

尹丹, 李欣雨, 刘苡轩, 等. 渭北典型大骨节病区居民膳食硒营养调查评价[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(5): 991–999.

YIN Dan, LI Xin-yu, LIU Yi-xuan, et al. Dietary selenium nutrition levels among the residents of a typical Kaschin-Beck disease-endemic area in Weibei Highland, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(5): 991–999.

渭北典型大骨节病区居民膳食硒营养调查评价

尹丹¹, 李欣雨¹, 刘苡轩¹, 蒙元永¹, 黄冬琳^{1*}, 邱炜红¹, 王朝辉^{1,2}

(1.西北农林科技大学资源环境学院/农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为了解陕西省渭北黄土高原大骨节病区停止硒盐防治措施6年后居民硒营养水平,明确病区居民膳食硒摄入量是否达到人体需要量,比较现阶段大骨节病区与非病区人群膳食硒摄入量差异,为陕西省渭北大骨节病区居民保障其硒营养摄入状况和预防控制大骨节病提供参考依据,本研究采用分层整群随机抽样法,在渭北选择2个大骨节病典型县区(永寿县、麟游县),以位于陕西关中地区的非病区杨凌区作为对照,共9个自然村,270户常住居民作为调查对象。采用食物频率调查问卷收集成年居民的基本信息及过去1年食物摄入情况,食物硒含量采用文献检索数据,计算问卷区域居民每日硒摄入量。结果表明:非病区杨凌居民每日硒摄入量明显高于病区永寿县、麟游县,其值分别为61.8、25.0、35.0 μg。日摄入硒较低的病区居民人均收入较杨凌低,膳食结构仍然以粮谷类食物为主,每日小麦(面粉)的摄入量较大,分别占所有食物的46%和37%,杨凌区为24%;但因3个县区土壤均低硒,小麦籽粒中硒含量极低,其对杨凌、永寿、麟游居民硒摄入量贡献值仅为7%、13%和12%。渭北大骨节病区居民膳食结构仍以粮谷类食物为主,非病区杨凌区居民膳食多样性优于病区,主食小麦的摄入量显著低于病区居民,动物性食物中鱼虾类、蛋类、乳类的摄入量是病区居民的1.62~5.4倍。杨凌区、永寿县、麟游县居民膳食硒摄入量虽高于人体最低膳食硒需要量,但病区居民膳食硒摄入量远未达到人体膳食硒适宜需要量,此差异与病区土壤和农产品低硒、膳食结构、居民经济收入关系密切。亟需强硒营养宣传、利用经济有效的农艺措施提高小麦硒含量、增加经济收入、完善膳食结构以提高该区域居民硒摄入量。

关键词:膳食硒摄入量;膳食多样性;大骨节病;土壤硒

中图分类号:X820.3 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2019)05-0991-09 doi:10.11654/jaes.2018-0987

Dietary selenium nutrition levels among the residents of a typical Kaschin-Beck disease-endemic area in Wei-bei Highland, China

YIN Dan¹, LI Xin-yu¹, LIU Yi-xuan¹, MENG Yuan-yong¹, HUANG Dong-lin^{1*}, QIU Wei-hong¹, WANG Zhao-hui^{1,2}

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University / Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling 712100, China; 2. Northwest A&F University/State Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas, Yangling 712100, China)

Abstract: We quantified the daily selenium intake (DSI) through food for residents in Weibei Highland, a Kaschin-Beck disease-endemic area. Six years after the special supply of selenium salts to the residents was stopped, a specifically designed questionnaire survey was carried out to collect information on their daily food intake. A total of 270 adult permanent residents were surveyed from nine natural villages, distributed in three counties, using the randomized stratified clustered sampling method. The Yongshou and the Linyou counties were the areas most affected by the Kaschin-Beck disease in China, back in the 1970s—1980s. The Yangling District, a non-disease area in the

收稿日期:2018-08-01 录用日期:2018-12-13

作者简介:尹丹(1993—),女,山东菏泽人,硕士研究生,从事农作物硒营养研究。E-mail:ydbgyx@126.com

*通信作者:黄冬琳 E-mail:dlynnhuang@nwsuaf.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(41401330);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-3)

Project supported: The Young Scientists Fund of the National Natural Science Foundation of China (41401330); China Agricultural Research System (CARS-3)

Guanzhong Region of the Shaanxi Province, was chosen as control. Questions about food intake frequency and amount were used in the survey to calculate food diversity and daily food intake in 2016—2017. The selenium content of different foods, obtained from the scientific literature, was considered, to calculate the daily selenium intake of residents in each county. The daily selenium intake of the Yangling District residents ($61.8 \mu\text{g}$) was significantly higher than that of the Yongshou County and Linyou County residents ($25.0 \mu\text{g}$ and $35.0 \mu\text{g}$, respectively). The dietary food of the Yongshou County and Linyou County residents consisted mainly of cereals. The daily intake of wheat (flour) corresponded to 46 % and 37 % of all food intake for the Yongshou County and Linyou County residents, respectively; these percentages were relatively higher than those for the Yangling District residents (24%). However, due to the low selenium content of wheat grains (produced in low-selenium soils in all three counties), cereals constituted only minor percentages of the total daily selenium intake: 7%, 13%, and 12% for the Yangling District, Yongshou County, and Linyou County residents, respectively. The main food of residents in the Kaschin-Beck disease-endemic area (Yongshou and Linyou counties) was represented by cereals. While the Yangling District residents' food was more diverse, their daily intake of cereals was much lower than that of the Yongshou County and Linyou County residents. On the other hand, their daily intake of seafood, eggs, and dairy products was 1.62~5.4 times higher than that of the residents from those two counties. Although the DSIs of the Yangling District, Yongshou County, and Linyou County residents were higher than the minimum dietary selenium requirement, the DSIs of the Yongshou County and Linyou County residents were far below the recommended DSI for Chinese residents. The differences in DSI and food diversity among the analyzed areas were closely related to the average income of the residents. Hence, there is an urgent need to increase the wheat selenium content using inexpensive methods (e.g., agronomic biofortification) to increase the daily selenium intake of the Yongshou County and Linyou County residents. Additionally, the income of these residents should be increased, in order to improve their dietary diversity and DSIs.

