



合理利用养分



联合国粮食及农业组织 罗马

合理利用养分

合理利用养分专家磋商会议报告

(一九七七年四月十八日至二十二日 罗马)

土地及水利开发处土壤资源、管理和保持科

联合国粮食及农业组织

一九七八年 罗马

**improved use
of plant nutrients**

**report of the expert consultation
on better exploitation of plant nutrients**

**held in rome
18-22 april 1977**

**soil resources, management and conservation service
land and water development division**

本书中所用名称及其材料的编写方式不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分，表示任何意见。

M-52

ISBN 92-5-500563-6

2064/03

本书版权属于联合国粮农组织。如未得版权所有者书面许可，不得以任何方式或程序全部或部分复制本书。申请这种许可应按下列地址写信给联合国粮农组织出版处长，并说明复印的目的和份数。地址：Via delle Terme di Caracalla, 00100, Rome, ITALY

© 一九七八年 粮农组织

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

M-52

ISBN 92-5-100583-4

The copyright in this book is vested in the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The book may not be reproduced, in whole or in part, by any method or process, without written permission from the copyright holder. Applications for such permission, with a statement of the purpose and extent of the reproduction desired, should be addressed to the Director, Publications Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

© FAO 1978

目 录

	页 次
图 目	VII
表 目	IX
一、前 言	1
二、建 议	2
三、论 文	8
1. 有效利用肥料的可能性及存在的问题	8
S. A. Barber	
2. 施肥模式的确定 —— 在一项计算机化方案中土壤和植物参数的综合	14
U. Kafkafi, B. Bar-Yosef and Aviva Hadas	
3. 氮素在土壤中的转化和习性与作物对氮的利用的关系	36
G. Stanford	
4. 在热带和亚热带条件下的钾素效率	48
H. Beringer	
5. 作物对次要营养元素和微量营养元素的利用	61
M. Siiljanpää	
6. 东非在施石灰、施粪肥和其它土壤改良方面的土壤管理	68
S. O. Keya	
7. 土壤测定对提高养分利用效率的作用	74
A. Finck	
8. 在说明基因型差异在离子吸收和离子同化效率方面的特性的最新研究和进展情况	84
F. van Egmond	

9.	耕作制度与肥料的有效利用	94
	D.J.Greenland	
10.	作物生产性能与土壤养分潜能	108
	O.Talibudeen and M.B.Page	
11.	提高肥效与施肥方法	123
	J.Velly	
12.	当前肥料使用中的问题	140
	A.Tanaka	
13.	应用同位素和辐射来研究肥料利用的效率	154
	D.A.Nethsinghe	
14.	新的肥料生产工艺与合理利用植物养分	167
	R.C.Horn	
15.	氮肥生产工艺的最新发展情况	177
	K.Isermann	
16.	新的磷肥	180
	J.R.Ansiaux	
附录一	会议安排	185
附录二	会议参加者名单	187

目 录

	页 次
1. 小麦在整个生长期对钾的吸收	20
2. 氮在农业上的循环	38
3. 燕麦和连续两季苏丹草对示踪氮的利用率, 以及肥料在收获后残留在土壤中的有机氮的数量。根据 Legg 和 Allison (1967) 的研究结果作图。数据为十二种土壤的平均值	38
4. 玉米谷物产量和施用的示踪氮的利用率与耕作方法和施氮量的关系 (1976 年与 V. A. Bandel 的合作试验获得的未发表的资料)	40
5. 在种植苜蓿若干年之后, 连续三年种植玉米的粉沙壤土由于施氮量和灌溉程度的影响而存在的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$	40
6. 爱达荷南部地区在种植前根带残余硝态氮与灌溉甜菜的关系 (Stanford 等, 1977)	43
7. 经过十年的施氮肥之后, 玉米长期平均产量对于所施氮肥和土壤中残留的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的反应	43
8. 土壤中钾的动态简化图解	49
9. 黑麦草连续多次收割的干物质产量和土壤溶液中钾浓度的变化 (Nemeth 和 Grimme, 1974)	52
10. 在具有不同水份的一种土壤中经过一周的扩散后, 其交换性钾的含量与吸收表面的距离关系	54
11. 有效养分的不同部份的提取方法 (Finck, 1970)	76

