

烤烟重金属来源及其治理技术研究进展

刘天波¹, 刘友梅², 李帆¹, 裴晓东¹

(1. 湖南省烟草公司 长沙市公司, 湖南 长沙 410001; 2. 华中农业大学, 湖北 武汉 430070)

摘要: 分析了烤烟中的重金属含量及其主要来源, 提出了土壤性质调整、土壤修复、农艺措施、生物技术等降低烤烟中重金属的方法, 并就重金属限量标准、烟草 GAP 标准化生产的发展进行了展望。

关键词: 烤烟; 重金属; 来源; 治理技术

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0007-04

Progress on Source of Heavy Metals in Flue-cured Tobacco and Its Control

LIU Tian-bo¹, LIU You-mei², LI Fan¹, PEI Xiao-dong¹

(1. Changsha Filiale of Hunan Province Tobacco Corporation, Changsha 410001, China;

2. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The content and main source of heavy metals in flue-cured tobacco were reviewed and analyzed. Then the current control methods including adjustment of soil properties, soil remediation, agronomic control measures, and biotechnology to reduce the heavy metal content were suggested. Finally the heavy metal limits and GAP standardization production were prospected.

Key words: tobacco; heavy metal; source; control technique

随着人们对“吸烟与健康”问题的重视, 烤烟重金属问题已引起世界各国的普遍重视。1990 年, Hoffman 将砷(As)、镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)、镍(Ni)、硒(Se)、汞(Hg)等重金属列入烤烟 44 种有害成分。重金属元素从生物化学特征上可分为 2 类, 一类是对作物和人畜都有害的, 如 Pb、Cd 和 Hg 等^[1]; 另一类是在常量下对作物或人体有益, 而过量时则出现危害, 如 Cu、Zn、Mn、Cr 等。这些重金属虽然在烟叶中含量极低, 但在烟叶燃吸过程中可通过主流烟气进入人体, 对人体造成潜在危害^[2]。鉴于此, 综述了烤烟重金属来源及其治理技术, 以寻求降低烤烟重金属含量的方法, 为优质烟叶的生产和降低烟草对人类健康的危害提供一定的理论依据。

1 烤烟中重金属含量

卷烟中重金属绝大多数来自原料烟叶, 并以气溶

胶形式存在, 可随烟气进入人体。对世界上 331 个牌号卷烟的研究结果^[3]表明, Cd、Pb 的平均含量分别为 1.15、1.70 $\mu\text{g}/\text{支}$ 。Bronisz 等^[4]研究了 14 种自卷卷烟的 Cd 含量及其在抽吸时的变化, 发现卷烟中主、侧流烟气的 Cd 分布比例分别为 12.5% 和 41.0%, Cd 在肺泡中的沉积占吸入量的 25%~50%, 假定 46% 的主流烟气残留在肺中, 则每抽吸 1 盒烟将吸收 Cd 1.25~1.84 μg 。胡国松^[5]研究表明, 我国主要产烟省贵州省烟叶中的 Cd 含量平均为 3.021 mg/kg, 是黄淮烟叶的 2.3 倍。杨杰等^[6]调查了环神农架地区植烟土壤中 Cr、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Pb、Hg 8 种元素, 其含量均值分别为 75.74、38.28、30.92、107.42、18.07、0.20、38.58、0.06 mg/kg。与山东五莲^[7]和云南烟区^[8]相比, 环神农架地区土壤中 Cd、Pb、Hg 含量明显高于山东五莲土壤, 但 As、Cd、Pb、Hg 含量与云南烟区接近。王树会^[8]研究表明,

收稿日期: 2012-09-10

基金项目: 湖南省长沙市烟草公司科技项目(20100201009)

作者简介: 刘天波(1983-), 男, 湖南临湘人, 助理农艺师, 硕士, 主要从事烟草栽培及病虫害防治研究。

E-mail: tianbolu@126.com

云南主要烟区土壤环境质量总体尚好,但有的地方也受到了轻度污染。潘淑君等^[9]认为,云贵地区烟叶 Cd 平均含量显著高于国内其他烟区,因土壤性质的影响,我国南方烟叶的重金属含量高于北方。

