

陕南茶区土壤重金属含量评价分析

赵璇¹, 李新生^{1,2,3}, 赵佐平¹, 郭文伯⁴, 米桂¹, 付静^{1,2}

(1. 陕西理工学院, 陕西 汉中 723000; 2. 陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723000;

3. 陕西省黑色有机食品工程技术研究中心, 陕西 汉中 723000; 4. 汉中市茶产业办公室, 陕西 汉中 723000)

摘要: 为了解陕南茶区土壤重金属的含量特征及其污染现状, 对陕南汉中的 31 个茶区进行土壤样品采集, 分析了土壤中的 Cu、Cd、Cr、Zn 和 Ni 的含量以及土壤 pH 值。采用单因子指数法、综合指数法以及潜在生态危害指数法对陕南茶区土壤重金属污染进行评价。结果表明: 茶区土壤 pH 值为 4.32~6.66, 主要呈酸性; Cu、Cd、Cr、Zn 和 Ni 的平均含量分别为 23.73 mg/kg, 0.00 mg/kg, 46.79 mg/kg, 102.78 mg/kg 和 35.17 mg/kg。各重金属含量均符合《土壤环境质量标准》(GB15618—1995) 二级土壤标准。以陕西省土壤元素背景值作为评价标准, 以单因子指数法、潜在生态危害指数法为评价方法, 茶区土壤总体表现为安全清洁, 均达到无公害、绿色食品产地环境土壤标准, 大部分达到有机标准。

关键词: 茶区; 土壤; 重金属; 评价分析

中图分类号: X53

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)03-0287-04

Assessment on Soil Heavy Metal Contents in Tea Plantation in Southern Shaanxi Province

ZHAO Xuan¹, LI Xinsheng^{1,2,3}, ZHAO Zuoping¹, Guowen Bo⁴, MI Gui¹, FU Jing^{1,2}

(1. Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 2. Shaanxi Key Laboratory of

Bio-Resource, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 3. Shaanxi Province Black Organic Food Engineering Technology Research Center, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 4. Hanzhong Tea Industry Office, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

Abstract: A total of 31 soil samples were collected in 31 tea plantations in the southern Shaanxi Province. Concentrations of heavy metals such as Cu, Cd, Cr, Zn and Ni, and the pH of soils, were measured. Single factor index, comprehensive index were used to assess the degree of heavy metal contamination, and the potential ecological risk index method was applied to evaluate the ecological risk of heavy metal contamination of soil in tea plantation. The results showed that the tea plantation soil was mainly acidic with a pH ranging from 4.32 to 6.66, the average concentrations of Cu, Cd, Cr, Zn and Ni were 23.73 mg/kg, 0.00 mg/kg, 46.79 mg/kg, 102.78 mg/kg and 35.17 mg/kg, respectively. Heavy metal concentrations in the tea plantation soil samples were all lower than the heavy metal limit values of the class II environmental quality standard for soils in China (GB15618—1995). If the concentrations of soil heavy metals in Shaanxi Province was selected as the standard, it could be seen that the heavy metal pollution in tea plantation soil was generally low and posed low ecological risk, the soils all reached the standards of pollution-free, and most soils conformed to the organic standards.

Keywords: tea plantation; soil; heavy metal; assessment

茶叶 (*Camellia sinensis* L.), 多年生常绿木本植物, 山茶科、山茶属灌木或小乔木, 叶革质, 长圆形或椭圆形, 背面有短白色绒毛, 花白色。我国有悠久的茶叶种植历史, 茶叶是我国特色经济作物, 其作为被大众认

可的一种健康饮料已有 2 000 多年的历史^[1]。陕西属中国四大茶区中的江北茶区, 汉中茶区一般在春至夏末期间采摘茶鲜叶制茶, 主要产茶县有南郑、城固、镇巴、西乡、宁强等。重金属指比重大于 4.5 g/cm³ 以及

收稿日期: 2015-09-19

修回日期: 2015-10-30

资助项目: 农业部农业环境重点实验室项目(2015); 汉中市茶叶分析检测技术体系的研究(11JS031); 陕西理工学院人才启动项目(SLGQD13-17)

