

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.01.022

甘肃省富硒土壤标准研究与探讨

李春亮,李泽,杨菁,王巧薇,杨景宇

(甘肃省地质调查院,甘肃兰州 730000)

摘要:建立富硒土壤地方标准对促进富硒产业发展具有积极意义。笔者分析了西北各省富硒土壤标准制定现状,基于在甘肃全省范围内协同采集的 304 件土壤及小麦籽实样品分析数据,通过富硒小麦的下限值及籽实与根系土中 Se 的线性相关模型,推导出 0.28×10^{-6} 作为甘肃省富 Se 土壤标准下限,对甘肃省富 Se 土壤地方标准的建立及富 Se 土壤资源的科学利用具有指导意义。

关键词:甘肃省;碱性土壤;地方标准;富硒

中图分类号:P66

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2021)01-0242-05

Study and Discussion on Standard of Selenium-rich Soil in Gansu Province

LI Chunliang, LI Jiang, YANG Jing, WANG Qiaowei, YANG Jingyu

(Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: The establishment of local standard of selenium-rich soil is of significance to the development of selenium-rich industry. This paper analyzes the present situation of the establishment in the northwestern provinces. 304 samples of soil and wheat seed collected from Gansu province were studied by means of the lower limit and Se linear models of seed and soil, deducing 0.28×10^{-6} as the lower limit standard for selenium-rich soil. The study Lays a foundation for the establishment of the local standard and the scientific utilization of the selenium-rich soil in Gansu province.

Keywords: Gansu province; alkaline soil; local standard; selenium-rich

1973 年世界卫生组织(WHO)宣布 Se 是人与动物的必需微量元素。美国营养学会认为,Se 是与维生素、 β -胡萝卜素等生化物质同等重要的营养素,是必须像摄入蛋白质、淀粉一样每天都要摄入的营养物质(Rayman MP,2012;王化齐等,2019;彭祚全等,2013)。1988 年中国营养学会已将 Se 列为 15 种每日膳食营养素之一。2014 年,国务院办公厅发布《中国食物与营养发展纲要(2014-2020 年)》,提出重视解决微量营养素缺乏的问题,为全国硒产品

开发与发展带来了机遇(杨光圻等,1992)。

Se 在自然界分布极不均匀(武春林等,2018;陈继平等,2020;陶春军等 2020),中国的 Se 资源分布呈明显的地带性。根据中国地质调查局及原国土资源部在 1999~2014 年对全国耕地地球化学调查结果显示,中国有近 2/3 的人群处于缺 Se 地带(国土资源部中国地质调查局,2015),其中甘肃省即处于缺 Se 地带。因此甘肃省富硒土壤资源开发具有较好的商业前景。目前,国内富硒地区多将富硒资源

收稿日期:2020-04-01;修回日期:2020-09-24

基金项目:中国地质调查局西安地质调查中心“西北五省耕地区 1:25 万土地质量地球化学调查”(121201011000150023),甘肃省基础地质调查基金“甘肃省山丹县富硒土地质量地球化学调查”(甘财经二[2018]132 号)

作者简介:李春亮(1985-),男,天津宝坻人,高级工程师,硕士,主要从事农业地质、生态环境地质等工作。E-mail:342495990@qq.com

开发利用列入经济可持续发展战略,呈现出竞相发展的态势,同时富硒产业标准缺失的问题也日益凸显,导致处于启蒙期的市场存在较多乱象,产品质量参差不齐,不利于富硒产业的发展。标准的缺位也造成各级监管部门对大量硒产品的监管缺乏足够的依据(彭祚全,2012;彭祚全等,2013)。2007年以来,甘肃省已完成1:25万土地质量地球化学调查55 100 km²,在兰州、张掖、武威等多地发现了较好的富Se土地资源,甘肃省急需建立富Se土壤及富硒农产品相关地方标准,助力地方发展富Se新兴健康产业。

笔者以在甘肃省内开展土地质量地球化学调查项目时采集的304件土壤-小麦籽实协同样品分析数据为基础,结合甘肃临近省份富硒小麦地方标准的经验,初步探讨了甘肃省富Se土壤标准参考值,为甘肃省建立富硒土壤地方标准、圈定富Se土地资源,发展富硒产业提供了重要依据。

