

^{137}Cs 辐照装置的应用研究

傅俊杰 周其昌 吴庆 熊立东

(浙江省农科院原子能所, 杭州 310021)

摘要 浙江省农科院原子能所的 ^{137}Cs 辐照装置于 1981 年建成, 活度为 $2.146 \times 10^{15}\text{Bq}$, 放射源直径 5.2 cm, 长 48 cm。该源封装在双层不锈钢套壳内, 套壳之间充满氦气。铯源具有良好的定位重复性, 多次提源照射量率的相对偏差为 0.39%, 1 m 同等量线上的均匀度优于 1.02。利用 ^{137}Cs 辐照装置开展了辐射育种、医疗用品的辐射消毒灭菌、中成药的辐照消毒等方面的研究工作。

关键词 ^{137}Cs , 辐照装置, 灭菌, 辐射育种

浙江省农科院原子能所的 ^{137}Cs 辐照装置自 1981 年建成投入运行以来, 为科研、生产提供了必要的辐照条件, 并研究了 ^{137}Cs 辐射源的综合利用价值, 先后为工、农、医、国防等上百家科研、教育、生产单位提供技术服务, 创造了可观的经济效益。同时还对 ^{137}Cs 源在水中是否渗漏进行了水中放射性强度的长期监测。经长期运行试验表明, 该装置完全可靠, 操作和检修方便, 射线利用率高, 它的建立与使用, 为我国生产、研究强铯源提供了有关的科学依据。近十年来, 利用 ^{137}Cs 源辐射做了一些科研和应用研究。

1 铯源安装方法和机械装置

1.1 ^{137}Cs 辐射源的装置

根据英国放化中心建议, ^{137}Cs 源应安装在铅罐内使用, 但经现场放射性测定结果表明, 该容器表面附近剂量率达 0.3 mGy/h。这样装置的表面剂量太大, 对操作人员长期工作存在着不安全因素。在征求英方意见后, 改用水井方式贮藏。水井直径 150 cm, 深 550 cm, 在安装时, 把两头带有屏蔽铅块的圆柱体整根取出, 装入载源体的源管中。源管是一个内径为 7.85 cm 的不锈钢圆管, 壁厚 0.15 cm, 管下端焊接在提升架上。源架的升降有导轨保证其沿着固定方向移动, 导轨用直径 0.8 cm 的不锈钢圆钢制成。载源装置设有迫降锤, 以防源架升降出现故障时进行迫降。在源架下方设有平衡铅块, 以利升降时保持源架平衡, 导向滑轮全部采用全封闭不锈钢滑轮, 以保证提升载源装置的不锈钢钢丝绳不会脱出或嵌在滑轮内。

1.2 防护井水检测结果

自 1981 年 ^{137}Cs 源安装后, 对防护井水质定期进行检测, 结果见表 1, 检测结果与安装前的环境放射性本底 $(29.0 \pm 0.58) \times 10^{-2}\text{Bq/L}$ 比较, 放射性物质无明显增多。经过 10 年的水井贮藏使用(英方允许 ^{137}Cs 水井贮藏 10 年, 所以, 10 年后改为铅罐贮藏使用), 未发现放射性渗漏现象, 说明 ^{137}Cs 辐射源封装在充满氦气的双层不锈钢套管内, 用氩弧焊接, 在本装置的工作条件下, 在水井中使用 10 年是安全可行的。

国家科委下达任务课题

收稿日期: 初稿 1995-03-15, 修改稿 1995-06-30

Tab 1. Testing results of protecting well

	Testing date in year									
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	CK
Density of $^{137}\text{Cs}/10^{-2}\text{Bq L}^{-1}$	15.5	17.7	14.8							
Total β radioactivity/ $10^{-2}\cdot\text{Bq L}^{-1}$				41.8	45.8	42.9	45.8	42.2	43.6	29.0 \pm 0.58

2 ^{137}Cs 辐射源的应用

2.1 医疗用品的辐射灭菌

利用 γ 射线进行辐射消毒灭菌是近年来发展较快的一门技术,它具有耗能低,穿透力强,灭菌效果可靠,不污染环境,操作方便,对热敏材料特别适宜等优点。利用 ^{137}Cs 辐射源进行灭菌,有与 ^{60}Co 源一样满意的效果。

