

# 陕西苹果主产区果园土壤重金属含量水平及评价

刘子龙<sup>1</sup>, 赵政阳<sup>2</sup>, 张翠花<sup>2</sup>, 梁俊<sup>2</sup>, 高华<sup>2</sup>

(1. 石河子大学化学化工学院, 新疆 石河子 832003; 2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 对陕西16个苹果主产县的47个果园的土壤重金属含量进行了检测分析。结果表明, Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、As 6种重金属均有检出, 但均未超过无公害苹果产地环境技术条件标准的含量限值; 依据绿色苹果产地土壤环境质量标准, 除1个采样点土壤的As元素单因子污染指数为1.03外, 其余各采样点土壤中各项重金属元素的单因子污染指数均小于1, 47个土样的加权综合指数值小于0.56, 均属于清洁级。As是今后苹果园土壤重金属监测和控制的重点。

**关键词:** 果园土壤; 重金属污染; 陕西

**中图分类号:** S661.1; S153.6<sup>+</sup>1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0021-05

随着经济的发展和人们生活水平的提高, 人们对食品质量的要求不断提高, 无公害食品以及绿色食品越来越为人们所青睐<sup>[1]</sup>。苹果作为大众果品, 其果品质量安全已成为保证生产持续发展的关键, 也是消费者关心的焦点。土壤环境质量的优劣是果品安全生产的基础和保障<sup>[2~6]</sup>, 其中果园土壤重金属元素是苹果产地环境检测的一项重要指标, 美国已将重金属元素监测纳入果园的营养管理<sup>[7]</sup>, 山东省对当地苹果主产区部分果园的土壤进行过检测, 发现铅、镉、汞等重金属有超标现象<sup>[8,9]</sup>, 张林森等<sup>[10]</sup>对陕西部分苹果基地县的果园土壤重金属含量做过调查。本文对陕西苹果主产区果园土壤的重金属元素进行了监测分析与评价, 为陕西苹果安全生产和产地环境质量的改善提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 陕西苹果主产区概况

陕西苹果主产区是指国家划定的陕西苹果优势产区, 包括陕西渭北黄土高原的27个苹果基地县。该区年平均气温7~12.8℃, 年日照时数2300~

2500 h, 昼夜温差大, 年降水量560~700 mm, 海拔高度800~1200 m<sup>[11]</sup>, 土壤母质以黄土为主, 黄土层达数十米, 果园土壤类型主要为黄绵土, 部分为黑垆土和塬土。除少数果园外, 大部分果园无灌溉条件。

### 1.2 样品采集与处理

在陕西省27个优质苹果基地县中, 考虑地貌特征及行政区划, 选择有代表性的16个基地县。在每个县选择能代表该县整体管理水平和生产状况的10 a生左右富士果园, 采集土壤样品。根据产地的地形地貌, 生产情况, 以能控制整个产地检测区域为目标, 一个果园为一个采样单元。据所选果园形状和面积大小, 以对角线或S形取8~20个点的混合土样, 四分法留1 kg, 取样深度0~40 cm。共计47个果园土壤样品。

在室内通风处将土样风干, 拣去碎石和植物残留体, 用玛瑙研钵研磨, 分别过2 mm、1 mm、0.15 mm尼龙筛, 对角线留200 g土样待测。

### 1.3 测定项目与方法

土样测定项目与方法见表1。

表1 土壤环境质量分析项目和方法

Table 1 Analytical items and methods of soil environmental quality

项目 Items	分析方法 Analytical method	标准号 Number of standard
Pb, Cd	石墨炉原子吸收分光光度法 Flameless - AAS	GB/T 17141-1997 <sup>[12]</sup>
As, Hg	原子荧光法 AFS	GB/T 17135-1997, GB/T 17136-1997 <sup>[13]</sup>
Cu, Cr	火焰原子吸收法 AAS	GB/T 17138-1997, GB/T 17137-1997 <sup>[12]</sup>
pH	玻璃电极法测定 Glass electrode pH	-
CEC	乙酸钠-火焰光度法 NaAc-AAS	-

收稿日期: 2008-10-21

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA516A10); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAK02A24)

作者简介: 刘子龙(1979-)男, 河南舞阳人, 讲师, 从事环境监测方面的研究。E-mail: lizilong1999@163.com

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤重金属含量的现状分析

土壤中的重金属含量测定结果见表 2。在监测的 47 个果园中,土壤的 pH 值 7.9~8.5,阳离子交换量均大于 20 cmol,所以选择 pH>7.5 的一组评

