

# 核技术与粮食和农业的发展:1964—1994

值此 FAO/IAEA 联合处为世界服务 30 周年之际

回顾其部分成就

Björn  
Sigurbjörnsson  
和 Peter Vose

从研究实验室到农户田间,核技术在农业的研究与发展方面都起着越来越重要的而且往往是独特的作用。核技术的应用范围十分广泛,从食品保藏、作物生产直至动物健康的研究。

联合国的两个全球性组织——国际原子能机构(IAEA)和粮农组织(FAO)——的精诚合作,大大有助于核技术在农业中的应用。30年前,即1964年10月,两个机构将有关的人力物力(FAO的原子能科和IAEA的农业股)合并,成立了核技术应用与粮农联合处,并制定了共同的计划以避免工作的重叠和重复。

过去30年间,在土壤肥力、灌溉和作物生产,植物育种和遗传学,动物生产和健康,昆虫和虫害防治,农用化学品和残留物,以及食品保藏等领域里,FAO/IAEA联合处的各项计划一直在帮助各国解决一些实际的而且费用较高的问题。该处的总任务是:开发同位素和辐射技术在农业研究与开发中的应用的潜力;提高和稳定农业产量;降低生产成本;提高粮食质量;防止农产品腐败和损失;以及尽量减少粮食受污染和农业对环境的影响。值此联合处成立30周年之际,本文着重介绍过去30年间该处取得的部分成就。\*

## 土壤肥力和固氮能力

农业研究人员早就认为,由于施肥方法不当,大量肥料根本未被作物吸收,造成

Sigurbjörnsson 先生系 FAO/IAEA 联合处处长, Vose 先生曾任该处高级职员。两人均为该处 1964 年成立时的创始人。

浪费。在60年代,这个问题引起了联合处专家们的注意,但他们认为,一些可能的解决办法也许很费钱。尽管如此,该处关于水稻和玉米的头一批协调研究计划证实,在世界各地的田间研究工作中应用磷-32和氮-15同位素在经济上是可行的。这一发现促进了在农业研究中广泛应用氮-15,而且对于将使用同位素技术的工作推广至许多发展中国家产生了很大的影响。

在随后的岁月中,由 FAO/IAEA 资助的远东、匈牙利和埃及的水稻施肥方法实验项目,帮助解决了关于磷肥和氮肥的正确施用部位的许多关键问题。人们发现,应该把磷肥施在作物表面,而对氮肥来说这样做大概是最坏的,施在表面的氮肥不会被水稻收吸。虽然人们根据多年的传统实验一直对传统的施肥方法有怀疑,但在此之前并未得到证实。

一项有关玉米的协调计划进一步表明,当把磷肥和氮肥混合使用时,玉米吸收的磷量增加;若在长出穗状雄花期间施些氮肥,能非常有效地被玉米吸收并提高产量。根据这些实验结果提出的建议已被 FAO 肥料计划所采纳,也被许多国家所采纳,因而帮助这些国家节省了数以百万计美元的肥料费用。

同样,对于木本作物来说,联合处的工作表明,有效的定点施肥能在许多年中节约费用。用传统方法进行和评价木本作物的肥料实验要用许多年,利用同位素标记

\* 1994 版《IAEA 年鉴》载有有关 FAO/IAEA 联合处及其工作的更全面的报告。

的肥料能帮助研究人员很快确定作物根系的活力。该处的计划表明,传统的定点施肥法在很多情况下不是最佳的。

最近,生物固定大气氮课题的研究工作一直在紧张地进行。在一些发展中国家,氮肥价格高而且经常买不到,加之在发达国家中需要降低化肥用量,因而促使人们开展该项研究工作。测定作物所固定的氮量是相当困难的,FAO/IAEA 联合处是利用氮-15 的方法的开拓者之一。这些方法能给出很好的结果,已被用于一些大型的协调研究计划,以测定各种菜豆等豆科植物、牧草、固氮豆科树以及红萍(一种给水稻供氮的眼子菜)的固氮能力。

### 土壤湿度和灌溉

为了高效地利用灌溉系统中的水,要求连续监测土壤的湿度并解释这些测量结果。利用核技术测量土壤湿度,使土壤物理学家能够重新设计灌溉方式和更好地规划如何利用稀缺的灌溉用水。与此同时,土地的生产潜力也能得到保持或改善。

FAO/IAEA 的协调研究计划已经表明,改善传统的灌溉方法能节省总用水量的 40% 之多。节约下来的水可用于灌溉其它地区。许多国家的研究人员一直在试验提高靠天下雨地区水保持能力的各种措施,并已立即获得了实际应用。

