

# 科研型 $\gamma$ 射线温室装置研制初报

王子文 杨春杰 陈义纯 胡 杰 孙光祖  
王培英 韩玉珠 许德春 李秀林

(黑龙江省农科院原子能所)

杨万棋

许瀚京 王传祯

(省科委同位素办公室) (核工业部第二研究设计院)

胡元容

刘辉泉

(中国农业工程研究设计院) (黑龙江省电子技术研究所)

## 前 言

核技术的应用与发展是社会上科学技术进步的标志。在农业上据联合国有关部门1985年的不完全统计,辐射诱变育成600多个农作物及观赏植物的品种<sup>[5]</sup>,日本学者报道活体慢照射使诱变效果大为提高<sup>[7]</sup>。美国勃洛克海文(Brookhaven)国立辐射实验中心及日本国立射线育种场等均设有配套设施供不同用途的研究应用<sup>[8,4]</sup>。美国用辐射昆虫不育方法成功地使羊皮螺旋蝇灭亡,日本用此法根除了瓜实蝇和东方果蝇。一些国家建立了食品保鲜、辐射消毒、辐射加工等装置,其利用价值高,经济效益大,愈加被人们所重视<sup>[6]</sup>。

我国原子能农业利用是从1957年开始的,据目前的不完全统计辐射等选育的粮、棉、油、蔬菜、果、木等品种170多个<sup>[2]</sup>,在辐射昆虫不育、辐射食品保鲜、辐射消毒及辐射加工等都取得可喜成果。我们要结合我国实际情况并借鉴外国经验,开展不同类型的辐照装置的研制与利用,为人民造福,

为振兴经济建设服务。

## 一、主要依据及设计原则

“ $\gamma$ 射线温室及其应用”项目是“六五”期间国家下达的科研项目,主要根据:1. 国家科委“〔81〕国科发计字482号”、“〔85〕国科农字001号”文件,黑龙江省科委、省计委于1982~1985年列重点计划项目。2. 1982年6月《黑龙江省农科院 $\gamma$ 射线温室工程设计任务书》。3. 黑龙江省农科院原子能所地形图及地质资料、哈尔滨市气象资料等。

### 设计原则:

1. 认真贯彻“安全、实用、经济”的原则,借鉴国外经验与本国实际情况相结合,应具有先进性。

2. 安全防护严格按照国家标准“放射防护规定”《GBJ8-74》进行设计<sup>[1]</sup>,并有益于环境美化。

3. 利用放射同位素<sup>60</sup>Co、<sup>137</sup>Cs源放射出的 $\gamma$ 射线,它具有高能量、穿透力强的特性,被照物在射线作用下产生辐射效应,而取得预期的目的。

注:参加这项工作的还有陈运生、武博、王赴、张春祥、赵晓南。

此项研究得到中国原子能农学会理事长、中国农科院原子能所荣誉所长徐冠仁研究员的指导,谨致谢意。

## 二、工作性质与主要用途

科研型 $\gamma$ 射线温室装置以满足农业科研和中间试验为主,但也考虑到应具有小量的生产能力,应注意经济与社会效益问题。

### 主要用途:

1. 辐射技术方法及诱变遗传育种研究应用。利用 $\gamma$ 射线诱发基因突变,选育农作物新品种、花卉品种改良以及微生物突变育种等,利用 $\gamma$ 射线温室增加处理世代,缩短育种周期,选育高产、质佳、抗病的新品种和创造具有突出特点的种质资源。

2. 辐射昆虫不育的研究利用。利用 $\gamma$ 射线对害虫辐射处理,致使其不育达到消灭害虫。与其它化学药剂防治害虫比较,无环境污染,农产品无残毒,害虫不产生抗性,不杀死天敌,保持生态平衡等。

3. 辐射食品保鲜。利用 $\gamma$ 射线照射食品,达到杀虫灭菌,抑制发芽,延长后熟期,改良品质,以延长保鲜贮藏时间为目的,对农、副产品、粮食、经济作物、蔬菜、水果、干果、肉禽蛋鱼及其制品、饲料、药材等的保鲜保藏。

