

关于核农学创新的几点思考

王志东, 高美须

(中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100094)

[摘要] 文章简要介绍了我国核农学在诱变育种、核素示踪技术应用、食品辐照和辐射不育技术防治害虫等方面的研究成果和目前存在的主要问题, 以及解决问题途径的思考与建议。文章认为我国的核农学正处在能否继续深入发展的关键时期, 迫切需要通过加强学术创新和机制创新来提升我国核农学的发展速度与研究水平。文章强调我国核农学开展学术创新的重点应该是加强基础研究与应用基础研究, 而支撑这个创新的关键点在于管理机制的创新。

[关键词] 核农学; 诱变育种; 核素示踪技术应用; 食品辐照; 昆虫不育; 学术创新; 机制创新

[中图分类号] S124 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2008)01-0086-05

中国的核技术农业应用(核农学)在过去 50 年的发展历程中, 逐步建立起具有中国特色的科研体系、学术交流体系和人才培养体系, 产生了相当数量的具有很高理论水平和重要应用价值的科研成果; 在实际应用中产生了巨大的社会效益, 为我国的农业科研和农业生产做出了巨大的贡献。在应用研究领域, 我国的核农学在总体上接近或达到国际先进水平, 部分工作具有原创性, 是国际上公认的核农大国。1999 年经各国推荐, 国际原子能机构正式确认中国为 IAEA/RCA 核农学领域牵头国。

目前我国核农学的发展面临着一些困难。要克服这些困难, 迫切需要通过加强学术创新和机制创新来解决。笔者就此问题提出几点看法供讨论和指正。

1 发展现状与存在的问题

1.1 主要农作物的诱变育种研究与应用

主要农作物的诱变育种研究与应用, 是我国核农学 4 个主要研究领域成果应用规模最大、社会效益最显著的领域。在“六五”、“七五”和“八五”期间, 以水稻“原丰早”、小麦“扬麦 158”、棉花“鲁棉 1 号”、大豆“铁丰 18”等作物新品种为代表的科研成果分别获得国家发明一等奖和科技进步一等奖。

“山农辐 63”曾是全国播种面积最大的小麦新品种, “浙辐 802”曾连续 9 年居全国水稻播种面积第 1 位^[1]。据统计, 1995 年我国主要农作物突变品种的种植面积约占全国同类作物种植面积的 10 %^[2]。

“十五”期间, 在提高农作物新品种的品质和产量、提高诱变效率等方面取得了新的成果, 并育成一批高产、优质、多抗、综合性状优良, 适应不同生态区域需求的新品种。在全世界利用辐射诱变技术累计育成的 2 543 个新品种中, 中国科学家选育的新品种总数达到 739 个, 占 29 % 以上。与此同时, 创造出 2 000 多份优异突变新种质、新材料, 为新品种选育和种质多样化提供了物质基础。自主研发出国内外首创的新方法和育种工具材料, 如: 1) 利用诱变技术选育出白化转绿型叶色突变材料。应用该成果可在秧苗期快速鉴定假杂种比例, 并可以大大提高和保证杂交稻制种纯度; 2) 利用辐射诱变获得的水稻隐性高秆突变基因(*eui*)具有促使水稻速生快长的生理功能, 它与稻株的内源激素含量表达和对外源激素的敏感性显著相关, 左右着稻株的生长发育、光合作用、物质运转等一系列重要的生理过程。在强烈表达期, 能使水稻茎秆 1 天长高 20 cm 以上。对它的克隆和遗传转化研究, 将有利

[收稿日期] 2007-11-06

[作者简介] 王志东(1958-), 男, 山东烟台人, 中国农业科学院农产品加工(原子能利用)研究所副所长, 主要从事核技术农业应用研究及核农学领域科研项目的管理

