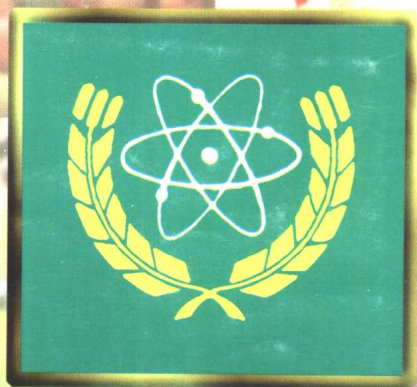


农业技术百事通丛书

黄彬 编著

核技术的农业应用

农村读物出版社



农业技术百事通丛书

核技术的农业应用

黄彬 著

农业技术百事通丛书

主 编 吕飞杰
副 主 编 王汝谦 司洪文
编辑人员 裴浩林 李建知 安成福
张 文 许世卫

农业技术百事通丛书 核技术的农业应用

黄 彬 编著

* * *

责任编辑 裴浩林

农村读物出版社出版（北京市朝阳区农展馆北路2号）
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32 开本 1.75 印张 36 千字
1996 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月北京第 1 次印刷
印数 1—1 000 册 定价 3.20 元

ISBN 7-5048-2674-X/S • 244

目 录

一、核技术农业应用的概念	1
(一) 核技术农业应用的意义与特点	1
(二) 核技术农业应用的范围与作用	3
二、辐射育种	9
(一) 辐射育种的概念	9
(二) 辐射育种的特点	10
(三) 辐射处理的方法	11
(四) 辐射育种的一般程序	18
三、低剂量辐射刺激生物生长	22
(一) 低剂量辐射的概念	22
(二) 低剂量辐射的应用	22
四、昆虫辐射不育防治害虫	25
(一) 昆虫辐射不育防治害虫的原理	25
(二) 昆虫辐射不育法的特点	26
(三) 昆虫辐射不育法的几个技术问题	27
五、食品辐射保藏	32
(一) 食品辐射保藏的意义和作用	32
(二) 食品辐射保藏技术的特点	33
(三) 辐照食品的安全卫生性	34
(四) 食品辐射保藏技术的应用	35
六、同位素示踪技术农业应用的依据和特点	38

(一) 农业上应用同位素示踪技术的依据	38
(二) 放射性同位素示踪技术的特点	39
七、同位素示踪技术农业应用	41
(一) 同位素示踪技术在土壤肥料中应用	41
(二) 同位素示踪技术在农业环境中应用	44
(三) 同位素示踪技术在植物保护中应用	46
(四) 同位素示踪技术在畜牧兽医中应用	49

一、核技术农业应用的概念

(一) 核技术农业应用的意义与特点

核技术是当代重要的科学技术之一,应用范围十分广泛,有军用和民用两大方面。民用方面又涉及工、农、医等各领域。核技术农业应用是和平利用原子能的一个重要组成部分,它是利用核辐射刺激生物生长、改良或创造动植物新品种、杀虫灭菌、防治病虫害,以及利用同位素示踪技术,追踪物质在动植物体内和农业环境中的分配与运转,从而达到提高农产品的数量和质量,改善农业生态环境的一门高新科学技术。所以,核技术在农业上的应用非常广泛,已渗透到农、林、牧、副、渔等各个方面。

这里讲的核技术,主要是指核辐射与同位素示踪技术在农业科学研究、农业生产中应用及其理论两个方面。

核技术农业应用,国外从40年代开始,我国始于1956年。经过近40年的发展,已广泛地渗透到大农业各个领域,对农业科学技术的进步和农业生产的发展产生了深刻的影响,并取得了日益明显的经济效益、社会效益与生态效益。它已成为当前改造传统农业,革新传统农业,促进农业现代化的重要科学技术手段,它的研究成果,有的直接促进增产和改进产品品质;有的减轻或避免自然灾害所造成的损失;有的则为节约能源开辟了新途径等。

