

赵建,李青山,汪玉等.遵义市植烟区灌溉水和有机肥料中重金属含量调查[J].农业资源与环境学报,2018,35(1):82-86.  
ZHAO Jian, LI Qing-shan, WANG Yu, et al. Investigation of Heavy Metals in Irrigation Water and Organic Fertilizer in Tobacco Growing Areas of Zunyi City, China[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2018, 35(1): 82-86.

## 遵义市植烟区灌溉水和有机肥料中重金属含量调查

赵建<sup>1</sup>,李青山<sup>2,3</sup>,汪玉<sup>2</sup>,韩小斌<sup>1</sup>,彭玉龙<sup>1</sup>,刘京<sup>1</sup>,祝乾湘<sup>1</sup>,万军<sup>4</sup>,王慎强<sup>2\*</sup>

(1. 贵州省烟草公司遵义市公司,贵州遵义 563000;2. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室,中国科学院南京土壤研究所,江苏南京 210008;3.中国科学院大学,北京 100049;4.贵州省烟草公司遵义市公司务川县分公司,贵州遵义 564300)

**摘要** 遵义市植烟土壤中存在重金属污染,而烟草重金属主要来源于土壤、施肥、大气沉降及降雨或灌溉等途径。因此,本文针对可能会引起遵义市烟草重金属污染的来源,包括施肥和灌溉2种途径进行调查研究。集中采集了遵义市余庆县、凤冈县、湄潭县、务川县、仁怀县、遵义县、桐梓县及道真县8个县市主要种植烟区的572个灌溉水样和21个有机肥料样品,通过进一步分析及测定样品中重金属As、Cd、Cr和Pb含量,并与国家相应标准进行了对比。结果表明:灌溉水中重金属As、Cd、Cr、Pb的含量分别为国家限量标准《农田灌溉水质标准(GB 5084—2005)》的0~71%、0~2.9%、0~6.6%和0~8.5%。肥料中重金属As、Cd、Cr、Pb的含量分别为国家限量标准《中华人民共和国农业行业标准(NY 525—2012)—有机肥料》的3.87%~64.1%、2.33%~74.7%、6.53%~38.1%和10.9%~59.2%。调查结果表明,目前遵义主要植烟区灌溉水和肥料中重金属含量均不超标,属于安全级别,因此排除了该区域烟草重金属来源于施肥及灌溉两种途径的可能性。

**关键词** 遵义市 植烟区 灌溉水 有机肥 重金属

中图分类号:X83 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2018)01-0082-05 doi:10.13254/j.jare.2017.0223

### Investigation of Heavy Metals in Irrigation Water and Organic Fertilizer in Tobacco Growing Areas of Zunyi City, China

ZHAO Jian<sup>1</sup>, LI Qing-shan<sup>2,3</sup>, WANG Yu<sup>2</sup>, HAN Xiao-bin<sup>1</sup>, PENG Yu-long<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>, ZHU Qian-xiang<sup>1</sup>, WAN Jun<sup>4</sup>, WANG Shen-qiang<sup>2\*</sup>  
(1.Zunyi Branch Company of Guizhou Tobacco Company, Zunyi 563000, China; 2.State Key Laboratory of Soil and Agricultural Sustainable Development, Nanjing Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4.Zunyi Wuchuan Branch Company of Guizhou Tobacco Company, Zunyi 564300, China)

**Abstract** In order to examine the exogenous situation of heavy metals in tobacco growing areas of Zunyi City, irrigation water samples ( $n=572$ ) and organic fertilizer samples( $n=21$ ) were collected from the main tobacco growing areas. The concentration of As, Cd, Cr and Pb were investigated and compared with the national standards. The results showed that the concentration of As, Cd, Cr and Pb in the irrigation water were 0~71%, 0~2.9%, 0~6.6% and 0~8.5% of the national standard respectively. The concentration of As, Cd, Cr and Pb in fertilizers were 3.87%~64.1%, 2.33%~74.7%, 6.53%~38.1% and 10.9%~59.2% of the national standard respectively. The concentration of heavy metals in irrigation water and organic fertilizer in the main tobacco growing areas of Zunyi City is at the safe level.

