

我国烟用肥料中重金属含量调查分析^①

武小净^{1,2}, 李德成^{1*}, 石屹³, 马兴华³, 刘海伟³

(1 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; 2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 3 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101)

摘要: 采集了我国 12 个主要植烟省份 2010—2011 年期间使用的 95 个烟用肥料样品(其中有机肥样品 28 个、无机复混肥样品 39 个、磷肥样品 13 个、钾肥样品 15 个), 测定了其重金属 As、Cd、Cr、Hg 和 Pb 的含量。结果表明: 我国烟用肥料中重金属含量均低于相应的国家限量标准, 无超标现象, 其中 Pb、Cr 含量相对较高, Cd、As、Hg 含量相对较低; 磷肥中 5 类重金属含量都较高, 无机复混肥中 As、Cd、Pb 含量较高, 有机肥中 Hg、Cr 含量较高, 钾肥中 Cr 和 Cd 含量较高; 黄淮烟区的肥料重金属含量较高, 尤其是 Cd 和 Cr。

关键词: 烟用肥料; 重金属; 超标; 烟区

中图分类号: X-759

肥料是作物生长过程中必不可少的养分来源, 但由于肥料的组成和成分的复杂性, 导致肥料施用存在一定的安全风险, 其中重金属就是一个较为突出的问题。烟草是一种较易吸收和富集重金属的植物, 当含有重金属的肥料施入土壤后, 烟草植株通过植物吸收过程中的生物富集吸收重金属, 导致其体内重金属浓度增高, 进而影响烟叶质量安全^[1]。鉴于过量重金属对人体的潜在危害, 早在 1990 年 Hoffmann 清单就列出了包括 As、Cd、Cr、Pb、Ni、Se、Hg 等重金属在内的烟草有害成分^[2]。2010 年的一篇报道指出国产 13 个品牌卷烟 Pb、As 和 Cd 等重金属含量与加拿大产香烟相比最高超出 3 倍以上^[3], 更加引起了人们对国产香烟安全性的关注, 烟草重金属安全已成为今后一个阶段我国烟草行业必须面对的问题。

肥料中重金属含量的调查对于有效控制重金属进入土壤具有重要意义。张艳玲等^[4]调查了环神农架周边 4 县 16 种主要烟用肥料的重金属含量, 发现不同肥料间在重金属含量上存在一定的差异。陈海燕等^[5]研究了贵州三元复混肥、普通过磷酸钙、钙镁磷肥、有机-无机复混肥料、有机肥料 5 种肥料中重金属含量, 发现 5 类化肥均含有一定量的重金属, 但其含量未超过国家限定标准, 其中有机-无机复混肥料 Cd、Hg、As、Pb 含量都为最高, 有机肥料中的 Cd、As、Pb 含量仅

次于有机-无机复混肥料, 钙铁磷肥中的 Cr 含量最高。

我国肥料生产和施用具有较为明显的地域性, 各烟区一般都是施用本地区生产的肥料。我国植烟区域分布广, 烟草肥料种类丰富、原料多样, 有关国家尺度上的烟用肥料重金属含量情况目前总体上鲜见报道。本文调查分析了我国主要植烟省份的烟用肥料中重金属 As、Cd、Cr、Hg、Pb 含量情况, 旨在全面反映国家尺度上烟用肥料中重金属含量情况, 为各地区合理选择施用烟用肥料提供科学参考。

1 材料与amp;方法

1.1 样品采集与方法

本次调查在全国五大烟区的 12 个主要植烟省采集肥料样品, 覆盖北方烟区(黑龙江和吉林)、东南烟区(安徽、江西、湖南、福建)、黄淮烟区(山东和河南)、西南烟区(云南和贵州)和长江中上游烟区(湖北、湖南和陕西)^[6]。

所采肥料样品为各省烟叶生产中 2010—2011 年度施用的有机肥(包括饼肥、烟草有机肥等)、无机复混肥(包括烟草专用肥、复合肥)、磷肥(包括钙镁磷肥和过磷酸钙)以及钾肥(包括硝酸钾、硫酸钾), 遵循同一厂家生产的同一型号肥料不重复采样的原则, 合计采集了 95 个肥料样品(表 1), 其中, 有机肥样品 28

