

中日生物样品中放射性核素比对

张京, 徐翠华

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)04-0480-02

【摘要】目的 总结中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所(National Institute for Radiological Protection NRP)与日本化学分析中心(Japan Chemical Analysis Center JCAC)开展的环境样品中放射性核素比对,验证生物样品中放射性核素分析方法的可靠性。方法 通过双方分别采集、制备的茶叶和菠菜样品,用 γ 能谱仪分析样品中放射性核素的含量进行比对。结果 本次比对共分析了 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 、 ^{208}Tl 、 ^{214}Bi 和 ^{228}Ac 6个核素,比对结果均在三倍的统计计数误差之内符合。结论 验证了我们对生物样品的制备方法,放射性核素的测量分析方法,数据的处理方法,特别是误差处理等技术都是可靠的。

【关键词】生物样品;放射性核素;比对

1 样品的采集与制备

1.1 样品的采集 本次比对共两个样品,一个是茶叶样品,由JCAC采集后,分为二部分,其中一部分由JCAC分析,另一部分寄往NRP分析。另一个是菠菜样品,由NRP采集制备成干样后,分为二部分,其中一部分留NRP分析,另一部分寄往JCAC分析。比对样品的详细信息见表1样品的制备程序见表2

1.2 样品的制备 两个比对样品的制备过程见表2

作者单位:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所,北京100088

作者简介:张京(1960~),男,北京市人,副主任技师,研究方向:辐射检测与评价。

3.2 风险防范措施

3.2.1 工作场所分区 按照GB18871-2002^[3]的规定,对放射工作场所分区管理,划分为控制区和监督区,对不同区域做出不同管理要求。控制区:主要是指以血液辐照室墙体和门为界的辐照室内部,此区域应严格控制无关人员进入。当设备运行时,此区域内不得有其他人员滞留。监督区:主要包括血液辐照室墙外的任何可能受到贯穿照射的区域。在此区域内应尽量减少非工作人员的停留时间,避免受到可能产生的辐射危害。

3.2.2 辐照仪自身防护系统 血液辐照仪采取全封闭防射线结构,超厚防护层,防火防震,因此即使丢失也不易破损。辐照仪设置专门的系统启动锁开关,由专人设置密码开关,加载门联锁,运行时辐照门锁闭,因此极大降低了误照射的发生。辐照仪自身应急设施配有紧急断电装置,有后备电源,主电源突然中断时,可以完成未完成的操作,放射源自动归位,处于屏蔽状态。当血液辐照仪处于关机状态时,密封放射源暂存于贮源容器内,当把血液样品放置到样品杯中,设定照射剂量等程序完成后,启动血液辐照仪,放射源从贮源容器中伸出,开始辐照,照射完毕后,又自动缩回到贮源容器内。辐照过程均在辐照仪内完成,因此对工作人员和公众的影响都很小。

3.2.3 安全措施 辐照室拟安装防盗门,窗上安装防盗网。拟安装伽玛射线不间断监视报警记录系统,伽玛射线探头安装在辐照仪旁;数据通过电缆传送到数据接口,再传送到主机进行处理和储存;主机将收集到的数据通过室外和室内显示屏,以数值、文字和图表的形式展示给室外和室内的工作人员;如探测到的剂量超过设定阈值,室外和室内显示屏将出现报警图案闪烁提示,同时高分贝声音报警。

3.2.4 放射防护管理措施 应制定《放射性事故应急预案》明确应急领导小组的职责,规定事故报告程序以及应急处理措施①从事血液辐照的工作人员需配带个人剂量报警仪,以免

在NRP 30°C干燥75h后,将菠菜样品磨碎,通过60目过筛,然后混合、称重和分为二份。其中一份混匀装入塑料样品盒由NRP分析,另一份寄往JCAC分析。在JCAC样品进行450°C灰化48h(用马福炉),然后过筛(42目),然后混匀装入塑料样品盒(U-8)进行 γ 谱分析。

