

福建典型烟区土壤、灌溉水和肥料中重金属含量调查^①

武小净^{1,2}, 李德成^{2*}, 胡 锋¹, 郭金平³, 庄 云^{1,2},
石 屹⁴, 徐宜民⁴, 王程栋⁴, 马兴华⁴

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 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), 南京 210008; 3 福建省烟草农业科学研究所, 福州 350003; 4 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101)

摘 要: 农作物体内的重金属主要来自土壤、施肥、大气沉降以及降雨或灌溉。本文采集了福建省主要的烟草肥料和全国清香型烤烟的代表之一福建省龙岩市永定县土壤和烟田灌溉水体样品, 分析了其中的重金属含量, 并与国家相应标准中的限量进行了对比。结果表明: ①烟田土壤中 As 含量为限量标准的 12.3%~65.0%, Cd 为 66.7%~100.0%, Cr 为 4.0%~47.3%, Hg 为 0~66.7%, Pb 为 0.3%~63.3%, 目前尚均属安全级别, 但个别烟田的土壤 As、Cd、Hg、Pb 含量偏高; ②烟草肥料中 As 含量为限量标准的 0.7%~24.0%, Cd 为 0.5%~2.1%, Cr 为 0~21.4%, Hg 为 0~4.8%, Pb 为 7.7%~50.6%, 目前尚均属安全级别, 但一种钙镁磷肥中的 Pb 含量略高; ③灌溉水体中 As 含量为限量标准的 0~0.5%, Cd 为 0.1%~5.8%, Cr 为 0.3%~1.6%, Hg 为 8.6%~55.4%, Pb 为 0~2.6%, 绝大部分灌溉水体中重金属含量远低于限量标准, 均属安全级别。

关键词: 重金属; 烟田土壤; 灌溉水; 肥料; 永定县

中图分类号: X-759

我国是世界烟叶生产第一大国, 常年种植烟草 100 多万 hm^2 , 烟叶年产量达 200 多万 $\text{t}^{[1]}$ 。福建省在气候和土壤条件上适宜烟叶种植, 是我国东南的主要烟区, 烟草种植面积约在 6 万~7 万 hm^2 。

农作物体内的重金属主要来自土壤、施肥、大气沉降以及降雨或灌溉^[2-3]。但目前对我国烟区烟叶的重金属外源方面的研究还甚少^[4]。摸清烟区烟叶重金属的外源情况, 对于采取适当的措施控制烟叶的外源重金属, 从而进一步降低烟叶的重金属含量具有积极的意义。

龙岩市永定县烤烟素有“烟魁”之称, 是全国清香型烤烟的代表之一, 也是福建省烟叶种植“招牌”地区, 该县烟草种植面积约 0.2 万 hm^2 。2010—2011 年我们以永定县为福建省植烟地区的代表, 采集了典型烟叶种植片区的烟田土壤、烟草肥料和烟田灌溉水体, 测定分析了其中 As、Hg、Cd、Cr、Pb 5 类重金属的含量, 并与国家相应标准中的限量进行了对比, 本文即为相关的研究结果。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

永定县位于福建省西南部, 介于 $24^{\circ}23' \sim$

$25^{\circ}06'N$, $116^{\circ}25' \sim 117^{\circ}05'E$, 总面积 2 216.3 km^2 , 耕地面积约 2 万 hm^2 , 人口约 36 万。永定县属丘陵山区, 其树林覆盖率为 90%以上, 属亚热带海洋性气候, 年均温 19.5°C , 年降水量 1 495 mm。土壤类型主要包括红壤、黄壤、紫色土、潮土和水稻土。根据野外调查结果, 永定县烟叶种植主要在水稻土上, 主要分布在河谷地和缓坡地上, 成土母质主要是各类岩石风化后形成的冲积物以及坡积-堆积物。

1.2 烟区施肥和灌溉情况

基肥主要是有机肥: 75~100 kg 牛栏粪(仅有粪源的烟田用), 25 kg 烟草有机肥或饼肥, 烟草专用复合肥 50 kg, 过磷酸钙 25 kg; 追肥主要是 15 kg 硝酸钾。施肥方式一般为开沟条施, 深度 15~20 cm。

福建省烟区雨量丰富, 烟田主要是水田, 实行烟-稻轮作, 正常年份降雨足以保证烟叶生长需要, 遇到干旱年份则引修建的沟渠中水进行灌溉, 用量为保持土壤水分为田间最大持水量的 60%~70%。

