第一部分　引言

1　前言

1.1　放射性事故与农业对策

在事故的情况下，存在着放射性物质被释放到环境中的可能性。通常，核设施并不建立在人口稠密的地区，其邻近土地大多是农田或村镇。1986 年切尔诺贝利（CHERNOBYL）事故表明，距事故中心区几百至上千公里的农业设施受到影响。因此，需要着手制定用于减少农产品放射性污染的应急计划，甚至对那些无核电厂的国家。

在环境污染的严重事故的任何情况下，会涉及到从中央到地方各级政府。

农业对策的战略应主要考虑：

—减少农产品的放射性污染、保护人体健康

—尽可能快地恢复农田的正常使用

在实践中，作出采取对策时必须考虑措施的代价与对日常生活的干扰的平衡。

在核事故刚结束后，要采取短期限制措施来减少短半衰期放射性核素的辐照，即使污染很可能还包括其它核素。例如，一项限制消费牛奶的禁令至少应考虑是几个星期，目的是让 ^{131}I 衰变掉。如果由于污染的特性可能需要更长一些的时间，在长一些时期的目标是确保污染区居民生活条件是安全的，并使污染土地恢复到某些种类的农业生产。

通过各种技术可以使人体吸收放射性核素达到最低限度，例

需要全本请访问 www.ertongbook.com

如，通过对土壤施用化学物质减少作物的吸收，和食品加工技术。有些特殊的动物饲养制度的设计目的是为使畜产品符合质量要求，即使是饲喂一些污染的饲料，通过在动物饲料中添加化学凝结剂，可以减少动物对放射性核素的吸收。各种用来避免和减少农产品放射性污染的措施，综合描述为“农业对策”。从过去的核事故、核试验落下灰和试验研究已经获得大量资料，但有些问题需要进一步研究。例如在 1986年切尔诺贝利（Chernobyl）核事故中出现的问题，尤其是白俄罗斯（Belarus），俄联邦（The russian federation）和乌克兰（Ukraine）。另一方面，追踪切尔诺贝利核事故所得出的研究结果也可以用于制定处理未来核事故的应急计划。

1.2 指南的目的和目标

本指南的目的是为在严重核事故情况下，制定与食品和相关的应急响应计划提供基本意见，并陈述如下三方面的观点：

（Ⅰ）建立事故排放情况下采用农业对策的基本策略；

（Ⅱ）编辑适宜的农业对策的数据范围作为制定模拟措施的输入参数；

（Ⅲ）为各成员国在制定各国详细的农业对策的指南提供帮助。

为了满足上述三个目标，本文有必要讨论应急响应计划和辐射防护及有关农业对策方面本身的一些情况。

第一部分略述了食品和农业的放射性污染问题，放射生物防护和有关对策所涉及的策略问题，同时也总结了技术的适用性和执行情况。这个总的看法是为了决策者和农业科学家以及在后面给出更详细的资料起到承前启后的作用。第二部分包括现有对策的技术资料，及在实施过程的效果和存在问题。这一部分对制定应急计划和农业科学家特别有意义。第三部分主要考虑与农业和食品潜在与急性污染有关的管理和组织的问题，尤其是直接关系到管理者和制定计划者。第四部分是对过去发生的核事故响应的回顾。本报告也是对联合国粮农组织（FAO）[1] 国际原子能机构

(IAEA)[2]和世界卫生组织（WHO)[3]有关对核事故响应的补充

2 一般因素

2.1 天然辐射环境

生物圈中的生命过程始终伴有辐射。人类通常接受的最高辐射剂量来自天然辐射源。来自天然放射性的年平均剂量约为2.4mSv[4],但是典型的个人年剂量范围从 1 到 5mSv，特殊情况下超过 100mSv。

