

云南主要茶区土壤重金属的监测与污染评价

刘小文, 高熹, 高晓余, 肖春, 陶玫, 李正跃, 吴国星*, 周红杰

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南昆明650201; 2. 云南农业大学龙润普洱茶学院, 云南昆明650201)

摘要 [目的] 为云南茶叶产业的健康发展提供必要的参考。[方法] 测定云南主要茶区普洱、保山、西双版纳、大理等地茶园土壤重金属铅(Pb)、镉(Cd)和铜(Cu)的含量,并结合茶园土壤重金属评价标准和茶园土壤污染分级标准,采用单因子污染指数法和Nemerow污染指数法进行污染评价。[结果] 结果表明:云南省主要茶区土壤中这3种重金属含量均较低,Pb和Cd平均含量都处在一级水平,Cu平均含量都处在二级水平,Pb和Cd单因子污染指数和综合污染指数均小于1.000,Cu的单因子污染指数和综合污染指数都在1.000~1.500之间。[结论] 云南主要茶区茶园土壤环境质量总体良好,符合有机茶园土壤环境质量标准。

关键词 茶园土壤; 重金属; 监测; 污染评价

中图分类号 S151.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)33-14727-02

Monitoring and Pollution Evaluation of Heavy Metals in the Tea Garden Soils from Main Tea Areas of Yunnan

LIU Xiao-wen et al. (College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] The research aimed to provide necessary references for the healthy growth of Yunnan tea industry. [Method] Three heavy metal ions including Pb, Cd, Cu were determined in the soils of tea gardens from main tea areas (Puer, Baoshan, Xishuangbanna, Dali) of Yunnan. Combining with the health quality standards of the soil and the soil pollution classification standards of tea garden, the single factor pollution indices and Nemerow pollution indices were used to evaluate the pollution situation. [Result] The results showed that the contents of Pb, Cd, Cu were low. The average contents of Pb, Cd were in the first level, and the average content of Cu was in the second level. The single factor pollution indexes and Nemerow pollution indices of Pb, Cd were all below 1.000, and that of Cu was between 1.000 and 1.500. [Conclusion] The qualities of soil environment in the tea gardens were good on the whole, and it accorded with the soil environment quality standards of the organic tea garden.

Key words Tea garden soil; Heavy metal; Monitoring; Pollution assessment

茶是位于矿泉水之后世界上消费量最大的饮料。目前,全世界20多亿人钟情于茶饮,160多个国家和地区喝茶^[1]。由于不少茶园施用化肥、农药以及其他化学制剂,加之采矿、金属冶炼、水泥生产、造纸等工业生产的发展和高度集约化农业的发展,以及城市扩张,工厂与居民生活区废水、废物、废气的污染,导致茶园废弃物和污染物增加^[2-3]。在重金属元素污染日趋严重的情况下,世界不少发达国家和地区对茶叶重金属项目都提出了更严格的限量要求,我国的茶叶出口因此遭受了较大的冲击,自2000年以来,我国茶叶出口呈现持续下降的趋势。为保证茶叶产品质量安全,提高人民生活质量,茶园土壤重金属污染的研究受到广泛关注。

该研究采集云南省主要茶区普洱、保山、西双版纳、大理等地的茶园土壤,采用原子分光光度法、HCl-HNO₃-HF-HClO₄全消解等方法分析了茶园土壤样品中的主要重金属Pb、Cd、Cu的含量,利用单因子污染指数和Nemerow污染指数对茶园土壤进行了重金属污染评价,分析了云南各地区茶园土壤卫生质量状况,从而为云南茶叶产业的健康发展提供必要的参考。

1 材料与方

1.1 材料

1.1.1 仪器。Htachi(日立)原子吸收分光光度计。

1.1.2 试剂。盐酸、硝酸、氢氟酸、高氯酸均为优级纯;硝酸溶液,体积比1:1;硝酸溶液,体积分数为0.2%;硝酸镧[La(NO₃)₃·6H₂O]水溶液,质量分数为5%;铜、镉、铅标准溶液浓度分别为1.000 g/ml,购于国家标准物质中心。

