

长期定位施肥对土壤重金属含量的影响

李孟飞 (安徽省地质实验研究所, 安徽合肥 230001)

摘要 [目的] 探讨耕层土壤重金属含量变化, 为合理施肥和调控土壤环境提供依据。[方法] 在 15 年长期定位试验研究基础上, 分析 5 种施肥处理(无肥、N、NPK、N+M 和 N+S)对 0~20 cm 土层中 6 种土壤重金属(Cu、Zn、Cd、Cr、Hg 和 As)的含量变化。[结果] 6 种元素含量都呈现增加趋势。N+M 处理的 Zn 含量超过土壤环境质量标准 2 级 (pH 值 6.5~7.5) 的界限, Hg 含量增加幅度较大, 比试验基础值 (0.084 mg/kg) 增加了 114%, 比不施肥处理增加了 50%。单施 N 肥(尿素)对土壤重金属影响不大, 施用 P 肥使土壤重金属含量增加。畜禽排泄物为原料的有机肥可使土壤重金属含量提高, 特别是 Cu、Zn、Hg 增加幅度较大。[结论] 施肥是影响土壤重金属含量变化的重要因素; 对畜禽排泄物为原料的有机堆肥也要合理施用。

关键词 长期定位施肥; 褐潮土; 重金属

中图分类号 S147.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)14-05959-03

Effects of Long-term Located Fertilization on Heavy-metal Content in Soil

LI Meng-fei (Institute of Anhui Geological Research, Hefei, Anhui 230001)

Abstract [Objective] The objective of the research was to explore the change of heavy-metal content in soil and provide the foundation for rational fertilization and the regulation of soil environment. [Method] Based on long location experiment for 15 years, the change of six heavy metals (Cu, Zn, Cd, Cr, Hg and As) content in 0~20 cm soil treated with 5 different fertilization treatments such as N, NPK, N+M (manure), N+S (straw) and no fertilizer (CK). [Result] All 6 elements content in soil showed the increasing trend. Zn content in soil applied with N+M exceeds the limit of the Soil Environmental Quality Standard II (pH 6.5~7.5). Hg content in soil was increased greatly, being 114% higher than the test foundational value (0.084 mg/kg) and 50% higher than CK. Applying N fertilizer (urea) singly had little effect on the soil heavy-metal, applying P fertilizer increased the heavy metal content in soil. The organic fertilizer which taken the excrements of livestock and poultry as raw materials could increase the heavy metal content in soil, especially increased the contents of Cu, Zn and Hg greatly. [Conclusion] Fertilization is an important factor effecting the change of heavy metal content in soil. The organic fertilizer which takes excrements as raw materials should be used reasonably.

Key words Long-term located fertilization; Brown fluvo-aquic soil; Heavy-metal

长期定位施肥试验是研究长期使用不同肥料及其相互配合对作物产量、土壤肥力和生态环境影响的可靠方法。目前, 对土壤养分演变规律和产量变化研究较多, 但从土壤环境保护出发, 对土壤重金属含量变化的报道相对较少。在农业生产过程中, 肥料、农药以及污水和污泥的长期使用对土壤环境各种元素含量变化有直接影响^[1-3]。进入土壤的重金属会在土壤中累积, 当累积到一定程度会阻碍作物生长并降低农产品质量。笔者在 15 年肥料定位试验研究的基础上, 探讨耕层土壤重金属含量变化, 为合理施肥和调控土壤环境提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 1990 年初开始在国家褐潮土土壤肥力与肥料效益长期监测基地的长期肥料定位试验站进行。供试土壤为褐潮土, 土壤有机质 12.310 g/kg, 全 N 0.805 g/kg, 碱解 N 36.06 mg/kg, 有效 P 4.62 mg/kg, 有效 K 65.27 mg/kg。

1.2 试验方法 试验采用冬小麦-夏玉米轮作制, 对以下 5 个处理进行分析: 无肥区(CK)、单施氮肥(N)、氮磷钾配合(NPK)、氮+秸秆(N+S)和氮+有机肥(N+M)。