千百万年以来，宇宙辐射和生物圈中的放射性核素作为两个主要的天然辐射源。宇宙辐射占本底辐射的 15%，来自天然铀和钍的气体氡估计占 50%，其余部分是土壤中的放射性核素，尤其是^{40}K 的贡献。人体的内照射主要来自食品中^{40}K、^{210}Pb 和^{210}Po，^{210}Pb 和^{210}Po是^{238}U 的衰变子体。由于摄入的^{40}K被平衡地固定在体内，它的剂量贡献是恒定的。因此，膳食习惯影响^{210}Pb和^{210}Po的内照射。例如，由于它们在海产品中的活度相对要高，而海产品在日本的消费量较高，所以据报道日本人的年摄入量比德国人要高 5 倍[4]。

在 50 年代末和 60 年代初期，约有 400 次大气层核试验，大量放射性物质被释放到环境中。核爆落下灰中含有几百种核素，但仅有 40 种与人体有关 ^{14}C（$T_{1/2}$5730 年），^{90}Sr（30 年）和^{3}H（12 年），全球食品和土壤中均发现该四种核素的微量存在，不过仅为年总剂量的 1%。

考虑到由此而产生的农业环境的放射性污染，或称为污染的一种成份，应当看作在放射性水平的测定时，可以判断农业产品是否受到污染。同样可以用来对区域的污染程度进行分类，例如根据某一特定放射性核素的沉降水平，决定采用的对策和其它判断。这仅是第一步，因为农产品的放射性污染与原初沉降水平相关。

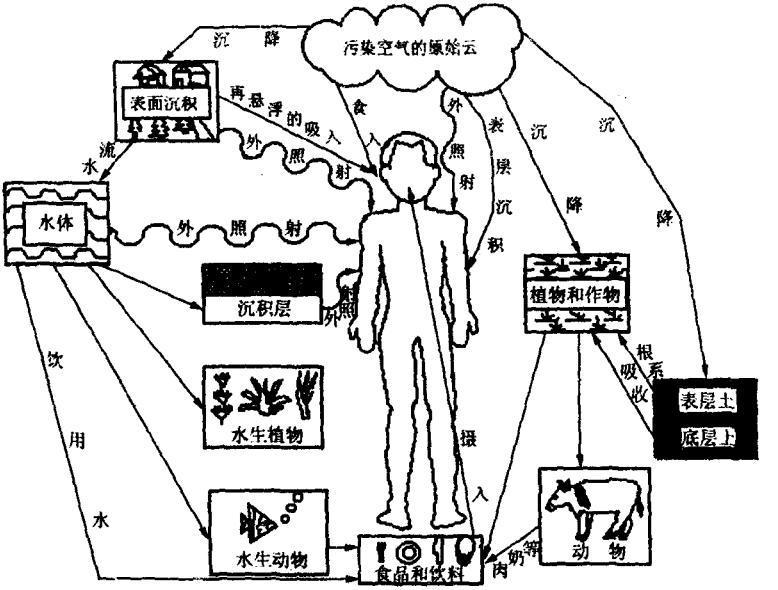


图 1 人体受辐照的主要环境途径

2.2 放射生物防护

放射生物防护一词用来描述保护人体免受电离辐射影响的方法。电离辐射与生物组织复杂的内部反应已被研究近百年。现有知识来自大量动物体内外的试验和 1945 年广岛长崎原子弹爆炸幸存者和接受相对高的辐射剂量人群流行病学研究。虽然对低剂量的外推结果存在一些不确定性，国际放射防护委员会（ICRP）推荐的这种近似值在国际上还是比较容易接受的。

放射性物质的事故排放，可以进入空气、水或地面，但对于防护行动中采取的应急决定，似乎应主要考虑释放到大气层的问题。一旦排放后，人们就有可能直接通过污染的云层或者吸入来自云层的放射性接受内照射。由于云层的消失，放射性物质既可通过干沉降沉积至地球表面，也可通过湿沉降或其它截留形式。人们经常是通过吃污染的食品，喝污染的水或通过吸入来自地面（图 1）悬浮物直接接受来自这些放射性沉积物的照射。