4. 辐射杀菌消毒。利用 $\gamma$ 射线具有杀菌彻底,是其它方法所不能实现的,特点是能保持在常温下消毒不发生形变。如医疗用品辐射消毒防止交叉感染;辐射商品养护,羊毛杀灭布氏杆菌,皮革防霉等。

5. 辐射工艺加工。利用 $\gamma$ 射线对物质产生特异作用,如辐照水晶、珍珠、玻璃等工艺品辐照加工着色、辐射半导体元件、化工材料的改性、酒类陈化等。

## 三、设计方案主要技术参数与要求

### (一) 总体概述

科研型 $\gamma$ 射线温室位于黑龙江省农科院原子能所院内“工”字型同位素实验室的北侧,前庭园、花池、草坪、道路及 $\gamma$ 射线温

室占地4000米<sup>2</sup>,建筑面积1500米<sup>2</sup>,建筑体积5800米<sup>3</sup>,建筑物要求一级耐火等级。主体工程由急照室:<sup>60</sup>Co源照射室(以下称急照射室);慢照室:<sup>137</sup>Cs源人工光源照射室(以下称慢照室);自然光照温室:配有移动式小型<sup>60</sup>Co源活体照射装置,(以下称温室)。还配备中心控制室、倒源室、实验室、风机房、泵房、仪修室、机修室、配电室等。

### (二) 房间布局

$\gamma$ 射线温室为东西向“一”字排列,各种实验室、配电室等座落在东段,为单廊三层楼房。急照室、慢照室、温室、中心控制室等在西段。急照室与慢照室由工作准备间隔开,其上边二层楼为中心控制室。温室布置在急照室与慢照室之南侧,以便充分利用自然光。其结构合理,总体建筑物外表美观(见图1)。

1. 急照室:主要用于急照射及综合利用。呈圆形钢筋混凝土建筑,照射场内部可利用面积直径为6米,高5.7米,“O”形迷道长16米,宽1.2米,贮<sup>60</sup>Co源井在正中为圆形直径1米,井深6米。急照室毗邻设有倒源室,倒源井口为1.5米×2米,井深6米。贮源井上方设有直径为1.2米旋转辐照台(见图2)。大盘公转1周/分,12个小盘自转5周/分。

2. 慢照室:主要利用植物活体慢照射或间断照射。与急照室外墙之距为5.44米,呈方形钢筋混凝土建筑,照射场内可利用面积6米×7米,高6.3米,贮<sup>137</sup>Cs源井位于室内一角落(见图3),以形成辐照场剂量梯度、贮源井长1.8米,宽1.2米,井深4米。顶棚设有25米<sup>2</sup>固定式人工光源等,分三区控制,要求人工光源距地面1米处照度为3.5万勒克司(见图4)。

慢照室与温室毗邻一侧,开设宽1.2米,高2.4米的直通门,为电动平拉式铸铁防护门,起屏蔽防护作用。

3. 温室:主要用于急照射或慢照射、间

断照射后转移培育、活体慢照射、或冬季加代繁殖等。温室两开间可利用面积长 20 米宽 8 米。二排自动天窗(见图 5), 防寒拉幕机、混风机、补充人工光源、辅助电加热器, 冬季室内温度在  $10 \pm 2^{\circ}\text{C} \sim 30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 夏天通过通风降温, 室外玻璃窗上方设有轨道移动式除尘、除雪、检修用工具梯。

4. 中心控制室: 主要用于急照室、慢照室、温室的自控管理、辐照工艺及安全监视等集中控制。微型电子计算机及常规控制台(见图 6)。观察系统的间接观察有二台工业电视监视器。为直接观察在急照室与慢照室毗邻墙上分别设有农用潜望镜与铅玻璃窗(见图 4)。中心控制室内面积为  $40 \text{ m}^2$ 。

