

湖北省恩施州不同土壤硒水平区域主要农作物、饮用水和儿童硒水平

张凯凯^{1,2}, 王超², 袁冠湘², 张慧敏², 彭再生³, 刘继华³, 何晓宏³, 程锦泉^{1,2}

1. 郑州大学公共卫生学院流行病学教研室, 河南 郑州 450001

2. 深圳市疾病预防控制中心, 广东 深圳 518055

3. 恩施土家族苗族自治州疾病预防控制中心, 湖北 恩施 445000

摘要:

[背景] 研究表明微量元素硒与肿瘤、心血管疾病和艾滋病等多种疾病的发生有关。恩施州是富硒地区, 不同区域硒水平分布极不均匀。

[目的] 了解湖北省恩施州不同土壤硒水平区域主要农作物、饮用水和儿童血液、头发的硒水平。

[方法] 根据文献, 按土壤硒水平将恩施州分为足硒区 (1.28~4.05 mg/kg)、高硒区 (4.05~6.35 mg/kg) 和极高硒区 (≥ 6.35 mg/kg), 每个区域随机选择一个镇 (乡) 作为采样点。2016年10—11月, 从选中的镇 (乡) 中采取梅花抽样方法抽取5个自然村, 每一自然村中随机抽取6户居民, 每个区域采集饮用水 (90份)、土豆 (75份)、玉米 (74份)、黄豆 (70份), 以各乡镇幼儿园为单位, 随机抽取每个地区各3所幼儿园, 739名3~5岁本地儿童作为研究对象, 采集每名儿童静脉血4 mL (共443份) 和0.1~0.2 g头发样本 (共739份)。采用电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 测定样本中硒含量。

[结果] 恩施州足硒、高硒和极高硒区饮用水硒质量浓度分别为 (0.09±0.06)、(1.72±3.61)、(3.15±2.05) $\mu\text{g/L}$, 差异有统计学意义 ($F=12.26$, $P<0.01$); 3个区域的玉米和黄豆硒质量分数之间的差异有统计学意义 ($F=9.43$ 、5.76, 均 $P<0.01$), 且在极高硒区最高, 分别为 (0.31±0.39)、(1.36±2.47) $\mu\text{g/g}$ 。足硒、高硒和极高硒区儿童血硒质量浓度分别为 (0.07±0.01)、(0.11±0.04)、(0.08±0.03) mg/L , 发硒质量分数分别为 (0.46±0.21)、(0.80±0.72)、(0.78±0.30) $\mu\text{g/g}$, 血硒水平在极高硒区最高。

[结论] 恩施州不同硒水平区域的饮用水、玉米、黄豆中硒含量具有差异, 儿童体内硒水平处于良好状态。

关键词: 农作物; 饮用水; 血硒; 发硒; 儿童; 恩施州

Selenium levels of staple crops, drinking water, and children in areas with different soil selenium levels in Enshi Prefecture, Hubei Province ZHANG Kai-kai^{1,2}, WANG Chao², YUAN Guan-xiang², ZHANG Hui-min², PENG Zai-sheng³, LIU Ji-hua³, HE Xiao-hong³, CHENG Jin-quan^{1,2} (1. Department of Epidemiology, School of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001, China; 2. Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen, Guangdong 518055, China; 3. Enshi Tujia & Miao Autonomous Prefecture Center for Disease Control and Prevention, Enshi, Hubei 445000, China)

Abstract:

[Background] Studies have shown that trace element selenium is associated with the development of many diseases such as cancer, cardiovascular disease, and acquired immune deficiency syndrome. Enshi Prefecture is a selenium-rich area in China, and the distribution of selenium is extremely uneven in different regions.

[Objective] This study aims to understand the selenium levels of staple crops, drinking water, and children's blood and hair in areas with different soil selenium levels in Enshi Prefecture, Hubei Province.

[Methods] According to the soil selenium levels reported in previous studies, Enshi Prefecture was divided into three areas with adequate (1.28-4.05 mg/kg), high (4.05-6.35 mg/kg), and

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19573

基金项目

广东省自然科学基金 (2017A030310656); 深圳市科技计划项目 (JCYJ20170306160323343)

作者简介

张凯凯 (1990—), 女, 硕士生;
E-mail: 863671451@qq.com

通信作者

程锦泉, E-mail: cjinquan@szcdc.net

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-08-20

录用日期 2019-11-18

文章编号 2095-9982(2020)01-0076-04

中图分类号 R12

文献标志码 A

►引用

张凯凯, 王超, 袁冠湘, 等. 湖北省恩施州不同土壤硒水平区域主要农作物、饮用水和儿童硒水平 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37(1): 76-79.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19573

Funding

This study was funded.