1 数据来源

2007年以来,甘肃省地质调查院先后承担了由中国地质调查局西安地质调查中心下达的5个1:25万多目标地球化学调查和土地质量地球化学调查项目,在兰州、白银、武威、张掖、金昌、定西、平凉、天水、临夏等多地开展了调查任务,完成调查面积55 100 km²,在张掖市山丹县及定西市岷县完成1:5万土地质量地球化学调查面积396 km²,采集了表层土壤样品17 027件,(其中1:25万土地调查表层土壤样品13 867件,1:5万表层土壤样品3 160件),分别于张掖、武威、兰州、定西等地协同采集土壤-小麦籽实样品304件。

其中兰州、白银、张掖、金昌、武威等地区的1:25万调查样品分析测试均由武汉岩矿测试中心完成,定西、平凉、天水、临夏等地的1:25万调查样品由安徽省地质实验研究所承担,1:5万调查土壤样品及所有农产品样品均由兰州矿勘院有色中心实验室完成,方法和精密度控制均达到了规范(DZ/T0295-2016)要求。

2 全国各省富硒土壤标准现状

富硒土壤即为含有丰富天然Se元素、且有害重金属元素含量小于农用地土壤污染风险筛选值要求的土壤。目前,宁夏回族自治区、河南省、黑龙江省及中国地质调查局均先后制定并出台了相关地方标准。在甘肃省地质调查院实施了5个土地质量调查项目后,基本摸清了省内土壤Se含量分布及与富硒农产品的关系,同时为了发展甘肃省富硒产业,服务地方脱贫攻坚任务,增加农产品附加值,笔者研究了甘肃省土壤与富硒农产品的关系,以达到为地方出台省级富硒土壤提供数据支撑的目的。

现各省已发布的富硒土壤标准主要差异(表1)是按照土壤酸碱度(pH值)分别划定出富硒土壤限定值。当土壤呈碱性时,中国地质调查局推荐以 0.30×10^{-6} 作为富硒土壤标准下限(中国地质调查局,2019),东部及东北部的河南省及黑龙江省则分别采用 0.3×10^{-6} 、 0.325×10^{-6} 作为富硒土壤的标准下限(河南省市场监督管理局,2019;黑龙江省质量技术监督局,2018),西北地区的宁夏回族自治区则采用 0.222×10^{-6} 作为富硒土壤标准下限(宁夏回族自治区质量技术监督局,2016)。因此,全国各地多采用 $0.222 \times 10^{-6} \sim 0.325 \times 10^{-6}$ 为富Se土壤下限。

表 1 全国各地富硒土壤地方标准表

Tab. 1 Local standards for selenium-rich soils in China

地区	pH 值	富 Se 含量(10^{-6})	引用标准
中国地质调查局	≤ 7.5	≥ 0.40	天然富硒土地划定与标识(试行)DD2019-10
	> 7.5	≥ 0.30	
宁夏回族自治区地方标准	无要求	> 0.222	宁夏富硒土壤标准 DB64/T 1220-2016
河南省地方标准	< 6.5	≥ 0.35	富硒土壤硒含量要求 DB41/T 1871-2019
	6.5~7.5	≥ 0.32	
	> 7.5	≥ 0.3	
黑龙江省地方标准	< 6.5	0.4~3.0	富硒土壤评价要求 DB23/T 2071-2018
	6.5~7.5	0.35~3	
	> 7.5	0.325	

3 甘肃省根系土与作物籽实 Se 含量特征

3.1 甘肃土壤酸碱性特征

笔者对甘肃省 55 100 km² 区域内土壤 pH 值进行了统计(表 2), 结果显示, 甘肃省土壤的平均 pH 值为 8.4, pH 值范围在 6.9~9.59。依据 pH 值对土壤酸碱性进行划分: pH 值 ≤ 6.5 的土壤为酸性土壤, 甘肃省不存在酸性土壤; 6.5 < pH 值 ≤ 7.5 土壤为中性土壤, 有土样 28 个, 占土壤总数的 0.2%; pH 值 > 7.5 的土壤为碱性土壤, 土样数最多, 为 13 839 个, 占土壤样品总数的 99.8%。