1.2 方法

1.2.1 样品采集及处理。从云南省普洱、保山、西双版纳、

大理的茶园中通过五点法采0~20 cm深的土壤样品,土壤样品用自封袋装好密闭并贴好标签。各样区选取5个茶园,每个茶园选取9个点,每区共45个样品。采集的样品摊放在铺有洁净牛皮纸的实验室自然风干,剔除石块、残根等杂物,捏碎土块,土样风干后移入洁净木盘内,用木棍碾压,过100目尼龙筛备用。

1.2.2 重金属Pb、Cd、Cu含量的测定。土壤中的Pb、Cd、Cu采用HCl-HNO₃-HF-HClO₄全消解的方法,彻底破坏土壤的矿物晶格,使试样中的待测元素全部进入试液。Pb、Cd的试液经过石墨炉原子吸收分光光度法测定其吸光度;Cu的试液经过火焰原子吸收分光光度法测定其吸光度^[4-5]。

1.2.3 土壤重金属污染评价。

1.2.3.1 评价方法。采用单因子污染指数法和Nemerow污染指数法相结合的方法进行污染评价。Nemerow污染指数比较全面地反映污染物对土壤污染的不同程度,因此笔者用综合污染指数评定茶园土壤中Pb、Cd、Cu的污染程度,划分土壤质量等级^[6]。单因子污染指数的计算公式:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

式中P_i为污染物的污染指数;C_i为污染物的实测值;S_i为污染物的评价标准。

Nemerow污染指数的计算公式:

$$P_j = [(P_j^2 \max + P_j^2 \ave) / 2]^{1/2}$$

式中P_jmax为监测点所有污染物单项污染指数中的最大值;P_jave为监测点所有污染物单项污染指数的平均值。

1.2.3.2 评价标准。采用GB15618-1995为土壤重金属污染评价标准(见表1),按照土壤综合污染指数划分等级。结合各地区土壤重金属含量情况和对作物危害程度,按土壤环境质量等级对土壤重金属污染分级标准进行划分(见表2)。该研究采用土壤重金属评价标准中一级标准进行污染评价。

基金项目 云南省科技计划项目(2006NG16)。

作者简介 刘小文(1983-),男,湖南衡阳人,硕士研究生,研究方向:食品安全分析。* 通讯作者, E-mail: wugx1@163.com。

收稿日期 2008-10-09

表1 土壤重金属评价标准 GB15618-1995^[7]

Table 1 Evaluation standard of heavy metals in soils GB15618-1995 ng/kg

标准Standards	镉Cd	铅Pb	铜Cu
一级 The first grade	0.20	35	35
二级 The second grade	0.30	250	50
三级 The third grade	0.60	300	100

表2 茶园土壤污染分级标准

Table 2 The classification standards of soil pollution in tea garden

等级 Grade	综合污染指数 Comprehensive pollution index	污染等级 Pollution grade	污染水平 Pollution level
1	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1.0$	警戒线	尚清洁
3	$1.0 < P_{\text{综}} \leq 2.0$	轻污染	土壤污染超过背景值, 视为轻污染
4	$2.0 < P_{\text{综}} \leq 3.0$	中污染	土壤作物均受到中度污染
5	$P_{\text{综}} > 3.0$	重污染	土壤作物受污染已相当严重