**Keywords** Zunyi City; tobacco growing areas; irrigation water; organic fertilizer; heavy metal

遵义市烟区生产的烟叶质量优良,以中偏清香型和中间香型风格为主,是全国四大优质烟区之一,享有“贵州烟叶看遵义”的美誉。年均种植烤烟超过5.3万 $\text{hm}^2$ ,收购烟叶0.90亿kg左右,是西南地区主要生

收稿日期:2017-09-06 录用日期:2017-11-27

基金项目:中国烟草总公司贵州省公司项目“遵义烤烟质量安全生产监控体系建立与应用”(中烟黔科(2015)1号,合同号201506)

作者简介:赵建,女,重庆人,博士,研究方向为农业微生物。E-mail:709076562@qq.com

\*通信作者:王慎强 E-mail:sqwang@issas.ac.cn

产烟区之一<sup>[1]</sup>。然而,2010年所报道的13个国产品牌卷烟中Pb、As和Cd等重金属含量超加拿大所产香烟3倍以上的状况,引起了人们对我国烟草重金属的关注<sup>[2]</sup>。早在1990年被列入Hoffmann的烟草有害成分清单中就有As、Cd、Cr、Hg、Pb等重金属<sup>[3]</sup>。而农作物体内重金属主要来源于土壤、施肥、大气沉降及降雨或灌溉等途径<sup>[4-5]</sup>。2013年王金金等<sup>[6]</sup>调查了遵义市植烟土壤中重金属的污染状况,烟草健康生长离不开土壤、水和肥料,而目前国内对灌溉水中重金属含量的研究主要集中在食用农产品上,对可能影响遵义市植烟区烟叶重金属含量的其他环境介质的研究报道很少。本文从灌溉水和肥料两方面入手,调查了遵义市烟区烟叶重金属的外源情况,为控制烟叶外源重金属进入,以及烤烟质量安全全程监控体系的建立提供科学依据,也对遵义市烟草行业的可持续发展具有重要意义。

本文于2016年采集了遵义市余庆县、凤冈县、湄潭县、务川县等8个县市主要种植烟区的灌溉水和肥料,测定了其中As、Cd、Cr和Pb共4种重金属的含量,并与相应国家标准中的限量标准进行对比分析,并对其重金属环境质量进行了评价。旨在全面反映遵义市烟田灌溉水及肥料中重金属含量情况,为该区域烟区进一步掌控灌溉水及肥料质量提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

遵义市位于贵州省北部,处于成渝-黔中经济区走廊的核心区和主廊道,属于亚热带湿润季风气候区,雨量丰沛,气候宜人<sup>[7]</sup>。地理位置介于106°17'22"~107°26'25"E,27°13'15"~28°04'09"N。全市管辖3个区、9个县、2个县级市。

### 1.2 样品采集

依据遵义市植烟区基础资料包括基础图件(地形图、地质图、土地利用图、县级土壤图、行政区划图、烟田分布图等)以及基础资料(植烟品种、烟叶产量、烟叶价格、烟农收入、烟田投入与管理(肥料、农药等)、县级土壤志、遥感影像、社会经济年鉴等)进行了初步的调查及了解后,于2016年7—8月集中采集了余庆县、凤冈县、湄潭县、务川县、仁怀县、遵义县、桐梓县及道真县8个县市主要种植烟区的灌溉水和肥料,具体采样数量见表1。

灌溉水样品采集:采集点选择在每个县市主要植烟区典型烟田的附近灌溉水源,水样用清洁干燥的

表1 遵义各县市灌溉水和肥料采样数量  
Table 1 Irrigation water and organic fertilizer samples in Zunyi City