通过辐照可以引起两类对人体健康的影响：“确定效应”和随机效应。这两种影响的各种因素已有详尽的描述。国际原子能机构安全报告 109 号给出了非常适用的阐述。确定效应通常在辐照后立即发生，而且严重程度随接受的辐照剂量增加而增加，但存在一个急性剂量效应的阈值，低于这个阈值不会产生任何影响（通常在两天内接受 0.5Sv 之下）。因此，对于这种效应，每一种措施都应当尽可能的防止人体接受的剂量高于这个阈值，例如骨髓的抑制和皮肤烧伤。通常通过污染食品接受的剂量远远小于能够产生危险的确定性效应的剂量，尽管如此，措施总是包括预防低剂量辐照。

随机效应，包括癌变和遗传效应，一般发生在早先照射后的若干年中。与确定效应相比，随机效应没有一个低于某辐照剂量就任何效应都不发生的阈值。但是，这种效应不是在每一个受照个体上发生，受照个体或其后代发生随机效应的概率随受照的剂量而增加。例如，辐射致癌的死亡危险度大约是 $5 \times 10^{-5}/\mathrm{mSv}$，因此，即使剂量非常低的情况下，仍然存在着这种效应。对一个大的群体来说，都接受非常小的剂量，可推算出有一定数量的随机效应将会发生①。然而，由于其它非辐射相关因素同样增加这种效应的危险度②，这就很难确定某一特定个体是由于接受辐照直接导致的这种效应。

放射性物质随着事故的发生被释放到大气中，集体剂量的构成范围就有可能从少数人接受高剂量到大多数人接受非常低的剂量。大多数癌症或其它效应是在大群体接受小剂量的情况下发生的，这就不可能采用任何防护措施来限制这些效应。因此，从干预的角度考虑，最好的办法就是尽可能地减少健康效应的数量。这就意味着要把主要力量放在那些接受较高剂量的个体，因为这

① 如果 10^5 人群每人接受 1mSv，集体剂量就是 $10^5 \times 1 \times 10^{-3} = 100$ 人·Sv，这就相当于 10^4 人群每人接受 10mSv，或 1000 人每人接受 100mSv。每一群体癌症死亡期望值就相同，大约是 $5 \times 10^{-2} \times 100$，或等于 5。

② 在发展中国家，死亡人数中有 1/5 至 1/3 的是死于癌症。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

对于那些不便于采取任何防护措施的少数人将产生最大的效益。

不管辐射剂量是否很大，心理上的压力和紧张总是相伴于核事故。这一点更多地取决于对健康危害的认识，以及是否对当局的权威、可信与采取积极、有效的行动去控制辐射剂量有信心。显然，国家当局采取全国性的简单地劝告，就能对增加公众信心产生更大的效果，同时有助于调节不必要的心理压力和紧张情绪。

2.3 干预水平

在正常运行情况下，核实施的排出物总是保持在严格地控制之下，使得周围公众附加剂量达到合理地尽可能低的水平，而且符合国际限值。这个限值建立在比为了保护公众和环境采取的措施更低的水平上。它也适用于可能在将来某未知辐射源。通常，此剂量限值比当地天然辐射剂量的几何变异小得多。

在事故情况下，由于事故的不可预见性，放射性物质的释放量不再是可控的，在群体中的个体剂量只能通过干预来减少，那就是通过防护措施的模拟预测，这通常要对人群和环境做出评价。这些措施可能包括屏蔽，服用稳定性碘片，某些食物的禁止，农业和工业加工过程的改进，去污措施，人群的临时性疏散或永久性重新安居。这些措施有它们自身的不利因素，有时对健康或后代健康产生直接影响。它们都限制行动或选择的自由，从其它社会效益的目的出发还应考虑对资源的赔偿。因此，当选择一种防护措施时，既要考虑减少辐射对健康的危险度，也要考虑措施本身带来的不利方面。

因此，在正常运行情况下，清楚地制定剂量限值和约束规则和在事故情况下制定干预水平是最基本的。尽管拥有的原则判断和最优化是简单的，它们被应用于各种情况，在计划排放的可控制条件下，源本身与产生的辐射照射剂量相比之下，带来的是利益。在干预情况下，利益是与减少辐照，包括天然辐照的各种剂量而变化。据此，在正常情况下的干预水平、剂量限值和约束各有完全不同的基础，而且它们的值通常也大不相同。假使它们的

