

# 重金属在桃树体上的分布情况

王宝刚<sup>1,2</sup>, 冯晓元<sup>1</sup>, 李文生<sup>1</sup>, 石磊<sup>1</sup>, 杨媛<sup>1</sup>, 王纪华<sup>2</sup>

(1. 北京市农林科学院 林业果树研究所 北京 100093; 2. 北京农产品质量检测与农田环境监测技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:**以 5 个桃树品种为试材, 研究了重金属铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)和铜(Cu)在桃树体不同部位上的分布水平及状态。结果表明: Pb 分布为果实<树干韧皮部<结果枝韧皮部<叶片; Cd 为果实<叶片<树干韧皮部<结果枝韧皮部; Cr 和 Cu 分布为果实<结果枝韧皮部<树干韧皮部<叶片。果园土壤中 Pb、Cd、Cr 及 Cu 的含量水平分别为 18.637、0.408、62.595、15.728 mg/kg。相对土壤中金属元素的含量, 果实中各元素的平均累积比率(果实/土壤)大小依次为: Cr<Pb<Cd<Cu。

**关键词:** 重金属; 桃树; 分布水平

**中图分类号:** S 662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)06-0012-03

随着人们生活水平的提高和保健意识的增强, 无公害果品、绿色果品、有机果品等安全果品越来越受到消费者的青睐。对果品重金属的残留检测和监测也愈来愈受到重视。在国家标准(GB 2762 和 GB 18406)和众多行业标准(NY 5112、NY 5011 及 NY/T 844 等)中, 铅、镉、铬以及铜等重金属元素含量是反映果品安全的重要指标, 长期食用重金属超标的果品对人体有害, 甚至会引起严重的疾病。人类对环境中重金属元素的暴露主要来自土壤—作物—食物的迁移<sup>[1]</sup>。目前有关果树重金属污染的研究, 主要集中在探讨镉在果树中的吸收、累积和分布特性等<sup>[5, 9-10]</sup>, 对其它重金属元素的分布研究较少。该试验研究了主要重金属铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)以及铜(Cu)在桃树体上的分布情况, 以期初步了解果实中重金属的来源, 并为桃果的安全生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

大桃: 晚蜜、八月脆以及 21 世纪; 蟠桃: 瑞蟠 4 号; 油桃: 瑞光 16 号。在各品种果实成熟期分别收集桃果实、叶片、结果枝韧皮部、树干韧皮部以及树体下部土壤样品。所有试验材料均来自北京市平谷区大桃种植基地, 于 2008~2009 年进行。

**第一作者简介:** 王宝刚(1979-), 男, 山西汾阳人, 博士, 研究方向为果品贮藏保鲜及质量检测。E-mail: wangbg1979@126.com。

**通讯作者:** 冯晓元(1965-), 女, 辽宁铁岭人, 博士, 研究员, 研究方向为果品贮藏保鲜及质量检测。E-mail: xyfeng@yahoo.cn。

**基金项目:** 北京市科委资助项目(Z080005032508024); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项资金资助项目。

**收稿日期:** 2011-01-12

### 1.2 主要仪器与试剂

原子吸收分光光度计(美国瓦里安): 火焰(AA 240FS), 石墨炉(AA 240Z); 双道原子荧光仪(AFS-820 北京吉天); 冷却循环水(北京 Lab-tech 公司); 空压机(RC-8050, 北京瑞昌分析); 微波消解仪(CEM MARS5, 美国)。试剂: 浓 HNO<sub>3</sub> 和浓 HF 为进口优级纯。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 样品采集** 每个品种的果树随机选择 6 株。分别从 6 株树上按照部位高低、不同走向随机收集果实; 分别从 6 株树的结果枝上收集叶片; 按照结果枝和树体主干分别收集韧皮部; 在每株树下按照对角线方向, 直径约 2 m, 定位 2 点进行收集深度 50 cm 土壤, 并用 GPS 定位。

**1.3.2 样品制备** 取样: 水果取样采用四分法, 匀浆后, 冷冻备用。叶片和韧皮部样品经 110℃高温杀青后于 70℃恒温干燥 48 h, 然后粉碎过 100 目筛备用。土壤样品经自然风干后, 碾碎, 过 100 目筛备用。消解: 采用微波消解。称取制样(水果 2.0 g, 叶片 0.5 g), 加入 6 mL 浓 HNO<sub>3</sub>; 称取土壤样品 0.5 g, 加入 5 mL 浓 HNO<sub>3</sub> 以及 1 mL HF。采用微波消解仪进行消解。微波消解条件为 120℃, 升温速度 20℃/min, 升温时间 5 min, 保持 1 min; 170℃, 升温速度为 10℃/min, 升温时间为 5 min, 保持 8 min。赶酸: 样品经微波消解以后, 于 90℃水浴赶酸 1.5 h。然后, 将消解液转移至 25 mL 容量瓶, 用超纯水反复冲洗, 并定容。同时以超纯水按相同操作作为试剂空白溶液。每个样品做 3 个平行上机检测。