核技术农业应用,不仅有明显的经济、社会和生态效益,

还积累了成功的经验，建立了相应的理论。在此基础上，加上核科学技术与农业科学之间相互渗透与结合，现已发展成一门综合性新兴学科——核农学。

总之，核技术农业应用，对促进农业的改造，加速农业的高新技术发展，实现农业现代化，以及充分挖掘、开发和利用生物资源，改善人民的生活等具有重要的现实意义。

核技术农业应用的主要特点：

1. 实用性 核技术农业应用的核心内容，是辐射和同位素技术的应用。辐射是改良植物，创造突变种质资源，培育新品种的有效途径。如经辐射处理的植物，可得到自然界和其它方法难以得到的各种突变类型，并能在较短的时间内，创造出各种有利用价值的突变种质，直接或间接选育出突变新品种；同位素示踪技术，作为一种灵敏而准确分析手段，能达到其它技术难以达到的超微量分析水平，解决其它技术难以解决的问题。可在不破坏客体的完整条件下，进行测量与分析其内在的问题，揭示出物质运动规律，为改良土壤、经济施肥、合理灌溉、革新传统栽培（养殖）技术等提供重要依据。如用 ^{32}P （磷-32）和 ^{15}N （氮-15）示踪方法，研究提出不同土壤类型的最佳肥料配方和施用方法。用 ^{15}N 研究水稻氮肥一次全层基施法运用于生产，收到明显经济效益。

2. 广泛性 核技术农业应用，从勘探、开发和利用天然资源，到研究阐明生物有机体物质代谢，生物固氮机制，农用化学物质在农业生态系统中的运转与降解，以及畜牧生产中的饲料配方与草场管理等方面。就以农业应用讲，它贯穿于农业生产全过程。即产前的调查和预报；产中的栽培（养殖），以及防治或抵御自然灾害的为害；产后的产品加工、利用和保鲜、贮藏等。核技术农业应用涉及面广泛，现已扩展

应用到农、林、牧、副、渔各个领域。随着农业科学技术现代化和农业生产的迅速发展，核技术在大农业的各个领域的应用，必将更加广阔。

3. 投资少，见效快 投资回收较快，易于短期内取得经济效益。

(二) 核技术农业应用的范围与作用

农业上应用核技术的范围，概括起来有两大部分，即核辐射应用和同位素示踪技术应用。

核辐射应用主要包括辐射育种、低剂量刺激生物生长、昆虫辐射不育防治害虫、食品辐射保藏等。

同位素示踪技术主要应用于土壤改良、合理施肥、预防或治理病虫和旱涝等自然灾害、动植物生理及营养代谢、农用化学物质（农药、除草剂等）合理安全使用、环境监测与保护、畜禽疾病诊断与生物技术等。

核技术在农业上的作用，主要有：

提高产量：核技术在提高产量方面可发挥两大作用。一是改良、创造新品种；二是改进栽培与养殖技术。

改良、创造新品种方面，利用各种射线可诱发生物遗传变异，从而选育出新品种和新菌种。根据联合国原子能机构(E. Amano)1993年统计，世界各国利用核辐射诱发突变育成的新品种为1722个。我国已在37种植物上育成突变品种408个，约占世界突变品种的四分之一。其中粮油作物突变品种为302个，蔬菜瓜果43个，花卉突变品种63个。据统计，截止1992年，除花卉外，粮油作物和蔬菜瓜果的345个突变品种的种植面积为900万公顷。每年可增产粮食40亿千克、棉花2亿千克、油料0.75亿千克。有9个突变品种获得了国

家发明奖：水稻原丰早、棉花鲁棉1号、大豆铁丰18和黑龙26、小麦山农辐63和川辐麦1号、玉米原武02、牧草沙打旺、桑树768。新近育成推广的水稻浙辐802，年种植面积突破133万公顷，是目前我国水稻品种种植面积最大的一个。多抗、稳产的小麦原冬3号，累计推广面积亦在100万公顷以上。

利用低剂量辐射处理柞蚕和家蚕卵，可提高蚕茧量，茧丝又增长。这一技术已在国内十多个省市推广，普遍增产1~2成；经辐射处理的对虾和鱼的卵，对虾孵化率可提高25%~30%，成活率可提高15%~20%，成虾平均增产15%。鱼卵孵化率和成活率也分别提高21%~54%和18%~24%，成鱼平均增产25%。

在改进栽培技术方面，利用放射性、稳定性同位素标记化合物，研究探明营养物质在植物体内的运转和分配、肥料的吸收与利用、土壤水分与盐碱动向，为改良土壤、经济施肥、合理灌溉、改进栽培技术提供科学依据，促进作物增产。近10年来，以水田、旱地、草场、林果地等为研究对象，阐明肥料被植物吸收利用、在土壤中的残留和损失，以及施肥方法的改进等研究成果，在农业生产上发挥了重要作用，推广面积累计达533万公顷，增产粮食约19亿千克。用 ^{32}P 和 ^{15}N 示踪方法，找到了滨海盐渍土的最佳肥料配方和施用方法，推广面积16万公顷。又如用 ^{32}P 研究磷矿粉的有效性与合理施用方法，结果表明，磷矿粉施用于油菜上有明显增产效果，而施在水稻上则效果不明显；利用 ^{15}N 研究水稻氮肥“一次全层基施”，能提高水稻对氮肥利用率，增产15%。湖北省推广这一技术后，在1980~1982年三年共计增产稻谷3.2亿千克。