基金项目: 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大科技专项低危害烟叶开发项目(110201101006(TS-06))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, 主要研究领域为恢复生态学。E-mail: 2010103030@njau.edu.cn

表1 我国烟用肥料采样情况
Table 1 Information of tobacco fertilizer samples of China

地区	黑	吉	陕	鲁	豫	皖	鄂	赣	湘	闽	黔	滇	合计
肥料数量	2	9	3	12	11	7	10	4	16	7	8	6	95

个,无机复混肥样品 39 个,磷肥样品 13 个,钾肥样品 15 个。

肥料采集方法为:对每一类袋装肥料,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。取完后充分混合,用四分法进行缩分至 1 kg,分装于清洁和干燥的 PVC 塑料自封袋,密封好用橡皮筋扎紧,用记号笔在塑料袋标注样品编号,存放于干燥、凉爽、避光的环境待测。

1.2 样品测定与分析

As 和 Hg 测定方法为:依据国家标准 GB18877-2002^[7],盐酸/硝酸($v:v=3:1$)消解,原子荧光光度计法。Cd、Cr 和 Pb 测定方法为:称样约 0.25 g(不超过 0.25 g)置于 50 ml 三角瓶中,加入 10 ml 硝酸(优级纯),盖上小漏斗在 150 ~ 200 电热板上进行硝煮蒸至约 1 ml

取下,冷却后用 5% 的硝酸溶解并转移至 25 ml 容量瓶中,原子分光光度计检测。每个肥料样品重复测定 3 次。

肥料样中重金属 Pb、Cd、Cr、As、Hg 限量参照国家标准 GB/T23349-2009^[8],As、Cd、Cr、Hg 和 Pb 的限量分别为 50、10、500、5 和 200 mg/kg。

2 结果与讨论

2.1 烟用肥料中不同重金属元素含量差异

表 2 为所采肥料样品中重金属的测定结果。各类烟用肥料均检测到重金属 As、Cd、Cr、Hg 和 Pb,其中 Pb 含量最高,其次为 Cr,两者含量范围分别为 0.72 ~ 111.39 mg/kg 和 ND ~ 424.54 mg/kg,平均分别为 54.35 mg/kg 和 25.79 mg/kg;As、Cd、和 Hg 含量较小,三者含量范围分别为 0.00 ~ 40.27、ND ~ 7.87 和 ND ~ 4.44 mg/kg,平均分别为 4.61、1.88 和 0.33 mg/kg。

表2 我国主要烟区不同烟用肥料重金属含量
Table 2 Heavy metal contents in tobacco fertilizers of China

元素	有机肥		无机复混肥		磷肥		钾肥	
	含量 (mg/kg)	变异系数 (%)	含量 (mg/kg)	变异系数 (%)	含量 (mg/kg)	变异系数 (%)	含量 (mg/kg)	变异系数 (%)
As	0 ~ 13.71(3.14)	124.2	0.08 ~ 40.27(7.21)	95.2	0.05 ~ 7.79(4.19)	57.8	0.03 ~ 0.87(0.25)	105.1
Cd	ND ~ 7.87(1.59)	128.1	0.05 ~ 7.82(1.69)	108.3	0.19 ~ 5.04(2.61)	70.6	ND ~ 5.25(2.43)	66.8
Cr	ND ~ 200.60(27.88)	161	ND ~ 109.21(14.28)	131.1	7.74 ~ 424.54(85.70)	156.4	ND ~ 18.64(5.31)	119.9
Hg	ND ~ 4.44(0.45)	219.4	ND ~ 3.13(0.26)	241.8	ND ~ 3.26(0.60)	181.6	ND ~ 0.12(0.03)	103.1
Pb	0.72 ~ 87.01(33.53)	59.2	15.42 ~ 89.78(54.80)	26.7	37.67 ~ 111.39(83.23)	27.3	31.75 ~ 99.30(71.80)	28.6