1.3 样品采集

在《食用农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006)》中 Pb 是空气质量限制性重金属, 其限量标准为 $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[5]。而根据研究空气中 Pb 含量高低

基金项目: 国家烟草专卖局/中国烟草公司“特色优质烟叶重大专项”项目资助。

* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介: 武小净(1987—), 女, 山西临汾人, 硕士研究生, 生态学专业。E-mail: 2010103030@njau.edu.cn

主要与工业生产如五金、塑料及水泥有关^[6]。由于永定县烟区多处于以种植业为主的地区, 工业企业很少, 尤其是污染性工业企业更少, 空气质量等级高, 一般符合《食用农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006)》^[5]。永定县植被覆盖率达 90%以上, 根据永定县环保局的反映, 永定县烟区大气质量一般为一级(优), 个别年份为二级(良), 因此本研究没有采集大气样品, 仅采集了土壤、肥料和灌溉水体。

1.3.1 土壤样品 典型烟田的确定采用“以烟定

田”的思路: 首先依据第二次土壤普查资料, 按地形地貌、成土母质、土壤条件的空间差异, 结合烟叶公司的种植区划, 以村为单元, 确定最能反映本县烟叶香型风格的典型“植烟片区”; 在每个“植烟片区”, 依据烟站技术人员和烟农的经验, 加上野外调查的农艺性状调查, 确定烟叶长势最好和能够产烟叶质量最高的田块, 选择了 10 个典型烟田(表 1)。在典型烟田内采用随机多点取实际垄高土样(一般为 0 ~ 30 cm)组成混合样, 待测。

表 1 永定县典型烟田的信息
Table 1 Information of typical tobacco fields of Yongding County

编号	地点	经纬度	海拔(m)	地形
YD-01	虎岗乡龙溪村	25°02'38.5"N, 116°48'13.2"E	708	二级阶地
YD-02	高陂镇西陂村	24°58'37.2"N, 116°50'36.5"E	323	一级阶地
YD-03	高陂镇西陂村	24°54'50.6"N, 116°51'56.3"E	295	沟谷地
YD-04	坎市镇文馆村	24°54'50.7"N, 116°51'56.1"E	313	二级阶地
YD-05	抚市镇龙川村	24°48'54.6"N, 116°53'31.9"E	310	沟谷地
YD-06	湖雷镇莲塘村	24°49'31.2"N, 116°48'22.9"E	244	梯田
YD-07	湖雷镇粥都村	24°49'10.6"N, 116°47'47.7"E	277	梯田
YD-08	陈东镇高峰村	24°42'46.1"N, 116°55'8.3"E	378	沟谷地
YD-09	湖坑镇吴屋村	24°37'40.8"N, 116°59'37.8"E	600	沟谷地
YD-10	城郊乡双溪村	24°41'39.4"N, 116°41'43.2"E	190	一级阶地

注: 共 10 个烟田; 均为烟-稻轮作; pH<6.5。

1.3.2 灌溉水样 灌溉水体取样地点同表 1, 采样方法为: 在确定的典型烟田边的灌溉沟渠内采集 1 个灌溉水样(来自蓄积的降雨): 用清洁和干燥的 1 L 的 PVC 塑料瓶, 在水深 20 ~ 50 cm 深度采集水体, 不搅动水底的沉积物, 用记号笔在塑料瓶上标注样品编号, 并尽快带回实验室测定分析。

1.3.3 袋装肥料 肥料样品采集方法为: 采集福建省烟田主要施用肥料(同一厂家同一肥料品种不重复), 合计采集了 2 个烟草专用复合肥、1 个饼肥、1 个专用有机肥、2 个钙镁磷肥。采集方法为: 对每一类袋装肥料, 从烟站库房随机选取 3 袋, 把袋放平并翻转, 轻轻拍打数次, 使肥料松散, 用槽式单管探针(槽向下)从袋的一角成对角线插入袋的四分之三处, 将探针旋转 180°, 使槽向上。取完后应充分混合, 用四分法进行缩分至 1 ~ 2 kg, 分装于两个清洁和干燥的 PVC 塑料自封袋, 密封好用橡皮筋扎紧, 用记号笔标注样品编号。

1.4 重金属限量标准及测定方法

土壤中重金属限量标准见《农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006)》^[5]、《土壤环境质量标准

