

·学科进展与展望·

核技术与农业

徐步进

(浙江大学原子核农业科学研究所,杭州 310029)

[摘要] 核技术是农业科学研究的有力工具,核技术农业应用是农业科学和农业生产中的一项高新技术,是非核动力应用中的一个重要的方面,也是核技术应用中一个卓有成效的科学领域。核技术农业应用涉及许多基础理论、方法学和应用技术及工艺等一系列问题,在具体应用中需要不断研究创新才能发挥其作用。由于我国在过去的数十年间重视了上述各方面的研究,核技术对我国农业科学和农业生产的发展起了重大的推动作用,其研究成果的应用产生了巨大的经济效益、社会效益和生态效益。本文简要回顾了我国核技术农业应用研究的巨大成就和发展现状,也列举了面临的困难,并呼吁政府和科技管理部门予以重视和支持,以使其继续发展,为国家、为“三农”、为全面建设小康社会作出贡献。

[关键词] 核技术农业应用,同位素示踪,辐射诱变遗传育种,辐照加工

核能和核技术的开发利用是 20 世纪最伟大的成就之一。核技术包含了同位素技术、核辐射及核辐射探测仪器、仪表等,是 20 世纪最主要的高新技术之一,它对世界政治、经济和科学产生了巨大的影响。正如国际原子能机构(IAEA)在一份公报中指出的:从对技术影响的广度而言,可能只有现代电子学 and 数据处理才能与同位素相比^[1]。

1 核技术

核技术应用是对核素的核特性、辐射与物质相互作用所产生的各种效应进行研究、开发、应用的一门现代技术,它与核动力技术构成了当代核能和平利用的几乎全部内容。核技术应用作为核科学技术的重要组成部分,是核能和平应用中最活跃的领域。核技术应用是一门跨学科、跨领域、跨行业、具有高度综合性的交叉融合技术,其特点是分散渗透到各个学科、各个领域、各个行业中去,直接面向国民经济和人民生活。核技术的应用,深化了农业的绿色革命,促进了工业技术的改造,推动了环保事业的发展,提高了人类征服疾病的能力,其应用成果已产生重大社会效益和经济效益。

放射性核素衰变放出的射线,可以作为检测物

质及其运动状态的一种手段,因而在放射性示踪、物质成分分析与工业过程监控中发挥重要的信息获取作用。其次,射线与物质相互作用产生的物理、化学与生物效应为制作新型物质、材料改性及疾病治疗等提供了条件。其三,放射性核素的衰变能本身也是一种能量来源,在极地、荒原,尤其是航天方面作为能源,具有特殊的优越性。

2 核技术在中国

中国核技术应用已有 40 余年的发展历史,大体上经历了 20 世纪 50 年代的开创,60—70 年代的应用开发和 80 年代以来全面发展三个历史阶段。特别是 20 世纪 90 年代后,核技术的应用步入了商业化进程,初步形成具有一定规模和水平的较为完整的体系。国内从事同位素与辐射技术应用和生产的单位约 300 余家,其中,从事同位素研究生产的科研院所、高等院校约 40 家;具有一定规模、从事辐射交联电线、电缆和热缩材料生产的有 60 多家;从事核技术农业应用研究的单位约有 140 多个,近 3000 名员工;从事核检测设备研究生产的单位有 50 余家。辐照技术初步形成具有一定规模和水平的产业,年产值(仅限于国内)约 160 亿元(其中:核农业约 40

本文于 2004 年 3 月 2 日收到。

亿元/年,辐射化工产品约32亿元/年,核素仪器仪表约30亿元/年,辐照产品产值约55亿元/年,同位素及其制品4亿元/年,外加离子束加工200亿元/年^[2]。在过去的数十年间,我国的科技工作者把核技术的研究与国民经济的发展需要紧密结合起来,在应用的过程中,注重了对基础理论、应用方法学和应用技术及工艺的研究,总体科技水平不断提高,取得了令世人瞩目的进步,某些技术已达到国际先进水平,在国际上引起了很大反响。

