

三元复混肥和鸡粪肥中重金属含量特征分析与评价

何飞飞^{1a}, 任涛², 杨君^{1b*}

(1.湖南农业大学 a.生物科学技术学院; b.资源环境学院; 湖南 长沙 410128 ;2.中国农业大学 资源环境学院, 北京 100094)

摘要: 为了解施肥对山东寿光市设施蔬菜土壤重金属输入的影响, 采用随机取样的方法在寿光市收集了 10 个氮磷钾三元复混肥和 21 个鸡粪肥样品, 测定了肥料中重金属 Cu、Zn、Cd、Pb 的含量。结果表明: 鸡粪肥中 Cu、Zn、Cd、Pb 含量高于氮磷钾三元复混肥, 但与中国有机-无机复混肥标准(GB18877—2002)相比, 鸡粪肥中 Cd 未超标; 2 种类型肥料中的 Pb 均处于较低水平; 每年通过施肥输入寿光设施蔬菜土壤的 Cu、Zn、Cd、Pb 量分别为 3 516.282、23 731.500、19.473 和 69.011 g/hm², 其中鸡粪肥输入的量占肥料总输入量的 79%~97%。

关键词: 氮磷钾三元复混肥; 鸡粪肥; 重金属; 含量; 寿光

中图分类号: S143.5 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)06-0665-04

Investigation of heavy metal characteristics of N-P-K compound fertilizer and chicken manure in Shouguang

HE Fei-fei^{1a}, REN Tao², YANG Jun^{1b*}

(1.a. College of Bioscience and Biotechnology; b. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100049, China)

Abstract: The concentrations of Cu, Zn, Cd and Pb of N-P-K compound fertilizer (10 samples) and chick manure (21 samples) were measured for heavy metals accumulation by application of chemical fertilizer and manure in vegetable greenhouse soil in Shouguang. The results showed that contents of Cu, Zn, Cd and Pb in N-P-K compound fertilizer were lower than that in chicken manure, while the content of Cd in chicken manure was under the limitation (GB18877-2002). Pb content was low in both the compound fertilizer and the chicken manure. The inputs of Cu, Zn, Cd, and Pb to the greenhouse vegetable soil through fertilization every year in Shouguang were 3 516.282, 23 731.500, 19.473 and 69.011 g/ha respectively, and chicken manure accounted for 79%–97% of the total fertilizer applied.

Key words: N-P-K compound fertilizer; chicken manure; heavy metal; content; Shouguang

目前中国重金属污染农田土壤面积达 2×10^7 hm² [1]。重金属向农田生态系统的输入不仅导致土壤质量和生产力下降, 而且直接危害生态环境安全、农产品安全和人体健康。施肥是农田土壤重金属积累的重要原因之一。有研究 [2-5] 表明, 单施化肥或有机肥以及有机无机肥配合施用, 土壤中 Cu、

Zn、Cd、Pb 等重金属元素含量均显著增加。不同类型肥料中重金属的含量与原料及其加工工艺密切相关 [6-11]。

山东寿光市是中国主要的蔬菜生产基地之一, 素有“中国蔬菜之乡”之称。近年来, 寿光市设施蔬菜土壤 As、Pb 含量随种植年限增加显著提高 [12-13];

收稿日期: 2011-07-07

项目来源: 湖南农业大学引进人才科学基金项目(06YJ31)

作者简介: 何飞飞(1976—), 女, 云南保山人, 博士, 讲师, 主要从事生态系统养分循环研究, hefeifei@126.com; *通信作者, yangju_ly@163.com

土壤有效Cu、Zn、Fe、Mn含量也处于富集状态^[14]。由于寿光市设施蔬菜土壤明显酸化^[15]，加剧了重金属污染的风险。为此，笔者研究了寿光市售氮磷钾三元复混肥和鸡粪肥中重金属含量特征，旨在了解寿光的肥料安全现状，并为其合理施用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

于2010年7月至8月在山东寿光市采用随机取样的方法向蔬菜种植户收集31个常用的市售肥料样品，其中氮磷钾三元复混肥10个，鸡粪肥21个。氮磷钾三元复混肥分别为撒可富(10-6-24)、撒可富(15-8-20)、撒可富(15-15-15)、舜天(16-16-8)、舜天(20-10-10)、舜天(15-15-15)、舜天(16-8-21)、汉枫高塔(18-5-22)、汉枫高塔(20-5-15)、四合一复合肥(15-8-20)，鸡粪肥来自周边养殖场。

