



## 原子能机构的土壤研究

在过去几十年中，原子能机构一直在鼓励研究和发展的核的、同位素的和有关的各种技术，以便帮助一些国家为作物的栽培和生产创造更好的条件。许多工作是通过由原子能机构 (IAEA) 和粮农组织 (FAO) 联合处土壤肥力、灌溉和作物生产科组织的协调研究计划，和设在奥地利塞伯斯多夫的 IAEA 农业实验室合作下完成的。

以探测和跟踪普通元素 (例如氮和磷) 的稳定同位素和放射性同位素的存在和移动情况为基础的技术，极为灵敏，现已用于测定土壤和植物中的营养物质 (特别是来自肥料的营养物) 的数量和移动情况。例如，若干研究计划利用稳定同位素氮-15 作为示踪剂，致力于寻找给各种不同作物施用氮肥的最有效方法。这些研究结果已被世界上许多国家采用，从而每年可节约价值数百万美元的氮肥。一个有实际意义的重要贡献，是开发出了能测量植物在野外条件下的实际固氮量的研究技术。现已被全世界广泛采用的这种氮-15 同位素技术，可以帮助农学家鉴别能在当地农业条件下获得最大效益的耕种方法、作物套种方法以及经营管理方法。

有关农艺学方面这类课题和其它课题的活动与研

究工作的具体技术资料，可以通过原子能机构出版物获得。(订购办法见《最新出版物》栏。) 这些出版物是：

- 《土壤物理学和灌溉研究方面的同位素和辐射技术》，这是 1983 年 4 月由 IAEA 和 FAO 联合组织的在法国召开的专题讨论会的会议录。

- 《改进牧草管理中的核技术》，这是 1980 年由 FAO / IAEA 联合处组织的在维也纳召开的咨询组会议的会议录。

# 多年生作物的固氮研究

### 科学家正在研究树木在恢复和保持土壤肥力方面的作用

Glynn D. Bowen 和 Seth K. A. Danso

在许多热带国家中，粮食产量的增加比人口增长的速度慢。例如，在下撒哈拉非洲，41个国家中有35个国家的人口增长率超过了粮食产量的增长率。大部分热带土壤是贫瘠的，或脆性的，需要加以妥善治理才能增加粮食产量。这些地区的主要耕作制度以耕作和灌木休耕交替为基础，一般种上3—5年后休耕4—10年，让土壤恢复肥力。多年生树木在这个过程中起着重要作用，具有固定大气氮能力的那些树木，更为有用，它们能在氮（植物的一种重要营养元素）不足的土壤中快速生长，加速了这种恢复过程。

由于人口和粮食需求日益增加，常常采用集约耕作，导致轮换期缩短。结果大大地降低了土壤肥力和增加了潮湿和半干旱地区的水土流失，造成瘠薄土地也被耕作的现象。因此，多数小农场的作物产量，有时开垦一二年之后就降低至70—80%。在较干燥地区，过度放牧和树木采伐，已成为减产、水土流失和沙漠化（600万公顷每年）的主要因素。除非找到适宜的补救措施，这种情况大概会愈演愈烈。象大多数发达国家中所做的那样，施肥可以恢复土壤肥力，但这种方法常常费用太大，热带地区的大多数农民不采用。此外，65%的热带土壤是脆性的，因此在集约耕作条件下很快变坏。

在发展中国家中，薪材提供了约45%的一次能源；在农村地区这个百分数很可能要加倍。滥砍滥伐引起的另一个问题是薪材日益短缺。薪材是一个重要问题，在一些国家中，收集薪材要消耗妇女和儿童白天的40%。据估计，在非洲一些城市中，家庭

收入的半数花费在木炭上；现有5500万人生活在薪材不足的危机中；到2000年，这个数目可能要增加到5.5亿（预计该地区那时的人口为7.6亿）。世界银行已经提出，到2000年，将有30亿人生活在薪材奇缺或者必须从它处获得薪材的地区。

#### 农田林网及其效益

将树木包括在内的耕作制度，能够提供一种使粮食、薪材和纤维生产统筹兼顾的生态结构。由于树木

某个非洲国家的妇女正在收集烧柴。



Bowen 先生是同位素和辐射应用于粮食和农业发展的 FAO / IAEA 联合处的土壤肥力、灌溉和作物生产科科长  
Danso 先生是该科的技术官员。



在非洲，森林被滥伐后公用土地正在衰败的景象。

是多年生的，有蔓延的根系，生物量常常较高，它们比其它植物体系的优点更多：不需要年年栽种，一次种好后，可以一年到头在保护土壤方面起作用。它们能从深土层将大多数浅根粮食作物无法吸取的养分返回至地面。它们还提供有机物质，并可利用它们稳定脆性土壤。具有固氮能力的树木特别重要，因为它们能生长在缺氮有时并缺磷的土壤中，它们也能给土壤提供大量的氮。

