

核技术农业应用与展望

唐掌雄

(中国农业科学院原子能利用研究所 北京 100094)

摘 要 本文综述了我国核农学的研究领域及国际上的研究现况,并介绍了我们在这一领域内取得的成果和发展前景.

关键词 核农学,核辐射农业应用,同位素示踪农业应用.

1 引 言

我国核技术农业应用始于 50 年代末,并先后成立了相应的专业性研究机构. 1979 年,成立了“中国原子能农学会”,并创办了《核农学报》和《核农学通报》两个刊物. 目前,全国已形成了一个核农研究和应用的体系.

核技术农业应用涉及到辐射育种、土壤肥料、作物营养代谢、植物保护、畜牧兽医、园艺、林业、水产、环保、农产品保藏和低剂量辐射刺激生长及其他方面. 按照应用的主要内容,可归纳为核辐射技术和同位素技术应用两大类.

2 核辐射技术应用

2.1 辐射诱变育种

利用各种射线的辐射效应诱发生物体的遗传变异,在较短时间内获得新的有利用价值的突变体,从而可育成优良品种,供直接利用,也可作为种质资源间接利用. 辐射诱变育种,主要用于植物辐射育种(农作物、观赏植物和药用植物等)、辐射筛选微生物新菌种和辐射选育家蚕新品种.

在辐射诱变育种中可利用的射线有: X 射线(软 X 射线、硬 X 射线和特征 X 射线)、 γ 射线、 β 射线(用作浸种内照射)、电子、中子(热中子、快中子)、高能粒子和离子束(特别是低能离子束)等.

农作物辐射育种的主要优点是:(1)辐射可以提高变异频率,扩大变异范围,为选育新品种提供丰富的原始资料;(2)辐射产生的变

异,有些稳定较快,可以在较短时期内选育出新品种;(3)辐射处理方法简便,易为广大群众掌握;(4)辐射引起作物的突变率要比自然界突变率高出 100~1000 倍. 辐射产生的比自然界容易出现的突变体有:早熟、矮秆、抗病、穗粒增重与蛋白质、含油量、含糖等增加,以及植株雄性不育类型的产生,它为选育新品种创造出极为丰富的原始材料.

国际上,植物辐射育种发展很快,成绩显著. 根据国际原子能机构(IAEA)1992 年的统计,全世界有 51 个国家开展辐射育种工作,已在 110 种植物上育成突变品种 1100 个(其中粮、棉、油品种为 784 个). 我国占 35.6%,是选育品种最多和推广面积最大的国家. 育种对象包括:粮、棉、油、果木和蔬菜等 50 多种作物. 在我国,新品种种植面积达 1.3 亿亩,一年可增产粮食 30 多亿公斤、皮棉 1.5 亿公斤和油料 0.75 亿公斤,创造了巨大的社会效益. 例如:获得国家发明一等奖的有山东的“鲁棉 1 号”、浙江的水稻“原丰早”、辽宁大豆“铁丰 18 号”;还有山东的玉米“鲁原单 4 号”和小麦“山东辐 63”,湖北小麦“鄂麦 6 号”和油菜“甘油 5 号”,山西的高粱“晋杂 1 号”,广东的花生“奥油 22 号”等,都是有代表性及贡献较大的辐射新品种. 近年来,育成推广的水稻品种“浙辐 802”年种植面积突破 2 千万亩,是我国目前水稻品种种植面积最大的一个. 还获得了大量有利用价值的早熟、矮秆、抗病、抗逆、优质及其他特异突变体,为育种提供了遗传资源. 例如:大幅度缩短生育期(约 30 天)的大

豆,具有复合抗性的小麦,耐寒性好的橡胶,可耐零下 35℃ 低温的梨树,无核、少核柑桔,矮化苞多籽的板栗等。

近年来又开展了花卉、药用植物及微生物等辐射育种,扩大了辐射育种范围,特别是辐射微生物育种,获得高效价的新菌系,为发酵工业做出了贡献。另外还开展了辐射诱变应用技术和基础理论研究,在辐射与组织培养、辐射与远缘杂交结合、扩大辐射诱变利用途径等方面取得较好成绩。值得指出的是,从 1987 年来,由中国科学院等离子物理所和安徽省农业科学院合作,使用 30keV 低能 N^+ 离子束进行辐射育种实验,取得了较大成果,并在辐射突变育种上创造一个突变率较高的育种方法,扩展了这方面的理论研究,受到各方面的重视。

对植物的辐射诱变所需要的辐射剂量约为 10~1000Gy。植物的各个部分都可以进行辐照,但其各个部位的辐射效应有很大的差异。通常处理种子最为广泛,其次是处理花粉和整个植株,还有对枝条、块茎、球茎、鳞茎、葡萄茎和人工培养的细胞,组织或器官等。