3 我国核技术农业应用的主要进展

核技术农业应用(核农学)是一门高度交叉和综合的学科。它以原子核科学、数学、物理学、化学、生物学和农业科学等基础科学和电子技术与理化分析技术为支柱,以示踪动力学和辐射生物学为其基础理论,以同位素、核辐射测量、辐射防护为基本技术方法,通过核素示踪、核辐射、核分析等途径应用于农业科学和农业产业。核技术农业应用已成为我国现代农业科学技术的重要组成部分。核技术农业应用的主要领域包括:(1)土壤和水管理及其植物营养;(2)食品和环境保护;(3)植物育种和遗传;(4)动物生产和健康;(5)利用昆虫不育技术防治害虫。核素示踪技术作为生命科学领域获取信息的重要手段之一,被认为是继显微镜之后,生命科学工作者的又一强有力的工具。纵观20世纪生命科学的发展历程,许多具有里程碑意义的发现都与核素示踪技术有关。例如,1952年 Hershey 和 Chase 用³⁵S 和³²P 双标记噬菌体感染大肠杆菌的实验证明了 DNA 是遗传信息的载体;1957年 Meselson-Stahl 用¹⁵N、¹⁴N 标记大肠杆菌的技术,证明了 DNA 的半保留复制机制;还有诸如遗传信息从 DNA 到 mRNA 的转录机制、植物光合作用 C₃、C₄ 景天酸代谢途径的发现等,示踪技术都起了关键性的作用。可以说,现代分子生物学、生物技术的每一步发展都离不开核技术的直接或间接的支持。生命科学的成就为农业科学和农业产业的发展打下了坚实的基础,其中,包括核技术农业应用。

经过近50年的发展,核技术农业应用对我国农业生产发展和农业科学技术进步产生了深刻的影响,取得了日益明显的经济效益、社会效益和生态效益,对我国农业的持续发展做出了巨大贡献,已经成为改造、革新传统农业和促进农业现代化的重要科学技术,其技术成果中有60余项获国家级奖^[3],其中4项为国家发明一等奖。辐射诱变育种已成为植

物遗传改良中一种独特的技术手段,在育成的品种数量、种植面积、取得的社会经济效益,以及整体技术水平均居世界首位。至2002年底,我国利用辐射诱变或与相关技术相结合,在40余种植物上累计育成品种630余个,超过世界各国辐射诱变育成品种总数(2252个)的四分之一,年种植面积超过900万公顷以上,约占我国各类作物种植面积的10%,每年为国家增产粮棉油33—40亿公斤^[4]。

核素示踪技术在农业科学、环境科学和生命科学诸领域中得到了广泛应用,对推动这些学科的发展起到了重要作用。研究结果用以揭示和阐明农业生产中诸多因素的作用机理,在指导科学种田、科学施肥、合理施用农药、节水灌溉等方面取得了重要成果和社会经济效益。应用核素示踪技术研究肥料与植物吸收利用、改进施肥方法、研究作物的生理生化进程、改进栽培技术等研究成果在农业生产上已广泛应用,10多年来仅此一项就为国家增产粮食19亿公斤,创造社会效益数十亿元。昆虫辐照不育技术,是生物防治害虫的重要手段之一。中国自20世纪60年代以来,先后对10多种害虫进行辐照不育研究,特别是近年来对柑桔大实蝇的人工饲养与释放试验,取得了成功,如在贵州一个118公顷10余万株的柑桔园内,释放不育蝇,将柑桔大实蝇为害率由释放前的5.2%,3年后下降到0.098%,防效十分显著,使柑桔产量大幅度增长。

农副产品辐照加工、保鲜为农民增收、农产品增效、提高安全性和改善品质提供了新的技术方法。农产品辐照加工已从简单的辐照保鲜向多用途、深层次发展,如延迟成熟或生殖生长、抑制发芽、延长货架期、除虫、灭菌及微生物控制、检疫性病虫害控制、为病人提供无菌食品等。农口辐照加工的每年产值数达十亿元。

由于我国核技术农业应用取得的巨大成就,国际地位日益提高,在1998年亚太地区RCA区域合作会议上经与会各国推荐,并得到国际原子能机构的认可,我国成为亚太地区核农学牵头国。

4 核技术农业应用的发展趋势

核技术农业应用是农业科学中的高技术,是研究核素、核辐射及相关技术在农业中应用及其理论的新兴交叉学科,它是当今最为活跃的研究领域之一。全球核技术农业应用的发展趋势表现为:一是核技术紧紧围绕生产效率和效益、生态安全、食品安全等方面,广泛应用于农业生产和农业科学各个领