第一作者: 赵璇(1990—), 女, 陕西略阳人, 硕士研究生, 研究方向: 植物资源学。E-mail: zxmm314@163.com

通信作者: 李新生(1956—), 男, 湖南衡阳人, 教授, 研究方向: 生物资源开发应用。E-mail: lx9@tom.com

赵佐平(1982—)男, 陕西旬阳, 博士, 主要从事污染物迁移与调控研究。E-mail: zhaozuoping@126.com

在元素周期表中序数超过 24 的金属元素^[2-3]。土壤中的重金属污染物一般不能被土壤中的微生物分解,且滞留时间长,在土壤环境中持续累积,可危害人体健康。其中 Cu 在一定含量范围内可维持植物的正常生长发育,但植物所吸收的 Cu 超过一定限度时,植物的质量和产量就会明显降低^[4-5]。Cd 是毒性较大的重金属之一,其可刺激呼吸道并被人体吸收,对肾脏有明显损害^[6]。Cr 分为三价铬和六价铬,其在植物中的含量超过一定限量之后,都可对植物株体造成一定损害,从而危害人体健康^[7]。Zn 是植物生长发育过程中的必要元素,其与叶绿素的合成有关,但过量的 Zn 会影响植物根系的生长,阻碍植物的正常生长发育,使植株地上部分坏死^[8-9]。Ni 过量会直接造成植物的损伤,影响植物的结实,从而使产量降低^[10-11]。

随着人们对食品质量安全关注度的提高,重金属污染成为最受关注的食品质量安全指标。因此本文对陕南茶区的土壤重金属进行含量检测及污染评价,以期对陕西省茶区生态系统的保护以及陕西茶叶的质量控制提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 采样区域概况

采样区位于陕西省汉中市,处长江第一大支流汉江的源头,北依秦岭山脉,南至巴山,汉中盆地位于其间,城南有汉江穿流而过,属亚热带气候。汉中盆地平均海拔在 500 m 左右,而山体海拔 500~3 000 m。茶园主要分布在南郑、城固、镇巴、勉县、洋县、宁强、略阳、西乡,土壤 pH 值为 4.32~6.66,偏酸性,适合茶树生长,易于耕作。

1.2 样品采集及预处理

样品于 2014 年 4—6 月采集,样点主要分布于南郑、城固、镇巴、勉县、洋县、宁强、略阳、西乡的茶园,每个采样点均用 GPS 定位,并记录采样点周围概况。采用 4~7 点混合取样法,采样深度为 0—30 cm,后经自然风干,除杂后用木棒碾碎,过 100 目筛。参考农业标准(NYT 1377—2007)进行 pH 值的测定,参考国家标准(GB/T 30376—2013)、国家标准(GB/T 17138—1997)中所规定的湿法消解法进行土壤的消解。再用 ICP-AES 测定 Cu、Cd、Cr、Zn、Ni 全量。

1.3 评价方法

以中国土壤背景值^[12]、陕西省土壤背景值^[12]以及土壤环境质量标准^[13](GB 15618—2009)作为土壤重金属的评价标准,采用单因子指数法、综合指数法^[14-16]以及潜在生态危害指数法^[17]对茶园土壤重金属污染水平及潜在生态危害进行分析评价。并以无公害食品

茶叶产地环境条件^[18]、绿色食品产地环境技术条件^[19]为评价基础,对汉中茶区体系进行评价分级。

单因子指数法计算公式为^[20]:

$$P_i = C_i / C_{0i} \quad (1)$$

式中: C_i ——某种重金属元素的测定值; C_{0i} ——某种重金属元素的参比值;其中 $P_i \leq 1$ 表示无污染, $1 < P_i \leq 2$ 表示轻度污染, $2 < P_i \leq 3$ 表示中度污染, $P_i > 3$ 表示重度污染。

综合指数法计算公式为^[21]:

$$P = \sqrt{\frac{P_n^2 + P_{\max}^2}{2}} \quad (2)$$

式中: P ——土壤综合污染指数; P_n ——土壤各单因子污染系数的平均值; P_{\max} ——土壤各单因子污染系数中最大值;其中 $P \leq 1$ 表示无污染, $1 < P \leq 2$ 表示轻度污染, $2 < P \leq 3$ 表示中度污染, $P > 3$ 表示重度污染。