1.2 测定方法

所有肥料样品风干粉碎后过0.25 mm筛，用HNO₃-HCl-HF三酸体系消解^[16]。Cu、Zn用火焰光度计法测定；Cd、Pb用石墨炉原子吸收法测定，测试仪器为ZEE nit®700P火焰石墨炉一体化原子吸收光谱仪。每个肥料样品作2次平行，取其平均值。

1.3 数据处理

用Excel 2003进行数据处理。数据正态分布检验用SPSS 13.0的Explore 进行(Shapiro-Wilk法)。数据的正态转换及数据正态化用Minitab15.0的Box-Cox^[17]进行。

2 结果与分析

2.1 肥料样品中Cu、Zn、Cd、Pb含量的特征

经Shapiro-Wilk法检验，氮磷钾三元复混肥中Cu、Pb含量和鸡粪肥中Zn含量的原始数据服从正态分布，可利用原始数据进行数据分析。氮磷钾三元复混肥中Zn、Cd含量和鸡粪肥Cu、Cd、Pb含量的原始数据呈负偏度分布，其中氮磷钾三元复混肥中Cd含量和鸡粪肥Cu、Pb含量经自然对数转换后数据服从正态分布($P_{S-W} > 0.05$)，用几何平均数进行数据分析；氮磷钾三元复混肥中Zn含量和鸡粪肥Cd含量用Minitab的Box-Cox转换后服从正态分布，Box-Cox平均值是采用Box-Cox转换的逆运算而得，即 $z = \sqrt[3]{y \cdot \lambda + 1}$ ，式中， z 为Box-Cox平均值， y 为Box-Cox转换后的平均值， λ 为最优转换系数，分别为-1和-0.5。

2种类型肥料样品中Cu、Zn含量以及氮磷钾三元复混肥中Cd、Pb含量目前缺乏相应的限量标准，鸡粪肥中Cd、Pb含量参照有机-无机复混肥料国家标准(GB18877-2002)进行分析。从表1可以看出，氮磷钾三元复混肥和鸡粪肥中Cu含量相差比较大。氮磷钾三元复混肥中Cu含量为4.039~14.560 mg/kg，算术平均值为8.262 mg/kg；鸡粪肥中Cu含量偏高，变化范围为19.769~107.658 mg/kg，几何平均值为57.092 mg/kg。氮磷钾三元复混肥中Zn含量为62.360~498.636 mg/kg，Box-Cox平均值为100.499 mg/kg；鸡粪肥中Zn的含量变化范围134.174~688.722 mg/kg，算术平均值为377.094 mg/kg。氮磷钾三元复

表1 氮磷钾三元复混肥和鸡粪肥中Cu、Zn、Cd、Pb的含量特征

Table 1 Contents of Cu, Zn, Cd and Pb in the N-P-K compound fertilizer and the chicken manure

肥料类型	肥料名称	重金属含量/(mg·kg ⁻¹)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
复混肥	撒可富(10-6-24)	14.560	62.360	0.500	1.152
	撒可富(15-8-20)	5.951	104.381	0.255	2.150
	撒可富(15-15-15)	9.875	120.191	0.549	1.071
	舜天(16-16-8)	10.300	138.269	0.507	0.742
	舜天(20-10-10)	4.039	73.811	0.087	0.912
	舜天(15-15-15)	7.880	79.208	0.240	2.030
	舜天(16-8-21)	6.101	498.636	0.207	1.584
	汉枫高塔(18-5-22)	8.755	80.021	0.078	0.977
	汉枫高塔(20-5-15)	9.752	159.485	0.150	1.610
	四合一复合肥(15-8-20)	5.402	87.797	0.388	0.989
	平均值	8.262 ^a	100.499 ^b	0.242 ^c	1.321 ^a