### (三) 放射源

急照室  $^{60}\text{Co}$  源的形状为直径  $15 \times 89$  毫米, 盛源容器为单层花篮式圆柱形(见图 2), 直径为 90 毫米, 高 200 毫米, 沿圆周排 12 根套管, 共可装入 24 根源,  $^{60}\text{Co}$  源强度为  $4 \times 10^4$  居里。按需要增减套管可调节剂量率。

慢照室  $^{137}\text{Cs}$  源的形状为棒形直径  $15 \times 200$  毫米, 盛源容器为一根管插在源架上(见图 3)。 $^{137}\text{Cs}$  源强度为  $4 \times 10^8$  居里。

温室备有移动式小型  $^{60}\text{Co}$  源活体照射装置,  $^{60}\text{Co}$  源强度为 30 毫居里的钴针, 采用球形铅室贮源, 固定在双轮车体上, 可升降 40 厘米活动范围, 移动照射灵活方便(见图 5)。

急照室与慢照室各设一套源的升降机构, 在停电或故障的可能, 配备了手动操作机构。

### (四) 观察系统

采用间接与直接观察。间接观察主要设置两台工业电视(见图 6), 监视器及控制器放在操作台一端, 单镜头变焦距摄像机安放在工作现场, 急照室和慢照室各配备一台。直接观察急照室采用农用潜望镜, 慢照室采用铅玻璃窗, 规格为  $300 \times 400$  毫米(见图 4)。

### (五) 安全防护

1. 根据我国“放射性防护规定”《GBJ8-74》第 12、13、48 条规定, 考虑源强装载量

留有余地, 取 2 倍的安全系数。

2. 根据辐照源活动,  $^{60}\text{Co}$  源平均每天工作 10 小时,  $^{137}\text{Cs}$  源每天工作 12 小时, 两源一年之中有若干天处于 24 小时连续工作, 工作人员为 8 小时制, 经过计算防护措施的参数: (1) 急照室  $^{60}\text{Co}$  源四周防护墙、顶部用比重  $2.2 \text{ 克/厘米}^3$  混凝土, 厚度为 170 厘米, 贮源井水防护深度不小于 450 厘米。副井防护铅厚度为 20 厘米, 迷道 16 米, 安全门为 4 厘米的钢制门。(2) 慢照室  $^{137}\text{Cs}$  四周墙的顶部用 100 厘米的混凝土, 防护门为两道各厚 15 厘米的铸铁门, 贮源井水防护深度不小于 250 厘米。(3) 移动式小型  $^{60}\text{Co}$  源活体照射装置  $^{60}\text{Co}$  源通过特制球形直径 18 厘米铅室防护, 铅厚度为 8.5 厘米。

3. 防止事故采取的措施: (1) 采用电子计算机进行自动控制; (2) 以辐照源升降装置为中心, 采用联锁和声光报警系统, 以及事故迫降装置; (3) 采用一把“专用钥匙”作为控制升源及开关门的唯一手段; (4) 设计了事故紧急降源及保护系统。

4. 通风系统。送风机房  $20 \text{ m}^2$ , 采用 10 千瓦的 4-7280 型风机; 急照室二台 1.1 千瓦排风机, 慢照室同型号三台排风机, 确保有害气体排放。

5. 倒源井、贮源井及其副井。倒源井除分装倒源外, 还可存放废源。急照室与慢照室各设有贮源井。上述三个井均设有副井作为井下维修贮源。

### (六) 剂量监督系统

剂量监督及测量的主要设备: 急照室、慢照室各一台 FJ-2010 型数字伦琴计, 固定式  $\gamma$  微伦计 FJ-334G<sub>3</sub> 型一台; 环境监测采用了 FJ-620 型环境  $\gamma$ -x 照射量率仪一台, FD-71A 型小型闪烁辐射仪一台, FD-3007 型液晶显示袖珍辐射仪一台; 此外还备有 FJ-377 型热释光剂量仪, 以及有关个人携带或手提式剂量监测及辐照场剂量分布的标定仪表等。

