

3. Maher V M et al: Mutant Res 43: 117, 1977.
4. Maher V M et al: Mutant Res 62: 311, 1979.
5. McCormick J J et al: Proc Am Assoc Cancer Res 21: 122, 1981.
6. Silinskas KC et al: Cancer Res 41: 1620, 1981.
7. Maher VM et al: Proc Natl Acad Sci USA, 79: 2613, 1982.
8. Konze-Thomas B et al: Mutant Res 94: 421, 1982.
9. Kouze-Thomas B et al: Biophys J 28: 315, 1979.
10. Heflich R H et al: Chem Biol Interact, 29: 43, 1980.
11. Yang L L et al: Mutant Res 94: 435, 1982.
12. McCormick J J, Maher V M: Human Carcinogenesis, Harris C C and Autrup H N (eds), p401, Academic Press, New York, London 1983.
13. Cornelis J J et al: Photochem Photobiol, 26: 26; 241, 1977.
14. Cornelis J J, Maurice Errera: DNA Repair, A Laboratory Manual of Research Procedures, Vol. 1, Part A, p31, Friedberg E. C, Hanawalt P. C. (eds), Marcel Dekker, Inc. New York and Basel,
15. Mitchell D L, Clarkson J M: Biochem Biophys Acta 655: 54, 1981.
16. Strickland P T, Boyle J M: J Immunol Methods 41: 115, 1981.
17. Leipold B et al: J Immunol Methods 60: 69, 1983.
18. Leipold B, Remy W: J Immunol Methods 66: 227, 1984.
19. Lewis HL et al: Rad Res 75:305,1978.
20. Hazel L et al: DNA Repair Mechanisms, p35, Philip C. Hanawalt et al (eds), Academic Press, New York, San Francisco, London, 1978.
21. Umbenhauer D et al: Int J Cancer 36: 661, 1985.
22. Hsu I C et al: Carcinogenesis 1:455, 1980.
23. Hsu I C et al: Cancer Res 41: 1091, 1981.

食品放射性核素污染推荐限量专家讨论会介绍

中国医学科学院放射医学研究所 姜会侠

1986年12月1日~5日,联合国粮农组织(FAO)在罗马召开了有关食品放射性核素污染推荐限量的专家讨论会。与会专家11人,FAO顾问2人,秘书组4人,共17人。这次会议是在苏联切尔诺贝利核电站事故之后,不少国家及国际食品贸易受到干扰的情况下,应FAO成员国的请求召开的。与会专家不代表任何政府或组织机构,按照他们自己的专业知识和能力,就下述议题进行了认真讨论,最后形成并通过一份报告初稿。讨论的主要议题是:1.核事故释放

到环境中的放射性对人类的危害;2.切尔诺贝利核事故后,各个国家采取的措施及其对各国、国际食品贸易的影响;3.用于核事故情况下国际贸易食品放射性核素污染的限制量。

会议选举了加拿大的S.W.Gunner为主席,中国的姜会侠为副主席,英国的F.P.W.Winteringham被指定为报告起草者。FAO的食品政策及营养部主任P.Lunven博士首先致开幕词,Lunven博士指出,苏联切尔诺贝利核事故是人类的一大悲

剧，它及时地提醒人们要经常保持高度的警觉，改进和提高应付未来可能发生的核事故的能力。这次核事故本身也告诉了我们加强该领域国际间对话和合作的重要性，因为核事故几乎与所有其它技术性事故都不一样，它会迅速造成具有国际性的影响。Lunven博士指出，核事故的一个重要后果是对各国和国际间食品贸易的影响。如何既要采取措施，保证公众健康不受影响，又要不使食品贸易受到干扰，这是一项极为重要的课题。为了方便贸易和使公众掌握足够的知识，需要对人员进行训练，设置必要的监测仪器，制定相应的法规以及对公众的宣传教育。Lunven博士在最后强调指出，国际组织间，特别是FAO与IAEA及WHO间加强联系和合作是保证公众对辐射的防护和食品的安全供应的重要环节。

