

降低切尔诺贝利地区的食品铯污染

根据一项涉及 IAEA、FAO 和其他机构的合作项目,正在白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰利用普鲁士兰化合物降低牛奶和肉产品中的铯水平

1986年4月切尔诺贝利核电站事故泄漏的放射性物质,给欧洲的许多国家带来了一些问题。有些是与碘污染有关的短期问题,另一些则与沉积下来的铯-137有关。铯-137是一种长寿命放射性核素,它通过食物链转移并在牛奶和肉类中积累。

眼下,许多国家都在处理这些问题。例如,在挪威南部某些山区,1992年发现该地区的驯鹿和羊受到了放射性铯的严重污染。在驯鹿身上测到的铯污染水平最高达到 20 000 Bq/kg,在羊身上最高达到 10 000 Bq/kg。在发现这一情况之后,为降低这些家畜的放射性铯水平,人们拟定了一个对策,主要是使用称做“普鲁士兰”(PB)的化合物。目前,挪威正在把使用 PB 当作一种常规手段给 100 000—150 000 头羊、5000 头驯鹿和 10 000—20 000 头牛服用大丸药、盐砖或精饲料形式的 PB。

在三个受污染最严重的前苏联共和国(白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰),主管部门最近已批准让家畜普遍服用 PB,以降低牛奶和肉产品中的铯-137 含量。在 1990 年和 1991 年的大范围现场试验取得成功和对人员进行一段培训之后,三国农业部于 1992 年夏季采取了这一行动。现场试验涉及的

有白俄罗斯列利奇齐地区 21 个居民点的约 3000 头奶牛、乌克兰罗夫诺和沃林地区 54 个居民点的 10 000 头奶牛和俄罗斯西南部 7 个区的牛。

1993 年放牧季节开始时,将在受切尔诺贝利放射性落下灰影响地区的所有个体农场全面实施普遍使用 PB 的计划。PB 的应用将使提供给三个国家的小农户及其家庭,以及广大农村地区的“干净”牛奶和肉产品数量显著增加。

PB 的推广应用是在一个合作项目的范围内进行的,参加这一项目的有国际原子能机构(IAEA)、联合国粮农组织(FAO)、挪威的农业大学和辐射卫生研究所、设在基辅的乌克兰农业放射学研究所、设在戈麦尔的全苏农业放射学研究所白俄罗斯分所、设在奥布宁斯克的全苏农业放射学研究所。这个项目的实施现在由 FAO 指导,由 IAEA 提供技术支助。FAO/IAEA 核技术用于农业联合处、IAEA 核安全处和 IAEA 的塞伯斯多夫实验室,已向三个国家参加合作的所有大研究所提供了制造大丸药的专家服务、设备和材料。

本文着重介绍这一项目的某些方面。本项目是在联合国协调下正在进行的许多项目之一,是国际上对切尔诺贝利事故响应的一个部分。(见方框)。

本文是依据一篇题为《使用铯结合剂降低产自乌克兰、白俄罗斯和俄罗斯联邦领土的牛奶和肉类中的放射性铯污染》的技术文件草稿编写的。更详细的资料可向 IAEA 塞伯斯多夫实验室的农业实验室索取。

问题的实质

在白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰,有两个主要的家畜的生产体系——奶和肉——而

1986年切尔诺贝利事故后的近7年中,世界各地的科学家、医生、工程师和其他专家,积极参与了帮助受影响地区人民的50多个项目。其范围从健康和农业项目一直到核电厂的安全评审及经济与工业发展计划。其中的许多项目由一些国际组织在实施,并由联合国切尔诺贝利国际合作特别工作组负责协调。其它一些项目正在由白俄罗斯、俄罗斯、乌克兰及前苏联其它国家的一些非官方组织和政府研究机构实施。

项目中包括:

- 世界卫生组织(WHO)于1990年发起的关于切尔诺贝利事故健康效应的国际计划,主要由日本和芬兰政府提供资金。另有几项与健康有关的项目正在切尔诺贝利地区进行,包括由红十字会和红新月会国际联盟、欧洲理事会、日本佐佐川基金会,以及德国、荷兰和法国政府提供资金的那些项目。

- 联合国教科文组织(UNESCO)发起的包含约30个项目的计划。另一个正在拟订的项目是有关在俄罗斯建立经济和社会开发区的项目。

- 联合国工业发展组织(UNIDO)为白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰提出的一项工业发展计划。该计划目前正在寻找资金。