于从分子水平上了解 *eui* 基因的表达机理, 并有可能用于培育农作物的新品种, 在杂交稻制种中解决花期不遇的问题。

以辐射诱变育种技术为基础的航天诱变育种研究近几年得到了迅速发展, 并走向实用。

1.2 核素示踪技术应用

核素示踪技术在农业科研领域的应用非常广泛, 充分体现了核技术高度交叉、高度渗透的特点, 是我国核农学领域中学术创新最为活跃、科研成果最为丰富的领域。在我国, 核素示踪技术几乎被应用到农业科研的每一个领域。例如: 利用 ^{13}C , ^{14}C , ^{15}N 同位素在植物营养生理、作物光合作用、肥料利用等领域开展的研究工作, 产生了重大的社会效益; 我国科技工作者自 20 世纪 60 年代就开始利用核素示踪技术深入研究农药的残留、代谢与迁移等方面的规律, 为我国农药安全使用标准的制订提供了重要依据; 近年来, 在污染土壤的修复技术和盐碱地的生物修复方面开展了初步的探索; 将 ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 等核素示踪技术用于土壤侵蚀与生态环境的研究, 推动了土壤侵蚀规律与治理研究工作的不断深入; ^{14}C 标记农药处理动物后提取 DNA, 通过检测样品中 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的值, 确定农药成分与动物 DNA 的加合程度, 这项研究将农药残留的遗传毒性作为研究的切入点, 推动了农药残留研究工作的深入; 在食品安全方面, 将核素示踪技术用于追溯不同来源食品和实施产地保护, 以及对食品中有害物质的分析、鉴定, 有助于建立起完善的食品安全保障体系, 提高食品安全的保障能力。

1.3 农产品辐照加工

农产品辐照加工是我国核农学领域中, 获得直接经济效益最多的一个方面。我国科技工作者先后对 200 多种食品进行了辐照保鲜研究。在理论研究、工艺研究、设施研发、卫生标准和工艺标准制定以及产业化等方面均取得了显著成绩。“十五”期间, 农产品辐照加工技术的应用规模得到快速拓展, 在硬件设施的自动控制水平不断提高的同时, 配合以辐照产品质量标准体系的建立和完善, 带动了国内辐照加工企业管理水平的不断提高。2006 年, 我国辐照食品的数量达到 1.45×10^5 t, 占全球 4×10^5 t 食品辐照总量的 36%。“十一五”期间, 将重点完善食品辐照质量保证体系, 加强在植物检疫方面辐照技术的基础研究和应用研究, 抵御外来生

物入侵, 保障粮食生产和食品卫生的安全。

1.4 辐射不育技术防治害虫

在利用辐射不育技术防治害虫的研究与应用方面, 我国在亚洲国家中曾处于领先地位。先后研究了桃小食心虫、小菜蛾、亚洲玉米螟、柑橘大食蝇、棉铃虫和光肩星天牛等害虫的辐射不育剂量、人工饲养与繁殖技术、田间释放技术以及害虫天敌的人工饲养和释放技术等。“八五”期间, 在防治柑橘大食蝇的研究中, 在贵州 1 个拥有 1×10^5 株橘树的果园进行释放试验, 经过 3 年的连续释放, 使得柑橘大食蝇的为害率由释放前的 5%~8%, 下降到 0.1% 以下。“九五”期间开展的防治棉铃虫的研究, 完成了大规模释放试验前各环节的技术攻关。

鉴于光肩星天牛等害虫对我国三北防护林造成的毁灭性灾害, “十五”期间, 我国曾经开展了辐射不育防治光肩星天牛技术的研究, 但进展比较缓慢, 主要技术难点在于因光肩星天牛的生长周期比较长, 人工饲养难度较大而造成饲养成本过高。

1.5 我国核农学发展中遇到的主要问题

尽管中国核农学在应用研究方面曾经取得了举世瞩目的成就, 但从“十五”开始, 我国核农学研究的发展速度明显减缓, 人才流失严重, 研究队伍出现萎缩, 科研条件建设和人才队伍建设面临严重困难。一些核农学的专业研究机构和重点实验室相继解体或处在解体的边缘; 多数单位的基础设施长期得不到改善, 技术水平逐渐落后; 研究生的培养面临诸多困扰。在基础研究和应用基础研究方面与发达国家的差距有进一步扩大的趋势。由于经费投入得不到保障, 利用辐射不育技术防止害虫的研究工作基本处于瘫痪状态。

分析我国核农学领域重大科研成果的产出情况, 也可以看出我国核农学发展速度以及核农学的影响力度都在明显下降(见表 1, 表 2)。

表 1 “六五”至“九五”期间核农学领域获得的国家级奖励

Table 1 Numbers of national awards from 1980 to 2000

奖项	1981~	1986~	1991~	1996~
	1985	1990	1995	2000
国家级奖励	13	10	8	4
国家发明 3 等奖以上	6	3	2	0
国家科技进步 3 等奖以上	5	5	2	4

