

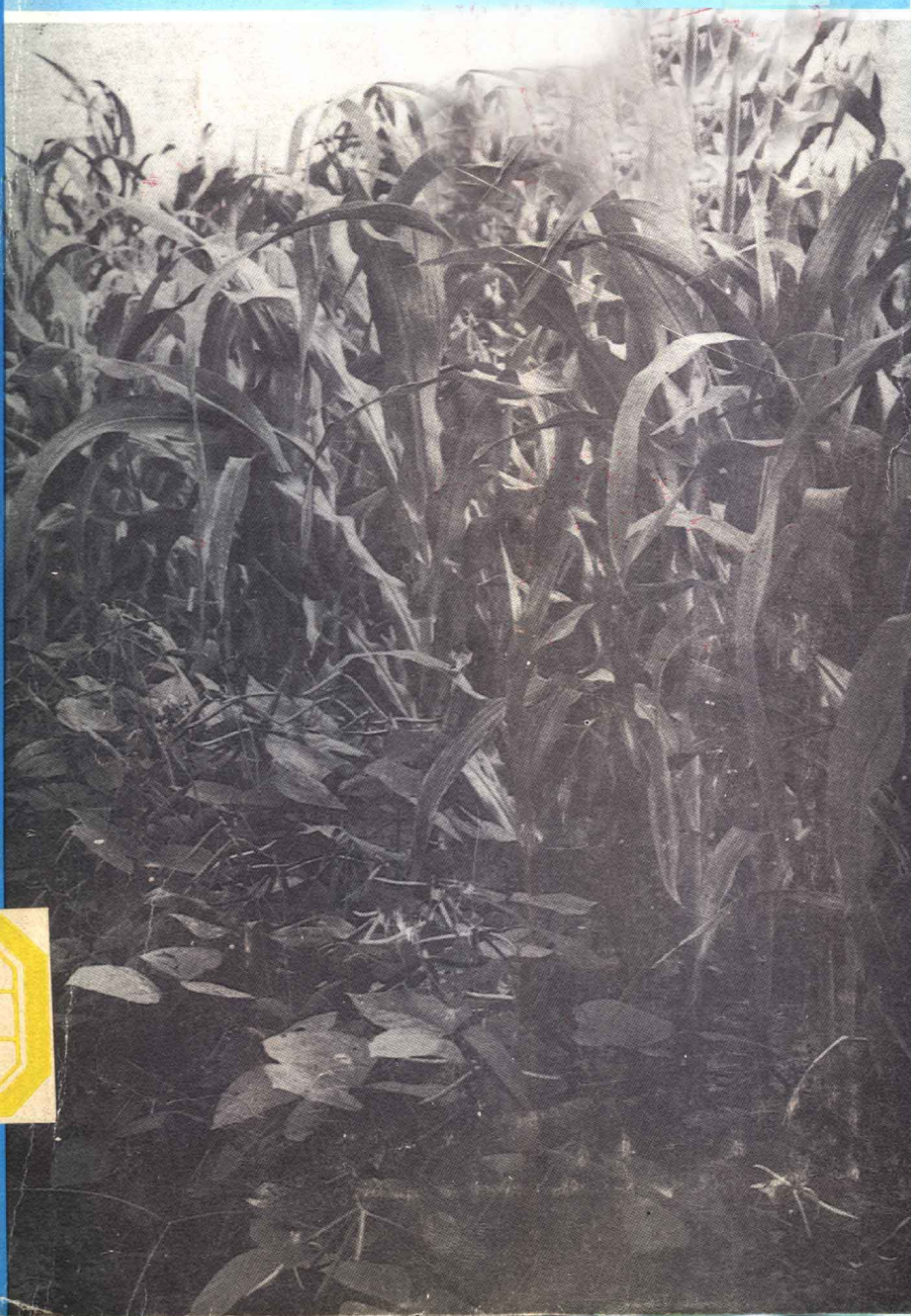
粮农组织

肥料和植物营养

文集

5

多作栽培制度中肥料的施用



中国
农业科技出版社
北京 1988



联合国
粮食及农业组织

多作栽培制度中肥料的施用

作者：粮农组织

(1982年2月在印度新德里
召开的专家会议论文集)