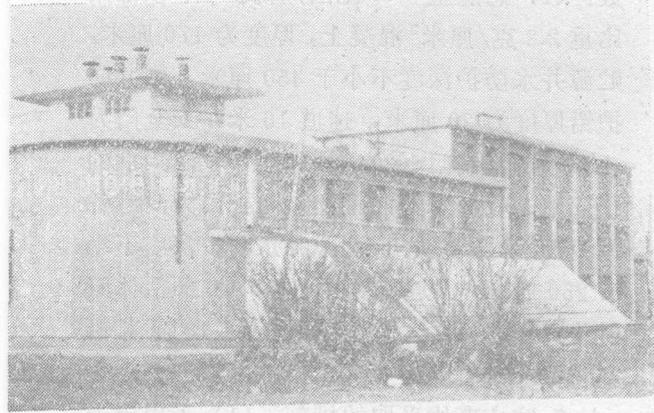


图1  $\gamma$ 射线温室外景

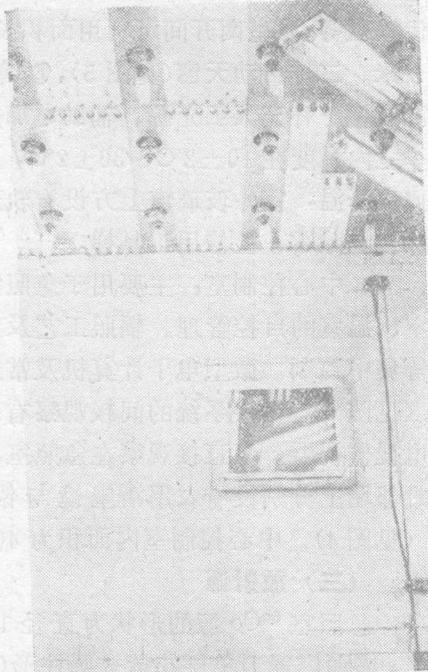


图4 慢照室人工光源、直接观察用铅玻璃窗

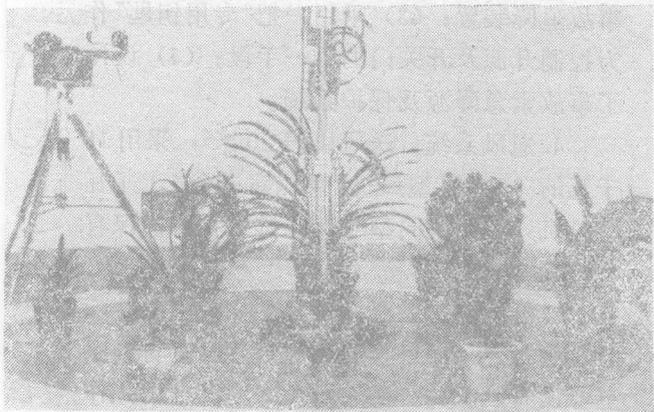


图2 急照室花篮式盛源器、辐照旋转台、观察摄像机



图5 温室自动开窗机、移动式小型 $^{60}\text{Co}$ 源活体照射装置

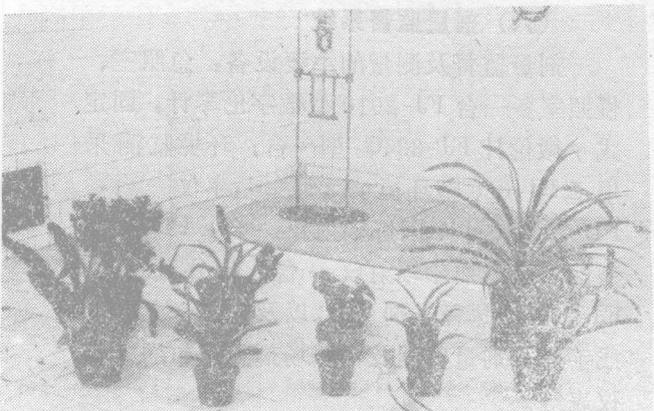


图3 慢照室圆柱式盛源器、迫降装置、伦琴计探头

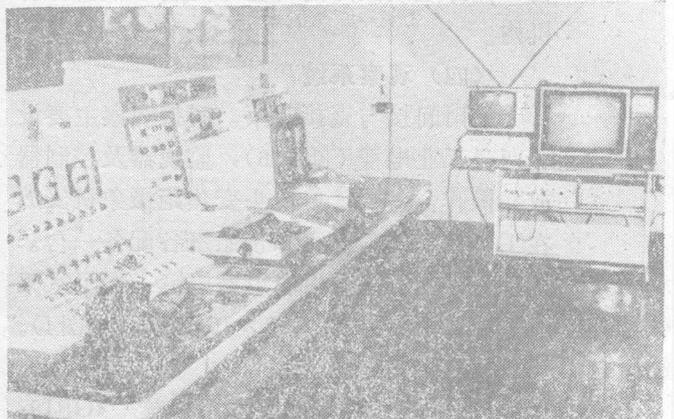


图6 中心控制室微型电子计算机及常规控制台、观察电视系统

## 五、讨论与小结

$\gamma$  射线温室辐照装置的研制,对深入开展原子能农业综合研究利用,开展辐照技术方法;诱变遗传育种;辐射不育防治害虫;辐射食品保鲜;辐射消毒;辐射工艺加工等提供配套辐照设施。

1. 将当代先进的电子计算机技术应用于急照室、慢照室及温室的自控管理监测及环境条件的控制,以及工作人员管理等,防止人为失误。考虑到计算机故障又备有继电器网络控制系统。当事故、停电时,还配备了手动升降源及开关门,可在不同条件下控制,确保辐照工作的顺利进行。

2. 急照室备有旋转辐照台,为使被照物受到均匀照射,以弥补由于源棒本身不均或源棒几何排列造成源强不均匀性,通过公转和自转提高被照物吸收剂量的均匀性,对科研与中试要求重演性好尤为重要。

3. 监视系统采用间接与直接观察,确保观察可靠,急、慢照室通过工业电视间接监视观察;急照室采用农用潜望镜直接观察,慢照室采用铅玻璃窗直接观察,具有真实性。