2.1.1 一次性输液(血)器辐射灭菌 传统的聚乙烯一次性输液、输血器和注射器用高压蒸汽灭菌,结果因强度下降、变形、同时伴有配方中的助剂析出物增多等原因而难于使用。后来采用环氧乙烷灭菌,但环氧乙烷污染环境和在输液器中有残留物,吸附在塑料内的环氧乙烷及其复合物未排尽会造成溶血、过敏、组织坏死等不良反应,根据一些动物试验表明还有致癌作用。因此,在改变产品原来配方、工艺条件的基础上利用 ^{137}Cs γ 射线对一次性输液器、输血器、注射器,在一定辐照剂量条件下进行灭菌。同时,进行了射线对材料性质的影响、灭菌效率试验(见表2)、急性毒性试验、临床应用等研究。其结果表明,在 10 kGy~15 kGy 范围内,完全能杀死浓度高达 $15 \times 10^8 \text{u/ml}$ 细菌,而有芽孢的枯草芽孢杆菌,真菌中青霉菌及石膏发癣菌抵抗力较强,当辐照剂量为 8~25 kGy 时,只能杀灭 $10^9 \sim 5 \times 10^8 \text{u/ml}$ 浓度的上述芽孢杆菌及真菌,而菌液浓度达 $15 \times 10^8 \text{u/ml}$ 时,辐照剂量必须加大至 30 kGy 才能将其全部杀灭。

Tab 2. Effect of irradiation on sterilizing various microorganisms

Microorganism	Density/a hundred million ml ⁻¹	Radiation dose/kGy					
		0(ck)	8	15	20	25	30
Staphylococcus aureus	1~15	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Colon bacillus	1~15	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Proteus	1~15	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Bacillus pyocyaneus	1~15	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Bacillus subtilis	1	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	3	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	5	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	15	+/+	+/+	+/+	+/+	-/-	-/-
Penicillin	1	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	3	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	5	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	15	+/+	+/+	+/+	+/+	-/-	-/-
Trichophyton gypseum	1	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	3	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	5	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	15	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	-/-
Density of HBsAg serum antigen	1:128	1:128	1:128	1:128	1:128	1:128	1:128

Note, +/+ microorganism groth, -/- No microorganism groth

急毒性试验表明, 用10~15 kGy辐照的输液器、注射器等用品, 动物试验结果为阴性。用此剂量照射的输液器、注射器对人体无毒无害, 使用安全可靠, 其物理性质没什么变化, 但辐照剂量增大至20 kGy以上时, 塑料颜色变黄, 颜色与剂量成正比关系。

2.1.2 医用肠线辐射灭菌 杭州生产的医用肠线占全国的60%左右。传统的灭菌方法是油浴灭菌; 不仅周期长, 而且对肠线的拉力, 蛋白质、氨基酸含量都有所下降。通过大量的试验研究得出, 选定合适的灭菌剂量, 能杀死肠线中的所有微生物, 剂量在20 kGy以上时, 能达到完全灭菌(见表3)。与油浴方法灭菌的肠线相比, 其拉力平均提高14.57%, 直力拉力量提高22.18%, 最低提高4.62%。比质量标准要求(4.5 kg)提高10.67%。辐射法灭菌的肠线全部在质量标准以上。而油浴工艺生产的肠线, 每批总有少数几支拉力在质量标准以下。肠线的主要成分为蛋白质, 经20 kGy灭菌剂量处理的肠线纯蛋白含量优于油浴法灭菌的肠线(见表4), 对氨基酸含量影响不大。利用辐射法灭菌, 产品质量比原用油浴工艺好。同时简化了生产工艺, 缩短了生产时间, 原来的干燥抽样, 油浴三道工序用辐射灭菌法一道工艺代替, 缩短生产时间3~5 d, 从而提高了出品率, 降低了成本。

Tab 3. Sterilization percent of various dose /%

Microorganism count	Radiation dose/kGy						
	8	5	10	15	17	20	25
Fungus 4.23×10^5	0	78	87	96	99.85	100	100
Gemma bacterium 3.33×10^2	0	75	100	100	100	100	100