Keywords: daily selenium intake; dietary diversity; Kaschin-Beck disease; soil selenium content

大骨节病是一种地方性、多发性、变形性骨关节疾病,多发生于儿童和少年。硒是人体内必需的微量元素之一,在人体内总量为 $14\sim20 \text{ mg}$,广泛分布于人体所有组织和器官中,对人体有着非常重要的生理机能^[1]。我国科学家发现大骨节病与环境低硒有密切关系,大骨节病的产生与因低硒环境通过食物链导致人体硒营养摄入不足有关也已被大量研究结果证实^[1-7]。

陕西省绝大多数地区处在我国自东北至西南的缺硒带上,尤其是渭北黄土高原地区,土壤、食物、饮水普遍缺硒^[1,3],是我国大骨节病重发病区。永寿、麟游是渭北大骨节病危害最严重的县,1978年患病率达28.89%,居全国之首,病区饮用水、粮食作物的硒含量均低于非病区^[8-9]。1981年起地方病防治研究所在永寿县和麟游县试点,特供加入六万分之一($7.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)亚硒酸钠的食盐,开展防治观察^[10]。自1997年陕西省在大骨节病病区实施“晒盐、改水、搬迁、手术”及发展经济、脱贫致富等综合防治措施以来,居民硒营养水平显著提高^[8]。食用硒碘盐及病区人群膳食结构的改变,使病区人群的硒营养已发生根本改变,病区儿童发硒水平已显著高于非病区^[10]。至2010年底陕西省62个大骨节病病区县全部达到大骨节病国家控制标准,大骨节病病情处于稳定控制状态^[8]。在此背景下,陕西省卫生厅、盐务管理局联合发文通知,

从2012年7月1日起,陕西省大骨节病病区县全面停止食盐加硒,恢复供应只加碘的食盐。这意味着陕西省大骨节病病区由政府部门主导推广且应用多年的硒防治措施终结^[10]。但硒不是植物生长必需的营养元素,长期以来人们注重农田大量元素补充,忽略了硒的施用,造成土壤硒的缺乏加剧,这不仅导致微量元素含量低,还影响农产品的营养品质,导致人体微量元素摄入不足,影响人体健康^[11]。停止供应加硒食盐后,大骨节病区外环境低硒等大骨节病致病因子依然存在,2016年和2017年麟游等4个县区的6个大骨节病病区村7~12岁儿童中,X射线仍有检出病例,检出率在1.41%~2.36%^[12]。陕西省渭北大骨节病区停止晒盐防治措施6年后居民硒营养水平如何尚待研究。

本研究通过了解陕西省渭北大骨节病区停止晒盐防治措施6年后居民硒营养水平,明确病区居民膳食硒摄入量是否达到人体需要量,比较现阶段陕西省渭北大骨节病区与非病区人群膳食硒摄入量差异,为保障渭北低硒区居民硒营养摄入和预防控制大骨节病提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查地点概况

选择陕西省渭北黄土高原大骨节病最为严重的

永寿县、麟游县与位于陕西省中部的非病区杨凌区作对照开展调研工作,三县区土壤中全硒含量分别为:0.13^[13]、0.077 5^[14]、0.14 mg·kg⁻¹,小于0.175 mg·kg⁻¹,均属于低硒土壤^[15]。杨凌区位于陕西关中平原中部,境内塬、坡、滩地交错,土壤肥沃,土壤类型为土垫旱耕人为土;永寿县位于陕西省中部偏西,渭北高原南缘,土壤类型为黄绵土,由于受自然地理条件及经济条件等因素的影响,1975年永寿县临床患病率28.34%,是大骨节病重病县之一;麟游县位于陕西省宝鸡市东北部,地处渭北旱塬丘陵沟壑区,土壤类型为黄绵土,1975年和1978年全县大骨节病普查患病率分别为24.0%、28.89%,病情之重,居全国之首^[8]。

1.2 调查对象

2017年7—8月,在陕西省渭北地区选择一个非病区和两个病区,每个县区选择3个自然村,分别为杨凌区的杨凌街道、揉谷村、寨东村,永寿县的折楼村、养马庄村、营里村,麟游县的崔木村、北王村、杨家堡村。采用整群随机抽样法,每个村随机抽取30户常住居民(病区的户籍人口居住半年以上)作为调查对象,在取得知情同意的情况下,对调查户所有成员食物消费平均情况进行调查。

1.3 调查方法

通过走访调查,先对调研地区民政单位、村委会进行走访,了解人口分布及路线,对病区疾病防御中心进行走访,了解大骨节病历史重病区的位置及基本情况,最终确定调研地点。

问卷调查采用定制的“陕西居民膳食调查表”进行膳食调查,主要包括:居民对大骨节病的认知度、每日摄入食物的种类及数量、含硒元素较多食物的摄

入情况等。由经过培训的调查人员入户询问,被调查者口述,调查人员记录,记录被调查者家庭过去一年食物消费种类(包括谷类、蔬菜、蛋类、鱼虾类、畜禽肉、豆类、奶类等)、每类食物的摄入频率及每次平均食用量,调查对象的基本信息、家庭人口数、人均收入等情况。

1.4 数据来源与统计学分析

本研究调查了居民膳食摄入量、分析膳食比例并与《中国居民膳食指南》推荐摄入量进行比较、文献检索食物硒含量,评估了现阶段陕西省低硒区人群的膳食硒摄入量及不同食物对硒摄入的贡献。其中主要食物中的硒含量数据来自于文献检索(表1),居民人均可支配收入来自于陕西省统计局。试验数据采用Excel 2016软件进行整理与计算,并通过DPS 7.05统计分析软件分析,采用单因素方差分析,多重比较采用LSD(Least significant difference)法,差异显著性水平为5%。