12.	土壤测定钾素和作物相对产量的关系 (Cope 和 Rouse, 1973)	78
13.	土壤的水溶性磷和马铃薯最佳施肥数量的关系	80
14.	氮在植物体内的流动	85
15.	两种大豆基因型在未施用铁素时所得结果之差异	90
16.	施氮量对植物产生 OH^- 或 H^+ 离子的影响	91
17.	在控制环境中, 土壤钾潜能对多年生的黑麦草 (S23) 的生长特性的影响 (1. 耗竭, 2. 反应, 3. 最佳, 4. 奢侈和毒性潜能)	110
18.	颗粒化肥点注器 (单杆)	136
19.	颗粒化肥点注器 (双杆)	136
20.	推进式颗粒化肥深施机草图	136
21.	肥料施用水平与水稻的谷物产量之间的关系	143
22.	不同植距的玉米谷物产量对氮肥的反应	144
23.	根据一九六六至七二年期间按作物季度的 195 条曲线所得出的改良和非改良品种对氮的平均反应 (国际水稻研究所, 1973)	147
24.	各种水稻品种的谷物产量对施氮量的反应 (北海道大学, 1976)	147
25.	不同土壤中种植的水稻作物在生长期间对氮的吸收方式 (Shiga 等, 1976)	149
26.	两种大豆品系在不同施氮量时的产量和累积的氮量	152

目 录

页 次

1. 不同玉米栽培品种的根参数影响营养吸收的差异	11
2. 在不同的氮肥施用水平时, 土壤中的磷的含量对于半矮秆小麦的分蘖数和穗数, 以及对秸秆和谷物产量的影响	16
3. 在不同的氮肥施用水平时, 土壤中的磷的含量对半矮秆小麦的分蘖数和穗数, 以及对秸秆和谷物产量的影响	19
4. 在粘粒含量相当的不同土壤类型中, 交换性钾 (A) 和土壤溶液中钾浓度增加 (B) 之间的关系	51
5. 粘粒含量和植被对加纳土壤钾的动态的影响 (48 种样品的平均值)	55
6. 氮磷钾 (NPK) 对连续五年种植的水稻的增产 (吨/公顷) 影响 (旱季数据, 菲律宾三个试验站的三个栽培种的平均值)	56
7. 分次施钾肥对水稻产量和抗病性能的影响 (三个试验点两季的平均值)	57
8. 土壤中养分形态的活性和可用性的关系	75
9. 埃及有效锰土壤测定的校正值 (与大豆锰的含量相关)	79
10. 土壤养分状况的范围与作物产量和肥料需求的关系	80
11. 在连续种植小麦和轮作试验中肥料的利用情况 (英国罗撒姆斯蒂德)	96
12. 在 25℃ 时各种作物生长的土壤养分潜能的临界值 (卡/克分子)	113

13.	在流动性营养培养液中, 各种作物生长的临界浓度和当量化学潜能	114
14.	尿素的施肥量和施肥时间对水稻在植物土壤体制中氮的损失的影响	128
15.	各种谷物作物的最高国家产量、十个高产国家的平均产量和世界平均产量(公斤/公顷)(1972-74的最高产量)	141
16.	三类水稻品种的谷物产量与吸收氮的数量和效率之关系(北海道大学, 1976)	146
17.	用“差别”方法和 $N-15$ 同位素方法所估计的苏丹草对肥料氮的利用率(%)	158
18.	施磷方法——用“差别”方法计算出来的植物从肥料中获得的磷的百分比(d.f.f.)和产量中(干物质)磷的百分比的相对效果	159
19.	用两种方法测定的玉米的施氮时间对肥料氮的吸收的影响	162
20.	用两种方法测定的在玉米播种时条施的肥料氮被吸收的百分比	162
21.	黑麦草在第一个月的生长期间对磷酸盐岩(33%五氧化二磷)和磷酸一钙磷素肥源的相对利用量	164
22.	水稻对于各种天然磷酸盐来源的吸收与作为一种示踪标准的过磷酸钙的比较	164

