

白银郊区蔬菜基地土壤重金属含量及其污染评价

李兴平

(河南科技大学 林业职业学院, 河南 洛阳 471002)

摘要: 为了解白银郊区蔬菜基地土壤重金属的污染特征,对白银市郊的大坝滩、水川、四龙和百湾 4 个蔬菜基地土壤中重金属进行了调查和采样分析,样品处理采用三酸消解法和微波消解法,用原子吸收分光光度计法测定了土壤和蔬菜样品中 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 的含量,依据土壤环境质量标准 (GB15618-1995)、蔬菜基地土壤环境质量限值 (HJ333-2006) 和土壤重金属污染累积指数进行初步评价,结果表明:白银郊区大坝滩蔬菜基地土壤中重金属 Cd 污染严重,不适合发展蔬菜种植,其他 3 个蔬菜基地重金属污染程度均为安全,污染水平均为清洁,适合于发展蔬菜种植。

关键词: 蔬菜基地; 土壤; 重金属含量; 评价

中图分类号: X131 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)06-0080-04

Evaluation of Pollution Status of Vegetable Base Soil in Suburb of Baiyin City

LI Xing-ping

(The Forestry Vocational College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471002, China)

Abstract: To investigate heavy metal contamination status of vegetable base soil in suburb of Baiyin city, the experiment surveyed the soil of four vegetable bases, Dabatan, Shuichuan, Silong and Baiwan. The collected soil and vegetable samples were processed using three acid digestion and microwave digestion methods, and then the contents of Cd, Pb, Zn, Cr and Cu were tested by atomic absorption spectrophotometer. According to the soil environment baseline in HJ333-2006, national soil environmental quality standard GB15618-1995 and soil heavy metal pollution accumulation index, the pollution of heavy metal Cd was serious in Dabatan vegetable base soil, not suitable for development of vegetable growing, but the degree of heavy metal contamination in other areas was safe, and the pollution level was clean, suitable for development of vegetable growing.

Key words: vegetable base; soil; heavy metal content; evaluation

近年来,随着生活水平的不断提高,人们对绿色无公害蔬菜青睐有加,在数量和质量上对蔬菜生产都提出了更高的要求。由于蔬菜生产的效益比较高,许多菜农为了获得更高的产量往往投入过量的有机肥和化肥,加之城市规模的不断扩大及乡镇企业的蓬勃兴起和发展,垃圾、污泥等废弃物的不合理使用,使城市郊区蔬菜基地土壤受到重金属的污染,而重金属通过在蔬菜中的残留和富集进入食物链,严重影响人类健康和生命安全^[6-9]。鉴于此,对白银

郊区主要蔬菜基地——大坝滩、水川、四龙和百湾的土壤和蔬菜样品进行了采样分析,旨在全面了解白银郊区蔬菜基地土壤重金属的污染特征,以为白银蔬菜基地土壤重金属污染的诊断分析和蔬菜的健康风险评价提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

白银市位于黄河上游甘肃省中部干旱地区,地

收稿日期: 2011-12-20

作者简介: 李兴平 (1976-), 男, 甘肃白银人, 讲师, 硕士, 主要从事生态环境方面的教学与研究。

E-mail: hnlylixingping@126.com

处东经 $103^{\circ}33' \sim 105^{\circ}34'$, 北纬 $35^{\circ}33' \sim 37^{\circ}38'$, 市区总土地面积 5.01 万 hm^2 , 总耕地面积 1.07 万 hm^2 , 占甘肃总面积的 4.4%。全市农业人口 127 万, 耕地面积 30.13 万 hm^2 , 其中水浇地 15 万 hm^2 , 农民人均近 0.067 hm^2 。白银地处祖国腹地, 位于黄河上游甘肃省中部地带, 气候四季分明, 日照充足, 夏无酷暑, 冬无严寒。土壤类型主要为灰钙土, 易于耕作。区内蔬菜地灌溉用水主要来自黄河, 少部分地区有利用城市污水灌溉, 肥料主要来自于农家肥和化肥。

