切块后直接用捣碎机捣碎或打浆。

#### 2.2.1.2 干基样的加工

分取需检测部位,粮食等粒状样品直接风干,其它样品切剪成小块或条状,于80℃~90℃鼓风烘15~30 min,再于60℃鼓风干燥24~48 h。用玛瑙研钵或食品加工机加工至全部通过20目-40目(0.84~0.42 mm),混匀,分取适量装袋或瓶供分析用。剩余试样作副样保存。

#### 2.2.1.3 根系土的加工

剔除根系土中杂质,并捶打研磨,使之通过0.25 mm(60目)孔径筛。然后用无污染磨样机(玛瑙罐)磨细,使之全部通过0.074(200目)孔径筛。分取适量装袋或瓶供分析用。剩余试样作副样保存。

### 2.2.2 分析方法

用原子荧光光谱法(AFS)进行硒元素的分析。

原子荧光光谱法(AFS)是一种通过测量元素在辐射能激发下所发射原子荧光强度进行元素定量分析的仪器分析方法(王晓辉,2011)。对Se元

素测定具有很高的灵敏度(刘勇等,2008)。

以0.5000 g样品硝酸、氢氟酸处理溶样,用KBH<sub>4</sub>作为还原剂,于原子荧光光谱仪上测定样品中的Se元素。

同时对采用外部和内部质量控制,保证准确度、精密度和合格率。

#### 2.2.2.1 外部质量控制

按照《规范(DZ/T02582014)》要求,在样品分析前,由本实验室向廊坊物化探所购买密码控制样,每50个号码密码插入4件外部控制样。随样品一次分析;密码控制样测试结果的合格率、相关系数r等测试质量技术指标由中国地质调查局化探样品分析质量监督检查组统计。

#### 2.2.2.2 内部质量控制

按照《规范(DD2005-03)》要求,保证准确度和精密度。其中准确度控制是取每一批分析样品,插入同类标准物质1-2件与样品同时分析,并计算单个样品单次测定值与标准物质推存值的相对误差RE,要求 $RE \leq 30\%$ ,若无标准物质可供选择时,则采取加标回收法控制,每一分析批加入2份已知浓度标准溶液,与样品同时分析,加标回收率应控制在90%~110%之间。精确度控制,采用重复分析法控制。每件样品进行100%的重复分析,双份分析的相对偏差 $RE \leq 30\%$ 。

## 3 样品数据及处理

### 3.1 处理Se元素的软件

Se元素的含量统计是在Excel中完成,地球化学图的绘制是在Mapgis中完成,土地质量地球化学评价图件的数据处理和表达是由中国地质调查局发展研究中心《土地质量地球化学评价管理与维护(应用)子系统》及Arcgis 10.2软件联合处理完成。

### 3.2 农作物富Se的标准

水稻富硒标准采用的是国家富硒稻谷(GB/T22499-2008),在0.04~0.30 mg/kg为富硒水稻。玉米和葡萄采用的是中国食品工业协会花卉食品专业委员会发布的行业标准《天然富硒食品硒含量分类标准》(HB001/T-2013)在0.02~0.28 mg/kg的玉米为富硒玉米,在0.01~0.48 mg/kg的葡萄为富硒水果。

## 4 结果与分析

### 4.1 不同岩性上覆土壤和农作物硒含量特征

在碳酸盐岩上覆土壤中,农作物的富硒能力较强。同时,在不同农作物中,水稻富硒含量较

高,为0.074 mg/kg。说明在碳酸盐岩上覆土壤中更适合种植出硒含量高的水稻。

### 4.2 不同土壤类型和农作物硒含量特征

在黄壤中,农作物的富硒能力较强。同时,在不同农作物中,水稻中硒含量较高,为0.079mg/kg。说明在黄壤上更适合种植出富硒水稻。

表1 不同岩性上覆土壤和农作物硒含量表

Table 1 Se content of different lithology overlying soil and agricultural product

岩性	农作物	样品数	农产品硒含量平均值 (mg/kg)	根系土硒含量平均值 (mg/kg)
碳酸盐岩	水稻	46	0.074	0.53
	玉米	48	0.023	0.60
	葡萄	16	0.009 6	0.43
碎屑岩	水稻	13	0.057	0.36
	玉米	8	0.016	0.55
	葡萄	0	0	0
黑色岩系	水稻	2	0.034	0.43
	玉米	1	0.005	0.46
	葡萄	0	0	0
变质岩	水稻	3	0.040	0.43
	玉米	7	0.024	0.41
	葡萄	0	0	0

