

農業科技情報

增刊 九

(土壤肥力与植物营养研究进展专辑)

西南农业大学科研处情报室

一九八七年十一月

前 言

1986年8月在西德汉堡召开的第13届国际土壤学会，共有82个国家和地区1500多位土壤农化学者参加，是一次空前的盛会。

会议论文共有902篇，分别在十个专业委员会上报告和交流，反映了国际土壤农化各个领域的最新进展。其中土壤肥力与植物营养专业委员会共有论文194篇，是论文最多、最活跃的分支学科。为此，邀请我校土化系部分教师和博士、硕士研究生及科技情报室的同志共同翻译和编辑这部分论文，按分类编排，供土壤农化界教学、科研参考。为了解会议概况，特将我参加会议情况与体会写成“土壤农化科学研究进展”一文，并翻译了土壤肥力与植物营养及土壤化学两个专业委员会主席宣读的论文，对这一分支学科作了概括介绍。

在翻译校阅中，土壤科学界的老前辈——侯光炯教授还亲自审校了部份译文；张家骥副教授为部份译文进行了详细校阅。本译丛最后由农化教研组主任张礼忠副教授进行通阅审校；情报室副主任宋华屏同志为本辑的编出做了大量工作，本专辑特请聂素华同志为责任编辑，由于同志们共同努力，译丛在短期内得以完成。但因时间仓促，水平有限，难免有不妥之处，恳请读者提出宝贵意见，谢谢。

西南农业大学土壤农化系农业化学研究室 毛知耘

1987年5月

稻桩及肥料处理对小麦产量的影响

(Peter E. Bacon etc. Field Crops Research 10:3)

彼得培根于1979~1983年在澳大利亚进行了一系列四个因子的试验,采用Genstat的变量分析及复回归法来处理数据。本研究是想利用稻桩及氮肥的不同处理措施对水稻收后即种小麦产量的影响。目的在于制定以水稻为基础的轮作制制定成功地种植小麦的一套管理措施。研究结果表明,稻桩处理方法,氮肥的施用数量和施肥时间对决定小麦产量起了主导作用,分别占小麦产量变化的50%、31%和43%。而以稻桩处理方法对产量的影响最大,占产量变数的50%。小麦种子直接播入稻桩内所获得的平均产量最高(2.4吨/公顷),年份之间的差异最小(标准差=0.4吨/公顷)。稻桩延迟埋复后播种的小麦产量为1.9吨/公顷,并年份之间差异较大(标准差=0.94吨/公顷)。稻桩烧毁再耕地则减产1.6吨/公顷。在小麦播种前6~12周将稻桩埋入土壤中的处理,产量2吨/公顷比播前埋入的1.6吨/公顷要高。

另外,播种时稻桩刚埋入土壤中的处理,小麦产量随水稻的氮肥的增施量(0~167吨/公顷)而下降。但稻桩烧毁或留在地表的处理,小麦产量则随水稻的氮肥的施用量而增加。

小麦施氮肥常使产量成倍增加,主要是增加了每穗的粒数和千粒重。另外,也增加了每平方米的总穗数。施氮肥延迟,小麦分蘖,一般情况下小麦都增产。在小麦播种或分蘖时施氮肥达140公斤/公顷,小麦的产量就明显增加,施氮肥延续到拔节期,每公顷施氮70公斤,而小麦每穗籽粒产量就增加。本研究所得出的结论是:小麦种子直接播入稻桩内及施氮肥延续到分蘖期时,水稻收后所种的小麦产量最高。(聂素华摘译)。

目 录

综 述

土壤农化科学研究进展.....	(1)
土壤与世界粮食生产.....	(8)
土壤中必需的有害的重金属及其生态关系.....	(17)

土 壤 肥 力 与 植 物 营 养

土壤肥力与植物营养.....	(25)
氮肥.....	(40)
磷肥.....	(57)
钾肥.....	(70)
硫镁肥和石灰肥.....	(77)
微量元素肥料.....	(83)
有机肥.....	(93)
作物施肥.....	(101)
技术和方法.....	(109)
施肥与环境.....	(115)
其它.....	(118)

土壤农化科学研究进展

——参加第十三届国际土壤学会的概况与体会

毛知耘

一、会议简况

1986年8月我参加了在西德汉堡召开的十三届国际土壤学会。这次会议有来自82个国家和地区土壤学家1500多人,研究生、留学生等200多人。论文906篇,每篇为1000个词中篇摘要,印成四册。其中我国提供的论文49篇。正式会议自8月13—20日举行,会前和会后组织了到中、北欧地区13条路线的土壤考察,我选择了沿阿尔卑斯山的C线考察,了解瑞士、奥地利的土地利用与培肥,以期对西南山地和丘陵土壤农化工作有所借鉴。同时还参观了西德波恩大学土壤和植物营养研究所等单位,了解其教育、科研情况。