表2 “六五”至“九五”期间诱变育种产出情况统计
Table 2 Numbers and yield of new varieties by mutation method from 1980 to 2000

	1981~ 1985	1986~ 1990	1991~ 1995	1996~ 2000
新品种的平均增产幅度/%	11.4	10.6	9.6	8.4
品种数量*	11	11	8	6

*推广面积 10⁶hm² 以上的

与我国相反,自 20 世纪 90 年代以来,美国、日本、印度、巴基斯坦和韩国等国家都在加速核技术的研究与利用,并且更加重视其在农业、医学等领域的应用研究和技术创新。2001 年韩国在其国家原子能委员会领导下,成立了国家级的核技术农业应用研究中心,以此作为全国核农技术研究和人才培养的平台;巴基斯坦、印尼等国都在其国家原子能委员会下设立了核农技术研究中心,由国家原子能委员会直接领导,包括整体规划的制定、研究专项的设立和研究经费的投入等。这些做法借鉴了中国在 20 世纪 50 年代开始发展核技术的主要经验,即:集中人力、财力和物力,攻克主要目标。

长期以来,一些人对核农学存在着这样或那样的误解,认为核农学就是诱变育种;即使对诱变育种的认识也非常片面,认为诱变育种的机理不清楚;诱变过程不可控,诱变因素的作用不能确定等等。这一方面反映了应用研究发展比较快,而诱变育种的基础研究比较薄弱,不能把科学依据说清楚。这既受科学发展的影响,也受研究的目标和经费支持的影响。另一方面也反映了有关核农学的科普宣传和科研成果宣传工作不充分、不到位。

2 关于创新的几点思考

2.1 以创新求发展

中国核农学要摆脱困境求得进一步发展,笔者认为迫切需要通过创新来加以解决。创新要从两个方面入手,并力争有所突破:一是解决投入机制和管理体制问题以解决科研经费和科研人才队伍的问题;二是对核农学发展的认识和研究重点进行调整,加强学术创新。

20 世纪 50 年代,中国核农学在条件差、起步晚、总体科研水平低的情况下快速发展并取得辉煌的成就,一个关键因素是组织管理的有效性。在政府相关部门的关怀下,在研究经费和人才需求上予以保证,全国形成了协调发展的有效机制;另一个关键因素是根据科学发展和国民经济发展的需要,

形成了正确的发展思路,即根据实际将工作重点放在应用研究方面。

自 20 世纪后期开始的机构改革过程中,国家管理核科学研究的职能部门被一再压缩,大大削弱了政府相关部门对核科学研究全局的统筹规划与协调管理的力度,同时也大大削弱在科研条件建设和重大项目的支持力度。

在我国的核农学科研工作处于起步阶段时,我们拥有后发优势,可以跟踪、借鉴国外发达国家的成功经验,制定正确的发展思路,将主要精力集中在应用研究与开发上;而一旦接近或达到较高水平时,后发优势变得不明显甚至不存在了,需要我们自己探索、创新,难度必然会增加。由于在基础研究和应用基础研究方面的投入长期不足,因而无法支撑整个核农学继续快速发展。以诱变育种研究为例,虽然从“八五”后期开始,我国的科学家在积极开展诱变育种工作的同时,对诱变育种的机理研究给予了越来越多的重视,在诱变育种的项目中挤出一部分经费,开展了诱变育种机理与技术方法的探索,也取得了一些进展。但在总体上,缺乏有效的经费投入;在突变频率、突变性状和突变体定向筛选等一系列重要基础工作上还需要开展大量的深入研究,特别是采用分子生物学研究的理论和技术方法研究突变体和突变现象需要给予足够的重视。目前有关诱变基础的研究成果,对于有效支撑诱变育种技术的发展是远远不够的,这在一定程度上影响了辐射诱变育种技术更加广泛有效的应用。

作为诱变育种技术的延伸,航天育种面临着类似的问题。航天诱变拓宽了突变谱,有益突变明显增多,但是航天育种要进一步发展,面临的问题依然是突变的机理问题,机理说不清楚,必然会妨碍应用研究的开展。