下面就会会议讨论的主要内容和结果作一简单介绍：

一、背景

自从核反应堆在40年代早期建成以来，已被广泛用于和平和非和平目的，利用原子能发电是主要和平应用之一。到1985年底为止，全世界大约30个国家中有用于发电的500多个核反应堆在运转或建设中。然而，使用核反应堆发电并非没有危险。1936年的切尔诺贝利核事故及早些时候不甚严重的核事故，清楚地表明了核事故所造成的国际影响，包括对食品贸易的严重不利影响。这些核事故亦表明需要改进和加强国际间的交流与合作，以便在紧急情况下能提供有效措施，把食品放射性核素污染限制在对公众健康产生有意义影响的水平之下。

核事故时释放的放射性核素，可导致公众受电离辐射的照射。过去40年间，许多国家和一些国际机构已制定了职业人员及公众的辐射照射限量，几个国际机构也发布了有关核事故情况下应采取的措施的建议。因此，

与会专家同意，本次会议只讨论与食品国际贸易有关的一些问题，以便在有效地保护公众健康的同时，减少对食品贸易不必要的干扰。

二、关于食品中放射性核素限制量的建议

（1）切尔诺贝利核事故的教训

目前核动力的规模和各国继续发展核动力的规划，明显地意味着未来可能还会发生核事故。切尔诺贝利核事故表明，为有效地保护公众健康，需要对食品、饮水有可能受到的放射性污染进行有效地探测和监督。事故后暴露出的一个重要问题是缺乏在建立食品、饲料等放射性污染限量中的国际间交流合作和协调一致。这一情况导致公众心理和宣传媒介的混乱和猜疑，也导致了国际食品贸易的紧张状态。

（2）基本原则

专家们注意到，尽管辐射防护基本原则已经完好地建立并被广泛地承认和接受，但有以下两点急需改进：（a）使用的术语和单位急需进行国际间的协调统一；（b）需就建立一个待积剂量当量限值达成国际间的一致。这样，不仅使得继核事故后采取具有科学根据的各项措施变得容易，而且可以消除国际贸易、食品保护以及农渔业中出现的不必要的紧张状态。

（3）术语及单位

专家们指出，在切尔诺贝利事故后遇到的一个问题是，不同组织和专家，同时使用不同单位描述如放射性、吸收剂量等测量值。这一情况对于国际交流和采取应急措施都很不利。因此，建议在讨论食品受放射性核素污染问题中，使用国际单位（SI）制。

（4）处置水平（Action Level）推导的原则

食入放射性给出的辐射剂量，可利用剂量转换因数由食入的放射性量计算出来。食

入的放射性核素可分为两类：一类是照射全身的核素，如： ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ；一类是主要照射单个器官的核素，如： ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{239}Pu 。为推导食品放射性核素限量，讨论会采用了下述事故后辐射剂量限值，即：在均匀照射情况下，第一年待积剂量当量为5 mSv，其后每年为1 mSv。由于某些放射性核素，如 ^{131}I 积聚在某一特殊器官，因而，需利用相关器官的待积剂量当量第一年50mSv和其后每年10mSv。讨论会提出，用于国际食品贸易的食品放射性核素的限制量或作用水平，正式命名为暂行国际食品放射性核素处置水平（Interim International Radionuclide Action levels for Food, IRALF）。讨论会建议，IRALF值应成为国际上一致同意的限值。这一限值具有暂定性质，不排除随着知识和经验的积累提高进一步修改的可能性。

(5) IRALF的计算

IRALF可利用下式计算：

$$\text{IRALF (Bq/kg)} = \frac{\text{放射性核素年摄入量 (Bq)}}{\text{年度或“有效”食物消耗量 (kg)}}$$

各放射性核素年摄入量可利用各核素剂量转换因数由上述给出的剂量限值计算出来，即：

$$\text{放射性核素年摄入量 (Bq)} = \frac{\text{剂量限值 (Sv)}}{\text{剂量转换因数 (Sv/Bq)}}$$

讨论会考虑了两种情况：幼儿和成人。在这两种情况下使用的剂量转换因数不同，食物摄入量不同，因而给出的IRALF亦不同。使用两种情况下计算出来的最低值作为建议的IRALF值。

用于食入情况下的剂量转换因数可从ICRP30号出版物中查找出来。这些因数仅适用于成年人，对于幼儿使用其它作者计算

出来的剂量转换因数。为推导IRALF，讨论会假定污染的食品商品代表食品总摄入量的100%。日摄入量，成年人取2 kg，幼儿取1 kg。

对于半衰期小于70天的那些放射性核素，计算IRALF时使用“有效”食物消耗量，即相当5个半衰期期间的消耗量，而对于半衰期大于70天的那些放射性核素，使用食物年度消耗量。对于这些放射性核素，参考消耗量成年人为750kg/年，幼儿为375kg/年。