### 植物突变育种

1964 年时,突变育种是经常受到嘲笑的一件事。长期从事植物育种工作的专家们难以相信,借助辐射随机诱发突变与他们的经典做法有什么联系。经典的做法是,精心地使不同的亲本植株杂交并一次又一次地选择其后代。当然,人们现在的态度已经大不一样了,这在很大程度上要归功于联合处计划所获得的成功。实际上,突变育种是该处的重要成就之一——至今已推出了 1800 个突变改良栽培品种——其影响如此之大,以致无法估计其经济价值。

FAO 和 IAEA 1964 年春在罗马主办的国际会议大概是个转折点。当时,已推出的

著名的突变栽培品种不到 50 个。会议商定,需要协同作战,以解决行之有效的突变处理条件和随后的筛选、选择和应用突变体等方面的问题。

当时,关于如何着手突变育种计划和如何将有用性状集中到现有的最佳品种中去的知识,十分缺乏。新的联合处迎接了这一挑战。FAO/IAEA 的《突变育种手册》就是一份答卷。这一出版物产生了巨大的影响,后来成了植物育种工作者的标准读物。在实践方面,一个非常重大的发展是设计了一种建在池式反应堆内的装置(标准的中子辐照装置——SNIF),可以给植物育种工作者提供纯的快中子源。

FAO/IAEA 早期的一项计划是在地中海沿岸和近东地区试种硬粒小麦突变栽培品种。现在,这些栽培品种属于培育得最成功的品种之列。在意大利,它们的种植面积几乎占硬粒小麦总种植面积的 70%。

对大麦也做了开拓性的突变育种试验,从而导致今天在北欧和中欧种植的几乎所有大麦栽培品种的系谱里都有诱发突变品种这种形势,这是通过较新品种的“串级”过程产生的。

水稻突变育种非常成功。主要是 1964 年会议带来的效果,当时在 FAO/IAEA 主持下制定了一项利用诱变技术改良水稻的大型协调计划。其结果是借助诱变技术培育出了大量的改良新品种。在该计划开始之前,已推出的水稻突变栽培品种仅有 4 个。今天已达到 200 多个。世界各地千百万公顷农田种植的是水稻突变栽培品种,其影响一直是巨大的。

联合处还解决了其他一些问题,例如抗病害作物和谷类的蛋白质含量问题。研究对象已从大麦、小麦和水稻等一年生谷类转移到了粒用豆类、水果和块根与块茎作物。有关改良粒用豆类的计划产生了 100 多个改良栽培品种。

无性繁殖作物提出的问题则难得多——销售量达几百万美元的室内植物除外,因为此类植物的突变体很容易获得,因而无需辐射育种的帮助。问题的答案似乎

在于使用离体栽培技术,联合处——通过其设在 IAEA 塞伯斯多夫实验室的农业实验室——一直在积极探索改良热带作物的非常规育种方法。棕榈、热带水果、木薯、薯蓣和可可等属于被研究之列。例如,香蕉组织的栽培大大地加强了突变处理方法的有效应用。现在正在试验旨在获得具有抗病能力的香蕉栽培品种。其中一个称作“诺瓦里亚”的品种就是在塞伯斯多夫实验室培育的,正在马来西亚推广。

## 动物生产与健康

家畜是大多数农业体系中的重要组成部分。内寄生虫常导致世界各地动物的巨大损失,其表现为生长减慢和不必要的死亡。相当早期的研究表明,辐照可使某些动物内寄生虫“衰弱”——使之无害化——以便提供抗许多致命的内寄生虫病的疫苗。1966年,FAO/IAEA在动物科学方面最早的协调研究计划曾致力于有效防治家养动物身上的内寄生虫。

动物繁殖是研究的另一重点。雌性家畜的生殖期可借助用碘-125标记的放射免疫分析(RIA)测定其血液或奶里的生殖激素(孕酮)浓度来确定。塞伯斯多夫实验室已经开发出可在不同条件下使用的RIA药盒。由于使用了这种技术,FAO/IAEA关于亚洲水牛生产,非洲绵羊和山羊,拉丁美洲役用驼和毛用驼的计划,非常成功地提供了有关典型小牧场主饲养的本地品种和不同种类的家畜的生殖行为的独特信息。这些计划帮助人们找到了性能优良的动物和采用能改善配种效能的新管理办法。