续表

肥料类型	鸡粪编号	重金属含量/(mg·kg ⁻¹)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
鸡粪肥	1	59.337	244.638	0.344	0.874
	2	102.472	600.635	0.208	0.485
	3	33.081	505.730	1.807	2.776
	4	52.099	223.722	0.236	1.739
	5	55.506	291.036	0.199	4.219
	6	46.704	309.050	0.427	1.503
	7	43.918	226.309	0.393	1.048
	8	55.345	440.368	0.569	1.604
	9	74.478	521.822	0.187	1.664
	10	54.507	406.098	0.290	0.738
	11	107.658	391.300	0.127	13.238
	12	70.102	462.173	0.224	0.560
	13	103.489	544.200	0.251	1.226
	14	103.960	688.722	0.267	0.520
	15	94.372	394.435	0.700	0.090
	16	47.828	326.220	0.201	0.616
	17	43.105	239.639	0.120	2.530
	18	49.662	409.103	0.306	0.709
	19	32.330	152.083	0.376	0.282
	20	57.492	407.514	0.139	0.360
	21	19.769	134.174	1.530	0.104
	平均值	57.092 ^c	377.094 ^a	0.280 ^b	0.908 ^c
	限量标准			10 ^d	150 ^d

“a”示算术平均数；“b”示 Box-Cox 转换后的平均值；“c”示几何平均数；“d”示《有机-无机复混肥标准》(GB18877—2002)。

混肥样品中Cd含量变化范围为0.078~0.549 mg/kg，几何平均值为0.242 mg/kg；鸡粪肥样品中Cd含量比氮磷钾三元复混肥高，变化范围为0.120~1.807 mg/kg，但根据《有机-无机复混肥料国家标准》中Cd的限量标准，鸡粪肥中Cd含量不超标。31个肥料样品中Pb含量变化范围为0.090~13.238 mg/kg，远低于Pb含量限量标准，全部样品均不超标。

2.2 施肥对设施蔬菜土壤重金属的影响

寿光市设施蔬菜大量施用有机肥和化肥现象十分突出。有研究^[18-19]表明，寿光设施蔬菜有机肥年投入量达200 t/hm²(鲜基)，其中约80%为鸡粪肥；化肥以氮磷钾三元复混肥为主，年投入量平均为11 t/hm²。综合表1结果，每年通过施肥输入寿光市设施蔬菜土壤的Cu、Zn、Cd、Pb量列于表2，其中鲜鸡粪含水量以70%计。从表2可以看出，平均每年从氮磷钾三元复混肥和鸡粪肥中带入寿光市设施蔬菜土壤的Cu、Zn、Cd、Pb量分别为3 516.282、23 731.500、19.473和69.011 g/hm²，其中约有79%~97%来自有机肥(鸡粪肥)。

表 2 施肥带入寿光设施蔬菜土壤的 Cu、Zn、Cd、Pb 量

Table 2 Inputs of Cu, Zn, Cd and Pb by application of N-P-K compound fertilizer and chicken manure to greenhouse soil in Shouguang

重金属元素	年输入量/(g·hm ⁻²)		年总输入量/(g·hm ⁻²)
	复混肥	鸡粪肥	
Cu	90.882	3 425.400	3 516.282
Zn	1 105.500	22 626.000	23 731.500
Cd	2.673	16.800	19.473
Pb	14.531	54.480	69.011

3 结论与讨论

本研究结果表明，鸡粪肥中Cu、Zn、Cd含量较高，这与有关报道^[20-23]结果相同。因为禽畜饲料和兽药中含有一定量的Cu、Zn、Cd、As、Cr、Hg等重金属元素，而这些添加剂50%以上随粪便排出。氮磷钾三元复混肥中Zn和Cd含量高，这与生产化肥的原料有关。三元复混肥是以氮、磷、钾为基础养分配制的，其中磷肥中普遍含Cd和Zn^[24-25]。有机肥是寿光蔬菜土壤重金属元素累积的主要来源之一，在本研究条件下约占肥料总输入量的79%~97%，略低于徐勇贤等^[26]的研究结果。加强养殖场在饲料和防病

方面的源头控制是提高有机肥质量和降低蔬菜土壤重金属累积的关键。用微生物制剂和中草药替代抗生素是减少禽畜粪肥中重金属的有效途径^[27-28]。合理施肥能降低蔬菜土壤重金属的富集,按本研究平均输入量估算,若不考虑土壤本底值,寿光市设施蔬菜表层土壤Cu、Zn和Cd含量将分别在32年、18年和34年后超过中国土壤环境质量二级标准(pH<6.5)(GB15618—1995)限量值。

参考文献:

- [1] 顾继光,周启星,王新.土壤重金属污染的治理途径及其研究进展[J].应用基础与工程学报,2003,11(2):143-151.
- [2] 王国梁,周生路,赵其国,等.菜地土壤剖面上重金属元素含量随时间的变化规律研究[J].农业工程学报,2006,22(1):79-84.
- [3] 刘景,吕家珑,徐明岗,等.长期不同施肥对红壤Cu和Cd含量及活化率的影响[J].生态环境学报,2009,18(3):914-919.
- [4] 李孟安.长期定位施肥对土壤重金属含量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(14):5959-5961.
- [5] 王开峰,彭娜,王凯荣,等.长期施用有机肥对稻田土壤重金属含量及其有效性的影响[J].水土保持学报,2008,22(1):105-108.
- [6] 柳絮,范仲学,张斌,等.我国土壤镉污染及其修复研究[J].山东农业科学,2007(6):94-97.
- [7] 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.
- [8] 索超,李艳霞,张增强,等.北京集约化养殖畜禽饲料Zn含量及粪便Zn残留特征研究[J].农业环境科学学报,2009,28(10):2173-2179.
- [9] 谢梅冬,唐建,杜坚,等.广西猪饲粮部分微量元素添加情况调查研究[J].广西畜牧兽医,2010,26(5):268-270.
- [10] 王思珍,曹颖霞.饲料添加剂对动物人体健康及环境的影响:建设天然植物型饲料技术体系势在必行[J].中国动物保健,2008(9):64-67.
- [11] 高凤仙,常高华,田科雄,等.不同铜浓度的猪粪对玉米叶片蛋白质和氨基酸含量的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(6):760-764.
- [12] 胡留杰,曾希柏,白玲玉,等.山东寿光设施菜地土壤砷含量及形态[J].应用生态学报,2011,22(1):201-205.
- [13] 李莲芳,曾希柏,白玲玉,等.山东寿光不同农业利用方式下土壤铅的累积特征[J].农业环境科学学报,2010,29(10):1960-1965.
- [14] 甘延东,李俊良,陈永智,等.寿光市耕层土壤微量元素分布特征[J].江西农业学报,2008,20(7):33-35.
- [15] 曾希柏,白玲玉,苏世鸣,等.山东寿光不同种植年限设施土壤的酸化与盐渍化[J].生态学报,2010,30(7):1853-1859.
- [16] 王京文,徐文,周航,等.土壤样品中重金属消解方法的探讨[J].浙江农业科学,2007(2):223-225.
- [17] 尹佟明.Box-Cox变换对数量性状基因座位检测效率的影响[J].南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(3):35-38.
- [18] 曾希柏,白玲玉,李莲芳,等.山东寿光不同利用方式下农田土壤有机质和氮磷钾状况及其变化[J].生态学报,2009,29(7):2737-2747.
- [19] 曾路生,高岩,李俊良,等.寿光大棚菜地酸化与土壤养分变化关系研究[J].水土保持学报,2008,28(4):157-161.
- [20] 李书田,刘荣乐,陕红.我国主要畜禽粪便养分含量及变化分析[J].农业环境科学学报,2009,28(1):179-184.
- [21] 陈丽娜,张晓芳,赵全利,等.保定市郊养殖场畜禽粪中重金属含量调查分析[J].中国农学通报,2008,24(5):357-361.
- [22] 张树清,张夫道,刘秀梅,等.规模化养殖畜禽粪主要有害成分测定分析研究[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):822-829.
- [23] 邢延铄.研究和应用环保型饲料是未来饲料工业发展的必然趋势[J].饲料工业,2005,26(11):1-5.
- [24] 陈林华,倪吾钟,李雪莲,等.常用肥料重金属含量的调查分析[J].浙江理工大学学报,2009,26(2):223-227.
- [25] 王起超,麻壮伟.某些市售化肥的重金属含量水平及环境风险[J].农村生态环境,2004,20(2):62-64.
- [26] 徐勇贤,黄标,史学正,等.典型农业型城乡交错区小型蔬菜生产系统重金属平衡的研究[J].土壤,2008,40(2):259-262.
- [27] 张凯,方热军.动物微生态制剂在无污染畜牧业上的研究与应用[J].江西饲料,2011(2):22-24.
- [28] 霍振华,方热军,周和平.中草药替代抗生素对肉鸡肉质风味的影响[J].湖南饲料,2011(2):38-42.

责任编辑:刘目前