2 烤烟中重金属的主要来源

2.1 土壤沉积

土壤是烤烟重金属的重要来源,烤烟从土壤中吸收重金属并在叶片中蓄积,然后进入卷烟。土壤中重金属含量与成土母质以及人类生产活动密切相关,Boruvka 等^[10]研究认为,土壤中 Cu、Zn、Ni 和 Cr 等元素来源主要是成土母质。何舞等^[11]研究了东莞市土壤中重金属含量,结果表明,Cu、Zn、Ni、Cr 和 As 等 5 种重金属元素来源于成土母质。但是大多数研究表明,土壤中重金属主要受人类生产活动影响,农事操作(施肥、灌溉等)是重金属在土壤中富集的主要来源之一^[12-14],进而影响烤烟中重金属含量。

2.2 大气沉降

土壤中重金属很大一部分是由工业生产、汽车尾气排放产生的有害气体和粉尘等经过自然沉降和降水进入土壤的,主要以 Pb、Zn、Cd、Cr、Cu 等污染为主。工矿企业特别是一些冶炼厂生产的废气飘尘中一般含有大量的 Cd、Pb、Zn、Cu 等重金属元素,其影响周围 2~3 km 的 600~1 000 hm² 农田^[15]。Fakayod^[16]研究表明,在车流密度大的公路两侧土壤中,重金属含量高于车流密度小的公路两侧土壤,且重金属含量随着距公路距离的增大而快速降低。距公路 50 m 左右的地方,重金属含量基本降低到背景值水平。近年来,随着农村经济的发展,我国不少烤烟生产地开始靠近交通繁忙的公路,烟叶经常处于汽车尾气的污染之中,汽车尾气中 50% 的铅尘飘落在距公路 30 m 的范围内,能使 1 kg 烟叶中的 Pb 含量高达数百毫克;一些铅尘落入烟区土壤中形成 Pb 化合物,又给烟叶带来二次污染^[17]。

2.3 污水灌溉

污水灌溉一般指使用未经处理的城市污水灌溉农田。近年来,污水灌溉已成为农业灌溉用水的重要组成部分,自 20 世纪 60 年代至今,我国污灌面积迅速扩大,以北方旱作地区污灌最为普遍,约占全国污灌面积的 90% 以上。南方地区的污灌面积仅占 6%,其余在西北和青藏地区^[18]。城市污水包括生活污水、商业污水和工业废水。由于城市工业化的迅速发展,大量的工业废水涌入河道,使城市污水中含有许多重金属离子,污灌导致土壤重金属 Hg、

Cd、Cr、As、Cu、Zn、Pb 等含量增加。云南、贵州、四川、湖南等地是我国重要的烤烟种植区,但也是我国有色金属的重要矿区,工矿企业污水未经分流处理排入河流,造成污灌区土壤重金属 Hg、Cd、Cr、Pb 等含量逐年增加,进而影响烤烟重金属含量。

2.4 烟用物资

农药、化肥和地膜是重要的烟用物资,但长期不合理施用,也可导致烤烟重金属含量升高。目前,烟用农药中绝大多数为有机化合物,少数为有机-无机化合物或纯矿物质,个别农药的组成中还含有 Hg、As 等重金属,如果连续施用,必将增加烤烟中重金属含量,同时也严重影响烟株生长发育。另外,有些除杀真菌的农药也常含有 Cu 和 Zn,如被大量用于烤烟病害防治,常会造成土壤 Cu、Zn 累积至有毒的程度。制造化肥的矿物原料及化工原料中,部分也含有多种重金属放射性物质和其他有害成分,它们随施肥进入烟田土壤造成重金属污染。据统计,人类活动对土壤 Cd 的贡献中,磷肥占 54%~58%^[19]。过多施用磷肥会使土壤 Cd 含量比一般土壤高数十倍甚至上百倍,长期积累将造成土壤 Cd 污染。牲畜粪便类有机肥中也常有 Cu 和 Zn 超标的现象,这是因为饲料添加剂中往往添加了过量的 Cu 和 Zn,施用这类有机肥也可能造成土壤 Cu、Zn 的积累,给烤烟生产造成潜在的危害^[20]。此外,烤烟种植中常采用地膜覆盖,烟用地膜生产应用的热稳定剂中往往含有 Cd 和 Pb,在大量使用塑料薄膜的温室大棚和烟田中,如果不及时清除残留在土壤中的薄膜(或农膜),亦可能会使其中的重金属进入土壤并形成烤烟重金属累积^[21]。