域;二是核技术与生物技术、信息技术相结合,推动农业生产的发展(产量的提高、品质的改良)和农业科学的进步。

紧密围绕国家经济、科技和社会发展的重大关键问题,核技术农业应用应在以下几方面开展基础、应用基础和开发性研究。

4.1 应用核素示踪技术合理利用农业资源,保护生态环境

应用核素示踪技术研究肥料与植物吸收利用、改进施肥方法、研究作物的生理生化进程、改进栽培技术等研究成果在农业生产上已有广泛应用。除现有研究领域外,核素示踪技术今后将进一步扩大到放射性和重金属污染的修复、动物营养、水文地质、区域性农业问题(如旱作农业,生态农业,设施农业、非谷类食用作物的生产,水土流失及治理等)、新示踪剂的研制及正电子示踪等新技术方法的研究与应用。重点是将核素示踪技术与相关技术结合,开展评价、监测、预防和调控农业生态环境污染和整治水土流失等问题;利用核素示踪技术与相关技术研究农用化学物质、核裂变和活化产生的放射性核素、重金属等环境异物造成的污染对农业持续发展的影响、及其调控和修复;利用核素示踪技术与农艺技术相结合,提高肥料、水分利用率,提高土地生产力及其持续利用,研究作物高产优质高效综合栽培工程体系和作物育种与生物工程中的分子机理,发展持续农业;加大利用核素示踪技术研究动物生产、营养、繁殖与疾病监测和防治的研究力度。

4.2 在农业绿色革命和遗传多样性研究中将继续发挥不可替代的作用

在我国,粮食安全-即为人民大众提供充足的食粮,是农业生产的一个带有战略意义的目标。辐射诱变育种从直接培育新品种转为直接利用与间接利用并举,并已逐渐转到创造新基因、增加作物遗传多样性,进一步提高农作物辐射育种的效果和效率的方向。

诱变育种的概念进一步拓宽,除化学诱变、核辐射诱变外,包括染色体工程、基因工程和跳跃基因转座等在内的生物诱变,也已成为诱变遗传与育种研究的重要内容。

加强诱变技术和生物技术相结合,进行有利基因的分离和克隆,挖掘控制重要农艺性状的突变基因,为功能基因组学的研究提供全新的研究素材已经成为一个热点;利用生物技术可深入了解诱发突变的分子机理,评价诱变剂或诱变方法的效率,为定

向突变提供可能;此外,在转基因研究中,也可用诱变技术提高转化效率和拓宽变异范围。

在新形势下,利用诱变技术筛选创造自然界没有和其他技术无法获得的新颖性状,如利用诱变技术改良淀粉品质和消除营养缺乏,为食品“生物强化(biofortification)和功能性食品(functional foods)的研发提供基础;辐射诱变在园艺、花卉等经济作物新品种培育中的应用日益增多。诱变技术已在园艺花卉植物中得到了成功的应用,但以花色改良为主。叶绿素突变是诱变技术最易获得的一个性状,也是最重要的观赏性状之一,利用诱变技术对园艺花卉植物叶色修饰的研究前景广泛。

4.3 农副产品辐照加工、保鲜的产业化研究

我国农副产品、食品辐照保鲜、灭菌发展十分迅速,食品辐照加工、保鲜的商业化应用正在快速增长。农产品辐照加工已从简单的辐照保鲜向多用途、深层次发展,如延迟成熟或生殖生长、抑制发芽、延长货架期、除虫、灭菌及微生物控制、检疫性病虫害控制、为病人提供无菌食品等。根据核农学和社会、经济发展的需要,以高附加值农副产品为对象,开展辐照加工技术研究,建立辐照加工技术标准体系。同时,开展食品、中药材和中成药等辐照工艺和加工技术研究。辐照食品生产审批由单个产品发展到按类别进行、辐照由简单的“保鲜”扩展到“灭菌”,进而达到全面提高卫生品质、从传统的农产品扩展到了海产品、肉制品等。目前需要加强海产品和畜禽制品辐射保鲜和灭菌方面的工艺研究,加快产业化步伐。加强辐射源的开发、利用和研究,扩大辐照对象,提高经济效益将是安全食品的一个重要方面。