利用示踪技术研究畜禽的生殖生理与疾病诊断等也取得了重要成就。如利用放射免疫分析法，对奶牛进行早期妊娠诊断。即可在母牛配种后第 18 天诊断母牛受孕情况（常规方法需二个月后方能确诊），其准确率达 80.7%，对未孕牛为 90%~100%。同样用放射免疫分析法，对猪“6 号病”和“鸡新城疫”进行快速诊断，以及用 ^{131}I （碘-131）标记马尿酸，研究判断家畜肾功能与甲状腺功能是不是正常，为及时防治功能疾病提供依据，这对提高畜禽繁殖率与疾病诊断、防治起了重要作用。

稳定产量：防治或治理病虫害与气象灾害是稳定产量的重要途径。核技术在这方面可发挥作用。利用射线辐照害虫某一虫态，被辐照过的害虫，仍然可与自然界野生同一种害虫交尾，但它们产下的卵不能正常孵化，这样连续释放几个世代，达到消灭或控制害虫的目的。这技术称之昆虫辐射不育法。目前，世界上约有三分之一的国家对 100 多种害虫进行了辐射不育的研究，已有 30 多种害虫进入中间试验或实用阶段，并取得了控制或消灭害虫的明显效果。例如美国在 1963 年和 1975 年两次消灭了南部严重危害大牲畜，并造成严重经济损失的羊皮螺旋蝇，每年挽回损失 2000 万美元。1980 年墨西哥境内的地中海果蝇得到控制和根除。加拿大和日本分别在防治主要果树害虫苹果蠹蛾与爪实蝇及东方果蝇均取得成功。国内 60 年代初开始了这项研究，先后开展了对松毛虫、三化螟、甘蔗黄螟、棉红铃虫、油茶尺蠖、蚕咀蝇、小菜蛾、玉米螟和柑桔大实蝇的辐射不育技术研究与应用。例如广东在 200 公顷面积上，应用不育技术防治蚕咀蝇的效果达 98% 以上；玉米螟在沙笼条件下，释放一定比例辐照虫，害虫口压低到近乎灭绝程度。1981 年在辽宁的菊花岛田间释

放，防治效果也是肯定的。近年利用这项技术防治柑桔大实蝇也取得了成功。在 33 公顷的一个柑桔园中，释放辐照虫后，柑桔危害率由 5%~8% 下降到 0.005%，几乎达到灭绝的程度，现正在贵州省惠水县境内扩大推广应用。台湾省利用此项技术防治为害果树和蔬菜的东方果蝇，也取得成功。由于采用不育技术，每年节约农药费用达 2 亿元，同时还减少环境污染。

辐射制备疫苗。疫苗是防治畜禽疾病的有效途径。但在制备疫苗时，往往遇到疫苗有较大毒性，虽然能起到免疫作用，但难免导致部分受体因毒性大而死亡。因此，采用什么办法制备弱毒疫苗就显得特别重要。利用辐射制备弱毒疫苗，预防猪喘气病，其免疫率达 50%~80%。

保持农产品质量：农作物收获后，畜禽屠宰后，水产捕捞后，在运输、贮藏和加工过程中，往往因病原微生物和昆虫的为害，产品出现虫蛀、发霉、腐烂变质而遭受严重损失。据统计，由此而造成的损失一般要占农产品总量的 20%。其它食品，如水产品损失就更为严重。核技术在解决收获后的农产品不受损失或减少损失，并保持农产品质量与延长贮存和供应期方面，可发挥独特作用。即利用放射性同位素或低能加速器放出的射线，对食品进行辐照处理。在一定剂量的辐照下，能杀死寄生在食品表面及内部的病原微生物和害虫，并能抑制农畜产品的生理活动，这就从根本上消除了食品霉烂变质的根源，达到保持产品质量。

目前，世界上已有 40 个国家分别批准在条例规定范围内的辐照食品上百种。据不完全统计，90 年代初，世界上用于食品及相关产品加工的辐照装置达 55 座，有 23 个国家每年辐照商用食品约 50 万吨，其中比利时、日本、荷兰和前苏联