表 2 甘肃省土壤酸碱度统计表

Tab. 2 Statistical table of soil pH in Gansu province

pH 值	pH ≤ 6.5	6.5 < pH ≤ 7.5	pH > 7.5
酸碱性	酸性	中性	碱性
土样数(个)	0	28	13 839
所占比例(%)	0	0.2	99.8

3.2 甘肃土壤中的 Se 含量特征

甘肃省土壤中的 Se 含量平均值为 0.20×10^{-6} , 中位值为 0.18×10^{-6} ; 变化范围为 $0.05 \times 10^{-6} \sim 9.29 \times 10^{-6}$ 。甘肃省地处黄土高原、青藏高原和内蒙古高原三大高原的交汇地带, 境内地形复杂, 地貌多样。甘肃省相比全国虽然总体属于 Se 缺

表 3 甘肃土壤 Se 含量特征表

Tab. 3 Characteristics of selenium content in soil of Gansu province

样品数(个)	平均值(10^{-6})	中位值(10^{-6})	标准离差	最大值(10^{-6})	最小值(10^{-6})
13 867	0.20	0.18	0.17	9.29	0.05
Se 含量各区间样品数					
< 0.28×10^{-6} (个)	占比(%)	$0.28 \times 10^{-6} \sim 0.4 \times 10^{-6}$ (个)	占比(%)	$\geq 0.4 \times 10^{-6}$ (个)	占比(%)
12 449	89.77	1179	8.5	239	1.72

表 4 全国各地富 Se 粮食中硒含量标准表

Tab. 4 Standard of selenium content in selenium-rich grain in China

地区	粮食种类	Se 含量(10^{-6})	引用标准
湖北省地方标准	大米、玉米、小麦	0.20~0.50	富有机硒食品硒含量标准 DBS42/002-2014
宁夏回族自治区地方标准	水稻、玉米、小麦	0.04~0.30	宁夏富硒农产品标准(水稻、玉米、小麦与枸杞干果) DB64/T1221-2016
陕西省安康市地方标准	水稻、小麦、玉米	0.02~0.30	富硒食品硒含量分类标准 DB6124.01-2010
广西省地方标准	粮食	0.15~0.50	富硒农产品硒含量分类要求 DB45/T1061-2014
青海省地方标准	水稻、小麦、玉米	≥ 0.08	东部农业区农畜产品硒含量分类标准(DB63T 1147-2012)

乏区, 但通过调查发现, 省内也存在部分地区土壤 Se 含量较高的现象, 主要分布于兰州市、山丹县、甘州区等地。通过 1:5 万土地质量调查, 在山丹县发现 2 个富 Se 土壤连片区, 共计 200 余平方千米。山丹县位于甘肃省河西走廊中部地带, 具有典型的河西走廊种植区土壤背景、地形地貌、气候条件等特征, 在省内具有广泛代表性。其中, 东乐-清泉富硒区土壤 Se 元素平均值达到 0.46×10^{-6} , 李桥-霍城-大马营富硒区土壤 Se 元素平均值达到 0.41×10^{-6} (表 3)。

4 甘肃省富硒土壤标准指标项目及限量值确定建议

4.1 甘肃省富硒土壤标准制定依据

在制定富硒食品含硒量标准时, 彭祚全等依据中国营养学会《中国居民膳食营养素参考摄入量 Chinese RIs(2006)》中《常量和微量元素参考摄入量》关于硒的参考摄入量和《微量元素硒的人体需要量和安全摄入量范围》(Rayman M P, 2012)的研究成果提出并制订了富硒食品标准。富硒土壤下限设置注重富硒农产品富集 Se 元素的有效性, 而依据此原理制定的国家或地方标准如表 4 所示。甘肃省农业种植的大宗农产品主要为小麦、玉米, 其中玉米又以制种为主, 同时作物硒主要来自于土壤, 富硒土壤是生产富硒作物的基础, 因此笔者主要参考富硒小麦反推富硒土壤的含量值。