出席这次会议的中国代表团有31人,加上在西德的我国土壤工作者和留学生14人,共45人。这是我国参加国际土壤学会人数最多的一次。文革前我国参加过六、七、八届国际土壤学会,但每次仅有几个人。1982年在印度召开的十二届国际学会,我国代表团有14人参加。这次的31人中,华东12人,中南7人,华北5人,西南1人(加上2名留学生共3名)。我国代表均被安排在分组会上发言或墙报展出。中国土壤学会专为这次会议编辑出版了“中国土壤研究新进展”一书,共有论文81篇。这对扩大我国土壤科学在国际上的影响起了一定作用,而更重要的是加强了会上会下的广泛交流,使我们了解到国际上土壤学发展动向,这对振兴四川及我国土壤科学大有好处。会议决定下届(14届)国际土壤学会于1990年8月在日本召开,会后分别在日本及我国进行土壤考察。下面就中欧几个国家的土地利用情况,国际土壤科学发展动向、主要分支学科的进展,加强四川及我国土壤学研究的建议等方面谈谈个人体会。

二、土壤与植物营养各分支学科的进展

这次大会共分7个专业委员会——土壤物理、土壤化学、土壤生物、土壤肥力与植物营养、土壤发生分类与制图、土壤耕作技术、土壤矿物。3个专业分委员会——盐碱土、微形态、土壤保持与环境。还有14个属于专业工作组——土壤肥力测试、土壤信息系统、荒漠化研

究、森林土壤、土壤分类国际参比库、古土壤学、遥感在土壤调查中的应用、土地评价、土壤胶体表面、土壤工程性质、酸性硫酸盐土、土壤史、哲学和社会学、田间土壤水分变异。这次大会的主题是讨论如何使土壤满足人类对它日益多样化与集约化的要求,这也是Hartge教授在开幕式上的报告题目。其余论文分别在专业委员会或专业组宣读,或以墙报形式展出。现就各专业委员会论文所反映的进展情况简介于下。

(一)土壤发生分类及制图

共有论文172篇,中国有9篇。其发展趋势有以下几个方面:(1)土壤分类向定量化、标准化发展,但仍然是以土壤剖面形态为基本依据来划分的。这主要是以美国的土壤系统分类制为代表,世界上有三十多个国家采用美国的分类制。会后我们在瑞士、奥地利进行的土壤考察基本上是美国方法,苏联及东欧国家未参加考察。(2)以长期定位试验方法——排水采集器、水热平衡装置等来研究土壤发生性质。同时把历史研究与现代测试结合起来考察。(3)土壤遥感、土壤信息、电子计算机等先进手段已广泛应用于研究土壤的发生和分类。(4)注重区域性或国际性土壤图的编制。如苏联编制了亚洲、欧洲土壤图,联合国粮农组织编出了世界土壤图等。(5)土地资源评价普遍采用数学方法、电子计算机等技术。人工土壤研究较为普遍,有的已确认人为诊断层的诊断价值,但不少国家仍将水稻土作为淹水土壤看待。(6)山地土壤为许多国家所重视,有的文章从垂直高度——植物群落——土壤类型之间的关系,有的从环境——土壤——植物——动物的关系对山地土壤的分布规律与发生性质进行研究。

(二)土壤物理

共有论文107篇,中国4篇,以美国、西德、荷兰、日本较多,其发展反映在下列三个方面:(1)土壤物理研究内容有向数学模式(如土壤水分模型)、理论指导、电子计算机及中子测水等方面发展的趋势。(2)不少论文认为土壤物理应从“纯理论”研究转到与实践相结合,认为土壤物理数据的实际测定比数学公式推导和模式所获得参数更为重要,如主张对土壤水分有效性要更多研究。(3)当前土壤物理研究仍然是以水分、结构为中心进行的,特别注重根际土壤的物理性质与植物根系生长的关系、土壤耕作的物理性质等方面。土壤热量方面论文不多。

(三)土壤化学

共有论文183篇,中国7篇。(1)主要内容有重金属元素、有毒物质污染及废弃物利用研究,土壤酸化及酸雨对森林的影响,土壤铁铝氧化物,土壤化学机理等方面。(2)从发展趋势看,土壤化学更多的结合实际进行研究,如环境污染、酸雨、土壤酸化、土壤生态等方面。(3)土壤化学的基本理论,如土壤胶体表面化学、土壤酸化机理等研究进展不大。

(四) 土壤生物

共有论文73篇, 中国5篇。总的看来国际上比较着重于微生物与有机质分解、营养元素转化和土壤肥力与生物固氮等方面, 有一定进展。同时微生物有向农业化学工程、药剂发展的趋势, 如土壤酶、生长刺激素等提制研究有所发展。在有益微生物接种方面, 除根瘤菌外, 对VA菌根的研究较为注重。微生物的原位研究技术与研究方法也有进展, 但无重大突破。土壤蚯蚓、白蚁及其它动物对土壤性质和肥力影响, 在澳大利亚等国也有报导。