2.5 废弃物堆积

废弃物堆积也是烤烟重金属来源之一,废弃物主要是指工矿业固体废弃物和生活垃圾。含重金属的废弃物种类繁多,不同种类废弃物的危害方式和污染程度也不一样。其中,矿业和工业固体废弃物污染最为严重,这类废弃物在堆放或处理过程中,由于日晒、雨淋、水洗,重金属极易移动,以辐射状、漏斗状向周围土壤、水体扩散,极易引起土壤重金属累积^[22]。有一些固体废弃物被直接或通过加工作为肥料施入土壤,如在烤烟种植中使用的钙镁磷肥,一般含有微量的重金属,易造成土壤重金属污染。未经处理的生活垃圾中往往含有大量的重金属,严重污染土壤、水体和植物,这在利用污泥和垃圾的农用堆肥中更为严重,目前少数烟区利用含有重金属的煤灰、火土灰等制作堆肥,然后施用到烟田,也是烤烟重金属可能来源之一,应该引起重视。

3 烤烟中重金属的治理技术

目前,烤烟重金属的治理技术主要基于土壤重金属有效防控和烤烟重金属有效防控 2 个方面,土壤重金属有效防控又分为土壤性质调整和污染后修复改良,烤烟重金属有效防控则主要包括农艺措施和生物技术应用。

3.1 土壤性质调整

烤烟对重金属的吸收形式主要是土壤中重金属的有效态。降低植烟土壤中重金属的含量,关键是将重金属变为不活动状态,比较便捷的方法是土壤性质调整,主要包括肥料调节和土壤 pH 值调控。肥料调节主要是指使用适量有机肥和其他重金属含量较低的肥料,这是因为,有机肥中的有机胶体和黏土矿物^[23]对土壤中重金属有一定的吸附力,能增加土壤有机质,改良砂性土壤,促进土壤对有毒物质的吸附作用,较好地提高土壤自净能力。土壤 pH 值常被看作土壤的重要变量,对土壤的氧化还原、沉淀溶解、吸附解吸和配合反应起一定的支配作用,酸性条件增加了土壤内重金属溶解与释放,同时土壤 pH 值与烤烟中 Cd、Pb、Cu、Zn、Mn 含量呈显著负相关。研究发现,通过施用煤渣灰、生石灰等可增加土壤 pH 值,对降低土壤 Cd 活性和抑制烤烟对 Cd 的吸收有一定作用^[24]。

3.2 土壤修复

3.2.1 化学修复 化学修复是向污染土壤投入改良剂、抑制剂,增加土壤有机质、阳离子代换量和黏粒的含量,改变土壤 pH 值、氧化还原电位和电导等理化性质,使土壤重金属发生氧化、还原、沉淀、吸附、抑制和拮抗等作用,以降低重金属的生物有效性^[25]。如向土壤中加入固化剂,增强土壤的吸附或沉淀作用,降低重金属的生物有效性,或者通过有机质中的腐殖酸络合重金属离子生成难溶的络合物,而减轻土壤重金属的污染,减少烤烟重金属来源。

3.2.2 生物修复 生物修复主要是指向污染土壤投放微生物进行土壤修复。微生物虽然不能降解和破坏重金属,但可通过改变重金属的化学或物理特性而影响重金属在环境中的迁移与转化^[26]。尽管生物修复费用少,操作简便,且无二次污染问题,但目前大多数技术仍局限在科研和实验室水平,在植烟土壤上进行生物修复的研究实例报道较少。

3.2.3 物理修复 物理修复方法主要有换土和深耕翻土法、客土稀释、热处理法等^[27]。翻耕是把污染重的表层翻至下层,而把污染轻的下层翻为表层。客土是指在污染土壤上覆盖一层净土。换土则是先

将受污染的表土挖走,然后再填入同等厚度的新土。物理修复方法能有效减少重金属对环境的影响,但是工程量大、费用高,只适合于受重金属污染严重的面积较小且集中的土壤,同时还存在着占用土地、易渗漏、污染环境等不良影响,因此,不适用于烤烟类经济作物。