2 结果与分析

2.1 不同地区茶园土壤重金属含量

表3 不同地区茶园土壤重金属含量

Table 3 Heavy metal content in soil of tea garden in different areas

重金属 Heavy metals	普洱Puer		大理Dai		保山Baoshan		西双版纳Xishuangbanna	
	范围值 Range value	平均值 Average value	范围值 Range value	平均值 Average value	范围值 Range value	平均值 Average value	范围值 Range value	平均值 Average value
铅Pb	7.72 ~24.00	14.33	10.30 ~23.00	14.90	13.70 ~17.20	15.17	10.10 ~36.80	27.58
镉Cd	0.09 ~0.19	0.11	0.13 ~0.18	0.15	0.01 ~0.07	0.03	0.09 ~0.18	0.12
铜Cu	41.80 ~48.60	46.78	29.90 ~39.00	36.73	33.20 ~44.50	38.90	29.30 ~43.71	37.09

2.2 不同地区茶园土壤重金属污染评价 由表4可见,4个地区茶园土壤铅的综合污染指数在0.463~0.929,其中普洱、大理、保山地区茶园土壤铅的综合污染指数均 < 0.700 ,均处在污染指数的安全范围,未被污染,西双版纳地区茶园土壤铅的综合污染指数0.700~1.000,处在污染指数的警戒线状态,表明该地区茶园土壤也没有铅污染。4个地区茶园土壤镉的综合污染指数在0.273~0.828,保山地区茶园土壤镉的

表4 不同地区茶园土壤重金属污染评价

Table 4 Evaluation of heavy metal pollution in soil of tea garden in different areas

采样地点 Sampling sites	重金属种类 Kinds of heavy metals	平均污染指数($P_{j\text{ave}}$) Average pollution index	最大污染指数($P_{j\text{max}}$) Maximum pollution index	综合污染指数(P_j) Comprehensive pollution index	评价结果 Evaluation results
普洱Puer	铅Pb	0.409	0.686	0.565	安全
	镉Cd	0.540	0.950	0.773	警戒线
	铜Cu	1.337	1.389	1.363	轻度污染
大理Dai	铅Pb	0.426	0.657	0.554	安全
	镉Cd	0.750	0.900	0.828	警戒线
	铜Cu	1.049	1.114	1.082	轻度污染
保山Baoshan	铅Pb	0.433	0.491	0.463	安全
	镉Cd	0.150	0.355	0.273	安全
	铜Cu	1.111	1.271	1.194	轻度污染
西双版纳Xishuangbanna	铅Pb	0.788	1.051	0.929	警戒线
	镉Cd	0.600	0.900	0.765	警戒线
	铜Cu	1.060	1.249	1.158	轻度污染

3 结论与讨论

通过测定结果分析和污染评价表明:云南主要茶区茶园土壤环境质量总体表现良好,未受到Pb、Cd、Cu等重金属的污

染。结合土壤重金属评价标准的一级标准,各地区茶园土壤样品铅和镉单因子污染指数和综合污染指数均小于1.000,铜的

区普洱、大理、保山、西双版纳地区茶园铅的含量分别在7.72~24.00、10.30~23.00、13.70~17.20、10.10~36.80 ng/kg,平均值分别为14.33、14.90、15.17、27.58 ng/kg,除西双版纳地区平均含量较高外,其他地区都相差不大。按照土壤重金属评价标准GB15618-1995,4个地区茶园的铅平均含量都处在一级水平,土壤中铅含量都较低。

普洱、大理、保山、西双版纳地区茶园镉的含量分别在0.09~0.19、0.13~0.18、0.01~0.07、0.09~0.18 ng/kg,平均值分别为0.11、0.15、0.03、0.12 ng/kg,其中,保山地区茶园的镉含量最低,其他地区均无显著差异。按照土壤重金属评价标准GB15618-1995,4个地区茶园镉平均含量都处在一级水平,茶园土壤中镉含量都较低。

普洱、大理、保山、西双版纳地区茶园铜的含量分别在41.80~48.60、29.90~39.00、33.20~44.50、29.30~43.71 ng/kg之间,平均值分别为46.78、36.73、38.90、37.09 ng/kg。按照土壤重金属评价标准GB15618-1995,4个地区茶园的铜平均含量都处在二级水平,茶园土壤中铜含量都较低,符合有机茶园土壤环境质量标准^[8]。

