中山大学学报 (自然科学版)
第 36卷 第 1期 ACTA SCIENTIARUM NATURALIUM Vol. 36 No. 1
1997年 1月 UNIVERSITATIS SUNYATSENI Jan. 1997

Ba, Sr, Y, Zr在广东白菜中的转移系数*

李冕丰 罗达玲 翁森汉 (中山大学物理学系, 广州 510275)
张 增 余君岳 (香港城市大学)

摘 要 测量了 Ba, Sr, Y, Zr四种核素从土壤到白菜的转移系数, 研究了不同季节、不同元素浓度、不同施放方式以及不同生长期对转移系数的影响, 并对元素从土壤到植物的转移系数的有关问题作了讨论.

关键词 转移系数, 白菜, Sa, Sr, Y, Zr, 对数正态分布
分类号 X 591

核电站在正常运行和紧急排放时, 会以气体或液体的形式向周围的环境排出 Sr, Cs, I, Ba, Y, Zr, Te, Tc和 Pu等放射性核素. 国际辐射防护委员会 (ICRP) 指出: 个人和群体所受的剂量是评价放射性核素进入环境后对环境影响的最合适的量[1]. 放射性核素从进入环境到使人受到照射要经历一系列复杂的物理、化学和生物过程. 因此, 直接测量个人或群体的总剂量, 只能是事后评价, 不可能达到预测和控制的目的. 为了能在没有发生污染事件时或在污染事件发生前能作出估测和控制, 必须采用某种模型, 模拟放射性核素在环境中的迁移和在人体中的代谢过程, 在排放源— 环境要素— 人体剂量之间建立起某种联系, 从而达到预测和控制的目的. 在模型模拟中必须使用各种类型的模型参数, 其中生态学参数最复杂、工作量最大. 在陆地生态学参数中最重要的是土壤到植物的转移系数, 国内外有许多学者长期从事这方面的测量和研究工作[2~4].

我们采用在室外盆栽的白菜中施入某种元素, 然后用等离子焰光谱系统[5]测量元素在白菜中的转移系数, 研究不同季节、不同元素浓度、不同施放方式下转移系数随蔬菜生长期的变化, 并对元素从土壤到植物转移系数有关的问题作了讨论.

1 材料和方法

1.1 蔬菜的栽培和样品的采集 取同一地点的粗质砂土装盆. 在试验盆中施放不同量的 Ba, Sr, Y, Zr四种元素的可溶性化合物, 选取健壮、大小相近的白菜苗植入对照盆和试验盆, 置于室外栽培, 取菜样时 (约 100~ 300 g) 连同白菜根部附近的土壤 (约 50 g) 也取出. 将洗净、晾干、称重后的菜样放在 40~ 60℃的烘箱中烘干、粉碎、再称重, 算出鲜干比, 最后装瓶待用. 土样取下后, 压碎, 去除砂粒和植物残体, 研磨、风干, 再过 100目筛, 装瓶待用.

1.2 样品的处理 取干菜样 1 g, 置于高型硬质烧杯中, 加入 5~ 20 mL浓硝酸浸泡过液, 然后微火加热, 至颗粒溶化; 加 5~ 10 mL浓硝酸进行加热至干, 再加入高氯酸烘干; 重复

* 广东省自然科学基金 (930240) 和香港城市大学基金资助项目
收稿日期: 1996-03-12 李冕丰, 男, 57岁, 副教授; 参加本工作的还有温光浩, 刘小伟, 张纯祥等

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

加入浓硝酸和高氯酸直至使溶液成为透明无色为止. 向烘干的残渣中加入 5%硝酸溶液浸泡, 过滤, 并用 5%的硝酸清洗滤纸和烧杯, 制成 10 mL的硝化液, 置于具塞比色管中待测.

取空的高型硬质烧杯, 加入与制菜样等量的浓硝酸和高氯酸, 用相同的步骤制成等量的 5%的硝酸溶液 10 mL置于具塞比色管中待测.

取 1 g土样, 用类似的方法制成 10 mL的待测硝化液及 10 mL的空白硝化液, 各置于具塞比色管中待测.

1.3 元素含量的测量及转移系数的计算 利用 J-A ICAP 9000型电感耦合射频等离子矩光谱分析系统, 测量菜样、土样和空白样中元素的含量, 每个样品测量 4次后, 给出算术平均值和标准误差. 求出土壤和白菜 (鲜干) 中的元素浓度, 再依下式求出转移系数 (TC):

$$TC = (\text{菜样 mg/kg}) / (\text{土样 mg/kg})$$

2 结果和分析

2.1 白菜生长期对 TC和影响 在盆栽的白菜中施入待测元素的可溶性盐溶液后, 每周取样一次, 求出多次取样的算术平均值. 表 1是对 Ba的测量结果, 其中取样时间指施放 Ba后到取样的时间间隔 (周). 未见白菜生长期对 TC的明显影响.