(五) 土壤肥力与植物营养

共有论文194篇, 中国有13篇。总的看来是围绕解决植物与土壤在营养元素的供需矛盾、循环平衡这一中心进行研究的, 其发展趋势: (1) 植物营养元素研究是在植物—动物—人体营养这一体系中进行的, 因而对必需和非必需元素、有益和有害元素结合研究增多了, 同时从单个元素研究发展到更加注重多个营养元素的综合效应, 例如 $N-P-S$ 、 $N-P-Z_n$ 、 $Ca-P-Mg$ 、 $P-Z_n-M$ 等研究受到重视。(2) 肥料的长期定位试验已成为了解土壤肥力变化与合理施肥的基本方法, 土壤肥力变化规律决不是一、二次测定所能推断的, 而需要长期的试验与观察, 然后综合分析才能得到合乎实际的结果。西德、荷兰、日本等国已有30—40年定位试验, 英国洛桑试验站的肥料试验已达到125年, 积累了大量试验数据, 阐明了许多短期试验不能说明的问题。这对了解某种轮作施肥条件下土壤养分的移动和积累、淋失与平衡、肥料组分配比与调节等方面都有十分重要作用。(3) 施肥已由早期的缺啥补啥发展到平衡施肥, 进而推进到施肥模式研究, 企图从土壤肥力和气候因素等方面提出参数, 建立数学模型, 使施肥定量化、模式化、预报化。在这方面澳大利亚、保加利亚等国已有一些研究成果, 但公开报导的资料不多。(4) 在植物营养研究方法上更加重视活体、整体营养功能研究。西德、荷兰、苏联等国提出无损测定根际PH及根分泌物方法, 土壤有效肥力的复合诊断法等都表明整体营养研究的重要性。此外澳大利亚用 ^{14}C 、 ^{15}N 标记有机肥测定其中有机化物的结构位置, 研究其功能变化。(5) 从基因工程角度研究改变植物营养特性以适应不同类型土壤的资料很少, 处于初探阶段。

(六) 土壤(耕作)技术

共有论文46篇, 中国没有提交论文。主要围绕土壤耕作、管理对土壤性质变化影响进行研究。如土壤少耕、免耕、旱地农业耕作, 水分灌溉管理等方面。据统计世界上由于不良耕作与管理导致退化的土壤, 占耕种土壤的15—20%, 因而引起人们的关注。澳大利亚、美国对黑粘土的免耕少耕及水分管理进行了研究, 取得了克服该类土壤肥力减退的实践经验。在这方面我国侯光炯教授提出的自然免(少)耕和半旱式耕作制原理, 及其在改良冬水田方面的突出效果, 居于国际先进水平。

(七) 土壤矿物

共有论文42篇，中国有3篇。主要内容有：不同类型粘土矿物的形成与发生机制，不同土壤粘土矿物组成，氧化铁及针铁矿形成特性，地区性粘土矿物的分布规律等。从发展趋势看，粘土矿物定量研究问题尚未解决，土壤粘土矿物与矿物学的粘土矿物之间也存在不同看法。但近年来通过扫描电镜、X-衍射仪及穆氏堡尔谱仪等方法对土壤粘土矿物特性的研究，对论证土壤发生过程有所帮助。

(八) 盐渍土

共有论文25篇，中国有2篇。主要内容：(1)着重研究土壤盐分运动规律和机理，如不同淋洗方式对土壤钠离子峰运动的影响及效果。(2)将土壤水分和溶质运动的方法原理，用于研究土壤盐分运动的数学模型，从而进行盐分运动预测及机理验证。(3)通过水分管理及化学方法来利用改良盐渍土。除匈牙利、印度外，中国在这方面也有不少经验。(4)有的国家已采用遥感监测盐渍土变化，有的国家着眼于盐渍土的区域或流域治理。

(九) 土壤微形态

共有论文14篇，中国未提交论文。内容有土壤微形态的分类、诊断与应用，土壤根际微形态学研究，土壤生物对微形态的影响等。有的国家运用微形态研究土壤根系形态与养分转化关系。

(十) 土壤保持与环境

共有论文22篇，中国有2篇。主要内容有地区土壤侵蚀特点，土壤侵蚀发展规律，土壤侵蚀季节变化与控制等。运用遥感与数学分析方法对土壤侵蚀研究已在国际上有所推进。土壤保持分委员会将与联合国有关组织联合举行学术活动，推进国际土壤保持工作。

尚有其它方面论文16篇，不一一介绍。

综上所述，各分支学科虽无重大突破，但在某些方面也有相当进展。其发展趋势有以下共同特点：

1. 土壤学科的高度分化与高度综合相结合，出现了一些新兴的交叉学科，如土壤生态、土壤环保、土壤信息、土壤遥感等，这些学科必将有新的进展或突破。土壤肥力与植物营养既需要分化深入，也需要综合系统。
2. 数学模型和电子计算机被广泛应用于土壤科学，各分支学科都在向量化、模式化、预报化方向发展。电子探针、电镜新仪器的运用必将对土壤学发展带来新的推动。
3. 为了提高土壤生产力，宏观与微观研究更加紧密结合，相互促进。在宏观方面更加多样化、系统化，在微观方面更加集约化、深刻化。
4. 为了加快土壤科学的发展，理论与实践必须紧密结合，理论要提高，实践要加强。

