

FAO / IAEA 在机构塞伯斯多夫实验室 进行的土壤肥力研究与培训

正在开发土壤学和植物学方面的核技术
并通过各种办法进行转让

F. Zapata 和 G. Hardarson

全球人口在本世纪内正发生着爆炸性的膨胀，据估计到 2015 年将达到 80 亿左右。因此，人类对农产品、饲料、纤维和生物燃料的需求量，正在不断增长，而土地资源却是有限的。为此，人们已提出了多种解决办法。在发展中国家里，用提高耕作集约程度和（或）提高产量的办法，在现有耕地上实行农业生产集约化，是不久的将来最有希望的一种解决办法。

依靠“绿色革命”进行的农业集约化，涉及开发新技术和改进农业措施。其中包括选用高产品种、机械化、灌溉、尤其是使用农用化学品（农药、化肥等）。在集约化的农业体系中，作物吸走的大量养分，要靠施肥补充。然而，最近 10 年间人们越来越清楚地了解到，“绿色革命”对发展中国家小农户的冲击不大。由于资源缺乏和市场提供的生产资料的价格越来越高，所以人们一直把注意力集中在分析并随后改进低投入的耕作制度，以及更有效地利用有限的资源方面。鉴于这些因素，人们提出了解决植物营养的一体化方法概念。这种概念是，把植物养分的一切来源和作物生产的各种因素汇合成一种能增进土壤肥力、增加产量和效益的耕作制度。这种解决植物营养的一体化方法，既包括尽可能提高现有化肥的利用效

率，又包括最大限度地利用有机肥、磷灰岩及生物固氮作用之类的替代养分来源。

核技术在土壤学和提高作物产量方面的应用： 历史回顾

联合国粮食与农业组织 / 国际原子能机构 (FAO / IAEA) 核技术联合处在 1964 年成立以来，在位于塞伯斯多夫的 IAEA 农业实验室的合作下，一直在促进核技术的研究、发展和转让，以帮助一些国家为作物和家畜生产创造更好的条件。在土壤学和提高作物产量方面的研究，是通过由 FAO / IAEA 联合处和土壤肥力、灌溉和作物生产科组织实施的协调研究计划和技术合作项目进行的。同位素被用作示踪剂，例如用于测定植物和土壤中养分（尤其是来自肥料的那些养分）的数量及其转移情况。使用中子湿度计和 γ 密度探针之类仪器设备的辐射技术，使得人们有可能可靠而非破坏性地跟踪土壤剖面的墒情和测量其松密度的变化情况，这是一种省时省力又省钱的技术。

利用同位素研究肥料利用效率

在大多数耕地上，肥足才能高产，这是人所共知的。定期施肥对保持和增加土壤肥力，达到高产目的，是必不可少的。谷类植物增加的产量中，约

Zapata 先生是 IAEA 塞伯斯多夫实验室土壤学股股长，Hardarson 先生是该股工作人员。



土壤学股备有先进的仪器仪表——例如与稳定同位素比分析仪相连的氮自动分析仪——以提高常规分析服务的样品处理能力，使支助 FAO / IAEA 联合计划的田间项目成为可能。

50%可归功于肥料。在1984—1985年消耗的1.3亿吨化肥中，氮(N)肥占54%，磷(P)肥占26%，钾(K)肥占20%。1985年，发展中国家使用了价值近49.5亿美元的4800万吨化肥，占肥料总消耗量的38%。在1980—1985年期间，发展中国家化肥消耗量每年递增约6%，而发达国家同期的递增率仅为1.8%。为了满足全世界的粮食需求，在今后20年内，N-P-K化肥的使用量必须增加三四倍。世界化肥消耗量预计要增加这么多，表明肥料在供养新增的世界人口方面能起很大的作用。

施放到土壤中的肥料，仅一部分被作物摄取。其余部分或留在土壤中，或通过淋溶、物理冲刷、土壤固结和(或)通过多种化学及微生物过程释入大气而损失掉。因此，必须获取关于不同的施肥实践(如定点施肥法、施肥时间和肥料源)的相对优化值的信息。这些信息定能有助于以最经济的方式达到最高的肥料利用效率，从而降低生产成本。