值相同,纯属偶合。

这些基本原则形成干预推荐值的依据，分述在安全系列报告第 109[5] ，及防护措施的执行在 2.2 节中。制定干预三原则的依据是：

(a) 为了防止严重的确定性健康效应，必须采取所有的可能的努力。

如前所述，此原则在实际上对农业对策没有相关性。

(b) 干预必须进行判断，所推荐的防护措施应当获得利大于害。

当采取措施有净利益时干预才能被确定，有些情况下，为了避免辐照，干预的弊可能大于利，所以，仔细考虑这一点是非常重要的。在参考文献[5]中提供了应当详细讨论的因素。

(c) 需要通过优选决定进行干预和撤消干预的标准，使干预措施可以产生最大的净利益。

当采取的干预措施可带来最大净利益时干预行为最有效。对每一个防护行动选择一个干预标准是可能的。并且当超过该标准时通常需要采取干预措施，而当核污染情况低于这个干预标准时通常则不用采取干预措施。对所有的防护行动的干预值都要进行选取，这样为了带来最大净利益。

政府管理当局要预先规定在异常情况时可供使用的干预标准。如果那些值得注意的放射性核素的剂量数值超过或将要超过特定的干预标准，就要采取适当的干预措施。如前所述，干预标准与剂量限值是两个不同的概念。原则上，这两个概念来源于上述说到的原则（b）和（c)。

没有两次完全一样的核事故。核事故产生的放射性同位素的比例、核素向不同食品的转移，气象条件以及季节都会影响人们通过食物链接受的剂量。理论上，对于不同的放射性核素和不同食物的干预标准的设定主要取决于每个核事故的情况和当时条件。然而，必须事先确定对核事故的干预标准，以免发生核事故时引起政府食品管理部门的混乱。另外，干预标准必须同已有的

食品法规相一致。使用国际认定的干预标准有很大优点。首先，这将有助于维护政府诚实，信用和可靠的形象。其次，使用国际干预标准值也有助于防止两个相邻国家边界地区使用标准时出现异常情况。最后，可防止在国际贸易中，由于各国使用的干预标准不同而产生激烈争论。由于一套理论上较专业的标准和一套简单且普通的标准之间的差别很小，因此，更为精细、复杂的干预标准方案是不必要的。

“FAO和 WHO 的营养药典委员会”已经着手建立国际干预标准以维护广泛的食品方面的国际贸易。这个组织已商定了核污染事故后国际贸易中对放射性核素水平的指导标准。这个标准可被认为是在那些需要进行干预措施的国家（这些国家可能设立高的干预标准值）和那些希望避免由于进口的食品中受到任何一点污染，甚至是天然放射性核素的污染，从而受到核事故影响的国家间达成的相互共识。根据上述的讨论，标准导则是建立在干预标准之上的标准，这个标准列于表 I 中。

表 I　当别的替代品可以获取时推荐的剔除食品总的干预标准

剂量/吸入量（Sv/Bq）	代表性的放射性核素	干预标准（Bq/kg）
日常消费的食物		
10^{-6}	^{241}Am, ^{239}Pu	10
10^{-7}	^{90}Sr	100
10^{-8}	^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs	1000
牛奶和婴儿食品		
10^{-6}	^{241}Am, ^{239}Pu	1
10^{-7}	^{90}Sr, ^{131}I	100
10^{-8}	^{134}Cs, ^{137}Cs	1000

注意：这些标准适用于可供挑选的食品，若不是这种情况，这些标准可适当放宽。这些标准与核污染事故后国际贸易中使用的对营养食品中放射性核素的指导标准相一致。这些标准不适用于普通食品中天然存在的放射性核素。

“营养食品指导标准”可在核事故后一年都适用。核事故引起放射性核素在失控条件下被释放到环境中，从而导致在国际贸

易中出现被核污染的食品。

由于这些被提出的标准是通过使用广泛的保守的假说而得到的，没有必要把三组数据各自的贡献相叠加，也就是说三组数据中每一组都是独立的。然而，若在一组数据是有关一种以上的放射性核素时，其辐射剂量是被加和后的结果。例如，在一场核事故后，食物可能受到^{134}Cs 和^{137}Cs 的污染，而 1000Bq/kg 指的是这两个放射性核素全部的活度。