每年超过万吨。

我国已有 20 多个省市先后开展了粮食、水果、蔬菜、肉类、水产品、烟酒以及中成药和药材等的辐照保藏试验研究，并取得了效果。经卫生部门批准的辐照食品有粮食、猪肉、马铃薯、洋葱、花生仁、大蒜、蘑菇和苹果等。

勘探天然资源：勘探、开发和利用天然资源已成为世界各国的重要问题。利用核子仪器仪表勘测地下水源和地下水动态，可以准确地、快速地找到地下水，并为合理开发、利用地下水资源提供科学依据；利用核子仪器仪表鉴别和测定野生植物中的有用成分，可以发掘新的食品资源和工业原料，用以满足社会发展及人们生活多种多样的需求。我国研制出的地下水探测仪、中子水分探测仪、野外氦气探测仪等，对开发和利用水、土资源发挥了积极作用。利用核技术寻找地下水资源的工作，已经在江苏、山东、四川、广西、河北和辽宁等省的一些地区展开，并取得了较好的效果。我国亚热带、热带生物资源特别丰富，利用核子仪器仪表可对植物中的化学成分进行分析鉴定，特别是对一些中草药中的有效成分及其分子结构，以及对直接可作为能源用的碳氢化合物的定性、定量分析，这就为充分发掘，合理利用天然资源发挥重要的作用。

预防环境污染：随着工农业生产的迅速发展，“三废”排放量日趋增多，农业生产上施用农用化学物质（化肥、农药、除草剂以及各种增效剂、生长素等）的种类和数量增加，造成大气、水源与土壤等农业环境的严重污染，从而也污染了农、畜及水产品。为预防和控制污染，保护农业环境，我国已先后研制合成 70 多种放射性标记的杀虫剂、杀菌剂和除草剂等，对农用化学物质施后各个生态系统中（陆生生态、水

生生态、陆水生态)的时空分布特点及其运转、降解、演变规律作出科学评价,为制定安全合理施用农用化学物质措施提供依据。

综上所述,我国核技术在农业上的广泛应用,对农业生产和农业科学技术的发展产生了深刻的影响,从而确定了这一技术在国民经济和现代科学技术中应有的地位。正如国际原子能机构(IAEA)一份公报指出:“从对技术影响的广度而论,可能只有现代电子学 and 数据处理才能与同位素相比。”

二、辐射育种

(一) 辐射育种的概念

辐射是能量在空间传递的一种物理现象。分为非电离辐射（如热辐射、光辐射）和电离辐射两大基本类型。电离辐射是一种高能辐射，其穿透力很强，当它穿过介质时，能使介质电离（离子化），故称为电离辐射，它具有特殊的生物效应。

辐射育种就是利用电离射线照射生物，引起生物体的强烈变化。其中包括生理生化过程的改变，以及导致作为遗传物质基础的染色体和基因的突变，从而引起可遗传的变异，通过选择和培育，创造出优良的突变种质资源和突变新品种。

讲到选育新品种，就不能不涉及作物的一个基本特性——遗传与变异。俗话说：“种瓜得瓜，种豆得豆”。在自然界里所有的生物，它们的子代都有与其亲本相似的特性，这就叫做遗传性。一个优良品种所以能增产，就是因为它具有可遗传的优良性状。另一方面，一个优良品种也不是一成不变的，它随着环境条件的变化和内在的原因而不断发生变化，这就叫做变异。遗传性和变异性是对立的统一。如果没有遗传性，自然界现有的各种生物将不复存在，如果没有变异性，也就没有生物的进化。现有的成千上万农作物品种，都是由于植物在历史的长河中遗传和变异，再经过长期的自然选择和人工选择而形成的。

辐射育种是在传统的系统育种、杂交育种的基础上发展起来的一种育种方法。它是利用放射性射线照射植物的种子、植株或植株某器官，使其发生遗传性变异，并通过人工选择，筛选出有益变异而培育成新品种。

（二）辐射育种的特点

辐射育种与传统的系统选种法和杂交育种法相比，具有以下一些特点：

第一，能创造出新的性状和新的类型。经辐射处理的植物，可得到自然界和其它方法难以获得的突变新性状和新类型。辐射诱发的突变率比自然突变率高几百倍，甚至几千倍，变异范围也大，出现自然界所没有的新变异，这给育种工作者提供丰富的育种材料。