注:原始数据由华北有色地质勘查局燕郊中心实验室分析。

表2 不同土壤类型和农作物硒含量表

Table 2 Different soil types and Se content of agricultural product

岩性	农作物	样品数	农产品硒含量平均值 (mg/kg)	根系土硒含量平均值 (mg/kg)
黄壤	水稻	40	0.079	0.52
	玉米	42	0.024	0.59
	葡萄	16	0.009 6	0.43
石灰土	水稻	19	0.051	0.43
	玉米	17	0.018	0.56
	葡萄	0	0	0
水稻土	水稻	5	0.042	0.42
	玉米	5	0.019	0.47
	葡萄	0	0	0

注:原始数据由华北有色地质勘查局燕郊中心实验室分析。

综上所述,不同岩性上覆土壤、不同土壤类型及不同农作物中硒含量不同。由此可看出在碳酸盐岩岩性上覆土壤和黄壤中,更有利于种植出硒含量较高的水稻。这和王玥琳等研究成果相似。即不同土壤类型硒含量不同,由于土壤类型由成土母质决定,成土母质不同,以及土壤上种植植物不

同,造成硒含量不同(王玥琳等,2016)。

### 4.3 农产品富硒情况

本次研究区共采集水稻样品64件,其中富硒水稻44件,占采集水稻比例的68.75%。农产品富硒情况详见下表3。

表3 农产品富硒评价统计表

Table 3 Evaluation and statistics of Se-rich agricultural product

农作物	样品数	富硒样品数	富硒比例(%)	富硒标准(mg/kg)
水稻	64	44	68.75	0.04-0.3
玉米	64	24	37.50	0.02-0.28
葡萄	16	5	31.25	0.01-0.48

#### 4.4 农产品与根系土关系

农产品与根系土和相关系数是根据根系土中硒含量和对应的籽实中硒含量作的散点图。详见下图3、图4、图5。

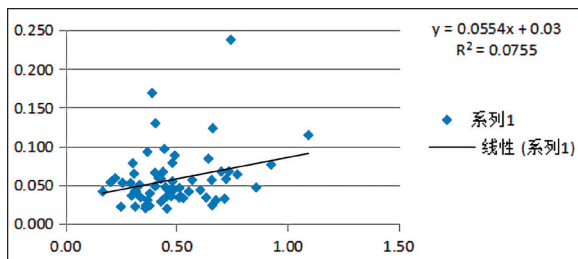


图3 水稻根系土和籽实 Se 含量散点图

Fig. 3 Scatter diagram of rice root soil and seed

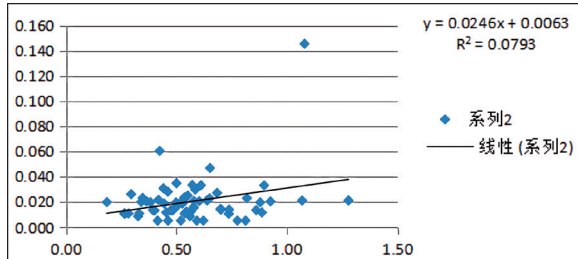


图4 玉米根系土和籽实 Se 含量散点图

Fig. 4 Scatter diagram of corn root soil and seed

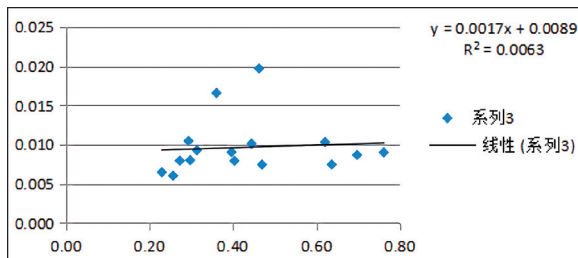


图5 葡萄根系土和籽实 Se 含量散点图

Fig. 5 Scatter diagram of grape root soil and seed

验证农产品与根系土的相关性如表4、表5、表6。

表4 水稻农产品与根系土相关性检测

Table 4 Correlation detection of rice agricultural product and root soil

相关性			
		水稻根系土 Se	水稻农产品硒
水稻根系土 Se	Pearson 相关性	1	0.275*
	显著性(双尾)		0.031
	N	64	64
水稻农产品硒	Pearson 相关性	0.275*	1
	显著性(双尾)	0.031	
	N	64	64