价标准值,其数值也不用减半。结果表明,Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、As 6 种重金属都有检出,但都未超过无公害苹果产地环境技术条件土壤重金属含量限值,除淳化有 1 个采样点土壤中的 As 含量超过绿色苹果产地环境技术条件限值外,其它采样点土壤中各项重金属含量都未超过标准。

表 2 陕西苹果主产区果园土壤重金属检测结果

Table 2 Determined results of soil heavy metals of orchards in the major apple production area of Shaanxi

采样地点 Spot of collected samples	样品数 Number	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)
宝塔 Baota	2	0.129~0.162	52.41~53.76	18.26~19.74	25.36~25.52	0.012~0.018	11.83~12.40
富县 Fuxian	2	0.069~0.117	62.71~64.70	22.87~23.40	25.00~26.46	0.023~0.093	14.56~14.99
宜川 Yichuan	2	0.175~0.128	55.86~56.99	19.73~21.46	24.92~25.59	0.019~0.037	12.43~12.80
洛川 Luochuan	8	0.057~0.140	56.28~64.06	20.05~26.18	26.27~28.73	0.027~0.175	13.30~17.01
礼泉 Liquan	3	0.067~0.137	56.72~70.24	23.36~26.37	28.09~30.67	0.029~0.095	14.60~17.02
淳化 Chunhua	2	0.069~0.208	59.26~67.09	23.22~28.44	28.53~28.99	0.025~0.048	16.68~20.61
旬邑 Xunyi	4	0.058~0.219	54.86~68.75	22.57~42.08	27.31~28.97	0.025~0.033	14.94~17.66
永寿 Yongshou	2	0.064~0.071	58.91~68.98	22.70~26.12	29.93~29.97	0.022~0.046	15.53~16.67
白水 Baishui	6	0.067~0.190	56.39~60.77	21.18~25.84	27.38~29.43	0.026~0.061	14.28~17.20
澄县 Chengxian	4	0.082~0.232	56.29~63.72	22.56~34.99	27.14~28.68	0.033~0.056	14.93~17.73
合阳 Heyang	1	0.073	61.74	24.24	27.93	0.056	17.41
凤翔 Fengxiang	2	0.082~0.122	63.83~68.04	26.34~27.26	29.61~30.56	0.131~0.151	17.14~17.24
扶风 Fufeng	2	0.080~0.135	61.43~63.39	24.29~28.98	28.38~30.16	0.125~0.160	16.16~17.03
耀州 Yaozhou	1	0.082	65.60	47.68	30.04	0.055	16.80
印台 Yintai	1	0.106	72.25	26.94	29.55	0.034	16.92
富平 Fuping	5	0.013~0.237	56.94~67.82	22.89~26.34	28.80~32.01	0.038~0.082	13.71~16.92
平均值 Average value		0.121	61.48	24.801	28.27	0.055	15.70
标准差 S		0.0027	20.16	26.53	3.15	0.0016	3.00
变异系数(%) CV		2.22	32.79	106.95	11.14	2.91	19.11
变幅 Varied scope		0.013~0.237	52.41~72.25	18.26~47.68	24.92~32.01	0.012~0.175	11.83~20.61
无公害果园土壤标准 The soil standard of no-harmful orchard (pH>7.5) <sup>[14]</sup>		0.60	250	200	350	1.00	25
绿色食品土壤标准 The soil standard of green food producing (pH>7.5) <sup>[14]</sup>		0.40	120	60	50	0.35	20
超标点数 Number of super-standard		0	0	0	0	0	1

从平均值看,元素 Cr、Pb 含量较高,其余依次为 Cu、As、Cd、Hg。不同果园土壤中,重金属的含量存在一定差异,重金属元素 Cd、Hg、Cu、As、Cr 和 Pb 含量的变幅分别为 0.013~0.237、0.012~0.175、18.26~47.68、11.83~20.61、52.41~72.25 mg/kg 和 24.92~32.01 mg/kg,其中 Cr、Cu 含量差

异较大,变异系数分别为 32.79%、106.95%,其余元素含量变异不大,变异系数均小于 20%。这些果园土壤重金属含量的差异,可能是由于不同果园采取的农艺措施不同,施入的化肥农药种类不同,量也不等,土壤成土过程也有差异。例如,土壤类型相同的情况下,在富平县监测的 2 个果园,土壤中 Cd 含量