- 红十字会和红新月会国际联盟于1990年发起的切尔诺贝利人道主义援助和恢复计划,该

计划得到了德国、联合王国和芬兰政府的资金支持。

- 以色列贝尔谢巴本古里安大学正在实施一项有关从受影响地区移居以色列的约80 000人的辐射效应的研究计划。

- 欧共体委员会正在实施一项由辐射防护研究、核安全和与健康有关后果等方面的项目组成的计划。

- 设在法国里昂的国际癌研究所正在实施若干个有关白血病、流行病学和长期健康后果的研究项目。

- 美国卫生和社会保障部曾实施过一项研究辐照量与甲状腺癌和白血病之间的关系的双边援助计划。另外,瑞典卫生部癌病注册处正在进行类似的研究。

至于IAEA,它有许多旨在改善前苏联和东欧核电厂安全性的项目。在其它方面,FAO/IAEA核技术用于农业联合处有一个关于在白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰利用普鲁士兰化合物降低牛奶和肉产品中铯水平的项目,计划于1993年全面实施。此外,已列入1993年计划的一个项目是出版一本关于放射性物质意外释入环境后的农业对策的国际导则。该项目的大部分工作是在1991年完成了评价该事故的放射学后果的国际切尔诺贝利项目后进行的;这个国际项目是在IAEA主持下由25个国家和7个国际组织完成的。

世界对切尔诺贝利事故的响应

在IAEA主持下于1990—1991年进行的国际切尔诺贝利项目期间,一些科学家小组访问了居住在前苏联共和国的某些家庭。(来源: Pavlicek, IAEA)



奶牛和产奶量

	受污染地区牛的总头数	每头牛的平均产奶量(L/q)	临时的允许水平, TPL(Bq/L)	高于 TPL 的牛的头数
白俄罗斯				
集体农场	393 000	3 000	185	3 000
个体农场	84 000	3 600	185	26 000
乌克兰				
集体农场	120 000	3 000	370	1 000
个体农场	120 000	3 000	370	20 000
俄罗斯联邦				
集体农场	200 000	2 700	370	500—1 000
个体农场	25 000	3 000	370	

菜 牛

	受污染地区牛的总头数	屠宰时的牛重(kg)	临时允许水平, TPL (Bq/kg)	高于 TPL 的牛的头数
白俄罗斯	700 000	420	600	4 400
乌克兰	500 000	400—420	740	3 000
俄罗斯	300 000	400—450	740	5 000

注:这些是 1991 年现场研究时记录的数据。

白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰受污染地区的家畜概况

且两者都是由集体农场和个体农场实施的。(见第 20 页表。)切尔诺贝利事故之后,为确保生产出的、供广大群众消费的食品的铯水平低于本国的法定水平(称为“临时允许水平”或 TPL),各国都采取了许多不同的对策。

例如,国营农场和集体农场都已通过深耕和重新播种改善了牧场,并通过施用化肥来减少草地的污染。这些改进措施已使这些农场生产的大部分牛奶和肉的铯水平低于 TPL。

然而,在白俄罗斯和乌克兰,将近 50 000 头奶牛(大部分为小型个体农户所拥有的自用奶牛)所产牛奶的铯水平超过了 TPL(白俄罗斯的 TPL 为 185 Bq/L,乌克兰为 370 Bq/L)。在俄罗斯,所产奶的铯水平高于国家规定的 TPL(370 Bq/L)的奶牛仅有 3000 头。

在这三个国家中,超过这些 TPL 的牛奶的出售、加工和(或)消费都是非法的。所以,大多数(不是全部)污染的牛奶或直接用来喂养牲畜,或向国家/地方主管部门换

取干净牛奶,换走的牛奶随后用于喂养牲畜。干净的和污染的牛奶通常没有差价。

在整个受影响地区,出售牲畜供屠宰的体系是相似的,集体农场和个体农场的牲畜由国家或地方主管部门收购,或送往当地屠宰场宰杀,或送往催肥中心。一般地说,这一点对前述的两种生产体系没有什么差别。在受污染地区,牛肉生产和销售所受到的影响比牛奶的情况小得多。这是因为这些牲畜在屠宰之前一般要喂 2—3 个月的干净草料/谷物,因而污染铯水平可降到 TPL 以下。然而,即使是这样一种生产体系,每年仍有大约 12 000 头牲畜的污染水平超过肉的 TPL(白俄罗斯为 600 Bq/kg,乌克兰和俄罗斯为 740 Bq/kg)。因此,这些牲畜喂干净饲料的时间必须大大加长,而且只有在它们达到可接受的水平时才被屠宰。此外,出售时干净的和污染的牲畜没有价格差,尽管在白俄罗斯,在出厂前发现超过 TPL 的肉是按大大低于正常价格的价格销售的。