5 加强对核技术农业应用研究的支持

核技术及应用是当今世界各国竞相发展的一个领域,核技术农业应用又是核技术应用中最为活跃的研究领域之一。联合国粮农组织和国际原子能机构在维也纳设立了联合处(FAO/IAEA Joint Division),每年投入1000多万美元用于核农学的科学研究、技术服务和人员培训。国际原子能机构的128个成员国中有50多个设有从事核农学研究与应用的专门机构。在一些发达国家,如法国、英国、美国、日本等,核技术农业应用已发展为新兴的高技术产业,其发展水平已成为农业现代化的一个重要标志。与此相比,目前,我国核技术农业应用研究的处境显得窘迫。

我国的核技术农业应用在20世纪50—80年

代受到了各方面的重视,取得了令人瞩目的成就,为我国的农业科学、农业生产和农业经济的发展做出了重大贡献。这得益于专门人才的培养;得益于示踪动力学和辐射生物学等核技术农业应用的理论基础研究和同位素、核辐射测量、辐射防护、应用技术及工艺等方法学的研究。老一代国家领导人和科学家在20世纪50—60年代对核技术农业应用的人才培养倾注了大量的心血,保证了核技术农业应用领域对人才的需求。

但是,近年来,在改革的大潮中,受各种因素的影响,我国的核技术农业应用领域显得很不适应。这既有行业本身的问题,也有外部问题。目前除辐照装置的数量有所增加外,研究工作,特别是核素示踪研究几乎无专项研究课题,诱变遗传育种研究停滞不前;在总体上,我国的核技术农业应用在国际上已逐步丧失了优势。目前是靠过去数十年积累的基础理论和方法学研究过日子。如再不采取有力措施,无需多年,我国的核技术农业应用的专业机构将消失殆尽,上至中央、下至基层核农学科技工作者共同努力奋斗40年取得的核技术应用大国的地位也将不复存在。近年来,国家对核技术农业应用研究的支持力度下降,研究机构萎缩,队伍流失,人才培养举步维艰。“十五”期间国家科技部在核技术农业领域没有立专项,省一级科技厅也没有立专项,国

内一些单位得到了IAEA的项目支持,但国内得不到配套经费支持;核技术农业应用单位所承担的国家、省级的研究项目均来自于生物技术、农业、环境等领域。

推进核技术农业应用研究符合国家宏观经济发展的要求,我国农业现代化、“三农”问题和全面建设小康社会需要核技术农业应用的技术支撑,它是一个值得资助的领域。国家应加大对核技术农业应用研究的总体支持,包括基础理论研究、核技术应用的方法学研究和紧密结合国民经济发展的应用开发研究。只有对核技术农业应用的支持落到实处,中国的核技术农业应用才有希望,才能对国家、对“三农”做出更大贡献,把我国的核技术农业应用提高到一个新水平,开创一个新阶段。

参 考 文 献

- [1] 杜进. 发展放射性同位素技术为国民经济建设服务. 核能与公众国际研讨会论文, 北京, 2003年4月.
- [2] 陈殿华. 中国同位素与辐射加工的现状与发展. 核能与公众国际研讨会论文, 北京, 2003年4月.
- [3] 温贤芳主编. 中国核农学. 第十九章“中国核农学研究与应用成果获奖名单”, 河南科学技术出版社, 1998.
- [4] 王乃彦. 大力发展军民两用核技术应用为国防现代化和国民经济建设服务. 全国“核技术应用”发展战略研讨会论文集, 山东, 2003年10月.

NUCLEAR TECHNIQUE AND AGRICULTURE

Xu Bujin

(Institute of Nuclear Agricultural Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

Abstract Nuclear technique is a powerful scientific tool in agricultural research, and also the application of nuclear technique in agriculture is a high technical area. Based on related theoretical research and methodology development, nuclear technique application in agriculture is an important component of agricultural science and technology, and an area with fruitful achievements in China. It has made remarkable contribution to Chinese development in economy, society and ecology. This article briefly reviews the achievements, present situation, and difficulties of the agricultural application of nuclear technique in China. The author also suggests that government should give more support to the study on the application of nuclear technique in agriculture.

Key words nuclear technique application in agriculture, isotopic tracer, crop mutation genetics and breeding, irradiation processing