2.2 低剂量辐射刺激生物生长

用低于辐射诱变的剂量辐射,都可称作低剂量辐射。电离辐射小量兴奋(或刺激)作用是指任何作用因子当以低于有害量作用于生物系统时可产生有益的兴奋(刺激)作用。

在植物方面的许多实验表明:适量的辐照能打破种子休眠、加速种子萌发和提高发芽率;促进植株生长和分蘖;加速成熟,延长开花期,提高产量;促进愈伤组织生长,细胞分裂与分化。低剂量辐照结合离体培养,还能提高次生代谢物质的含量。

低剂量辐射刺激增产技术在前苏联、加拿大和匈牙利等的一些农场中得到大规模应用。据报导,播前辐照种子可使小麦增产(10~20)%,马铃薯增产(15~30)%,黄瓜、番茄、蚕豆和四季豆等增产(20~30)%。可提高马铃薯的维生素 C 含量、油料作物籽粒含油和甜菜含糖量等。应该指出,由于刺激效应的机理不明,对照射技术及影响因子缺乏系统而深入的

研究,因此增产效应不稳定,试验结果的重演性较差。

60 年代,我国曾用 γ 射线对各种农作物和蔬菜等种子进行低剂量外照射,也用 ^{32}P 溶液浸种进行 β 射线内照射。在一定的条件下表现出增产的趋势,但不稳定,生产上未能推广应用。70 年代,利用中子和 γ 射线,低剂量辐射柞蚕和家蚕,获得了在一定条件下的刺激生长的效果。并在生产上推广了这一技术,但由于在理论上和技术上尚未找出合理的最佳方案而停止不前。近年来,利用快中子辐射鱼虾的幼苗或卵的试验,获得辐照卵的孵化期提早,并提高了孵化率,对仔苗有促进生长和提高成活率的趋势,在一定条件下获得增产效果,因此生产上逐步推广这一技术。

2.3 辐射防治害虫

应用辐射昆虫不育技术防治害虫是现代防治法中的一项新技术。辐射处理害虫,使其成为不育或半不育虫,它和自然界中同一害虫交配,但产生的卵不能孵化。因此可在虫害地区连续多年大量释放不育虫,使害虫逐年减少以致达到断子绝孙,做到防治和控制害虫。

此种治虫方法具有如下优点:(1)没有农药污染环境的问题;(2)对人和其他有益动物完全无害;(3)不像其他防治方法效果不彻底,而能做到一劳永逸地消灭害虫。

在国际上,美国率先根除了牲畜螺旋蝇;墨西哥于 1980 年根除了地中海果蝇;日本于 1977 年在久米岛消灭了瓜实蝇,1982 年东方果蝇在冲绳岛灭绝。我国从 60 年代开展了不育技术防治玉米螟的研究。试验结果表明,按一定比例释放辐照的玉米螟,可以将玉米螟的数量压缩到接近彻底消灭。这一试验的初步成功推动了对其他各种害虫的辐射不育防治研究工作。近年来在辐射柑桔大实蝇和小菜蛾的辐射不育技术获得了中间试验的好结果。

2.4 农副产品的辐射储藏保鲜

利用射线辐照农副产品进行杀虫,灭菌和抑制发芽,延迟后熟等,可延长储藏期。研究内容包括:辐射工艺的建立和辐射剂量的选择,

辐照食品的卫生标准以及与商品化有关的法规等。

据联合国有关机构估计,全世界农产品因病虫害造成的损失约占总产量的20%以上,其他易腐烂的水产品、水果等损失更严重。据我国估计,粮食损失占总产量的10%,肉食品占30%,水产品高达(40~50)%。利用射线处理食品,比用热加工、冷冻和化学药剂处理等方法保藏具有效果好、不改变其色、香、味、没有农药残留和节约能量等特点。

1983年,世界食品法规委员会(CAC)已接受100万拉特以下辐射任何食品是安全的结论。世界上已有30多个国家的政府批准了八十多种食品在市场上销售。国外已建成大型辐射装置130多座。

我国对食品辐照储藏的研究始于1958年,近年来发展迅速,已开展了粮食、蔬菜、水果、蛋类、肉类制品、酒类制品、香料类和药品等的辐照研究,计有100多种。其中有土豆、香肠、洋葱、大蒜、大米、蘑菇、花生仁和苹果等八种食品已制定出卫生标准,并经卫生部批准上市销售。目前能用于开展辐射研究的农用 γ 辐照量(1~20万居里级)就有60多个。

3 同位素示踪技术的应用

放射性和稳定性同位素在生命科学研究中起着重要作用。示踪技术在农业上主要应用于动植物营养生理和生殖生理;土壤改良,合理施肥和水利灌溉;植物保护和畜禽疾病诊断;农药残留和环境保护;以及农产品加工、鱼类回游、昆虫迁飞、生物工程等方面,对提高农业生产和取得经济效益起到重要作用。

已应用的放射性同位素有: ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{40}K 、 ^{45}Ca 、 ^{55}Fe 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{86}Ra 、 ^{90}Sr 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 和 ^{144}Ce 等;稳定性同位素有 ^{10}B 和 ^{15}N 等。