5. 为了掌握土壤与植物营养变化规律, 提高肥料效益和土壤生产力, 把多点短期试验与多年定位试验结合起来进行研究是很必要的。

6. 合理利用土壤, 首先必需很好保护土壤。

三、土壤科学与农业生产

有土始有农。古今中外皆然。现就与农业生产密切相关的几个土壤学问题——粮食与耕地, 土壤保护与利用, 植物营养与养分循环等方面, 结合国际土壤学发展趋势, 以及我在西德、瑞士、奥地利等国考察土地利用与培肥情况, 谈点体会。

(一) 粮食与耕作

从世界范围看, 粮食增长落后于人口增长仍然是一个严重问题。国际著名土壤学家N. C. Brady在《土壤与世界粮食生产》的报告中指出, 1980年发展中国家的总人口为36亿, 2000年接近50亿, 2050年可能达到70~85亿, 那时世界上约有85%人口生活在现在的发展中国家的地区。人口增长最快的是亚洲, 增长比例最高的是非洲。他预计1990年后大部分发展中国家将会缺粮, 1990年缺粮1.2亿吨, 2000年缺粮1.7亿吨。另一土壤学家R. Dudal在《土壤在满足对其不断增长需要的任务》一文中指出, 过去20年世界耕地增加1.35亿公顷, 相当于世界耕地13亿公顷的9%。而同期人口由28亿增加到40亿, 净增12亿, 增长33%。按1978—1983年统计, 粮食年平均增长率为1%, 而人口增长为1.7%。特别在非洲和拉美等热带、亚热带地区, 土壤侵蚀、退化、养分淋失、污染严重等, 致使缺粮问题更加突出。所以, 土壤保护与合理利用、植物营养与配方施肥已成为全球性的紧迫课题。

我国人口多, 耕地少, 仅以占世界耕地13.7%所产粮食却供给了占世界22%的人口需要。近几年来粮食生产已基本自给, 1984年人均粮食392公斤。但是应当看到我国粮食消费水平还是比较低的, 每年人均粮食约相当于苏联的二分之一, 美国的四分之一。随着人口的增长, 人民生活水平的提高, 粮食生产仍是一个尖锐问题。中央提出1990年我国粮食总产4亿吨(4000亿公斤), 2000年粮食总产达5亿吨(5000亿公斤), 这仍然是一个十分艰巨而光荣的任务。按1983年统计, 我国人均耕地0.0976公顷, 约相当于苏联或美国的八分之一。“六、五”期间我国耕地每年平均减少45万公顷, 1985年竟减少100万公顷。四川省人口1亿, 占全国的10%; 而耕地633万公顷仅占全国耕地约6%, 人平耕地0.063公顷。到本世纪末随着人口增加和耕地减少, 人平耕地仅有0.039公顷。这都远低于全国平均水平。要保持每年人均粮食40公斤以上, 有许多艰苦细致地工作要做。为此必须采取切实办法防止耕地急剧减少, 同时应当大幅度提高生产。1983年中、苏、美三国粮食平均单产分别为3120、1446、4469公斤。可见我国粮食单产还是比较高的, 这主要是集约化种植的结果。当然这是土壤肥力水平不高的集约化。为了持续稳定高产, 必须使集约化农业建立在高肥力土壤基础上。为此应当高度重视土壤保护与改良培肥。

(二) 土壤保护与培肥

从世界范围看,温带及暖温带地区土壤保护、利用较好,生产力(指生物产量,下同)较高,土壤与植物营养研究也较深入。地处西欧中部的西德、瑞士和奥地利三国面积分别为24.7万、4.1万、8.3万平方公里,合计37万平方公里,约相当于四川省的一半。从地形地势看,西德多为缓丘平地,瑞士、奥地利地势较高,山地中间以陷落盆地与湖泊,海拔自193—4634米。阿尔卑斯山沿东西方向横穿奥地利和瑞士南部,平均海拔三千米左右,在8月份仍是白雪皑皑,这三个国家地处海洋性温带阔叶林地带,年平均雨量600—800毫米,分布较匀。气候温和湿润,冬暖夏凉。农作物以小麦、大麦、马铃薯、甜菜、玉米为主,还产温带水果,莱茵河沿岸丘陵坡地近年来大量垦殖为葡萄园。畜牧业发达,森林面积大,如奥地利森林是其最大自然资源之一,森林加工业发达。西德森林地占土地30%,草地牧场占21%,农耕地占35%。森林和草地保持了自然生态环境的相对稳定,保护了土壤,提高了肥力,充分发挥了单位土地绿色植物的生产效能。农耕地一般实行分区轮作、密植栽培,裸露土地不多,水土流失较少。就土壤母质肥力看,远不如四川的紫色土。但由于植被茂密,土壤保护得好,表层有机质含量高,一般在3~5%以上,10%左右亦不少见。就土地投入与产出看,投入量大,产出量高,取走量少,归还量高。天然植被为人工植被——农作物代替后,生物量约相当于天然植被产量的20—50%。为了保持土壤生产力,一般每季每公顷施用N200公斤, P_2O_5 120公斤, K_2O 160公斤。酸性土壤还施钙、硫、镁肥,硼、钼、锌、铜等微量元素肥料施用也较普遍。农作物除取走经济产量外,稿秆大部就地还田,土壤肥力得以保持。草场中牧草种类有豆科、禾本科、十字花科等,构成了天然的综合饲草,加上化肥施用与牲畜粪便留在草场等,促进了牧业的发展。这样就形成植物——动物——人体营养的养分循环系统,更好地发挥土地生产潜力,农、林、牧业均衡发展。