Correspondence to

CHENG Jin-quan, E-mail: cjinquan@szcdc.net

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2019-08-20

Accepted 2019-11-18

►To cite

ZHANG Kai-kai, WANG Chao, YUAN Guan-xiang, et al. Selenium levels of staple crops, drinking water, and children in areas with different soil selenium levels in Enshi Prefecture, Hubei Province [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(1): 76-79.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19573

extremely high (≥ 6.35 mg/kg) selenium levels, respectively. A town was randomly selected to collect samples from each area. From October to November 2016, five villages were selected from each town by plum sampling method, and six households were randomly selected from each village. Environment samples were collected from each area, including drinking water ($n=90$), potato ($n=75$), corn ($n=74$), and soybean ($n=70$). Three kindergartens were randomly selected from each area, and a total of 739 children aged 3-5 years were enrolled as study subjects. Venous blood samples (4 mL, $n=443$) and hair samples (0.1-0.2 g, $n=739$) were collected from the children. Selenium levels in the samples were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

[Results] The selenium concentrations of drinking water were (0.09 ± 0.06) , (1.72 ± 3.61) , and (3.15 ± 2.05) $\mu\text{g/L}$ in areas with adequate, high, and extremely high selenium levels in Enshi Prefecture, respectively ($F=12.26$, $P<0.001$). There were differences in the selenium levels of corn and soybean among the three areas ($F=9.43$, 5.76 , $P<0.01$), highest in the extremely high selenium area, which were (0.31 ± 0.39) and (1.36 ± 2.47) $\mu\text{g/g}$, respectively. The children's blood selenium levels were (0.07 ± 0.01) , (0.11 ± 0.04) , and (0.08 ± 0.03) mg/L in the adequate, high, and extremely high selenium areas, respectively, highest in the high selenium area, and their hair selenium levels were (0.46 ± 0.21) , (0.80 ± 0.72) , and (0.78 ± 0.30) $\mu\text{g/g}$, respectively.

[Conclusion] Selenium distributions in drinking water, corn, and soybean vary by areas with different selenium levels in Enshi Prefecture. Children's selenium levels in this area are appropriate.

Keywords: crop; drinking water; blood selenium; hair selenium; child; Enshi Prefecture

硒是人体的一种必需微量元素,具有抗氧化、免疫调节等功能^[1]。每日摄入足量硒可维持人体健康、预防疾病和延缓衰老;硒缺乏可导致多种疾病,如克山病、大骨节病、心血管疾病等^[2],但摄入过量硒也会导致不良健康效应,如头发和指甲脱落、皮肤损伤、神经系统紊乱、瘫痪,甚至死亡^[3]。人体硒主要来源于食物,而食物中硒含量又受到环境影响,因此,研究自然环境、农作物和人体中硒水平有利于了解人体硒来源及其影响因素。

恩施州位于湖北省西南部,地处湘、鄂、渝三省(市)交汇处,享有“世界硒都”的美誉,拥有大量的富硒资源,但不同区域硒的分布又极不均匀,使得该地区成为研究硒水平的天然场所。土豆是恩施州的第一大农作物,2016年种植面积达1300 km²,约占全省土豆种植规模的50%^[4],玉米常年的种植面积也高达1200 km²^[5],黄豆是该地区豆类中的主要作物。因此,本研究通过检测该地区自产农作物土豆、玉米、黄豆,饮用水以及儿童的硒水平,探讨恩施州不同硒水平区域环境样品以及儿童血液和头发硒水平的差异。

1 对象与方法

1.1 对象

根据马友平的研究结果^[6]将恩施州按土壤硒质量分数分为极高硒区(≥ 6.35 mg/kg)、高硒区($\geq 4.05\sim 6.35$ mg/kg)、足硒区($\geq 1.28\sim 4.05$ mg/kg),每个区域随机选择一个镇(乡)作为采样点。在2016年粮食收获季节(10—11月),从选中的镇(乡)中采用梅花抽样法抽取5个自然村,再从每个自然村中随机抽取6户居民,在居民家中进行采样。以各乡镇幼