\* 在置信度(双测)为0.05时,相关性是显著的。

表5 玉米农产品与根系土相关性检测

Table 5 Correlation detection of corn agricultural product and root soil

相关性			
		玉米根系土 Se	玉米农产品硒
玉米根系土 Se	Pearson 相关性	1	0.282*
	显著性(双尾)		0.024
	N	64	64
玉米农产品硒	Pearson 相关性	0.282*	1
	显著性(双尾)	0.024	
	N	64	64

\* 在置信度(双测)为0.05时,相关性是显著的。

表6 葡萄农产品与根系土相关性检测

Table 6 Correlation detection of grape agricultural product and root soil

相关性			
		葡萄根系土 Se	葡萄农产品硒
葡萄根系土 Se	Pearson 相关性	1	0.08
	显著性(双尾)		0.769
	N	16	16
葡萄农产品硒	Pearson 相关性	0.08	1
	显著性(双尾)	0.769	
	N	16	16

由图3、4、5和表4、5、6得出水稻和玉米籽实中Se含量与其根系土中Se含量的相关系数分别为0.27和0.28,在 $p < 0.05$ 时,呈显著相关程度,而葡萄籽实中Se含量与其根系土中Se含量的相

关系系数为 0.08,不具有显著相关性。对于水稻、玉米葡萄中其中个别硒含量较高,可能是与土壤本身理化性质有关(尹猛 等,2017)。

### 4.5 农作物生物富集系数

生物富集系数又称生物浓缩系数,生物浓缩率等,可表示生物富集、浓缩等与程度的数量关系。农作物和土壤间的富集系数是农作物灰分中某物质的浓度与其生长的土壤中该物质浓度的比

值,是评价农作物吸收富集能力的评价指标,农作物对某中元素的生物富集系数越高表明农作物对该元素的吸收能力越强(李振宁,2010)。因此,生物富集系数可以很好的衡量农产品对硒元素富集能力。

将根系土与农产品的硒含量求平均值,再用农产品中硒含量/根系土硒含量得到各农作物中硒的生物富集系数(尚翎 等,1997)。详见表 7。

表 7 农作物与其根系土中硒含量的平均值及其生物富集系数

Table 7 Se average value and its bio-concentration coefficient in the agricultural product and its root soil

农作物	根系土硒含量平均值 (mg/kg)	籽实硒含量平均值 (mg/kg)	生物富集系数
水稻	0.485	0.068	0.14
玉米	0.57	0.02	0.04
葡萄	0.43	0.01	0.02

注:原始数据由华北有色地质勘查局燕郊中心实验室分析

由表 7 中可以看出,水稻中硒的生物富集系数为 0.14,其次为玉米 0.04,葡萄最低,仅 0.02。根据生物富集系数 < 0.015 为弱吸收强度,0.015 ~ 0.045 为中等吸收度,>0.045 为强吸收强度(余忠珍 等,2013),得出水稻为强吸收强度,玉米为中等吸收强度,葡萄为中等吸收强度。说明,不同农作物对硒元素的富集能力不同,具有一定差异性。