差异很大(0.013~0.237 mg/kg);在旬邑的 4 个果园,土壤中 Cu 含量差异也很大(22.57~42.08 mg/kg)。

### 2.2 土壤重金属含量水平评价

2.2.1 评价模式 采用单因子指数法和加权综合指数法对陕西苹果主产区土壤重金属含量进行分析评价,计算公式为:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中: $P_i$  为重金属  $i$  的单因子指数; $C_i$  为重金属  $i$  的实测浓度(mg/kg); $S_i$  为重金属  $i$  的土壤评价标准(mg/kg)。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i W_i \quad (2)$$

式中: $P$  为某采样点的加权综合指数; $P_i$  为重金属  $i$  的单因子指数; $W_i$  为重金属  $i$  的权重系数; $n$  为参评参数(被测元素)的个数。

2.2.2 土壤重金属含量水平评价结果 评价参数为土壤环境质量 6 项衡量指标 Hg、Cd、Cr、Cu、As、Pb,评价标准为绿色食品产地环境技术条件土壤质量标准。土壤重金属的综合指数采用加权综合指数法计算而来,加权系数  $W_i$  用对比因子综合法计算<sup>[15~18]</sup>,见表 3。

表 3 加权综合指数中的权重( $W_i$ )计算表

Table 3 Calculation table of weighing value of comprehensive index

对比因子 Comparison factor							
重金属 Heavy metal	$P_i$ 最高值 Mix	序列(1) Alignment	超标点数 Number of super-standard	序列(2) Alignment	重金属对健康影响顺序(3) Alignment of influences of heavy metals on people	序列综合值 (1)+(2)+(3) comprehensive value of alignment	权重系数 $W_i$ Weight
Cu	0.70	5	0	0	1	6	0.167
Cr	0.60	3	0	0	2	5	0.139
Cd	0.59	2	0	0	3	5	0.139
Hg	0.50	1	0	0	3	4	0.111
Pb	0.64	4	0	0	3	7	0.194
As	1.03	6	1	1	2	9	0.250
共计 Total						36	1.000

根据果园土壤中重金属元素的含量和绿色食品产地环境技术条件土壤质量标准得出采样点土壤中重金属元素的单因子指数和加权综合指数,并结合绿色苹果土壤重金属质量分级标准,划分果园土壤重金属元素含量的级别,见表 4。所采集的 47 个土壤样品,除淳化 1 个采样点土壤中的 As 元素单因子污染指数为 1.03 外,其余各采样点土壤中的各项重金属元素的单因子污染指数均小于 1。各采样点土壤中 As 的单项污染指数相对较高,平均值为 0.79,应该是今后监测和控制的重点;Cr 的单项污染指数的平均值为 0.51,Pb 为 0.57,其余的重金属单项污染指数小于 0.5,符合绿色苹果土壤环境质量的的标准;47 个土样的加权综合指数值都小于 0.56,平均值为 0.47,均属于清洁级。

### 3 讨论

在监测的 47 个果园土壤样品中, Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、As 6 种重金属均有检出,但均未超过无公害苹果产地环境技术条件土壤重金属含量限值。这与陕西苹果主产区境内,工业不发达,污染相对较轻有

关。依据绿色苹果产地土壤环境质量标准,各采样点土壤中 As 的单项污染指数较高,可能与施用含 As 的农药和化肥有关,有些苹果生产县至今仍在施用福美肿农药,As 元素应是今后检测和控制的重点;Cr、Pb 的单项污染指数居中,存在潜在的污染风险,为了减少其在土壤中积累量的增加,也应加大监控力度;Cd、Cu、Hg 单项污染指数小于 0.5,目前比较安全,尚不会对绿色苹果土壤环境质量构成威胁。表明目前陕西苹果主产区果园土壤重金属含量符合无公害苹果产地土壤环境质量监测标准,大部分果园土壤重金属含量符合绿色苹果产地土壤环境质量标准,个别果园需要减少土壤重金属的累积量。

为了果园用地的土壤安全,确保长期生产安全优质的果品,今后还要继续严禁工业三废排入果园,严禁施用重金属超标的农药和化肥,减少果园土壤重金属污染。砷(As)是今后监测和控制的重点有害元素。目前许多果园通过在树下种草来提高土壤有机质的含量,改善果园的生态效应<sup>[19,20]</sup>,得到了良好的效果,可在这个基础上在果园种植砷的超累积植物蜈蚣草,利用这种植物超量吸收和累积砷