3.2.4 植物修复 植物修复是利用植物的生物吸收和根区修复机制从污染环境中去除污染物或将污染物予以固定^[28],与治理重金属污染土壤的传统技术相比有很大优势。可用以修复的植物包括高等植物界的许多植物,如野生的草、蕨以及栽培的树木、草皮和作物。修复植物应具备在污染土壤上能正常生长,自身生长没有被抑制的特点。植物修复可以美化污染地点的环境,处理有毒废物只需要少量的设备,并且在处理植物的同时可回收利用重金属,效果较为理想。

3.3 农艺措施

烤烟从土壤中吸收重金属,不仅取决于其在土壤中的重金属含量,而且也受土壤性质、水分条件、施肥种类和数量、栽培方式以及耕作制度等农艺措施的影响。因此,可以通过施肥、灌溉、施药等农艺措施来影响烟叶对重金属的吸收和积累。研究结果表明,烤烟对 As、Hg、Pb、Cd 的吸收表现为高施肥水平>低施肥水平>中等施肥水平^[29]。与新开发和施用低肥土壤相比,施用高肥和含铜杀菌剂的土壤重金属含量较高,而且在这些土壤上生长的烤烟重金属含量也较高。土壤中重金属的活性也受土壤的氧化还原状况影响,与土壤的水分状况有密切联系。通过调节土壤水分可以控制重金属在土壤-植物系统中的迁移,降低土壤的氧化还原电位,降低重金属 Cd 的活性,减小对烤烟的危害。

3.4 生物技术

不同烤烟品种吸收重金属的能力有一定差异,筛选对重金属富集能力较低的烤烟品种有利于防控烤烟对重金属的吸收。国际上一些知名烤烟公司和研究机构正采用生物技术和基因工程技术对烤烟品种进行改良,利用转基因技术改变烤烟体内的代谢基因来控制烤烟叶片的重金属含量,减少烤烟中重金属的富集,提高烤烟对重金属的抗性。如 De Bome 等^[30]将编码哺乳动物金属硫蛋白(metallotionein)的基因转入烤烟,获得强烈表达该基因的转基因烟株,其叶片 Cd 含量显著降低,而根和茎中的含量较高,改变了普通烤烟叶片高于其他部位的规律。Wagner 等^[31]研究也发现,转金属硫蛋白基因的白肋烟品种 KY14 田间转化株叶片中积累的

Cd 比非转基因对照低 16%, 说明金属硫蛋白改变了烤烟对 Cd 的吸收积累, 减少了 Cd 向叶片的迁移, 在降低烤烟对 Cd 的积累中显示出很大的潜力^[32]。利用生物技术降低烤烟中的重金属含量越来越受到人们的关注, 正在成为烤烟重金属研究中一个新的热门课题。