注:表中重金属含量数据为范围(平均值),ND:未测到,计算平均值时按 0 计;下同。

Cr、Cd、Hg 的变异系数较大,三者的变异系数范围分别为 119.9% ~ 160%、66.8% ~ 128.1% 和 103.1% ~ 241.8%,说明肥料中重金属含量与肥料所在烟区和肥料类型密切相关。我国肥料生产工艺复杂,原料众多,可能导致肥料中各种重金属含量的不同。

2.2 烟用肥料重金属超标情况

依据国家标准 GB/T23349-2009^[8],测定的烟用肥料中 As、Cd、Cr、Hg 和 Pb 含量都远低于相应的限量标准值,没有重金属超标现象。但值得注意的是无机复混肥中的 As,有机肥和无机复混肥中的 Cd,磷肥中的 Cr,有机肥中的 Hg,磷肥中的 Pb 含量分别有少数样品较接近相应的限量,应引起重视。

2.3 不同烟用肥料类型中重金属含量差异

为了更清楚反映不同烟用肥料类型中的重金属含量的差异,将 5 种重金属按含量高低进行级别划分(表 3)。

As:钾肥 As 含量较低,平均值为 0.25 mg/kg;85% ~ 100% 的有机肥与钾肥的 As 含量分布在 0 ~ 5 mg/kg;磷肥和无机复混肥 As 含量较高,其平均值分别是钾肥的 17 倍和 29 倍;44% ~ 55% 的无机复混肥与磷肥的 As 含量分布在 5 ~ 10 mg/kg。

Cd:各类肥料中 Cd 含量差异较小,平均值范围为 1.59 ~ 2.61 mg/kg;磷肥中 Cd 含量较高,平均值为 2.61 mg/kg;有机肥中含量较低,平均值为 1.59 mg/kg。

表 3 不同类型烟用肥料重金属含量分布
Table 3 Content distribution of heavy metals in various tobacco fertilizers

重金属	肥料	重金属含量分级(mg/kg)及对应频率(%)				
		0~5	5~10	10~15	15~20	40~45
As		0~5	5~10	10~15	15~20	40~45
	有机肥	81.48	7.41	11.11	0	0
	无机复混肥	38.47	43.59	7.69	7.69	2.56
	钾肥	100.00	0	0	0	0
	磷肥	45.45	54.55	0	0	0
Cd		0~2	2~4	4~6	6~8	
	有机肥	70.37	22.22	0	7.41	
	无机复混肥	71.05	21.05	2.64	5.26	
	钾肥	38.47	38.46	23.07	0	
	磷肥	36.37	27.27	36.36	0	
Cr		0~50	50~100	100~250	400~450	
	有机肥	84.62	7.69	7.69	0	
	无机复混肥	94.88	2.56	2.56	0	
	钾肥	100.00	0	0	0	
	磷肥	72.73	0	18.18	9.09	
Hg		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
	有机肥	85.19	7.41	3.70	0	3.70
	无机复混肥	94.88	0	2.56	2.56	0
	钾肥	100.00	0	0	0	0
	磷肥	81.82	0	9.09	9.09	0
Pb		0~50	50~100	100~150		
	有机肥	73.08	26.92	0		
	无机复混肥	23.68	76.32	0		
	钾肥	23.08	76.92	0		
	磷肥	9.09	63.64	27.27		

Cr和Hg 钾肥中Cr含量最低,平均值为5.31 mg/kg;磷肥中Cr含量最高,有机肥中其次,其平均值分别是钾肥的16.14倍和5.25倍;72.73%~84.62%的磷肥和有机肥Cr含量分布在0~50 mg/kg,但两者Cr在高含量段(100~250 mg/kg和400~450 mg/kg)均有分布。Hg同Cr也有相似规律,81.82%~100%肥料Hg含量分布在0~1 mg/kg。