地区	灌溉水	肥料
余庆县	95	26
凤冈县	67	31
湄潭县	109	39
仁怀市	18	18
遵义县	17	35
桐梓县	105	68
务川县	16	18
道真县	145	0
合计	572	235

PVC塑料瓶采集,所取水样加入硝酸调节pH值至1~2,避免水样中重金属的水解沉淀、器壁表面上吸附和抑制生物的活动。并用记号笔在塑料瓶上标注样品编号,尽快带回实验室进行测定分析。

有机肥料样品采集:采集点选择在各县市主要种植烟区的农户家,共计采集235个有机肥肥料样品。方法为:把袋装肥料放平并翻转,轻拍打数次至肥料松散,再次翻转使袋内肥料尽量均匀,然后取1~2kg,装入清洁干燥的PVC塑料自封袋并封好,用记号笔在自封袋上标注样品信息。

### 1.3 重金属测定方法

灌溉水样品处理与测定:首先对水样用滤纸进行过滤,滤液再经滤膜进行过滤后,采用电感耦合等离子体(ICP-MS, iCAP 7000)测定各重金属浓度。

肥料样品处理与测定:将肥料样品自然阴干后,于玛瑙研钵内磨碎后称取0.1g肥料装入PTFE管体中,并在通风橱内依次加入9mL浓硝酸、3mL浓盐酸和1mL氢氟酸,采用微波消解仪(型号为ETHOS One,德国Milestone)进行消解,0~10min,功率设置为1400W,温度120℃;10~30min,功率设置为1400W,温度170℃;冷却时间为20min;自然冷却后,采用电感耦合等离子体(ICP-MS, iCAP 7000)测定各重金属浓度。

其中重金属Cd浓度采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS,安捷伦7700x)测定。

### 1.4 评价标准

灌溉水中重金属限量标准以《农田灌溉水质标准(GB 5084—2005)》为准(表2),灌溉水的清洁水平采用国家环境保护行业标准HJ 332—2006(表3)中推荐的旱作农产品灌溉水评价方法,包括超标率、单项

质量指数和综合质量指数等 3 个指标,有机肥料样品中重金属限量标准以《中华人民共和国农业行业标准(NY 525—2012)-有机肥料》为准(表 4)。

超标率为超标样本总数占检测样本总数的百分

表 2 灌溉水中重金属限量标准(mg·L<sup>-1</sup>)  
Table 2 The standard limits of heavy metals in irrigation water(mg·L<sup>-1</sup>)

项目	总砷	总铜	总铬	总铅
国家限量标准	0.1	0.01	0.01	0.2

表 3 农产品灌溉水环境质量分级标准

Table 3 Classification standards for environment quality of irrigation water for agricultural products

环境质量等级	灌溉水各单项或综合质量指数	等级名称
1	≤0.5	清洁
2	0.5~1.0	尚清洁
3	>1.0	超标

表 4 中华人民共和国农业行业标准(NY 525—2012)-有机肥料(mg·kg<sup>-1</sup>)

Table 4 The standard limits of heavy metals in organic fertilizers(mg·kg<sup>-1</sup>)

项目	总砷	总铜	总铬	总铅
国家限量标准	15	3	150	50

比,单项质量指数为单项实测值与单项标准值的比值,各环境要素综合质量指数=

$$\sqrt{(\text{最大单项质量指数})^2+(\text{平均单项质量指数})^2/2}$$

### 1.5 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据分析和图表绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 灌溉水中重金属含量