2 结果与分析

2.1 居民日食物摄入量与膳食结构

通过本次调查(表2)可以看出,杨凌区、永寿县、麟游县三县区居民主食摄入量差别不大,分别为425、416、424 g·d⁻¹,但杨凌区居民小麦的摄入量显著低于永寿县和麟游县居民,大米的摄入量显著高于永寿县和麟游县居民;杨凌区居民动物性食物中鱼虾类、蛋类、乳类的摄入量显著高于其他县区居民,且鱼虾类、蛋类、乳类的摄入量分别是永寿县、麟游县居民的1.62~5.4倍,猪肉、豆制品摄入量显著高于永寿县居民,是其2.4倍和2.2倍。三县区居民主食中均为

表1 调研地居民食物中的平均硒浓度

Table 1 Average Se concentration in different common food of the residents in the survey region

| 食物类别 Food items | 硒含量 Se concentration/ $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 范围 Range/ $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 样本数 Number | 来源 Sources |
|--|--|--|------------|---------------|
| 低硒区小麦 Wheat in the area with low soil Se | 15.1±12.7 | 0~51 | 70 | [18, 24, 41]等 |
| 低硒区玉米 Corn in the area with low soil Se | 9.8±9.2 | 0.6~35 | 46 | [24, 41~42]等 |
| 大米 Rice | 35.9±17.4 | 2.5~81 | 81 | [33, 40, 43]等 |
| 猪肉 Pork | 87.2±58.9 | 14.85~238 | 43 | [33, 42~43]等 |
| 鸡肉 Chicken | 117.3±58.6 | 34~226 | 20 | [33, 40, 43]等 |
| 肝脏 Liver | 356.8±242.9 | 51.5~880 | 25 | [33, 41, 43]等 |
| 鱼虾类 Fish and seafood | 343.2±278.3 | 20.1~1175 | 49 | [33, 40, 42]等 |
| 蛋类 Eggs | 225.3±79.5 | 74~422 | 116 | [33, 40, 42]等 |
| 乳类 Dairy products | 39.1±33.6 | 31~137 | 33 | [33, 40, 43]等 |
| 豆制品 Legume products | 48.8±30.9 | 4~131.6 | 77 | [33, 40~41]等 |
| 蔬菜 Vegetables | 18.3±18.6 | 3.56~61 | 28 | [33, 40~41]等 |

表2 调研地居民每日食物摄入量($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)Table 2 Daily food intake of residents in the survey region ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)

| 调研地 Survey region | 主食 Staple food | | | 肉类 Meat | | | 鱼虾类 Fish and seafood | 蛋类 Eggs | 乳类 Dairy products | 豆制品 Legume products | 蔬菜 Vegetables | 合计 Total | 能量 Energy/ 人 $^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ |
|--|----------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------------------|------------------------|------------------|-------------|--|
| | 小麦 Wheat | 玉米 Corn | 大米 Rice | 猪肉 Pork | 鸡肉 Chicken | 肝脏 Liver | | | | | | | |
| 杨凌区 Yangling District | 277± 50.4b | 62± 14.8b | 86± 59.8a | 52± 51.5a | 12±4.6a 22±9.8b | 2±5.7a 0±0.06a | 43± 57.3a | 81± 93.3a | 113± 75.1a | 66± 31.9a | 368± 172.5a | 1162 | 2139 |
| | | | | | | | | | | | | 663 | 1613 |
| 永寿县 Yongshou County | 304± 43.2a | 74±8.6a 30.6b | 38± 30.6b | 22±9.8b 33.5a | 12±9.2a 11±1.6a | 0±0.06a 1±4.8a | 9±2.1b 11±3.9b | 32± 50± | 25± 21± | 30± 53± | 117± 236± | 848 | 1850 |
| | | | | | | | | | | | | 891 | 1867 |
| 平均 Average | 298 | 65 | 59 | 38 | 12 | 1 | 21 | 54 | 53 | 50 | 240 | | |
| 膳食指南推荐量 Recommended dietary guidelines | 250~400 | | | 40~75 | | | 40~75 | | | 40~50 | | | 300~500 |

注:表中小写字母表示在5%显著水平下,同一食物在不同县区间的差异。

Note: Different lowercase letters indicate statistical significant difference at the 0.05 level within the same food category among counties.

小麦的摄入量最大,居民摄入的小麦占主食的65%、73%、74%,显著高于玉米和大米;但三县区居民膳食结构不一致,其中杨凌区居民对蔬菜的摄入量最大,占总膳食量的32%,其次是小麦、乳类,而永寿、麟游县居民小麦摄入量最大,分别占总膳食量的46%和37%,其次是蔬菜和玉米(图1)。

2.2 主要食物中的硒含量

通过调研,居民摄入的玉米、小麦主要来自于当地的粮食生产,小麦、玉米中硒含量分别为 $15, 10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,与中国小麦主产区655份小麦籽粒的平均硒含量为 $64.6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 相比偏低。但由于其他食物流通性大,我们查找了大量文献数据,分析了主要食物中的硒含量,可以看出,动物性食物中的硒含量明显高于植物性食物,动物性食物中硒含量排序:内脏类>鱼虾类>蛋类>鸡肉>猪肉>乳类,其中内脏类、鱼虾类硒含量分别为 $357, 343 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.3 调研区居民膳食硒摄入量

由表3可知,对比三县区,杨凌区居民每日硒摄入量显著高于永寿县、麟游县居民,分别为 $61.8, 25.0, 35.0 \mu\text{g}$ 。其中杨凌区来自小麦的膳食硒显著低于其他两县,来自玉米的膳食硒与麟游县无显著差异,显著低于永寿县,来自猪肉、豆制品的膳食硒与麟游县无显著差异,显著高于永寿县,但来自大米、鱼虾类、蛋类、乳类、蔬菜的膳食硒均显著高于其他两县。