用同位素(磷-32或碘-131)标记的脱氧核糖核酸(DNA)探针和原理上相似的免疫分析方法均可诊断疾病,帮助人们进行疾病调查和监测疾病防治计划的效果。免疫分析检验(酶联免疫吸附分析法——ELISA)被用于发现和测量特定感染的抗体。因此,它可用于确定诸如牛瘟、巴贝虫病和布鲁氏菌病等重要疾病的蔓延范围。此外,它还能监测药物治疗或疫苗接种之类防治措施的有效性。

ELISA一直非常成功。塞伯斯多夫实验室一直向全世界供应专门设计的药盒,给各种不同的防治项目发去了可进行数百万次分析的药盒。ELISA的大用户是尼日利亚的牛瘟疫苗接种运动,以及最近的泛非牛瘟根除运动,后者根除了14个国家的牛瘟。(见下一篇文章。)

营养问题继续受到重视。矿物质缺乏或失调是家畜中常见的问题,但这个问题在动物的生长受到严重影响之前常常不易被人们所认识。用于诊断铜、硒、锌和磷缺乏病的同位素方法,提供了较快地确定这些不可缺少元素状况的手段,它们是早期的FAO/IAEA工作的一大特色。

有一项协调研究计划是利用氮-15研究将非蛋白质氮来源(例如尿素)作为反刍动物补充饲料的问题。这样便可利用廉价的非蛋白质氮来满足反刍动物对蛋白质的需求,因为反刍动物能把无机氮转化为蛋白质。

在80年代,FAO/IAEA联合处的工作侧重于寻找利用秸秆和作物残体之类含纤维饲料以及蔗渣之类食品加工副产品饲养水牛、绵羊和山羊的最佳途径。人们设计和应用了一种称为鲁西特克(Rusitec)的人工瘤胃,利用同位素标记技术研究微生物对饲料的降解作用。在一些发展中国家里,该项研究获得的信息已使他们能以本地可获得的饲料为基础给反刍动物配制新的日料。

这些在全世界范围实施的计划,为动物营养学家们在确定饲料价值和家畜的营养要求方面取得共识做出了重大贡献。

## 昆虫防治

有些危及作物、家畜和人类的严重虫害,其影响如此之大,以至于可以波及整个地区的社会发展和经济状况。它们包括侵害人类和温血动物(主要是牛)的螺旋蝇、地中海果蝇以及侵害人畜的采采蝇。

这些年来,FAO和IAEA联合召开了8次有关辐射技术应用于昆虫问题的大型学术会议。这些会议对于昆虫不育技术(SIT)的发展具有重要影响。这项技术涉及到饲





上页:非洲的牛在犁地;一农民在簸扬稻谷;危地马拉的农贸市场一角;一科学工作者在塞伯斯多夫农业实验室为实验做准备;塞伯斯多夫实验室在研究缓释除草剂制剂;本页:大麦突变品种的特写;中美洲的地中海果蝇诱捕器。(来源:FAO; M. Maluszynski, IAEA; J. Marshall, IAEA)



养昆虫,利用辐射使其不育,最后释放到受昆虫侵扰的区域里。不育昆虫的交配不会繁殖后代,经过反复释放,虫口便会减少直至绝迹。

凡种植柑桔和浆果的地方,实际上到处存在着地中海果蝇,学名头形实蝇。由于水果严重受损,出口大幅度下降,经济影响极大。塞伯斯多夫实验室的研究人员已经开发出地中海果蝇的人工饲料和非常成功的饲养方法,因而可以廉价地大量饲养数以亿计的果蝇。此事说起来简单做起来很难,研究人员为此付出了大量的劳动。

塞伯斯多夫实验室获得了两项特别重要的成就。第一是创造了地中海果蝇的遗传性别分离品系,其雌蛹呈白色,雄蛹呈褐色。这样,雌雄容易分开,可以做到仅释放雄蝇。另一项非常巧妙的研究工作,是将由某种化学突变剂诱发的选择性热敏基因,用辐射诱发染色体易位法插入到决定性别的Y染色体上——技术上堪称一绝。培养出的果蝇品系可在较早的阶段就让雌雄分离。具体做法是把蝇卵加温到 $35^{\circ}\text{C}$ ,雌性卵被杀死,雄性卵则存活下来。这意味着只需养一半的幼虫,因而使昆虫不育技术的饲养费减半。而且,仅释放雄性果蝇意味着水果不会被产不育卵的雌性果蝇刺伤。