这些标准适用于即将消费的食物。然而，对于那些将用于稀释或重新组合的干燥或浓缩的食品就不必受到这个标准的限制。

“FAO” 和“ WHO”都已对某些消费量少的食品例如香料加以特别的关注。一些生长在切尔诺贝利核事故地区的食物中受到核事故产生的高活度的放射性粉尘的影响。但由于这些食物只占食物总量很小的百分数，因此，只在食物含有的总活度里增加了很小的部分。对于这些食品可不受“指导标准”的限制。 “FAO”和“ WHO ”已意识到现在不同的国家对这类食品的限制政策有所不同。

“干预标准”被规定为食物中某一种（或一组）特定放射性核素的比活度（例如，Bq/kg，Bq/L)。而使用对策就是要让食物中的放射性比活度低于“干预标准”。否则，就必须不让食品进入消费流通。另外，还需要政府发展使用其它参数的第二参考标准(所谓的‘操作性的干预标准’),例如动物饲料的干预标准和草场的干预标准。并需要政府按这些标准值决定能否消费饲养的动物。对这些标准要规定合适的单位（例如：Bq/m^2)。

在例外的情况下，这里简单的、一般的“干预标准”可能是不合适的。在这种特别的、有限的情况下，国家政府可能放宽“干预标准”。 “IAEA－TECDOC－698”[7] 和“ WHO 导出干预标准’[3]报导了合理地放松标准而又不损害公众健康的指导方法。例如，在切尔诺贝利核事故后，由于一系列特别原因，挪威北部驯鹿的肉受到核污染，其辐射剂量超过了表Ⅰ的标准 20 倍左右，然而，由于人们消费的驯鹿的肉的量不多，因而，国家政府认为

只要对驯鹿的肉进行严格的监测和管理，其干预标准可适当放宽，这样做既可保护拉普文化也不损害公众健康。

3 一个关于农业核污染对策战略的制订过程

3.1 时间

采取的对策的时间和性质取决于发生核泄漏事故时在一年中的季节和发生核泄漏事故的地点等因素。按惯例，可把核事故发生后分为三个阶段，但这三个阶段在时间上相互交叠，没有清楚的时间界限。

3.1.1 早期阶段

由于可以在放射性落下灰沉积到地面前几小时甚至几天得到警报。早期阶段要对预计的放射性落下灰沉积的严重性和它的后果进行估计。当然，要优先考虑对人类的保护，然而，也要考虑保护食物和饮用水的供应。必须做出有关短期对策的决定，例如，对饲养牲畜的建议。负责分配食物的机构要随时得到核污染情况的信息。当放射性“烟云”已过去而且剧烈的放射性落下灰的沉积已结束时，早期阶段也结束了。不言而喻，在早期阶段若早使干预行为最有效就要尽快使用有效的对策。然而，这些对策是根据对核事故的预见制定的，这些预见又是根据一些不完全的数据做出的。因此，这类对策具有高度的不确定性，因此，这类对策应是花费不多的。

3.1.2 中期阶段

从放射性“烟云”和剧烈的放射性落下灰沉降过去后，到核污染中半衰期短的放射性核素已衰变得不再使人担心或至事故后第一次收割作物时，约有几星期或几个月的时间。这期间必须保持对最重要的食物分配的管理。要估计出日常饮食中含有的高活度放射性核素对人产生的辐射剂量。要对食品进行监测，倘若辐射剂量超过了预先规定的干预标准，就必须采取对策。还要收集有关核污染的类型和分布方面的数据，若是核污染很严重而且分