**1.3.3 样品检测** 水果中铅、镉和铬采用石墨炉原子吸收光谱法。铜采用火焰原子吸收光谱法。所有检测方法均参照《食品卫生理化检验方法》, GB/T 5009-2003 方法进行, 并作部分修改。

1.3.4 仪器条件 原子吸收分光光度计(石墨炉):载气 氩气;原子吸收分光光度计(火焰):燃气 空气-乙炔;各元素检测条件见表 1。

表 1 重元素检测基本参数

Table 1 Parameters of heavy metals analysis

序号 NO.	仪器条件 Instrument parameters	检测元素 Elements			
		Pb	Cd	Cr	Cu
1	波长 Wavelength/nm	283.3	228.8	357.9	324.7
2	狭缝 Slit width/nm	0.5	0.5	0.2	0.5
3	灯电流 Lamp current/ mA	7	4	7	4
4	干燥温度 Dry temperature/℃	85-95-120	85-95-120	85-95-120	—
5	灰化温度 Ash temperature/℃	450	300	1000	—
6	原子化温度 Atomization temperature/℃	2100	1800	2600	—

1.4 数据处理

数据采用 Microsoft Excel 2003 进行统计分析。

表 2 Pb 在桃树体上不同部位的分布水平

Table 2

Distribution levels of lead in peach trees

品种 Cultivars	果实 Fruit	树干韧皮部 Phloem of trunk	结果枝韧皮部 Phloem of branch	叶片 Leaf	土壤 Soil
八月脆 Bayueui	0.054±0.002	0.303±0.003	0.458±0.027	1.397±0.012	17.629±0.868
晚蜜 Wanmi	0.087±0.003	0.505±0.047	0.629±0.060	1.683±0.084	19.271±1.049
21 世纪 21 Century	0.095±0.002	0.443±0.019	0.586±0.042	1.444±0.018	19.122±0.451
瑞蟠 4 号 Rupan 4	0.083±0.005	0.371±0.020	0.489±0.041	1.432±0.023	18.425±0.737
瑞光 16 Ruiguang 16	0.048±0.002	0.353±0.017	0.437±0.033	1.760±0.069	18.737±1.105
均值 Mean value	0.073±0.021	0.395±0.079	0.493±0.066	1.543±0.166	18.637±0.653

注 所有数值均保留到小数点后 3 位,数值表示为  $\bar{X}\pm SD$ ,下同

Note: All values are retained after the decimal point three, value is expressed as  $\bar{X}\pm SD$ . The same below.

2.2 Cd 在桃树体上的分布

Cd 在桃树体上的分布状态与 Pb 的分布状态不同。由表 3 可知, Cd 的分布水平由低到高依次为:果实、叶片、树干韧皮部、结果枝韧皮部。土壤中 Cd 的水平仍然高于树体上任何部位,是韧皮部的 5~6 倍、叶片的 9.7 倍、果实的 68 倍。叶片中 Cd 的累积水平低于韧皮部组

2 结果与分析

2.1 Pb 在桃树体上的分布

一般认为,桃树体各部分的重金属主要来自土壤由表 2 可知,按照 5 个品种桃树体检测均值计算,土壤中重金属的含量要远高于树体其它部位。如土壤中 Pb 含量是叶片中的 12 倍,韧皮部组织的 40 倍左右,果实的 255 倍。在 Cd、Cr 和 Cu 上也得到了类似的结果。果实树体上的 Pb 主要可能来自于对土壤中 Pb 的吸收,其吸收能力的不同,也可能最终导致了果实上 Pb 的累积量不同。深入的研究需要对树体根对重金属的吸收能力不同展开。尽管果实品种不同,但是 Pb 在不同树体上的分布状态水平基本一致。Pb 在八月脆、晚蜜、21 世纪、瑞蟠 4 号、瑞光 16 号树体上的分布状态由低到高依次为:果实、树干韧皮部、结果枝韧皮部、叶片。叶片中 Pb 含量是水果中的 21 倍。由于叶片是树体光合作用的场所,提供了果实发育所需的能量,所以重金属可能是经桃树根部吸收后,通过韧皮部贮存于叶片中。果实中 Pb 的平均累积比率(果实/土壤)约为 0.39%。