一、前 言

粮农组织在与它为之服务的国家的接触中，日益意识到在农田施肥时植物养分有很大的损失，尤其是在发展中国家则更是这样。

鉴于这种情况，粮农组织在一九七七年四月组织了由来自肥料的高消费和低消费国家的专家参加的磋商会议，其目的是要确定更广泛而合理地利用无机肥料和有机肥料中宝贵的植物养分的可能性，重点讨论在发展中国家的条件下怎样合理利用植物养分。磋商会议的结论可作为有关国家在更合理地利用植物养分的研究和实践中开展后续活动的一种指导。

磋商会议的计划包括三个主要部分：

- 土壤与肥料使用效率的关系；这部分讨论了肥料需求的予告（用数量表示）、土壤中氮的增加和损耗、不同条件下钾的施用效率、次要营养元素和微量营养元素的作用、土壤管理以及土壤测定对改进肥效的作用。
- 植物与肥料使用效率的关系，这部分包括离子的吸收与同化效率、耕作制度、施肥方法以及利用同位素进行关于有效利用肥料的研究等题目。
- 肥料生产技术，这部分讨论了有关氮、磷、钾肥的复合、包膜和使其符合规定标准的新技术以及其它最新发展情况。

磋商会议的工作小组对下面的主要题目提出了一些建议和指导方针：研究、土壤测定、肥料配制和栽培方法。在这一议题的讨论中，与会者都坚信在改进以及更有效、更经济地利用那些昂贵而有时又很稀缺的植物养分方面还有着很大的余地。

本报告已列入粮农组织《土壤学报》书丛，可作为应用研究和面向实践的实地活动（特别是发展中国家）的一种资料来源和指导。但未打算把它作为一种基础研究的材料。

粮农组织土壤资源、管理和保持科将乐于答复与本报告有关的任何询问。

二、 建 议

为了有效地利用肥料和土壤中的养分，人们需要了解有关土壤、气候和土壤养分状况的基本数据；需要了解的基本数据包括酸碱度、土壤质地、有机物质和土壤类型等。铭记这些因素，专家磋商会议提出了下列各项建议：

(一) 研 究

1. 肥料氮

建议要特别研究肥料氮的利用率太差的问题。

2. 土壤酸度

需要开展研究来确定现有哪些能控制土壤酸度增大的比较经济的方法。在大量使用无机肥料的地方，应认识到需要平衡肥料的酸化作用，并确定平衡酸度的方法。

3. 植物类型

植物的特性对肥料的利用效率有重大的影响。根的形态、收获指数和它的特性都有关系。植物类型的选择不仅要考虑到对肥料的反应是否灵敏，而且还要考虑到养分的使用效率及其对酸度的影响。

4. 耕作制度

应从整个耕作制度（包括耕作制和免耕制）来估价肥料的效率。同时，十

分需要研究在包括间作和套种在内的复种制度中施肥的效果。因此，建议使用示踪元素和其它与长期耕作制度试验相结合的方法来评价施肥效果。

5. 作物残体

应从保存土壤上或土壤中的所有作物残体的角度来估价肥料的效率，肥料的使用应考虑到保存耕作制中所产生的所有作物残体的方法。

6. 固氮

无论在何种耕作制度中，都可以通过在作物栽培计划中加进豆类作物，还有牧草和复盖豆类作物的办法来减少对氮肥的需求量。应进一步开展研究，以估价在耕作制度中利用豆类作物固氮的方法。各种植物养分和其它因素之间的相互作用对于固氮作用的影响是十分重要的，对此也需要进一步进行研究。

虽然认识到通过非共生固氮作用可以减少对氮肥的需求，但人们强调应进一步开展基础研究来确定对一种耕作制度作出贡献能起控制作用的各种因素。例如，藻类对水稻生产有重要的贡献，但必须注意水稻的合理施肥，以取得生物固氮的最佳效果。