粮农组织
肥料及营养
丛书

2

中 国

农业科技出版社

北京 1988



联合国

粮食及农业组织

多作栽培制度中肥料的施用

责任编辑 赵明坤

中国农业科技出版社出版（北京海淀区白石桥路30号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京林业大学印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/16印张：10.2字数146千字

1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷

印数：1—3000册 定价：3.00元

ISBN 7-80026-097-6/S·67

本书原版为联合国粮农组织的肥料及营养丛书(5)《多作栽培制度中肥料的施用》
(FAO Fertilizer and Plant nutrition bulletin No.5, Fertilizer use under
multiple cropping systems, M-52 ISBN 92-5-101407-8, 1983)

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领地、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。使用“发达经济”和“发展中经济”这两个词是出于统计上的方便,并不是对某个国家或地区在发展过程中已达到的发展阶段作出的判断。

CPP/88/21
ISBN 7-80026-097-6/S·67

版权所有。未经版权所有者事前许可,不得以电子、机械、照相复制等任何方法或其他程序全部或部分翻印本书,或将其存入检索体系,或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版司司长(意大利罗马Via delle Terme di Caracalla, 00100)并说明希望翻印的目的和份数。

目 录

前言	(1)
结论和建议	(2)
一、立即推广的技术	(2)
1. 以稻为基础的耕作制	(2)
2. 以玉米为基础的耕作制	(2)
3. 热带半干旱地区以高粱为基础的耕作制	(3)
4. 热带湿润地区以木薯为基础的耕作制	(3)
二、知识方面的差距与进一步研究的必要性	(3)
1. 肥料管理	(3)
2. 复作制中与肥料利用率有关的水稻管理	(4)
3. 防止土壤侵蚀	(4)
4. 不良的土壤状况	(4)
5. 发展简易工具和农具	(4)
6. 经济含义	(4)
三、行动计划的方针：田间试验和示范	(4)
四、总的建议	(5)
工作文件	(7)
论文一：复种制中肥料的利用——总的看法	R. N. Roy和H. Braun (7)
论文二：粮农组织与国际原子能机构关于核技术用于复种制肥料 和水管理措施的协调研究计划	F. Zapata和J. B. Bole (16)
论文三：东南亚地区复种制中的肥料使用	Rajat De (21)
论文四：尼日利亚、坦桑尼亚及塞内加尔复种制的肥料施用	B. T. Kang (25)
论文五：复种制的肥料管理——特别参考国际半干旱热带地区作物研究所的经验	M. S. Reddy, T. J. Rego, J. R. Burford和R. W. Willey (32)
论文六：复种制度中土壤养分动态与肥料有效使用的关系	R. E. McCollum (39)
论文七：复种制度中氮肥建议施用量——特别有关其利用效率的战略	B. V. Subbiah 和 M. S. Sachdev (48)
论文八：在复种制度中磷和钾的施肥战略及其利用率	N. N. Goswami, I. C. Mahapatra和M. B. Kamath (52)
论文九：复种制度中微量营养元素的重要性	M. Verloo (56)
论文十：在复种制度中中量元素和微量元素的重要性	J. C. Katyal和A. N. pathak (60)
论文十一：水稻—豆科作物间作及肥料管理	J. W. Pendleton (65)
论文十二：旱地复种制的肥料管理	R. P. Singh (69)