在这三个国家和所有生产体系中,受污染地区的牲畜粪便都用作肥料。

与切尔诺贝利事故后在畜产品的生产和销售方面的这些变化相对应的是,各国都采用了一些监测牲畜、牛奶和肉中辐射水平的系统。牛奶进入乳品厂时都要进行监测,凡达不到相应标准的奶都送到集体农场用作牲畜饲料。此外,来自个体农场的牛奶都要接受当地食品卫生机构(受卫生部的领导)的监测。每月两次从每一个农场 10% 的牲畜中至少采集 10 个样品。测量结果通知各农户,如果他们的牛奶污染超过 TPL,他们将从政府得到补贴。

肉类污染的控制也形成了体系。当个体农户想要出售供屠宰的牲畜时,需送到收购中心供地方主管部门筛选。然后,用干净饲料喂养 2—3 个月或直到其体内铯含量降至预先规定的标准以下(对于后一种情况,也许需要喂养较长的时间)。

尽管这样的喂养措施能保证生产出的肉的放射性铯含量低于 TPL,但这些国家还是遇到了问题,主要是精饲料严重不足

白俄罗斯、乌克兰和
俄罗斯受污染地区的
铯-137 浓度水平

牧场污染水平与奶和肉中铯-137 水平之间的关系,以及施用 PB 大丸药的效果

牧场污染 水平(Bq/kg)	日摄取 量 [*] (kBq)	肉		奶	
		铯-137 水平 平衡值 (Bq/kg)	用大丸药治疗后的 铯-137 水平 (Bq/kg)	铯-137 水平 平衡值 (Bq/L)	用大丸药治疗后的 铯-137 水平 (Bq/L)
250	17.5	280	90	112	34
500	35	700	234	280	94
1 000	70	1 400	460	560	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

注:1991 年现场试用时测得的水平。* 假定每头牲畜每天吃 70 公斤新鲜牧草。

(仅在白俄罗斯估计就缺少 400 万吨)。此外,土地的积极私有化将使农业和肉类的生产模式迅速发生变化,给控制铯含量的工作带来一些新问题。

普鲁士兰化合物的作用

切尔诺贝利事故之后,特别是在斯基的那维亚半岛,PB 化合物被用于降低畜产品的放射性铯含量。巴西戈亚尼亚于 1987 年发生放射性事故后,PB 还曾有效地用于人类,降低人体内的放射性铯含量。在挪威、瑞典、德国和奥地利,已批准这种化合物用作牲畜饲料的添加剂。包括法国、德国、匈牙利和联合王国在内的许多国家的研究人员,一直在研究 PB 化合物的用途。在白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰,自 1990 年开始试用,并于 1992 年同意大范围的推广应用。

“普鲁士兰”一词系指具有截然不同特性的若干种六氰基高铁酸铁。氰基高铁酸铵铁(AFCF)也许是研究得最多的一种能结合铯的化合物。在某些溶液(诸如在胃肠道中发现的那些溶液)中,AFCF 以胶态可溶的形式存在,它们可与铯离子反应形成一种不能透过生物膜的络合物。

当 PB 化合物被用于牲畜时,它的主要作用是降低胃肠道吸收放射性铯的比率,因此牲畜好象吃的是干净的饲料。通过粪

便排泄出的铯在相当长的一段时间内仍然与 PB 结合在一起,在这段时间内,植物根系吸收铯的比率也降低。

PB 化合物可以用三种方式给药:

加入精饲料中。最简易和最便宜的喂食方法,是在加工饲料时直接将 PB 掺入精饲料中。在这种情况下,无须向农民传授如何使用 PB 的专门知识。挪威普遍采用这种方法,给奶羊和奶牛喂食每公斤含 1 克 PB 的专用精饲料。牲畜每天都需要食用这种精饲料,因此该法只适于集约式生产体系。

盐砖。如果没有精饲料或因牲畜长期处于流动放牧状态因而不能喂它们精饲料,可以采用盐砖。挪威每年要用 100 吨含 2.5%PB 的盐砖,供 30 多万头羊使用。这种盐砖的物理强度足以在整个放牧季节经受住山区不断变化的气候条件。在内陆地区,植被的钠含量较低,羊和牛常去有盐的地方。这种对策已在挪威的山区牧场连续使用了三个放牧季节,使这些羊和牛的放射性铯含量减少了一半。盐砖的效率取决于牲畜舐它的次数。在一个牧群中,总会有些牛羊对盐不感兴趣。因此,盐砖的使用必须伴以对奶和肉的监测。

