

铀冶炼厂附近水稻 白菜 茶 柑桔食用部分中 U ²²⁶Ra Th 和 Mn²⁺ Cd Cr Pb 的浓度

易 俗¹, 王瑞兰¹, 曹赐生¹, 蔡振民², 谢腾飞², 何文星²

(1. 湘潭师范学院生命科学与资源环境学院, 湖南 湘潭 411201 E-mail: yswrl@xtnu.edu.cn;

2. 二七二厂, 湖南 衡阳 421000)

摘要: 对铀冶炼厂附近生长的水稻、白菜、茶、柑桔食用部分以及这些植物生长区土壤中的放射性污染物 U、²²⁶Ra、Th 和非放污染物 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的浓度进行了测定, 并计算了相应的污染物生态转移参数(Bv 值)。结果表明, 稻米、白菜、桔子以及土壤中 Cd 的浓度超出标准, 其余污染物的浓度没有超标; 茶叶对污染物的 Bv 值相对较高, 桔子对污染物的 Bv 值相对较低。

关键词: 铀冶炼厂; 污染物; 生态转移参数

中图分类号: X835 文献标识码: A 文章编号: 1000-0267(2002)02-

Contents of Several Metals in Edible Parts of Selected Crops Grown in an Area near a Uranium Smelter

YI Su¹, WANG Rui-lan¹, CAO Ci-sheng¹, CAI Zheng-min², XIE Teng-fei², HE Wen-xing²

(1. College of Life Science & Resource and Environment. Xiangtan Normal University. Xiangtan 411201, P. R. China E-mail: yswrl@xtnu.edu.cn; 2. 272nd Uranium Smelter. Hengyang 421000, P. R. China)

Abstract: This study was conducted to determine concentrations of uranium, radium, thorium and manganese, cadmium, chromium, lead in edible parts of rice (*Oryza sativa*), Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*), tea (*Camellia sinensis*) and orange (*Citrus reticulata*) grown in an area as well as soil samples collected near a uranium smelter. In the same time, the ecologic transfer parameter (Bv value) of those pollutants was computed. The results showed that the concentrations of cadmium in rice, vegetable and orange also in soil exceeded the official standard. The Bv value of tea - leaf representing an absorbing capacity for pollutants was bigger than that of others; while Bv value of oranges was the least.

Keywords: uranium smelter; pollutants; ecologic transfer parameter

放射性污染物 U、²²⁶Ra、Th 和非放射性污染物 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 是铀水冶炼厂向环境排放的重要污染物, 污染途径主要是污水渗漏^[1]。国外有关核设施的环境影响方面(尤其是切尔诺贝利核电站事故后)的研究较多^[2-6]。我国也正在逐步开展这方面的研究^[7, 8]。本文对上述污染物在铀水冶厂附近重要经济植物食用部分中的含量进行了研究, 提出了上述污染物在重要经济植物中的生态转移参数, 为环境影响评价及环境治理提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究地概况

研究地国营某厂是一座大型铀水冶纯化工厂, 工

厂所在地区属亚热带季风性湿润气候, 年平均气温 17.5℃—18.5℃, 年降雨量 956—1 800 mm。土壤为酸性紫色土, pH 值为 5.3—6.5, 有机质含量为 1.09%, 全 N 为 0.116%, 全 P 为 0.09%, 全 K 为 3.09%^①。

1.2 样品的采集和处理

厂周围以稻田为主, 并分布有柑桔园、茶场和菜地等, 植物样品选择有代表性的水稻、白菜、茶、柑桔, 根据污染源分布确定采样点。样品采集同步进行, 即植物样品与土壤样品在同一采样点同时采集。采样部位为食用部分, 分别是稻米、白菜叶、桔瓣、绿茶。植物样品经过烤干—炭化—灰化的处理, 灰化过程中, 严格按照升温曲线进行, 以免核素丢失。土壤样品粉碎至 200 目。