论文十三：把单作土壤测定技术转用于复作以及肥料使用建议的公式——前景和问题.....	M. Velayutham 和 A.B.Ghosh (72)
论文十四：关于复种制中的豆科作物在固氮和土壤管理方面的作用.....	N.S.Subba Rao (74)
论文十五：关于小农在复种制中需要适当的施肥工具.....	G.E.Thierstein 和 T.J.Rego (77)
论文十六：发展中国家复种制增加肥料使用的障碍及其解决办法.....	J. de la Vega (81)
论文十七：为发展复作农业的肥料销售及信贷战略.....	G.K.Sohbti (85)
论文十八：孟加拉复种制中土壤肥力及肥料利用研究综述.....	M.M.Rahman (91)
论文十九：巴基斯坦为提高农业产量和保持适当的土壤肥力状况所进行的复种耕作制研究综述.....	S.A.Qureshi (94)
论文二十：对斯里兰卡复作制中土壤肥力和肥料使用研究的论述.....	W.Ratnayake (96)
论文二十一：中国复种耕作制中的绿肥.....	陈士平 (100)
论文二十二：巴西东北部间作制的土壤肥力和肥料使用研究.....	M.de A. Lira, M.A.Faris和R.C.Mafra (106)
论文二十三：赞比亚复种耕作制度中土壤肥力和肥料使用的研究.....	R.K.Rajoo (111)
论文二十四：印度尼西亚复种制中的肥料使用情况.....	Nuryadi, T.G.Soedomo和 Soegiyanto (114)
论文二十五：泰国复种制度中的肥料使用和营养问题.....	Benjavan Rerkasem (122)
参考文献.....	(128)
附录 I 会议日程.....	(154)
附录 II 出席会议者名单.....	(157)

前 言

1982年2月3日至6日，在印度新德里印度农业研究所召开了由粮农组织主办的关于复种制度下肥料利用专家磋商会，来自9个成员国的主要科学家和一些国际组织与政府间组织的代表出席了会议（见附录Ⅰ）。这次会议是在2月1日至2日对海得拉巴国际半干旱热带地区作物研究所进行了一次为时两天特别安排的参观之后立即召开的。

在印度农业研究所所长H.K.贾因先生对与会代表表示了正式欢迎、粮农组织驻印度代表J.G.鲁密奥先生发表了讲话之后，印度农业研究理事会总干事O.P.高特姆博士致开幕词，印度农业研究所土壤科学和农业化学研究室主任N.N.格斯互密先生建议大家向O.P.高特姆博士鼓掌表示感谢。然后，印度农业研究理事会副总干事N.S.伦德哈瓦博士发表了基调讲话：“有关复种制施肥：一项对目前状况与未来需求的评价”。

本报告包括技术会议期间发表的论文节录本及本次专家磋商会议的结论和建议。为了避免在每篇论文所使用的参考资料中有所重复，故在书后附有一汇编的《参考资料目录》。

在闭幕会上讲话的有：H.K.贾因博士，N.N.高斯瓦密博士及粮农组织代表J.德拉伟加博士。

结 论 和 建 议

除少数边际地区以外，许多国家再也不可能通过扩大耕种面积来增加粮食生产。因此，发展中国家要完成粮食生产计划指标，以满足其人口不断增长需要的办法是，采用高级农业技术，增加单位时间、单位面积的产量。在这种情况下，复作（连作、套作和间作）就具有重大意义。

在其它重要问题中，复作制中肥料的有效施用和土壤肥力的保持对发展中地区是极其重要的。由于肥料供应有限、价格不断上涨而关注肥料的有效施用就成为对各种耕作制，而不只是为单一作物制定最令人满意的肥料计划的另一迫切原因。

有关复作制的肥料施用资料不仅有限，而且还分散于各国已出版或未出版的报告中。因此，本次专家磋商会议旨在回顾目前的知识状况，以搜集那些能立即提供给农民的资料，为在农场进行的试验、示范提供指导方针以及为进一步的研究计划找出知识上的差距。

磋商会议作出了以下结论和建议。

一、立即推广的技术

1. 以稻为基础的耕作制（表1）

（1）水稻

稻—麦连作制：对印度次大陆的冲积土壤来说，两种作物都要施用氮素，小麦施磷，水稻施钾和锌。

稻—稻—绿豆或大豆连作制：两季稻都要施用氮素；只给一季稻施磷最好在第二季（旱季）稻，并根据土壤测定结果，配合施用钾、硫、锌。

稻—黄麻连作制两种作物都要施用氮；必要时，黄麻也可施用磷、钾、硫和锌。

（2）雨育稻

稻—鹰咀豆，稻—小扁豆，稻—长豇豆，稻—niger，稻—芥菜，稻—亚麻，稻—花生和稻—大豆连作制：根据需要，只给稻作施氮、磷和其它养分；如果水分状况良好，后作的豆类每公顷施20公斤磷肥。

