

网络出版时间:2014-04-25 15:48 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.016
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.016.html

青海乐都富硒区 6 种主要蔬菜富硒能力研究

刘 超,王晋民,魏廷珍,韦梅琴,杨春江,熊辉岩

(青海大学 农牧学院,青海 西宁 810016)

【摘 要】 【目的】研究青海乐都富硒区主要蔬菜对于硒的生物富集能力。【方法】2010 年,以研究区内 6 种主要蔬菜(大蒜、萝卜、胡萝卜、甜菜、菊芋、马铃薯)为研究对象,共采集 135 个植物样品和 65 个土壤样品,测定样品中的硒含量,并依据我国粮食中硒含量生态景观界限值对不同蔬菜的富硒水平进行评价。【结果】青海乐都富硒区 6 种主要蔬菜的硒含量为 1.4~574.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$,大蒜、萝卜、胡萝卜、甜菜、菊芋、马铃薯 6 种蔬菜硒含量平均值依次为 181.4, 103.0, 97.8, 88.2, 119.8 和 80.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$,其对土壤硒的富集能力依次表现为大蒜>萝卜>胡萝卜>菊芋>甜菜>马铃薯。6 种蔬菜中,有 90.4%的大蒜样品达到富硒水平,明显高于其他蔬菜。【结论】不同蔬菜对硒的累积能力存在差异,其中大蒜对土壤硒的富集能力最强。

【关键词】 硒;蔬菜;富硒能力;青海乐都

【中图分类号】 S603.7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)05-0157-05

Selenium enrichment capacities of six major vegetables in selenium-rich region of Ledou, Qinghai Province

LIU Chao, WANG Jin-min, WEI Ting-zhen, WEI Mei-qin,
YANG Chun-jiang, XIONG Hui-yan

(College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to study selenium bio-concentrating ability of major vegetables in Selenium-rich Region of Ledou, Qinghai Province. 【Method】 In 2010, 135 plants of six kinds of vegetables in the study area and 65 soil samples were collected to determine their selenium contents, and vegetables selenium enrichment levels were evaluated based on the ecological landscape selenium limit value of food in China. 【Result】 The contents of selenium in vegetables were from 1.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ to 574.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in Selenium-rich Region of Ledou, Qinghai Province. The average selenium contents of garlic, turnip, carrot, beet, Jerusalem artichoke, and potato were 181.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 103.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 97.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 88.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 119.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, and 80.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectively. The enrichment abilities were in a decreasing sequence of garlic>turnip>carrot>Jerusalem artichoke>beet>potato. 90.4% of garlic plants were in selenium-enriched level, higher than other vegetables. 【Conclusion】 Selenium enrichment capacities of different vegetables were different, and garlics had the highest selenium cumulative ability.

Key words: selenium; vegetables; selenium enrichment capacity; Ledou of Qinghai

硒具有抗癌防衰作用,对动物及人类来说是必需生命元素之一^[1]。人体补充适量硒可增强机体免

【收稿日期】 2013-04-08

【基金项目】 青海省科技厅项目“基于青海富硒土壤资源的优势蔬菜硒富集性和营养品质研究”(2010-Z-702)

【作者简介】 刘 超(1987—),陕西富平人,在读硕士,主要从事植物营养研究。E-mail:624012164@qq.com

【通信作者】 王晋民(1967—),青海西宁人,教授,主要从事植物营养研究。E-mail:jnminw@163.com

疫功能^[2],缺硒则会导致诸多疾病的发生^[3],例如克山病和大骨节病^[4]。人和动物主要通过土壤-植物-水体系与硒发生联系,其中植物是自然硒生态循环过程中的关键性中间环节,是人和动物摄入硒的直接来源,人体内的硒水平取决于摄入食物中硒含量的多少^[5-6]。因此研究富硒地区蔬菜硒的富集性,对于当地合理开发利用土壤硒资源具有重要意义。

我国土壤硒含量变幅较大,既有严重缺硒导致克山病和大骨节病的地区,也有硒中毒土壤区域,但全国硒含量平均为 0.25 mg/kg^[7-11]。青海高原具有独特的生态环境,但其大部分地区土壤含硒量(0.1~0.15 mg/kg)低于世界平均水平(0.2 mg/kg),全省 69.6%的地区属于低硒、缺硒或严重缺硒地区。近年来,以“农业地质或生态地球化学”为主题的研究项目在青海省东部的平安-乐都地区实施过程中,发现面积达 840 km² 的区域为富硒地区,该区域土壤硒含量平均值高于全国土壤背景值和区内土壤平均值^[12]。