由此可以看出我国核农学今后要继续发展,必须坚持创新,包括体制创新和学术创新。在学术创新上,要突出基础研究和应用基础研究,解决核农学发展过程中的薄弱环节。这既关系到学科发展的问题也关系到学科生存的问题。

2.2 学术创新的重点

学术创新的重点应该是学科发展的关键点和制高点。以诱变育种为例:在该领域,中国拥有很好的工作基础,不仅应用研究方面成绩显著,而且在提高诱变效率和诱变技术方法的研究方面处在领先地位。但是,突变机理的研究仍然相当薄弱,

还有许多艰巨的工作需要去完成。例如, 性状突变的分子机制和遗传学研究, 生理生化性状突变的检测与筛选技术研究等等, 这类基础研究是一个长期而艰巨的任务。但是 these 问题是影响诱变育种研究深入发展的关键点。如果能够在这个瓶颈问题上有所突破, 将会带动整个领域的跨越发展。

在分子生物学研究中, 核技术提供了许多重要的研究手段和方法; 反过来, 分子生物学的研究理论和方法又为诱变遗传与育种的机理研究工作提供了强有力的支持。最近, 我国诱变育种的专家, 根据研究工作的现状, 提出要开展诱变育种的定向筛选研究, 应该是一个很好的研究方向。

经常有人问: 美国的核农学怎么样? 他们的诱变育种为什么不是世界领先呢? 似乎美国不搞的东西, 我们就不能搞。其实, 美国在核农学领域的研究和应用水平都达到世界先进水平、某些方面甚至是世界领先的水平。他们在核农学中的优势领域是昆虫辐射不育技术和食品辐照技术, 在昆虫辐射不育技术的研究与应用方面, 美国不仅在应用基础研究和应用研究方面处于领先地位, 而且拥有全球最成功的实际应用范例; 在食品辐照技术的研究与应用方面, 我们和美国基本上是各有特色、旗鼓相当。美国在食品辐照领域的研究得到政府的大力支持, 研究深入, 拥有充分的技术储备。这也是其产业化规模大, 技术集成度和商业化水平高的原因之一。在诱变育种领域, 美国也开展了许多工作包括航天育种并取得了一系列成就; 但美国的育种专家认为诱变育种不是他们的优势领域。他们认为美国缺少像中国这样规模与水平的育种队伍, 如果按现在的技术水平进行大规模的诱变育种技术应用, 成本过高。

美国在大规模产业化方面优势明显。在昆虫辐射不育技术和食品辐照技术应用领域, 一次性资金的投入需求非常高, 这是美国的强项。因此, 他们在这两个领域很快完成从实验室到工厂化应用的开发过程, 并且获得了巨大的经济效益。与他们相比, 我们的优势是人力资源成本较低, 农业生产上具有精耕细作的传统。因此, 我国的农业生产对新品种的需求、或者说新品种对农业生产的推动作用巨大的。

分析中美核农学的发展状况, 是为了理清头绪, 选择好发展重点, 应该在兼顾各个领域平衡发展的同时, 将支持重点放在那些对农业生产影响力度大和市场需求前景好的研究领域, 力争在优势领

域有所突破。

2.3 与创新相关的、优先考虑的几个因素

1) 人才队伍是关键。目前核农学面临的重大难题就是人才问题; 因而需要在学术创新和体制创新过程中, 更加重视完善体系建设和团队建设; 构建分工合理、机制灵活的科研体系和充满活力的创新团队; 通过创新和建设, 形成全国核农学体系全面协调发展的有效机制, 进一步调动起大多数科研人员的积极性, 使核农学的潜力和优势得到充分的发挥。

2) 在学术创新的过程中, 应该不断汲取其他学科发展的最新成果, 为我所用, 丰富和发展自己, 从而不断获得新的生命力; 强调创新不应丢掉自身的传统优势, 盲目照搬不是创新;

3) 强调重视应用基础研究, 是因为以往的侧重点不同, 在学科发展过程中存在着不平衡; 但决不能因此而忽视应用研究和技术开发。要通过挖掘潜力和技术集成, 力争在应用研究领域继续取得更大、更新、更有显示力度的成果。这方面的突破, 应该也是创新。