稻+木豆，稻+玉米，稻+木薯，稻+银合欢属和稻+红麻间作制，只给稻作施氮、磷和钾；必要时，给稻作施锌和铁（叶片喷施铁元素）。

2. 以玉米为基础的耕作制（表1）

（1）热带湿润地区

玉米—豇豆制

玉米+木薯，玉米+花生和玉米+菜豆间作制

玉米+绿豆/豇豆与LZ混种制

（2）热带半湿润地区

玉米+木豆，玉米+大豆，玉米+豇豆和玉米+鹰咀豆，红花间作制（适用于作物可在每米深吸水200毫米的变性土地带）；只给玉米施氮；给玉米及与其种在一起的豆类施磷；必要时，给玉米施钾、硫、锌。

3. 热带半干旱地区以高粱为基础的耕作制 (表 1)

(1) 高粱+木豆, 高粱+绿豆, 高粱+豇豆和高粱+花生间作制

(2) 高粱—薯蓣和高粱—鹰咀豆/红花连作制

只给高粱施氮、磷、钾、硫、锌。

4. 热带湿润地区以木薯为基础的耕作制

木薯+玉米/豆类间作制:

根据作物在本地区的重要性, 给两种作物施肥。

如果在水稻之前, 种植豆科绿肥或饲料豆科植物, 每公顷可提供 30—40 公斤氮。

在耕作制中加进绿豆或豇豆等粮用豆类, 每公顷可提供 20—25 公斤氮。

在水稻作物中种植兰绿藻/红萍, 每公顷可提供 20—25 公斤氮。

按 4 米间距种植的银合欢属, 把整枝剪下的顶梢部分埋入土内, 可向伴生作物每公顷提供的氮 60 公斤。

应根据当地经验和相应的土壤测定结果进行施肥。在确定施氮量时, 应适当考虑到这种耕作制中豆类作物所提供的氮量。

二、知识方面的差距与进一步研究的必要性

在完善包括灌溉农业和雨育农业在内的复作制及其有关农业措施方面和在研究工作方面尚存在着许多空白有待于填补。为了持续实行复作制, 肥料的有效施用是极其重要的。

1. 肥料管理

(1) 在复作制中, 通过施用有机肥、绿肥和农作物残余物来保证施用无机肥料的经济性和效益性, 在这方面的可能性, 尚需加以探讨和完善。

(2) 在复作制中种植豆类作物 (一年生和多年生) 看来是有利的。豆类固定大气中氮的程度和节约使用土壤中氮的作用, 需要使用同位素技术进行严格的评价。还需要开展研究, 以便通过培育效能高的根瘤菌菌系和研究接种方法来增强固氮作用。由于豆类的固氮效能受到肥料氮的影响, 因此需要为间作制培育出更具抗性的根瘤菌品系。

(3) 为非豆类作物培育有关的共生生物 (非根瘤菌共生生物) 的工作应加快进行。

(4) 目前, 所施氮素的利用率在岗地作物中很少超过 50%, 在低地稻田中低于 30%。所建议的农艺措施, 例如根据土壤试验和施肥时间及方法而确定的施肥量等方面的资料还不够充分, 为了使所施氮肥获得最高的利用率, 以上这些方面需要通过几年的田间试验, 尽可能地使其更加精确。

(5) 需要生产适合的迟效和长效氮肥以及硝化和反硝化抑制剂 (可能的话, 利用当地资源), 以提高连续耕作中氮肥的效率, 并使其损失降到最低程度。

(6) 所施磷的利用率常常低于 20%, 这主要是由于固定作用所致。需要在研究工作上做出努力, 以找出复作制中施用磷肥的最佳方法, 例如, 何种作物应该施磷肥、根据土壤试验结果而定出施肥量、施肥方法以及施用何种类型的肥料可降低土壤固性和提高肥料效率。可能的话, 应该探求利用当地磷的资源, 如磷矿石和炉渣 (炼钢铁的副产品) 等, 这要通过测定它们最适于耕作制中何种作物。

(7) 在复作制中, 应在种植那些最能利用土壤中磷的作物和栽培品种方面给予更大的重视。

(8) 在提高磷的利用率方面, 磷的增溶微生物和菌根的作用需要进行更多的调查。

(9) 为监测集约作制对钾、硫、镁、钙和锌、铜、钼等微量营养物的需求, 就必需进行进一步的研究。上述缺乏养分的地区需要通过适当的土壤和植物试验而加以搞清; 适当地纠正措施(及重复周期)需予以制定。