元素的特性,来降低果园土壤砷的含量,这种植物已在工程中取得较好的实际应用价值<sup>[21]</sup>。

表 4 苹果园土壤单项、综合污染指数及分级结果

Table 4 Single and comprehensive pollution index of soil in orchard and results of grade

采样地点 Location	样数 Number	$P_i$						$P$ (Comprehensive Polluted index)	分级 Grade
		Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	As		
宝塔 Baota	2	0.32~0.41	0.44~0.45	0.30~0.33	0.51~0.51	0.034~0.051	0.59~0.62	0.38~0.39	清洁级 Clean ness
富县 Fuxian	2	0.17~0.29	0.52~0.54	0.38~0.39	0.50~0.53	0.066~0.27	0.73~0.75	0.43~0.45	清洁级 Clean ness
宜川 Yichuan	2	0.44~0.55	0.47~0.47	0.33~0.36	0.50~0.51	0.054~0.11	0.62~0.64	0.42~0.43	清洁级 Clean ness
洛川 Luochuan	8	0.14~0.35	0.47~0.53	0.33~0.44	0.53~0.57	0.077~0.50	0.67~0.85	0.41~0.49	清洁级 Clean ness
礼泉 Liquan	3	0.17~0.34	0.47~0.59	0.39~0.44	0.56~0.61	0.083~0.27	0.73~0.85	0.41~0.49	清洁级 Clean ness
淳化 Chunhua	2	0.17~0.52	0.49~0.56	0.39~0.47	0.57~0.58	0.071~0.14	0.83~1.03	0.51~0.51	清洁级 Clean ness
旬邑 Xunyi	4	0.15~0.55	0.46~0.57	0.38~0.70	0.55~0.58	0.071~0.094	0.75~0.88	0.46~0.50	清洁级 Clean ness
永寿 Yongshou	2	0.16~0.18	0.49~0.57	0.38~0.44	0.60~0.60	0.063~0.13	0.78~0.83	0.42~0.47	清洁级 Clean ness
白水 Baishui	6	0.17~0.48	0.47~0.51	0.35~0.43	0.55~0.59	0.074~0.17	0.71~0.86	0.42~0.48	清洁级 Clean ness
澄县 Chengxian	4	0.21~0.58	0.47~0.53	0.38~0.58	0.54~0.57	0.094~0.16	0.75~0.89	0.42~0.56	清洁级 Clean ness
合阳 Heyang	1	0.18	0.51	0.40	0.56	0.16	0.87	0.47	清洁级 Clean ness
凤翔 Fengxiang	2	0.21~0.31	0.53~0.57	0.44~0.45	0.59~0.61	0.37~0.43	0.86~0.86	0.54~0.54	清洁级 Clean ness
扶风 Fufeng	2	0.20~0.34	0.51~0.53	0.40~0.48	0.57~0.60	0.36~0.46	0.81~0.85	0.51~0.55	清洁级 Clean ness
印台 Yintai	1	0.27	0.6	0.45	0.59	0.16	0.85	0.52	清洁级 Clean ness
耀洲 Ya Zhou	1	0.21	0.55	0.79	0.60	0.097	0.94	0.52	清洁级 Clean ness
富平 Fuping	5	0.18~0.59	0.47~0.57	0.37~0.44	0.58~0.64	0.11~0.23	0.69~0.85	0.45~0.51	清洁级 Clean ness
平均值 Average value		0.30	0.51	0.41	0.57	0.16	0.79	0.47	清洁级 Clean ness