持续释放的大丸药。每天需要的 PB 剂量较小,因此 PB 铯结合剂很适合于以放在牲畜瘤胃中的缓释大丸药的方式给药。据研究,含 15%或 20%AFCF 的大丸药可在瘤胃中至少存留两个月。在挪威进行的现

场试验表明,此期间释放的 AFCF 使肉中的放射性铯累积量在 6—8 周内减少了 50—80%;在北爱尔兰进行的试验最高达 90%。在挪威的大范围试验中,用持续释放的大丸药进行治疗,并在治疗后 6 周进行活体放射性监测,发现整个牧群的铯水平都降低了,失败率低于 1%。挪威现已核准大丸药作为常规药品供牛、羊和驯鹿使用。用于牛的大丸药重 200 克,已在奶牛和菜牛身上做过试验。

至于 PB 的健康效应,关于它的代谢效应和可能存在的毒理学效应的研究可追溯到 60 年代初期。当时就开始研究应用 PB 降低农产品中的放射性铯含量和降低可能已受到事故性污染的个人的放射性铯的积存量。在实验室啮齿动物、家畜和人体上做过许多实验。

总之,根据上述研究可以断定,PB 化合物不存在有害于动物的健康和生产的效应;当为了实验或治疗目的(PB 被推荐作为铯中毒的解毒药)用于人体时,不存在有毒的效应;消费经 PB 治疗过的牲畜的奶和肉预计不会给人类健康带来任何不良效果。

俄罗斯和乌克兰进行的那些最早的 PB 研究工作,评估了以 AFCF 和 Ferrocyne 为基础的持续释放性大丸药,在减少奶与肉放射性铯含量方面的有效性。此外,还进行了许多其他方面的研究工作。它们涉及:放射性铯通过用这种大丸药治疗过的牲畜的粪便从土壤到植物的转移;该技术对奶和肉的组分可能产生的影响的监测;牲畜的生理健康;及大丸药可能的毒理学效应。为了进行毒理学效应研究,曾给小白鼠喂食用大丸药治疗过的牲畜的奶和肉。用来治疗奶牛的大丸药含有在乌克兰合成的 PB;大丸药由挪威农业大学生产。

研究证实,铯结合剂可降低肉、奶和以大丸药治疗过的牲畜的粪作肥料的庄稼中的污染水平。这些结果带来许多实际好处:

减少剂量。从理论上说,如果肉和奶的放射性铯浓度减少到原来的 1/3,那么吃这些食品的消费者的铯剂量也应减少这么多。假设目前年剂量的 50% 归因于外部照射,50% 来自内部照射,且 90% 的内部剂量归因于奶,就可以算出,在奶和肉中的放射性铯含量减少至原来的 1/3 时,就意味着总剂量减少大约 30%。对于牧草从土壤摄取铯量很高的地区来说,这种总剂量的减少会更大些(可能超过 50%)。

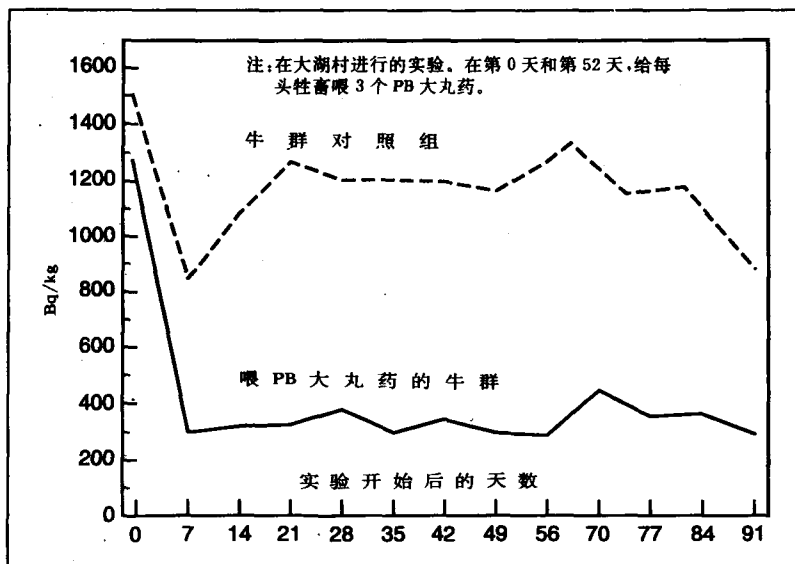
节省其他资源。采用大丸药技术,可节省目前为减少奶和肉的铯污染所用的重要资源。使用铯结合剂可以实现资源节约,取决于饲料污染的普遍水平、结合剂的生产和分发费用、以及其他方法的费用。不过,由于这三个国家存在许多经济困难,极难以当地货币估算受益情况。在西欧,PB 价格约为 50 美元/公斤。每个大丸药含 PB 40 克左右,每头牲畜在半年放牧季节里需要多达 9 个大丸药(或约 400 克的 PB),于是每头牲畜的 PB 费用约为 20 美元。其他材料和加工的费用估计也约为 20 美元。这样,生产约 1800 升适合人消费的牛奶的额外费用约为 40 美元。因为这种奶在西欧市场上的现行价值约为 1800 美元,所以采用 PB 大丸药的费效比可达 1:45。