Note, count of gram dry catgut

Tab 4. Effect of Irradiation on protein content

Sterilization method	Coarse protein	Puer protein
Irradiation	95.73	93.77
Boiling oil	98.34	91.96
CK	96.15	93.61

2.2 中成药的辐射消毒

中成药的质量保证是生产中至关重要的一环, 因为它关系到人民群众的健康, 甚至生命安全。在药品的质量保证措施中, 菌检试验是不可缺少的。由于中成药在生产、运输和储存过程中, 易被污染, 使杂菌增多, 超过药典规定标准。为了保证药品达到消毒要求, 一般采用环氧乙烷、紫外线或酒精喷洒等方法进行消毒处理。这些消毒方法只能对表面消毒, 深度效果差, 特别是整箱包装的中成药, 效果更差。 γ 射线辐射消毒有效地解决了这一问题。利用 ^{137}Cs γ 射线经5~10 kGy的剂量辐照的各类中成药, 都能达到无菌或降低到每克含量几个或几十个, 但有个别中成药原料需要更大一些辐照剂量(例如: 维生素原料等)。近几年来照射了100多个品种的中成药和中药材, 全部达到卫生指标要求, 有些品种中药经药理分析, 尚未发现成分破坏, 另外, 还做了许多种营养食品的辐射消毒研究工作, 同样得出了满意的结果。

2.3 农作物的辐射应用

2.3.1 ^{137}Cs 生物学效应研究 利用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co γ 射线的不同辐照剂量和剂量率处理水稻风干种子, 试验结果表明, ^{137}Cs 和 ^{60}Co γ 射线的生物学效应相似。 M_1 代的幼苗高度、存活率和种

子育性随辐照剂量(150~300 Gy)的增加而降低,在剂量相同、剂量率不同的情况下处理时,较低剂量率(1 Gy/min)对苗高、存活率和育性产生的损伤效应较大,较高剂量率损伤较小,8 Gy/min 损伤最小。统计分析表明,育性与发芽率、苗高和育性之间的复回归和复相关为显著,不同剂量率处理的 M_1 代育性与苗高、与存活率之间密切相关。

2.3.2 水稻离体辐射诱变技术应用 通过不同剂量(50~300 Gy)的 ^{137}Cs γ 射线对不同发育时期的水稻体细胞进行辐射处理,并明确了铯源对水稻离体诱变的适宜时期和合适剂量,获得了一些优良的突变株。 ^{137}Cs γ 射线也能改变再生植株的熟性、育性和花器结构。通过对优质料 Basmati 370 辐射组培的研究,从一千余份再生植株后代中,获得了一个早熟(比对照早熟一个月)、抗病、丰产、优质的突变株,选拔了二个柱头外露的全不育株和若干特性状的变异体,为水稻杂交育种提供了新的材料。

2.3.3 辐照诱变对大麦体细胞组织离体培养 利用 ^{137}Cs γ 射线对大麦的幼穗、未成熟胚及其离体培养产生的愈伤组织进行辐照处理,结果表明:在 10~40 Gy 辐照剂量范围内, γ 射线辐照大麦幼穗和未成熟胚外植体,不仅没有抑制愈伤组织的诱导,反而具有一定的促进作用,但对其植株再生有较大影响。未成熟胚外植体经 10 Gy 剂量辐照后,其再生株分化率有增加趋势,20 Gy 剂量辐照后,分化率开始降低。30 Gy 剂量辐照为显著降低或抑制分化的剂量。幼穗经 10 Gy 辐照后,再生株分化率即开始降低,20 Gy 是抑制分化的剂量,未成熟胚愈伤组织经辐照后,再生株分化率随剂量的增加而降低,辐照剂量到 30 Gy 时,再生植株的分化受到严重抑制,抑制分化的剂量为 40 Gy。

