

辐射研究中吸收剂量的确定

郑 正 方 杰* 戴鸿贵 唐掌雄** 谢宗传

(江苏省农科院原子能所, 南京)

摘要 本工作研究了几个与确定吸收剂量关系密切的问题, 给出了放类混合物的 μ_{en}/ρ , 找出了动植物及其它有机物含氢量与 μ_{en}/ρ 之间有线性关系, 相关系数 $r = 0.9999$, 分析了农作物及该类混合物的灰分元素组成及其 μ_{en}/ρ , 并讨论了它们的等效问题, 也论及了能谱对由一种物质的吸收剂量过渡到另一种物质的影响等。

关键词 吸收剂量; 含氢量; 质能吸收系数(μ_{en}/d)。

引 言

众所周知, 在辐射研究中, 与辐射效应联系最密切的是被照物接受了多少电离辐射能量, 即吸收剂量是多少。但是在辐射现场尚很难直接给出被照物的吸收剂量。目前的常规剂量监测手段已经比较多样化, 但均须一个由剂量计到被照物的过渡

$$D_a = \frac{(\mu_{\text{en}}/\rho)_a}{(\mu_{\text{en}}/\rho)_d} D_d \quad (1)$$

于是 μ_{en}/ρ 便成了注意焦点。国内外的努力也大都集中于此, 采用分析各种被照物的元素组成, 查出各元素的 μ_{en}/ρ , 然后用加和公式

$$\mu_{\text{en}}/\rho = \sum \omega_i (\mu_{\text{en}}/\rho)_i \quad (2)$$

本工作除致力于多提供一些物质的 μ_{en}/ρ 外, 还试图简化上述程序, 减少工作量, 找出一条给出吸收剂量的捷径。

基 本 方 法

1. 引用数据

文中所引数据资料均标明出处, 原则是选引具有权威性的资料, 例如 IAEA, ICRUI 等权威机构出版物以及一些权威刊物等, 以保证其客观性和可靠性。

2. 实验数据

实验数据主要是某类混合物的元素组成百分比和该类混合物以及考虑到代表性而选取的水稻、小麦(粮食)与大豆、油菜(油料)等农作物种子的灰分分析, 这些数据均系由南京大学现代分析中心协助实验所得, 前者用元素分析仪, 后者用 ICP, 实验均经数次重复。实验材料没有进行烘干等特殊处理, 保持其自然存放状态, 以尽量与真实情况一致。 μ_{en}/ρ 的得出采用加和法。

* 南京大学 ** 中国农科院原子能所

结 果 与 讨 论

1. 某类混合物的元素组成及 μ_{en}/ρ

关于组织、水、骨骼以及一些基本元素和化学材料等已有许多研究,有了大家公认的数据^[1-3,12],而农作物的数据国内外也较多^[4-9],但是对于某类传统混合物而言,则尚未见有什么

表 1 某类混合物的元素组成(%)及 $\mu_{\text{en}}/\rho(10^2\text{cm}^2/\text{g})$ Table 1. The μ_{en}/ρ coefficients and element composition of some traditional mixtures

名 称 Name	H	C	O	N	S	灰分 Ash	总 和 Total	μ_{en}/ρ (1.25 Mev)	μ_{en}/ρ (0.66 Mv)
H ₁	6.68	38.99	46.98	0.70	4.01	2.64	100	2.841	3.133
H ₂	7.06	39.91	46.54	1.45	4.00	1.04	100	2.852	3.144
H ₃	5.90	41.21	40.90	1.68	3.50	6.81	100	2.819	3.109
H ₄	6.37	39.03	44.37	1.02	2.20	7.01	100	2.831	3.122
H ₅	3.62	26.60	28.11	1.28	8.04	32.35	100	2.749	3.042
H ₆	6.56	39.62	52.95	/	/	0.87	100	2.839	3.129

表 2 某些混合物、农作物及其他有机化学材料中含 H 量(%)与 $\mu_{\text{en}}/\rho(1\text{r}^2\text{cm}^2/\text{g})$ Table.2 The μ_{en}/ρ coefficients and H percent of some traditional mixtures, crops and organic materials.

名 称 Name	Y	$\mu_{\text{en}}/\rho(^{60}\text{Co})$	$\mu_{\text{en}}/\rho(^{137}\text{Cs})$	名 称	Y	$\mu_{\text{en}}/\rho(^{60}\text{Co})$	$\mu_{\text{en}}/\rho(^{137}\text{Cs})$
H ₅	3.62	2.749	3.042	大麦*** Barley	6.8	2.843	3.150
Bakllite*	5.71	2.818	3.105	小麦*** wheat	6.9	2.847	3.130
H ₃	5.9	2.819	3.109	玉米*** Corn	7.0	2.850	3.140
H ₄	6.37	2.831	3.122	高粱*** Sorghum	7.0	2.849	3.150
H ₆	6.56	2.839	3.129	水稻*** Rice	7.0	2.849	3.140
H ₁	6.68	2.841	3.133	H ₂	7.0	2.852	3.144
大麦芽胚** Barleyplumule	7.4	2.856	3.150	玉米胚芽** Corn plumule	9.0	2.882	3.180
Polystur*	7.69	2.871	3.163	花生*** peanut	9.5	2.915	3.210
大豆*** Soybean	7.7	2.865	3.170	苹果枝杂** Apple Branch	10.2	2.936	3.240
小麦 wheat	7.8	2.869	3.170	肌肉* Muscle	10.2	2.933	3.234
Lucite*	8.0	2.879	3.172	蚕豆根尖* Broadbean Root Tip	10.4	2.940	3.240
棉花*** Cotton	8.1	2.876	3.180	紫露草花** Zilucaohu	10.5	2.942	3.240
Amber	10.53	2.946	3.246	Paolyeth*	14.29	3.046	3.355
H ₂ O*	11.19	2.961	3.264	H*	10.0	5.309	5.842