蔬菜是膳食结构不可或缺的组成部分,同时也是人体摄入硒的主要途径。有关蔬菜对于硒元素的吸收已有相关研究^[13-19]。乐都富硒区地处湟水谷地及其两侧山地,地貌以低山丘陵为主,湟水河由西向东流经境中;气候类型为内陆半干旱性气候,年均温 6.9℃,年均降水量 335.4 mm;由于该区域内自然环境条件的约束,蔬菜种植以大蒜、马铃薯、萝卜等喜凉、耐旱性蔬菜为主。目前关于该地区主要蔬菜富硒能力的研究还较少,为此本试验以青海乐都富硒区根菜类、鳞茎类蔬菜为研究对象,分析主要根菜类和鳞茎类蔬菜对于硒的富集性,旨在为合理利用土壤硒资源及通过富硒蔬菜调控人体的硒摄入量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样点分布

依据 2010 年青海省国土资源厅与中国地质调查局项目实施中发现的青海富硒土壤区域,在乐都县瞿坛镇中心村、徐家台村、杨家村、段家村、河西村、红庄村、晁家村、口子村、窑庄村、盛家村等,以大蒜、萝卜、胡萝卜、甜菜、菊芋、马铃薯及其耕地土壤为采样对象,采集蔬菜样品总计 135 个,主要取其食用部分进行分析,同时采集土壤样品 65 个。

1.2 方 法

1.2.1 植物和土壤样品的采集 植物样品的采集:在富硒区每个种植区按随机采样法取蔬菜样 15~

30 个,每个地块按十字交叉法采样,每份植物样按大、中、小采样,每份样品质量为 500~600 g,采样后装入样品袋中按序号标记。土样的采集:对应蔬菜种植地块进行土壤样品采集,采用 S 形采样法随机采样,采样土层深度为 0~20 cm,每份样品质量为 1 000 g,采样后装入样品袋中按序号标记。

1.2.2 植物和土壤样品的预处理 将采集的蔬菜植物样品先用自来水清洗干净,再以蒸馏水冲洗,最后用超纯水冲净,用滤纸吸干表面水分。在洁净的硬质塑料砧板上用不锈钢刀具分别切碎肉质根或叶片,用四分法各取 1/4 样品装入洁净的磨口瓶和托盘中,标记样品号。然后在 65~70℃下烘干,并以不锈钢磨粉碎后收集于洁净的磨口瓶中,待分析用。将采集的土样带回室内风干,去除杂质,然后碾碎,过孔径 0.147 mm 筛,装入磨口瓶待测。

1.2.3 样品的消解与测定 土壤及植物样品处理均采用湿法消解。称取植物样品 0.500 0 g,置于 300 mL 消解管中,同时做空白对照,加入混合酸(V(HNO₃):V(HClO₄)=4:1)20 mL,摇匀后放置过夜,在 DK-20Velp 自动消解炉上消解,加热过程中及时补加混合酸,以免蒸干发生爆炸,至溶液呈清亮无色时消化完全,继续加热至剩余体积为 2~3 mL,加入 6 mol/L 盐酸 10 mL;再加热至溶液变为清亮并伴有白烟出现,取下冷却,转移至 25 mL 容量瓶中,用超纯水定容至刻度,混匀待测。称取土样 0.500 0 g,置于消解管中,同时做空白对照,加入硝酸 8 mL 放置过夜,在放入消解仪前加入 2 mL 双氧水,再放入 CEM 密闭消解仪消解,完毕后,冷却,将消解液转入 25 mL 比色管中定容,待测。

采用氢化物原子荧光光谱法(AFS8130 双道氢化物-原子荧光光度计)^[20]测定消解处理后的植物样品与土壤样品中的硒含量。

1.2.4 数据处理 采用 Microsoft Excel 2003、SPSS 19.0 对数据进行处理与绘图。

2 结果与分析

2.1 青海乐都富硒区主要蔬菜硒含量的比较

从表 1 可以看出,所测 6 种蔬菜中硒含量最高为 574.9 μg/kg,最低为 1.4 μg/kg,两者因为蔬菜种类及所采样品地点不同而相差 573.5 μg/kg。各类蔬菜平均硒含量为萝卜 103.0 μg/kg,胡萝卜 97.8 μg/kg,甜菜 88.2 μg/kg,大蒜 181.4 μg/kg,马铃薯 80.3 μg/kg,菊芋 119.8 μg/kg。6 种蔬菜中硒含量由大到小依次为大蒜>菊芋>萝卜>胡萝