4.2 甘肃省富硒土壤标准限量值的确定

参考全国各地已出台的富硒粮食标准(表 4),可以看出富硒小麦籽实 Se 的下限为 $0.02 \times 10^{-6} \sim 0.15 \times 10^{-6}$,碱性土壤的西北地区,如陕西安康、宁夏分别采用 0.02×10^{-6} 及 0.04×10^{-6} 为富硒小麦下限标准;青海省则采用 0.08×10^{-6} 为富硒小麦的下限标准,而甘肃省无论从景观地貌还是从土壤类型上划分,土壤性质与宁夏及陕西更为相似,因此选取标准较高的宁夏富硒小麦标准(0.04×10^{-6})推演甘肃富硒土壤下限标准。结合小麦籽实与根系土中 Se 的线性相关模型(公式 $y=0.674x-0.149$),推算出甘肃省富硒土壤的下限值为 0.28×10^{-6} (图 1)。

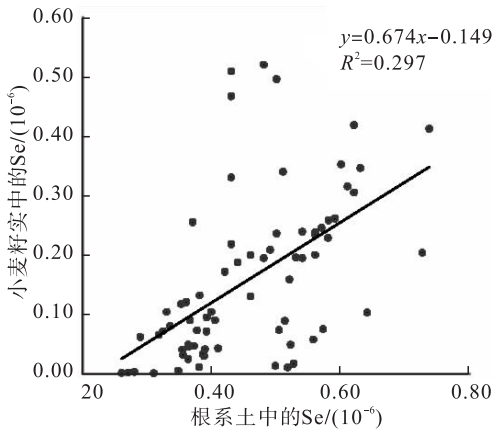


图 1 甘肃省小麦籽实与根系土中的 Se 的线性模型图

Fig. 1 A linear model of selenium in wheat seed and root soil in Gansu province

4.3 小麦籽实中硒含量特征

根据笔者在甘肃省协同采集的土壤与小麦样品分析结果,当甘肃省土壤中 Se 含量大于等于 0.28×10^{-6} 时,小麦籽实有 256 件样品达到了富硒农产品标准[宁夏富硒农产品标准(水稻、玉米、小麦与枸杞干果) DB64/T1221-2016](图 2),小麦富 Se 率为 84.21%。根据成晓梦等采用中国地质调查局建议的 0.4×10^{-6} 作为富硒土壤下限标准,在全国各地富硒土壤中采集的小麦样品籽实富 Se 率为 76%(成晓梦,2019)。因此得出甘肃省采用 0.28×10^{-6} 作为富硒土壤的下限标准,其富硒土壤中小麦籽实富硒率仍高于中国地质调查局建议的富硒土壤下限标准中农产品富硒率 8.21 个百分点,说明了甘肃省富硒土壤与富硒小麦具有更好的相关性。

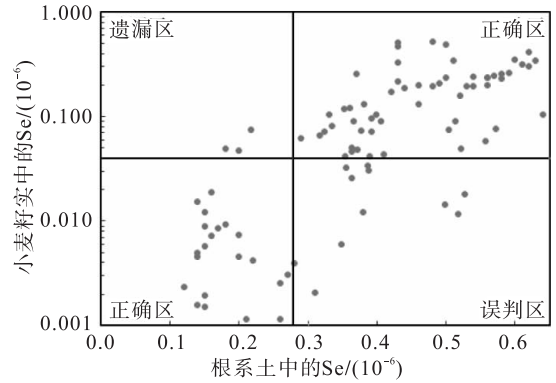


图 2 甘肃省土壤和小麦籽实 Se 含量协同分析图

Fig. 2 Co-analysis of selenium in soils and wheat in Gansu

5 结论

从国内其他省市富硒产业发展规律来看,富硒产业的发展应该做到“产业发展,标准先行”,这也是《中华人民共和国标准化法》的要求。鉴于上述结果,甘肃省土壤均为碱性土壤,且 pH 值 99.8% 都在 7.5 以上,甘肃省富硒土壤标准建议定为当 Se 含量 $\geq 0.28 \times 10^{-6}$ 时,且重金属含量小于《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行) GB15618》中土壤污染风险筛选值的土壤即为富 Se 土壤。建议特别是在目前种粮效益普遍较低的情况下,应大力开发富硒小麦等富硒农副产品,引领地方农民脱贫致富。

