

程贤利, 苏晨曦, 陈文强. 陕西汉中茶园土壤中重金属含量的测定分析[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(5): 324–327.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.106

陕西汉中茶园土壤中重金属含量的测定分析

程贤利¹, 苏晨曦², 陈文强²

(1. 汉中职业技术学院药学与医学技术系, 陕西汉中 723000; 2. 陕西理工学院生物科学与工程学院, 陕西汉中 723001)

摘要:对陕西汉中茶园土壤中 Cd、As、Hg、Pb 等重金属含量进行测定分析, 为陕西汉中茶叶环境评价及茶叶基地的绿色有机认证提供依据。本试验采用 GB/T 5009.15—2012、GB/T 23739—2009、GB/T 17141—1997、GB/T 22105.3—2008、GB/T 5009.13—2003、原子吸收分光光度法对汉中茶园种植基地土壤中 Cd、Pb、As、Hg 等重金属含量进行测定分析。结果表明: 该土壤中重金属含量差异明显, 其中 Cd 含量在 0.189 ~ 0.345 $\mu\text{g/g}$ 之间; As 含量在 0.578 ~ 2.302 $\mu\text{g/g}$ 之间; Hg 含量在 0.116 ~ 0.179 $\mu\text{g/g}$ 之间; Cu 含量在 0.118 ~ 0.910 $\mu\text{g/g}$ 之间; Pb 含量在 0.027 ~ 0.134 $\mu\text{g/g}$ 之间。依据国家茶园土壤中不同重金属的限量标准, 陕西汉中茶园整体环境良好, 所测定重金属含量除洋县 YTB2 号茶厂和勉县 MJ 茶厂的 As 含量、西乡茶园的 Pb 含量外, 其余均在国家限量范围内。

关键词: 茶园; 土壤; 重金属; 分析

中图分类号: X833; X131.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0324-04

茶是我国的传统饮品, 有着悠久的历史 and 灿烂的文化, 已成为仅次于碳酸饮料和饮用水的世界第三大饮料。茶不仅清香可口, 且富有多种有益于人体健康的微量元素, 具有药理和保健功能。动物试验和流行病学研究表明, 茶对人体有益, 能预防皮肤癌、帕金森病、心肌梗死以及冠心病等多种疾病。饮茶习惯已在世界许多国家和地区普及, 据报道全球饮茶人数超过 20 亿。饮茶在我国已经成为一种文化, 与人们日常生活密不可分。

陕西汉中茶叶生产始于西周, 盛于唐宋, 曾为唐代“八大茶区之一”, 所产“山南茶”上贡朝廷、远销西域。宋明时期, “山南茶”成为以茶易马、固边安军的重要战略物资。改革开放以来, 陕西省把发展茶叶产业作为陕南地区调整优化农村产业结构的重点, 茶园面积和茶叶产量不断提高, 先后打造出“汉中仙毫”“镇巴雾毫”“宁强雀舌”等知名茶叶品牌。其中“汉中仙毫”被列入国家地理标志产品, 获得多项国际金奖^[1]。

不同的土壤对茶叶生长的影响非常大, 而土壤又受空气、水分、人为等诸多因素的影响, 如空气中 CO_2 增多将导致土壤受到破坏, 酸雨等异常降水类型也会导致土壤污染。随着我国工业化的迅速发展, 茶树在生长过程中不可避免地受到土壤中 Cd、Pb、As、Hg 等有害重金属元素的影响。这些重金属元素可在生物体内积累, 特别是在人体内积累将导致毒害的产生。Cd 被人体吸收后积存于肝或肾脏并造成危害, 导致骨质疏松^[2-4]; Pb 通过呼吸道、消化道进入人体, 损害人体的血液系统、消化系统, 对儿童危害更大^[5-8]。茶叶中有害元素 Cd、Pb、As、Hg 主要来源于环境中的土壤、水和空气, 其中土