墨西哥的果蝇根除运动是防治地中海果蝇的重大成就之一。对于这一运动,FAO/IAEA联合处在设计这一根除项目和果蝇“工厂”方面提供了建议、培训和援助。在该项目结束时,由墨西哥和美国提供经费的这一庞大计划,每周能生产5亿只不育果蝇。结果,这种虫害在被侵扰地区得到根除,使墨西哥经济免遭巨大损失。

新大陆螺旋蝇对所有温血动物来说都是一种致命的和令人讨厌的虫害。其卵产在动物背部,孵出的幼虫穿过皮肤进入其体内。1988年,发现这种害虫已在利比亚落户。在FAO的协调和IAEA的支助下,发起了一场国内和国际的抢救运动,以阻止这种虫害在北非、非洲撒哈拉以南地区和地中海沿岸的家畜和野生动物中传播。到1992年,根除目的已经实现,防止了一旦这

种虫害蔓延可能会造成的巨大经济损失。

采采蝇(学名舌蝇)几乎使非洲撒哈拉以南地区三分之二的土地变成“不毛之地”。采采蝇以动物血为食物和传播能使人嗜睡和使家畜患非洲锥虫病(“纳加那”病)的锥虫生物。生活在其面积相当于美国全部耕地面积的一个区域内的约5000万人处于受威胁状态。

塞伯斯多夫实验室的研究人员一直在稳步地推进此项研究,把SIT实际用于防治采采蝇,其中包括开发让采采蝇通过人造薄膜吸取血液的饲养方法。开始时,研究人员不知道在实验室里能否长期饲养自持的群体,能否仍然繁殖出在野外时具有正常功能的后代。现在,这个目标已经达到。

在1984—1986年间,FAO和IAEA在尼日利亚实施了称作生物防治采采蝇(BICOT)的中试项目。该工作成功地从1500平方公里的区域里根除了采采蝇。目前,在该项目实施期间已获得的经验的基础上,有若干个中试规模的项目正在实施。

### 农用化学品与环境

公众担心食品可能被污染,这不是个新问题。1964年前,FAO一直在收集土壤、植被和粮食中来自落下灰的放射性数量的资料。这些资料已报告联合国原子辐射效应科学委员会。1969年,这些成果曾在FAO,IAEA和世界卫生组织(WHO)联合主办的题为“放射性物质所致环境污染对农业与公众健康的影响”研讨会上作过剖析。

切尔诺贝利事故使国际社会早期对放射性落下灰所致环境污染的那种担心重新引发。此事导致FAO/IAEA于1989年提出了一份重要的报告《土壤、作物和粮食中的放射性落下灰》。同年,FAO,IAEA,WHO和联合国环境规划署(UNEP)召开了“重大事故对环境的影响”国际学术会议。

现有的一大批资料有助于未来评价放射性核素环境污染的范围和程度。1994年的出版物《事故释放放射性核素后的农业对策实施细则》,将有助于提出一些监测和限制放射性落下灰对农业、粮食及人的健

康的短期与长期效应的方法。

饮用水源中的硝酸盐含量有时接近或超过WHO的限值,这同样已成为一个政治问题。FAO/IAEA联合处70年代的一项计划,曾利用氮-15示踪剂明确地显示出潜水面中发现的硝酸盐几乎全部来自农用化肥。这些结果曾在已成为该领域内标准参考资料的一系列出版物(1974,1975,1984年)中广为引用。

排放到河流与海湾中的汞废物,曾多次导致鱼类消费者中毒的地区性突发事件。此外,农业上利用有机汞化合物拌种以预防种子传播真菌病害的做法,已使大量鸟死亡和发生伤人事故。在WHO和国际劳工组织(ILO)的合作下,FAO/IAEA联合处已评价了汞对环境的影响。印发的有关这一问题的单行本已成为有关汞的使用和排放的重要资料来源,随后并据此制定了严格的限制措施。

在农药方面,放射性同位素标记技术不仅给分析微量(ppb)农药残留物提供了特别准确的方法,而且也给测定化合物在自然界中的代谢途径与去向提供了手段。再者,在土壤和植物产品中的大部分农药衍生残留物,是无法用常规分析溶剂提取的,因而只有利用放射性同位素标记技术才能探测到。

残留物的去向,是确定一种农药应当怎样使用或由于生态方面有害而应当禁止使用某些化合物时的决定性因素,甚至也是判别某种情况下或许是潜在有害的某种化合物用于另一种情况则可能相当合适时的决定性因素。