第二，能打破性状间的连锁，实现基因重组。在杂交育种中，往往会出现若干性状连锁的关系，特别是某一个优良性状与另一个不良性状相连锁时，会影响后代对某一优良性状的选择。辐射能打破这种连锁，使基因重新组合，提高选择效果。

第三，能有效地改良品种的某个不良性状。辐射处理能诱发植物遗传变异，从这些变异中，有可能使原品种的某个不良基因丢失，而又保留原来的优良基因，达到改造品种不良性状的目的。如迟熟变早熟，高秆变矮秆，或者提高品质，改善抗病性等。

第四，可缩短育种年限。从辐射诱变获得的优良突变株，一般在第三、四代就可以稳定下来，可大大缩短育种的年限，有利于加速品种的更新换代。

第五，方法简便易行。辐射育种除辐照处理需要专门的

设备外，经辐照处理的植株后代，不需任何特殊措施，选育方法基本上同于常规育种。

辐射育种尽管有上述优点，但也有其不足的一面。目前的主要问题是：突变频率不够高，一般要比常规育种大得多的选择群体，育种工作量较大；突变性状的发生还带有较大的随机性，还不能做到定向诱发突变。这说明，对于辐射诱变育种方法的改进与完善，还有大量工作要做。

(三) 辐射处理的方法

辐射源。用于辐射育种的射线很多，主要有 α 射线（甲种射线）、 β 射线（乙种射线）、 γ 射线（丙种射线）、x射线（爱克斯射线）和中子及其它射线。现就应用最普遍、最重要的 γ 射线辐射源装置、x光机、反应堆和快中子发生器作一概述。

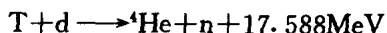
γ 射线装置。 γ 辐射是目前辐射育种中使用最普遍的一种辐射源。据统计，目前世界各国辐射育成的品种中，约有60%是用 γ 射线辐照育成的。不同的放射性同位素能产生不同特征能量的 γ 射线。我国广泛使用的 γ 射线辐射源，主要是放射性同位素 ^{60}Co （钴-60）和 ^{137}Cs （铯-137）。 ^{60}Co 的放射性半衰期为5.3年，它放射出1.17和1.33兆电子伏特（MeV）的两条 γ 射线； ^{137}Cs 的放射性半衰期为30年，它放射出一条0.66兆电子伏特（MeV）的 γ 射线。因能源强度高，必须采取有效的防护措施。通常把辐射源放在具有特殊防护材料建造的装置中。照射时，通过控制机械把源提升所需的位置上。不用时，通过自动升降装置系统降到水井中。 γ 辐射源还可装置在田间的 γ 圃（辐照场）中，或 γ 温室中，以适应不同辐照需要。 γ 圃是进行大规模田间照射的现代化辐射育种设施。

但由于这种辐照场的能源强度高,应有严格的安全防护设施。辐照场要设在远离居民点的地方,四周建围墙或设铁丝网。辐射源不用时,借遥控自动装置将源降入水井中。当辐照进行中,若人、畜误入时,自动装置立即发出警报,辐射源也随之同步自动降入水井。

x 光机。x 射线是由 x 光机所产生。x 射线是由受激发的原子退激时,核外层的电子跃迁所产生的电磁辐射。用于辐射育种的强 x 射线辐射源,它是用具有一定能量的阴极射线(电子束流)去轰击重金属钨靶而产生的。x 射线性质以及同物质相互作用的方式,基本上与 γ 射线一样,只不过能量比 γ 射线低,而波长比 γ 射线长。

反应堆。中子是一种不带电的粒子流。在自然界不存在自由中子,它只能通过核反应堆从原子核中释放出来。以重元素²³⁵U(铀-235)为燃料进行核裂变的反应堆,可产生各种能量的中子。但从反应堆的堆芯(活性区)通过出口孔道引出来的中子,由于能谱变异范围大,还混杂有不同比例的 γ 射线。因此,不同反应堆之间不易比较,就是同一反应堆也难重复。所以,用于育种很不理想,目前已很少采用。

快中子发生器。除反应堆能产生中子外,还可利用加速器人工产生中子。加速器能使带电粒子获得较高的能量,轰击某些靶核后,引起核反应而放射出中子。目前,国内外在植物诱变上使用较普遍的是快中子加速器,它是利用³T(d·n)⁴He 反应:



放出的中子能量为 14.7MeV,中子产额也较高,一般可达 $10^{10} \sim 10^{12}$ 中子/秒。由于加速器产生的中子具有强度高,能量单一的优点,在使用上也较方便,试验参数也较稳定,且易