壤是茶叶中重金属积累的主要来源。近年来, 有关茶叶重金属、农药等有害物质超标的报道不断增多, 茶叶品质越来越受到人们的关注。然而目前茶园土壤污染程度日趋严重, 不但影响茶叶品质, 而且通过食物链进入人体, 将对人类健康造成严重危害, 更成为中国茶叶出口的严重障碍。随着农业环境污染特别是土壤中重金属污染问题的日益突出, 为保证茶叶产品质量安全, 茶园土壤重金属污染问题越来越受到重视。目前, 陕南汉中、安康和商洛 3 市 28 个县、区中, 有 22 个县、区种植和生产茶叶, 茶产业已成为陕西汉中绿色农业发展的重要支柱产业。因此, 测定和分析茶园土壤中重金属的含量, 对茶叶的安全生产和有机认证具有十分重要的指导意义。

基于陕西汉中通过绿色认证和有机认证的制茶企业较少, 且茶叶种植基地的环境分析评价, 特别是陕西汉中茶园土壤中重金属含量的测定分析甚少, 本研究以陕西汉中茶园土壤为材料, 采用原子吸收分光光度计法^[9-12], 对土壤中 Cd、As、Hg、Pb 等重金属含量进行检测, 同时使用火焰原子化法对土壤中 Cu 含量进行检测^[13], 旨在为防治陕西汉中茶园土壤中重金属污染和茶叶产业的健康发展提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 陕西汉中茶园土样分别采自勉县 FC 茶园、南郑 FZ102 茶厂、南郑 FZ108 茶厂、洋县 HJX 茶场、镇巴 QG 茶园、洋县 YTB 1 号茶园、西乡茶园、洋县 YTBYY 茶园、南郑 HMLZL 茶园、洋县 YTB 2 号茶厂、勉县 MJ 茶厂、西乡 LZ 茶厂、南郑 XSB 茶园、宁强 QS 茶厂、宁强 YHG 茶园。

1.1.2 主要仪器 Thermo M 系列石墨炉原子吸收光谱仪; GF95Z 型石墨炉; FS95/97 型自动进样器(美国热电公司); Cd、Pb、As、Hg、Cu 空心阴极灯(北京市朝阳区路天官电器厂); 101-3A 型电热恒温鼓风干燥箱(沪南电炉烘箱厂); SHIMADZU AU220 型电子天平(日本岛津公司); ECH-1 型电子控温加热板(上海新仪微波化学科技有限公司)。

收稿日期: 2014-07-19

作者简介: 程贤利(1962—), 男, 陕西汉中中人, 讲师, 主要从事秦巴山区生物资源的开发与利用工作。E-mail: chx6555@126.com。

通信作者: 陈文强, 教授, 硕士生导师, 主要从事微生物资源的保护与利用工作。E-mail: wenqiangc@126.com。

1.1.3 主要试剂 浓硝酸、氢氟酸、H₂O。

1.2 方法

1.2.1 光谱仪工作条件的选择 光谱仪工作条件见表 1。

表 1 不同重金属元素光谱仪工作条件

元素	波长 (nm)	灯电流 (mA)	光谱通带 (nm)	进样体积 (μL)
Cd	228.8	10.0	0.2	20.0
As	193.7	9.0	0.2	20.0
Hg	253.7	4.4	0.2	20.0
Cu	324.8	4.0	0.2	20.0
Pb	217.0	9.0	0.2	20.0