试验小区面积为 50 m², 4 次重复。N、P、K 化肥分别为尿素、过磷酸钙和氯化钾。施用的有机肥是猪厩肥。各处理每季(无肥区、N+M 和 N+S 处理除外)N 施用量为 150 kg/hm², P₂O₅ 75 kg/hm², K₂O 45 kg/hm²。有机肥和 P、K 肥全部基施, N 肥的 50%基施, 剩下的在返青期和拔节期追施。有机肥施用量按实际含 N 量折算。夏玉米除无肥处理外, 皆施

N 75 kg/hm², 在苗期、5 叶期和大喇叭口期作追施用。N+S 为秸秆还田处理。选择 5、10、15 年 0~20 cm 土层的风干土壤样品, 分析重金属元素含量。

1.3 测定方法 按照 GB/T17141-1997 HNO₃-HClO₄-HF 和 GB/T17137-1997 HF-HNO₃-H₂SO₄ 方法消解, Varian880Z 型火焰原子吸收分光光度计测定全量 Cu、Zn、Cd 和 Cr。以 GB/T 17134-1997 HCl-HNO₃ 和 GB/T 17136-1997 HNO₃-H₂SO₄-V₂O₅ 方法消解, AFS230E 原子荧光分光光度计测定全量 Hg 和 As。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理土壤 Cu 含量变化 Cu 是植物生长必需的微量元素, 缺少时植物会出现缺素症, 但当土壤中 Cu 含量超过一定限度时, 作物根部会受到严重伤害, 使植物对水分和养分吸收受到影响, 造成生长不良甚至死亡^[4]。

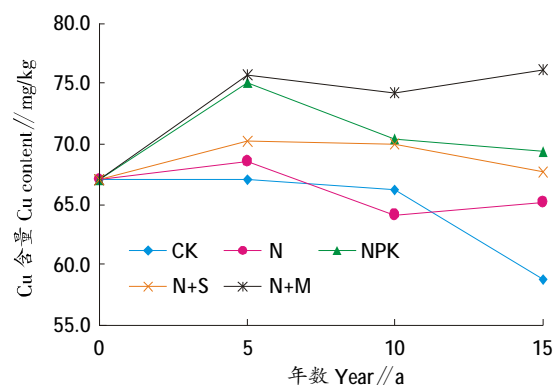


图 1 不同施肥处理土壤 Cu 含量变化
Fig. 1 Changes of soil Cu contents under different fertilizer treatments

由图 1 看出, 长期定位不同施肥处理耕层土壤 Cu 含

作者简介 李孟飞(1976-), 男, 安徽合肥人, 助理工程师, 从事原子荧光研究。

收稿日期 2008-03-07

量,除无肥和单施 N 肥处理表现为减少的结果以外,其他处理都呈现增加趋势。以 N+M 处理的 76.1 mg/kg 最高,比试验基础值 67.0 mg/kg 增加了 9.1 mg/kg。NPK 处理的 Cu 含量比基础值增加了 2.3 mg/kg。N+S 处理土壤 Cu 含量变化不大,增加了 0.6 mg/kg。各施肥处理土壤 Cu 含量都高于无肥处理。N+M 处理土壤 Cu 含量比其他处理高,与畜禽养殖饲料添加剂的使用造成畜禽排泄物中金属含量高有直接关系^[9]。从该试验结果看,试验基础数值较高,已超出自然背景值近 1 倍。施肥对土壤中 Cu 的累积有一定的影响,经 15 年肥料定位试验,土壤 Cu 含量增加幅度不大,在土壤环境质量标准 2 级限界以下^[9]。

2.2 不同施肥处理土壤 Zn 含量变化 Zn 也是植物生长必需的微量元素,缺少时植物会出现生理阻碍。但土壤中含量超过一定限度时,会影响作物正常生长。由图 2 看出,各施肥处理土壤中 Zn 含量都呈现出增加的趋势。N+M 处理土壤 Zn 增加幅度最大,比试验基础数值 194 mg/kg 增加了 32.0%。同样是与施用畜禽排泄物为原料的有机肥有直接关系。有机肥特别是畜禽粪肥、垃圾堆肥成分非常复杂,各种渠道的重金属杂质都可能进入,使产品含有较高的重金属成分^[9]。NPK 施肥处理土壤 Zn 含量增加了 6.2%,高于 N+S、N 和 CK 处理,CK 处理土壤 Zn 含量最低。施用 P 肥也会增加土壤中重金属含量,磷酸盐肥料中有微量元素及某些来自磷矿石的重金属元素^[7]。