4. 这套装置的慢照室采用人工光源,可在植物生长不同阶段满足光照、温度、湿度条件要求进行活体照射或间断照射。温室充分利用自然光、补充以人工光源,冬天利用温室,采用移动式 $^{60}\text{Co}$ 小型活体照射装置在植物不同阶段进行照射,或经急照室与慢照室处理后转移到温室培育,或利用温室加代,

缩短育种周期。对于地处高寒的黑龙江省一年一季作,更能发挥 $\gamma$ 温室的作用。

5. 照射室采用倒源井与贮源井及其副井,即保证倒源分装、贮源及井下维修时贮源等;倒源井又可将废源的余能充分利用,集中废源变害为利,作为水下辐照加工之用,将被照物吊至水下照射,此为废源利用提供可能。

6. 为确保安全严格按国家标准《放射性防护规定》进行设计,并留有余地(今后装载量增加的可能性),取二倍的安全系数。为防止人为误入源室,采用微型电子计算机进行自动控制,设计了联锁与声光事故报警、迫降装置,如“专用钥匙”、升降源、开关门必须满足一定条件,设计了事故紧急降源及保护系统等,安全防护是可靠的。

## 参考文献

- [1] 李星洪等: 辐射防护基础, 原子能出版社, 1982, 68~83
- [2] 王淋清: 我国辐射育成的农作物品种, 原子能农业应用, 1985, 1, 1~8
- [3] 孟庆莲等: 赴日本考察建设 $\gamma$ 射线温室及辐射技术的报告, 黑龙江农业科学, 1982, 4, 43~45
- [4] 中国科学院遗传研究所突变手册翻译小组: 突变育种手册, 科学出版社, 1972, 11~22
- [5] Mutation Breeding Review, No.3, May 1985, 3~92
- [6] 農林省農林水産技術會議編, 原子力と農業, ラライス刊, 昭和43年3月, 2~29
- [7] 山下淳: 放射線による品種改良の成果, 原子力工業, 第25卷, 第11号, 1979, 73~76