(10) 土壤试验方法需要改进, 应该标准化, 以便为整个耕作制而不是只为某种作物得出正确的施肥建议。

2. 复作制中与肥料利用率有关的水的管理

(1) 应该加强研究工作, 设计出利用有限的降雨量和保持土壤湿度的方法, 以保证干旱地区复作制的成功。

(2) 适应于各种土壤和地形条件的苗床准备工作所需的耕作要求和土地处理需要加以评定, 以保证土壤有效湿度的保持, 提高肥料的利用率。为设计出捕捉径流水并且使之在紧急缺水时再能循环利用的最佳方法, 这些也同样需要做出努力。

(3) 要制订各种耕作制需水的计划, 并需制定一个与合理利用灌溉水相联系的、充分发挥效用的明确方针。

3. 防止土壤侵蚀

由于土壤侵蚀在世界许多地区是一个严重问题。所以, 应该设计出特定的各种种植类型的措施和用水管理的措施, 以尽量减少受侵蚀地区的土壤损失和所施肥料的损失。

4. 不良的土壤状况

要鉴别出适合生长于不良的土壤状况(盐性、碱性、酸性和铅毒性土壤等)的作物, 就要进行深入的研究。应适当提出适合于不良土壤的耕作制度的肥料建议。

5. 发展简易工具和农具

为设计出供小农使用的、可同时播种和施肥的简易工具和农具, 需要进行更多的实用研究工作。这些农具应该是易制造、低成本、利用当地可供原料和技能。

6. 经济含义

为解决这些方面的所有问题而进行的研究工作, 应该一直考虑所提办法的经济方面及其社会含义, 因为这一点可能影响农民大规模地采用这些办法。

三、行动计划的方针: 田间试验和示范

对于高地间作制, 只要可能, 尽量给间作制中所有作物条施磷肥。最好是在下种前将钾肥撒施整个地面并掺入土中。邻近非豆科作物的地方应追施氮肥。

建议按下列模式在农民的田里进行试验和示范。施肥率应因地制宜。

表1

各种耕作制

耕 种 制	作物/处理			备 注	
1. 以稻为基础 (低地的耕作制) (1) 两种作物连作制	稻	其它谷类	豆	其它谷物包括小麦、玉米和高粱。 土壤含钾高的地区, 可免施钾肥。	
	O O O	O O O			
	N O O	N P O			
	N P O	N P O			
	N P K	P O K			
	O O O		O O O	豆可以是粮用豆(绿豆、大豆、豇豆、花生), 也可能是饲料用豆。钾肥同上。	
	N O O		O P O		
	N P O		O O O		
	N P K		O P K		
	其它谷类作物	稻	豆	其它谷类作物包括稻、玉米、高粱和小麦。豆类为粮用豆或饲料用豆。土壤含钾高的可免施钾肥。	
(2) 三种作物连作制	O O O	O O O	O O O		
	N O O	N O O	O P O		
	N P O	N O O	O O O		
	N P K	N O O	O P K		
	豆	稻	其它谷类作物	同 上	
	O O O	O O O	O O O		
	O P O	N O O	O O O		
	N P O	N O O	O P O		
	N P K	N O O	N P K		
2. 以岗地作物为基础的耕作制 (1) 两种作物连作制	豆	稻	豆	同 上	
	O O O	O O O	O O O		
	O P O	N O O	O O O		
	O O O	N O O	O P O		
	O P K	N O O	O P O		
	谷类	豆类	小麦	玉米/高粱	第三次耕作, 豆类施小量氮肥 (每公顷20—30公斤)
	O O O	O O O			
	N P O	O P O			
	N O O	N O O			
	N P K	O O O			
(2) 三种作物连作制	NPK+Zn	O O O			
			O O O	O O O	谷类主要为小麦第三次耕作, 豆类施小量氮肥 (每公顷20—30公斤)
			N P O	N P O	
			N O O	N P O	
			N P K	N P O	
			N P K	NPO+Zn	
	O O O	O O O		O O O	
	N P O	O O O		N O O	
	N O O	N O O		N P O	
	N P K	O O O		N P O	