### 4.6 富硒水稻分布情况

富硒水稻主要沿北东至南西向分布,相对集中分布的有龙场镇和舟溪镇,富硒比例高达采样数量的 68.75%,如图 6。

由图 6 可看出,全市富硒水稻相对集中,可集中发展富硒水稻。

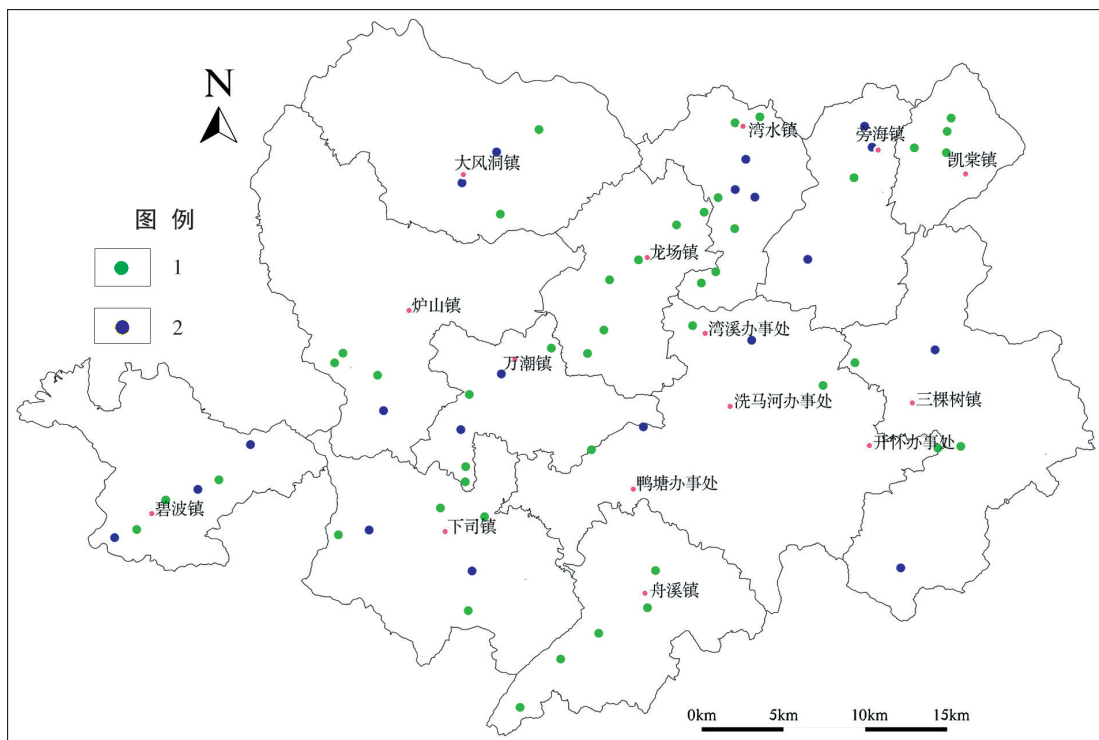


图 6 凯里市富硒水稻分布图

Fig. 6 Distribution of Se-rich rice in Kaili city

1—富硒水稻;2—一般水稻

### 4.7 农作物富硒生态效应的应用及推广

富 Se 水稻相对集中分布的有龙场镇和舟溪镇,可以着重发展其富硒农产品。结合凯里市地质背景、地层岩性及当地交通情况及居民的农作物种植情况等,可以在舟溪镇发展富硒农产品,在龙场镇发展冷水田富硒大米。

利用其交通地理优势,向非富硒地区提供优质的富硒农作物,以此保证缺硒地区对硒的补充,同时,土壤养分含量多少会明显影响农作物的产量与品质,对于含量较低的养分可通过科学施肥提高其含量(骆珊等,2020)。并进一步运用推广,为硒的开发利用及地方经济发展提供重要的资源。

## 5 结论

研究表明,不同岩性上覆土壤不同、土壤类型不同,土壤中硒含量不同,农作物中硒含量差异性较大。其中土壤中硒含量很大程度继承了母岩含量,并在土壤中发生了明显的富集作用(张钟华等,2020)。

在凯里代表性农作物中,其碳酸盐岩上覆土壤和黄壤中水稻硒含量较高。说明在其碳酸盐岩上覆土壤和黄壤中,更容易产出硒含量较高的水稻。同时,水稻的富硒能力较强,且富硒地区相对集中。结合凯里市地质背景、当地居民的农作物种植情况、富硒水稻的分布区域及当地的交通条

件,可以在舟溪镇,利用地理、交通、资源优势,着重发展富硒农产品;在龙场镇,地理条件较差,主要发展冷水田富硒大米。

### [参考文献]

布和敖斯尔,张东威,刘力. 1995. 土壤硒区域环境分异及安全阈值的探讨[J]. 土壤学报,32(2):186-193.

陈婕,吴康生,杨文兵,等. 2018. 湖北省随县三里岗地区富硒土壤分布规律探讨[J]. 资源环境与工程,32(1):55-60.

刘勇. 2008. 顺序注射-氢化物发生-原子荧光法同时测定铅和镉[D]. 东北大学.

李振宁. 2010. 河北省平原区土壤中硒异常源追踪及生态效应评价[D]. 石家庄经济学院.

骆珊,张德明,彭成龙,等. 2020. 乌蒙山区毕节市耕地土壤养分丰缺评价及其变化趋势[J]. 贵州地质,37(3):258-265.