卜>甜菜>马铃薯,由此可见,不同种类蔬菜对硒的累积量有明显差异。从变异系数来看,大蒜和菊芋硒含量的变异系数较大,一方面可能由于采样范围较广,各采样点土壤本底硒含量有较大差异而导致蔬菜对硒的富集变异较大,另一方面也可能因为这 2 种蔬菜对硒的累积不稳定所致。

表 1 青海乐都富硒区主要蔬菜硒含量及其变异情况

蔬菜种类 Vegetable species	最大值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Max	最小值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Min	均值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Mean	95%置信区间/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) The confidence interval at 95% level	变异系数/% Coefficient of variation
萝卜 Turnip	268.4	1.4	103.0	88.3~117.6	39.55
胡萝卜 Carrot	228.4	53.9	97.8	85.1~110.5	36.61
甜菜 Beet	182.4	53.9	88.2	72.3~104.1	40.66
大蒜 Garlic	574.9	25.4	181.4	117.5~245.3	77.44
马铃薯 Potato	161.7	26.9	80.3	65.8~94.8	39.63
菊芋 Jerusalem artichoke	323.5	49.9	119.8	11.9~227.7	85.81

2.2 青海乐都富硒区蔬菜对土壤硒的富集能力分析

不同种类蔬菜中硒的累积量受到土壤硒含量的影响,通常用富集系数(蔬菜与土壤硒含量的比值)直观表达蔬菜对土壤硒富集能力的强弱。青海乐都富硒区不同蔬菜对土壤硒的富集系数见表 2。

表 2 青海乐都富硒区不同蔬菜对土壤硒的富集系数

蔬菜种类 Vegetable species	样本数 The number of samples	蔬菜硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) The selenium concentration in six vegetables	土壤硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Soil selenium content	富集系数 Enrichment factor
萝卜 Turnip	32	1.4~268.4	180~450	0.43
胡萝卜 Carrot	33	53.9~228.4	155~610	0.36
甜菜 Beet	22	53.9~182.4	180~730	0.34
大蒜 Garlic	21	25.4~574.9	185~730	0.55
马铃薯 Potato	21	26.9~161.7	85~550	0.33
菊芋 Jerusalem artichoke	6	49.9~323.5	190~730	0.35

由表 2 可以看出,6 种蔬菜对土壤硒的富集能力存在明显差异,富集系数最大为 0.55,最低为 0.33,6 种蔬菜富集系数由高到低依次为大蒜>萝卜>胡萝卜>菊芋>甜菜>马铃薯。本研究结论与马强等^[21]对青海东部土壤及生物体中硒的地球生物化学特征的研究结果相似。

2.3 青海乐都富硒区各种蔬菜硒富集水平评价

依据我国粮食中硒元素生态景观界限值(表 3)^[22],对青海乐都富硒区不同蔬菜的硒富集水平进行评价,结果见图 1。

表 3 我国粮食中硒元素生态景观界限值

含量分级 Content classification	硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) The selenium of food	硒效应 Selenium effects
缺乏 Lack	≤ 25	硒不足 Selenium less
边缘 Edge	$> 25 \sim \leq 40$	潜在硒不足 Lack of potential selenium
中等 Medium	$> 40 \sim \leq 70$	足硒 Enough selenium
高 High	$> 70 \sim < 1\ 000$	富硒 Selenium
过剩 Excess	$\geq 1\ 000$	硒中毒 Selenium poisoning

图 1 表明,萝卜中有 3.1% 的样品处于潜在硒不足水平,9.4% 的样品处于足硒水平,87.5% 的样品达到了富硒水平;胡萝卜中所有测定样品均达到足硒或者富硒水平,其中 21.2% 的样品为足硒水平,78.8% 的样品为富硒水平;甜菜中 40.9% 的样品处于足硒水平,59.1% 的样品为富硒水平;9.5% 的马铃薯样品处于潜在硒不足水平,23.8% 的样品处于足硒水平,66.7% 的样品达到富硒水平;大蒜中,潜在硒不足和足硒样品均占到 4.8%,90.4% 的样品达到富硒水平;菊芋中,33.3% 的样品处于足硒水平,66.7% 样品达到富硒水平,可见乐都富硒区内大蒜的富硒水平最高。