四、总的建议

1. 复种制中使用的术语,不同国家的研究人员有着不同的解释。各级人员都深深感到术语需要统一化和标准化。有人建议粮农组织应该对复种制及其有关的耕作制中所使用的术语进行进一步的审议并且使之标准化。可能为此要成立一个特别委员会。

2. 会议小组感觉到,急需召开另一次专家磋商会议,对复种制,尤其是靠天雨的高地条件下的混种制为提高肥料使用效率而进行肥料管理的结果进行专题讨论。

3. 达到最佳作物生产力所需的施肥率,是千变万化的。对任何耕作制都不可能提出一个单一并可通用的建议。

4. 肥料的条施比撒施更好。只要可行,肥料应施于种子旁边或种子底下。溶解力相对较差的肥料和沙性土层例外。

5. 在某种土壤和环境条件下,微量营养元素和次生营养元素可能会产生问题。在决定微量营养元素和次生营养元素的需要及施肥率时,需要着重考虑作物的感受性。

6. 如果要发展那些成功的复种制类型,影响作物生长的不良土壤条件(酸性、碱性)就需加以改良。

7. 豆类同效率高的根瘤菌系接种可有助于豆类更好地生长。

8. 成员国的土壤试验设备应予增加,粮农组织应在创造这些设备方面给予帮助。

9. 一个复种制有效的肥料分发网,需要有使用肥料的方式、类型和时间的具体数字。因而,需要特别重视由基层自下而上的最真实的消费估计。

10. 对整个连作过程的信贷需求要加以评定。这种评定的有效期通常应为2—3年。如果在此过程中发生了什么变化,也易于做出中期调整。

11. 由于面临要有效的满足复种制需求的挑战,对各级肥料销售人员的培养工作需要不断地进行。

工 作 文 件

论文一

复种制中肥料的利用——总的看法

R. N. Roy 和 H. Braun^①

一、前 言

大多数热带国家消费的大量的粮食都是以小规模农业制度生产的。其特点是土地持有量只有少数几公顷，机械化程度低，而且有着各式各样的复种制。在这些复种制中，一年可收获几次作物，这些作物常常同时生长在同一块地里。因此，粮农组织对发展和改善由发展中国家贫穷的小农所实行的复作制而提供技术和经济支持一事表示十分关切。

任何集约耕作制都大量地吸收土壤中对植物有效的养分。因此，提高对矿化肥料的利用是一个关键因素，由于肥料的供应数量有限，而且价格不断上涨，提高肥料的利用效率以及寻找可以代替的植物养分的来源因而就具有重要意义。直到近年来，研究工作的方向曾是要发现一种以单作制为基础的最佳的肥料方案。现在，人们越来越认识到，如果能为某一种耕作制作出施肥的最佳方案，肥料的利用效率就可以进一步地提高。这要考虑到种种组成因素，如：前茬作物的残效及其对后一茬作物肥料需求量的处理，豆类所提供的氮，施用不同种类肥料的最佳作物季节及时间，土壤—水—作物管理的水平，有机肥在补充矿化肥时的积累效应。

近十年来，在复种制肥料施用方面已做了相当多的研究工作。本文的目的就在于评价目前的知识状况，从实用的观点出发，找出现存的主要差距。

二、基本术语

虽然农民进行复种的时间久远，现在已无法考察，只是在近年来，科学家才对其进行研究。结果，在术语上仍存在某些不统一，也确实发生了混淆，例如，一方面，人们可能引用这样的词：单一栽培、单季作物、单一作物 (Wit et al, 1966; Sadanandan et al. 1974, 1976; Raq et al 1976; patia 1974; 等)，另一方面有多种栽培、复种、平行复种、伴生种植，多层种植 (Wichmin 和 Trenkel; Donald 1978) 以及连种、间种、条作等等。

基于各国现用的术语，安德鲁斯和卡撒姆已做了成功的尝试，建议对术语进行统一。他们已对主要复种类型定义提出了建议，其中还包括常用的有关词汇。复种是最高的一类，以下再划分两小类：连作和间作。前一种是以时间顺序为基础，后一种则以空间面积为基础。两种主要复种制的分类清楚地显示出了上述原理，如表 1 和表 2 所示。