潜在生态危害指数法的计算公式为^[22]:

$$E_{ni} = T_{ni} (C_i / C_{0i}) \quad (3)$$

$$R = \sum E_{ni} \quad (4)$$

式中: E_{ni} ——土壤中某种重金属元素的潜在生态危害系数; T_{ni} ——某种重金属的毒性相应系数($Zn = 1 < Cr = 2 < Cu = Ni = 5 < Cd = 30$)。

具体评价标准可参考表 1。

表 1 潜在生态危害指数评价标准

E_{ni}	单一重金属的 生态危害程度	R	生态风 险程度
<40	轻微	<150	轻微
40~80	中等	150~300	中等
80~160	较高	300~600	较高
160~320	高	≥ 600	高
≥ 320	极高		

1.4 数据处理

土壤重金属含量分析与评价采用 Excel 2007 软件处理。

2 结果与分析

2.1 茶区土壤 pH 值

对采集的土壤样品根据农业标准(NYT1377—2007)进行 pH 值的测定,各样点 pH 值范围为:4.32~6.66,平均值为 5.53,属于酸性土壤,有益于茶树的生长,易于耕作。根据 pH 值数据可知,土壤环境质量标准(GB15618—1995)应选择二级土壤环境质量标准值作为土壤环境质量标准限值背景值。

2.2 茶区土壤干物质质量

根据国家标准(GB/T 8304—2002)对采集的茶区土壤样品进行干物质质量测定,干物质含量最大值为

99.3%,最低值为 92.7%。计算出干物质量,以便为后期重金属含量的测定提供数据基础。

2.3 茶区土壤重金属含量

研究区域土壤重金属含量的参数统计见表 2,各重金属元素平均含量大小为: Cd<Cu<Ni<Cr<Zn。与中国土壤背景值相比,Cu,Zn 分别高于此背景值 105.00%,138.51%,其余三个元素均低于此背景值。土壤重金属含量与陕西土壤背景值相比,除过 Cd,Cr 含量低于该背景值,其余 Cu,Zn,Ni 分别高于该背景值 110.89%,148.10%,122.12%。各重金属元素含量变异系数范围为 43.97%~65.61%,说明

陕南茶区土壤中该 5 种重金属含量差异较大,部分地区最高含量可达陕西土壤背景值的 3.4 倍,Cr,Zn 分别为 1.6 倍和 2.9 倍,但陕南茶区的重金属含量均在土壤二级标准限值之内。

根据农业标准无公害茶叶产地环境条件,土壤环境质量标准限值可知,汉中整体茶区土壤 Cu,Cd,Cr 含量,均不超过限量标准。根据农业标准绿色食品产地环境条件,土壤环境质量标准限值可知,汉中茶区 Cd,Cr 含量均未超过到绿色食品产地土壤限量标准,部分地区 Cu 含量轻微过量。总体综合来看,茶区土壤重金属中 Cu,Ni 含量较高,并且均不含 Cd。

表 2 土壤重金属背景值与测定值比较

统计参数	Cu	Cd	Cr	Zn	Ni
最大值/(mg·kg ⁻¹)	70.05	ND	99.11	200.84	98.83
最小值/(mg·kg ⁻¹)	5.11	ND	8.78	59.86	11.6
平均值/(mg·kg ⁻¹)	23.73	—	46.79	102.78	35.17
标准偏差	15.57	—	26.46	45.19	21.65
变异系数/%	65.61	—	56.55	43.97	61.56
中国土壤背景值/(mg·kg ⁻¹)	22.6	0.097	61	74.2	50
陕西土壤背景值/(mg·kg ⁻¹)	21.4	0.094	62.5	69.4	28.8
土壤二级标准限值/(mg·kg ⁻¹)	50	0.3	150	200	40
无公害茶叶产地标准限值/(mg·kg ⁻¹)	150	0.3	150	—	—
绿色食品产地标准限值/(mg·kg ⁻¹)	50	0.3	120	—	—