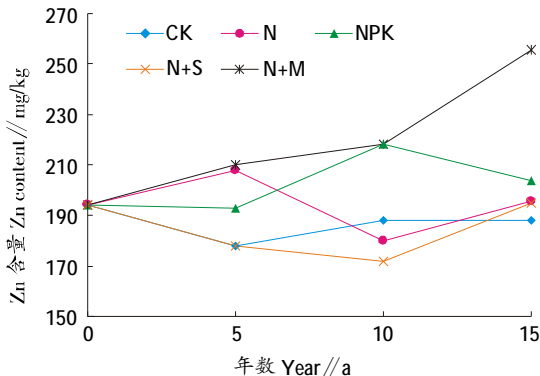


图 2 不同施肥处理土壤 Zn 含量变化
Fig. 2 Changes of soil Zn contents under different fertilizer treatments

虽然试验基础土壤 Zn 含量比土壤自然背景值高出近 1 倍,但除 N+M 处理土壤 Zn 增加幅度相对稍大,超出土壤环境质量标准 2 级限界的 250 mg/kg (pH 值 6.5~7.5) 6 mg/kg 以外,其他处理土壤 Zn 含量都在土壤环境质量标准 2 级以下。但是,对于已有污染迹象的土壤,在施用肥料的种类、施用量以及施用方法等方面应该引起重视。

2.3 不同施肥处理土壤 Cd 含量变化 Cd 是危害植物生长的有毒元素。由图 3 看出,单施 N 肥处理的土壤 Cd 含量持平,NPK 处理土壤 Cd 含量比试验基础值 0.089 mg/kg 增加了 0.031 mg/kg,是无肥处理土壤 Cd 增加值的 6.2 倍,是 N+M 和 N+S 处理土壤 Cd 增加值的 2.8 倍。N+M 和 N+S 处理增加了 0.011 mg/kg,CK 处理仅增加了 0.005 mg/kg。不同施肥处理间比较,施用 P 肥的 NPK 处理 Cd 含量高于其他处理,可能与施用 P 肥有直接关系。磷肥的原料和产品含有较多的重金属杂质,尤其是磷矿石和磷肥的镉含量较高^[9],

磷肥的投入增加了土壤中金属元素 Cd 的含量^[9]。15 年定位施肥土壤 Cd 含量都在土壤环境质量标准的自然背景值以下 (0.200 mg/kg),虽有累积,尚未有 Cd 污染的现象,可能与施用国产的磷矿粉和磷肥 Cd 的含量低,不大可能造成土壤和农产品的 Cd 污染有关^[9]。刘树堂等研究认为,土壤 Cd 富集主要来自施用的化学磷肥,长期施用磷肥土壤 Cd 含量偏高,可能影响到土壤的环境质量,至于继续施肥会对土壤环境造成多大程度的影响,有待进一步研究^[9]。

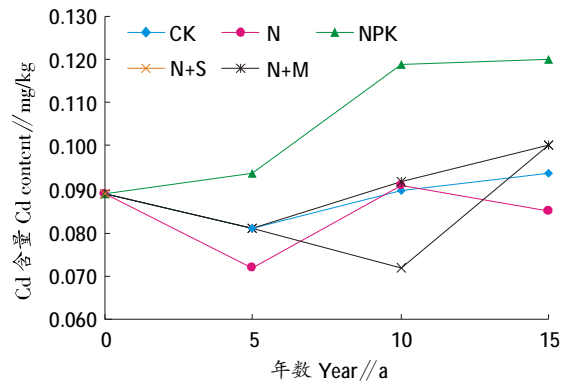


图 3 不同施肥处理土壤 Cd 含量变化
Fig. 3 Changes of soil Cd contents under different fertilizer treatments

2.4 不同施肥处理土壤 Cr 含量变化 由图 4 看出,不同施肥处理土壤中 Cr 的含量皆呈增加趋势,含量顺序为: NPK>N+M>N+S>CK>N,各处理分别比试验基础数值 74.4 mg/kg 增加了 26.6%、19.1%、18.3%、17.7%。除单施 N 肥处理, NPK、N+M 处理土壤 Cr 增加值分别比无肥处理增加值高 8.3、0.8 个百分点。NPK 处理土壤 Cr 含量超出土壤环境质量标准的自然背景值 (90 mg/kg) 4.2 mg/kg,其他处理土壤的 Cr 含量还在自然背景值以下,但已接近背景值含量,即已接近污染累积的起始值^[10]。对该类土壤应选择该元素含量低的肥料,堆肥使用前要了解重金属等成分的含量,不可盲目施用。