布广泛，就要进行实验性研究，制定出可行的对策即找出以后可大规模适用的对策。也要考虑通过国内及国际贸易获得没有受核污染的食品的可能性。

3.1.3后期阶段

后期阶段的放射性污染主要来源于半衰期长的放射性核素，和由植物根部吸收放射性核素而使食物受到核污染。后期阶段要对进行长期农业核污染防治对策的必要性做出估价，还要按通过贸易可得到的不受污染的食品的数量确定合适实用的对策。

3.2 计划

在计划中要建立一个引导农业核污染防治对策的全面的战略，以对核事故做出应急响应。从过去的核事故和核武器试验得到的实践经验对制定计划是很有价值的。

第一步要判定放射性沉降和食品污染的可能的情况，要确定最严重的放射性核素和食品被污染的途径，要有可估计出直接污染和植物根部吸收放射性核素的活度的方法。就局部而言，有必要根据经验确定一些转移系数以做出可靠的预测。也需要对一般水平的饮食的内照射剂量作出估计，已有一些计算机程序可做这样的评估。

也需要有关于土壤类型，粮食产量和其它可估计核污染对策的影响和效率的因素的数据。也应该有一个可行的农业核污染对策和它们费用的某些评估的清单。

计划中也要提供有关农业核污染对策实践细节的表格。这对农业科技人员、兽医、农民、食品工业及社会公众都是有用的。

为了考查核污染情况，应该建立评价放射性核素组成，地理分布及食物中放射性核素活度的网络站。这些网络站是在那些以监测食品的质量为日常工作的实验室的基础上增加适当的装置建立起来，大学和研究所也可参与这项工作。应有一个一贯的对建立这些实验室和人员培训的质量保证计划，要按照好的实验室实验规则保存记录（例如，见参考文献[8]）。

应急计划也要包括一个有关在不同条件下进行组织安排的定

需要全本请访问 www.ertongbook.com

期演习的方案。要认识到核泄漏事故后的实际情况不一定与事先考虑的情况完全相符合，这是很重要的。因此，我们事先的准备工作要能对未料到的情况做出反应，要进行演习提高在组织上的灵活性。

3.3 决定

在核事故的早期阶段，政府主要依靠事先制定的应急计划采取行动。要考虑按前面 3.2段已论述的办法制定计划。事先定出的应急计划可在很大程度上代替需要在核事故临场做出详尽的有关使用的对策的决定，而且，也可节省时间。在核事故应急阶段结束后，当有了较详尽的信息以及可能的支出金额变得更加确定时，就要考虑确定专门的长期核污染对策和一些缓和的政策。进行这些工作要利用辅助判定工具。

由于不同地区的环境条件不同；不同的核泄漏事故的规模和性质不同，受到核事故影响人数以及社会、经济、农业条件不同，因此，没有一个普遍适用的有关处理核污染对策的战略。虽然各种战略要考虑相同的基本条件，但是也要考虑各自不同的地区因素，因此，不同地区具体的最合适的对策是不同的。

表Ⅱ 为了做出决定所需要的主要信息要素

题目	信 息
环境	标明地势，土壤特性，土地利用情况，水文，放射性沉积物以及气候数据的分布图
农业	生产系统，产量，农产品出售的数量和价格，投入的物力、经济价值
基础结构	运输、通信、燃料、水和医药服务的可用性及费用
社会	人口的数量和分布，就业状况、健康概况，用于娱乐的农村地区状况
合适对策的目录	有效性，资源要求，费用及其它条件的兼容性，可能产生的副作用
放射生态	有关的转移因子，家畜体内放射性核素的积累情况及生物半衰期，地区主要的草本植物覆盖情况决定的截留因子，通过加工过程减少的放射性核素的因子

正像前面已讨论的那样，采取一个对策的目的是要减少公众受到的辐射剂量进而降低对健康危险度，实际上，就是要选择一个采取对策的战略，这个战略要尽可能保证是一种有效的代价方式和使食品含有的放射性活度低于干预标准且副作用最小。要比较可供选择的代价利益最优化的对策的最简单的办法是：计算和比较单位待积剂量的经济代价。然而，值得注意的是，加入没有受核污染的同类产品进行稀释的办法使剂量水平低于干预标准，此时，待积剂量的问题并没有减少。