注:塞曼扣背景。

1.2.2 石墨炉工作条件 石墨炉工作条件见表 2。

表 2 不同重金属元素石墨炉工作条件

元素	步骤	温度 (℃)	时间 (s)	升温速度 (℃/s)	气体流量 (L/min)	气体 类型
Cd	干燥	100.0	30.0	10.0	0.2	Ar
	灰化	800.0	20.0	150.0	0.2	Ar
	原子化	1 000.0	3.0	0.0	0.2	Ar
	清除	2 500.0	3.0	0.0	0.2	Ar
As	干燥	100.0	30.0	10.0	0.2	Ar
	灰化	1 200.0	20.0	150.0	0.2	Ar
	原子化	2 600.0	3.0	0.0	0.2	Ar
	清除	2 700.0	3.0	0.0	0.2	Ar
Hg	干燥	100.0	30.0	10.0	0.2	Ar
	灰化	200.0	20.0	150.0	0.2	Ar
	原子化	500.0	3.0	0.0	0.2	Ar
	清除	700.0	3.0	0.0	0.2	Ar
Pb	干燥	100.0	30.0	10.0	0.2	Ar
	灰化	500.0	20.0	150.0	0.2	Ar
	原子化	1 500.0	3.0	0.0	0.2	Ar
	清除	2 500.0	3.0	0.0	0.2	Ar

1.2.3 火焰法的分析条件 Cu 含量的测定采用火焰原子吸收法,燃气为 C₂H₂,助燃气为空气,燃烧头稳定时间为 0.0 min,雾化器提升时间为 4.0 s,燃烧器高度为 7.0 mm,火焰温度为 2 100.0 ℃,燃料进样速度为 0.8~1.1 L/min。

1.2.4 标准溶液的制备 Cd 标准溶液配制:吸取浓度为 1.0 mg/mL 的 Cd 标准储备液 1.0 mL,用 1.0% HNO₃ 定容稀释至 100.0 mL,得到一级母液;从一级母液中吸取 1.0 mL 溶液用 1% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得二级母液;从二级母液中吸取 10.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得到浓度为 10.0 μg/L 的标准工作溶液。

As 标准溶液配制:吸取浓度为 1.0 mg/mL 的 As 标准储备液 1.0 mL,用 1.0% HNO₃ 定容稀释至 100.0 mL,得一级母液;从一级母液中吸取 5.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得二级母液;从二级母液中吸取 10.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得到浓度为 50.0 μg/L 的标准工作溶液。

Hg 标准溶液配制:吸取浓度为 1.0 mg/mL 的 Hg 标准储备液 1.0 mL,用 1.0% HNO₃ 定容稀释至 100.0 mL,得一级母液;从一级母液中吸取 5.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得二级母液;从二级母液中吸取 10.0 mL 溶液用

1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得到浓度为 50.0 μg/L 的标准工作溶液。

Cu 标准溶液配制:吸取标准储备液 1.0 mg/mL,分别配置浓度为 0.5、1.0、2.0、3.0、5.0 mg/L 的标准工作溶液。

Pb 标准溶液配制:吸取浓度为 1.0 mg/mL 的 Pb 标准储备液 1.0 mL,用 1.0% HNO₃ 定容稀释至 100.0 mL,得一级母液;从一级母液中吸取 5.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得二级母液;从二级母液中吸取 10.0 mL 溶液用 1.0% HNO₃ 定容至 100.0 mL,得到浓度为 50.0 μg/L 的标准工作溶液。

1.2.5 样品的制备 使用消化罐消解法对陕西汉中茶园采集的土样进行消解,并用 60 ℃ 恒温烘干;使用电子天平称量样品 2.0 g,且每个样品做 3 个平行样,向其中滴加 10.0 mL 浓硝酸、2.0 mL 氢氟酸,摇匀并盖紧消解罐内盖,密闭,装好外消化罐,拧紧,于室温下放置 30.0 min,然后将消化罐置于干燥箱中加热,设置温度 130.0 ℃、时间 3.0 h;加热结束后取出消化罐,并在 ECH-1 型电子控温加热板中加热,设置温度 170 ℃,进行赶酸至 1.0 mL 左右,用 1.0% 硝酸定容至 25.0 mL 的容量瓶中,并做空白对照试验。

1.3 方法学试验

1.3.1 稳定性试验 取代家沟土壤样品,室温下放置,分别于 0、6、12 h 测定 Cd、Pb、As、Hg 的含量,通过 RSD 值大小,测试本试验结果的稳定性。

