

# 应用 ICP-MS 测定 KCl 肥料中重金属元素含量

芮玉奎, 申建波, 张福锁\*, 严云, 荆晶莹, 孟庆锋

中国农业大学资源与环境学院, 农业部植物营养学重点实验室,  
教育部植物-土壤相互作用重点实验室, 北京 100193

**摘要** 肥料是重金属的重要污染源之一, 重金属可以通过作物直接进入人类食物链对人体产生危害, 研究肥料中重金属含量对于农产品安全溯源意义重大。文章选用北京市场上销售的进口 KCl 肥料作为实验材料, 全面分析了其中的 10 种重金属元素含量, 分别为, Cr 0.00, Ni 65.54, Cu 238.85, As 190.60, Cd 0.98, Sn 14.98, Sb 2.97, Hg 10.04, Tl 1.28, Pb 97.42  $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。上述结果表明, KCl 肥料中重金属含量普遍比较低, 特别是 Cr 没有检测到, 其余四中主要重金属(As, Cd, Hg, Pb)的含量除了 As ( $190.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ )以外, 也都在  $100 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$  以下, 不会对土壤环境造成重大污染, 含量最高的重金属是 Cu, 为  $238.85 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。由此看来, KCl 肥料与磷肥相比重金属含量较低, 对农产品是相对安全的。

**关键词** ICP-MS; KCl 肥料; 重金属; 环境安全

**中图分类号:** O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2008)10-2428-03

## 引言

环境安全为当前人们关注的焦点和科研工作者的研究热点<sup>[1]</sup>。环境中的有害成分很多, 包括农药<sup>[2]</sup>、重金属<sup>[3, 4]</sup>、有机污染物<sup>[5, 6]</sup>和微生物等<sup>[7]</sup>, 其中重金属是对人类危害较大、难于控制的污染物<sup>[8, 9]</sup>。重金属的来源很多, 包括工厂的三废(废气<sup>[10]</sup>、废水<sup>[11]</sup>、废渣<sup>[12]</sup>)、生活垃圾<sup>[13, 14]</sup>和汽车尾气<sup>[15]</sup>等, 特别是随着我国化肥产量的不断增加和化肥施用量的直线上升, 化肥对环境的污染已经越来越引起大家的重视。比如硝酸盐污染、土壤次生盐渍化<sup>[16]</sup>和饮用水源的富营养化等都会对环境和人类健康带来长期不利影响。

除了肥料中 N 和 P 等元素对环境的影响, 肥料中的重金属由于可以通过作物直接经过食物链进入人体, 其危害也应当引起重视。本文利用 ICP-MS 分析了 KCl 肥料中重金属的含量, 以期为人们在农业生产中在保证产量的同时提高农产品的食用安全性。

## 1 材料与方法

### 1.1 肥料及处理方法

氯化钾: 红色,  $\text{K}_2\text{O} \geq 60\%$ , “乌拉尔钾肥”股份公司, 俄罗斯彼得尔姆洲别列兹尼基市。样品直接用 1% 稀硝酸溶解测定。

### 1.2 仪器及工作参数<sup>[17]</sup>

ELAN DRCII ICP/MS。电感耦合等离子体参数, RF 功率为 1 100 W; 冷却气流量(Ar)为  $15.00 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 辅助气流量(Ar)为  $1.80 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , 载气流量(Ar)为  $0.95 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。质谱仪参数, 分析室真空:  $7.85 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ; 脉冲电压为 950 V。测量参数, 分辨率(10% 峰高),  $0.8 \text{ amu}(\text{Nor})$ ,  $0.6 \text{ amu}(\text{H})$ ; 停留时间 50 ms; 重复次数 3; 测量点峰 1; 循环次数 10; 样品分析时间 1.05 min; 样品提升量  $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  (amu: 原子质量单位)。

**Table 1** Content of heavy metals in KCl fertilizer ( $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $n=3$ )

元素	含量	元素	含量
Cr	0.00	Sn	14.978
Ni	65.54	Sb	2.97
Cu	238.85	Hg	10.04
As	190.60	Tl	1.28
Cd	0.98	Pb	97.42

收稿日期: 2007-04-28, 修订日期: 2007-08-02

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0511), 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD25B02)和农业部“948”重大国际合作项目(202003-Z53)资助

作者简介: 芮玉奎, 1973 年生, 中国农业大学资源与环境学院副教授 e-mail: ruiyukui@163.com \* 通讯联系人

## 2 结果与分析

分析结果如表 1, KCl 肥料中 10 种重金属含量 ( $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 分别是: Cr 0.00, Ni 65.54, Cu 238.85, As 190.60, Cd 0.98, Sn 14.98, Sb 2.97, Hg 10.04, Tl 1.28, Pb 97.42。

## 3 讨 论

肥料已经成为重金属重要污染源<sup>[18]</sup>。前人研究表明,有

机-无机复混肥料中除铬含量最低外,镉、汞、砷、铅含量都最高,有机肥料中的镉、砷、铅含量仅次于有机-无机复混肥料,钙镁磷肥中的铬含量最高<sup>[19]</sup>。