对比同一县区的不同村庄,杨凌区的杨凌街道较其他两村居民膳食硒摄入量偏高,分别较揉谷村、寨东村居民膳食硒摄入量高出4.6%和28.4%。其中杨凌街道居民来自小麦、鸡肉、豆制品中的膳食硒与其他两村无显著差异,来自大米、猪肉、乳类中的膳食硒与寨东村居民无显著差异,但显著高于揉谷村,来自鱼虾类中的膳食硒与揉谷村居民无显著差异,但显著高于寨东村,来自内脏、蔬菜中的膳食硒显著高于其他

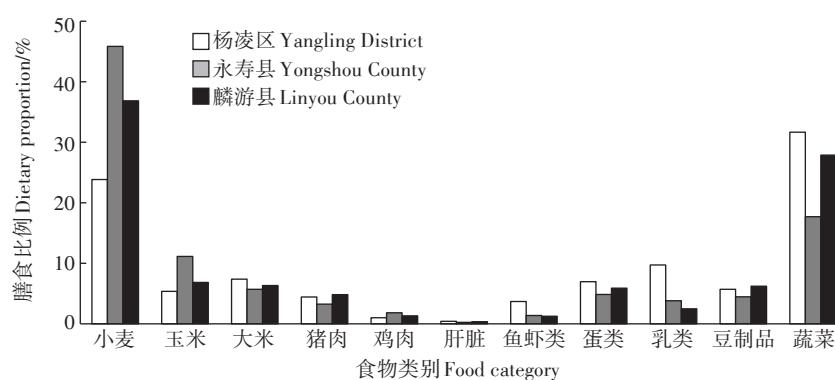


图1 调研的三县区居民膳食比例

Figure 1 Dietary components proportion of the residents in three counties

表3 调研地居民每日硒摄入量($\mu\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)
Table 3 Daily dietary selenium intake of the residents in the survey region ($\mu\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)

| 调研地 Survey region | 主食 Staple food | | | 肉类 Meat | | | 鱼虾类 Fish and seafood | 蛋类 Eggs | 乳类 Dairy products | 豆制品 Legume products | 蔬菜 Vegetables | 合计 Total | |
|--------------------------|----------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------|----------------------|------------------------|------------------|-------------|------|
| | 小麦 Wheat | 玉米 Corn | 大米 Rice | 猪肉 Pork | 鸡肉 Chicken | 肝脏 Liver | | | | | | | |
| 杨凌区 Yangling District | 杨凌街道 | 3.9±1.3b | 0.5±0.3d | 3.4±2.1a | 6.2±11.5a | 1.7±1.6ab | 1.7±5.3a | 21.5±32.6a | 10.8±9.7b | 5.2±4.8a | 3.6±3.7a | 9.2±7.6a | 67.8 |
| | 揉谷村 | 4.2±1.5ab | 0.6±0.2cd | 1.8±2.4b | 3.4±3.9b | 1.2±2.2b | 0.2±0.9b | 15.1±44.9ab | 27.8±52.6a | 1.8±3.4b | 3.5±3.3a | 5.2±3.1b | 64.8 |
| | 寨东村 | 4.3±1.1ab | 0.7±0.1ab | 4.0±3.7a | 3.9±6.5ab | 1.3±0.5ab | 0.2±1.1b | 7.6±12.9bc | 16.1±38.5b | 6.3±7.3a | 2.6±1.9abc | 5.8±3.7b | 52.8 |
| 永寿县 Yongshou County | 平均 | 4.2B | 0.6B | 3.1A | 4.5A | 1.4A | 0.7A | 14.7A | 18.2A | 4.4A | 3.2A | 6.7A | 61.8 |
| | Average | | | | | | | | | | | | |
| | 折楼村 | 4.6±1.2a | 0.7±0.1ab | 1.7±1.6b | 1.9±1.5b | 1.2±2.3b | 0.01±0.1b | 3.0±0.9c | 6.6±6.2b | 1.1±3.8b | 1.3±1.6c | 2.2±2.3d | 24.3 |
| 麟游县 Linyou County | 养马庄村 | 4.8±1.1a | 0.7±0.1ab | 1.4±1.6b | 1.9±0.9b | 1.2±0.2b | 0±0b | 3.0±1.2c | 8.2±6.6b | 0.9±2.8b | 1.6±1.8c | 2.2±1.2d | 25.9 |
| | 营里村 | 4.4±1.2ab | 0.7±0.1a | 1.0±1.0b | 1.9±2.0b | 1.9±3.3a | 0±0b | 3.4±1.7c | 6.9±8.2b | 1.0±2.7b | 1.5±1.9c | 2.1±1.0d | 24.7 |
| | 平均 | 4.6A | 0.7A | 1.4B | 1.9B | 1.4A | 0A | 3.2B | 7.6B | 1.0B | 1.4B | 2.1C | 25 |
| | Average | | | | | | | | | | | | |

注:表中小写字母表示在5%显著水平下,同一食物在不同村之间的差异;大写字母表示在5%显著水平下,同一食物在不同县区之间的差异。

Note: Different lowercase letters indicate statistical significant difference at the 0.05 level within the same food category among different villages; different uppercase letters indicate statistical significant difference at the 0.05 level within the same food category among different counties.

两村;永寿县、麟游县村庄之间差别不大。

2.4 不同食物对调研区居民硒摄入量贡献率

由图2看出,三县区中,不同食物对人体膳食硒贡献值最大的都是蛋类,但其他食物贡献值不同县区间有差异。除蛋类外,杨凌区其次是鱼虾类和蔬菜,小麦的贡献率仅为7%;永寿县其次是小麦和鱼虾类,贡献率分别是18%和13%;麟游县其次是小麦、蔬菜、鱼虾类和猪肉,贡献率分别是13%、12%、11%和10%。

2.5 居民日硒摄入量与人均收入之间的关系

对比杨凌区、永寿县、麟游县三县区居民人均可支配收入及居民日硒摄入量,可看出,人均可支配收入越高,其居民日硒摄入量也越高。图3中 R^2 为0.773,也表明日硒摄入量与人均收入之间存在较强的相关性。