收稿日期: 2001-08-15

作者简介: 易 俗(1965—), 男, 湘潭师范学院生命科学与资源环境学院讲师, 硕士。

①湖南省国土委员会。湖南国土资源(内部资料)。

1.3 分析方法

所有样品进行了 U、²²⁶Ra、Th、Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的测定,其分析测定方法见表 1。

表 1 分析测试方法

Table 1 The method of analysis

项目	方法	检测下限
U	TRPO - Br - PADAP 显色分光光度法	0.5 μg · kg ⁻¹
²²⁶ Ra	硫酸钡 - EDTA 二钠法	0.09 Bq · kg ⁻¹
Th	N - 235 萃取偶氮 II 比色法	0.1 μg · kg ⁻¹
Mn ²⁺	过硫酸氨氧化高锰酸比色法	0.02 mg · kg ⁻¹
Cd	ICP 发射光谱法	0.001 mg · kg ⁻¹
Cr	ICP 发射光谱法	0.001 mg · kg ⁻¹
Pb	ICP 发射光谱法	0.02 mg · kg ⁻¹

1.4 计算方法

污染物在食物链的浓集可通过生态学转移参数来描述。污染物从土壤到植物的转移参数 B_v 定义为: 土壤中的污染物通过植物根部吸收转移到可食部分的份额^[9], 即:

$$B_v = \text{植物食用部分中污染物浓度 (鲜重)} / \text{根部土壤中的污染物浓度 (干重)}$$

2 结果与分析

2.1 土壤介质中污染物的浓度分析

表 2 为铀冶炼厂附近土壤介质中放射性污染物 U、²²⁶Ra、Th 和非放污染物 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的测定结果。将这一结果与土壤环境标准值进行比较, 结果表明: 土壤中的放射性污染物 ²²⁶Ra (因 U 和 Th 目前无限定标准值, 所以没有比较) 的浓度远小于土壤的限定标准值 (即上层 15 cm 厚度土层中平均值为 0.18 Bq · g⁻¹, 15 cm 厚度土层以下的平均值为 0.56 Bq · g⁻¹)^[10], 说明对周围环境的放射性污染是很轻的; 土壤中的污染物 Cd 的浓度大于第一级土壤环境标准值 (0.20 mg · kg⁻¹)、第二级土壤环境标准值 (0.30 mg · kg⁻¹) 和第三级土壤环境标准值 (0.60 mg · kg⁻¹), 说明已产生一定程度的污染; 污染物 Cr 的浓度小于第一级土壤环境标准值 (90 mg · kg⁻¹), 说明未造成污染; 污染物 Pb 的浓度小于或略高于第一级土壤环境标准值 (35 mg · kg⁻¹), 但是小于第二级土壤环境标准值 (300 mg · kg⁻¹), 说明未对土壤造成污染^[11]。

2.2 植物样品中放射性污染物的浓度及生态转移参数分析

表 3 为放射性污染物 U、²²⁶Ra、Th 在水稻、白菜、柑桔、茶四种重要经济植物食用部分中的浓度测定结果。从 U 的浓度来看, 茶叶所含的浓度最高, 其次是

表 2 铀冶炼厂附近土壤中污染物的浓度

Table 2 Concentrations of pollutant in the soil near the U smelter

污染物	土壤
U (μg · kg ⁻¹)	1.00E0—7.00E0
²²⁶ Ra (Bq · kg ⁻¹)	5.88E - 1—1.55E0
Th (μg · kg ⁻¹)	1.10E0—3.27E1
Mn ²⁺ (mg · kg ⁻¹)	2.20E2—6.12E2
Cd (mg · kg ⁻¹)	4.06E0—1.20E1
Cr (mg · kg ⁻¹)	3.31E1—5.58E1
Pb (mg · kg ⁻¹)	7.87E0—5.38E1

表 3 植物样品中放射性核素的平均浓度

Table 3 Mean concentrations of radionuclides in the plant samples

项目	U / μg · kg ⁻¹	²²⁶ Ra / Bq · kg ⁻¹	Th / μg · kg ⁻¹
稻米	1.10E - 2	1.39E - 4	3.21E - 3
白菜	8.80E - 3	1.07E - 4	5.58E - 3
桔瓣	8.00E - 4	8.98E - 6	2.11E - 3
茶叶	4.16E - 2	1.08E - 2	5.61E - 3