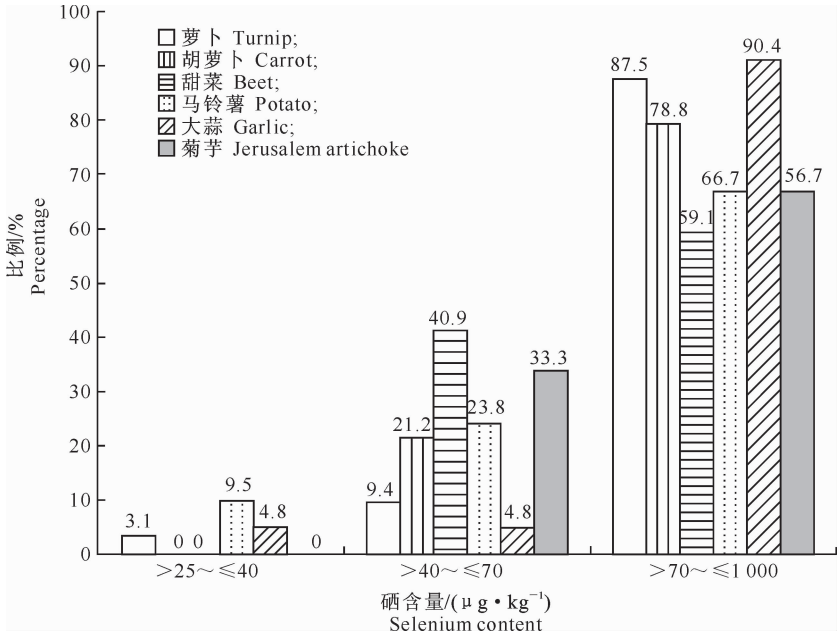


图 1 青海乐都富硒区各类蔬菜中不同硒含量样品所占比例

Fig. 1 Ratios of plants with different selenium levels in Ledou, Qinghai

3 结 论

本研究对青海乐都富硒区几种主要蔬菜的富硒能力进行分析,得到了以下结果:

1)6 类蔬菜中的硒含量存在明显差异,硒平均含量由高到低依次为大蒜>菊芋>萝卜>胡萝卜>甜菜>马铃薯。

2)不同种类蔬菜对土壤中硒的富集能力存在差异,富集能力由大到小依次为大蒜>萝卜>胡萝卜>菊芋>甜菜>马铃薯。

3)所测蔬菜样品达到富硒水平的比率依次为:大蒜 90.4%,菊芋 66.7%,萝卜 87.5%,胡萝卜 78.8%,甜菜 59.1%,马铃薯 66.7%。

[参考文献]

[1] 黄开勋,徐碧辉,刘 琼,等. 硒的化学、生物化学及其在生命科学中的应用 [M]. 武汉:华中科技大学出版社,2009.
Huang K X,Xu B H,Liu Q,et al. The chemistry,biochemistry and application of selenium in the life Sciences [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press,2009. (in Chinese)

[2] 徐辉碧. 生物微量元素:硒 [M]. 武汉:华中工学院出版社,1989.
Xu B H. Biological trace elements:Se [M]. Wuhan:Huazhong Institute of Technology Press,1989. (in Chinese)

[3] Yang G S. The relationship of the Se content food and the Se-toxic disease in China [J]. The Amer J of Chinal Nutrition, 1983(3):872-888.

[4] 易 秀. 生态环境中的硒及其地方病 [J]. 西安工程学院学报,

2000,22(4):69-72.

Yi X. Selenium in the ecological environment and endemic [J]. Journal of Xi'an Engineering University,2000,22(4):69-72. (in Chinese)

[5] 赵中秋,郑海雷,张春光,等. 土壤硒及其与植物硒营养的关系 [J]. 生态学杂志,2003,22(1):22-25.
Zhao Z Q,Zheng H L,Zhang C G,et al. Study on the relationship between soil selenium and plant selenium uptake [J]. Ecology Magazine,2003,22(1):22-25. (in Chinese)

[6] Rayman M P. Food chain selenium and human health:Empha-sion intake [J]. Nutr,2008,100:254-268.

[7] 姚晓芬. 硒对人体健康影响的研究进展 [J]. 硅谷,2008(18):17-18.
Yao X F. Research progress of selenium on human health [J]. Silicon Valley,2008(18):17-18.