## 参考文献:

- [1] 刘连馥. 绿色食品导论[M]. 北京: 企业管理出版社, 1998.
- [2] 冯明祥, 王佩圣, 王继青, 等. 青岛郊区果园土壤重金属和农药污染研究[J]. 中国果树, 2002, 1(1): 24-26.
- [3] 魏秀国, 何江华, 陈俊坚, 等. 广州市蔬菜地土壤重金属污染调查及评价[J]. 土壤与环境, 2002, 11(3): 252-254.
- [4] 程红艳, 谢英荷, 冯两蕊, 等. 晋中市主要果品生产基地土壤环境质量评价分级[J]. 山西农业大学学报, 2004, 24(2): 139-142.
- [5] 伊 君. 基于 GIS 绿色食品基地土壤环境质量评价方法研究[J]. 农业环境保护, 2001, 20(6): 446-448, 456.
- [6] 林玉锁, 张孝飞, 窦文倩, 等. 徐州地区主要农产品生产基地土壤环境质量评价[J]. 农村生态环境, 2003, 19(1): 60-63.
- [7] Peryea F J. Heavy metal contamination in deciduous tree fruit orchards: implications for mineral nutrient management[J]. Acta Hort, 2001, 564: 31-39.
- [8] 冯建国, 陶 训, 于 毅, 等. 苹果园的污染和病虫无公害防治技术研究[J]. 中国果树, 2002, (1): 24-26.
- [9] 冯明祥, 王佩圣, 王继青, 等. 青岛郊区果园土壤重金属和农药污染研究[J]. 中国果树, 2002, (1): 24-26.
- [10] 张林森, 梁 俊, 武春林, 等. 陕西苹果园土壤重金属含量水平及其评价[J]. 果树学报, 2004, 21(2): 103-105.
- [11] 汪景彦. 苹果无公害生产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [12] 刘凤枝. 农业环境监测实用手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 农业部环境保护科研监测所. 农业部国家行业标准: 中国, NY5013-2001[P]. 2001-09-03.
- [15] 马倩如. 环境质量评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [16] 施开良. 环境化学与人类健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [17] 夏 敏. 必需微量元素的生理功能[J]. 微量元素与健康, 2003, 20(3): 41-44.
- [18] 陈有旭, 汤化琴. 试论环境、微量元素与人体健康的关系[J]. 天津大学学报, 1994, 14(1): 63.
- [19] Haynes R J, Goh K M. Seasonal levels of available nutrients under grass-down cultivated and zero-tilled orchard soil management practices Aust[J]. J Soil Res. 1980(c), 18: 363-372.
- [20] Hongu E L, Neilsen G H. Orchard floor vegetation management[J]. Hort Rev, 1987, (9): 377-430.
- [21] 陈同斌, 韦朝阳, 黄泽春, 等. 砷超累计植物蜈蚣草及其对砷的富集特征[J]. 科学通报, 2002, 47(3): 207-210.

## Evaluation of heavy metal contents of apple orchard soil in the major apple production area of Shaanxi

LIU Zi-long<sup>1</sup>, ZHAO Zheng-yang<sup>2</sup>, ZHANG Cui-hua<sup>2</sup>, LIANG Jun<sup>2</sup>, GAO Hua<sup>2</sup>

(1. College of Chemical Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China;

2. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The contents of soil heavy metals of apple orchards were monitored and analyzed on 47 soil samples in apple orchards of 16 counties of Shaanxi. The result of test showed that the detection rates of Cd, Cr, Cu, Pb, Hg and As were 100%, but the amounts were all below the permitted level of no-harmful apple producing environmental standard; according to the permitted level of green apple producing environmental standard, the values of the single-item pollution index of the soil heavy metals were all smaller than 1 except one soil sample As, whose index was 1.03. For 47 soil samples, the values of comprehensive index were all smaller than 0.56, belonging to clean grade. As is the focal point to be monitored and controlled from now on.

**Key words:** apple orchard soil; heavy metal pollution; Shaanxi

(上接第 15 页)

## Research on nitrification—denitrification and respiration under mulch drip irrigation in desert oasis

BU Dong-sheng<sup>1,2</sup>, ZHENG De-ming<sup>1\*</sup>, JIANG Yi-juan<sup>1</sup>, ZHANG Cui-li<sup>1</sup>

(1. College of Plant Science and Technology, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;

2. Institute of Agricultural Sciences, the First Agricultural Division, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** As a new technique, BaPS (Barometric Process Separation) system was introduced to measure gross nitrification—denitrification rate and soil respiration rate of two different fertilization treatments of mulching plastic-film and bare land, and the goal was to discuss soil nitrification—denitrification and the respiration rule under mulch drip irrigation. The results show that: Soil nitrification—denitrification rate and respiration rate of the two different fertilization treatments have obvious seasonal variation. The difference of soil nitrification—denitrification rate and respiration rate of mulching plastic-film and bare land is significant. With the same cultivation measures, the difference of soil nitrification—denitrification rate and respiration rate between the two fertilization treatments was extremely significant. The decrease order of soil nitrification—denitrification rate and respiration rate of different cultivation measures and fertilization treatments are arranged as: mulching plastic-film > bare land; Conventional fertilization > No—fertilization. So, the agricultural cultivation measure and different fertilization level have certain influence on the soil nitrification—denitrification and respiration.

**Key words:** BaPS technique; nitrification rate; denitrification rate; respiration rate; plastic-film mulching