例如,由于DDT和六氯化苯在温带气候条件下可长久地滞留在环境中,因而一直被广泛地限制或禁止使用。但是,FAO/IAEA联合处发起的一项内容广泛的研究发现,DDT和六氯化苯之类的物质在高温高湿的热带环境中能很快消散,从而可避免残留物的局部积累。

联合处开发的环境更适宜和效率更高地利用除草剂和杀虫剂的现行方法,是借助所谓的缓释化合物使除草剂和杀虫剂在

较长的时间内以较低的浓度保护作物。这样的农药制剂能在较长的时间内释放杀虫剂或除草剂的有效成份。总之,在研究、开发和检验这类剂型方面,放射性同位素示踪剂是个无价之宝。

### 食品辐照保藏

在全世界的总收获量中,约有三分之一会在运往消费者的途中因腐烂和虫害而损失掉。食品辐照提供了一种安全可靠地减少损失的方法。数十年的研究清楚地表明,消费辐照食品不存在有害的效应。辐照食品决不会变成放射性物质,也不会留下任何有害的残留物。

食品辐照是个宝,它可灭除谷物、香料、干果和植物之类仓储农产品的虫害;抑制长期储存的土豆和洋葱发芽,从而减少安全性可疑的化学抑制剂的使用量;消除食物传播的疾病,特别是鸡鸭肉、牛羊肉和海鲜中的沙门氏病菌;杀死热带水果中的果蝇和其它害虫(这是一种有效的无残留物处理法);延长鲜蘑、草莓和热带水果的货架期。

FAO/IAEA 1966年在卡尔斯鲁厄召开的食品辐照学术会议,对于阐明食品辐照技术的可行性来说是一个里程碑。不过,从严格的经济角度看,尽管用辐照保藏食品有优点,但迄今为止的经济效果并不显著。当然,最近30年间,在开发实用技术和立法方面取得了相当大的进展,这中间 FAO/IAEA 联合处的工作起了很大的作用。

尽管有经济上的不利因素和某些消费者团体的反对,但食品辐照装置的数量一直在稳步增加,现在全世界约有 65 套装置,其中约 50 套也许可称作商用装置。

1971—1981 年期间,FAO, IAEA 和 WHO 成立了一些专家小组,负责评价有关辐照食品卫生安全性的研究成果。由于联合处的促进和协调,食品规范委员会才有可能于 1983 年通过并发表了有关食品辐照的一项国际标准。

目前,国际食品辐照协商组(ICGFI)是在 FAO, IAEA 和 WHO 的支持下开展工作

的,FAO/IAEA 联合处是它的秘书处。该协商组负责评价全球的发展,并提出一些建议供成员国参考。培训一直是此项工作的一个组成部分。1967 年在美国密执安举办的 FAO/IAEA 培训班,是此类培训班中的第一期。之后,在为期 10 年的一个国际食品辐照项目的名下,有数百人在荷兰的瓦赫宁根受到了培训。目前,ICGFI 仍在积极从事培训工作,它创办了辐照工艺控制进修学校,只有培训成绩优良的操作员才能获得学校的证书。该校设置的课程正在被愈来愈多的食品管制部门所认同。

### 培训与开发性的研究

通过协调研究计划和塞伯斯多夫实验室进行的培训和应用研究,一直是联合处开展的各项活动的重点。在过去的30年中,有2200名学员在122期跨地区培训班中受过培训。此外,IAEA 给2609人提供过农业方面的进修金,其中380名进修人员直接在塞伯斯多夫工作过。塞伯斯多夫的农业实验室自始至终是联合处工作和关注的中心。假如没有它,某些最成功的计划几乎无法实现,因为它所做的是别处不做的开拓性工作。它的任务就是开发一些方法并进行检验,探索解决问题的新途径,以及作为协调研究计划及其它的现场计划的后盾。

当初,农业实验室是在用根据一项合同得来的 25 000 美元购买的由预制件拼装的简易房内(房价怎能如此便宜?)起家的。现在,尽管农业实验室的规模仍然很小,只占据主实验室的一个侧楼,但它已发展为一个有用的实验室。

同样,塞伯斯多夫的 FAO/IAEA 培训班,过去常由于缺乏场地而顾此失彼。新建的培训中心已使培训班学员,进修学员,同样也使实验室工作人员的条件大大改善。这是一种前人栽树后人乘凉的投资。 □

FAO 与 IAEA 将于 1994 年 10 月 17—21 日在维也纳联合召开“核及相关技术在可持续发展农业的土壤/植物研究和环境保护中的应用”国际学术会议。