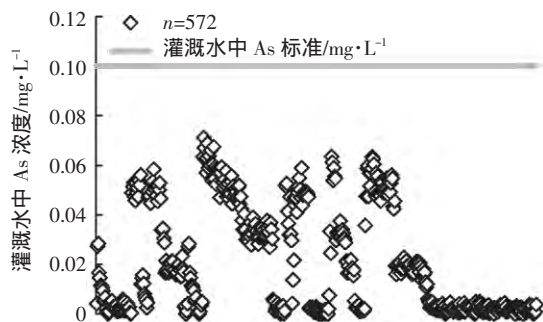
在测定的 572 个水样中,As 浓度范围为 0~0.071 mg·L<sup>-1</sup>,为国家限量标准的 0~71%,Cd 浓度范围为 0~0.002 9 mg·L<sup>-1</sup>,为国家限量标准的 0~2.9%,Cr 浓度范围为 0~0.006 6 mg·L<sup>-1</sup>,为国家限量标准的 0~6.6%;Pb 浓度范围为 0~0.008 5 mg·L<sup>-1</sup>,为国家限量标准的 0~8.5% 均未检测到重金属超标(图 1)。因此,遵义市主要植烟区灌溉水目前尚属安全级别。

灌溉水质量评价结果显示(表 5),As、Cd、Cr 和

表 5 灌溉水样质量评价

Table 5 The quality evaluation of irrigation water samples

项目	超标率/%	单项质量指数	综合质量指数	等级
As	0	0.21	0.09	清洁
Cd	0	0.03		
Cr	0	0.06		
Pb	0	0.02		



当灌溉水中未检出重金属(As、Cd、Cr 和 Pb) 则相应重金属浓度值记为 0

图 1 572 个灌溉水样重金属(As、Cd、Cr、Pb)浓度

Figure 1 The concentrations of heavy metals(As ,Cd ,Cr ,Pb) in irrigation water samples(n=572)

Pb的超标率均为0;各单项质量指数均小于0.5,且比清洁等级下单项质量指数限量值小1个数量级,综合质量指数也小于0.5,说明遵义市植烟区灌溉水属于清洁水平。

## 2.2 肥料中重金属含量

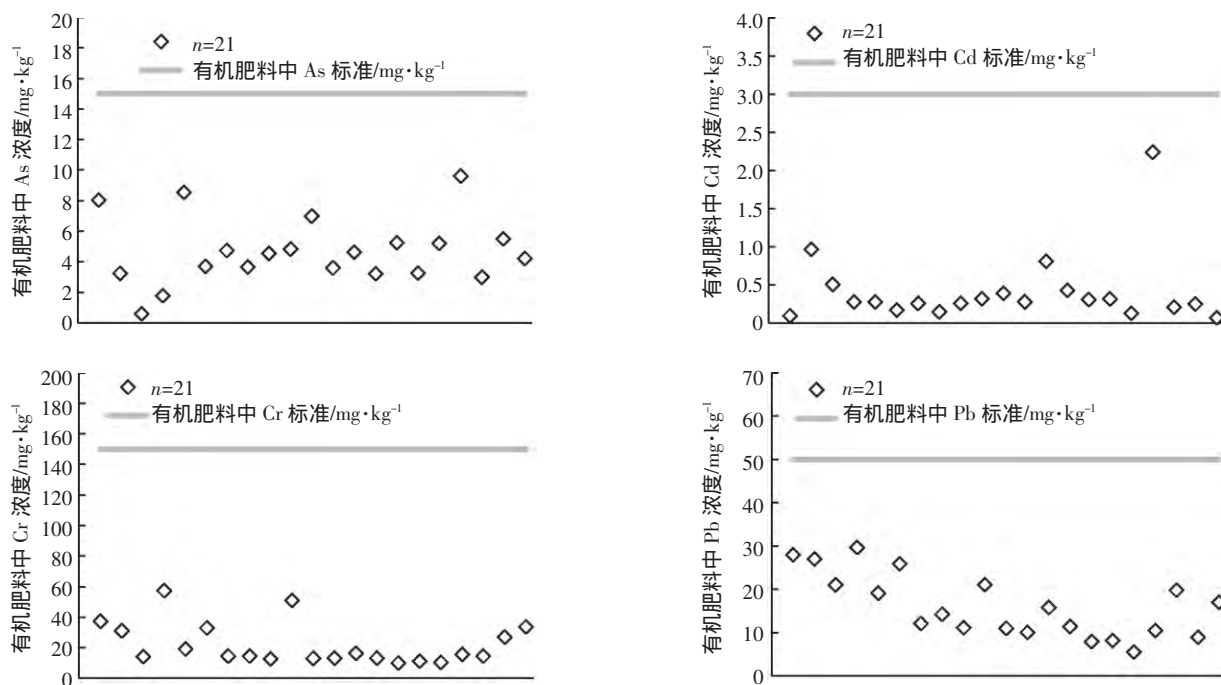
肥料样品总共采集235个,因烟草种植农户的肥料多为烟草公司专供,通过样品信息记录发现每一个样品都有重复(重复样品视为同一样品),经筛选后有21个肥料样品不重复,在测定的21个肥料样中,As浓度范围为0.58~9.61 mg·kg<sup>-1</sup>,为国家限量标准的3.87%~64.1%;Cd浓度范围为0.07~2.24 mg·kg<sup>-1</sup>,为国家限量标准的2.33%~74.7%;Cr浓度范围为9.79~57.2 mg·kg<sup>-1</sup>,为国家限量标准的6.53%~38.1%;Pb浓度范围为5.44~29.6 mg·kg<sup>-1</sup>,为国家限量标准的10.9%~59.2%,均未检测到重金属超标(图2)。因此,遵义市主要植烟区肥料质量目前尚属安全级别。

