

ICP 光谱法测量核素转移系数的研究*

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

摘要 本文简要报导了用电感耦合等离子焰(ICP)光谱技术测定核素从土壤到蔬菜转移系数的方法, 给出了关于方法的回收率和重复测量相对偏差的结果, 以及用 ICP 方法测定 Ba, Sr, Y, Zr 从土壤到白菜和菜芯的转移系数。

关键词 等离子焰光谱技术, 蔬菜, 核素的转移系数

分类号 R145

核电是一种经济、安全和干净的能源。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某些放射性核素。这些放射性核素会在环境中产生迁移。1968 年 Ng^[1]用间接的方法第一次给出了系统的、广泛的土壤到植物转移系数, 由于植物和土壤中的核素浓度均取自文献, 难免会出现利用甲地植物的核素浓度和乙地土壤的核素浓度, 数据不够准确。1977 年, 美国核管理委员会(NRC)公布了管理导则 R. G. 1. 109^[2]。以后, 许多作者和机构报导了一批转移系数^[3,4], 但给出的转移系数差别很大^[5]。上述文献中所提供的参数都是概括的单一数值。所给出的土壤到植物转移系数, 多数是元素的转移系数, 而不是特定核素的转移系数。对此, Reichle 等^[6]已作了深入的研究。

本文采用电感耦合等离子焰(ICP)光谱技术测量核素从土壤到植物的转移系数, ICP 光谱系统是利用高温等离子体作为激发光源的光谱分析系统, 它具有检出限低、准确度高、干扰小和重现性好等特点。我们给出了方法的回收率和重复测量相对偏差的结果, 并用 ICP 光谱技术测量了 Ba, Sr, Y, Zr 四种元素从土壤到白菜和菜芯的转移系数。

1 材料和方法

1.1 样品的采集 在试验场地上施入 Ba, Sr, Y, Zr 四种元素的可溶性化合物, 然后选取健壮、大小相近的菜苗植入对照地和各种试验地, 定期淋水、施肥, 尽量使同一批次的蔬菜处于相同的环境条件下。菜苗栽活后, 每周从对照地和试验地取菜样一次(约 100~300g), 并取蔬菜根部的土样(约 30g)。洗净、晾干、称重, 然后在 40~60℃的烘箱中烘干、粉碎、再称重, 算出鲜干比, 最后把干菜样装入有磨口的玻璃瓶中。土样取下后, 压碎, 去除砂粒和植物残体, 研磨、风干, 再过 100 目的尼龙筛, 装入有磨口的玻璃瓶待用。

收稿日期: 1994-03-05

* 广东省自然科学基金和香港城市大学资助项目; 参加本工作的还有温光浩、刘小伟、张纯祥等

1.2 样品的处理

(1) 菜样的预处理. 取干菜样 1g, 置于高型硬质烧杯中, 加入 5~20mL 浓硝酸浸泡过夜, 然后置于电热板上微火加热, 至颗粒溶化; 再加 5~10mL 浓硝酸进行加热至干, 然后再加入高氯酸以驱赶硝酸; 重复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 10mL 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 10mL 置于具塞比色管中待测.

(2) 土样的预处理. 取 1g 土样, 用与制菜样相同的方法制备 10mL 硝化液, 置于具塞比色管中待测. 取空白的高型硬质烧杯, 加入与制土样等量的溶液及相同的方法制成 10mL 的空白硝化液, 置于具塞比色管中待测.

1.3 元素含量的测量 利用 J-A ICAP 9000 型电感耦合射频等离子矩光谱分析系统, 测量菜样和土样硝化液中的元素含量, 每个样品测量 4 次, 给出算术平均值和标准误差.

2 结果与讨论

2.1 方法回收率及可行性检验 取对照场地的菜样和土样多份, 每份 1g, 分别加入一定量的 Ba, Sr, Y, Zr 等元素, 蒸干后按上述的预处理方法把加入了元素的菜样和不加任何元素的对照样制成硝化液 10mL, 再用等离子焰光谱分析, 测量其含量, 结果如表 1.