织,但仍达到果实含量的 7 倍之多。草莓果实上的研究也显示,Cd 的分布水平高低为茎>叶>果<sup>[9]</sup>。此外在苹果、桃以及龙眼果树的研究中也显示了类似的分布规律<sup>[5,8,10]</sup>。果实中 Cd 的平均累积比率(果实/土壤)约为 1.47%。尽管 Cd 在果实中的绝对含量低于 Pb,但其累积能力却高于 Pb。

表 3 Cd 在桃树体上不同部位的分布水平

Table 3

Distribution levels of cadmium in peach trees

品种 Cultivars	果实 Fruit	树干韧皮部 Phloem of trunk	结果枝韧皮部 Phloem of branch	叶片 Leaf	土壤 Soil
八月脆 Bayueui	0.004±0.0001	0.075±0.001	0.085±0.005	0.046±0.000	0.394±0.029
晚蜜 Wanmi	0.006±0.0002	0.080±0.007	0.090±0.001	0.065±0.004	0.375±0.033
21 世纪 21 Century	0.012±0.0004	0.064±0.002	0.092±0.009	0.059±0.002	0.502±0.009
瑞蟠 4 号 Rupan 4	0.006±0.0001	0.046±0.005	0.071±0.003	0.017±0.001	0.319±0.001
瑞光 16 Ruiguang 16	0.003±0.0001	0.051±0.005	0.077±0.002	0.022±0.000	0.450±0.028
均值 Mean value	0.006±0.003	0.063±0.015	0.083±0.009	0.042±0.022	0.408±0.070

2.3 Cr 在桃树体上的分布

与 Pb 和 Cd 相比, Cr 在桃树体上又呈现了不同的分布水平。由表 4 可知, Cr 的分布水平由低到高依次为:果实、结果枝韧皮部、树干韧皮部、叶片。不同果实中 Cr 含量差异较大, Cr 在八月脆中的含量约为 21 世

纪、瑞蟠、晚蜜中的 4~6 倍。Cr 在土壤中含量比较高,达到 62.595 mg/kg,约是叶片的 34 倍、韧皮部的 45~54 倍、果实的 6 000 多倍。果实中 Cr 的平均累积比率(果实/土壤)约为 0.02%。

Cr 在桃树体上不同部位的分布水平					
品种	果实	树干韧皮部	结果枝韧皮部	叶片	土壤
Cultivars	Fruit	Phloem of trunk	Phloem of branch	Leaf	Soil
八月脆 Bayueui	0.024±0.0004	0.982±0.077	1.062±0.022	1.279±0.045	62.324±0.623
晚蜜 Wanmi	0.007±0.0001	1.565±0.104	2.139±0.137	1.869±0.025	65.075±2.842
21 世纪 21 Century	0.006±0.0002	1.507±0.112	2.296±0.176	2.689±0.281	58.138±1.979
瑞蟠 4 号 Ruipan 4	0.004±0.0001	1.112±0.062	1.134±0.029	2.088±0.204	61.395±0.143
瑞光 16 Ruiguang 16	0.010±0.0004	1.238±0.059	1.302±0.037	1.346±0.065	66.045±1.474
均值 Mean value	0.010±0.008	1.281±0.251	1.587±0.585	1.854±0.579	62.595±3.140

2.4 Cu 在桃树体上的分布

Cu 和 Cr 在桃树体上的分布状态一致。由表 5 可知 Cu 的分布水平由低到高依次为: 果实、结果枝韧皮部、树干韧皮部、叶片。Cu 在果实和韧皮部中的水平相差不大。Cu 在土壤中的累积水平和铅差不多。土壤中 Cu 的含量是果实中的 12 倍。综合分析, 土壤中 Pb、Cd、Cr 及 Cu 的含量水平基本与霍霄妮等<sup>[6]</sup>对北京市农业土

壤重金属状态的评价结果一致。果实中 Cu 的平均累积比率(果实/土壤)约为 8.34%。相对土壤中金属元素的含量, 果实中各元素的平均累积比率(果实/土壤)大小依次为: Cr< Pb< Cd< Cu, 表明 Cu 元素更容易在果实中累积, 其次为 Cd。张连忠等<sup>[10]</sup>年研究发现, Cu 在苹果树上累积能力大于 Cd。