Pb:有机肥中Pb含量最低,平均值为33.53 mg/kg;磷肥中最高,平均值为83.23 mg/kg。73.08%的有机肥Pb含量分布在0~50 mg/kg;而63.64%~76.32%的其他肥料Pb含量分布在50~100 mg/kg,27.27%的磷肥Pb含量集中在100~150 mg/kg。

总体上看,磷肥中As、Cr、Cd、Hg、Pb含量最高,无机复混肥中As和Pb含量较高,钾肥中Cd和Pb含量较高,有机肥中Cr和Hg含量较高。本研究中无机复混肥、有机肥和磷肥中重金属As、Cr、Cd、Hg含量变幅较大,说明同种类型肥料的不同产品间质量不同,提高肥料质量,控制重金属含量

对烟草的安全种植尤为重要。

2.4 不同烟区烟用肥料的重金属含量差异

本文所涉及烟区均施用无机复混肥,但各烟区其他肥料的施用情况存在一定的差异,依据各烟区采集到的肥料类型,分析不同烟区的肥料中重金属含量情况(表4)。

1) 有机肥。As、Cr、Hg:长江中上游烟区含量最低,平均值分别是1.78、9.34和0.061 mg/kg,黄淮烟区含量最高,平均值分别是长江中上游烟区的2.29、4.29、15.5倍;黄淮烟区有机肥Cr和Hg含量变幅较大,在高含量段均有10%~11.1%的分布,各烟区的有机肥有70%~100%的样品Cr、As、Hg含量分布在相应重金属的最低含量段。

Cd、Pb:东南烟区Cd含量最低,平均值为0.46 mg/kg,黄淮烟区最高,其平均值为前者的6倍;西南烟区Pb含量最高,其平均值为39.06 mg/kg,但各烟区Pb含量差异较小,平均值范围为31.3~39.06 mg/kg。

表4 不同烟区肥料重金属含量(mg/kg)
Table 4 Heavy metal contents in tobacco fertilizers of various regions

烟区	肥料种类	As	Cd	Cr	Hg	Pb
北方烟区	复混肥	5.54 ~ 5.97(5.74)	1.66 ~ 2.02(1.80)	11.52 ~ 28.23(21.01)	0.02 ~ 0.43(0.160)	55.76 ~ 59.59(57.60)
	钾肥	0.06 ~ 0.87(0.31)	1.96 ~ 4.15(2.51)	2.65 ~ 18.64(8.12)	0.01 ~ 0.06(0.026)	56.87 ~ 99.30(83.64)
东南烟区	有机肥	0.32 ~ 4.19(1.21)	0.03 ~ 2.23(0.46)	ND ~ 106.92(28.72)	ND ~ 1.41(0.230)	10.67 ~ 51.37(32.75)
	复混肥	0.61 ~ 40.27(7.51)	0.05 ~ 5.10(0.54)	ND ~ 19.79(9.04)	ND ~ 0.22(0.038)	20.59 ~ 77.94(56.66)
	磷肥	1.22 ~ 5.59(2.88)	0.15 ~ 4.04(1.16)	20.19 ~ 424.54(126.76)	0.00 ~ 0.01(0.005)	92.39 ~ 105.43(99.27)
黄淮烟区	钾肥	0.03 ~ 0.43(0.25)	ND ~ 1.17(0.37)	ND ~ 5.63(0.30)	ND ~ 0.03(0.010)	63.83 ~ 81.06(73.45)
	有机肥	0.05 ~ 12.78(4.08)	0.1 ~ 7.87(2.80)	ND ~ 200.60(40.80)	0.01 ~ 4.44(0.930)	0.72 ~ 87.01(31.30)
	复混肥	2.76 ~ 9.95(5.89)	1.18 ~ 3.13(2.35)	8.85 ~ 109.21(31.64)	0.03 ~ 0.97(0.250)	33.06 ~ 59.38(46.92)
西南烟区	钾肥	0.05 ~ 0.39(0.18)	3.11 ~ 5.25(4.38)	0.72 ~ 7.36(3.15)	0.03 ~ 0.12(0.075)	31.75 ~ 48.58(41.98)
	有机肥	0.24 ~ 13.71(5.29)	0.21 ~ 2.12(1.32)	2.68 ~ 39.89(16.85)	0.07 ~ 0.34(0.170)	18.49 ~ 53.15(39.06)
长江中上游烟区	复混肥	1.77 ~ 11.52(6.74)	1.28 ~ 7.82(3.55)	1.47 ~ 7.99(5.61)	0.02 ~ 2.45(0.570)	55.38 ~ 65.63(59.96)
	有机肥	0.00 ~ 4.86(1.78)	ND ~ 2.53(1.13)	ND ~ 33.34(9.34)	0.02 ~ 0.12(0.061)	16.48 ~ 60.68(35.27)
	复混肥	0.08 ~ 17.28(8.47)	0.53 ~ 2.66(1.65)	0.39 ~ 21.17(12.14)	0.01 ~ 3.13(0.410)	15.42 ~ 89.78(53.16)
	磷肥	3.82 ~ 7.79(5.83)	2.52 ~ 3.45(3.14)	12.32 ~ 18.75(15.84)	0.08 ~ 3.26(1.840)	59.01 ~ 68.51(64.92)