一些土壤学家认为,今后土壤科学,特别是土壤保护重点是热带、亚热带地区。这一地区水土流失严重,土壤与植物营养问题突出,但水、热资源丰富,生产潜力大。据统计,在美洲热带地区100万公顷土地中95%缺磷,93%缺N,74%缺钾,70—72%缺钙、镁、硫,62%缺锌,72%产生铝毒。这一地区的改良培肥急待解决。我国热带和亚热带红黄壤地区比非洲和南美要好,如能搞好农、林、草植被,加强土壤保护,增加肥料投入,提高土地生产量还大有潜力。四川梯田幻灯片,引起了与会代表的浓厚兴趣。但在四川盆地丘陵紫色土区人多地少,水土流失严重,急需加强培肥管理,使集约化生产建立在高肥力的基础上,才能持续发展。为此应当解决农村能源,如搞好沼气,建设小水电,增加化肥等都是有效措施。对山地开发应在特别注意土壤保护的基础上合理利用,否则后患无穷。

(三) 关于我国土壤肥料工作的几点建议

为了保证农业持续增长,我国土壤肥料工作首先要搞好土壤保护与水土保持,特别是长江、黄河的上、中游地区。建议在这些地区搞好几个示范县或市。在改良培肥土壤方面,南方的红黄壤、北方的盐渍土,各地的山地土壤应是全国重点区域。在四川应把恢复植被、保

我们相信在有关部门对土壤肥料科学工作统一领导下,合理布局、扬长避短,定能迎头赶上国际水平,搞出中国特色,为我国农业持续稳定发展作出贡献。

我们相信在有关部门对土壤肥料科学工作统一领导下,合理布局、扬长避短,定能迎头赶上国际水平,搞出中国特色,为我国农业持续稳定发展作出贡献。

综 述

土壤与世界粮食生产

N. C. Brady

一、导 言

国际土壤学会把土壤与世界粮食生产的关系作为当今重要问题这是很恰当的。通观历史,伟大的文化发源地,总是以肥沃土壤作为其主要特征之一。古埃及王朝建立在能生产丰盛粮食的尼罗河流域的灌溉沃土上。同样,美索不达米亚的格里斯河与幼发拉底河的冲积土上都建立了灿烂的文化。

在这些早期文化之后,随着农业的不断发展,粪肥和豆科作物残茬的利用,以及化肥和石灰的施用,使得天然土壤生产力继续提高。由于这些技术的采用,土壤生产力的差异已经缩小。尽管如此,当今世界主要的粮食产区仍然是自然肥力高的土壤。

二、人口增长与世界粮食供应

土壤及其管理对世界粮食供应的意义,从未像今天这样重要。当代世界人口空前增长是有目共睹的。因此,在不破坏土壤和其它自然资源条件下,如何满足人口增长对粮食、能源和其它必需品的要求,我们不得不给予同样的关注。从人口增长的统计资料可以看出粮食生产问题的重要性。全世界每年约有8900万新出生的人口需要增加粮食供应,而且其中七分之二是在发展中国家内,这些国家中的大多数为了生产足够的粮食来满足当前的需要,已经承受着很大的压力,对今后的预测更使人关注。1980年发展中国家的总人口为36亿,2000年可能接近50亿(世界银行,1984),2050年可能增加到70—85亿,那时世界上将有85%人口生活在现在认为是发展中国家的地区。人口绝对增长量最大的是亚洲,增长速度最快的是非洲。

这些统计数字确实是严肃认真的,它是向所有关心供应世界人口粮食需要的人们挑战。同时它也告诉我们必须很好地保护与管理土壤和自然资源,因为世界粮食生产力在很大程度上依赖这些资源。

三、第三世界状况

由于本世纪六十年代人口压力开始增长,Paddock(1967)、Erlich(1971)曾经断言:

许多发展中国家要出现严重饥饿和经济混乱。然而发展中国家粮食生产的大幅度增加反驳了这种错误预言。在本世纪六十年代和七十年代,第三世界的农业产量以接近3%的创历史记录速度增长,农产品显著增长,特别突出的例子有:印度的小麦总产量十年内增加两倍;哥伦比亚的水稻总产量在五年内增加一倍(Brady, 1983)。