通过在不同环境条件(土壤和气候)下的田间试验，便可针对选定的耕作制度确定施肥方法(次数与数量、施肥点、时机和肥源)的最佳组合。用于这一目的的传统方法却是间接的，即依据产量的差异来判别施肥方法的好坏。用稳定同位素和放射性同位素标记的肥料进行田间试验的方法，提供了一种直接而快速的方法，可获得应该在何处、何时、以何种方式施肥等这一类问题的结论性答案。20年来， ^{32}P 标记的和 ^{15}N 标记的肥料，一直被广泛用于FAO/IAEA有

关水稻、玉米和小麦的若干个协调研究计划中的此类研究项目。同位素技术涉及给作物施用标记肥料和测定作物中的养分元素有多大的百分率来自肥料。好许多同位素均可买到，并能够在土壤/植物关系及有关的研究工作中用作示踪剂。IAEA塞伯斯多夫实验室土壤学股在实施这些计划中起到了关键作用，它们负责开发同位素技术、提供分析服务和通过培训把这些技术转让给成员国。世界上的许多国家采用了这些改进过的施肥方法，结果每年节约了价值数亿美元的肥料。

同位素技术还是一种能获得根系方面信息的快速可靠手段，如活跃根系的分布情况，吸收根系最密区域的位置，以及这些根系随季节的变化情况。因此，在靠近根系活动最旺盛区域和在根系最活跃的时间定点施肥，对乔木作物种植园合理施肥措施的规范化，具有直接的意义。该股开发了往土壤中注入 ^{32}P 标记的磷酸盐溶液的技术，并将这种技术用于测定对发展中国家具有重要经济意义的各种乔木作物的根系分布情况。塞伯斯多夫实验室拟定了注入技术和取样技术的实验细节，目的是为了减少实验的差错。塞伯斯多夫实验室通过制备和运送数以千计的装有 ^{32}P 标记溶液的安瓿，进一步支助了此类计划的实施。

利用辐射技术研究水资源管理

除了矿质养分供应方面的限制外，水是国际上许



在恢复和保持土壤肥力的固氮乔木管理协调研究计划方面，土壤学股负责进行支持性研究和进修金培训。

多地区制约农业生产的主要因素之一。因此，开发适宜于干旱地区耕作条件下更好地利用雨水的管理方法，或改进水浇地的用水效率，是十分重要的。在这一方面，使用中子湿度计和 γ 密度探针之类仪器设备的辐射技术，已被用于开发适用于干旱和半干旱环境的新管水方法。

研究水肥在半干旱地区灌溉和旱作农业条件下的利用效率，是为了确定在管理方面应采取何种措施才能使作物最佳地利用商业肥料和灌溉水之类的高价物资。

研究代用养分源的技术

无机肥料或多或少可用当地可买到的或比较便宜的其他养分源代替。然而，只有某些植物，例如豆科植物和别的一二个与相应的微生物共生的属科，才能够直接利用大气氮。这一过程被称为生物固氮(BNF)。通过对固氮体系的妥善管理，使大气氮对土壤和植物中的含氮量作出贡献，这是农业生态体系中能够补充化肥氮的最有希望的替代办法。

最近 10 年间，FAO/IAEA 的几项研究计划均集中在测量和增强天然的生物固氮过程，尤其是在不同体系中的共生式豆科植物固氮能力方面。再者，目前的一些研究计划特别重视用一体化方法提高食用豆类的产量和改进其固氮能力。

测量在田间条件下的固氮量，是任何一项旨在尽

量提高 BNF 的计划中的基本要求。在现有的许多方法中， ^{15}N 同位素技术是定量地和总体地给出固定了多少氮的最可靠方法，这对于天然体系和农业体系来说都适用。这是使人们得以区别土壤、肥料和大气氮对豆科植物植株中总氮量的相对贡献的唯一方法。这种方法目前已被全世界公认为能够获得 BNF 给作物生长究竟带来多少好处的最切实可行的手段。

对田间生长豆类的生物固氮总量进行定量的 ^{15}N 法，主要是由塞伯斯多夫的农业实验室开发的，此后转用于其他的固氮体系，例如牧草和乔木豆类、辐状根乔木以及满江红属。

同样，在许多国家中，磷灰岩是磷的重要潜在来源。如果当地有磷灰岩矿，那么直接施用磨得很细的磷灰岩，也许是热带给生长在酸性土壤中的作物提供磷的最廉价方法。塞伯斯多夫的农业实验室为评价当地磷灰岩对植物的适用性，开发了 ^{32}P 同位素技术。这些是 FAO/IAEA 计划通常使用的技术，以便从农学角度估价天然磷灰岩物质与 FAO 肥料计划中某些项目的关系。目前，研究工作集中在测量固氮乔木从磷灰岩摄取磷方面的基因型差异，旨在尽量提高固氮能力和增加土壤肥力。