稻米, 白菜, 桔瓣所含的浓度最低, 最高浓度与最低浓度之间相差两个数量级。²²⁶Ra 的浓度显示出相同的结果, 也是茶叶所含的浓度最高, 其次是稻米, 白菜、桔瓣所含的浓度最低, 最高浓度与最低浓度之间相差四个数量级。但是 Th 在 4 种植物可食部分中的含量, 白菜所含的浓度最高, 其次是茶叶, 稻米、桔瓣所含的浓度最低, 最高与最低之间差别较小, 都在同一数量级范围内。

将各样品的放射性浓度测量值代入公式中, 计算得出 U、²²⁶Ra、Th 的生态学转移参数 B_v 值列入表 4。由表 4 可见, 茶叶对 U、²²⁶Ra、Th 的转移参数 B_v 值均较高, 其次是稻米和白菜, 桔瓣对 U、²²⁶Ra、Th 的转移参数 B_v 值较低。说明茶叶对放射性核素具有较高的浓集吸附能力。将本研究结果与 IAEA 给出的 U、²²⁶Ra、Th 的 B_v 期望值 (表 5) 比较, U 的转移参数 B_v 值均在同一数量级范围内, ²²⁶Ra 及 Th 的转移参数 B_v 值普遍低落 1—3 个数量级。

2.3 植物样品中非放污染物的浓度及生态转移参数分析

表 6 为非放污染物 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 在水稻、白菜、柑桔、茶四种重要经济植物食用部分中的浓度测定结果。如果按所含浓度从高到低对 4 种植物进行比

表 4 放射性核素的 B_v 值

Table 4 The B_v value of radionuclides

项目	U	²²⁶ Ra	Th
稻米	2.74E - 3	1.30E - 4	1.90E - 4
白菜	2.20E - 3	1.00E - 4	3.30E - 4
桔瓣	2.00E - 4	8.39E - 6	1.25E - 4
茶叶	1.04E - 2	1.01E - 2	3.32E - 4

表 5 IAEA 给出的放射性核素的 Bv 值

Table 5 The Bv value of radionuclides in IAEA

项目	U	²²⁶ Ra	Th
谷物	1.3E-3	1.2E-3	3.4E-5
混合绿菜	8.3E-3	4.9E-2	1.8E-3

表 6 植物样品中 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的平均浓度 (mg · kg⁻¹)Table 6 Mean concentrations of Mn²⁺, Cd, Cr and Pb in the plant samples (mg · kg⁻¹)

项目	Mn ²⁺	Cd	Cr	Pb
稻米	2.94E1	3.24E-1	2.34E-2	6.04E-2
白菜	3.58E0	6.89E-2	2.02E-2	1.04E-1
桔瓣	2.12E0	4.02E-3	5.45E-3	2.86E-2
茶叶	2.01E1	3.16E-1	7.30E-1	4.84E-2

较, 则 Mn²⁺ 的含量从高到低为稻米、茶叶、白菜、桔瓣; Cd 的含量从高到低为稻米、茶叶、白菜、桔瓣; Cr 的含量从高到低为茶叶、稻米、白菜、桔瓣; Pb 的含量从高到低为白菜、稻米、茶叶、桔瓣。四种污染物在桔瓣中的含量都是最低。

将上述测定结果与食品中限量卫生标准进行比较, 可见稻米、白菜、桔瓣中的 Cd 含量均已超标, 已造成污染; 而稻米、白菜、桔瓣中的 Cr 含量均未超标。稻米、白菜、桔瓣、茶叶中的 Pb 含量均未超标^[11]。因无 Mn 限量卫生标准, 所以未能进行 Mn²⁺ 的含量方面的比较。