[8] 杨忠芳,朱 立,陈岳龙. 现代环境地球化学 [M]. 北京:地质出版社,1999. (in Chinese)
Yang Z F,Zhu L,Chen Y L. The modern environmental geo-chemistry [M]. Beijing:Geological Publishing House,1999. (in Chinese)

[9] 刘 卉,杨金富,宋建明,等. 中国耕地质量等级 [M]. 北京:中国大地出版社,2010.
Liu H,Yang J F,Song J M,et al. Quality grade of cultivated land in China [M]. Beijing:China Land Press,2010. (in Chi-nese)

[10] 吴次芳,徐保根. 土地生态学 [M]. 北京:中国大地出版社,2003.
Wu C F,Xu B G. The land ecology [M]. Beijing:China Land Press,2003. (in Chinese)

[11] 郑达贤,李日帮,王五一. 初论世界低硒带 [J]. 环境科学学 报,1982,2(3):241-249.

Zheng D X,Li R B,Wang W Y. On the world's low selenium belt [J]. *Environmental Science*,1982,2(3):241-249. (in Chinese)

[12] 唐道城. 青海省富硒土壤资源状况及开发利用建议 [EB/OL]. (2010-10-19)[2013-04-05]. <http://www.qhnews.com/qhgov/system/2010/10/19/006069743.shtml>.
Tang D C. The recommendations to status and exploiton of selenium-rich soil resources in Qinghai Province [EB/OL]. (2010-10-19)[2013-04-05]. <http://www.qhnews.com/qhgov/system/2010/10/19/006069743.shtml>. (in Chinese)

[13] Haudin C S,Renault P,Hallaire V. Effect of aeration on mobility of selenium in columns of aggregated soil as influenced by sraw amendment and tomato plant growth [J]. *Geoderma*, 2007,141:98-110.

[14] 施和平,张英聚,刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化 [J]. *植物学报*,1993,35(7):541-546.
Shi H P,Zhang Y J,Liu Z S. Tomato selenium absorption, distribution and transformation [J]. *Chinese Bulletin of Botany*,1993,35(7):541-546. (in Chinese)

[15] 王永勤,曹家树,李建华. 施硒对大蒜产量与含硒量的影响 [J]. *园艺学报*,2001,28(5):425-429.
Wang Y Q,Cao J S,Li J H. Selenium on the yield of garlic and selenium content [J]. *Acta Horticulturae Sinica*,2001,28(5): 425-429. (in Chinese)

[16] 陈 金,潘根兴,王雅玲. 土壤硒水平对两种春大豆硒吸收与转化的影响 [J]. *中国农业科学*,2005,38(2):428-432.
Chen J,Pan G X,Wang Y L. Effect of soil Se level on selenium uptake and transformation by two spring soybean cultivars [J]. *Agricultural Sciences*,2005,38(2):428-432. (in Chinese)

[17] 王晋民,赵之重,李国荣. 硒对胡萝卜含硒量、产量及品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*,2006,12(2):240-243.
Wang J M,Zhao Z Z,Li G R. The effect of selenium on the content of carrots,yield and quality [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*,2006,12(2):240-243. (in Chinese)

[18] 余守武,陈合云,郑学强,等. 水稻微量元素硒含量的遗传研究进展 [J]. *作物杂志*,2010(2):6-9.
Yu S W,Chen H Y,Zheng X Q,et al. Selenium content of rice genetic research progress [J]. *Crops*,2010(2):6-9. (in Chinese)

[19] 廖启林,华 明,冯金顺,等. 苏南局部富硒土壤及其天然富硒茶叶初步研究 [J]. *中国地质*,2007,34(2):347-353.
Liao Q L,Hua M,Feng J S,et al. Natural Se-rich tea in local Se-rich soils in southern Jiangsu [J]. *Geology in China*,2007, 34(2):347-353. (in Chinese)

[20] 王 伟,韩 博,梁 俭,等. 硒营养的研究状况:检测方法及应用前景 [J]. *饲料博览*,1998,10(5):8-9.
Wang W,Han B,Liang J,et al. Selenium nutrition status: Testing methods and application prospects [J]. *Feed Review*, 1998,10(5):8-9. (in Chinese)

[21] 马 强,姬丙艳,张亚峰,等. 青海东部土壤及生物体中硒的地球化学特征 [J]. *地球科学进展*,2012,27(10):148-152.
Ma Q,Ji B Y,Zhang Y F,et al. Geochemical characteristics of selenium in soils and organisms in the east of Qinghai Province [J]. *Advances in Earth Science*,2012,27(10):148-152. (in Chinese)

[22] 谭建安. 中华人民共和国地方病与环境图集 [M]. 北京: 中国环境科学出版社,1996.
Tan J A. Selenium in soil and endemic diseases in China [M]. Beijing: China Environmental Science Press,1996. (in Chinese)