## 3 讨论

近年来,随着工业化、城市化进程加快和农业集约化的快速发展,大量有色金属进入土壤环境中,导致农业土壤中重金属含量逐年增加,造成的污染也日益严重。其特征主要表现在可长期滞留在土壤中,且

负面影响具有长期性。土壤中重金属达到一定浓度后对烟草生长有抑制作用。烟草属于易累积重金属的植物,烟草中的As、Cd、Cr、Pb、Hg等重金属元素通过烟气的形式进入人体,形成累积后威胁人体健康。重金属浓度高的烟叶中,糖碱比和氮碱比升高,化学成分趋于不协调,不利于烟叶香味的形成,因而降低了烤烟的商品价值和化学品质。近年来相继有文章报道贵州省植烟土壤中重金属的污染状况,例如王晓敏<sup>[8]</sup>通过对贵州植烟区的土壤耕作层As、Cd、Cr、Pb、Hg进行研究,发现贵阳烟区土壤受到轻微污染,所研究4个植烟区烟叶Pb、Cd均有超标。

在此背景下,本文针对烟草重金属的可能来源包括施肥、灌溉等途径进行了采样分析,发现遵义市主要植烟区肥料中重金属As、Cd、Cr和Pb含量低于国家限量标准,遵义市植烟区灌溉水属于清洁水平,肥料质量目前尚属安全级别。遵义市以山地为主,大约占65.08%,而烟区多分布在山区,山地地区工业少,污染性工业企业更少,而且遵义市河流较多,河网密度0.3 km·km<sup>-2</sup>,河长大于10 km或集雨面积大于20 km<sup>2</sup>的河流有416条,分布乌江、赤水河和綦江三大水系,均属长江流域,一些地区的灌溉水为当地居民的生活用水,由表5也可以看出遵义市植烟区的灌溉



当肥料样品中未检出重金属(As、Cd、Cr和Pb),则相应重金属浓度值记为0

图2 21个肥料样品重金属(As、Cd、Cr、Pb)浓度

Figure 2 The concentrations of heavy metals(As ,Cd ,Cr ,Pb) in fertilizers samples( $n=21$ )

水等级为清洁水平,因此灌溉水中重金属 As、Cd、Cr 和 Pb 含量低于国家相应标准,与长江中上游烟区灌溉水重金属含量低于国家限量标准<sup>[9]</sup>的结果一致。卷烟作为一种吸食产品,其原料烟叶的安全性越来越受到人们的关注。烟叶有毒有害物质包括内源与外源 2 个方面<sup>[10]</sup>,内源有害物质主要包括烟气焦油、烟碱等;外源主要包括农药残留和重金属,因此,烟草系统在药和肥上进行了严格把关。研究结果表明,遵义市主要植烟区肥料中重金属 As、Cd、Cr 和 Pb 含量低于国家限量标准,说明了遵义市烟草公司在烟草种植的生产资料供应把关严格。