2.4 对科研经费投入机制和管理体制创新的思考

创新, 不仅仅是学术思想的创新, 也需要对科研经费的投入机制和管理机制进行创新。核农学学术创新的重点是基础研究和应用基础研究领域, 这些领域的研究工作需要长期的经费支持和稳定的研究队伍; 这些创新活动依赖于充满创新活力的科研团队和完善的科研设施。因此, 科学的投入机制和管理体制的创新是整个核农学进一步发展的支撑点。

在过去的一段时间内, 由于经费短缺, 科学家难以大量开展周期较长的研究。而今天, 虽然政府投入了大量的科研经费, 但由于过度采用市场竞争机制以及科研经费与个人利益关联的紧密化, 不仅造成学术浮躁和弄虚作假, 而且导致过度竞争和科研目标短期化的趋向。解决这个难题, 也需要对科研经费的投入机制和科研工作的管理体制进行创新。

因此, 笔者认为在科学的管理中, 需要在现有市场经济的体制下, 适度恢复或引入一些计划经济的因素, 发挥计划经济的长处; 要适度淡化科研经费与科学家个人利益的联系, 因为, 对科学、对事业的追求, 也是科学家坚持创新的重要动力因素; 适度淡化与政府官员考核或任期目标的关系。对于交叉学科, 要在学科发展总体规划的层面上给

予必要的关注和支持。核农学既有农业科研周期长的特点,又有核科学技术研究在基础设施方面的特殊要求。因此,核农学的发展,从学科规划到条件建设,一定要在国家层面上有总体规划和长远考虑,不能简单地搞一刀切。

从20世纪90年代后期,韩国、印度、印尼、巴基斯坦等亚洲邻国在加快其核技术应用体系的建设中,都不同程度地借鉴了中国在核农学发展过程中加强总体规划、统一协调、突出重点的经验,我们也应继续坚持这一有效的做法。这也有利于核设施的高效利用和安全管理。

3 结语

提倡体制创新和机制创新,不应该是为了创新而创新。通过创新应该能够给学科带来更快的发展速度和更高的质量。创新是一个复杂的科学工程,需要实事求是的科学态度,需要具体问题具体分析。

当年,核农学的创立是学术创新的产物;今天,核农学要深入发展,更加需要加强创新。笔者所强调的是在重视应用研究的同时,给予基础研究和应用基础研究更多的重视,这是中国核农学快速发展

之后的必然结果,也是中国核农学由初级向高级不断发展过程中的一个必然阶段,是核农学发展趋向成熟的一个重要标志。

中国核农学曾经为促进我国农业科学技术的进步提供了先进的科学理论和技术手段,为发展现代农业提供了重要的科技支撑。今天,中国核农学依然在为发展现代农业、推动科技进步提供着重要的支撑,继续在农业生产中发挥着作用。但是这种支撑已经缺乏后劲,它需要依靠机制创新和学术创新,需要依靠加强基础研究和应用基础研究,来为自身的发展提供支撑,从而才有能力在我国的农业科学技术进步和农业生产现代化的过程中发挥更大的作用。

致谢:徐步进教授和刘录祥研究员在本文撰写过程中给予帮助,特此致谢!

参考文献

- [1] 王志东,胡瑞法.中国粮食作物辐射诱变育种及其影响因素分析[J].核农学报,2002,16(6):403~410
- [2] 温贤芳.中国核农学[M].郑州:河南科学技术出版社,1999

Considerations on Innovation in the Development of Nuclear Agricultural Sciences

Wang Zhidong, Gao Meixu

(*Institute of Agro-food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100094 China*)

[Abstract] The development status and existing problems in the field of nuclear agricultural sciences (NAS) are reviewed. Including the application of nuclear technology in mutation breeding by irradiation, isotopic technique application, food irradiation and sterile insect technique, etc. China has made great achievements in the research and application of nuclear technique in agriculture from 1950s to 1990s. Due to lack of enough financial support to the basic research and reformation of science & research system in China, the development of NAS now meets its tough time. Through analyzing the difference and reasons of NAS development between China and the USA, it is recognized that the innovation in research and scientific system is important for promoting the development speed and research level of NAS.

[Key words] nuclear agricultural sciences; mutation breeding; isotope application; food irradiation; sterile insect technique; basic theory research; innovations in research and scientific system