3 讨论

随着科学搭配、合理膳食观念的宣传教育,居民的膳食结构较90年代有很大改善,本次调研的三县区中,与新版《中国居民膳食指南(2016)》推荐量^[16]相比,杨凌区居民禽畜肉类、鱼虾类、蔬菜摄入量符合推荐量,谷物、蛋类豆制品摄入量偏高,乳类偏低;永寿

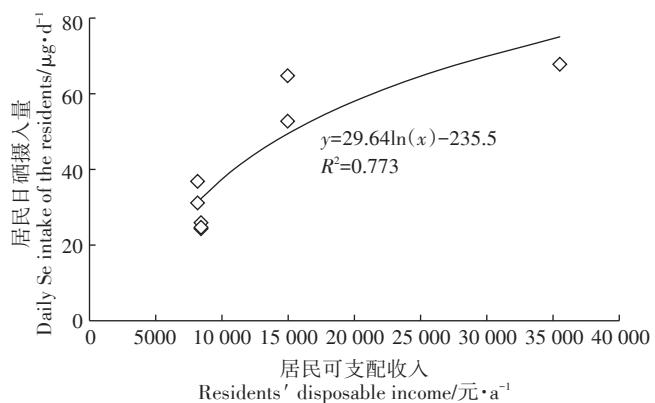


图3 每日硒摄入量与居民可支配收入之间的关系

Figure 3 The relationship between daily selenium intake and disposable income of the residents

县居民除豆制品摄入量符合推荐量,谷物摄入量偏高外,其他食物摄入量均偏低,麟游县居民禽畜肉类、蛋类摄入量符合推荐量,谷物、豆制品偏高,鱼虾类、乳类、蔬菜偏低。同刘小立等^[17]的调查结果相似,虽然调研地居民膳食结构有改善,但与平衡膳食相比较,还有较大的差距,尤其是永寿县,畜禽肉类、鱼虾类、蛋类、乳类和蔬菜的摄入量均偏低,需要继续增加其摄入量。

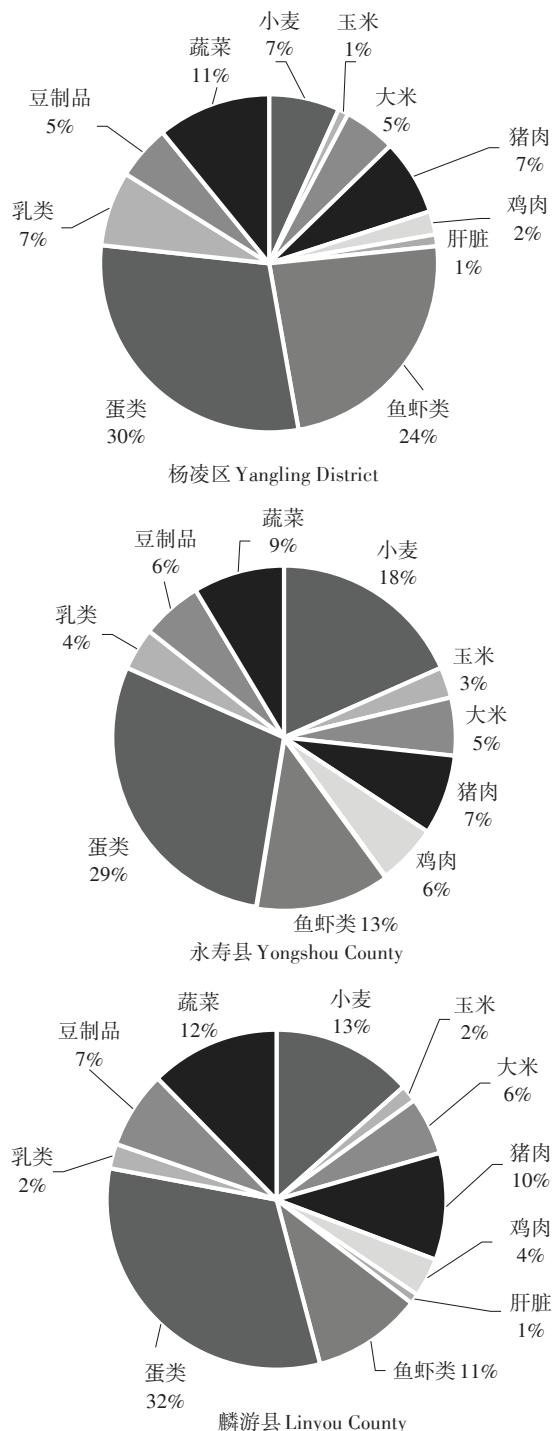


图2 不同食物对调研地居民每日硒摄入量的贡献率

Figure 2 Se contribution of different food to daily Se intake of residents in survey region

我们评估了现阶段陕西省渭北大骨节病典型区域居民的膳食硒摄入量，并通过调查膳食摄入量、膳食比例及食物硒含量，评估不同食物对硒摄入的贡献。结果显示，三县区中不同食物对人体膳食硒贡献值最大的都是蛋类，占30%左右，而三县区居民小麦

的摄入量较大，分别占所有食物的24%、46%、37%，但因三县区土壤均属于低硒土壤，导致小麦籽粒中硒含量较低，仅 $15, 10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，与中国小麦主产区655份小麦籽粒的平均硒含量为 $64.6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[18]相比差距较大，所以其对三县区居民硒摄入量贡献值仅为7%、13%和12%。与本文研究结果存在差异，中国青海，谷物的贡献率高达61%，而鸡蛋贡献率仅为2%，蔬菜与本调查相似为9%^[19]；深圳市中心城区，水产品贡献率高达42%，鸡蛋贡献率为12%，谷物与本调查相似为9%^[20]；Filippinii 等^[21]研究表明意大利北部人群中，肉类对其膳食摄入量的贡献值最大为26%，其次是谷物23%，鸡蛋对硒元素摄入量的贡献较低；阿根廷中部的牛肉贡献率为47%，小麦的贡献率为13%，鸡蛋占10%^[22]；西班牙全国人口中硒的最大来源是谷物(46.5%)，鸡蛋贡献率不高仅为5%，鱼类和肉类与本研究相似，分别占16.7%和14.9%^[23]。笔者认为，该差异与病区土壤和农产品低硒、居民经济收入、地方性饮食习惯和食物硒含量关系较大。而调研地居民经济收入增长缓慢，导致膳食结构单一，动物性食物摄入少。如果能采取硒强化措施，如通过施硒肥，不仅可以增加当地主食和牧草中的硒含量，还可增加居民经济收入、增加当地居民日硒摄入量，该方法已经在一些国家普遍实施，如澳大利亚、芬兰、土耳其等^[24]。