1.2 土壤和蔬菜样品采集

根据白银蔬菜集中生产地区划, 于 2010 年 10 月分别在白银的大坝滩、水川、四龙和百湾采集地表层土壤(0~20 cm)和蔬菜样品。每个区块随机布设采样点; 土壤采样按多点混合法(同一地点采 3~5 个样品, 就地混合为 1 个样品), 采集当地的时令蔬菜。将所采集的土壤和蔬菜样品运回实验室, 土壤经自然风干后除去砂砾、植物根系等异物, 用木棍将样品压碎, 用玛瑙研钵研磨, 过 0.15 mm 塑料筛, 保存待测。蔬菜样品用蒸馏水洗净后, 先在干燥箱中 80~90 $^{\circ}\text{C}$ 烘 15~30 min 灭杀酶, 然后在 65 $^{\circ}\text{C}$ 继续烘干 96 h, 粉碎后待测。蔬菜样品中重金属含量均以鲜质量来计算。试验所得数据采用 SPSS12.0 统

计软件包进行相关性检验, 分析白银蔬菜基地土壤和蔬菜中重金属的含量。

1.3 分析方法

土壤样品重金属 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 用 $\text{HCl}-\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 法消解^[1-2], 重金属 Cd、Pb、Zn、Cr、Cu 含量采用原子吸收分光光度计法进行测定, 蔬菜样品采用微波消解法^[2]。分别称取 0.1~0.2 g 蔬菜样品放入 50 mL 干燥且干净的塑料消解管中, 加入 2 mL 浓硝酸(优级纯), 静置过夜, 然后将消解管随机放入微波消解仪进行消解。蔬菜样品中重金属含量的检测方法与土壤重金属的相同。

1.4 评价方法

1.4.1 土壤中重金属污染评价方法 采用地质累积指数对土壤污染程度进行评价, 公式如下^[4]:

$$I_{\text{geo}} = \log_2 (Ci / 1.5Bi) \tag{1}$$

式中: I_{geo} 为土壤中元素 i 的地质累积指数; Ci 为样品中元素 i 的实测平均质量分数(mg/kg); Bi 为元素 i 的地球化学背景浓度, 通常为全球页岩元素的平均质量分数(mg/kg), 本研究采用甘肃省土壤背景值, 1.5 为常数, 是考虑到由于成岩作用可能会引起背景值的变动。地质累积指数可分为 7 个级别, I_{geo} 与重金属污染水平如表 1 所示。

表 1 地质累积指数与污染程度分级

项目	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	级 6
I_{geo}	<0	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	>5
污染程度	无污染	无污染—中度污染	中度污染	中度污染—强污染	强污染	强污染—极强污染	极强污染

1.4.2 蔬菜中重金属的健康风险评价方法 为了研究某一成年居民通过食用蔬菜而带来的健康风险, 本研究采用健康风险评价模型对白银市不同功能区蔬菜中重金属污染进行评价, 公式如下:

$$ADD = (C \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365) \tag{2}$$

$$HQ = ADD \times RfD \tag{3}$$

式中: ADD 为每日单位体质量的摄入剂量 [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$]; C 为污染物实测平均质量分数 (mg/kg); IR 为通过不同途径的摄取速率 (mg/d); ED 为暴露持续时间(a); EF 为暴露频率(d/a); BW 为评价对象的平均体质量(kg); AT 为平均暴露时间(a), 相当于平均寿命; HQ 为危害商; RfD 为日参考剂量 [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$], 参考剂量指使暴露个人可以长时间持续暴露在这个水平而不受到危害的剂量。风险评价计算所涉及的主要参数值如表 2 和表 3 所示。

表 2 个人风险计算暴露参数

项目	ED/a	$EF/(\text{d}/\text{a})$	AT/a	BW/kg	$IRs(\text{kg}/\text{a})$
参数值	30	350	70	62.7	0.276

表 3 日参考剂量 ($\text{mg} \cdot \text{kg})/\text{d}$

项目	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr
日参考剂量	0.04	0.04	0.3	0.001	1.5