(二) 土壤测定

通常都需要测量土壤的营养状况。它们按其重要次序是：

- (1) 大量营养元素——氮、磷、钾，以及在特殊情况下的钙、镁、硫，
- (2) 微量营养元素——需要估价养分缺乏和毒性的程度。

1. 大量元素

氮 —— 不要求进行定期测定，但在对氮进行研究时要在研究地点进行适当的测定。对于给特定作物提出氮的使用量的建议，应根据产量试验的结果，并根据土壤类型和气候条件进行调整（假定采用了有效的施肥方法）。

磷 —— 建议进行定期测定，测定方法应根据能成功地应用于类似土壤类型的情况进行选择。在当地进行大田试验来评价测定结果是十分重要的。

钾 —— 各项建议同磷的建议相同，但在较干旱的地区，则不一定需要进行测定。

钙 —— 定期测量酸碱度，并应把作物的需要量作为施用石灰量的一种标准。

2. 镁、硫及微量元素

除了有问题的地区之外，一般都不要求定期测定。应根据观察到的作物症状，并在可能时通过实地试验来提出这种要求。此外，植物分析可作为土壤测定的补充。

(三) 肥料配制

1. 磷灰岩

磷矿粉通常是磷肥中最廉价的一种肥料，在酸碱度低于5的土壤中施了它能收到增加磷和施用石灰的效果。施用一些磷矿粉对作物的生长大有好处。在强酸性土壤多的地区制定肥料计划时总应考虑施用磷肥。土壤略带酸性对于促进作物早期生长也许十分必要。

2. 肥效释放得到控制的肥料——包膜肥料

现有的迟效包膜肥料在当前的情况下是最不经济的，除非是为了非常专门的用途。然而，通过采用与施用泥土球方法有着类似优点的“球肥”或“泥坯”方法，可以提高肥料效率。需要进一步研制这种形式的简单复合肥料，以及研究它们在水稻和其它作物生产中的效率。

3. 复合肥料

在使用复合肥料的地方，应更加强调控制养分的比例，使其与实际需要量相一致。

(四) 栽培方法

1. 施肥方法——位置

建议采用下列方法来提高肥料效率和减少肥料损失：

氮 — 漫灌水稻：在插秧前或插秧时，施肥于 5—10 cm 深处；随后在花序初生期进行撒施；无论在任何情况下都以使用铵型肥料为宜。

— 其它作物：在作物需要时施于根带的湿土中。

— 氮肥在水稻生产中的利用率通常不到 50%，在水稻以及在其它作物的生产中，都需要进一步研究能尽量减少肥料损失的施肥方法，如通过反硝化作用等。

磷 — 所有作物：对于酸性磷肥，其建议与旱地土壤上施氮肥的方法相同。在固磷强的土壤中，应限制其与土壤相混合。使用磷矿粉时，应在酸性土中使用细粒肥料并充分混合。需要对磷肥的施肥位置开展进一步的研究，以便某些特定作物取得较佳的利用效果。

钾 — 其施肥方法的建议与在所有作物中施用酸性磷肥的方法相同。

钙 — 在酸性土中施用石灰物质时应与表土混合。在碱性土中施用石膏时应先撒施后灌水。

镁、硫及微量元素 — 应根据当地的情况来估价使用的方法。

2. 施肥时间

肥料的效率在很大程度上取决于与作物发育期相适应的施肥时间，尤其在热带地区则更是这样。过早施用氮肥尤其会给作物带来吸收率差的后果。

3. 土壤酸度

在任何肥料发展计划中，都应非常慎重地考虑与作物日益消耗的基本阳离子和肥料作用相关的酸化作用所可能出现的长期影响。这一点对于施用安全型肥料的地方尤其显得重要。

4. 土壤侵蚀

降低肥料效率的一个主要因素便是土壤侵蚀。在任何肥料发展计划中，耕作制度的建立都应采用使土壤侵蚀受到遏制的办法。在这方面，在潮湿热带地区结合复盖措施的免耕法有着特别的优点，并应认识到在一些土壤中保持适当数量的有机质的重要性。

5. 其它栽培方法

其它适当的栽培方法，如及时种植就会对肥料的使用效率产生重大的影响。