儿园为单位,随机抽取每个镇(乡)各3所幼儿园,以本地自产粮食为主要膳食来源的739名3~5岁儿童作为调查对象,并与其监护人签署知情同意书,本研究经恩施土家族苗族自治州疾病预防控制中心伦理委员会批准(无编号)。

1.2 样品采集

1.2.1 饮用水和主要农作物采集 每户采集饮用水1份(1 L),置于采样瓶中;自产土豆、玉米和黄豆等农作物各1份(约500 g),置于采样袋中,若居民家中没有则不采集。饮用水共90份,土豆75份、玉米74份、黄豆70份,采集样本在4℃条件下进行运输、保存。

1.2.2 儿童血液和头发样本采集 抽取儿童4 mL空腹静脉血置于肝素钠抗凝管中,4℃低温保存。用不锈钢剪刀剪取儿童枕部距发根2~3 cm处的头发,丢弃头皮远端头发,每名儿童收集0.1~0.2 g头发。密封、低温存于带有标签的采样袋。

1.3 检测

1.3.1 饮用水 取10.0 mL水样,采用电感耦合等离子体质谱仪(型号:7700x, Agilent公司,美国)进行分析。

1.3.2 农作物和头发 取0.1~1.0 g样品于消解罐中,加入3 mL超纯级硝酸在烘箱内加热到160℃进行消解。6 h后,将消解罐置于加热板上去除消化液中的硝酸。用超纯水稀释至10.0 mL,采用电感耦合等离子体质谱仪检测。

1.3.3 血样 取200 μL 经常温解冻后的全血样本于15 mL离心管中,加入250 μL 硝酸,放置1~2 h,经沸水浴消化3 h至溶液呈淡黄色,冷却,超纯水定容至5.0 mL,采用电感耦合等离子体质谱仪进行分析。

1.3.4 电感耦合等离子体质谱仪条件 射频功率1350 W;

载气流速 0.70 L/min；辅助气流速 1.00 L/min；冷却气流速 14 L/min；每种元素扫描时间 2 s；质谱计数模式为脉冲计数模式。

1.4 质量控制

采样人员经过统一培训；样本按统一的方法进行采集、储存、运输；样本检测时，将质控样品与待测样品进行同步分析，每测定 10~20 份样品后重复测定同一质控样品。标准曲线线性范围为 0~5 000 $\mu\text{g/L}$ ，回收率范围为 95.6%~104.3%，相对标准偏差范围为 1.2%~10.5%，水样、血液、农作物、头发样品中硒元素的检出限分别为 0.001、0.200、0.001 和 0.001 $\mu\text{g/L}$ 。

1.5 统计学分析

使用 SPSS 20.0 统计软件对数据进行统计分析，结果采用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示，采用单因素方差分析进行多组间差异比较，其中组间两两比较采用 Bonferroni 法。非正态分布的数据经对数转换成正态

分布后进行分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同区域饮用水和主要农作物硒水平

检测结果显示从足硒区到极高硒区饮用水硒质量浓度从 0.09 $\mu\text{g/L}$ 升高至 3.15 $\mu\text{g/L}$ ，3 个区域间硒质量浓度差异有统计学意义。玉米和黄豆的硒质量分数均在极高硒区最高，不同区域硒含量差异具有统计学意义 ($P<0.01$)。见表 1。

2.2 不同区域儿童血硒和发硒水平

足硒区、高硒区、极高硒区的调查对象分别为 117 人 (男 67, 女 50)、266 人 (男 98, 女 168)、356 人 (男 169, 女 187)。3 个区域共采集到儿童血样 454 份，头发样本 739 份，检测结果显示不同区域间血液和头发中硒含量差异均有统计学意义 ($P<0.05$)，血硒水平均在高硒区最高。见表 2。

表 1 恩施州不同土壤硒水平区域饮用水和主要农作物硒水平比较 ($\bar{x}\pm s$)