IAEA 塞伯斯多夫实验室的支助

机构塞伯斯多夫实验室土壤学股为协调研究计划(CRP)和田间技术合作项目提供了非常宝贵的研

**1990年 FAO / IAEA
稳定同位素应用国际学术会议**

1990年10月, IAEA和FAO将联合举办一次大型科学会议——稳定同位素在植物营养、土壤肥力和环境研究方面的应用国际学术会议。稳定同位素的早期应用是在地质科学方面。在过去几年中, 仪器仪表方面的新进展和各种稳定同位素应用方面的开创性研究成果, 已导致稳定同位素在生命科学、农业和环境研究方面获得广泛的应用。

此次国际学术会议目前正在筹备中, 目的是为了促进这些领域的科技情报和主要成果的交流。预计会议参加者将帮助确定新的研究领域、潜在的用途以及用于开发和转让这类技术的方式方法, 最终目标是开发可持续发展的、对环境无害的农业。

该国际学术会议定于1990年10月1—5日在奥地利维也纳举行。详细资料可写信向FAO/IAEA联合处土壤肥力、灌溉和作物生产科索取。

究与发展方面的支助, 这些计划和项目是由IAEA/FAO联合处土壤肥力、灌溉和作物生产科进行协调的。自联合处的这项计划在1964年开创以来, 土壤学股在开发和转让土壤学和提高作物产量方面的核技术中起到了关键作用。

当前的支持性研究。土壤学股正在进行的研究涉及广泛的课题, 这些课题一般可分为两大类:

- 第一大类关系到通过生物固氮作用恢复土壤肥力, 以此作为提高作物产量的一种手段。为支持有关固氮乔木管理的CRP而在恢复和保持土壤肥力方面进行的研究活动包括: 乔木类中根瘤形成和固氮作用的遗传性变异; 选择用于乔木类的有效微生物(根瘤菌/弗兰克氏菌)和接种技术; 测量乔木固氮能力的同位素方法学研究; 环境因素(土壤和气候)对乔木类中根瘤形成和固氮作用的影响; 管理措施对乔木类固氮作用的影响; 选择能使热带豆科乔木有效地固氮的根瘤菌菌株; 以及豆科乔木根围处根瘤菌菌株的移动。

目前, 支持有关食用豆类生物固氮作用的CRP和技术合作项目的研究, 正在继续进行。这方面的研究工作, 主要涉及进一步发展能在田间和温室条件下对生物固氮能力进行定量分析的 ^{15}N 方法, 以及进行实用豆类根围处根瘤菌(根瘤产生的细菌)的生态研

究。从下面的一些课题可以看出农业实验室正在开展的工作的类型: 应用各种 ^{15}N 同位素方法定量分析固氮作用; 接种方法对根围处根瘤菌的移动、根瘤形成和大豆、菜豆及乔木豆类固氮作用的影响; 食用豆类固氮作用的时间过程; 以及环境因素(如干旱、含盐度和酸度)对食用豆类固氮作用的影响。

- 第二大类主要致力于提高盐化、酸性和其他有害土壤的作物产量。为支持这方面的两项CRP而进行的研究活动: (1) 利用核技术改善盐渍土壤的作物生产; 以及(2) 提高和稳定热带及亚热带含低磷酸盐的半干旱和半湿土壤的作物产量。

支持性研究集中于找出能在低投入技术条件下高效利用资源的植物基因型, 例如: 对适宜于某些有害土壤条件(盐化或酸性等)的植物基因型, 或能高效地摄取和利用水和养分的植物基因进行初步筛选和田间试验; 以及根生物学和高效利用土壤资源(水和养分)。目前正在应用同位素方法研究植物对资源的摄取情况(根部参量)和利用情况(生理学参量)。