Cu 在桃树体上不同部位的分布水平					
品种	果实	树干韧皮部	结果枝韧皮部	叶片	土壤
Cultivar	Fruit	Phloem of trunk	Phloem of branch	Leaf	Soil
八月脆 Bayueui	1.160±0.008	2.475±0.035	2.750±0.071	6.947±0.102	18.177±0.675
晚蜜 Wanmi	2.038±0.052	2.841±0.129	3.025±0.106	7.454±0.269	15.383±0.721
21 世纪 21 Century	1.305±0.042	2.100±0.071	3.262±0.125	7.935±0.148	11.152±0.312
瑞蟠 4 号 Ruipan 4	1.174±0.039	1.584±0.048	2.118±0.103	5.672±0.049	19.562±0.196
瑞光 16 Ruiguang 16	0.879±0.031	1.909±0.053	2.572±0.141	7.548±0.068	14.367±0.329
均值 Mean value	1.311±0.435	2.182±0.490	2.745±0.438	7.111±0.878	15.728±3.302

3 结论

Pb 在桃树体上的分布规律为: 果实< 树干韧皮部< 结果枝韧皮部< 叶片; Cd 为: 果实< 叶片< 树干韧皮部< 结果枝韧皮部; Cr 和 Cu 分布为: 果实< 结果枝韧皮部< 树干韧皮部< 叶片。果园土壤中 Pb、Cd、Cr 及 Cu 的含量水平分别为 18.637、0.408、62.595、15.728 mg/kg。相对土壤中金属元素的含量, 果实中各元素的平均累积比率(果实/土壤)大小依次为: Cr< Pb< Cd< Cu, Cu 最容易在果实中累积, 其次为 Cd。

参考文献

[1] GB/T 5009.12-2003. 食品中铅的测定[S]. 北京: 中国标准出版社 2004; 89-91.  
[2] GB/T 5009.123-2003. 食品中铬的测定[S]. 北京: 中国标准出版社 2004; 109-114.

[3] GB/T 5009.13-2003. 食品中铜的测定[S]. 北京: 中国标准出版社 2004; 99-104.  
[4] GB/T 5009.15-2003. 食品中镉的测定[S]. 北京: 中国标准出版社 2004; 113-116.  
[5] 关伟 王有年 邢彦峰, 等. 基质镉含量对桃树镉分布和几项生化指标的影响[J]. 北京农学院学报 2007, 22(4): 1-4.  
[6] 霍霄妮, 李红, 孙丹峰, 等. 北京市农业土壤重金属状态评价[J]. 农业环境科学学报 2009 28(1): 66-71.  
[7] 潘根兴, Chang A C, Page A L. 土壤-作物污染物迁移分配与食品安全的评价模型及其应用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 854-858.  
[8] 许文宝, 谢志南, 刘鸿洲, 等. 龙眼对镉的吸收分布特性及耐性研究[J]. 亚热带植物科学 2007 36(3): 1-3.  
[9] 张金彪, 黄维南, 柯玉琴. 草莓对镉的吸收累积特性及调控研究[J]. 园艺学报, 2003, 30(5): 514-518.  
[10] 张连忠, 路克国, 杨洪强. 苹果幼树铜、镉分布特征与累积规律研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 111-114.

Distribution Levels of Heavy Metals in Peach Trees

WANG Bao-gang<sup>1,2</sup>, FENG Xiao-yuan<sup>1</sup>, LI Wen-sheng<sup>1</sup>, SHI Lei<sup>1</sup>, YANG Yuan<sup>1</sup>, WANG Ji-hua<sup>2</sup>

(1. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences Beijing 100093; 2. Beijing Research Center for Agrifood Testing and Farmland Monitoring, Beijing 100097)

**Abstract:** Distribution levels of five heavy metals (lead, Pb; cadmium, Cd; chromium Cr and copper Cu) in peach trees were studied. The results showed that Pb accumulated in fruit<phloem of trunk<phloem of branch<leaves, Cd in fruit<leaves<phloem of trunk<phloem of branch, Cr and Cu in fruit<phloem of branch<phloem of trunk<leaves. Pb, Cd, Cr and Cu concentration in soil were 18.637, 0.408, 62.595, 15.728 mg/kg, respectively. In contrast to those in soil, average ratio of accumulation of four metals in fruit was Cr<Pb<Cd<Cu.

**Key words:** heavy metals; peach trees; distribution