表 1 Ba在白菜中的转移系数与生长期的关系

Tab. 1 The transfer coefficients from soil to cabbage at various growth periods of cabbage for Ba

取样时间 (周)	1	2	3	4	5	6
转移系数 ($\times 10^{-2}$)	2.20± 1.04	1.91± 0.39	2.65± 1.21	2.17± 0.94	2.21± 0.96	2.10± 0.83

2.2 季节对 TC的影响 在 1993.5, 1993.11, 1993.12, 1994.2和 1994.5五批测量转移系数, 仍以 Ba为例, 结果如表 2所示. 可见, 5月份的 TC值明显高于其它季节.

表 2 Ba在白菜中的转移系数与季节的关系

Tab. 2 The transfer coefficients from soil to cabbage at various season for Ba

季节	1993.5	1933.11	1993.12	1994.2	1994.5
转移系数 ($\times 10^{-2}$)	3.33± 0.74	1.80± 0.67	2.02± 0.46	1.48± 0.28	2.61± 0.81

2.3 土壤中的元素浓度的影响 在同一季节, 在三种不同元素浓度的土壤中栽种白菜, 测量 TC值, 结果如表 3 (以 Ba为例), 未见有确定的影响.

表 3 Ba在白菜中的转移系数与土壤中元素的浓度的关系

Tab. 3 The transfer coeeficients from soil to cabbage at various concentration in soil for Ba

土壤中元素浓度 (mg/kg)	80	200	250
转移系数 ($\times 10^{-2}$)	1.46± 0.26	3.33± 0.74	1.95± 0.58

2.4 元素施放方式对 TC的影响 在同一季节, 测量单独施入 Ba和同时施入 Ba、Sr、Y、

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

Zr时 Ba在白菜中的转移系数, 它们的算术平均值分别为 (1. 80± 0. 67)× 10^{-2} (单独施放) 和 (1. 95± 0. 58)× 10^{-2}, 未见有明显的影响.

2.5 Ba, Sr, Y, Zr在白菜中的转移系数　对 Ba和 Sr的 40多个数据作统计处理, 结果表明, 它们都遵从对数正态分布. 图 1是 Ba的 TC的对数正态分布图. 表 4是四种元素在白菜中的转移系数.

表 4　Ba, Sr, Y, Zr从土壤—白菜的转移系数

Tab. 4 The transfer coeffioients from soil to cabbge for Ba, Sr, Y, Zr

核素	样品数	数值范围 (× 10^{-2})	中位值 (× 10^{-2})	算术均值 (× 10^{-2})	标准差 (× 10^{-2})	几何均值 (× 10^{-2})	几何偏差	NRC[3] (× 10^{-2})
Ba	43	1. 02~ 5. 20	2. 47	2. 68	1. 05	2. 46	1. 49	0. 50
Sr	45	8. 70~ 65. 8	19. 4	24. 5	15. 1	21. 0	1. 72	1. 70
Y	12	0. 024~ 0. 34	0. 07	0. 14	0. 13	0. 09	1. 48	0. 26
Zr	8	1. 46~ 9. 29	3. 89	3. 89	2. 48	3. 85	1. 77	0. 017

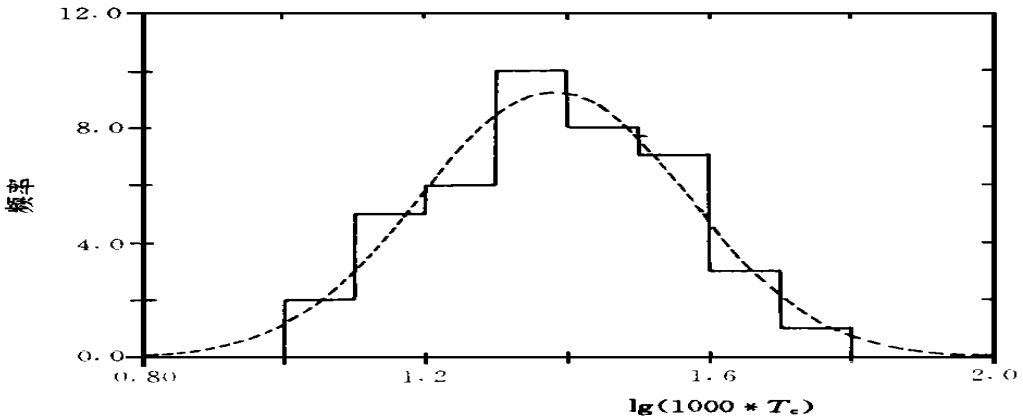

图 1　Ba从土壤到白菜的转移系数的对数正态分布

Fig. 1 The logarithmic normal distribution of the transfer cofficients from soil to cabbage for Ba