所有这些研究项目, 不仅对可持续发展的农业, 而且在恢复和保持土壤肥力以提高产量方面, 都有重要的意义。

今后的研究方向

今后的计划将继续着重把核技术应用于开发可持续发展的农业。1988年12月, 一次顾问会议讨论如何将分子生物学/现代生物工艺学方面的技术应用于机构土壤科当前和今后计划的问题。顾问们提出了这一领域中应着手进行的工作, 并指出该科在开发脱氧核糖核酸(DNA)探针工作中主要是微生物生态学方面有可能作出特殊的、十分重要的贡献, 应把此项工作看作发展中国家当前在乔木和食用豆类固氮作用管理方面的生机勃勃计划的有效延伸。

同样, FAO/IAEA联合计划审查组的成员们(1988年11月28日到12月2日)建议, 应当更加重视水资源的高效利用, 重视保护与改善水质的方法。在许多发展中国家中, 粮食生产在很大程度上受到水的利用效率不高和(或)管理不善, 以及水质未能得到充分保护的限制。被农业和土壤沉淀物污染的水对农场以外的渔业和野生动物的影响, 是值得关心的重要问题。许多港湾、湖泊和大陆架正在被人们糟塌得不象样子, 无法进行生产。这种情况会给经济和公众健康带来严重的恶果。

培训活动

塞伯斯多夫的土壤学股在从事支持性研究的同时，还以培训班和进修金方式提供有关核技术在土壤学和提高作物产量方面应用的培训。该股在土壤学方面的培训工作中之所以能起主导作用，是因为该实验室有过去的研究发展工作基础。

● **培训班。**自 1978 年以来，年年在塞伯斯多夫实验室举办同位素和辐射技术在土壤/植物关系研究方面应用的跨区域培训班。此外，在 1985 年和 1986 年还举办过两期有关生物固氮的专业培训班。每期培训班通常为时 4 到 8 周，约有 20 名学员参加。有关使用稳定同位素和放射性及辐射技术的高级培训班，是向发展中国家正在土壤学的几个方面（即土壤肥力、植物营养、生物固氮以及水利用效率和灌溉管理实践）从事研究工作的科学家提供的。1988 年以根系研究和如何应用核技术及相关技术研究根系为主题的塞伯斯多夫培训班，是一项重要的新进展。

塞伯斯多夫的土壤学股正在以其拥有的技术人才和资源支助区域培训班、一国培训班以及其他培训活动。它对其他培训中心的人员进行培训，制定此类培训班的教学大纲，供应教材及提供诸如手册、小册子和录相片一类的培训资料。

● **进修金培训。**土壤学股还积极从事进修金培训，把它看作向发展中国家转让其科研成果的一种有

有关在土壤/植物关系研究中
应用核技术的培训手册

目前，IAEA 正在编写一本培训手册，其内容涉及核技术在土壤肥力和植物营养研究中应用核技术的各个方面。这本综合性手册将替换和更新早期的手册（1964 年，1976 年），它汇集了目前所掌握的 FAO/IAEA 联合计划中有关这些课题的专门知识。