表 1 方法回收率的检验

Tab. 1 The measurement on rate of recovery

加入量 A($\mu\text{g/mL}$)	Ba		Sr					Y		
	1.0	10.0	1.0	2.0	5.0	15.0	20.0	5.0	50.0	
白菜	测量值 P($\mu\text{g/mL}$)	0.98	6.85	0.929	1.408	4.491	12.08	16.83	4.417	46.13
	回收率 P/A(%)	98.0	68.5	92.9	70.1	89.9	80.5	80.4	88.3	92.3
土壤	测量值 S($\mu\text{g/mL}$)	1.04	7.57	1.013	1.668	4.707	12.29	16.26	5.05	51.76
	回收率 S/A(%)	104.0	75.7	101.3	83.4	94.2	82.0	81.3	101.0	103.6
	测量值的比值 P/S	0.94	0.91	0.92	0.84	0.95	0.98	1.03	0.88	0.89

由表可见, 除个别样品外, 回收率均在 80% 以上, 若从同一元素同一加入量在菜样和土样中测量值的比值(P/S)来看, 比值在 85% 以上.

2.2 方法稳定性的检验 为保证样品的制备和测量的条件尽可能相同, 样品是分批处理的. 在同一批样品中, 我们取样 5~6 次但每次取样烘干后, 都封装在磨口玻璃瓶中, 待取样结束后集中一起, 采用相同的酸溶液处理, 再在同样的条件下测量.

为检验方法的稳定性, 在每批样品的处理和测量中都对前批少量的样品进行重复, 即样品在不同批次中交叉重复处理和测量. 表 2 给出同一样品在不同批次测量的结果.

表 2 稳定性的检验(核素含量单位为 $\mu\text{g/mL}$)

Tab. 2 Test of stabilities

样品	对照土样			对照菜样			试验菜样			试验菜样		
	S41	S69	相对偏差	P76	P102	相对偏差	P73	P95	相对偏差	P74	P96	相对偏差
Ba	3.27	3.31	0.6%	0.53	0.42	11.6%	3.97	3.82	1.95%	3.62	3.75	1.8%
Sr	1.60	1.91	8.8%	3.11	2.90	3.5%	22.08	20.98	2.55%	—	—	—
Y	0.547	0.545	0.2%	0.047	0.066	16.8%	—	—	—	—	—	—
Zr	0.113	0.170	20.2%	0.038	0.030	23.5%	—	—	—	—	—	—

由表可见,当元素的含量较低时,同一样品重复测量的相对偏差较大,如对照土样和对照菜样的情况.但对照样品中,待测元素的绝对含量低,因而对结果的影响不大.

2.3 转移系数的测量 在一年的不同季节中取不同生长期的白菜样 42 个和菜芯样 45 个,分别测量了 Ba, Sr, Y, Zr 四种元素在白菜和菜芯中的转移系数,这些测量值服从对数正态分布,这是因为影响转移系数的因素很多,如光照、温度、湿度、生长期等,但又未发现有哪一个因素的影响占优势.表 3 给出了 Ba, Sr, Y, Zr 在白菜和菜芯中的转移系数.

表 3 Ba, Sr, Y, Zr 在白菜和菜芯中的转移系数

Tab. 3 Transfer coefficients from soil to cabbage and rapeflower for Ba, Sr, Y, Zr

元素	Ba($\times 10^{-3}$)	Sr($\times 10^{-1}$)	Y($\times 10^{-3}$)	Zr($\times 10^{-2}$)
白菜	2.68 ± 0.84	2.45 ± 1.76	1.08 ± 1.04	4.42 ± 2.48
菜芯	0.86 ± 0.35	1.36 ± 0.54	2.92 ± 1.17	1.78 ± 0.71

参 考 文 献

- 1 Ng Y C, Burton S E, Thompson R K, et al. UCRL-50163, pt, IV 1968
- 2 U S NRC, U S Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.109, Revision 1, Washington, D C, 1977
- 3 Bonner N A, Ng Y C, UCID-18652, 1980
- 4 IAEA. Safety Series, No 57, 1982
- 5 U S NCRP Rept No 76, 1984
- 6 Reichle D E, Dunaway P B, Nelson D J. Turnover and concentration of radionuclides in food chains, Nucl Saf, 1970, 11(1): 43

Studies of Measurement on Transfer Coefficients for Nuclide with ICP

Li Mianfeng Luo Daling Weng Shenghan Cheng T Yu K N*

Abstract The measurement on transfer coefficients from soil to greens for nuclides with ICP are reported briefly. The transfer coefficients from soil to Guangdong cabbage and rapeflower for Ba, Sr, Y, Zr are measured.

Keywords ICP method, Guangdong cabbage and rapeflower, transfer coefficients

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275