然而，某些对策对生态、经济及其它社会因素方面的副作用可能确实存在的。例如，这可能使农业没有持续性，进而农民和他们独立的社区可能变得多余，也使他们对核事故有很大恐惧心理，这些副作用甚至可导致临床上的健康问题。因此，要把对策的重点放在使被污染的土地，在某些方面，特别是农业方面能够得到利用，这是很重要的。由于文化上的原因，一项虽然在代价利益分析上做到最优化的特别战略，仍然可能不被接受。也有一些实际上的原因使某些对策只在一个特定的地区使用，以限制被污染的食品运出此地区。使用一个特别的战略可以在短期或中期内严重损害市场，对农民的津贴和补偿可引起农民对市场的曲解，在制定给农民的建议时不得不重视这些附加因素。要有关于财政津贴和补偿方面的政策，可用已有的一些尖端技术对不同的政策进行选定。然而，只有当要解决的问题很简单且具有清楚的结构，可找到具有专业知识的人时才能使用这种技术。使用这种技术需要大量有关数据，其中一些已列于表Ⅱ,这种方法仍然没有被实际应用于确定农业核污染对策。实际的决策是根据对特定的对策的代价效益的估价及主观权衡各种其它因素而做出的。

第二部分　农业对策：科学基础及实践

4　前言

本书这部分内容主要是要提供有关在核事故发生时可使用对策的最初的信息来源。这些信息用一个摘要的格式列出。如果需要，参考文献给出了更详细的信息来源。

可使用的核污染对策是广泛的，多种多样的。这些对策可以减少或防止核污染产生的放射性核素在食物链中的迁移。不可避免的，对可使用的信息做了许多归纳总结。需要记住的是，不同的对策对经济、生态、社会的冲击及有效影响是不同的[10]。这些对策可广泛使用但有些就不能。需要强调的是，这里的对策是有关防止被核污染的食品被消费者消费的措施，这也是制定应急计划的一个标准[11]。一场核事故有可能产生大量放射性核素，可能最需要采取对策的放射性核素的情况是：

—有相当高的被泄漏的可能性的放射性核素

—比较长的物理半衰期

—高的放射学毒性

—在环境中可移动性

—在生物圈中起不可缺少的作用或与某个元素有密切关联（例如：锶和钙）

Edley[12]和 Arnold[13]认为，有 30 种以上的放射性核素是对环境的潜在污染物，这些放射性核素的物理半衰期超过 5 天。它们包括锕系元素等，这些放射性核素不能轻易地通过食物链迁移但可对受污染地区工作人员产生明显的辐射剂量。

大部分可得到的信息是关于在以前的核事故中泄漏的，可以很容易进入食物链的放射性核素，特别是关于^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs 和^{90}Sr的信息。至于其它的放射性核素，其产生的影响不像前几个放射性核素那样大，虽然下述对策对很多种不同的放射性核素是有效的，但由于缺少有关信息，这种对策的使用范围受到限制。

本书这部分列出的许多对策都是根据“整体环境科学”(1993) 杂志上发表的有关农业核污染对策技术的相对有效性(REACT) 的文章得到的。这些文章是 CECDG Ⅻ研究小组发表的。这些文章可为本书列出的对策提供更详细的参考和补充。书后的参考文献列出了关于农业核污染对策的概括性研究的有用的信息来源。

对农业核污染对策的选择和使用的有效性取决于时间尺度。对物理半衰期短的放射性核素只有当这些放射性核素能快速通过食物链引入直接食用的食品中或在收割前不久，放射性落下灰明显地沉积在被收割的多叶植物上时才可能造成问题。对半衰期长的放射性核素，必须从不同情况下更广的范围内考虑其造成问题的可能性，这包括，农业上被改良的土地，半自然的生态系统，渔场和林场。