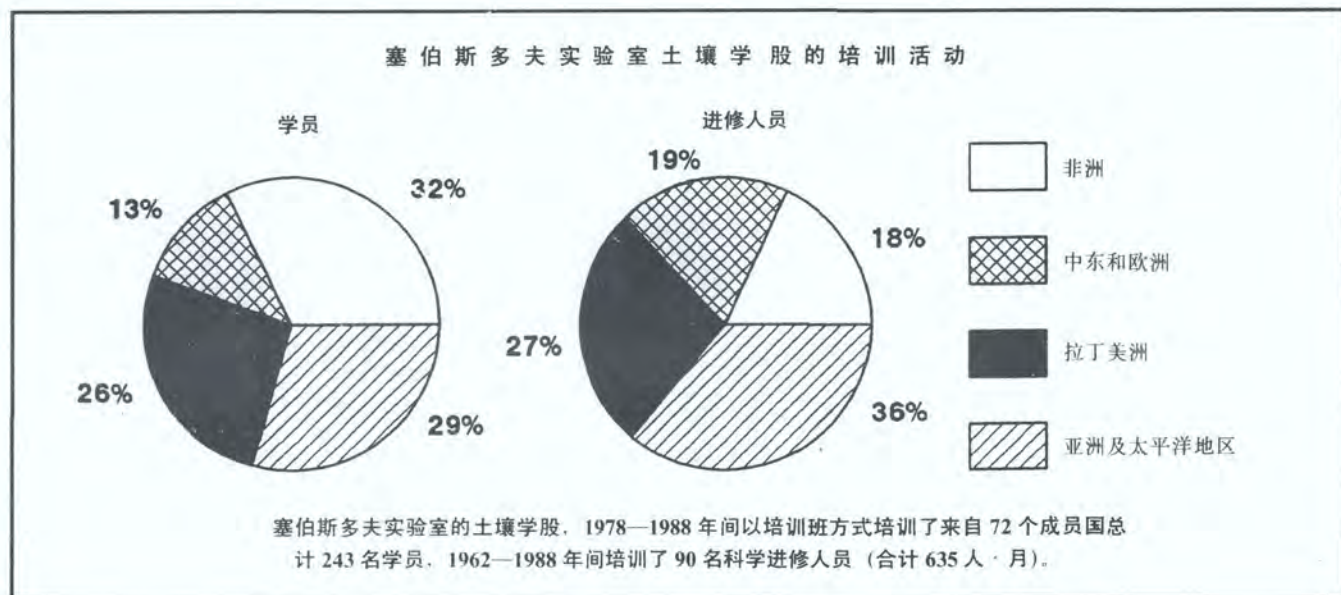
该手册的大标题如下：

- 稳定同位素和放射性同位素；
- ¹⁵N 测定方法；
- 同位素技术在土壤肥力和植物营养研究中的应用；
- 应用 ¹⁵N 方法评估生物固氮能力；
- 光合作用与作物产量；
- 中子湿度计和 γ 密度计在土壤墒情研究中的应用。

编写本手册的目的是帮助发展中国家的年轻科学家应用核技术来改善植物营养，从而提高本国的粮食产量。详细资料可向 FAO/IAEA 联合处土壤肥力、灌溉和作物生产科或设在 IAEA 塞伯斯多夫实验室的土壤学股（A-2444 Seibersdorf, Austria）索取。

效方式。每年近 10 名 IAEA 进修人员（合计近 55 个人·月）受到培训，为期 3 至 12 个月不等。

进修人员有两类：一类是从事分析工作的进修人员，对他们进行为期 2—4 个月的短期培训，学习能



在土壤/植物研究中应用的同位素分析技术。这种形式的培训包括上技术辅导课和实际动手的练习,尤其注意传授与技术合作项目名下进行的研究有关的专门技术,即利用发射光谱技术的 ^{15}N 分析技术。只要有可能,每年安排一二期集体培训,每期培训2—4名这类进修人员。另一类是从事研究工作的进修人员,对他们进行为期6—12个月的培训,从事该股研究计划内的一个专题的研究。进修人员接受实验方案和应用同位素及相关技术的指导,这些技术都是同他或她回到自己国家后将要从事的某个特定研究领域有关的。期望该进修人员能完成该项研究工作并写出一篇研究论文。这种形式的进修金为这一类进修人员提供了一个应用核技术解决某个研究问题的机会。

此外,土壤学股还接待由IAEA资助的科学访问学者,每位学者要在IAEA的这个实验室逗留1—2周,了解土壤学方面特定研究课题的最新进展。进修科学家也有机会作为免费实习生获得在职培训。

支助性服务

为支助由FAO/IAEA联合处的协调研究计划建立起来的国际的(或)区域的网络,土壤学股经常给100多个参加不同计划的研究合同持有者提供植物、土壤和水肥样品的分析服务。去年,该股在这方

面进行了近15000次同位素及与同位素有关的分析。另外,执行试验计划所需的 ^{15}N 标记肥料,也是由该股称量后分发给这些CRP计划的参加者的。

该股还给接受IAEA技术援助和缺少相应分析设备的发展中成员国的实验室,提供必要的分析支助。

该股在开发新的同位素测量技术/设备和改进那些已用于常规目的的同位素测量技术/设备方面起主导作用。这些研究成果目前正在IAEA的技术援助项目中使用。例如,该股已为制备利用发射光谱技术的 ^{15}N 分析技术用的样品,设计和装配了一些金属真空系统,并向成员国的有关技术合作项目供应这种系统。

科技情报的传播

在土壤学股的支持下,土壤肥力、灌溉和作物生产科积极出版来自协调研究计划的重要科研成果,以及来自技术援助项目的具有实用意义的成果。

此外,还经常在科学杂志上发表由土壤学股开展的支持性研究的主要成果。每年在评论性杂志上发表约10—15篇科学论文。

该股还积极参与培训手册和专业录相片一类培训材料的编写和制作。

