



## 国际原子能机构和绿色革命

从实验室到农田，核技术在起作用

Björn Sigurbjörnsson 和 Leo E. LaChance

“绿色革命”一词，原来专指 60 年代主要在亚洲发起的一场粮食生产革命，其内容是利用新开发的少数高产谷物品种和更多地使用化肥和农药。这一革命使粮食长期不足的许多国家，迅速达到了自给自足并有了大量的粮食储备，最后成了粮食净出口国。

回过头来看，显然这是一场农业革命的开端，后来仅用了 20 来年就否定了 70 年代会出现粮食普遍短缺的悲观预言。世界许多地区虽然尚存在严重的营养不良现象，但一般说来这常常是由天灾、政治因素和其它原因引起的，而不是由缺少粮食生产技术造成的。粮食产量的增长已经超过人口的增长。这一惊人的成就，主要应归功于植物育种和以大量增加投入为基础的作物耕作方面的种种改进。

在这场绿色革命的一开始，核技术就起了重要作用。核技术为农业研究与开发提供了新的手段，在许多场合下，这种手段是非常重要的。利用放射性同位素和稳定同位素的独特性质对动植物营养元素进行的研究，已经大大地加深了我们对植物生理学和作物营养学的了解。这样的研究为作物耕作的任何改进提供了必要的基础，并且增加了我们关于牲畜营养学、牲

畜繁殖率和疾病诊断的知识，这三个方面都是提高牲畜生产率的前提。

实践证明，电离辐射对于增强作物的遗传变异是一种极为重要的工具。电离辐射诱发的突变有不利的和有利的两种，这样使植物育种工作人员能利用一些新的基因和基因组合，来培育抗病害能力强、适应性更好和产量更高的作物品种。

通过相同机理，电离辐射使害虫不育而失去繁殖能力，或杀灭引起食物腐烂变质的病原体 and 生物体。

这样，核技术的单独应用或与其他先进技术一起应用，已对粮食生产过程的各个阶段（从土壤、水、种子、直到植物和牲畜的开发）的绿色革命，以及对到达餐桌前的库存粮食的保护，作出了贡献。与此同时，核技术也帮助人们探索更好地保护环境的方法，以改变大量使用可能有害的化学品的状况。

### 机构的涉入

国际原子能机构（IAEA）于 1957 年建立后不久，便雇用了一位农业专家。他通过与世界上一些最先使用辐射诱发突变植物育种方法的用户签订研究合同，开始执行农业计划。五年后，他安排了第一个协调研究计划，应用同位素示踪剂，帮助亚洲产稻国家掌握更有效的化肥施用方法。在这之后实施了另一些计划，这些计划使人们找到了在小麦和玉米田中施用化肥的更好部位和时机，并且在最后扩展成为一些很

Sigurbjörnsson 先生和 LaChance 先生分别为 FAO / IAEA 同位素和辐射用于粮食和农业发展联合处的处长和副处长。

上图：辐射诱发突变育种的大麦长出的又短又粗的麦穗。

成功的、通过同位素的应用来提高豆类作物固氮能力和改善灌溉方法的计划。

1964年,开始实施一些与昆虫学、动物学和粮食保藏有关的计划。塞伯斯多夫实验室的支助活动,成为那时机构农业计划的重要支柱,回过头来看,这也是这些计划在发展中国家取得伟大成就的关键。(见本期《塞伯斯多夫实验室》一文。)

还是在1964年,机构的计划发生了具有深远意义的变化,它为确保全世界粮农发展计划的有效性和适合性奠定了基础。这就是IAEA与联合国粮农组织(FAO)之间签定的协定,建立一个负责联合国在这一领域全部活动的联合处。这一变化使机构能够直接配合农业研究工作,促进绿色革命的发展。

本文仅举数例介绍FAO/IAEA联合处内6个科所取得的另一些成就。

### 作物育种

作物育种和遗传学科开发了用诱变剂处理种子与作物部位的有效标准化方法、评价辐射效应的方法和分离与测试有希望突变体的方法。因此,全世界的作物育种工作者,在最近20年中一直使用FAO与IAEA合编的《突变育种手册》。这本手册对诱发突变作物品种方面所取得的巨大成功做出了显著贡献。