(GB15618-1995)》^[7]; 水样中重金属限量标准见《农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006)》^[5]、《农田灌溉水质标准(GB5084-2005)》^[8]; 肥料样中重金属限量标准见《肥料中砷镉铬铅汞生态指标(GB/T23349-2009)》^[9]。

1.4.1 土壤样品处理与测定方法 土样经自然风干后, 研磨过 0.15mm 筛, 加氢氟酸、硝酸和高氯酸消煮, As、Hg 采用原子荧光分光光度法测定, Pb、Cd 采用石墨炉原子吸收分光光度法测定, Cr 采用火焰原子吸收分光光度法测定。

1.4.2 灌溉水样品处理与测定方法 Hg 和 As: 加 50% 盐酸溶液和硫脲-抗坏血酸混合溶液进行预处理, 采用原子荧光分光光度法测定。Pb、Cr 和 Cd: 加硝酸和高氯酸进行消煮, 采用 ICP-MS 法测定。测定所用的设备为: ICP-MS(美国 Agilent Technologies 公司, 型号为 7700x)。

1.4.3 肥料样品处理与测定方法 所有肥料干样用玛瑙研钵磨碎。Hg 和 As: 加盐酸和硝酸消煮, 采用原子荧光分光光度法测定。Pb、Cd 和 Cr: 加硝酸消煮, Pb、Cd 采用石墨炉原子吸收分光光度法测定,

Cr 采用火焰原子吸收分光光度法测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤中的重金属

表 2 是测定出 10 个典型烟田土壤中重金属的含量,可以看出,烟田土壤中 As 含量为限量标准的 12.3%~65.0%,Cd 为 66.7%~100.0%,Cr 为 4.0%~43.7%,Hg 为 0~66.7%,Pb 为 8.3%~63.3%,目前尚均属安全级别。但个别烟田的土壤 As 和 Cd 的含量已非常接近限量标准,Hg、As 和 Pb 也接近限量标准的 2/3,这可能与该片区土壤背景值偏高有关。

2.2 肥料中的重金属

表 3 是采集的肥料中重金属的含量,可以看出,

烟草肥料中 As 含量为限量标准的 0.7%~24.0%,Cd 为 0.5%~2.1%,Cr 为 0~21.4%,Hg 为 0~4.8%,Pb 为 7.7%~50.6%,目前尚均属安全级别,但一种钙镁磷肥中的 Pb 略高,约为限量标准的一半,这可能与生产磷肥的矿渣原料中 Pb 含量偏高有关。

2.3 灌溉水体中的重金属

表 4 是测定出采集的灌溉水体重金属的含量,可以看出,灌溉水体中 As 含量为限量标准的 0~0.5%,Cd 为 0.1%~5.8%,Cr 为 0.3%~1.6%,Hg 为 8.6%~55.4%,Pb 为 0~2.6%,可以看出绝大部分灌溉水体中重金属含量远低于限量标准,均属安全级别,但个别灌溉水体中 Hg 已约为限量标准的一半,可能与附近一家养殖业排泄物进入水体有关。

表 2 永定县典型烟田土壤中重金属含量(mg/kg)

Table 2 Contents of heavy metals in typical tobacco fields of Yongding County

项目	As	Cd	Cr	Hg	Pb
范围	4.9~26.0	0.2~0.3	6.1~65.5	0~0.20	20.7~158.2
平均值	9.1	0.2	39.3	0.06	46.0
国家限量标准	40	0.3	150	0.30	250

注:所有烟田 pH 均<6.5;均为烟-稻轮作,烟叶为旱作,国家限量标准按旱地计;按《农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006)》^[5],Pb 应为 80 mg/kg,但烟叶不属食用农产品,因此其土壤质量标准仍按《土壤环境质量标准 (GB15618-1995)》^[7],Pb 为 250 mg/kg。

表 3 福建烟区肥料中重金属含量(mg/kg)

Table 3 Contents of heavy metals in tobacco fertilizers of Fujian Province

肥料类型	As	Cd	Cr	Hg	Pb
有机肥	0.49	0.11	106.92	0.24	42.20
饼肥	0.36	0.05	0	0	15.41
烟草专用肥 1	11.99	0.16	18.28	0.22	53.54
烟草专用肥 2	6.35	0.10	8.24	0.05	62.11
钙镁磷肥 1	3.07	0.21	20.19	0	98
钙镁磷肥 2	5.59	0.18	25.82	0.01	101.26
国家限量标准	50	10	500	5	200