下述例子说明了对成年人和幼儿计算出的 ^{131}I 的IRALF值的差异。

$$\begin{aligned} \text{成人：放射性核素摄入量 (Bq)} \\ &= 5 \times 10^{-2} \text{Sv} / 4.8 \times 10^{-7} \text{Sv/Bq} \\ &= 104\ 166 \text{Bq} \end{aligned}$$

$$\text{IRALF} = \frac{104\ 166 \text{Bq}}{5 \times 8 \text{天} \times 2 \text{kg/天}}$$

$$= 1\ 302 \text{Bq/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{幼儿：放射性核素摄入量 (Bq)} \\ &= 5 \times 10^{-2} \text{Sv} / 2.9 \times 10^{-8} \text{Sv/Bq} \\ &= 17\ 241 \text{Bq} \end{aligned}$$

$$\text{IRALF} = \frac{17\ 241 \text{Bq}}{5 \times 8 \text{天} \times 1 \text{kg/天}}$$

$$= 431 \text{Bq/kg}$$

幼儿 ^{131}I 的IRALF值更严些，因而使用幼儿的作为 ^{131}I 的IRALF值，即：放射性核素摄入量为17 000Bq，IRALF为400Bq/kg。附表中列出5种放射性核素的IRALF值，作为长寿命和短寿命放射性核素的例子。这些核素是 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及 ^{239}Pu 。任何放射性核素的IRALF值，都可利用剂量转换因数计算出来。

当发现或被告知进出口食品受二种或更多种放射性核素污染时，应按下式掌握，即计算出的S值应小于或等于1。

$$S = \frac{\Lambda \text{核素实际水平}}{\Lambda \text{核素IRALF}}$$

$$+ \frac{B \text{ 核素实际水平}}{B \text{ 核素IRALF}} = \dots \leq 1$$

三、监测方法学

(1) 一般原则

为进行国际贸易食品中放射性水平的控制管理,需考虑下述这些问题,即:放射性核素的特性、来源;在食物生长和采集地区沉降的情况;不同放射性同位素的衰变速率以及最可能受到污染的食物产品等。根据这些考虑,可以决定监测方法和规模。

苏联切尔诺贝利事故后在食品货物中所关心的主要放射性核素是 ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 。 ^{131}I 半衰期只有8天,对于单次性事故释放,经过两个月衰变后,它在食品中的水平已无意义,故事故后两个月起对 ^{131}I 的监测就可大为减少或停止。 ^{134}Cs 及 ^{137}Cs 的半衰期要比 ^{131}I 长得多(分别为两年和30年),因此,需要制定长期的监测计划,对这两种核素及 ^{90}Sr 、 ^{239}Pu 等在某些情况下可能偶然释放出来的放射性核素进行特殊监测。

为使食品工业及政府能够向消费者保证,市场上的食品放射性未超过规定的放射性核素污染水平,需建立各种特殊监测和采样计划。

在生长、放牧及收获(采集)地区,应进行总体监测,测定放射性核素向土壤、水、生长的庄稼及动物沉积的速率。应在收获之前,从大片土地上采集具有统计意义的农作物样品,以得到藉以确定是否污染高于或低于规定标准的有关资料。

此外,应从大量加工、包装和运送的食品中采集并分析随机样品,以保证食品货物放射性核素含量不超过规定标准。这些监测方案使得输出国能够确保食品放射性核素污染水平低于限量,无需在装运时对每批食品都进行采样和分析。

食品输入国应具有对进口食品进行分析和采样的能力,以验证接受的食品污染水平

在所建议的IRALF之内。采样方案需考虑到各种放射性核素的性质、当地居民的食谱、不同的年龄组及易受放射性影响的人群,以及进口食品证明书的可靠性等因素。

及时地测定沉积的放射性成份是很重要的,因为它决定可能采取的预防措施及对公众健康的影响程度。切尔诺贝利事故中,放射性碘在近期放射性沉降物中占有优势,在远期沉降物中放射性铯占有优势。