3 讨　论

(1) 核素从土壤到植物的转移系数是在对核素从土壤到植物迁移的动力学过程没有充分认识的情况下采用的经验数值,即在平衡时植物中核素浓度与土壤中的核素浓度之比.核素从土壤到植物的转移是通过生物地球化学循环来完成的, 当一种元素的稳定核素和放射性核素的物理化学状态相同时, 它们的生物地球化学循环也相同, 因而在平衡状态下有:

$$\frac{\text{植物中放射性核素的浓度 (Bq) /kg}}{\text{土壤中放射性核素的浓度 (Bq) /kg}} = \frac{\text{植物中稳定核素浓度 (mg) /kg}}{\text{土壤中稳定核素浓度 (mg) /kg}}$$

即可用元素的转移系数代替放射性核素转移系数的原因. 对此, Reichle等[6]已有深入的研究.

(2) 植物是一个不稳定的开放系统, 植物在生长过程中通过根部从土壤吸收核素是一

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

个复杂的物理、化学和生物过程, 它与核素的性质、土壤的性质、植物的生长期及气候条件等因素有关. 一方面, 在影响 TC的众多因素中, 有许多是带有鲜明的地方特色的 (如气候条件等), 因而不同作者给出的 TC值相差可达到 3~ 4个数量级, 这就要求在具体使用模型时, 为使预测准确和可靠, 必须使用特定地区的参数. 另一方面, 在影响 TC值的众多因素中并没有起主导作用的因素, 属于"多因素, 小影响", 因而 TC值遵从对数正态分布. 我们在一年内测量了 Ba, Sr, Y, Zr从土壤到白菜的转移系数, 其数值波动范围约为一个数量级 (见表 4), 且都呈对数正态分布, 这就减少了参数的不确定性, 增大了模型预言的准确性和可靠性.

(3) 土壤中核素浓度的深度分布是不均匀的, 因而不同的土壤取样法会得到不同的转移系数. 考虑到植物的根只能从有限的土壤体积中吸收核素, 因而我们只取植物根区范围内的土壤的平均核素浓度. 曾有文献报道, 核素从土壤到植物的转移系数会随土壤中核素的浓度的不同而变化, 但在我们所用的浓度范围内 (Ba约为 80~ 250 mg/kg, Sr为 60~ 200 mg/kg) 变化不大.

参 考 文 献

1 ICRP. Radionuclide Release into the Environment, Assessment of Doses to Man, ICRP Publication 29, 1979, Annals of the ICRP

2 Ng Y C, Burton C A, Thomson S E, et al. USAEC Report UCRL-50163-pt4, Lawrence Radiation Laboratory NTIS, 1968

3 USNRC. Regulatory Guide 1. 109, Calculation of annual doses to man from routine release of reactor effluents for the purpose of evluating compliance with 10 CFR part 50, Appendix I, 1977.

4 Ng Y C. A review of transfer factors for assessing the dose from radionuclides in agricultural products. Nucl Saf, 1982, 23: 57~ 71

5 李冕丰, 罗达玲, 翁森汉, 等. ICP法测量核素转移系数的研究. 中山大学学报 (自然科学版), 1995, 34 (2): 111

6 Reichle D E, Dunaway P B, Nelson D J. Turnover and concentration of radionuclides in food chains. Nucl Saf, 1970, 11 (1): 43

Transfer Coefficients from Soil to Cabbages for Ba, Sr, Y and Zr

*Li Mianfeng** *Luo Daling* *Weng Shenghan* *T. Chung* *K. N. Yu*

Abstract Transfer coefficients from soil to cabbages for Ba Sr Y and Zr have been measured. The Relationship for these and growing period of cabbage, different concentrations and way of application of elements in soil, and local climate have also been invstigated. Experements show that the trnsfer coefficients from soil to cabbage for Ba and Sr follow logarithmic Gaussian distributions.

Keywords transfer coefficients, cabbage, Ba, Sr, Y, Zr, logarithmic Gaussian distribution

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w