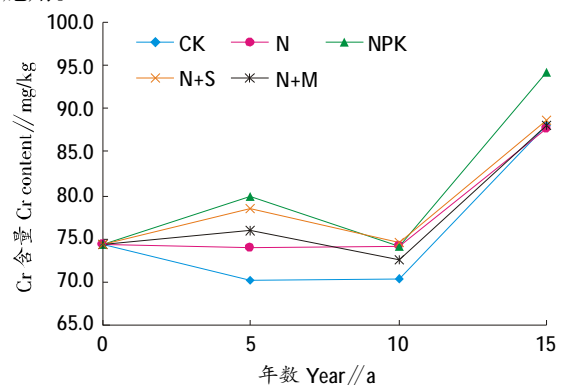


图 4 不同施肥处理土壤 Cr 含量变化
Fig. 4 Changes of soil Cr contents under different fertilizer treatments

2.5 不同施肥处理土壤 As 含量变化 As 是动植物都不需要的毒性很大的元素。由图 5 看出,长期定位施肥土壤 As 含量的变化为:单施 N 肥处理表现为减少,其他处理都呈现增加的趋势,处理间土壤 As 含量差别不大。NPK 和 N+S 处理土壤 As 含量为 16 mg/kg, N+M 处理为 15 mg/kg, CK 处理为 14 mg/kg, 分别比试验基础值 13 mg/kg 高 3、2、1 mg/kg。

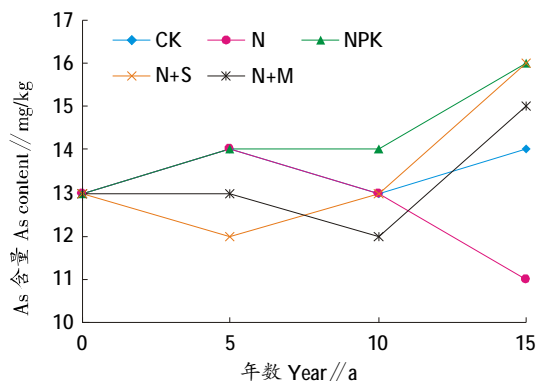


图5 不同施肥处理土壤 As 含量变化

Fig. 5 Changes of soil As contents under different fertilizer treatments

从土壤环境保护看,应当引起注意的是 5 个施肥处理中,有 2 个处理土壤的 As 含量为 16 mg/kg,已超出土壤环境质量的自然背景值,即超出了污染积累起始值^[10]。还有 1 个处理 As 含量达到了污染积累起始值,对该类土壤在使用的肥料种类上要有所选择。

2.6 不同施肥处理土壤 Hg 含量变化 由图 6 看出,各施肥处理土壤 Hg 的含量都显示累积的趋势。以施用猪厩肥的 N+M 处理土壤 Hg 含量增加幅度最大,比试验基础数值 0.084 mg/kg 增加了 114%,比不施肥处理增加了 50%。N+S 处理比试验基础值增加了 78%,比不施肥处理增加了 25%。施用畜禽废弃物堆制的有机肥以及 P 肥,土壤中 Hg 累积相对较多。另外,N+M 处理土壤 Hg 含量为 0.180 mg/kg,超出了土壤环境质量标准自然背景值 (0.150 mg/kg) 限界的 20%,已有污染迹象。应该引起注意的是,有机肥也要科学