分组	饮用水		土豆		玉米		黄豆	
	样品份数	质量浓度 ($\mu\text{g/L}$)	样品份数	质量分数 ($\mu\text{g/g}$)	样品份数	质量分数 ($\mu\text{g/g}$)	样品份数	质量分数 ($\mu\text{g/g}$)
足硒区	30	0.09 $\pm$ 0.06 ^a	26	0.007 $\pm$ 0.006	25	0.05 $\pm$ 0.06	25	0.20 $\pm$ 0.26
高硒区	30	1.72 $\pm$ 3.61	24	0.02 $\pm$ 0.04	24	0.03 $\pm$ 0.05 ^b	23	0.31 $\pm$ 0.43 ^b
极高硒区	30	3.15 $\pm$ 2.05 ^c	25	0.04 $\pm$ 0.06	25	0.31 $\pm$ 0.39 ^c	22	1.36 $\pm$ 2.47 ^c
F		12.26		2.07		9.43		5.76
P		<0.01		0.14		<0.01		<0.01

[注] a：足硒区和高硒区比较， $P<0.05$ ；b：高硒区和极高硒区比较， $P<0.05$ ；c：足硒区和极高硒区比较， $P<0.05$ 。

表 2 恩施州不同土壤硒水平区域儿童血硒和发硒水平比较

分组	血样		头发	
	样品份数	质量浓度 ($\mu\text{g/L}$)	样品份数	质量分数 ($\mu\text{g/g}$)
足硒区	117	0.07 $\pm$ 0.01 ^a	117	0.46 $\pm$ 0.21 ^a
高硒区	166	0.11 $\pm$ 0.04 ^b	266	0.80 $\pm$ 0.72
极高硒区	160	0.08 $\pm$ 0.03	356	0.78 $\pm$ 0.30 ^c
F		4.67		26.13
P		0.01		<0.01

[注] a：足硒区和高硒区比较， $P<0.05$ ；b：高硒区和极高硒区比较， $P<0.05$ ；c：足硒区和极高硒区比较， $P<0.05$ 。

3 讨论

本研究结果表明，从足硒区到极高硒区的饮用水硒水平有差异。高硒区和极高硒区饮用水中硒水平高于足硒区，但均远低于 Qin 等^[7]对恩施州高硒区表层水中硒水平的检测结果 [(46.0 $\pm$ 127.8) $\mu\text{g/L}$]，可能是因为该研究采集的是表层水，而本研究采集的是居民饮用水。

玉米和黄豆硒含量在 3 个区域间的差异有统计学

意义，均在极高硒区最高，但两两比较后发现足硒和高硒区无差异。陈思强等^[8]研究发现恩施州土豆、玉米和黄豆硒水平从足硒区到极高硒区依次升高，与本研究结果不一致，可能是因为采样点和采样时间不同，不同生长期的同种类型农作物中硒含量也会有所变化^[9]。另有研究表明土壤硒含量高的地区，并不一定能生产出富硒食品^[10-11]，因为土壤硒含量和有效态硒含量是农作物硒含量的重要影响因素，硒从土壤向植物吸收过程中还受到土壤 pH 值、土壤有机质含量、土壤黏度等的影响。本研究所有区域黄豆中硒水平高于我国农副产品硒平均质量分数 (0.028 $\mu\text{g/g}$)，高硒区和极高硒区土豆平均质量分数高于我国薯芋类硒水平均值 (0.016 $\mu\text{g/g}$)^[12]。参照湖北省恩施州企业标准 (QB) Q/EFZ-01-93《富硒食品含硒量标准》^[13]，土豆、玉米、黄豆中硒质量分数分别为 0.01~0.1、0.1~0.3、0.1~0.3 $\mu\text{g/g}$ 时为富硒食品，本研究中极高硒区黄豆硒含量过剩，而玉米达到富硒标准，高硒和极高硒区土

豆符合富硒标准。

血硒水平能够反映人体短期硒营养状态, 本研究儿童血硒水平在足硒和极高硒区差异无统计学意义, 高硒区儿童血硒水平高于极高硒区, 差异具有统计学意义。高硒区儿童血硒水平最高, 但略低于南昌市检测结果 (0.13 mg/L)^[14], 可能是因为南昌市选取研究对象为8~10岁儿童, 不同年龄段儿童血硒水平存在差异。血硒质量浓度为 $0.1 \sim 0.4 \text{ mg/L}$ 时认为硒营养状态良好^[8], 本研究结果显示恩施州不同土壤硒水平地区儿童血硒水平均处于良好状态。