1.3.2 检测限试验 对所测元素标准溶液或稀释标准溶液 (Cd:1.0 ng/mL,As:3.2 ng/mL,Pb:10.0 ng/mL) 连续测定 11 次,按下式计算检出限:

$$\text{检出限} = 3\sigma(C/D)。$$

式中:C 为标准溶液的浓度;D 为 11 次测定的平均吸光度;σ 为 11 次测定的标准差。

1.3.3 精密度试验 精密度也称重现性,可反映测量结果的波动性,即同一样品多次测定结果的重现性,或在同一条件下多次测定结果数值的接近度。精密度用偏差(平均偏差或标准偏差)的大小度量,即根据所测结果,计算各数值之间的 RSD 值,根据 RSD 值的大小判断精密度的高低。此试验取代家沟样品重复测定 5 次,根据测定结果的 RSD 值判断试验的精密度的。

1.3.4 回收率试验 回收率试验是用于检验准确性的方法,其原理是考察加入样品中的待测元素标准物质能否被定量地检测到。本试验采用取样量不变,加入适量待测元素标准物质(总量在线性范围内),然后将所得测定值与样品含量及加入量之和作对比,求得回收率值。在已知含量的代家沟样品中加入 Cd、As、Pb 的标准溶液测定其吸光度,并以此计算回收率。

2 结果与分析

2.1 标准曲线的回归方程及相关系数

由表 3 可知,在选定的标准系列浓度范围内,各元素线性关系良好。

2.2 检测限检测结果

对所检测的标准溶液,检出限为: Cd 0.293 ng/mL; As 0.373 ng/mL; Pb 1.401 ng/mL。

表 3 标准工作曲线回归方程和相关系数

元素	线性方程	相关系数
Cd	$y = 0.068\ 42x + 0.037\ 1$	0.992 5
As	$y = 0.001\ 08x + 0.014\ 6$	0.992 3
Hg	$y = 608.653\ 7x + 16.853\ 9$	0.999 8
Cu	$y = 0.061\ 92x - 0.001\ 5$	0.998 5
Pb	$y = 0.004\ 82x + 0.028\ 3$	0.996 2

2.3 稳定性检测结果

根据“1.3.1”节的方法得到稳定性检测结果(表 4)。

表 4 稳定性检测结果

元素	时间 (h)	测量值 ($\mu\text{g/g}$)	<i>RSD</i> (%)
Cd	0	0.004 40	3.451
	6	0.003 80	
	12	0.003 90	
	平均值	0.004 10	
As	0	0.016 50	2.904
	6	0.017 10	
	12	0.015 40	
	平均值	0.016 30	
Hg	0	0.032 40	4.567
	6	0.024 60	
	12	0.033 90	
	平均值	0.030 30	
Cu	0	0.045 60	4.764
	6	0.037 80	
	12	0.033 40	
	平均值	0.038 93	
Pb	0	0.034 50	4.618
	6	0.035 60	
	12	0.033 40	
	平均值	0.034 50	

由表 4 可知,Cd、As、Pb 3 种元素的 *RSD* 值($n=3$)范围在 2.904%~4.618%之间,表明样品在 12 h 内稳定性较好。

2.4 精密度检测结果

根据“1.3.3”节的方法得到精密度检测结果(表 5)。

由表 5 可知,Cd、As、Pb 3 种元素的 *RSD* 值($n=5$)范围在 2.518%~3.212%之间,表明试验的精密度良好。

表 5 精密度检测结果

元素	吸光度						<i>RSD</i> (%)
	I	II	III	IV	V	平均值	
Cd	0.513	0.497	0.521	0.489	0.512	0.506 0	3.212
As	0.356	0.321	0.352	0.351	0.333	0.343 0	3.019
Hg	0.143	0.124	0.135	0.148	0.139	0.137 8	2.413
Cu	0.324	0.247	0.653	0.259	0.235	0.343 6	3.004
Pb	0.145	0.146	0.131	0.127	0.142	0.138 0	2.518