表 7 是 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的生态学转移参数 Bv 值。Mn²⁺ 的转移参数 Bv 值从大到小是茶叶、稻米、白菜、桔瓣。Cd 的转移参数 Bv 值从大到小是稻米、茶叶、白菜、桔瓣。Cr 的转移参数 Bv 值从大到小是茶叶、稻米、白菜、桔瓣。Pb 的转移参数 Bv 值从大到小是白菜、稻米、茶叶、桔瓣。可见, 茶叶、稻米的浓集吸附能力相对较强, 而桔瓣对 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的浓集吸附能力相对较弱。

表 7 Mn²⁺、Cd、Cr、Pb 的 Bv 值Table 7 The Bv value of Mn²⁺, Cd, Cr and Pb

项目	Mn ²⁺	Cd	Cr	Pb
稻米	7.06E-2	4.04E-2	4.3E-4	1.96E-3
白菜	8.61E-3	8.58E-3	3.7E-4	3.38E-3
桔瓣	5.10E-3	5.00E-4	1.00E-4	9.30E-4
茶叶	5.00E-1	3.93E-2	1.34E-2	1.57E-3

土壤中污染物对各种植物的影响是不一样的。大多数植物各部位的重金属浓度是根 > 茎叶 > 籽实^[11]。本文研究的 4 种植物, 水稻和白菜是草本植物, 桔和茶是木本植物。稻米和桔瓣是果实, 白菜是叶,

茶叶是幼嫩的茎叶。虽然四者不是相同的器官, 但是四者都是人或者动物的取食部分, 直接进入食物链, 所以将四者一起进行研究和比较, 还是有意义的。

3 结论

放射性污染物 U、²²⁶Ra、Th 在水稻、白菜、茶、柑桔四种植物食用部位中的浓度和生态学转移参数 Bv 值都较低, 就四者比较而言, 茶叶相对较高, 桔瓣相对较低。

非放污染物 Cd 在水稻、白菜、茶、柑桔四种植物食用部位中的浓度超标, Cr、Pb 未超标。茶叶、稻米的生态学转移参数 Bv 值相对较高, 桔瓣的相对较低。

污染的土壤-植物系统的生态学转移参数受到土壤性质、气候因素、耕作方式的影响, 而且不同植物种类由于其生物特征和代谢规律不同, 导致对污染物的摄入有很大的区别, 因此其 Bv 值也不一样。在进行环境影响预评价时, 为避免由于使用异地的生态学转移参数所招致的错误, 应使用场址特征的生态学转移参数。

参考文献:

- [1] 国家环境保护局. 铀矿冶污染治理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [2] Fresquez P R. The uptake of radionuclides by beans, squash, and corn growing in contaminated alluvial soils at Los Alamos national laboratory[J]. *Health*, 1998, **33**(1): 99 - 122.
- [3] Christensen G C. Radioactive contamination in the environment of the nuclear enterprise "Mayak" PA. Results from the joint Russian - Norwegian field work in 1994[J]. *Total Environ*, 1997, **202**(3): 237 - 248.
- [4] Lewis B G. Radon transport through a cool - season grass[J]. *Radionativity*, 1986, **4**(2): 123 - 132.
- [5] Baesll C F. Long - term environmental problems of radioactivity contaminated[J]. *Environ Intern*, 1986, **12**(5): 545 - 554.
- [6] Klas Rosen. Transfer of radiocaesium in sensitive agricultural environments after the Chernobyl fallout in Sweden, County of Gavleborg[J]. *Total Environ*, 1996, **182**(1/3): 117 - 133.
- [7] 刘兆华. 四川省境内核工业放射性废物的潜在危险及防治对策[J]. *四川环境*, 1996, **15**(4): 53 - 55.
- [8] 陈迪云, 王湘云, 陈永亨. 铀矿区附近牛对放射性核素环境转移的指示[J]. *中国环境科学*, 2000, **20**(5): 465 - 468.
- [9] 国家环境保护总局监督管理司. 中国环境影响评价(培训教材)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [10] 中国国家标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [11] 夏家淇. 土壤环境质量标准详解[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.