农产品的这种显著增长速度甚至已经略微超过世界人口增长速度。其结果是在本世纪六十年代和七十年代期间,全部粮食产量人平每年增加0.3%,这种增长速度大多出现在发展中国家。然而不幸的是这种增长并不是每个地区都是如此。在本世纪六十年代和七十年代期间,亚洲和拉丁美洲人平粮食产量均略有增加;而撒哈那沙漠的南部非洲却并非如此,从1960—1983年人平粮食产量减少约20%。

过去两年普遍干旱加剧了缺粮问题,从而引起了全世界的关注,包括土壤退化在内的一系列原因尚待充分研究。为此我们必须了解亚洲和拉丁美洲国家应当采取什么措施来增加粮食生产。当然,措施之一是创造和推广高产农业技术(如新的谷物品种等)。他们曾作过一些有效的生产投入,如灌溉、肥料和信用贷款等,并在生产体系中发展和培训了各种水平的人材。非技术性因素也是很重要的,例如,他们贯彻政府谨慎的严格政策,使之有利于农民采用新技术和使用这些适当的农业投入。如果非洲各国要增加粮食生产,所有上述因素都应当考虑。

发展中国家以往在增加粮食生产方面已经取得了相当可观的成绩,发展未来今后尚有更多的要做。在今后25年中增加粮食产量主要应从以下三方面着手:

(1)、扩大耕地面积;

(2)、提高现有耕地单位面积产量;

(3)、增加现有耕地的复种指数;

这三种增产措施过去很有成效,今后还将作出进一步贡献。而土壤科学工作者在粮食增产的这三个方面都可以起到关键性作用。

四、世界的土地和土壤资源

世界五大洲陆地总面积有130亿公顷,然而大多数不宜种植作物(PSAC, 1967)。事实上约有一半土地不能耕种,因为这些土地是太冷或太陡的山地,或者是沼泽地,或者是干旱的沙漠,不适宜生产粮食和纤维作物。另外约有25%的土地只能长草供放牧之用,但不能作耕地。这样余下约1/4的土地可用来栽培农作物(FAO 1981)。而且目前实际耕种的土地仅占其中的40%,即14亿公顷,(世界银行1984)。

在亚洲和欧洲,由于人口的压力逐年增长,大部分可耕地已经用来生产粮食。然而在其它洲有大面积的潜在可耕地,事实上,在热带亚热带的非洲及拉丁美洲现在仅有一部分潜在可耕地在种作物。根据这些情况,有人建议,这些地区只要采用扩大耕地面积的办法就能轻而易举地解决粮食短缺问题,然而由于某些原因扩大耕地面积至今尚未实现。

影响非洲和拉丁美洲农业耕地扩大的主要因素是:

第一,土地开垦还未成为人口增长的限制时,可耕地不致于被开垦。例如南美洲的亚马逊河流域就是如此。同样在中非的11个国家中,人口密度不很大,雨量也充沛,故有很多潜在

可耕地未开垦 (FAO 1980)。然而, 非洲的另外14个国家, 土地面积不足以供养现有的人口, 其结果是土地被过度利用或滥用。其它大多非洲国家的土地勉强能供养现有的人口 (OTA 1984)。有些人曾经争辩过从缺少土地地区人口迁移到土地未充分利用地区, 19世纪欧洲人移至西半球时就是这样。然而这种解决办法肯定会导致人们之间的重大冲突。

第二, 扩大耕地需要把目前有限的资金大量投放在清除森林, 解决基础设施 (如公路等) 还有为新垦地粮食生产购买和分发肥料和石灰。但用费过高, 使这样开垦经济上不合算。

第三, 随着大量森林地转化为耕地, 带来一些非金钱所能计算的严重问题。由于原始森林和薪炭林资源的破坏, 我们, 砍伐森林作为耕地, 对占人类1/3的主要用树木煮饭的人们, 会造成严重的压力。同时砍伐热带森林也给生物变化带来不利影响。所以扩大耕地和开发自然资源的不良后果决不能忽视。土壤学家已深刻地意识到, 未开垦的土壤并不是无用的, 而是在国家长期发展中起着积极作用。

第四, 土壤侵蚀是全世界农地的明显公害, 特别是过渡放牧的干旱地区和每年至少有部分时间涝沱大雨的潮湿热带地更为严重。如果在作物收割之后, 地面很少复盖物时, 将会导致严重土壤侵蚀。西方一些伐林空地, 特别是在陡坡伐林地会产生灾难性侵蚀。甚至在半湿润半干旱地区, 偶而发生的大暴雨也会引起无保护土面的严重侵蚀。

第五, 在某些地区有人类和动物的流行疾病也限制了农业耕种 (世界银行 1984)。例如西非的盘尾线虫流行病, 曾使西非一些肥沃的河谷几乎成为不毛之地。同样由于危害人畜的锥虫病流行, 使得非洲撒哈拉沙漠近一半土地不适宜牛的生长, 这就使人类消费的有效蛋白质受到限制, 并且也影响到耕作使用的畜力。