注: $RSD = \sigma / D \times 100\%$,其中 σ 为标准偏差,由样品的多次测定值求出; D 为样品液多次测定的平均吸光度。

2.5 回收率试验结果

回收率试验结果见表 6。

表 6 回收率试验结果

元素	样品含量 (ng)	加入量 (ng)	加标后测定值 (ng)	平均回收率 (%)
Cd	12.34	10.00	21.99	109.10
	12.55	10.00	23.46	
	11.99	10.00	23.34	
As	9.12	10.00	19.09	98.20
	8.41	10.00	18.22	
	8.80	10.00	18.97	
Hg	107.50	100.00	209.74	99.32
	111.60	100.00	203.83	
	108.60	100.00	205.69	
Cu	9.13	10.00	19.02	98.85
	8.46	10.00	18.76	
	8.87	10.00	18.54	
Pb	106.77	100.00	210.91	99.39
	109.65	100.00	208.98	
	110.50	100.00	204.82	

注:回收率(%)=(加标样品测定值-样品测定值/标准加入量)×100%。

2.6 土样中重金属检测结果

陕西汉中 15 个茶园土样中重金属检测结果见表 7。

由表 7 可知,陕西汉中 15 个茶园土样中镉(Cd)含量由低到高顺序为:南郑 XSB 茶园<南郑 HMLZL 茶园<勉县 MJ 茶厂<南郑 FZ102 茶厂<勉县 FC 茶园<西乡茶园<西乡 LZ 茶厂<洋县 YTBYY 茶园<宁强 YHG 茶园<宁强 QS 茶厂<洋县 YTB 2 号茶厂<洋县 HJX 茶厂<洋县 YTB 1 号茶园<南郑 FZ108 茶厂<镇巴 QG 茶园。

砷(As)含量由低到高顺序为:南郑 XSB 茶园<宁强 YHG 茶园<西乡 LZ 茶厂<勉县 FC 茶园<洋县 YTB 1 号茶园<洋县 YTBYY 茶园<洋县 HJX 茶厂<镇巴 QG 茶园<宁强 QS 茶厂<西乡茶园<南郑 HMLZL 茶园<南郑 FZ102 茶厂<南郑 FZ108 茶厂<洋县 YTB 2 号茶厂<勉县 MJ 茶厂。

汞(Hg)含量由低到高顺序为:南郑 HMLZL 茶园<勉县 FC 茶园<南郑 FZ102 茶厂<宁强 YHG 茶园<西乡 LZ 茶厂<洋县 YTB 1 号茶园<勉县 MJ 茶厂<洋县 YTB 2 号茶厂<宁强 QS 茶厂<西乡茶园<镇巴 QG 茶园<南郑 XSB 茶园<洋县 YTBYY 茶园<南郑 FZ108 茶厂<洋县 HJX 茶厂。

铜(Cu)含量由低到高顺序为:西乡茶园<南郑 XSB 茶园<南郑 FZ102 茶厂<南郑 FZ108 茶厂<南郑 HMLZL 茶园<洋县 YTB 2 号茶厂<洋县 HJX 茶厂<宁强 YHG 茶园<宁强 QS 茶厂<勉县 MJ 茶厂<西乡 LZ 茶厂<勉县 FC 茶园<洋县 YTBYY 茶园<洋县 YTB 1 号茶园<镇巴 QG 茶园。

铅(Pb)含量由低到高顺序为:勉县 MJ 茶厂<宁强 QS 茶厂<西乡 LZ 茶厂<勉县 FC 茶园<洋县 YTB 1 号茶园<镇巴 QG 茶园<南郑 FZ108 茶厂<洋县 YTBYY 茶园<南郑 XSB 茶园<南郑 FZ102 茶厂<宁强 YHG 茶园<洋县 YTB 2 号茶厂<南郑 HMLZL 茶园<洋县 HJX 茶厂<西乡茶园。