采样和分析方法能达到国际范围内的一致亦很重要。讨论会中得知,国际原子能机构(IAEA)的一个“环境及食品中落下灰放射性监测”项目正在建立已经证实可靠并能用于食品放射性污染分析的一套方法。这个项目的目的是:(1)提供一组测量环境样品及食物中关键放射性核素的方法;(2)组织国际比对研究,以保证测量质量,提供校准分析方法和测量仪器的参考物质;(3)帮助发展中成员国建立测定食品及环境中落下灰放射性的环境监测实验室;(4)提供该领域内的人员培训。

为检验各国现在使用的以及文献中发表的分析方法,IAEA的分析质量管理局(A-QCS)将组织国际性比对,以提高环境放射性监测数据的可靠性。IAEA计划要出版一本放射性核素测量参考方法指南。讨论会上,专家们请求IAEA加强这一项目的实施。

四、对今后工作的几点建议

(1) FAO应尽快地通过适当机构,寻求建议的IRALF在国际上的承认和采纳。

(2) 为保证放射性分析的质量,急需特别是供食品分析用的放射性核素标准参考物质。因此,建议IAEA的AQCS项目提供具有使用指南的参考物质。

(3) 各国主管当局及相应的国际机构,如:FAO、IAEA等,应对食品质量管理及检验人员进行有关放射性监测的培训。建议国际机构提供有关放射性核素监测

及分析用的基本设施的信息,如:哪些是必备的仪器设备及从什么地方能够得到等。

(4) 由于需要在采样、样品制备、放射性核素测量及数据报告等方面的国际间的协调统一,建议继续支持IAEA的“环境及食品中落下灰的放射性监测”项目,并建议进一步研究、建立快速准确的分析方法,特别是Sr和Pu同位素的分析方法。

(5) 审查并完善现有的去除或降低食品中放射性核素含量的方法(如:清洗、稀释、加工等)。

(6) 审查和发展有关可能减少牲畜及

鱼类对放射性污染物吸收的研究工作。

(7) 研究现有的放射性核素自降落区或释放点经食物链向人体转移的模式。建议FAO和IAEA进行协作研究,建立一个简单的、把生态系统监测水平与食物水平联系起来的表格,以便在核事故后能对食品是否适合出口提供早期预报。

(8) 审查现有的有关放射性污染物在食品制造和加工过程中归宿、分布的资料和数据;加强有关辐射对人体效应的数据资料的收集和交流。

表 几种放射性核素的IRALF值

放射性核素	靶器官	限制剂量 (mSv)	剂量转换因数 (Sv/Bq)	与剂量相应的放射性 核素摄入量(Bq)	食物摄入量 (kg)	IRALF (Bq/kg)
^{90}Sr 第一年	骨表面	50	1.9×10^{-6}	26 000	375	70
以后各年	(幼儿)	10	1.9×10^{-6}	5 200	375	20
^{134}Cs 第一年	全身	5	2.0×10^{-8}	250 000	750	350
以后各年	(成人)	1	2.0×10^{-8}	50 000	750	70
^{137}Cs 第一年	全身	5	1.4×10^{-8}	360 000	750	500
以后各年	(成人)	1	1.4×10^{-8}	71 000	750	100
^{239}Pu 第一年	骨表面	50	1.7×10^{-5}	3 000	375	10
以后各年	(幼儿)	10	1.7×10^{-5}	590	375	2
^{131}I 第一年	甲状腺	50	2.9×10^{-6}	17 000	40	400
以后各年	(幼儿)					

小剂量电离辐射的致癌作用

Москалев ЮИ и др; Медицинская Радиол

31(5):63~71, 1986(俄文)

辐射的致癌效应是人和动物受射线作用后远期最严重的病理变化。

从40年代起,人们对辐射的致癌问题就特别关注,因为地球上的动物经常不断受到天然和人工辐射源照射,而且在核事故和非常情况下会有大量人员受到照射。如果再考虑到ICRP制定各种辐射标准所根据的新原

理(辐射致癌效应和遗传效应的剂量-效应关系是线性无阈的),则对辐射致癌问题文献的日益增多就容易理解了。

流行病学和实验研究表明,欲揭示受射线照射者的肿瘤超额发生率,应该进行终生观察,有时甚至应观察几代。若辐射损伤遗传细胞,则可能后代引起肿瘤,或使形