表1 比对样品的信息

样品	采样地点	采样日期	样品状态	样品重量	邮寄日期
茶叶	日本 Shijoka 制备厂	1997-01-21	干	3 kg	1997-05-20 寄往 NRP
菠菜	中国北京市 大兴县安定镇	1997-04-13	鲜	12 kg	1997-06-10 寄往 JCAC

医护人员受到大剂量照射。②制定辐射环境保护和安全管理规章制度。在辐照室门口醒目位置设置电离辐射警示标志。建立辐射防护安全培训管理制度,从事放射性工作人员须经考核合格后持证上岗。③血液辐照仪在工作时会产生臭氧和氮氧化物等有害气体,所以,辐照室配备的空调设备需具备送风功能,保证辐照室的空气及时更新。④谨防放疗设备内的放射源丢失,安装录像监控系统和红外报警系统,进行24h实时监控。安装防盗门,实行双人双锁。

4 建议

在采取辐射防护措施,严格执行辐射防护管理制度的情况下,血液辐照仪对放射工作人员和公众是安全的,但应进一步做好以下工作。

(1)按照国家法规标准的要求开展放射工作人员个人剂量监测和健康检查。

(2)操作、维护人员工作时应有防护设施,佩戴个人累积剂量计,建立个人剂量档案。

(3)在设备购置前与供货单位签署废源返回协议,废源由具备处理资质的机构回收。

(4)定期组织本单位放射工作人员接受辐射防护法规、专业技术知识培训。

(5)该项目建成运行后,必须认真进行竣工验收监测工作。

参考文献:

- [1] 王时进, 娄云. 辐射所致臭氧的估算与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1994, 14(2): 101-103.
- [2] 国务院令 第449号, 放射性同位素与射线装置安全和防护条例[S].
- [3] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].

(收稿日期: 2010-10-08)

在 JCAC 用电炉将茶叶样品灰化, 温度为 450°C, 灰化 24 h 然后过筛通过 42 目。将样品混匀装入塑料样品盒内 (U-8) 用 γ 谱仪测量。在 NRP 将上述样品磨碎, 通过 60 目过筛, 然后混匀装塑料盒内, 密封一个月进行 γ 能谱测量。

表 2 样品的制备程序

样品	地点	温度	时间	过程	过筛目数	装入塑料样品盒
菠菜	NRP	30°C	干燥 75 h	磨碎 过筛	60 (0.25mm)	直径 75mm 高 75mm
茶叶	JCAC	105°C 450°C	干燥 24 h 灰化 24 h	过筛	42 (0.35mm)	直径 48mm 高 55mm(U-8)

2 测量仪器

本次比对 NRP 和 JCAC 采用 Ge 半导体探测器的 γ 能谱仪对样品进行测量分析, 所用仪器和测量条件见表 3。

3 结果与讨论

3.1 比对结果 两个生物样品的比对预处理的信息见表 4, 分析结果见表 5。

从表 5 可以看出, 本次 NRP 和 JCAC 分析的生物样品中放射性核素有: ^7Be ^{40}K ^{137}Cs ^{208}Tl ^{214}Bi ^{228}Ac 。除日本茶叶的 ^{214}B 和 ^{40}K 以外, 其余的结果都是偏差在三倍计数统计误差之内符合, 而日本茶叶 ^{40}K 与平均值的百分偏差也小于百分之二。对于日本茶叶 ^{214}B 的结果下面进行讨论。

表 5 分析比对结果

样品	分析单位	测量样品质量 (g)	放射性核素活度 (Bq/kg)					
			^7Be	^{40}K	^{137}Cs	^{208}Tl	^{214}Bi	^{228}Ac
茶叶	NRP	258(干重)	* * ¹⁾	612±3.0	0.26±0.6	(0.17±0.07) ¹⁾	1.4±0.2	(0.60±0.26) ¹⁾
	JCAC	44.0(灰重)	* * ¹⁾	636±2.4	0.36±0.046	0.097±0.030	0.38±0.058	0.53±0.13
菠菜	NRP	254(干重)	3.3±0.2	115±1.0	0.024±0.005	0.033±0.008	0.10±0.02	0.11±0.03
	JCAC	61.3(灰重)	3.7±0.4	118±0.7	(0.038±0.014) ¹⁾	0.046±0.0096	0.093±0.017	(0.079±0.042) ²⁾