2) 无机复混肥。Cr、Cd：西南烟区的Cr、东南烟区的Cd含量最低,平均值分别为5.61、0.54 mg/kg；黄淮烟区这2种重金属含量较高,平均值分别是烟区最低含量的5.6倍和4.4倍。各烟区71.4%~100%的肥料Cr含量集中在0~50 mg/kg；东南烟区92.31%的肥料样品Cd含量分布在0~1 mg/kg,其他烟区50%~66.67%的肥料样品Cd含量分布在1~2 mg/kg；而黄淮烟区的肥料样品这2种重金属在高含量段有28.6%~50%的分布频率。

As和Hg：东南烟区的Hg和北方烟区的As在5大烟区中含量最低,平均值分别是0.038 mg/kg和5.74 mg/kg,长江中上游烟区的Hg、As含量最高,平均值分别是最低值的10倍和1.5倍。83.39%~100%的肥料样品Hg含量分布在0~1 mg/kg。各个烟区的无机复混肥As含量变幅较大,北方烟区100%的肥料样品As含量分布在5~10 mg/kg,其他烟区均有30%~45%的无机复混肥样品分布在0~5 mg/kg或5~10 mg/kg,长江中上游烟区有30%的无机复混肥样品As含量高达15~20 mg/kg。

Pb：黄淮烟区Pb含量最低,平均值为46.92 mg/kg,其他烟区Pb含量变幅较小,平均值范围为53.16~59.96 mg/kg。50%~100%的烟区肥料样品集中在50~100 mg/kg。

3) 磷肥。Cr、Pb：东南烟区所有的磷肥样品都高于长江中上游烟区,平均值分别是126.76、99.27 mg/kg,分别是长江中上游烟区的8倍和1.5倍；东南烟区的磷肥Cr含量变幅较大,在400~450 mg/kg有25%的分布频率。

As、Cd、Hg：磷肥中的这3种重金属含量属长江中上游烟区较高,平均值依次是5.83、3.14、1.840 mg/kg,分别是东南烟区的2倍、3倍、368倍,东南烟区的磷肥Hg含量很低,最高值为0.01 mg/kg。

4) 钾肥。As、Cr、Pb：黄淮烟区含量最低,平均值分别是0.18、3.15和41.98 mg/kg,北方烟区含量最高,平均值分别是0.31、8.12和83.64 mg/kg。

Cd和Hg：其含量差异与As、Cr和Pb相反,东南烟区钾肥Hg和Cd含量最低,平均值依次是0.010、0.37 mg/kg,黄淮烟区最高,平均值分别是前者的8和12倍。

北方烟区钾肥Cr、As、Pb和黄淮烟区的Hg和Cd在高含量段均有30%~33%的分布频率,而67%~100%的黄淮烟区钾肥Cr、As、Pb和东南烟区钾肥Hg和Cd分布在各种重金属的最低含量范围内。