2.3.4 花卉辐射育种 (a) 辐射诱变菊花新品种“夕霞”,菊花是无性繁殖的观赏植物,遗传性是一个高度杂合体,通过辐射诱变,易产生突变。利用铯 ^{137}Cs γ 射线,经 10~100 Gy 剂量辐照的处理粉红的“新妃”新本变异中选育出了一个橙红黄色、色泽鲜艳的优良花色突变体。其花色突变的频率在 2.3~6.1 之间,观察价值高的菊花新品种“夕霞”。花瓣外绿多匙瓣,内层多数为平瓣、内卷,疏松或紧密合抱。亲本“亲妃”为匙瓣。花色由粉红色突变为橙红黄色,鲜似晚霞,花型为匙荷型,匙内曲如拱状,全形整齐、顶平、内层稀少、盛开时露心。花径在自然状态下一般为 3 cm,最大可达 10 cm,比亲本“亲妃”花径大 2 cm 左右。(b) 茶花辐射育种,对茶花亲本品种利用 ^{137}Cs 一定辐照剂量进行辐照处理,产生了花色、花型、株型等突变。获得了一些有价值的突变株,例如:“十八学士”品种,经 10~20 Gy 辐照剂量处理的各次梢都能抽生;抽生部位,以从植株的中下部抽出为主;并出现了花型变异,由轮座型诱变为芙蓉型,绣球型和高莲型等的芽变。辐照剂量达到 30 Gy 时,则植株抽生的新株甚少,抽生的部位以植株基部抽出的为多。当辐照剂量到 40 Gy 时,植株生长受到严重抑制,各次新株几乎不能抽生。辐照剂量到 50 Gy,则植株枝梢的发芽育种盲芽,叶片脱落枝,严重的则全株死亡。从试验得出,茶花辐射诱变以 2~3 年生盆栽植株处理为好,其诱变效果显现快,易早获得突变株。

2.3.5 桑树辐射育种 桑树是浙江省养蚕业必不可少的树种,改变桑的品质是科研人员长期奋斗的目标,利用 ^{137}Cs γ 射线(剂量 200 Gy~500 Gy,剂量率 2~3 Gy/min)进行了桑辐射育种研究,开辟了一个新的桑育种研究途径。从大量的试验中获得 R 811、R 812 等优良突变体多个,其中薪一园优质、抗病,已申请参加全国区域性鉴定,利用辐照诱变得到 R 81 等四倍体,还利用不培育人工三倍体,选出了优良的新品系,辐射法能为生育周期长的水本无性繁殖的育种开辟一条新的途径。

2.3.6 茶树人工诱变技术 通过一定辐照剂量(200 Gy~500 Gy,剂量率 1~3 Gy/min)对茶

树种子及枝条进行辐照处理, 得到明显的诱变效果, ^{137}Cs 辐射源是一种较为有效的茶树育种手段。通过几年的试验研究, 初步摸清了我国5个产茶省的10余个品种的适宜照射剂量和剂量率范围, 而且还对造成茶树不同品种辐射敏感性差异的机理及生理变化进行了探索, 筛选出了15个性状优良的诱变单株进行培育鉴定。

通过几年来的工作和研究结果表明, 铯源的应用前景广泛, 且它的装置简单, 宜于防护, 半衰期长更是它的一大优点。可望不久的将来, 应用铯源将与应用钴源一样发展。

参 考 文 献

- 1 佐藤健二著, 北京市辐射中心编译组译. 医疗用品辐射灭菌的实践, 1986年
- 2 李承华编. 辐射技术基础, 原子能出版社, 1988年
- 3 何馥瑛等. 核技术, 1987, (7): 9
- 4 沈守江等. 浙江农业学报, 1991, (1): 29
- 5 赵孔南等. 原子能农业应用, 1987, (1) 15

APPLICATION STUDIES OF ^{137}Cs RADIATION SET

Fu Junjie Zhou Qichang Wu Qing Xiong Lidong

(Institute for Application of Atomic Energy, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences,
Hangzhou 310021)

ABSTRACT The ^{137}Cs radiation set, whose radioactivity was $2.146 \times 10^{16}\text{Bq}$. It was built in 1981 in Institute for Application of Atomic Energy, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences. The ^{137}Cs source was sealed in stainless steel tube filled in helium. The effective diameter of radioactive area is 5.2 cm and its length is 48 cm. The set has a good repeating for fixed location, the relative divation of dose rate is 0.39, and the dose even rate is superior to 1.02. The ^{137}Cs radiation set was used to study plant breeding, irradiation of food, radiosterilization of medical product and drugs, and so on.

KEYWORDS ^{137}Cs , Radiation set, Sterilization, Breeding