注:ND 表示未测出。

2.4 茶区土壤重金属污染评价

本试验采用陕西省土壤重金属背景值作为参比值,该背景值与中国土壤背景值和国家土壤环境质量二级标准相比,能够更准确反映出陕南茶区土壤重金属的含量。

由图 1 可知,各单因子污染系数最大值中,Cu,Ni,Zn,Cr 的单因子污染指数可达 3.27,3.43,2.89 以及 1.59,表明部分地区的铜、镍、锌污染达到中度污染水平。如表 3 所示,茶区土壤各重金属的平均单一污染系数表现为: Zn(1.39)>Cu(1.11)>Cr(0.77)>Ni(0.70)>Cd(0.00),Zn,Cu 表现为轻污染,其余 3 种重金属表示为未污染。说明陕南茶园大部分地区土壤较清洁。

因茶区土壤中这 5 种重金属富集程度的不同,所以单因子污染系数不能综合表现土壤重金属的污染程度,因此在单因子污染系数的基础之上选择综合污染系数,该指标可完整、准确地反映出各重金属污染物对土壤环境的综合污染程度并突出高浓度污染物的影响。根据公式计算可得, $P=2.09$,因为综合污染指数法主要突出高浓度污染物的作用,在土壤重金属含量测定值高于背景值的前提下计算得出的污染指数较高^[23-24],因此该评价结果为轻微污染。

潜在生态危害指数法能够综合考虑各重金属元素的浓度、毒性水平、生态敏感性以及协同作用^[25],考虑因素较全面。根据潜在生态危害指数法进行评价,结果表明(图 2),茶区土壤重金属元素的潜在生态风险指数范围为:0.00~17.16,均远低于 40,表现为无污染安全清洁状态。5 种重金属的平均潜在生态危害指数范围为 0.00~5.55,平均值为 2.396,总体表现为轻微的生态危害,相比较下,Cu 和 Ni 的潜在生态危害较大,其平均贡献率分别为 46.32%和 29.21%。

表 3 土壤重金属污染系数

指标	Cu	Cd	Cr	Zn	Ni
平均单一污染系数(P_i)	1.11	0.00	0.77	1.39	0.70
综合污染系数(P)	2.09				
潜在生态风险指数(E_n)	5.55	0.00	1.54	1.39	3.5
生态危害指数(R)	11.98				

3 结论

(1) 陕南茶区土壤重金属含量与中国土壤背景值相比,Cu,Zn 分别高于此背景值 105.00%,138.51%,其余三个元素均低于此背景值;与陕西土壤背景值相比,除 Cd,Cr 含量低于该背景值外,其余 Cu,Zn,Ni 分别高于该背景值 110.89%,148.10%,122.12%,且陕南茶区的重金属含量均在土壤二级标准限值之内。

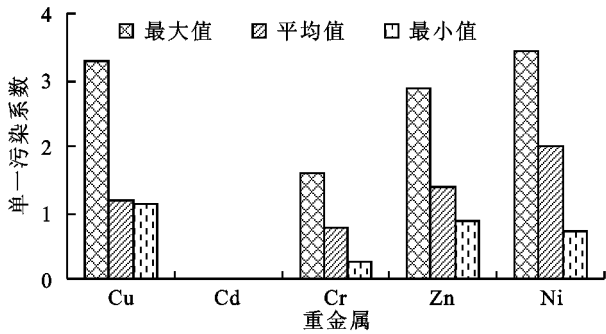


图1 茶区土壤各重金属单因子污染指数的分布

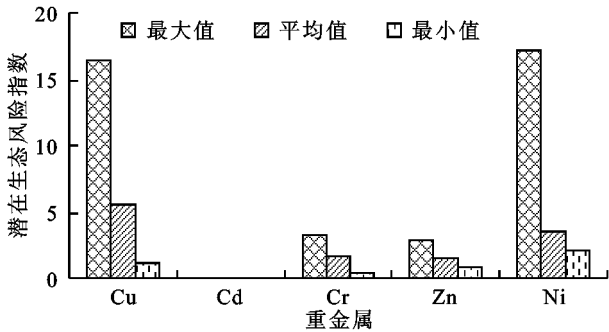


图2 茶区土壤各重金属潜在生态危害指数

(2) 潜在生态危害指数法评价结果表明,茶区土壤5种重金属的平均潜在生态危害指数范围为0.00~5.55,平均值为2.396,总体表现为轻微的生态危害,Cu和Ni是主要的污染因子和生态危害因子。