### 以豆科植物为主的草场

沙漠化现正威胁着约五分之一的世界陆地，它主要发生在牧场和放牧地区。许多从事培养优良种畜的科学家已逐渐地认识到，尽管热带家畜的适当管理和保健很重要，但在土壤贫瘠地区牧草的产量不高，极大地限制了家畜的发展。由于更多的谷物要用于满足人类直接消费，因而提高牧草生产率和营养品质变得更重要了。热带地区酸性不肥沃土壤较多，它们约占热带美洲陆地总面积一半多，约 8.5 亿公顷\*。选择适宜的植物并搞好管理，已证明在这类土壤中能够长出茂盛的牧草，从而可腾出高产地区用于生产粮食。饲料豆科植物特别适宜于这种瘠薄土壤，因为它们中许多都能将大气中丰富的氮部分地转化为肥料，供其自

身生长之用。因而它们就能在缺氮的土壤中生长。仅在新西兰，估计草场中的三叶草每年固定的氮超过 100 万吨，相当于 10 亿多美元的尿素肥料\*。事实表明，如果让牧草豆科植物感染上菌根真菌，它们就能在缺磷的土壤中生长。因此，豆科植物—青草混合的草场，能够在不肥沃的土地上提供较高的生物量，同时它们本身具有较高的营养价值。由于它们是多年生的，能够密集生长，它们也能防止水土和营养流失，它们还提供大量有机物和氮，使土壤肥力提高。

### 原子能机构在此领域内的工作

原子能机构认识到这个问题的重要性，已积极地参与固氮牧草豆料植物的研究，并准备对树木进行类似的研究。这些计划是属于原子能机构和粮农组织 (FAO) 联合处土壤肥力、灌溉和作物生产科的，而且正在原子能机构设在奥地利塞伯斯多夫的农业实验室的配合下实施。研究工作包括在塞伯斯多夫进行的工作和在机构发展中成员国和工业化成员国的 21 个实验室中进行的工作。这项牧草计划的直接目的，是开发测量这些多年生作物固氮量的合适方法，找出使

\* 见 "Tropical pasture research in acid infertile soils of Latin America: Present status and needs for the future", by P. A. Sanchez in *Pasture production in acid soils of the tropics*, edited by P. A. Sanchez and L. E. Tergas, seminar proceedings, CIAT, Cali, Colombia (17-21 April 1978).

\* 见 "The effect of invertebrates on nitrogen-2 fixation", report by K. W. Steel, R. N. Watson, and P. M. Bonish at the First Research Co-ordination Meeting, FAO/IAEA Co-ordinated Research Programme on the Use of Nuclear Techniques in Pasture Management, Vienna (14-18 November 1983).



细直木麻黄是在澳大利亚年降雨量 200 毫米的低氮低磷土壤中的优势植物。

固氮作用最大的管理方法，以及开发能持续高产的豆科植物 - 青草的牧草系。

主要在塞伯斯多夫开发的氮-15 同位素技术，已成功地用于测量多年生牧草的固氮量。<sup>\*</sup> 迄今为止获得的结果表明，有几种牧草能靠固定的大气氮满足其氮需求的 80% 以上，因而是土壤缺氮地区最合适的植物（见附表）。因此，需要做的主要工作看来是经营管理或育种方法，这些方法将提高生物量产额，从而增加固氮量。现正在研究的管理问题有，无机氮的

效应、土壤含磷量、菌根感染、根瘤菌接种，以及在混合的牧草系中物种的相容性。希望今后能解决育种方面的问题。

对于树木，原子能机构于 1986 年 11 月 22 - 28 日召开了一次咨询组会议，与会者有原子能机构、粮

木麻黄是一种能固氮的树，正被塞内加尔用于稳定海岸的沙土。



<sup>\*</sup> 关于塞伯斯多夫实验室工作的一份报告，见“Enhancing biological nitrogen fixation”，by S.K.A. Danso and D.L. Eskew. *IAEA Bulletin*, Vol.26, No.2 (1984)。