发硒可反映人体较长时期内的硒水平。有研究将发硒含量分为缺乏、正常、足量和中毒水平, 分别是 $>0.20 \sim \leq 0.25$ 、 $>0.25 \sim \leq 0.50$ 、 $>0.50 \sim \leq 3.00$ 、 $>3.00 \mu\text{g/g}$ ^[15], 可见本研究足硒区儿童发硒水平正常, 高硒和极高硒区已达到足量的标准。

有研究表明土壤硒含量与膳食硒摄入量存在正相关关系, 但与发硒含量之间没有相关性^[15], 而血硒和发硒水平呈中度正相关^[16], 这可能与近年来本地居民膳食结构改变有关^[15, 17], 极高硒区居民硒摄入量有较大程度的下降。

据相关报道, 全球15%的人口(500~1 100万)处于硒缺乏状态^[18], 中国是40个硒缺乏国家之一, 恩施州地区农作物富含硒元素, 当地儿童处于良好硒营养状态。本研究同时调查了恩施州不同硒水平环境下环境样品和儿童体内硒的暴露情况, 但未进行膳食调查以进一步解析儿童硒暴露来源, 未来还需要加强该方面的研究。

参考文献

- [1] 陈青, 林李嵩, 陈林, 等. 硒元素与口腔癌发病关联的病例对照研究[J]. 中华流行病学杂志, 2019, 40(7): 810-814.
- [2] 洪烈城, 张慧敏, 张艳炜, 等. 深圳市一般人群血液中铜铁锌等6种微量元素调查[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(1): 65-69.
- [3] FORDYCE F M. Selenium deficiency and toxicity in the environment [M] //SELINUS O. Essentials of Medical Geology: Revised Edition. Dordrecht: Springer, 2013: 375-416.
- [4] 李求文, 于斌武, 钟育海, 等. 湖北恩施州率先推进马铃薯主粮化探索和建议[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(4): 246-251.
- [5] 尹鑫, 胡质文, 谷勇, 等. 玉米田茎叶处理除草剂大田对比药效试验[J]. 湖北植保, 2012(6): 13-15, 19.
- [6] 马友平. 恩施土壤全硒含量分布的研究[J]. 核农学报, 2010, 24(3): 580-584, 622.
- [7] QIN H B, ZHU J M, LIANG L, et al. The bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China [J]. Environ Int, 2013, 52: 66-74.
- [8] 陈思强, 彭再生, 何晓宏, 等. 恩施州不同环境硒水平和人体硒营养状态[J]. 公共卫生与预防医学, 2018, 29(1): 112-115.
- [9] SONG T, SU X, HE J, et al. Selenium (Se) uptake and dynamic changes of Se content in soil-plant systems [J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2018, 25(34): 34343-34350.
- [10] 曾庆良, 余涛, 王锐. 土壤硒含量影响因素及富硒土地资源区划研究——以湖北恩施沙地为例[J]. 现代地质, 2018, 32(1): 105-112.
- [11] SKALNY A V, BURTSEVA T I, SALNIKOVA E V, et al. Geographic variation of environmental, food, and human hair selenium content in an industrial region of Russia [J]. Environ Res, 2019, 171: 293-301.
- [12] 张志远, 游勇, 郭清泉, 等. 关于农产品含硒标准的初步研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(3): 640-642.
- [13] 庄立平, 刘永贤, 刘秀杰, 等. 我国富硒农产品标准的现状、问题与对策[J]. 农产品质量与安全, 2017(5): 24-27.
- [14] 赖肖, 张伟, 孙雪华, 等. 南昌市部分儿童全血铅砷镉等元素含量及其影响因素[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(7): 635-636.
- [15] DINH Q T, CUI Z, HUANG J, et al. Selenium distribution in the Chinese environment and its relationship with human health: a review [J]. Environ Int, 2018, 112: 294-309.
- [16] 陈娟, 何伟, 朱晓俊, 等. 人体高硒负荷与视力状况的关系[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(4): 362-368.
- [17] HUANG Y, WANG Q, GAO J, et al. Daily dietary selenium intake in a high selenium Area of Enshi, China [J]. Nutrients, 2013, 5(3): 700-710.
- [18] TAN L C, NANCHARAIH Y V, VAN HULLEBUSCH E D, et al. Selenium: environmental significance, pollution, and biological treatment technologies [J]. Biotechnol Adv, 2016, 34(5): 886-907.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 陈蛟; 校对: 韩凤婵)