陕西汉中 15 个茶园土样中镉(Cd)含量在 0.189~0.345 $\mu\text{g/g}$ 之间;砷(As)含量在 0.578~2.302 $\mu\text{g/g}$ 之间;汞(Hg)含量在 0.116~0.179 $\mu\text{g/g}$ 之间;铜(Cu)含量在 0.118~0.910 $\mu\text{g/g}$ 之间;铅(Pb)含量在 0.027~0.134 $\mu\text{g/g}$

表 7 陕西汉中 15 个茶园土样中重金属检测结果

样品	Cd	As	Hg	Cu	Pb	μg/g
勉县 FC 茶园	0.244 ± 0.037	0.901 ± 0.014	0.132 ± 0.012	0.720 ± 0.010	0.034 ± 0.004	
南郑 FZI02 茶厂	0.212 ± 0.013	1.651 ± 0.052	0.134 ± 0.021	0.132 ± 0.005	0.042 ± 0.003	
南郑 FZI08 茶厂	0.327 ± 0.167	1.755 ± 0.152	0.171 ± 0.021	0.140 ± 0.012	0.038 ± 0.008	
洋县 HJX 茶场	0.317 ± 0.117	1.072 ± 0.256	0.179 ± 0.040	0.175 ± 0.286	0.099 ± 0.137	
镇巴 QG 茶园	0.345 ± 0.184	1.144 ± 0.103	0.156 ± 0.050	0.910 ± 0.083	0.038 ± 0.002	
洋县 YTB 1 号茶园	0.321 ± 0.049	1.039 ± 0.029	0.144 ± 0.017	0.830 ± 0.026	0.035 ± 0.004	
西乡茶园	0.247 ± 0.017	1.475 ± 0.257	0.154 ± 0.011	0.118 ± 0.486	0.134 ± 0.005	
洋县 YTBYY 茶园	0.258 ± 0.012	1.066 ± 0.056	0.166 ± 0.038	0.750 ± 0.095	0.039 ± 0.131	
南郑 HMLZL 茶园	0.191 ± 0.025	1.623 ± 0.467	0.116 ± 0.011	0.162 ± 0.005	0.051 ± 0.005	
洋县 YTB 2 号茶厂	0.283 ± 0.015	2.095 ± 0.098	0.151 ± 0.017	0.175 ± 0.010	0.043 ± 0.008	
勉县 MJ 茶厂	0.210 ± 0.012	2.302 ± 0.022	0.147 ± 0.021	0.670 ± 0.115	0.027 ± 0.003	
西乡 LZ 茶厂	0.256 ± 0.006	0.837 ± 0.144	0.144 ± 0.011	0.670 ± 0.255	0.029 ± 0.003	
南郑 XSB 茶园	0.189 ± 0.016	0.578 ± 0.055	0.158 ± 0.028	0.130 ± 0.028	0.040 ± 0.005	
宁强 QS 茶厂	0.278 ± 0.004	1.163 ± 0.028	0.154 ± 0.010	0.242 ± 0.040	0.028 ± 0.002	
宁强 YHG 茶园	0.267 ± 0.010	0.823 ± 0.065	0.144 ± 0.008	0.196 ± 0.035	0.043 ± 0.002	

之间。依据国家茶园土壤中不同重金属含量标准,镉(Cd)含量限量(MLs)0.4 mg/kg;砷(As)含量限量(MLs)2.0 mg/kg;汞(Hg)含量限量(MLs)为0.2 mg/kg;铜(Cu)含量限量(MLs)为1.0 mg/kg;铅(Pb)含量限量(MLs)0.1 mg/kg。所检测的陕西汉中15个茶园土壤中Cd、As、Hg、Cu、Pb的含量,除洋县YTB2号茶厂和勉县MJ茶厂的As含量、西乡茶园的Pb含量外,其余均在国家限定范围之内。陕西汉中茶园土壤环境质量总体良好,未受到Cd、As、Hg、Cu、Pb的严重污染。