注: 1) 系指净计数小于 3 倍的计数误差。这里误差系指测量样品的统计计数误差, 放射比活度校正到采集日期。

2) 茶叶样品的分析结果单位是 Bq/kg 干重; 菠菜样品的分析结果单位是 Bq/kg 鲜重。

3.2 结果讨论

(1) 样品直接测量与灰化测量, 以及样品装入测量盒内密封与不密封, 放置时间长短对分析结果都有影响。当样品灰化的时候, ^{222}Rn (^{226}Ra 的子体, ^{214}Bi 的母体) 从样品中逸出。在 NRP 样品装入样品盒内, 用塑料胶带对样品盒密封, 放置 1 个月上 γ 谱仪测量。在 JCAC 他们一贯都是将样品灰化 (尽管在确定这次比对时, 我们提出直接测量而不灰化, 他们口头也同意, 但不写入协议) 并且在上次中国茶叶比对时所报数据是灰化后立即测量, 这次比对他们是放置二个星期, 但未说明是否密封。为寻找原因出在什么环节, 双方同意将样品交换测量。

表 6 给出了茶叶比对结果及补充实验结果。A、C 分别为

表 6 中国茶叶上报结果和补充实验结果

实验所	样品处理	测量前放置时间	注	^{214}Bi
NRP	干燥	一个月	[A]	2.47±0.46
	灰化	一个月	[B]	1.53±0.12
JCAC	灰化	灰化后立即测量	[C]	0.69±0.091
	灰化	装盒后一个月	[D]	1.5±0.11
	灰化	密封后两个星期	[E]	2.2±0.12

表 3 γ 谱仪指标和测量条件

	NRP	JCAC	
探测器	ORTEC GEM 50195P	ORTEC GEM 20180 S	ORTEC GEM 25185 S
脉冲高度分析器	ORTEC 919	SEIKO EG&G	SEIKO EG&G
分辨率 FWHM Co-60 1.332keV	1.37 keV	1.7 keV	1.7 keV
探测效率	53%	25%	28%
标准源	U-Ra Th 137Cs 和 KC 体源	混合点源和 KCl 不同体积的体源	
样品盒	直径 75mm× 高 75mm	塑料 (U-8) 直径 48mm× 高 55mm	
计数时间	360 000 ~ 410 000 s	70 000 ~ 80 000 m s	
计算机	BM286	个人计算机	

表 4 样品预处理

样品名称	总量 (干重)	方法	灰 / (鲜、干) 比 (%)
茶叶	1.5 kg	450°C 灰化直接装样品盒	5.54 (灰 / 干)
菠菜	468 g	450°C 灰化混合过筛	1.47 (灰 / 鲜)

NRP 和 JCAC 上报结果。B 是 NRP 灰化结果。D 是 JCAC 装盒后放置一个月的测量结果, E 是 JCAC 对样品盒密封后二个星期的测量结果。[D] 的结果与 [B] 的结果相符。但 [D] (或者 [B]) 低于 [A]。[E] 与 [A] 相符。

(2) 测量样品时的本底谱与测量样品前或后的本底谱有差别, 这对于 ^{214}B 的净峰面积有影响。尤其昼夜本底谱的 ^{214}Bi 变化更大, 这对于测量结果会有一定的影响。

(3) JCAC 在常规测量中, 样品不放置平衡, 均是灰化后立即测量, 道理是人在吃这些样品 (如茶叶、菠菜) 时, 并非处于平衡。但在两个单位进行比对时, 还是放置平衡的结果才能进行比较。

4 结论

通过比对结果分析, 验证了我们对生物样品的制备方法, 放射性核素的测量分析方法, 数据的处理方法, 特别是误差处理等技术都是可信的。但由于生物样品中放射性核素含量很低, 今后应在降低仪器本底 (即铅室屏蔽) 方面需要做进一步的改进工作。另外, 在分析铀系核素时要考虑铀镭子体核素的平衡问题。

(收稿日期: 2010-07-01)