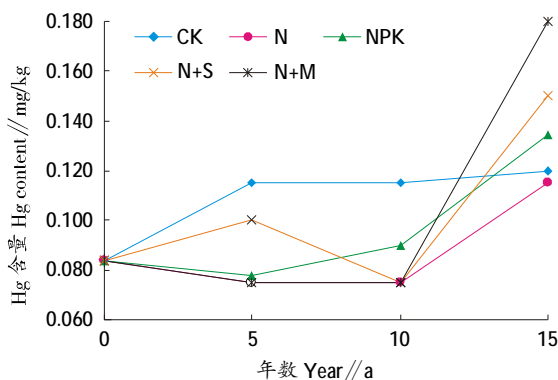


图6 不同施肥处理土壤 Hg 含量变化

Fig. 6 Changes of soil Hg contents under different fertilizer treatments

合理施用,尤其是以垃圾或畜禽排泄物为原料的有机堆肥的成分相当复杂,除有丰富的营养成分外,重金属等有害组分也不少^[10]。

3 小结

(1)不同施肥处理土壤的 Cu、Zn、Cd、Cr、Hg 和 As 6 种元素,除单施 N 肥处理的 Cu 和 Cd、无肥处理的 Cu、Zn 和 As 以外,都呈现了累积的趋势。

(2)由于 Cu 和 Zn 试验基础值高,施用有机肥处理的土壤 Zn 含量超过了土壤环境质量标准 2 级 (pH 值 6.5~7.5) 的限界,达到中度污染程度^[10]。各施肥处理土壤 Cd 含量以施用 P 肥的处理为高,累积量是无肥处理累积值的 6.2 倍。施用了 P 肥处理的土壤 Cr 含量也稍高,有超出自然背景值的现象,应该注意的是各处理 Cr 含量都已接近自然背景值。土壤 As 含量除单施 N 肥和无肥处理外,都达到或超过了土壤自然背景值。6 种元素中累积程度最大的是 Hg,施用猪厩肥的 N+M 处理土壤 Hg 含量增加了 1.4%,超过自然背景值 20%,已有污染迹象。

(3)单施尿素对土壤重金属影响不大,除单施 N 肥的 Cd、Cr、As、Hg 以外,各施肥处理土壤中重金属含量都不同程度地高于对照无肥处理。施用 P 肥可能使土壤重金属含量增加。畜禽排泄物为原料的有机堆肥对土壤重金属的累积有一定影响,尤其是对 Cu、Zn、Hg 等重金属含量提高幅度相对较大,对畜禽排泄物为原料的有机堆肥也要合理施用。施肥是影响土壤重金属含量变化的重要因素之一。

参考文献

- [1] 高拯民.土壤-植物系统污染生态研究[M].北京:中国科学技术出版社,1986:37-62.
- [2] 张坚.化肥使用和土壤环境污染[J].土壤农化通报,1998,13(4):13-15.
- [3] 赵其国.土壤与环境问题国际研究概况及其发展趋势[J].土壤,1998(6):281-310.
- [4] 宗良纲,丁园.土壤重金属(Cu,Zn,Cd)复合污染的研究现状[J].农业环境保护,2001,20(2):126-128.
- [5] 林葆.化肥与无公害农业[M].北京:中国农业出版社,2003:13-95.
- [6] 中国标准出版社第二编辑室.中国环境保护标准汇编——环境质量与污染物排放[M].北京:中国标准出版,2004:96-99.
- [7] 刘铮.中国土壤中微量元素含量与分布的特征[C]//胡思农.硫镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集.成都:成都科技大学出版社,1993:213-222.
- [8] 李生秀.植物营养与肥料科学的现状与展望[J].植物营养肥料学报,1999,5(3):193-205.
- [9] 刘树堂,赵永厚,孙玉林,等.25 年长期定位施肥对非石灰性潮土重金属状况的影响[J].水土保持学报,2005,19(1):164-167.
- [10] 黄国锋,吴启堂.绿色食品产地土壤环境质量现状评价标准的修改[J].农业环境保护,2000,19(2):23-25.

(上接第 5901 页)

- [3] 谭丽,董方莉,张蕾,等.血清雌孕激素水平及其比值对体外受精-胚胎移植妊娠率的影响[J].郑州大学学报:医学版,2005,40(2):286-288.
- [4] 钟依平,周灿权,庄广伦,等.血清孕酮水平对体外受精-胚胎移植

结局的影响[J].中山医科大学学报,2002,23(2):124.

- [5] 黄晓燕,黄东,赵小峰.超促排卵周期血清雌孕激素水平及比值与妊娠的关系[J].实用妇产科杂志,2003,19(2):115-116.
- [6] 李小球,罗颂平.“助孕 3 号丸”对妊娠大鼠孕激素及受体的影响[J].暨南大学学报:医学版,1999,20(6):111-114.