由上述分析可知：黄淮烟区的无机复混肥中的Cd、Cr和有机肥中的Cd、Cr、As、Hg含量较高,钾肥中的Cd、Hg含量较高；长江中上游烟区的无机复混肥中的Hg、As和磷肥中的As、Cd、Hg含量较高；东南烟区磷肥中的Cr和Pb含量较高,西南烟区的无机复混肥中的Cd含量较高。

2.5 讨论

本次调查的这12个种烟大省的95个烟用肥料重金属含量都低于相关的国家限量标准。虽然烟用肥料中的重金属不可避免,但各地烟草公司在肥料选择使用上基本能够严格把关,按各项指标的限量标准仔细筛选采购优质肥料,因此整体而言我国烟用肥料质量良好。

本次调查发现:磷肥中 As、Cr、Cd、Hg、Pb 含量较高,无机复混肥中 As 和 Pb 含量较高,有机肥中 Cr 和 Hg 含量较高。其他研究者对化肥和有机肥中有害元素的含量调查也得出类似的结论^[4-5,9-11]。复混肥中的重金属主要来源于磷肥,我国生产磷肥的磷矿石通常含有较多的 Cd 和其他重金属,而常用的生产工艺也使磷矿石中 60%~90% 的 Cd 和其他重金属进入磷肥中^[12]。长期、大量施用含 Cd 量高的肥料,会对土壤和作物带来严重后果^[13-14]。周焱等^[15]对浙江省肥料重金属含量的研究发现,有机肥料与其相应的有机物料中的 5 种重金属元素的含量均呈显著正相关,有机肥料中较高的重金属含量主要来自于有机肥源。林葆^[16]指出,近年来因饲料添加剂的应用,使化工化养殖场的畜禽排泄物中含有较高的重金属。任顺荣等^[17]和刘荣乐等^[18]也认为有机肥料中高含量的 As、Hg 等可能与饲料添加剂有关。因此,可以认为肥料中重金属含量的高低与原料和生产工艺密切相关,严格筛选原料是控制肥料中重金属的关键。为保证有机肥的安全施用,降低有机肥中重金属含量,应严格管理畜牧业生产,尤其应严格控制饲料生产中添加剂的用量,从而降低畜禽粪便中重金属的含量,从源头上保护烟叶种植的安全^[17,19]。

我国烟用肥料中重金属含量存在明显的地域差异,黄淮烟区施用的多种肥料重金属较高,尤以重金属 Cd、Cr 特别明显。张艳玲等^[20]的研究发现 Pb 和 Cd 可能是目前我国烟叶中的主要重金属元素,随 Cd 浓度的增加,烤烟烟叶中的化学成分组成不利于烟叶香吃味的形成。黄淮烟区作为浓香型烟叶的产地,保证烟叶品质尤为重要。各大烟区应在了解并摸清当地烟用肥料中重金属含量特点的基础上,结合当地的生态环境重金属情况,合理选择施用肥料,尽量减少肥料中重金属对烟叶品质的影响。

3 结论

1) 我国烟用肥料中重金属含量都低于国家的相应限制标准。

2) 烟用肥料中 Pb、Cr 含量较高,Cd、As、Hg 含量较低。磷肥中 As、Pb、Cd、Cr、Hg 含量都较高,无机复混肥中 As、Cd、Pb 含量较高,有机肥中 Hg、Cr 含量较高,钾肥中 Pb 和 Cd 含量较高。

3) 烟用肥料中重金属含量存在明显的地域差异。黄淮烟区的无机复混肥中的 Cd、Cr 和有机肥中的 Cd、Cr、As、Hg 含量较高,钾肥中的 Cd、Hg 含量较高;长江中上游烟区的无机复混肥中的 Hg、As

和磷肥中的 As、Cd、Hg 含量较高;东南烟区的磷肥中 Cr 和 Pb 含量较高,西南烟区的无机复混肥中的 Cd 含量较高。

致谢:本研究在调查采样过程中得到了各省、地、市、县烟叶公司及相关人员的大力协助和支持,谨此一并致谢!