参考文献(References):

- 王化齐,黎志恒,张茂省,等. 石羊河流域水资源开发的生态环境效应与国土空间优化[J]. 西北地质,2019,52(2): 207-217.
- WANG Huaqi, LI Zhiheng, ZHANG Maosheng, et al. Eco-environmental Impact Caused by Water Resources Exploration and Land Space Optimization in Shiyang River Basin[J]. Northwestern Geology, 2019, 52(2): 207-217.
- 彭祥全,张欣,牟敏,等. 富硒食品含硒量范围标准的研究[J]. 微量元素与健康研究,2013,30(01):41-43.
- PENG Zuoquan, ZHANG Xin, MOU Min, et al. Study on the range standard of selenium content in selenium rich food [J]. Studies of Trace Elements and Health, 2013, 30

- (01):41-43.
- 杨光圻,顾履珍. 微量元素硒的人体需要量和安全摄入量范围[J]. 生理科学进展,1992,(02):90-92.
- YANG Guangqi, GU Lvzheng. Human body requirement and safe intake range of selenium[J]. Progress in Physiological Sciences, 1992,(02):90-92.
- 武春林,王瑞廷,丁坤,等. 中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J]. 西北地质,2018,51(3):240-252.
- WU Chunlin, WANG Ruiting, DING Kun, et al. Geochemical Survey and Evaluation on Soil Quality in China: Research Status and Advances[J]. Northwestern Geology, 2018,51(3):240-252.
- 陈继平,任蕊,王晖,等. 关中塬土地区土壤 pH 变化对硒形态及有效性的影响[J]. 西北地质,2020,53(1):254-260.
- CHEN Jiping, REN Rui, WANG Hui, et al. Effect of Lou Soil pH Change on Selenium Forms and Availability[J]. Northwestern Geology, 2020,53(1):254-260.
- 陶春军,周天健,张笑蓉,等. 安徽岳西翠兰产地土壤环境质量及种植适宜性评价研究[J]. 西北地质,2020,53(1):261-268.
- TAO Chunjun, ZHOU Tianjian, ZHANG Xiaorong, et al. Research on Soil Environmental Quality and Planting Suitability Evaluation of Cuilan Producing Area in Yuexi, Anhui Province [J]. Northwestern Geology, 2020,53(1):261-268.
- 国土资源部中国地质调查局. 中国耕地地球化学调查报告(2015年)[R]. 北京:国土资源部中国地质调查局,2015.
- 彭祚全. 世界硒都恩施硒资源研究概述[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
- PENG Zuoquan. Review on the research of selenium resources in selenium capital of the world[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012.
- 彭祚全,张欣,牟敏,等. 富硒食品含硒量范围标准的研究[J]. 微量元素与健康研究,2013,30(01):41-43.
- PENG Zuoquan, ZHANG Xin, MU Min, et al. Study on the standard of selenium content range of selenium-enriched Food[J]. The Micronutrient, 2013,30(01):41-43.
- 中国地质调查局. DD2019-10天然富硒土地划定与标识(试行)[S],2019.
- 河南省市场监督管理局. DB41/T 1871-2019. 富硒土壤硒含量要求[S],2019.
- 黑龙江省质量技术监督局. DB23/T2071-2018. 富硒土壤评价要求[S],2018.
- 宁夏回族自治区质量技术监督局. DB64/T1220-2016. 宁夏富硒土壤标准[S],2016.
- 成晓梦,马荣荣,彭敏,等. 中国大宗农作物及根系土中硒的含量特征与富硒土壤标准建议[J]. 物探与化探,2019,43(06):1367-1372.
- CHENG Xiaomeng, MA Rongrong, PENG Min, et al. Characteristics of selenium in crops and roots in China and recommendations for selenium-enriched soil standards[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019,43(06):1367-1372.
- Rayman M P. Selenium and human health[J]. Lancet (London, England), 2012,379(9822):1256-1268.