调研杨凌区、永寿县、麟游县三县区居民膳食硒摄入量分别为 $62, 25, 35 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ，均高于人体最低膳食硒需要量 $22 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[25]，但大骨节病黄土高原病区(永寿县、麟游县)居民膳食硒摄入量远未达到人体膳食硒适宜需要量 $50 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[26]。这与同处于土壤低硒区的阿根廷相似，成年男性和女性每天膳食硒摄入量分别为 $32 \mu\text{g}$ 和 $24 \mu\text{g}$ ^[22]，均远远低于美国、加拿大、日本、意大利、西班牙等国家，这些国家居民摄入硒水平多在 $60 \sim 100 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 或更高，其中，西班牙 $75 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ，美国 $132 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[21, 23, 27-28]，这些国家居民硒摄入量高主要有两种原因：一是饮食中含硒较高的畜禽肉、水产类摄入较多，如意大利、西班牙、日本；二是土壤硒含量处于较高水平，如美国、加拿大。我国山西中阳、交口、柳林三县及贵州省云岩居民膳食硒摄入量与调研地居民相近^[29-30]，主要原因是这些地区与调研地土壤硒含量均不高，主要粮作物小麦、大米硒含量低，经济欠发达，动物性食物摄入少；而青海平安、湖北恩施、深圳市、广州市等地区居民日硒摄入量较高，如湖北恩施沙堤镇居民膳食硒摄入量高达 $550 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ，因

其土壤硒含量高,深圳市中心城区居民 $126.3 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$,这与其处在沿海经济发达区,经济条件较为发达,鱼虾类摄入量高,膳食结构多样化有关^[19,31-33]。

人体获取硒的途径有3种,食物、水和空气。但从水和空气中吸收的硒非常少,人体对硒的摄取主要来源食物^[21,34-36]。而居民日常膳食硒的摄入决定于食物摄入量与该食物中硒的含量^[31]。对于土壤低硒,且经济不发达的永寿、麟游县,居民经济来源少,人均可支配收入低,因此膳食结构单一,动物性食物摄入较少。在服用加硒盐时,以每日盐摄入量6~8 g计,每日可由加硒盐额外补充硒45.6~60.8 μg ,停止供应加硒盐后,居民人均硒摄入量远低于推荐摄入量,亟需通过其他措施增加硒的摄入。小麦、玉米对硒反应灵敏,且小麦籽粒硒主要以硒代胱氨酸、硒代半胱氨酸、硒-甲基硒代半胱氨酸等有机硒形式存在,其人体利用率极高达81%以上^[37-39]。通过农艺措施提高该区域主食小麦硒含量,容易控制且成本低、效果好,如将小麦硒含量由目前 $15.1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 提高至 $100 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,则可使永寿县、麟游县居民硒摄入量分别提高至 $50.8, 61.5 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

4 结论与建议

(1)陕西省渭北黄土高原调研地杨凌区、永寿县、麟游县居民膳食硒摄入量分别为 $62, 25, 35 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$,居民膳食硒营养水平均高于人体最低膳食硒需要量,但大骨节病区(永寿县、麟游县)居民膳食硒摄入量远未达到人体膳食硒适宜需要量。

(2)陕西省渭北黄土高原非病区杨凌区居民膳食结构较大骨节病典型县区永寿县、麟游县居民更均衡,但居民膳食结构仍以粮谷类食物为主,因主食中硒含量低,其对居民硒摄入量贡献值不大。病区居民膳食硒摄入量显著低于非病区,此差异主要与病区土壤和农产品低硒、居民膳食结构不合理、居民经济收入低有关。

(3)可采取成本较低且增硒效果显著的叶喷或土施硒肥等硒强化措施来增加当地小麦、玉米主食中的硒含量,保障居民每日硒摄入水平。

(4)应加强硒营养宣传、普及硒营养知识;增加当地居民收入;改善膳食结构,增加天然富硒食物如香菇、蛋类、动物肝脏、鱼虾类海产品等食物的摄入。

致谢:感谢此次调查对象的理解和支持;感谢陕西省永寿县县委、麟游县地方病防治研究所等相关部门的大力支持;感谢参

加调研工作的调查员薛少琪、赵天悦、江涛、王芮、李森、武毅宁的帮助!

参考文献:

- [1] 范中学. 外环境低硒与大骨节病[J]. 微量元素与健康研究, 2005, 22(6):64.
FAN Zhong-xue. Low selenium environment and Kashin-Beck disease [J]. *Studies of Trace Elements and Health*, 2005, 22(6):64.
- [2] 杨光圻, 周瑞华, 孙淑庄, 等. 人的地方性硒中毒和环境及人体硒水平[J]. 营养学报, 1982, 4(2):81-89.
YANG Guang-qi, ZHOU Rui-hua, SUN Shu-zhuang, et al. Human endemic selenium poisoning and environment and human selenium levels [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1982, 4(2):81-89.
- [3] 李继云, 任尚学, 陈代中. 环境中的硒与大骨节病关系的探讨[J]. 地方病通讯, 1979, 2(2):22-28.
LI Ji-yun, REN Shang-xue, CHEN Dai-zhong, et al. Discussion on the relationship between Kashin-Beck disease and selenium in the environment[J]. *Endemic Disease Communication*, 1979, 2(2):22-28.
- [4] 王道顺, 杨文忠, 孙庆元, 等. 河南省大骨节病区环境与人体硒的研究及病因探讨[J]. 中华地方病学杂志, 1987, 6(2):108-111.
WANG Dao-shun, YANG Wen-zhong, SUN Qing-yuan, et al. Study on environmental and human selenium in Kashin-Beck disease area of Henan Province and its etiology[J]. *Chinese Journal of Endemiology*, 1987, 6(2):108-111.
- [5] 李继云, 陈代中, 任尚学. 从陕西省不同自然环境的人发含硒量探讨大骨节病与硒的关系[J]. 环境科学, 1981, 2(5):20-23.
LI Ji-yun, CHEN Dai-zhong, REN Shang-xue, et al. The relationship between Kashin-Beck disease and selenium was discussed from the selenium content of human hair in different natural environments in Shaanxi Province[J]. *Environmental Science*, 1981, 2(5):20-23.
- [6] 侯少范, 朱文郁. 我国不同自然环境中发硒含量及其背景值的研究[J]. 环境科学, 1981, 2(3):31-37.
HOU Shao-fan, ZHU Wen-yu. Study on hair selenium content and its background value in different natural environments in China[J]. *Environmental Science*, 1981, 2(3):31-37.
- [7] 永寿大骨节病科学考察队环境专题组. 陕西省永寿县大骨节病的生态环境研究[J]. 环境科学学报, 1985, 5(1):1-19.
Sub-Group on Ecological Environment, Yongshou Scientific Survey Group of Kaschin-Beck's Disease. Ecological environmental research on Kaschin-Beck's disease in Yongshou county[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1985, 5(1):1-19.
- [8] 《陕西地方病防治60年》编写委员会. 陕西地方病防治60年[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2011.
Compilation Committee of 60 Years of Prevention and Control of Endemic Diseases in Shaanxi. Prevention and control of endemic diseases in Shaanxi for 60 years[M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2011.
- [9] 李继云, 陈代中, 任尚学, 等. 影响人体硒低的环境因素——陕西渭北高塬大骨节病区的调查[J]. 环境科学, 1992, 13(6):16-22.
LI Ji-yun, CHEN Dai-zhong, REN Shang-xue, et al. Environmental

- factors affecting human body's low selenium: Investigation of the Kashin-Beck Disease Area in WeiBei, Shaanxi Province[J]. *Environmental Science*, 1992, 13(6):16-22.
- [10] 白广禄. 陕西省大骨节病病区实施及停止硒盐防治措施的回顾与思考[J]. 中华地方病学杂志, 2013, 32(5):584-585.
BAI Guang-lu. Review and reflection on the implementation and stop of selenium salt control measures in the Kashin-Beck disease area of Shaanxi Province[J]. *Chinese Journal of Endemiology*, 2013, 32(5):584-585.
- [11] 王建伟, 王朝辉, 毛晖, 等. 硒锌钼对黄土高原马铃薯和小白菜产量及营养元素与硒镉含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(11):2114-2120.
WANG Jian-wei, WANG Zhao-hui, MAO Hui, et al. Effect of Se, Zn and Mo on yield and contents of nutrient elements and selenium and cadmium of potato and cabbage on the Loess Plateau[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(11):2114-2120.
- [12] 朱宏伟, 高艳琴, 刘梅. 2012—2017年陕西宝鸡市大骨节病病情监测评价[J]. 公共卫生与预防医学, 2018, 29(2):61-64.
ZHU Hong-wei, GAO Yan-qin, LIU Mei. Evaluation on Kashin-beck disease monitoring in Baoji City, Shaanxi Province (2012—2017)[J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2018, 29(2):61-64.
- [13] 于荣. 黄土高原典型缺硒区不同价态硒和施硒方式对小麦产量和硒含量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
YU Rong. Effects of different valence selenium and its applications on wheat yield and selenium content in the typical selenium deficient area of the Loess Plateau[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015.
- [14] 丁斌令. 麟游县硒盐防治大骨节病四年X线效果观察[J]. 疾病预防控通报, 1991, 6(2):17, 32.
DING Bin-ling. X-ray surveillance of Kashin-beck disease control by seleniferous salt in Linyou County for 4 years[J]. *Bulletin of Disease Control & Prevention (China)*, 1991, 6(2):17, 32.
- [15] 谭见安. 环境生命元素与克山病[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996.
TAN Jian-an. Environmental life elements and Keshan disease[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 1996.
- [16] 史信. 《中国居民膳食指南(2016)》发布[J]. 中国妇幼健康研究, 2016, 27(5):30.
SHI Xin. *Chinese Dietary Guidelines (2016)* was released[J]. *Chinese Journal of Woman and Child Health Research*, 2016, 27(5):30.
- [17] 刘小立, 袁雪丽, 卓志鹏, 等. 深圳市常住居民膳食结构与营养素摄入状况评价[J]. 营养学报, 2015, 37(1):13-17.
LIU Xiao-li, YUAN Xue-li, ZHUO Zhi-peng, et al. Assessment of dietary pattern and nutrients intake status of the residents in Shenzhen [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2015, 37(1):13-17.
- [18] 刘慧, 杨月娥, 王朝辉, 等. 中国不同麦区小麦籽粒硒的含量及调控[J]. 中国农业科学, 2016, 49(9):1715-1728.
LI Hui, YANG Yue-e, WANG Zhao-hui, et al. Selenium content of wheat grain and its regulation in different wheat production regions of China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49(9):1715-1728.
- [19] Yu D, Liang D, Lei L, et al. Selenium geochemical distribution in the environment and predicted human daily dietary intake in northeastern Qinghai, China[J]. *Environmental Science & Pollution Research*, 2015, 22(15):1-12.
- [20] 潘柳波, 黄薇, 王舟, 等. 深圳市中心城区居民膳食硒营养水平评估[J]. 职业与健康, 2013, 29(20):2603-2605.
PAN Liu-bo, HUANG Wei, WANG Zhou, et al. Evaluation on dietary selenium level among residents in Shenzhen downtown area[J]. *Occupation and Health*, 2013, 29(20):2603-2605.
- [21] Filippini T, Cilloni S, Malavolti M, et al. Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a Northern Italy community[J]. *Journal of Trace Elements in Medicine & Biology*, 2018, 50:508-517.
- [22] Sigrist M, Brusa L, Campagnoli D, et al. Determination of selenium in selected food samples from Argentina and estimation of their contribution to the Se dietary intake[J]. *Food Chemistry*, 2012, 134(4):1932-1937.
- [23] Olza J, Aranceta-Bartrina J, González-Gross M, et al. Reported dietary intake and food sources of zinc, selenium, and vitamins A, E and C in the Spanish population: Findings from the ANIBES Study[J]. *Nutrients*, 2017, 9(7):697.
- [24] 王建伟. 硒锌对典型旱地主要作物产量及矿质营养的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
WANG Jian-wei. Effects of selenium and zinc on yield and mineral nutrition of main crops on dryland[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2012.
- [25] 杨光圻. 人的硒需要量研究[J]. 中华地方病学杂志, 1989, 8(5):298-302.
YANG Guang-qi. Studies on human requirement of selenium[J]. *Chinese Journal of Endemiology*, 1989, 8(5):298-302.
- [26] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[J]. 营养学报, 2001, 23(3):193-196.
Chinese Nutrition Society. Chinese dietary reference intakes, DRIs[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2001, 23(3):193-196.
- [27] Kafai M R, Ganji V. Sex, age, geographical location, smoking, and alcohol consumption influence serum selenium concentrations in the USA: Third national health and nutrition examination survey, 1988—1994[J]. *Journal of Trace Elements in Medicine & Biology*, 2003, 17(1):13.
- [28] 谭见安. 环境硒与健康[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1989.
TAN Jian-an. Environmental selenium and health[M]. Beijing: People's Medical Press, 1989.
- [29] 王冰洁, 霍军生, 黄建, 等. 山西省出生缺陷高发地区微量营养素摄入量的总膳食研究[J]. 卫生研究, 2008, 37(6):702-706.
WANG Bing-jie, HOU Jun-sheng, HUANG Jian, et al. Total diet study on certain nutrients in Shanxi regions with a high incidence of birth defects[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2008, 37(6):702-706.
- [30] 张江萍, 刘力允, 李鹏华, 等. 贵阳市云岩区成人膳食结构与营养状况分析[J]. 贵阳医学院学报, 2013, 38(3):276-278.
ZHANG Jiang-ping, LIU Li-yun, LI Peng-hua, et al. Analysis of adult dietary structure and nutritional status in Yunyan District, Guiyang City[J]. *Journal of Guiyang Medical College*, 2013, 38(3):276-