参考文献:

- [1] 张艳玲,周汉平.烟草重金属研究概况[J].烟草科技,2004(12):20-23
- [2] Hoffmann D, Hecht SS. Advances in tobacco carcinogenesis [A]/Cooper CS, Grover PL. Chemical Carcinogenesis and Mutagenesis. Vol. 94 of Handbook of Experimental Pharmacology[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1990: 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].产业观察,2010(10):22-23
- [4] 张艳玲,张仕祥,杨杰,王广山,王信民,罗朝鹏.施肥对植烟土壤重金属输入的影响[J].烟草科技,2010(11):51-54
- [5] 陈海燕,高雪,韩峰.贵州省常用化肥重金属含量分析及评价[J].耕作与栽培,2006(4):18-19
- [6] 王彦亭,谢剑平,李志宏.中国烟草种植区划[M].北京:科学出版社,2010
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.有机-无机复混肥料(GB 18877-2002) [S].北京:中国标准出版社,2002
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.肥料中铅、镉、铬、砷、汞生态指标(GB/T23349-2009)[S].北京:中国标准出版社,2009
- [9] 封朝晖,刘红芳,王旭.我国主要肥料产品中有害元素的含量与评[J].中国土壤与肥料,2009(4):44-47
- [10] 朱建华,杨晓磊,严瑾,王寓群,高善民,林天杰,朱恩.上海商品有机肥料中重金属含量及影响因素研究[J].上海农业学报,2010,26(4):113-116
- [11] 梁金凤,齐庆振,贾小红,翟爱莲.京郊有机肥料的质量状况分析[J].中国土壤与肥料,2009(6):79-83
- [12] 曹志洪.施肥与土壤健康质量-论施肥对环境的影响[J].土壤,2003,35(6):450-455
- [13] 马榕.重视磷肥中重金属镉的危害[J].磷肥与复肥,2002,17(6):5-6
- [14] 蒋自立.长期施用磷肥对土壤和农作物积累重金属和毒性元素的影响[J].环保科技情报,1995(1):10-17
- [15] 周焱,陆若辉,董越勇,姚旭国.浙江省复混肥料、有机-无机复混肥料和有机肥料品质的研究[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1):148-154
- [16] 林葆.化肥与无公害农业[M].北京:中国农业出版社,2003
- [17] 任顺荣,邵玉翠,王正祥.利用畜禽废弃物生产的商品有机肥重金属含量分析[J].农业环境科学学报,2005,24(增刊):216-218

- [18] 刘荣乐, 李书田, 王秀斌, 王敏. 我国商品有机肥料和有机废弃物中重金属的含量状况与分析[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 392-397
- [19] 姚丽贤, 周修冲. 有机肥对环境的影响及预防研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 113-115
- [20] 张艳玲, 尹启生, 周汉平, 王信民, 蔡宪杰. 中国烟叶铅、镉、砷的含量及分布特征[J]. 烟草科技, 2000(11): 49-52

Heavy Metal Contents in Tobacco Fertilizers of China

WU Xiao-jing^{1,2}, LI De-cheng^{1*}, SHI Yi³, MA Xing-hua³, LIU Hai-wei³

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

Abstract: It is of significant to know the contents of heavy metals in the fertilizers for tobacco sustainable production. 95 fertilizer samples used in 2010 and 2011 from 12 tobacco-planting provinces of China were collected and the heavy metal contents of As, Cd, Cr, Hg and Pb in the fertilizers were analyzed. The results showed that the contents of heavy metals were lower than the national limits. The contents of Pb and Cr were high. The heavy metal contents were usually higher in phosphate fertilizers, As, Cr and Pb were higher in inorganic compound fertilizers, Hg and Cr were higher in organic fertilizers, Pb and Cd were higher in potassic fertilizers. The contents of Cd and Cr in tobacco fertilizers of Huang-Huai tobacco-planting region were higher compared with other regions.

Key words: Tobacco fertilizer; Heavy metal; Out-of-limit; Tobacco planting region