诱发突变之所以对绿色革命有特殊的贡献,是因为它们有能力修复产量最高和适应性最强的作物品种中的缺陷。以诱发突变方法开发的新的优良品种,或者直接用于农田或者用于进一步的育种计划。结

果,使欧洲大麦、意大利麸质坚硬小麦、加利福尼亚稻等许多最好品种的基因型中有了诱发突变体,使发展中国家的一些产量最高品种的基因型中也有了诱发突变体。在许多情况下,原生种子的辐射处理是在塞伯斯多夫实验室进行的,育种工作者是机构培训的,优良品种是在机构的研究合同或技术合作项目范围内开展的研究工作得到的。目前,世界上约有1000个用辐射诱发突变方法育出的作物品种,种植在数百万公顷的土地上。如果把亲本中含突变体的所有品种都计算在内,则这数字可能达到数千万。每年的经济效益以数十亿美元计。

### 土壤和水

同位素为人们提供了区分作物中营养物是来自天然土壤还是来自肥料的唯一直接手段。这就使我们有可能会评价作物吸收所施营养物的效率,从而推荐出提高昂贵化肥利用率的最好方法。在某些情况下,人们利用这种方法,可以达到施肥最少而作物生长最佳的效果。

有9个发展中国家参加的一项协调研究计划,在稻田中施用了以磷-32标记的化肥,取得的结果表明,将磷酸盐化肥施于土壤表面或施入表层土壤之中,化肥的利用率比将其施入稻行之间深10厘米处要高出一倍。这一发现可使施肥量减少一半多而保持作物产量不变。

以稳定同位素氮-15标记的化肥进行的试验表明,氮肥深施(5—15厘米)入土壤,其被摄取的效果



1977年由IAEA、FAO和瑞典国际开发署发起在印度举行的培训班的一个镜头。学员们对抗病能力得到改善的高粱的突变育种特别感兴趣。



作为千百万人饮食中蛋白质最主要来源的豆类作物，30年来一直是机构作物育种计划的重点。依靠辐射诱发突变培育的13个不同物种中，大约80个改良栽培品种已经提供给农户用以改善粮食供应。

率高于表面施肥方式。从13个发展中国家得到的数据说明，当氮肥在这一深度施用，氮被作物吸收的效率比表面施肥方式约高32%。一个按照上述的施肥方式进行作业的参加国报告说，由于少用氮肥，一年可节约3000万美元。

在农田中使用氮-15以区分作物中的氮是来自生物固氮还是来自土壤氮的这一方法，主要是由机构的土壤肥力、作物生产和灌溉科及其塞伯斯多夫实验室研究成功的。

研究表明，不同的食用豆类作物在固定大气中的氮的能力上有很大的差别。例如，一种称为巢菜豆 (*Vicia faba*) 的豆类作物，其所需氮的70%以上可由本身的固氮作用来满足。但是，另一种称为菜豆 (*Phaseolus*) 的常见食用豆类作物，通过本身的固氮作用得到的氮不超过其需要量的30%。后来，为了提高菜豆的固氮能力，开始实施一项培育新品种的协调研究计划。初步结果表明，提高菜豆的固氮能力是可能的。这种常见食用豆类作物的固氮能力稍许提高一点，将大量减少全世界的氮肥施用量。

乌拉圭的一种牧草，提供了可能节省多少氮肥的一个实例：将白苜蓿进行杂交处理，产生的新牧草在6个月中可从大气中固定氮约120公斤每公顷。这相当于每公顷节约尿素肥料约250公斤，即在6个月中每公顷少支出肥料费用73美元。

## 家畜

大多数热带和亚热带的发展中国家苦于畜产品不

足，这并不是因为严重短缺家畜，而是因为这些国家中的家畜的生长比温带的慢得多。

牲畜生产和保健科的活动，旨在通过改善受影响区域中牲畜的营养和繁殖能力以及对疾病的诊断能力，来提高牲畜的生产率。该科提出了一种方法，可用于开发补充饲料的添加方案：在饲料中加入玉米秸、甘蔗渣、干鱼粉、家禽粪、用碱或氨处理过的稻草等当地便宜的作物或动物残留物，以及尿素等农工业副产品。家畜得到了干物质、能量、蛋白质、矿物质和维生素较为平衡的输入，于是其生产率有了改善。补充饲料的适用性，是在体外用同位素技术评价的。人们让用碳-14、磷-32、碘-125或氢-3等放射性同位素标记的补充物通过一台人造的瘤胃模拟装置，在农场用之前，评价它对瘤胃发酵产物、微生物及旁通蛋白质的影响。在用于家畜饲养试验之前，对饲料补充物进行的这种筛选，加快了新的或改良的补充物试验速度，大大地节约了试验费用。