限制耕地扩大的第六个因素是: 大多数热带已开垦的土地土壤肥力不高。在非洲和拉丁美洲, 绝大部分未开垦的土地都处于潮湿热带气候条件下, 致使土壤淋失严重。处于天然条件下的植被, 通常生长良好, 但当地被开垦后, 打破了原始森林的自然养分循环系统, 致使土壤肥力迅速下降。这样一来, 在天然植被下具有相当生产力的土壤, 很快地变为不毛之地, 这对挣扎在饥饿线上的低收入农民利用价值很少。

上述六个因素和其它因素很可能严重地限制着耕地面积的扩大。事实上, 人们已经建议在亚洲、拉丁美洲和非洲某些地区, 现有的一些农耕地最好是退耕还林和植草。联合国粮农组织 (FAO 1981) 的研究已经论证了进一步扩大耕地的限制作用。这一研究表明, 全世界25年的粮食增产量大约有1/4可能由扩大耕地面积获得, 其余3/4将来自提高单位面积产量和增加复种指数。只有在拉丁美洲以及非洲的较小范围内将来扩大耕地所获粮食增产比例较大。

表1 世界四个地区满足2000年粮食需求的三种主要增产来源份额预测

地区	粮食增产份额 (%)			
	扩大耕地	增加复种	提高单产	合计
非洲	27	22	57	100
远东	10	14	76	100
拉丁美洲	55	14	31	100
近东	6	25	69	100

上列六个扩大耕地因素中每一个限制因素都是对土壤学家的挑战。在某些特殊情况下，我们可以克服这些限制因素，从而确保森林和天然草地有计划地转为农耕地。而在其它情况下，对于那些较肥沃的农耕地，我们可以进行强化措施以增产更多粮食。这样一来就可以把那些容易受到侵蚀的农耕地退耕还林或种草，因为本来这些土地更宜于作为森林和草场。

五、提高单位面积产量

近25年来发展中国家特别是非洲粮食增产主要靠提高单位面积产量。新的高产谷物品种的培育和推广，结合扩大灌溉面积与施肥，是粮食增产的主要原因。亚洲粮食增产几乎全是由于提高单产而获得的。从表1资料看，今后粮食增产仍然主要依靠提高单产。

大多数发展中国家提高粮食单产有很好潜力，主要农作物现行产量及发达国家平均产量的一部分，而且量相当于可能达到的生物产量的一小部分。例如，在热带地区全国水稻平均产量通常每公顷2—3吨，这大约只相当于意大利、日本和美国平均单产的一半，约相当于可能达到的生物产量的七分之一。很显然，发展中国家增加粮食生产有很大潜力。

近20年来的粮食高产绝大多数发展在生态环境较好的地区，在那里缺水已不是一个严重限制因子，因为不是有适宜的降水，就有灌溉水。随着施肥量的增加提供增产所需的营养元素。今后的25年需要增加粮食产量的大多数很可能要靠这类地区进一步提高单产来完成。

但是发展中国家并不是所有的人都在良好的生态环境地区，许多人生活在靠天吃饭的地区，其中有些是干旱或半干旱地区，另一些人生活在土壤中缺乏营养元素或土壤中含有铝等有毒物质等地区。世界各地显然都有这种缺水 and 缺乏营养的地区，但在非洲这类地区以大面积形式出现，非常典型。这些地区需要生产更多的粮食以满足将来的需要。在这些生态条件较差的地区，必须进行绿色革命。对此，土壤学家在这些地区的技术改进中应当起着更为重要的作用。

六、增加复种

新的高产谷物品种和土地资源不足业已促使人们增加复种指数。一些对肥料，灌溉和精细管理十分敏感的生长期短的品种使得过去每年只生产一季作物的地方有可能栽种二季，甚至三季作物。特别在中国已向高度复种轮作制度推进，中国南方13省1952—1979年，谷类作物的复种指数已由每年的1.53提高到2.02（不包括绿肥作物在内）。耕地缺乏促进了集约化农业。其他一些亚洲国家在增加二熟和三熟制方面也有相当进展，今后这种进展很可能进一步扩大（表2）。

进一步增加复种指数将取决于一系列因素。例如，采用生育期短的品种就可以为当年后续的作物生产留下充裕的时时。同理，及时提供畜力或机械动力就可以加快收获和土地准备，使其它作物有可能进入这个复种体系。开发和推广可行的少耕免耕，结合使用选择性除草剂，就会减少一年中关键时间的劳动需要量，这对提高复种有利。

在发展中国家扩大复种方面，土壤学家已经作出并将继续作出重要贡献。他们改善了农

作制中的有效水、肥管理制度，也帮助发展了可行的少耕免耕措施，从而促进了一年二熟和三熟农作制，同时节约了用水量，并减少了土壤侵蚀。

表2 世界四个地区90个发展中国家1974—1976及2000年设想的复种指数

(以耕地年收获一次为100%，FAO，1981)

年 份	非 洲	亚洲和远东	拉丁美洲	近 东	总 计
1974—76	52	106	61	62	75
2000	65	121	71	77	85

七、土壤学家在进一步提高粮食产量中的作用

过去25年的经验为今后粮食发展提供了指导方针，同时也告诫我们前面还有严峻问题。过去的经验主张联合培育和推广新的作物良种，并采用相应的土壤和作物管理措施。这些经验表明，今天在亚洲和拉丁美洲所采取的步骤，一般来说在非洲也是可行的，目前这方面的工作正在进行。