278.

- [31] Yang H, Wang Q, Jin G, et al. Daily dietary selenium intake in a high selenium area of Enshi, China[J]. *Nutrients*, 2013, 5(3):700–710.
- [32] 陈树娣, 汤璐, 张贵伟, 等. 深圳居民膳食中硒的测定及其摄入量评估[J]. 食品工业, 2017, 38(2):298–301.
CHEN Shu-di, TANG Lu, ZHANG Gui-wei, et al. Determination of selenium and assessment of dietary selenium intake in Shenzhen residents[J]. *The Food Industry*, 2017, 38(2):298–301.
- [33] 余光辉, 温琰茂, 何树悠, 等. 广州市食物硒含量及居民硒摄入量[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11):2600–2604.
YU Guang-hui, WEN Yan-mao, HE Shu-you, et al. Food selenium content and resident daily selenium intake in Guangzhou City[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(11):2600–2604.
- [34] 余光辉, 张磊, 何树悠, 等. 广州市不同人群硒摄入量研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(6):1043–1048.
YU Guang-hui, ZHANG Lei, HE Shu-you, et al. Daily selenium intake of various resident populations in Guangzhou[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, 27(6):1043–1048.
- [35] Dumont E, Vanhaecke F, Cornelis R. Selenium speciation from food source to metabolites: A critical review[J]. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*, 2006, 385(7):1304–1323.
- [36] 许光, 刘静. 氢化物发生-原子荧光光谱法测定富硒食品中的硒[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(10):2148.
XU Guang, LIU Jing. Determination of selenium in selenium-enriched foods by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2008, 18(10):2148.
- [37] 向东山. 富硒小麦籽粒中硒分布规律的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9):52–54.
XIANG Dong-shan. Study on distribution law and combined form of selenium in selenium-enriched wheat grain[J]. *Food Science*, 2008, 29(9):52–54.
- [38] 李韬, 兰国防. 植物硒代谢机理及其以小麦为载体进行补硒的策略[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(1):173–177.
LI Tao, LAN Guo-fang. Metabolism of selenium in plants and the strategies for selenium-biofortification using wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2012, 32(1):173–177.
- [39] Rayman M P. Food-chain selenium and human health: Emphasis on intake[J]. *British Journal of Nutrition*, 2008, 100(2):238–253.
- [40] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京:北京医科大学出版社, 2005.
YANG Yue-xin. Chinese food composition[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2005.
- [41] 李继云, 任尚学, 陈代中. 陕西省环境中的硒与大骨节病关系的研究[J]. 环境科学学报, 1982, 2(2):91–101.
LI Ji-yun, REN Shang-xue, CHEN Dai-zhong. Study on the relationship between selenium and Kashin-Beck disease in the environment of Shaanxi Province[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1982, 2(2):91–101.
- [42] 谢娟平. 安康地区农副产品硒含量调查与评价[J]. 广东微量元素科学, 2013, 20(8):14–18.
XIE Juan-ping. Selenium content investigation and evaluation of agricultural product of Ankang area[J]. *Guangdong Trace Elements Science*, 2013, 20(8):14–18.
- [43] 徐发婷, 赵方红, 秦顺义, 等. 天津地区市售动物性食品中硒含量调查[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016, 2(4):46–48.
XU Fa-ting, ZHAO Fang-hong, QIN Shun-yi, et al. Investigation of selenium content in commercially available animal foodstuffs in Tianjin region[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2016, 2(4):46–48.