注 表中小麦是中国小麦,而小麦是欧洲小麦。* 取自参考[1~3],

** 取自参考[4~9], *** 取自中国农科院原子能所资料。

资料报道, 我们精心选择了数种进行了研究, 它们具有某种代表性(见表1)。

2. 一些混合物工农作物及其它有机物含氢量与 μ_{en}/ρ 关系

我们所能遇到的被照物是多种多样的。如果都得去分析出其元素组成。再用加和法求总的 μ_{en}/ρ , 不仅麻烦, 多耗人力、物力与时间, 而且事实上也不是必须的。作者经过对众多的动、植物及一些有机化学材料进行多方研讨, 发现这些物品的含氢量与 μ_{en}/ρ 有线性关系, 可用下式表示

$$\text{对 } ^{60}\text{Co} \quad \mu_{en}/\rho = 2.663 + 0.02647 \times y \quad (3)$$

$$\text{对 } ^{137}\text{Cs} \quad \mu_{en}/\rho = 2.939 + 0.02903 \times y \quad (4)$$

式中 y 为含氢量(%), μ_{en}/ρ 单位为 $10^{-2}\text{cm}^2/\text{g}$, r 均为 0.9999。

表中只列出这 28 种材料的数据是考虑到它们的分布范围及代表性, 它们的含氢量从 3.62~100%, 事实上我们手头收集了近 200 种材料的数据, 但在含氢量大都在 5~15% 之间, 如作回归图则分布呈“筒并”现象, 出现一个“雪球”。

再从射线与物质相互作用来考虑, 在 0.2~3 Mev 能量区间内, 对低乙物质, 主要是康普顿效应, 动、植物及以有机材料为主的物质其主要构成是 C、O、H、N 这几种元素, 其中只有 H 表现特殊, 其反应截面(因而 μ_{en}/ρ) 远大于其它几种元素, 剩余几种及空气它们的 μ_{en}/ρ 几乎完全一样。这就从反应机理决定了各种动、植物以及有机材料为主的物质, 其 μ_{en}/ρ 值与含氢量之

表 3 一些混合物与农作物种子的元素组成(%)与 $\mu_{en}/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$

Table 3. The μ_{en}/ρ coefficients and element composition of ash content in some tradiional mixtures and crops

名 称 Name	H ₂	H ₁	H ₂	H ₁	H ₂	水稻 Rice	大豆 Soybean	油菜 Rtape	小麦 Wheat
Zu			0.359			0.276			0.357
P	1.863	2.072	11.26	13.67	1.750	38.19	26.37	32.73	43.61
Al	2.280	2.863	0.646	0.211	0.639	0.218		0.221	
As			0.626		11.84				
Ca	8.077	7.313	6.176	10.95	1.158	3.785	0.800	1.101	1.395
Mn				0.487		1.017			0.428
Mg	14.31	5.521	11.59	18.71	2.422	12.97	8.54	12.07	13.51
Li	1.303	0.995	0.462	0.557					
K	39.82	8.505	2.131	26.82	1.505	37.60	56.35	33.21	36.00
Fe	10.21	3.618		13.59	0.790	0.468	0.236	0.375	0.530
Cu					0.212				
Si		0.366		0.192					
$\mu_{en}/\rho(^{60}\text{Co})$	0.0263	0.0263	0.0264	0.0263	0.0263	0.0259	0.0260	0.0260	0.0259
$\mu_{en}/\rho(^{137}\text{Cs})$	0.0292	0.0292	0.0294	0.0291	0.0293	0.0287	0.0288	0.0289	0.0287

间有着某种内在的联系,从而可以得出这些物质的 μ_{en}/ρ 数值,而不需要进行繁琐地分析其元素百分比,再用加和法计算 μ_{en}/ρ 值了,只要知道含氢量这一参量,即可很方便地、可靠地得出 μ_{en}/ρ ,再用式(1)、 D_m 便得出了。而且用含氢量这一参量将被照物潮湿程度这一因素亦包含进去了。

3. 某类混合物及农作物种子的灰分

关于该类混合物的灰分很少见诸报道,而对农作物种子的报道则大同小异,取其 μ_{en}/ρ 等效于 $Z=16$ 的S元素^[5,10,11],但经我们用ICP等分析出其元素组成,发现上述等效尚值得商榷(见表3,表4)。