氢-3和碘-125等放射性同位素，已用来帮助鉴别和测量激素，为目的在于提高牲畜繁殖力的代谢研究提供了方便。人们已将同位素用于开发放射免疫分析方法 (RIA) 和酶联免疫吸附分析方法 (ELISA)。这两类分析方法，已构成一批与生殖系统疾病、治疗要求、毒物评价和残余物研究有关的最有效的例行诊断技术。

核技术应用已在某些激素的配制与监测方面起到重要作用，这些激素是胚胎转移、胚胎性别确定和加强生殖过程的其它环节所需要的。核技术的应用大

大帮助了发达国家与发展中国家现代家畜体系的开发。

放射性同位素和辐射技术也已用于牲畜疾病的诊断和防治。牲畜生产和保健科支助了将辐射用于牲畜疫苗生产的活动。最引人注目的发展是采用了辐照过的防治牛肺虫病的疫苗。在使用这种疫苗以前,这种季节性寄生虫病是一岁幼畜的主要死亡原因。自从大约15年以前采用这种疫苗以来,它的应用(数百万剂量)证明它对饲养家畜的农民是很有价值的。

### 昆虫防治

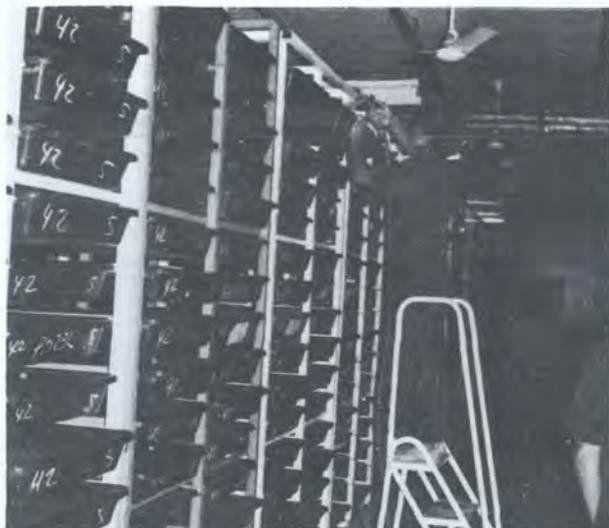
害虫和虫害防治科的主要工作,是帮助一些国家实际应用昆虫不育技术(SIT)。SIT是一种有效而费用低、对环境安全的消灭或防治害虫的方法。工作重点已经放在地中海果蝇和几种采采蝇的防治方面。采采蝇是向人畜传播锥虫病的媒介。SIT技术需要饲养大量的害虫,然后用 $\gamma$ 辐射使其不育,并大批地释放到田野使其与野生害虫交配。交配不会产生后代,因而会导致害虫数量减少和最终被消灭。因此,大量饲养是这种技术中的最重要一环。大量饲养技术在许多发展中国家根除地中海果蝇和采采蝇计划中,已获得成功的应用。

在墨西哥,由FAO和IAEA合作开发的大量饲养技术的应用规模,已扩大到每周饲养5亿多只地中海果蝇。用 $\gamma$ 辐射使这些地中海果蝇不育,并用飞机释放到田野里。实施这个项目,在二三年内就成功地消灭了墨西哥的地中海果蝇。人们现在正在使用不育的地中海果蝇来消灭危地马拉的地中海果蝇,并保护墨西哥不再受这种果蝇的危害。由于作物收获量增加而得到的经济效益,估计每年为数亿美元。

饲养采采蝇与大量饲养地中海果蝇有很大的不同。采采蝇每9—10天产生一次后代,繁殖得很慢,因而田野里的采采蝇比其它害虫少得多。饲养采采蝇最初是利用山羊、兔和豚鼠进行的。目前则使用一种人工膜,膜内装入从当地屠宰场收集的血。这种技术在尼日利亚中部使用过,结果1987年在1500平方公里区域内成功地消灭了一种采采蝇。