综合污染指数为0.273,处在污染指数的安全范围,茶园土壤也没有铅污染。普洱、大理、西双版纳地区茶园土壤镉的综合污染指数为0.773、0.828和0.765,均处在污染指数的警戒线状态,污染水平较低。4个地区茶园土壤铜的综合污染指数在1.000~1.500,均超过茶园土壤污染铜的背景值,有轻度铜污染。

染。结合土壤重金属评价标准的一级标准,各地区茶园土壤样品铅和镉单因子污染指数和综合污染指数均小于1.000,铜的

- 1992,7(2):83-89.
- [7] 肖乾广,陈维英,盛永伟,等.用气象卫星监测土壤水分的实验研究[J].应用气象学报,1994,5(3):312-318.
- [8] 余涛,田国良.热惯量法在监测土壤表层水分中的研究[J].遥感学报,1997,1(1):24-31.
- [9] CARLSON T N, GILLES R R, PERRY E M. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurement to infer surface soil water content and fractional vegetation cover[J]. Remote Sensing Review, 1994, 9:161-173.
- [10] 夏虹,武建军,刘雅妮,等.中国用遥感方法进行干旱监测的研究进展[J].遥感信息,2005(1):55-58.
- [11] IDSO S B, CLAWSON K L, ANDERSON M G. Field temperature: effects of environmental factors with implication for plant water stress assessment and CO₂ effects of diurnal[J]. Water Resource Research, 1986, 22:1702-1716.
- [12] JACKSON R D, IDSO D B, REGONATO R J, et al. Canopy temperature as a crop water stress indicator[J]. Water Resour, 1981, 17:1133-1138.
- [13] 申广荣,田国良.基于GIS的黄淮海平原旱灾遥感监测研究——作物缺水指数模型的实现[J].生态学报,2000,20(2):224-228.
- [14] 辛晓洲.用定量遥感方法计算地表蒸散[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2007.
- [15] 闫峰,覃志豪,李茂松,等.农业旱灾监测中土壤水分遥感反演研究进展[J].自然灾害学报,2006,15(6):114-121.
- [16] 隋洪智,田国良,李付琴.农田蒸散双层模型及其在干旱遥感监测中的应用[J].遥感学报,1997,1(3):220-224.
- [17] MORAN MS, CLARKE T R, INOUE Y, et al. Estimating crop water deficit using the relation between surface air temperature and spectral vegetation index[J]. Remote Sens Environ, 1994, 49:246-263.
- [18] 齐述华,张源沛,牛铮,等.水分亏缺指数在全国干旱遥感监测中的应用研究[J].土壤学报,2005,42(3):367-372.
- [19] MCVICAR T R, JUPP D L B, YANG X, et al. Linking regional water balance models with remote sensing[J]. Proceedings of the 13th Asian Conference on Remote Sensing, Mongolia: Ulaanbaatar, 1992.
- [20] KOCAN F N. Remote sensing of water impacts on vegetation in nonhomogeneous area[J]. Int J of Remote Sensing, 1990, 11:1405-1420.
- [21] KOCAN F N. Drought of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data[J]. Bull Am Meteor Soc, 1995, 76:655-668.
- [22] HUI W T, KOCAN F N. Monitoring regional drought using the vegetation condition index[J]. Int J of Remote Sensing, 1996, 16:1327-1340.
- [23] 冯强,田国良,柳钦火.全国干旱遥感监测运行系统的研制[J].遥感学报,2003,7(1):14-19.
- [24] 陈维英,肖乾广,盛永伟.距平植被指数在1992年特大干旱监测中的应用[J].遥感学报,1994(2):106-112.
- [25] 居为民,孙涵,汤志成.气象卫星遥感在干旱监测中的应用[J].灾害学,1996(4):25-29.
- [26] KOCAN F N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection[J]. Advances in Space Research, 1995, 15:91-100.
- [27] MCVICAR T R, HIRWIRTH P N. Rapidly assessing the 1997 drought in Papua New Guinea using composite AVHRR imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22:2109-2128.
- [28] 王鹏新,龚健雅,李小文.条件植被温度指数及其在干旱监测中的应用[J].武汉大学学报:信息科学版,2001(5):412-418.
- [29] 齐述华,王长耀,牛铮.利用温度植被干旱指数(TVD)进行全国旱情监测研究[J].遥感学报,2003,7(5):420-427.
- [30] 董超华.气象卫星业务产品释用手册[M].北京:气象出版社,1999:155-159.
- [31] MORAN MS, HYMER DC, Q J, et al. Soil moisture evaluation using Synthetic Aperture Radar (SAR) and optical remote sensing in semi-arid rangeland[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 105:69-80.
- [32] ENGLISH R, BARROS A P. Subpixel variability of remotely sensed soil moisture: an inter-comparison study of SAR and ESTAR[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40:326-337.
- [33] WALKER J P, HOUSER P R, WILLGOOSE G R. Active microwave remote sensing for soil moisture measurement: a field evaluation using ERS-2[J]. Hydrological Processes, 2004, 18:1975-1997.
- [34] 赵英时.遥感原理与应用[M].北京:科学出版社,2003.
- [35] 胡梅.江西省干旱及其对粮食生产的影响遥感研究[D].南昌:江西师范大学,2008.