安德鲁斯和卡萨姆试图给主要复种类型做出更精确的科学定义。这成为一种从农艺学做解释的良好基础。可是，人们常常必需和某些中间类型的耕作制打交道，这些中间制名为“套种制”，已经在时间和空间两个方面得到发展。此制既不是单纯连作也不是单纯的间

^①分别为联合国粮农组织肥料和植物营养司，土地和水发展处技术官员，主任，

表 1

各主要复种类型的定义

- 复种 { 在时间和空间方面对种植的集约化。
 一年中在同一块田里种植两茬及两茬以上作物。
1. 连作：每年在同一块田里顺序种两茬或两茬以上作物。后茬作物是在前茬作物收割后种植。作物集约化只从时间方面着手进行，不存在作物之间的竞争。农民在同一块土地上、同一时间内只经营一种作物。
- 两季：一年按顺序种两茬。
- 三季：一年按顺序种三茬。
- 四季：一年按顺序种四茬。
- 宿根种植：收割后，让作物再生，虽然不必用于粮食作物。
2. 间种：在同一块土地上同时种两种或两种以上作物
- 对作物从时间和空间两个方面加以集约化，在作物生长的整个或一段时间内存在作物之间的竞争，农民在同一块地上同时经营一种以上作物。
- 混合间作：同时种两种或两种以上作物，没有明显的条作安排。
- 条状间作：同时种两种或两种以上作物，一种或多种作物，按条作种植。
- 带状间作：两种或两种以上作物同时采用带状栽培法。这些带状土地的条宽度是以单独耕作，而且狭度足以在农业上能使作物相互作用。
3. 套种：作物在各自生长的某个阶段中，同时栽培有两种或两种以上作物。当第一茬作物生长到生殖阶段但还不到收割时种植第二茬作物。

注：耕作年按12个月计算，在某些干旱地区由于缺水，每两年只能种一茬者除外。在这些地区，连作制为每两年种两种或两种以上作物。

表 2

用于复种制的有关术语

- 单一种植：以一般密度只种植一种作物品种，与纯一种植同义，与间种正好相反。
- 单一栽培：同一种作物在同一块地里反复种植。
- 轮作：同一块地上几种作物(包括种植与休耕轮换)按一定顺序反复地进行耕种。一个周期常常需要几年才能完成。
- 耕作模式：在一定面积上，按照每年的时间顺序和空间来安排几种作物或耕作与休耕。
- 耕作制：用于农场的耕作模式及其与农业资源其它农业企业以及决定其构成的技术之间的相互作用。
- 混合耕作：包括种植作物、饲养牲畜、或林业的耕作制。
- 种植指数：在一既定土地面积上，每年种植作物的次数乘以100。
- 土地等量率：在同等的管理水平下，如得到同样产量，单一种植与间作所需土地面积的比率。土地等量比率是间作的各种作物产量的总和，这与单一作物的产量有关。
- 收入等量值率：在同样管理水平下，单一种植要生产出与一公顷土地上间作相等的总收入所需土地面积的比率。收入等值率是土地等量率的经济学术语。

种。把“套种”看作“复种”的第二小类似乎也是合理的。“复种”的分类如下：

复种：1. 连作 2 套作 3. 间作

如果在间种的小类中再加进复层种植制，就能够做出进一步的改进。这是涉及那些高矮相差较大作物的一种间作制。

上述分类绝不能认为是完善的，只不过是为进一步讨论而举个例子。

三、复种制中的肥料管理

复种是一种集约耕种制，它有几个优点：(1)一年中在同一面积上生长两种或两种以上的作物，具有更多的利润潜力；(2)从同一块地上可获得更大产量；(3)更加有效地利用营养物质、水分、阳光、设备、劳动力和其它生产投入；(4)作物的价格及歉收的风险