当存在一种以上毒性物质时, 彼此之间的相互作用应该引起重视, 同一介质中潜在存在的有毒物质的毒性风险是叠加的。所以为了评价多种重金属对人体健康的危害, 提出了由每种重金属的 HQ 相加得到的 HI :

$$HI = \sum HQ_i; i=1, 2, 3 \cdots n \tag{4}$$

式中: HI 为危害指数, 即各种污染物危害商的总和。如果 $HI \leq 1.0$, 表明人不会受到明显的伤害; $HI > 1.0$, 表明人体健康受危害的可能性很大。当 $HI > 10.0$, 表明存在严重的慢性风险。

2 结果与分析

2.1 白银蔬菜基地土壤重金属的含量分析

白银市蔬菜基地土壤中 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 含量,如表 4 所示。由表 4 可知,白银市蔬菜基地大坝滩土壤中重金属除 Cd、Pb、Zn 分别超过蔬菜地土壤环境质量限值的 20.97 倍 2.98 倍 1.27 倍,应引起人们和政府的高度重视外,其余蔬菜基地重金属含量均低于蔬菜基地土壤环境质量限值。大坝滩蔬菜基地重金属 Cd、Pb、Zn 含量高,可能因为大坝滩靠近白银市区有色金属冶炼与加工工业基地,从而

造成了附近土壤重金属污染。此外,土壤重金属还可能来源于施用的化肥、畜禽粪便等有机肥。水川、四龙、百湾距离白银市区较远,受工业污染程度较轻,其重金属主要来源可能是化肥、各种来源的有机肥和农药的输入,虽重金属的平均含量高于甘肃土壤背景值,但并未超过蔬菜地土壤环境质量限值,适宜发展蔬菜种植。

2.2 白银蔬菜基地蔬菜重金属的含量分析

由表 5 可知,大坝滩蔬菜中 Cd 含量为 0.48 远高于限量值 0.21;其他 3 个蔬菜基地的各重金属含量均未超过食物污染物限量值。

表 4 白银郊区蔬菜基地土壤重金属含量

蔬菜基地(样品数)	统计值	mg/kg				
		Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
大坝滩(n=15)	M±SD	8.39±6.30	149.13±64.79	380.04±216.49	70.00±2.12	58.59±10.72
水川(n=15)	M±SD	0.52±0.52	34.33±6.41	109.98±11.93	73.76±2.04	36.52±7.04
四龙(n=15)	M±SD	0.46±0.36	24.21±1.77	98.6±10.13	61.7±3.93	36.06±6.43
百湾(n=15)	M±SD	0.54±0.54	27.87±2.02	97.3±14.54	75.06±5.44	36.87±6.24

表 5 白银郊区蔬菜基地蔬菜重金属含量

蔬菜基地(样品数)	统计值	mg/kg				
		Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
大坝滩(n=15)	M±SD	0.48±0.41	0.11±0.1	0.15±0.1	0.07±0.06	0.04±0.02
水川(n=15)	M±SD	0.007±0.004	0.701±0.516	0.247±0.161	0.009±0.007	0.030±0.024
四龙(n=15)	M±SD	0.043±0.035	1.173±1.010	0.137±0.082	0.007±0.006	0.152±0.097
百湾(n=15)	M±SD	0.01±0.002	0.505±0.471	0.064±0.062	0.008±0.007	0.089±0.087
食物中污染物限量		≤0.21	≤0.31	≤2.03	≤0.51	≤10.04

2.3 白银郊区蔬菜基地土壤重金属污染评价

大坝滩、百湾、四龙、水川的土壤中 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 的地质累积指数(I_{geo}),如表 6 所示。由表 6 可知,大坝滩土壤中 Cd 污染较为严重,其土壤

表 6 白银郊区蔬菜基地土壤重金属污染累积指数

蔬菜基地	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
大坝滩	11.95	1.003	1	1.001	1.001
百湾	1.056	1.015	1	1	1.003
四龙	1.25	1.035	1	1	1.005
水川	1.035	1.021	1	1	1.001

中 Cd 的 I_{geo} 值达 11.95,属于极强污染的范围,应引起相关部门的重视。土壤重金属污染评价表明,各区域受各重金属污染强度依次为大坝滩 Cd>Pb>Cr=Cu>Zn;百湾 Cd>Pb>Cu>Zn=Cr;四龙 Cd>Pb>Cu>Cr=Zn,水川 Cd>Pb>Cu>Zn=Cr。