表4 一些农作物和混合物的灰分和一些元素的 $\mu_{\text{en}}/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$

Table 4 The μ_{en}/ρ coefficients of some elements, in crops ash and a sort of traditional mixtures

Name 名称	A sort of mixtures 混合物	Crops 农作物	S	P	Si	K	Ca	Mg	C
μ_{en}/ρ (^{60}Co)	0.0263	0.0280	0.0266	0.0259	0.0265	0.0259	0.0266	0.0263	0.0267
μ_{en}/ρ (^{137}Cs)	0.0293	0.0288	0.0294	0.0285	0.0293	0.0288	0.0296	0.0291	0.0293

表3、表4中各元素的 μ_{en}/ρ 系摘自参考文献[12~13]。表4数据表明该类混合物灰分与Mg的 μ_{en}/ρ 非常一致,农作物种子灰分与K的 μ_{en}/ρ 非常一致,而都与S相去甚远。

4. 能谱

在此之前,大多数文章对式(1)的应用都加以只适用于浅层的限制,因为考虑到能谱的降解^[11]。事实上在0.2~3 MeV能量区间,是康普顿效应占优势,O、N、C、H等元素及空气的 μ_{en}/ρ 的相互之比基本不随能量变化,尽管 μ_{en}/ρ 随能量变化很大。再则能否达电子平衡,并不由介质之深浅决定。那么上述限制便可以放宽,某些情况下是可以适用于深层的。

结 论

本工作提供了一批新数据资料,发现了某类混合物、农作物及一些有机化学材料中含氢量与 μ_{en}/ρ 之间关系的共同性,进而推到所有以有机材料为主的辐照物,它们的含氢量与 μ_{en}/ρ 有线性关系,分析讨论了该类混合物及农作物种子的灰分组成和等效问题,对式(1)放宽了限制。上述工作对许多情况下确定吸收剂量提供了可能性,提供了方便,有助于减少工作量,提高准确性。

参 考 文 献

- [1] ICRU Report 10 b. Physical Aspects of Irradiation. NBS Handbook, 85. Washington, (1962).
- [2] J. H. Hubbell. Photon Mass Attenuation and Mass Energy-Absorption coefficients for H, C, N, O, Ar, and Seven Mixtures from 0.1 keV to 20 Mev. Radiation Research 70, 58-81 (1977).
- [3] ICRU. Report 19, (1971).
- [4] ICRU. Report 26, (1977).
- [5] 唐掌雄,原子能农业利用, 2, 55-59(1984).
- [6] IAEA. Neutron Irradiation of Seed II, T. R. S. 92 (1968).
- [7] IAEA. Neutron Irradiation of Seed I. T. R. S. 76 (1967).
- [8] D. Brune et al. Intern. J. Appl. Rad Isot., 24, 1 (1973).
- [9] A. Przybyta. Fruit Science Reports, 2, 1 (1978).

- [10] 徐永高等, 原子能科学技术, 8, 967 (1964)。
[11] 方杰, 核技术, 2, 53~56 (1981)。
[12] F. H. 阿蒂克斯, 辐射剂量学, 第1卷, 133~140, 原子能出版社, (1981)。
[13] 中国科学院工程力学所, γ 射线屏蔽参数手册, 88~94, 原子能出版社 (1976)。

(稿件收到日期: 1987年1月20日)

ESTIMATION OF ABSORBED DOSE IN RADIATION RESEARCH

Zheng Zheng Fang Jie* Dai Honggui Tang Zhangxiong** Xia Zhongchuan

(Institute of Atomic Energy, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014)

ABSTRACT Several questions concerning absorbed dose have been studied. The mass energy-absorption coefficients U_{en}/ρ for some traditional mixtures are reported, the linear relations between the H percent of animals, plants and other organic materials and their U_{en}/ρ values are found out, it's correlation coefficient r is 0.9999, for the above materials, the element composition of ash are analyzed and their U_{en}/ρ are tabulated, their equivalent has been studied, finally, the restriction on $\frac{D_1}{D_2} = \frac{(\mu_{en}/\rho)_1}{(\mu_{en}/\rho)_2}$ are discussed.

KEYWORDS Radiati; Absorbed Dose; H Percent; Mass Energy-absorption coefficient (μ_{en}/ρ).

(上接第56页)

sent process technology is provided by positioning the diode semiconductor having soldered joint to the holder but still unsealed with the cap with the major surface adjoining the anode region of the device for exposure to a radiation source, and thereafter the device is irradiated by electrons at room temprature. The electron flux is about 5×10^{13} to $9 \times 10^{14} e^-/cm^2$ and most desirably about $3 \sim 5 \times 10^{14} e^-/cm^2$. The electrical characteristics of the device were measured before and after irradiation. The irradiated devices sealed with the cap were stored at $150^\circ C$ and were tested electrically for a period of 240 hours. The irradiated devices have good characteristics. Now the present process technology have introduced into production.

KEY WORDS Electron irradiation; Sillicon epitaxial switching diode; Reverse Recovery time; Forward voltage drop.

*Nanjing University

**Institute of Atomic Energy, Chinese Academy of Agricultural Sciences