同位素示踪技术的农业应用已取得不少重要成果:如应用 ^{32}P 研究磷矿粉的有效性和合理使用方法,实验表明磷矿粉对油菜有明显效果;用 ^{15}N 研究施用硝化抑制剂可提高氮肥

利用率(6~11)%,粮食增产(5~10)%,苹果增产10%,柑桔增收 $1.6 \times 10^{-4} \text{kg}/\text{m}^2$;应用 ^{15}N 和 ^{32}P 进行肥料试验,摸清了不同条件下早晚稻产量500~600公斤和冬小麦产量350公斤的适宜施肥量与N-P配比。应用 ^{15}N 研究水稻氮肥一次全层基施法,提高肥料利用率(10~20)%和平均增产(5~12)%,累计推广面积近700万亩,总增产粮食 16.5×10^9 公斤;还利用使十多种同位素标记农药,研究农药在水稻、茶叶和蔬菜等作物及土壤中残留动态,为有关部门制定农药安全使用标准提供科学依据。

同位素示踪技术在研究家禽、家畜的生殖生理和疾病防治等方面也是一种有效手段。如应用放射免疫分析法,可在母牛配种后第18天诊断其受孕情况,准确率达(80~86)%;还可快速诊断“猪6号病”和“鸡新城疫”。应用同位素示踪技术在较短时间(15分钟)内,即可测定和判断家畜的肾脏功能和甲状腺功能是否正常,为及时防治功能性疾病提供依据。此外,利用辐射制备弱毒疫苗预防猪喘气病也取得进展,目前免疫率已达(50~80)%。

近年来,利用模拟生态系统对环境和生物做整体化的系统研究,同时以动力学的数学模型来探索环境污染在生态环境中的运动规律。在同位素技术方法学方面的研究也有很多创新,例如:中子活化分析(测定有毒元素残留、草场中土壤和植物中的微量元素分布等)、中子测水、同位素技术找水源以及研制成 ^{14}C 光合作用测定仪,辐射剂量计和植株鲜水重测定仪等各种测量仪器。

4 展 望

我国核农学研究的发展应加强以下几方面的工作:

1)利用理、化、生物技术诱发生物遗传变异,创造更多的突变体,丰富种质资源;选育出新的植物(或微生物)优良品种;进一步加强育种技术的开发和基础理论的研究,力争在突变育种的理论和技术上有新的突破。

2) 利用同位素示踪技术与生物有关的各种环境因子的相互关系及其机理, 进一步为预防或治理土壤盐碱化与旱涝灾害, 为合理施肥、灌溉、革新栽培技术、提高产量和改良品质等提供科学依据。

利用放免法诊断动植物疾病, 重点是对难于诊断或诊断率低的病毒、细菌和寄生虫等感染病(如猪瘟、鸡马立克氏病、水稻白叶枯病、蔬菜与花卉的病毒)以及监测农畜产品中有毒有害物质等。

利用核技术弄清污染源的污染途径及对农业的影响, 并作出综合评价, 为制订防护标准及治理提供依据。研究重点是核电站等周围的农业生态环境, 农用化学物质(化肥、农药和除草剂等)的残留与降解, 不同地区放射性本底与某些地区的水、土中特殊有害物质的监测与消除措施。

3) 提高辐射农副产品保藏技术以及利用射线辐照昆虫不育技术达到控制或消灭昆虫。

4) 加强核技术在生物技术中的应用。生物

技术的迅猛发展对核技术起到极大的促进作用。在农业生物技术的研究中, 核技术是必不可少的。同位素标记化合物的应用, 在生物技术研究中的地位和作用与工具酶是相提并论的。它有助于研究分子杂交技术对有用基因的鉴定和分离, DNA 重组, 基因及其功能蛋白质的结构, 体外合成等过程。核技术还可用于细胞工程, 如辐射导致体细胞变异, 优异基因类型的突变体的选择、细胞融合及外源基因导入等, 都为植物育种提供有效的方法。

此外, 生物学中有许多重大的问题, 如: 光合作用与固氮作用机制、遗传基因的结构与功能、酶的结构与活性、病毒的结构与致病力、动物的免疫与植物的抗病性等均有赖于核技术的应用。

随着核技术农业应用领域日渐扩大, 所需的同位素及其标记化合物品种与数量亦随着增多。特别是短半衰期放射性与稳定性同位素的标记化合物, 生物技术所需的高比度标记化合物等, 应增加这方面的研制和生产。

Application and Prospect of Nuclear Techniques in Agriculture

Tang Zhangxiong

(Institute of Application of Atomic Energy/CAAS, Beijing 100094)

Abstract The research status of nuclear agronomy in our country and its development in other countries are summarized in this paper. The results obtained in nuclear agronomy and its prospect are also introduced.

Key Words nuclear agronomy, applications of nuclear radiation in agriculture, applications of isotope trace in agriculture.