(上接第14728页)

单因子污染指数和综合污染指数都在1.000~1.500,茶园土壤环境质量总体良好,符合有机茶园土壤环境质量标准,为适合发展有机茶叶的土壤环境条件。

虽然云南主要茶区茶园土壤重金属污染现状并不严重,但是茶园土壤中Cu的含量偏高,4个地区均超过警戒线水平,原因可能与该地区的土壤背景值、工矿企业三废排放、污水灌溉、生产管理过程中不规范施用的各种污染物如化肥、农药等其他化学物质有关^[9-11]。因此,仍需要采取措施防治茶园土壤重金属污染,以确保茶叶生产的优质高效,这就要加强技术宣传,普及茶园安全知识,规范茶农施用有机肥和农药;加强对茶园周围产生“三废”的工业企业的监督管理;在茶园周边大力植树造林,营造防风林、隔离林带,利用肥田萝卜、百喜草、香草等对重金属进行植物修复等^[2-3],从而为有机茶的发展提供安全洁净的土壤环境。

参考文献

- [1] 陶红.茶叶出口贸易问题[J].中外企业家,2006(8):45-47.
- [2] 彭萍.茶园土壤污染与治理策略[J].西南园艺,2005,33(3):30-32.
- [3] 吴洵.茶园土壤污染和防治[J].福建茶叶,2004(2):22-23.
- [4] 本社.GB/T 17138-1997 土壤质量铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法[S].北京:中国环境科学,1998.
- [5] 本社.GB/T 17141-1997 土壤质量铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法[S].北京:中国环境科学,1998.
- [6] 邓秋静,宋春然,何锦林,等.贵阳市耕地土壤重金属分布特征及评价[J].土壤,2006,38(1):53-60.
- [7] 国家环境保护局.GB 15618-1995 土壤环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [8] 中华人民共和国农业部.NY/T 5199-2002 有机茶产地环境条件[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [9] 房世波,潘剑君,杨武年,等.南京市土壤重金属污染调查评价[J].城市环境与城市生态,2003,16(4):4-6.
- [10] 朱荫涓,周启星.土壤污染与我国农业环境保护的现状、理论与展望[J].土壤通报,1999,30(3):132-135.
- [11] 张书贵.土壤重金属污染评价与研究[J].安徽技术师范学院学报,2001,15(4):23-24.