#### 4 结论

遵义市主要植烟区灌溉水和肥料中重金属 As、Cd、Cr 和 Pb 含量均低于国家相应标准,目前均属于安全级别。控制烟草生长的重金属吸收主要从土壤管理和品种筛选寻找技术措施。

#### 参考文献:

- [1] 李明海,李智勇,吴洪田,等. 遵义烟草可持续发展的创新平台和技术体系[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(4): 27-29.  
LI Ming-hai, LI Zhi-yong, WU Hong-tian, et al. Building technological system to promote tobacco sustainable development in Zunyi[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2005, 26(4): 27-29. (in Chinese)
- [2] Hoffmann D, Hecht S S. Advances in tobacco carcinogenesis[M]// Cooper C S, Grover P L. Chemical carcinogenesis and mutagenesis. Vol. 94 of Handbook of Experimental Pharmacology Spring-Verlag, 1900: 63-102.
- [3] 文静,彭海星. 烟草重金属超标: 外企机会还是戒烟机会[J]. 中国民营科技与经济, 2010(10): 22-23.  
WEN Jing, PENG Hai-xing. Heavy metals in tobacco: Opportunities for foreign companies or smoking cessation opportunities[J]. *China Non-governmental Science Technology and Economy*, 2010(10): 22-23. (in Chinese)
- [4] 张艳玲,周汉平. 烟草重金属研究概述[J]. 烟草科技, 2004(12): 20-27.  
ZHANG Yan-ling, ZHOU Han-ping. Summary on study of heavy metal elements in tobacco[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2004(12): 20-27. (in Chinese)
- [5] 牟树森,青长乐. 环境土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1993.  
MOU Shu-sen, QING Chang-le. Environmental soil science[M]. Beijing: Agricultural Press, 1993. (in Chinese)
- [6] 王金金,秦樊鑫. 遵义市植烟土壤中重金属含量及污染评价[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(10): 116-120.  
WANG Jin-jin, QIN Pan-xin. Assessment of soil heavy metal content and contamination in flue-cured tobacco planting areas in Zunyi[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2013, 41(10): 116-120. (in Chinese)
- [7] 厉福强,梁永江,陈杰. 遵义烟区南北生态区域的划分[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 33-36.  
LI Fu-qiang, LIANG Yong-jiang, CHEN Jie. Regionalization of northern and southern tobacco ecotypic area in Zunyi region[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2009, 30(3): 33-36. (in Chinese)
- [8] 王晓敏. 贵州植烟区土壤重金属污染状况及其对烟叶安全的影响评价[D]. 贵州: 贵州大学, 2009.  
WANG Xiao-min. The heavy metal pollution in the soil of Guizhou tobacco-growing areas and the evaluation of its impact on the safety of tobacco leaves[D]. Guizhou: Guizhou University, 2009. (in Chinese)
- [9] 武小净,李德成,石屹,等. 我国主产烟区灌溉水中重金属含量调查及环境质量评价[J]. 土壤, 2015, 47(4): 746-751.  
WU Xiao-jing, LI De-cheng, SHI Yi, et al. Study on heavy metal contents and environment quality of tobacco irrigation water in China[J]. *Soils*, 2015, 47(4): 746-751. (in Chinese)
- [10] 潘义宏,周丽娟,王娟,等. 烟叶安全性影响因素及其关键农业控制技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2013, 42(5): 5-11.  
PAN Yi-hong, ZHOU Li-juan, WANG Juan, et al. Progress on factors influencing tobacco safety and its key agriculture control technology[J]. *Journal of Henan Agriculture Sciences*, 2013, 42(5): 5-11. (in Chinese)