牧草豆科植物固氮量

	年	固氮百分数	
		范围	平均
奥地利	1983 - 1984	71 - 98	88
美国	1983	72 - 86	80
希腊	1984	52 - 93	81
哥伦比亚	1985	48 - 89	68
苏丹	1984	77 - 90	84
冰岛	1985	94 - 97	96
新西兰	1984 - 1985	71 - 90	84
	平均	48 - 98	83

粮农组织 / 原子能机构有一项利用核技术改善牧草管理的协调研究计划，本表列出了该计划各参加国测得的牧草豆科植物固氮量的范围和平均值。

农组织 (FAO) 和瑞典国际开发署 (SIDA) 的工作人员, 以及来自 7 个国家的 11 位特邀科学家。小组确定了在恢复和保持土壤肥力方面使树木的作用最大所必需的一些最重要问题, 并确定了在农业 / 畜牧系中同位素、核和相关技术在研究树木管理方面所能起的作用。讨论了有关树木氮营养的许多重要课题, 包括: 哪些树木能固氮? 在细菌的特别要求方面了解了哪些? 怎样才能测定固氮量 (对这个课题的研究工作起决定作用的因素)? 哪些环境因素影响固氮作用和影响落叶返回土壤?

这次会议极力推荐把树木, 特别是有固氮作用的树木, 作为稳定的农田林网系和半干旱地区林牧系的组成部分。这些树木在湿热带区小径耕种系 (几排树与几排粮食作物间作) 中的作用早已得到证明。会议一致认为, 同位素和核技术 (其中许多是由原子能机构开发的) 在探索管理农田林网系中的树木的最优方法, 以及探索为了恢复土壤肥力和保持土壤资源如何使固氮作用和树木生长达到最大的最优方法方面, 都起着独特的和重要的作用。

### 提高稻米产量的核研究活动

几个世纪以来, 亚洲许多种稻的农民都知道, 水生的蕨类植物“红萍 (Azolla)” 是这些地区的水田作物的一种天然有机肥料。今天, 作为努力提高谷物产量的一个侧面, 科学家们正在研究更广泛的使用红萍的各种途径, 使之适用于生长在不同环境和不同农业条件下的更多的水稻品种。稻米是世界三分之二人口食用的主要粮食。

原子能机构 (IAEA)、粮农组织 (FAO) 和瑞典国际开发署 (SIDA) 正在通过一项协调研究计划共同支助这一领域的研究工作, 该协调研究计划现已进入第三个年头。研究重点之一是生物固氮体系, 特别是红萍与蓝绿藻 (氰基细菌) 的共栖体系。虽然大气中含有取之不尽的氮资源, 但三键合的双原子氮分子不能被动植物吸收利用。然而, 某些细菌和氰基细菌可以产生固氮酶, 它们能把氮分子还原成能用于合成蛋白质的氨。在红萍之类的蕨类植物中, 叶孔中存在着起固氮作用的氰基细菌太湖念珠 (*Anabaena azollae*)。如果在稻田中种上这种蕨类植物, 在一个月的时间内, 每公顷稻田积累的氮可达 30—60 公斤, 将这些植物有效地混入土壤后, 已观察到每公顷的稻谷产量最多增加 1.5 吨。因为通常每公顷稻田施用的化学氮肥为 60—100 公斤, 而红

萍的氮对稻谷的效力又与尿素相当, 因此, 很明显, 红萍存在着很大的潜力。

由于“绿色革命”通过遗传改性得到的稻谷新品种需要更多的氮肥, 因此, 这方面的研究显得格外重要。今天, 额外所需的氮肥都靠化肥提供, 但是化学氮肥很贵, 许多贫穷的农民买不起。FAO/IAEA/SIDA 计划的目的在于: 确定固氮作用能产生多少氮, 评价水稻吸收这种氮的效率, 以及制定管好红萍使之提高稻谷产量的办法。通过采用氮-15 作为示踪剂的技术, 已经证实红萍积聚的氮 80% 以上是由固氮作用提供的, 而蕨类植物并不明显地与水稻争夺养分。

鉴于红萍的潜力, 科学家们正在研究使蕨类植物遗传改性的各种方法, 以扩大其应用范围。但是, 把蕨类植物推广到更多的水稻种植区的工作受到了某些限制, 原因在于它对某些环境条件比较敏感, 其中包括通常用于除去稻田中的杂草的除草剂的应用。为了诱发所希望的突变以及增强红萍的遗传变异性, 原子能机构塞伯斯多夫实验室的科学家们已经做出了采用离子辐射的初次尝试。科学家们还正在开发具有经济意义的筛选方法, 作为促使红萍成为水稻的生物肥料而正在采取的措施之一。