(3) 以农业标准无公害茶叶产地环境条件(NY 5020—2001)为评价依据,可知汉中茶区土壤整体可达无公害标准;以绿色食品产地环境条件(NY 391—2000)为依据可以看出,汉中茶区土壤Cd,Cr含量均可达到绿色食品产地土壤标准;有机产品标准规定土壤环境质量应符合土壤环境质量标准(GB15618)中的二级标准。整体说明汉中茶区土壤较清洁,且大部分地区符合有机种植要求,对于汉中进一步发展有机茶产业具有较大优势。

参考文献:

- [1] Cabrera C, Artacho R, Giménez R. Beneficial effects of green tea: a review[J]. Journal of the American College of Nutrition, 2006, 25(2): 79-99.
- [2] 王小蓉. 环境化学[M]. 南京: 南京人民出版社, 1993: 222-280.
- [3] 刘勋鑫, 干翠红, 廖超林, 等. 土壤重金属特性空间变异性方法研究[J]. 农业网络信息, 2007(6): 106-108.
- [4] Uthus E O, Ross S. Dietary selenium (Se) and copper (Cu) interact to affect homocysteine metabolism in rats[J]. Biological Trace Element Research, 2009, 129(1/3): 213-220.
- [5] 李德明, 郑昕, 张秀娟. 重金属对植物生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 74-75.

- [6] 秦俊法, 李增禧. 镉的人体健康效应[J]. 广东微量元素科学, 2004, 11(6): 1-10.
- [7] 考庆君, 吴坤. 铬的生物学作用及毒性研究进展[J]. 中国公共卫生, 2004, 11(20): 1398-1400.
- [8] Gupta V K, Gupta S P. Effect of zinc sources and level on the growth and Zn nutrition of soybean in the presence of chloride and sulphate salinity[J]. Plant and Soil, 1984, 81(2): 299-304.
- [9] 任廷远, 安红玉, 王华. 绿茶功能性成分提取及保健作用的研究现状[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(5): 15-18.
- [10] 方晓航, 仇荣亮. 有机螯合剂在镍污染土壤植物修复中的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(10): 1-5.
- [11] 曾凡萍, 肖化云, 周文斌, 等. 乐安江河水和沉积物中Cu, Pb, Zn的时空变化特征及来源分析[J]. 环境科学研究, 2007, 20(6): 14-19.
- [12] 国家环境保护局. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [13] 国家环境保护局. GB15618-1995, 土壤环境质量标准[S]. 2009.
- [14] 董霁红, 于敏, 程伟, 等. 矿区复垦土壤种植小麦的重金属安全性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 280-286.
- [15] 陈京都, 戴其根, 许学宏, 等. 江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价[J]. 生态学报, 2012, 32(11): 3487-3496.
- [16] 陆安祥, 王纪华, 潘瑜春, 等. 小尺度农田土壤中重金属的统计分析与空间分布研究[J]. 环境科学, 2007, 28(7): 1578-1583.
- [17] 姜菲菲, 孙丹峰, 李红, 等. 北京市农业土壤重金属污染环境风险等级评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 330-337.
- [18] 中华人民共和国农业部. NY5020-200, 无公害食品茶叶产地环境条件[S]. 2001.
- [19] 中华人民共和国农业部. NY391-2000, 绿色食品产地环境技术条件[S]. 2000.
- [20] 张菊, 陈诗越, 邓焕广, 等. 山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价[J]. 生态学报, 2012, 32(10): 3144-3153.
- [21] 宁晓波, 项文化, 方晰, 等. 邓湘雯. 贵阳花溪区石灰土林地土壤重金属含量特征及其污染评价[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 2169-2177.
- [22] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.
- [23] Cheng J L, Shi Z, Zhu Y W. Assessment and mapping of environmental quality in agriculture soils of Zhejiang Province, China [J]. Journal of Environmental Sciences, 2007, 19(1): 50-54.
- [24] 王凤春. 土壤终极三年和养分的空间变异分析及其评价研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2009.
- [25] 庞妍, 同延安, 梁连友, 等. 污灌农田土壤—作物体系重金属污染评价[J]. 农业机械学报, 2015, 46(1): 148-154.