### 环境保护

农用化学品和残留物科致力于提高化肥与农药使用的安全性,和减少可以由于适当或不适当使用这些农用化学品引起的有害残留物的影响。由于农用化学品的大量施用是绿色革命的高产作物品种获得好收成



作为墨西哥消灭地中海果蝇的SIT项目的一部分,蝇卵被置于幼虫饮食盘内孵化,并在恒温恒湿的房间中放置7天,使蝇充分发育。

的前提,所以,有效地评价它们在农业环境中的行踪和影响,是农田妥善管理不可缺少的。

人们借助于多种核技术来研究农药的残留物,结果发现,只要施用农药时遵守一些基本规则,热带国家农药残留物的不利影响就不会象以前认为的那样严重。大多数发展中国家的平均温度和湿度都高,有利于农药达到比在温带气候下预期的高得多的消散速率。虽然已证明,在热带国家,农药的微生物分解要快一些,但大量农药的消散主要依靠作物表面与土壤表面的简单挥发。

目前,农用化学品和残留物科在确定滴滴涕和六氯化苯等一类可能有害、但效力持久且经济上可行的农药的环境可接受性方面,起着主导作用。一项旨在测定滴滴涕和类似化学品消散和分解速率的协调研究,目前主要在热带地区进行。初步的研究结果表明,在肯尼亚、印度和苏丹的大部分地区,滴滴涕消散很快,残留物将不会局部积累在土壤、作物或野生动植物上。

另一项活动是,采用控制投药配方来提高一系列农药的功效,从而减少单位面积的农药施用量。其中一个实例,是将硫丹等长效杀虫剂混入聚合物中,用于消灭非洲热带地区的采采蝇。利用这种方法将采采蝇吸引到这些聚合物上来,并使它们受到杀虫剂的致死剂量,从而达到减少采采蝇的目的。据认为沿河流采用这种办法有可能大大减少采采蝇的数量,而对当地环境影响极小。

今后岁月

世界对提高高质量粮食产量的需求仍将继续下去。世界人口最近已超过 50 亿，而人口的增长几乎没有放慢的迹象。未来的问题是，如何使世界粮食生产保持低成本，减少化肥与农药用量和更好地保护环境。为了进一步改进作物育种和以作物为饲料的牲畜饲养业，还需要采用一些更先进的技术。

新的生物工艺学和遗传工程所开辟的前景，无疑

将加速农牧业发展。而这些新技术的各个方面，几乎都与同位素示踪剂或电离辐射的应用分不开。核技术已经逐步成为发达国家和一些较先进发展中国家中农业实验室的常用手段。我们的目的，是帮助别人在农业研究中经常应用这些技术。核技术在研究和开发工作中很少单独使用。为了提高粮食产量，并使“绿色革命”在今后若干年继续开展下去，人们正在全面地使用现代化的技术，而核技术是其中一个不可缺少的部分，而且越来越多地为人们所利用。



**粮食辐射保藏。** 辐照技术能够减少粮食收获后的损失，增加可靠的粮食供应。虽然这些活动不属于绿色革命，但对今后粮食供应会做出巨大的贡献。今天已有：

- 32 个国家共批准了 40 种辐照食品，可无限制地或有限制地供应给消费者。
- 19 个国家正在使用 25 座辐照设施，商业规模地处理选定的几种食品。另外 10 个国家，正在建设（或处于规划后期阶段）用于处理食品或非食品物品的辐照设施，预计 1990 年至少有 25 个国家将使用约 50 座辐照设施来处理食品。
- 国际食品辐照工艺装置 (IFFIT) 是 FAO、IAEA 和荷兰农渔部的一个联合项目。到目前为止，利用该 IFFIT 已培训了来自 40 多个国家的 200 多名科学家和官员。
- 由 FAO、IAEA 和世界卫生组织 (WHO) 发起的国际食品辐照咨询组 (ICGFI) 经常评价全球发展活动，并且成为成员国和有关的组织在该领域内交换情报和见解的联络中心。26 个国家是 ICGFI 的成员。它们正以现金或实物支助咨询组的计划。