2.4 白银郊区蔬菜中重金属健康风险评价

蔬菜中的 HQ、ADD 及 HI 见表 7。由表 7 可知,蔬菜基地蔬菜中 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 的 HQ 值都小于 1.0,HI 值顺序为:大坝滩>百湾>四龙>水川,结果表明食用该产区的蔬菜均不会受到明显的伤害。

表 7 白银郊区蔬菜基地蔬菜中各种重金属的 ADD、HQ 和 HI 值

指标	重金属	大坝滩	四龙	百湾	水川
HQ	Cd	0.863 366 1	0.012 120 3	0.077 787 2	0.018 813 7
	Pb	0.004 866 2	0.031 720 9	0.053 067 2	0.022 838 7
	Zn	0.000 925 0	0.001 490 4	0.000 827 3	0.000 384 7
	Cr	0.000 087 7	0.000 011 1	0.000 008 2	0.000 009 9
	Cu	0.001 664 3	0.001 374 8	0.006 874 2	0.004 025 0

续表 7 白银郊区蔬菜基地蔬菜中各种重金属的 ADD、HQ 和 HI 值

指标	重金属	大坝滩	四龙	百湾	水川
ADD	Cd	0.000 863 4	0.000 012 1	0.000 077 8	0.000 018 8
	Pb	0.000 194 6	0.001 268 8	0.002 122 7	0.000 913 5
	Zn	0.000 277 5	0.000 447 1	0.000 248 2	0.000 115 4
	Cr	0.000 131 6	0.000 016 6	0.000 012 3	0.000 014 8
	Cu	0.000 066 6	0.000 055 0	0.000 275 0	0.000 161 0
HI		0.870 909 3	0.046 717 6	0.138 564 2	0.046 072 0

3 结论与讨论

1) 对白银市郊区 4 个蔬菜基地土壤重金属含量及污染评价结果表明: Cd 污染最严重, 其次为 Cr、Pb、Cu、Zn。

2) 白银市蔬菜基地除大坝滩土壤中重金属 Cd、Pb、Zn 分别超过蔬菜地土壤环境质量限值的 20.97 倍 2.98 倍 1.27 倍, 应引起人们和政府的高度重视外, 其余蔬菜基地重金属含量均低于蔬菜基地土壤环境质量限值。

3) 大坝滩土壤中 Cd 污染较为严重, 其土壤中 Cd 的 I_{geo} 值达 11.95, 蔬菜中 Cd 含量为 0.48 远高于限量值 0.21, 已不适宜进行蔬菜作物生产, 建议对其修复。其他 3 个基地土壤属于尚清洁水平, 适合于发展蔬菜种植。

4) 蔬菜基地蔬菜中 Cd、Pb、Zn、Cr 和 Cu 的 HQ 值都小于 1.0, 食用该产区的蔬菜均不会受到明显的伤害。

参考文献:

[1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业

科技出版社, 2010: 474-490.

[2] 田龙. 微波消解法快速测定蔬菜中的痕量铅、镉研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 27(10): 111-112.

[3] 马成铃, 周健民, 王火焰, 等. 农田土壤重金属污染评价方法研究[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 22(1): 48-53.

[4] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一: 2009 综合报告[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 19.

[5] Usepa. Risk based concentration table[M]. Philadelphia PA: United States Environmental Protection Agency, Washington D C, 2010.

[6] 童健. 重金属对土壤的污染不容忽视[J]. 环境科学, 1989(3): 37-38.

[7] 刘苹, 杨力, 于淑芳, 等. 寿光市蔬菜大棚土壤重金属含量的环境质量评价[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 66-71.

[8] 梁称福, 陈正法, 刘明月. 蔬菜重金属污染研究进展[J]. 湖南农业科学, 2002(4): 45-48.

[9] 赵勇, 李红娟, 孙治强. 郑州农区土壤重金属污染与蔬菜质量相关性探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 126-130.