尚翎,别福魁,王淑华,等. 1997. 元素生态地球化学及其应用[M]. 沈阳:辽宁大学出版社,20-95.

王景怀,施辰子. 2005. 富硒农产品开发及含硒量标准的探讨[J]. 天津农林科技,6(3):15-17.

王晓辉. 2011. 高纯碱金属盐中杂质测定方法的研究进展[J]. 云南冶金,40(5):64-67.

王玥琳,陈文德,胡冀珍. 2016. 巴中市代表性农作物与土壤 Se 含量特征[J]. 江苏农业科学,44(5):461-464.

余忠珍,谢振东. 2013. 江西富硒土壤资源应用性生态地球化学评价基本思路及方法[J]. 资源调查与环境,34(4):261-269.

严琦,尹祺,薛兴娟,等. 2019. 贵州省黔东南苗族侗族自治州凯里市耕地质量地球化学调查评价报告[R]. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局六总队.

尹猛,周小娟,万翔. 2017. 恩施地区高品质玉米种植的立地地球化学模型分析——以建始县业州镇玉米优选种植为例[J]. 资源环境与工程,31(Z1):47-51.

张钟华,季国松,王小洪,等. 2020. 贵州省桐梓县表层土壤硒地球化学特征及影响因素分析[J]. 贵州地质,37(3):289-297.

## Characteristics and Application of Selenium Content in Seeds and Rhizospheric Soil of Crops in Kaili City, Guizhou Province

YIN Qi, YAN Qi\*

(The 6th Team of Guizhou Nonferrous Metal and Nuclear Industry Geological Exploration Bureau, Kaili 556000, Guizhou, China)

[Abstract] In this paper, 144 crop samples of rice, corn and grape and their corresponding 144 root soil samples were taken as the research objects to study the Se enrichment degree of crops, so as to provide a basis for scientific planting of selenium-rich crops in Kaili city. The results showed that the Se content of crop rice

(下转第 545 页)

## The Characteristics of Soil Selenium Distribution and Element Combination in Cultivated Land of Ziyun County, Guizhou Province

ZHOU Ze<sup>1,2</sup>, WU Yuan-xue<sup>2</sup>, YANG Lei<sup>2</sup>, CHENG Hai-xia<sup>2</sup>

(1. Guizhou Coalfield Geological Bureau, GuiYang 550000, Guizhou, China; 2. Team 174, Guizhou Coalfield Geological Bureau, GuiYang 550000, Guizhou, China)

[**Abstract**] By collect the former research results, the surrounding geology, environment, natural geography and regional geological background of Ziyun county were collected and sorted out. A total of 5355 topsoil samples from 1:50000 cultivated land mass geochemical data were analyzed. Then the geochemical index was used to evaluate the geochemical grade of selenium in the whole region. Based on SPSS software, cluster analysis and correlation analysis were carried out on the test results of samples. The results are shown below. Firstly, the cultivated land rich in selenium is relatively rich in the region. The cultivated land rich in selenium has soil of 533 600 mu, accounting for 66.81% of the cultivated land area in the region. Secondly, the associated relationship between selenium and cadmium is closely related to the geological background. Cadmium is easy to be enriched in the selenium-rich areas of carbonate rocks, while the content of cadmium in the selenium-rich areas such as mud shale, coal measures and siliceous rocks is relatively low. The research results can not only provide theoretical basis for the safe utilization of selenium-rich cultivated land in the region, but also promote the development of high-quality selenium-rich agricultural products in the region, promote the benign adjustment of local agricultural industrial structure, and accelerate the development of local economy.

[**Key Words**] Selenium-rich soil; Characteristics of element combinations; Geochemistry; Cultivated soil; Ziyun county; Guizhou province

---

(上接第 538 页)

was higher in the carbonate lithologic overlying soil and yellow soil in Kaili area, which were 0.077 mg/kg and 0.079 mg/kg respectively. Among the 144 crop samples studied, the average Se content of rice seeds was 0.068 mg/kg, which was the highest among the crops studied in the same period of last year. Moreover, the Se content of rice seeds and its corresponding root soil was also strongly correlated in the same period of last year. According to the geological background, stratum and lithology of Kaili city, local traffic conditions and residents' crop planting, selenium-rich agricultural products can be developed in Zhouxi Town and selenium-rich rice in Longchang Town.

[**Key Words**] Kaili City; Seeds; The root soil; Selenium