鉴于白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰正在

在白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰进行的试验

按照上述国际合作项目在白俄罗斯、

牛奶中铯—137 的浓度;在乌克兰进行的现场试验的结果



产高于 TPL 奶的牲畜数量很大,预期采用 PB 能获得巨大的效益。通过向个体农场提供商品 PB 大丸药,这三个国家每年可以极低成本多产 5000 万升奶供当地出售和人民消费。这些国家将不再需要以很高的费用,从一些农户那里购买这种牛奶。

就肉用牲畜的销售而言,将在小农户拥有的 10%—20% 的土地上使用 PB 技术将是有效的。在其他的土地上,三个国家都已为通过天然草场耕翻、排水、施肥和重新播种,供应相对干净的牧草投入巨额资金。这些努力已成功地减少了牧草污染,从而使牛奶和肉的污染降到 TPL 范围内。同时,这些措施还会有助于长期改善牲畜的繁殖能力。

大丸药技术可使这些国家的大部分地区适合用于肉畜生产,因为经过 PB 治疗的牲畜,其放射性铯水平能满足 TPL 的要求,可直接从牧场送往屠宰场。在施用大丸药而铯水平依旧很高的地区,需要采用干净饲料的时间也会缩短大约 40—50 天,从而大量节省贮存的干净饲料。

私人为牲畜提供和(或)运输干净饲料的费用,很难准确计算。不过可以估计,白俄罗斯和乌克兰需要这种饲料的牲畜有 100000—200000 头,要有 200000—400000 公顷额外的干净草场来生产这些饲料。如果使用 PB 大丸药,则可使所需的额外干净草场减少约 4/5 以上。根据 10 年期内西方土地开发和维护费用情况,可以估计,在这三个国家按目前方法生产符合 TPL 的肉的额外费用为 1 美元/公斤。若选用在屠宰前给牲畜喂多达 3 个月的 PB 大丸药的方法,额外费用只有 10 美分/公斤,即约原来的 10%。

社会学效果和心理学效果。在受污染地区,人们显然会有对环境中铯污染水平的忧虑,和对可能存在其他不常听说的放射性核素(尤其是锶和钚)的恐惧。一般在事故后的前几周内,还不清楚高水平照射的长期健康后果。通常采取的对策,例如

禁止自给农牧民消费自家牲畜产的奶和肉,会产生很不好的心理、社会和财政后果。

在按照 PB 项目进行现场试验期间,参加试验的科学家清楚地看到,畜牧界很愿意使用铯结合剂。一些由于自己的牲畜被选为“对照组”而未被允许使用铯结合剂的农场主,甚至有很不满意的表示。尽管人们在使用化学品方面可能有种种担心,但对辐射的“恐惧”和其他对策可能给生活造成的干扰似乎使他们更乐于进行现场试验。

鉴于存在这样一些情况,重要的是使公众能够获得有关铯结合剂技术的信息,即有关其有效性的科学/技术基础、其无毒性、其使用方法及地方管理措施的信息。还应通报奶和肉的活度水平,以及有关这些水平同国家的、地区的和国际的标准相比较的情况的信息。

通过采用 PB 技术,应能使大约 50000 户农牧民恢复他们传统的农畜生产,并相应提高他们的健康意识和生活质量。

进一步的研究

从根据这个项目开展的研究所得的成果来看,大丸药技术非常适合于这三个国家目前和未来的牛奶和牛肉生产结构。同时,采用能够提供其他可提高农业生产率的化合物的大丸药,这三个国家还可获得以下两个潜在的好处:

- 可用大丸药技术同时向牧场牲畜提供 PB 和锶-90 结合剂。
- 鉴于受污染地区缺少几种微量矿物质元素,而且农业上采取的一些措施已减少了土壤中微量元素的利用率,可采用大丸药技术为畜群提供日常所需的微量元素。

可以进行一些旨在确定放射性核素污染的影响,和奶与肉中矿物质含量改善的影响的研究。此外,还应继续进行有关土壤中 PB 长期束缚放射性铯的能力的研究。□