4 展望

随着“吸烟与健康”问题的升温以及《烟草控制框架公约》的签署, 烟叶安全性问题越来越受到世界卷烟企业的重视, 具有较高可用性的绿色优质烟叶原料将成为烟草行业生存与发展的物质基础, 烤烟重金属含量防控必将成为烤烟质量安全控制的重要内容。因此, 研究制定烟叶重金属及有害物质限量标准, 对主要烟区的土壤和水环境质量进行分析和分类, 加强烤烟 GAP (good agricultural practices, 良好农业规范) 基地的建设^[33], 实行烟叶 GAP 标准化生产, 优化烟区布局, 对有效降低烤烟重金属含量、提高烟叶生产安全性具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 袁祖丽, 李春明, 熊书萍, 等. Cd, Pb 污染对烟草叶片叶绿素含量、保护酶活性及膜脂过氧化的影响[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(1): 15-19.
- [2] 史宏志. 烤烟农业减害技术研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(11): 3443-3444.
- [3] 张艳玲, 周汉平. 烟草重金属研究概述[J]. 烟草科技, 2004, 2(12): 21-23, 27.
- [4] Bronisz H, Szost T, Lipske M, *et al.* (In Polish) Cadmium content in cigarettes[J]. Bromat Chem Toksykol, 1983, 16(2): 121-127.
- [5] 胡国松. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价[J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36-43.
- [6] 杨杰, 陈江华, 曹仕明, 等. 环神农架地区植烟土壤重金属评价及其富集特征[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(1): 31-34.
- [7] 牛柱峰, 杜永利, 崔丙慧, 等. 五莲植烟土壤及烟叶中重金属、农药残留状况研究[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(1): 26-28.
- [8] 王树会. 云南烟区主要植烟土壤环境质量调查与评价[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊): 579-581.
- [9] 潘淑君, 李无双, 王荣琴. 烟草中重金属含量防控途径探讨[J]. 天津科技, 2010(6): 96-97.
- [10] Boruvka L, Vacek O, Jehlicka J. Principal component analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soils[J]. Geoderma, 2005, 128: 289-300.
- [11] 何舞, 王富华, 杜应琼, 等. 东莞市土壤重金属污染现状、污染来源及防治措施[J]. 广东农业科学, 2010, 9(4): 211-213.
- [12] Chang A C, Page A L. Trace elements slowly accumulating depleting in soils[J]. Calif Agric, 2000, 54(2): 49-55.
- [13] Chen W, Krage N, Wu L. Arsenic, cadmium and lead in California cropland soils role of phosphate and micronutrient fertilizers[J]. J Environ Qua, 2008, 37: 689-695.
- [14] Grant C A, Bailey L D. Effects of phosphorus and zinc fertilizer management on cadmium accumulation in flaxseed [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, 73: 307-314.
- [15] 张玉烛, 王凯荣, 刘见平, 等. 稻米质量安全控制技术研究示范[J]. 作物研究, 2006, 5(4): 287-296.
- [16] Fakayod Lee. Heavy metal contamination of settling particle in a retention pond along the A-71 motorway in Sollogne, France[J]. Sci Total Environ, 1997, 201(1): 1-15.
- [17] 曹祥练, 孙敬国, 卢红良. 重金属对烤烟产量及品质影响的研究进展[J]. 河北农业科学, 2009, 13(9): 3-6, 9.
- [18] 陈怀满, 郑春荣. 中国土壤重金属污染现状与防治对策[J]. 人类环境杂志, 1999, 28(2): 130-134.
- [19] 林忠辉, 陈同斌. 磷肥杂质对土壤生态环境的影响[J]. 生态农业研究, 2000, 8(2): 47-50.
- [20] 任顺荣, 邵玉翠, 高宝岩, 等. 长期定位施肥对土壤重金属含量的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 14(6): 921-924.
- [21] 曾希柏, 李莲芳, 梅旭荣. 中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2507-2517.
- [22] 邵学新, 吴明, 蒋科毅. 土壤重金属污染来源及其解析研究进展[J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(4): 1-6.
- [23] 张秋芳. 土壤重金属污染治理方法概述[J]. 福建农业学报, 2000, 16(15): 200-203.
- [24] 郝秀珍, 周东美, 王五军, 等. 泥碳和化学肥料处理对黑麦草在铜尾矿砂上生长影响的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 545-548.
- [25] 闫兴凤, 李高平, 王建党, 等. 土壤重金属污染及其治理技术[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(1): 52-54.
- [26] 陈玉成. 土壤污染的生物修复[J]. 环境科学动态, 1999(2): 7-11.
- [27] 董悦, 刘晓群, 李翠兰, 等. 土壤重金属污染研究进展[J]. 现代农业科技, 2009, 39(4): 143-145.
- [28] 王晓敏, 王书成, 郎玉卓, 等. 重金属对烟草的影响及其治理[J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 15-17.
- [29] 张晓海. 不同施肥水平下烤烟对重金属元素的吸收分配研究[J]. 农业网络信息, 2005(11): 144-146.
- [30] De Bome F D, Elmayan T, De Roton C, *et al.* Cadmium partitioning in transgenic tobacco plants expressing a mammalian metallothionein gene[J]. Mol Breed, 1998, 4(2): 83-90.
- [31] Wagner G J, Maiti I B, Nielsen M T, *et al.* Genetic engineering of tobacco to lower cadmium content of leaves [M]. Budapest: Agro-Phyto Groups, CORESTA Congress, 1992.
- [32] 苏贤坤, 庄文贤, 李继新, 等. 重金属对烤烟的影响及其治理技术与策略[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(4): 57-61.
- [33] 刘政, 胡亚杰, 韦建玉, 等. GAP 在我国烟草中的发展、影响及对策[J]. 天津农业科学, 2012, 18(4): 65-68.