3 结论与讨论

本研究采用微波消解-石墨炉原子吸收分光光度法(GFAAS)测定陕西汉中茶树种植基地土壤中重金属Cd、As、Hg、Cu、Pb的含量,直接通过样品吸收能量来快速加热,并密闭增压使样品在高温高压下与酸更有效地接触,不仅能加快反应速率,且消解完全、彻底。同时,本试验试剂用量较少,减少了污染。样品的回收率在98.20%~109.10%之间。该方法准确性好,可靠性高,精密度良好,为以后的相关研究提供了方法依据。

研究结果表明,陕西汉中不同茶园土壤中重金属含量各有不同,但土壤环境质量总体情况良好,未受到Cd、As、Hg、Cu、Pb的严重污染,具备种植无公害茶叶的土壤环境条件,对茶叶的安全生产和有机认证具有十分重要的指导意义。

陕西汉中局部茶园土壤的重金属累积与化学物质的使用、茶园的地理位置有很大关系。本研究结论可作为陕西汉中茶产业化布局的重要参考,但并非代表整个地区土壤重金属背景的全貌。如要全面研究该地区土壤重金属的含量,需扩大采样量做进一步的测定分析。

陕西汉中茶园土壤重金属污染虽不严重,但仍需采取一定保护措施对重金属污染进行防治。在今后的茶叶生产中,陕西汉中局部茶园应尽可能增加土壤有机肥的投入使用,使

其与土壤中的重金属形成螯合物而降低重金属的有效性,从而降低并逐步消除重金属对茶叶生产的不良影响。

参考文献:

[1]张星显,刘 懿. 汉中仙毫茶标准化加工技术[J]. 陕西农业科学,2012(4):245-246.

[2]罗 丽,郭亚玲,蔡宣红. 国内外茶叶安全卫生标准与现状分析[J]. 福建茶叶,2011,33(6):33-36.

[3]傅冬和,薛志慧,姚亚丽,等. 茶叶中重金属及其检测方法研究概述[J]. 茶叶通讯,2012(3):27-30.

[4]韩文炎,鲁成银,刘 欣. 我国茶叶在种植环节的质量安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报,2014,32(2):12-15.

[5]杨秀芳,孔俊豪,高玉萍,等. 我国茶叶稀土问题现状与研究[J]. 中国茶叶加工,2012(1):4-7,11.

[6]韩文炎,杨亚军,梁月荣,等. 茶树体内铅的吸收累积特性研究[J]. 茶叶科学,2009,29(3):200-206.

[7]林 捷,郑艳影,柯 华,等. 茶叶中铅和铜的微波消解-原子吸收测定法[J]. 职业与健康,2004,20(6):43-44.

[8]余 磊,彭湘君,李银保,等. 原子吸收光谱法测定茶叶中7种微量元素[J]. 光谱实验室,2006,23(5):962-965.

[9]殷 钢. 微波消解-石墨炉原子吸收光谱法测定茶叶中的铅[J]. 江苏预防医学,2009,20(2):69-70.

[10]张玉红,史作安,张玉芳,等. 检验茶叶中重金属铜含量两种试验方法的对比[J]. 实验室科学,2010,13(1):61-63.

[11]王小平,马以瑾,徐元春. 原子荧光光谱法测定不同产地茶叶中As、Se、Hg和Bi四种元素含量[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(7):1653-1657.

[12]侯 芳. 茶叶中重金属检测研究概述[J]. 洛阳理工学院学报:自然科学版,2010,20(1):14-17.

[13]秦公伟,耿敬章,曹小勇,等. 银杏叶片中微量元素的火焰原子吸收分析[J]. 北方园艺,2012(2):35-37.