在下一世纪的头25年，土壤学家应当在农业生产的许多方面作出重要贡献，这里将要讨论到的主要有四个方面：（1）土壤特性和分类，（2）土壤肥力和肥料，（3）土壤和水分管理，（4）耕作制度。

（一）土壤特性和分类

大多数发展中国家都处在热带和亚热带地区。关于这些地区的土壤及其管理我们了解太少，对热带土壤的研究比对温带地区土壤的研究少得多。然而近年来我们对热带土壤已开始有了较多的了解。我们已经意识到热带的湿润和半湿润地区土壤，较之干燥和寒冷地区土壤更具有易变性（Moormax and Greenland, 1980）。我们也知道在潮湿热带地区氧化土或老成土占主导地位，其中以拉丁美洲最多（82%），非洲次之（56%），亚洲再次之（38%）（NAS 1982）。

我们知道热带土壤的化学性质与温带地区土壤有显著区别，氧化土的水合三氧化二物含量高，致使磷固定量很多。与温带土壤相比，热带土壤有机质和氮素含量低，酸化严重，并经常出现铝的毒害作用。在某些地区热带土壤阳离子代换量低，加上降雨强度多、致使大量元素和微量元素大多淋溶损失。这些土壤通常是缺乏氮、磷、钾、钙、镁、硫、锌、铜及其它微量元素。（Sanchez and Cochrane, 1980）。

土壤学家对热带土壤的分类、土壤管理及怎样培肥等方面需要获得更多的知识，为此应对他们进行培训。关于热带土壤的分类和土地利用管理过去已举行了15次国际讨论会或专题研究会（SMSS 1985）。这些会议曾经协助鉴定了一些热带土壤及其分类和合理利用的研究工作，应当鼓励进一步开展这种国际协作。

同样，为了使得农业生产技术易于推广，应在土壤分类单元的基础上进行研究。这些研究应当阐明在某一热带地区所得的研究结果对世界相似土壤地区的适用程度。这些研究结果应能确定某一广泛农业生态区需要某种特别的土壤管理措施。联合国粮农组织已经研究查明可

能只适于某些特定作物的不同种植区域。

土壤详查业已证实，热带土壤和温带土壤的某些特性有重要区别。例如Sahelian中心地带土壤调查表明，这些土壤比美国半干旱区土壤的酸性更强，含铝更高。显然，Sahelian地区的这些土壤是在较高的降雨量发育形成的，现在该地区的降雨量较少。

(二) 土壤肥力和肥料

人们看到在湿润热带地区天然植被有高的生物产量，从而导致某些假定：即热带土壤是天然肥沃的，并将获得作物大丰收。许多试验已经表明，这种假定是不正确的。完整的热带森林生产系统中的营养物质含量是高的，然而营养物质大部分都在地上部的生物产量中，而不是在土壤里。当森林的枯枝落叶层分解时，营养物质进行再循环，从而使森林能确保较高的生物产量。但当土地被开垦以后，森林遭到破坏而烧毁，原有的“营养物质蓄积库”（树体）就丧失了。这虽然能使土壤营养物质暂时地丰富起来，并使头几季农作物增产，但是粮食作物干物质生产量仅相当于天然植被的25—50%，从而使原有的“营养物质蓄积库”消耗殆尽。暴雨来临时，土壤中的营养物质迅速流失，于是生产力急剧下降。

由此显而易见，为什么热带的农业土壤一般总是比温带土壤肥力低（表3），而且第三世界肥料消耗量显著低于发达国家。例如在1982年，收入最低的一些国家（印度和中国除外）每公顷平均施用化肥的营养物质不到40公斤，比这些工业化国家每公顷平均施用110公斤要少很多。在非洲撒哈拉沙漠地区的一些低收入国家，平均每公顷只施用了4.2公斤营养物质。

我们虽要估量热带土壤、特别是非洲热带土壤粮食高产的肥力指标。所幸许多试验已经论证了热带土壤施用化肥的一般价值。国际肥料发展中心最近的报告清楚地指出，在非洲农场适度施用化肥是有效的。需要建立一个协作研究者的网络对这些结果进行深入研究，以便集中力量彻底弄清楚在那些土壤施肥能获得最大效益。

表3 美洲热带地区酸性贫瘠土壤的化学限制因素所占面积

(单位:100万公顷)

限制因素	氧化土 (512)	老成土 (320)	始成土 (119)	新成土 (88)	总计	
					(1843)	(100%)*
缺P	512	320	83	83	993	95
缺N	504	306	71	88	969	93
缺K	512	160	0	40	775	74
Al毒	409	256	18	73	756	72
缺S	512	160	0	73	745	71
缺镁	496	224	0	7	727	70
缺钙	504	224	0	0	728	70
固P	512	160	0	0	672	59
缺Zn	468	100	0	77	645	62

*译者计算值