每一种对策包括了方法学（实用性）和有效性（可能性）而且都被加以技术上的评价。

对本指南草稿被邀请的评价者要求对其中每一个对策加以分类评价：

A. 广泛适用

B. 有效但使用的物资有可能得不到

C. 理论上有效但需要特别的设备，这些设备不是可广泛得到的

D. 不推荐使用（或是缺少实验根据或是被证明几乎没有或完全没有价值）

不是所有的评论者都响应这样的邀请，而且有一种观点认为这样的分类可能使人产生误解，在下文中要说到的一些字母（有

时是有资格的评价字母）反映了大多数响应邀请的人对每一种对策进行评价分类的方法。他们的确没有打算认为那就是定论性的评价，这是由于经济、社会及资源的实用性的变异很大。另外，可以设计出使用不同划分标准的评价分类方法。有几个评价者评论说对许多被引证的有效性的评估是过于乐观的。

5 在放射性落下灰到达地面时和之前应用的对策

5.1 前言

可得到的有关核事故性质和规模的信息决定并限制了短期内人们可能采取的行动，在核事故后放射性落下灰沉积阶段的早期，可能几乎没有有关放射性落下灰的组成及其沉积的范围和速率的信息。然而，在这阶段使用对策有可能最有效的防止和减少核事故产生的长期核污染问题，这是值得注意的。在放射性落下灰沉降到地面前，采取对策的主要目的是为了避免放射性落下灰直接沉积到食物上，从而产生核污染问题。因此，对那些即将收割的作物特别是那些表面积大，可吸附更多的放射性落灰的食物（例如多叶蔬菜和谷类）要加以特别的关注。

在下面列出的农业核污染对策是较容易实施的而且在某些情况下其代价是不高的。在不可能确定放射性落下灰沉积的地点和要达到的程度的阶段，考虑这些对策具有特别重要的意义。要根据全部可得到的信息决定是否使用这些对策。

要权衡执行下面列出的对策的优点，避免其可能的缺点（包括在外工作的人员可能受到的辐射剂量），也要考虑实施对策的代价效益，这包括过激的反应行为对社会产生的潜在的有害影响，特别是在几乎没有可得到的信息时更容易导致过激的反应行为。在 Willdort[14] 的文章中可得到有关对策的类型及其相对优点的更详细的论述。

5.2 有效对策

5.2.1一般对策

5.2.1.1 防止草场上的牲畜吃入受核污染的牧草

有效性：高，直到 100%。

说明：把在户外吃草的牲畜赶进牲畜棚（或是防止牲畜棚内的牲畜返回草场去吃草）。而且，给牲畜吃没受核污染的牧草，这样做可防止牲畜奶、肉和内脏受到核污染。需要建立一些牲畜棚，要是没有可供使用的牲畜棚要尽可能把牲畜赶进面积小的，用篱笆圈起的临时性牲畜栏中，限制它们到草场上去吃草。同时给它们吃没受核污染的饲料。可能的话，不要给牲畜喝雨水或地表水。可得到的没受核污染的饲料的储存数量随季节而改变，而且，可能在正常收割期前不久被用完。如果牲畜需要被赶出草场就要考虑进行这项工作的人员受到的最终的辐射剂量。这个对策作为一个短期对策特别适用于对付高水平的^{131}I可能对动物甲状腺产生的高辐射剂量的问题[15,16]这个对策也可以作为中期甚至长期的对策使用（见第 7 段）。

评价分类：A

5.2.2.2 避免农产品直接受到核污染

方法 I：用不透水的薄膜盖住露天储备的食物和饲料及露天水源

有效性：100%。

说明：用塑料薄膜或油布盖住干草堆，甜菜根和土豆等是很有效的对策，这办法在那些具备这类合适的遮盖物的地区也是很容易进行的。这种遮盖的办法对防止放射性的湿沉积物渗入食物或饲料表面从而产生的核污染是最有效的。

评价分类：A

方法 II：在核污染发生前抢收成熟的谷物

有效性：100%。

说明：抢收全部露天的成熟的谷物可避免谷物受到放射性污染，这个工作需要即刻开始且迅速进行，劳动力、收割设备、储存空间的相对不足可能使这个工作的进行受到限制。理论上，采取的对策是要使全部作物避免受到核污染。而实际上，农民可能

需要全本请访问 www.ertongbook.com