KCl 肥料中重金属含量普遍比较低,特别是 Cr 没有检测到,其余四中主要重金属(As, Cd, Hg, Pb)的含量除 As ( $190.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 以外,也都在  $100 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$  以下,不会对土壤环境造成重大污染,含量最高的重金属是 Cu, 为  $238.85 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。上述结果表明, KCl 肥料与磷肥相比重金属含量较低,对农产品是相对安全的<sup>[20]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] YANG Xiao-e, YU Jian-dong, NI Wu-zhong, et al(杨肖娥, 余剑东, 倪吾钟, 等). Review of China Agricultural Science and Technology (中国农业科技导报), 2002, 4(4): 3.
- [2] LIANG Ji-dong, ZHOU Qi-xing(梁继东, 周启星). Acta Scientiae Circumstantiae(环境科学学报), 2004, 24(3): 474.
- [3] William H Blake, Rory P D. Walsh, Jane M Reed, et al. Environmental Pollution, 2007, 148(1): 268.
- [4] Anna Farkas, Claudio Erratico, Luigi Viganò. Chemosphere, 2007, 68(4): 761.
- [5] Wang Shaobin, Ang H M, Moses O Tade. Environment International, 2007, 33(5): 694.
- [6] Lorena M Rios, Charles Moore, Patrick R Jones. Marine Pollution Bulletin, 2007, 148(1-2): 267.
- [7] Lisa M Avery, Paul Hill, Ken Killham, et al. Jones. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(12): 2101.
- [8] WANG Zhi-ping, WANG Feng-ying, WU Ri-na(王志平, 王凤英, 乌日娜). Journal of Jining Teachers College(集宁师专学报), 2006, 28(4): 70.
- [9] ZHOU Wen-bin, QIU Bao-sheng(周文彬, 邱保胜). Journal of Lake Science(湖泊科学), 2004, 16(3): 265.
- [10] Martyn V Twigg. Applied Catalysis B: Environmental, 2007, 70(1-4): 2.
- [11] Polat H, Erdogan D. Journal of Hazardous Materials, 2007, 148(1-2): 267.
- [12] Samecka-Cymerman A, Kempers A J. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2004, 59(1): 64.
- [13] GUO Yu-wen, PU Li-mei, QIAO Wei, et al(郭玉文, 蒲丽梅, 乔 玮, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(8): 1540.
- [14] WANG Li-ao, YUE Jian-hua, HUANG Chuan, et al(王里奥, 岳建华, 黄 川, 等). Acta Scientiae Circumstantiae(环境科学学报), 2006, 26(2): 246.
- [15] WANG Cheng, QIE Guang-fa, YANG Ying, et al(王 成, 郗光发, 杨 颖, 等). Scientia Silvae Sinicae(林业科学), 2007, 43(3): 1.
- [16] HUANG Guo-qin, WANG Xing-xiang, QIAN Hai-yan, et al(黄国勤, 王兴祥, 钱海燕, 等). Ecology and Environment(生态环境), 2004, 13(4): 656.
- [17] RUI Yu-kui, GUO Jing, HUANG Kun-lun, et al(芮玉奎, 郭 晶, 黄昆仑, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(4): 796.
- [18] WANG Qi-chao, MA Zhuang-wei(王起超, 麻壮伟). Rural Eco-Environment(农村生态环境), 2004, 20(2): 62.
- [19] CHEN Hai-yan, GAO Xue, HAN Feng(陈海燕, 高 雪, 韩 峰). Planting with Culture(耕作与栽培), 2006, (4): 18.
- [20] GB 18877—2002, 有机-无机复混肥料.

# Application of ICP-MS to Detecting Ten Kinds of Heavy Metals in KCl Fertilizer

RUI Yu-kui, SHEN Jian-bo, ZHANG Fu-suo\*, YAN Yun, JING Jing-ying, MENG Qing-feng

College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Key Laboratory of Plant Nutrition, MOA, Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, MOE, Beijing 100193, China

**Abstract** With the rapid development of society, more and more attention has been focused on environmental safety, especially on the pollutions of heavy metals, pesticides, persistent organic pollutants and deleterious microorganism. Heavy metals are difficult to metabolize in human body are quite harmful, so research on the pollution of heavy metals is increasingly important. There are many pollution sources of heavy metals, including waste residue, waste water and exhaust gas from industry and automobile, and garbage from human life. The contents of 10 kinds of heavy metals (Cr, Ni, Cu, As, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl and Pb) in potassium fertilizer (KCl) from Russia were analyzed by ICP-MS. The results showed that potassium fertilizer (KCl) contained less heavy metals than organic-inorganic compound fertilizer; the content of heavy metals Cr, Ni, Cu, As, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl and Pb is 0.00, 65.54, 238.85, 190.60, 0.98, 14.98, 2.97, 10.04, 1.28 and 97.42  $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ , respectively, which accords with the correlative standards. All the data showed that if potassium fertilizer (KCl) is manufactured through normal channel, the content of heavy metals should be little and safe.

**Keywords** ICP-MS; KCl fertilizer; Heavy metals; Environmental safety

(Received Apr. 28, 2007; accepted Aug. 2, 2007)

\* Corresponding author