表 4 永定县烟区灌溉水中重金属含量(μg/L)

Table 4 Heavy metal contents in tobacco irrigation water of Yongding County

项目	As	Cd	Cr	Hg	Pb
范围	0~0.47	0.01~0.58	0.29~1.63	0.09~0.55	0~5.14
平均值	0.07	0.08	1.09	0.29	2.37
国家限量标准	100	10	100	1	200

注:国家限量标准单位为 mg/L,但由于样品的重金属测定值太低,因此表中测定值和国家限量标准的单位均以 μg/L 表示。

总体上看,永定县属于低山丘陵区,植被覆盖率非常高,达 90% 以上,烟区多处于以种植业为主的地区,工业企业很少,尤其是污染性工业企业更少,已发现的矿产资源总体而言是以非金属矿产为主,而

金属矿则绝大多数是规模小且分布局限,而工业污染轻微的地区,降雨中的重金属一般是很低的^[4],因此永定县烟区生态环境良好。但需要指出的是,永定县属于山地丘陵区,个别地区重金属背景值略高,加上

我国东南地区曾经进口过国外的重金属含量较高的磷肥,个别肥料厂家在生产烟草专用肥时也可能用了重金属含量较高的原料,这可能在一定程度上增加了烟区土壤中重金属的含量。但之后福建省各肥料厂家对肥料的质量控制还是比较严格的,烟草系统在施用的烟草肥料质量上把关也是严格的,这相应降低了肥料带入烟田土壤的重金属量。

3 结论

本研究结果初步表明:福建省烟草肥料、永定县烟田土壤和灌溉水体中重金属的含量普遍低于国家相应的限量标准,目前尚均属安全级别,但个别烟田的土壤 As、Cd、Hg、Pb 含量略高,一种钙镁磷肥中的 Pb 略高,个别灌溉水体中 Hg 略高,需要严把肥料生产原料的质量,防止养殖业粪便乱排乱放。

致谢: 感谢福建省、龙岩市和永定县烟叶公司在野外调查采样中给予的支持和帮助。

参考文献:

- [1] 中国农业科学院烟草栽培所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005
- [2] 张艳玲, 周汉平. 烟草重金属研究概述[J]. 烟草科技/烟草化学, 2004(12): 20-27
- [3] 牟树森. 环境土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1993
- [4] 马啸, 杨志敏, 李云平, 陈玉成. 重庆市主产烟区重金属污染背景特征分析[J]. 三峡环境与生态, 2010, 3(3): 23-29, 59
- [5] 国家环境保护总局. 食用农产品产地环境质量评价标准(HJ 332-2006) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006
- [6] 吴辰熙, 祁士华, 苏秋克, 方敏, 王伟. 福建省兴化湾大气沉降中重金属的测定[J]. 环境化学, 2006, 25(6): 781-784
- [7] 国家环境保护总局. 土壤环境质量标准 (GB15618-1995) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995
- [8] 国家农业部. 农田灌溉水质标准(GB5084-2005) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005
- [9] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态指标(GB/T 23349-2009) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009

Heavy Metal Contents in Soil, Irrigation Water and Fertilizers of Typical Tobacco-planting Region of Fujian Province

WU Xiao-jing^{1,2}, LI De-cheng^{2*}, HU Feng¹, GUO Jin-ping³, ZHUANG Yun^{1,2}, SHI Yi⁴,
XU Yi-ming⁴, WANG Cheng-dong⁴, MA Xing-hua⁴

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3 Fujian Tobacco Research Institute, Fuzhou 350003, China;
4 Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China)

Abstract: Heavy metals in crops are mainly from soils, fertilizers, atmospheric sedimentation, rainfall or irrigation water. We collected the samples of tobacco fertilizers, soils and irrigation water in Yongding County of Fujian Province and analyzed the contents of As, Cr, Cd, Hg and Pb of these samples. The results showed that the measured contents of all heavy metals in all of the samples were lower than the corresponding national limits, which proved the soils, fertilizers and irrigation water now were at the security levels, but the contents of As, Cd, Hg and Pb in a field soil and the content of Pb in a fertilizer were a bit higher which need to be concerned.

Key words: Heavy metals, Tobacco field soil, Irrigation water, Fertilizer, Yongding County