由两茬或两茬以上的作物分担；（5）土地在大部时间长有良好的植被，因而减轻了风和水的侵蚀；（6）对农民最昂贵的资源——土地的利用加以强化。

在对有成效的复作起着重要作用的几个因素中，土壤肥力管理还没有得到应有的重视，这主要是由于这个问题的复杂所致。本次专家磋商会议回顾了有关这个问题目前所处的知识状态，以便向农民传授实际成果并规划出将来的工作路线。

本文已经提出了在众多的资料中都出现过的几个概括性原理以及一些对未来工作的建议。

1. 连作

虽然在许多国家，长期实行连作制，但有关肥料的建议却仍是针对单一作物的。

有灌溉条件的连作制是以生长期短、对光和热不敏感的高产品种为基础，而靠雨水条件的耕作制的发展却是依靠那些能避开旱季或抗旱的生长期短的作物。这两种耕作制都是通过使用肥料来保证生产率的增长。比高效使用肥料更为重要的是与连作作物有关的施肥方法，从而使每种作物的肥料需求都能通过利用残效和本耕作制中豆科作物的作用而得到最大满足。余效可能由于时间较短因而与传统作物的轮作期不同。

人们已经得出许多高效使用肥料的一般原理，这些原理是与连作制有关的。

（1）在土壤肥力差、作物需要大量植物营养的情况下，有必要按推荐比例对连作中各茬作物进行施肥。

（2）由于集约耕作制中在收割时带走了大量氮素，所以耕作制中氮的问题就具有极其重要的实际意义。进一步来说，在没有任何明显的残效的情况下，每种作物都应施给足够的氮肥，尤其在轮作中没有豆科作物的情况下，然而，有些研究结果建议，特别在前茬作物使用过硝化抑制剂和长效含氮物质时，氮有储留，可用于后茬。在要得出有意义的结论之前，还需进行进一步的试验。

（3）豆类作物在适当地接种和施足磷肥的情况下，不但其自身生长需氮量小（已证明每公顷施20公斤氮素就足够），而且还能下茬作物留下每公顷20~50公斤氮素，这要看所种豆类是粮用还是饲用。

（4）为了最大限度地节省氮肥，有机肥应施于湿季作物而不是旱季作物，因为在湿季，作物的分解和同化能力都比较强。

（5）不同作物吸收土壤中的和外施营养质的能力相差很大，这就最终影响了所施肥料的残效。掌握适当的施肥时间对下茬作物发挥最大肥效是必要的。事实表明，在以土豆为基础的耕种制中，给土豆施磷和钾肥可收到较好的效果。与此类似，在以豆类为基础的耕作制中，磷最好施于豆类，这样下茬作物可从储存的肥效中得到好处。

（6）总的来说，在土壤肥力为中等的情况下，应把磷用于湿季作物，这样，其残效自然就被后茬旱季作物所利用。同样地给作物施用钾和锌也获得更多的好处。这些都被人们所公认。

作为起点，建议对不同生态的农业区制定高效、广泛采用的连作制施肥方案，可把一些单个作物的能以数量表示出的上述肥效加在施肥方案上。随后应在农民的田里进行多次适应性试验以使施肥方案更加精确。

由于当前使某种耕作制的施肥建议更加完善的方法主要来自农艺试验，因此，它需要更大的科学根据来把反应效能、肥力均衡转移等因素联合成一个以长期土壤肥力试验为基础和以适当的土壤和植物分析为依据的有力的经济模式。更进一步，土壤试验也需要改进和标准

化以发展能适合于耕种制而不是适合于耕种制中所种植的作物的适当施肥建议方法。

大家公认，连作中每种作物都应施用氮肥，对磷肥和钾肥反应最敏感的作物，每年施一次磷肥和钾肥。这也许需要重新调整肥料销售和供应的战略。

2. 间作

热带地区大部分国家所消费的大批粮食是由小规模耕作制生产的，其特点是占有土地几公顷，有限的机械化和多种类型的复种制，经常在同一块地里同时种植几种作物，一年内可收获几种作物。因此，为发展和改善发展中国家贫穷的小农所采用的这种耕作制而提供技术和经济支持，是一件深为粮农组织所关切的事。

在世界许多地区，间种已实行了几个世纪，然而，科学界只是在近年来才对此感兴趣，把它作为一种利用单位面积、单位时间来增加产量的手段。

间种制能在小农中普及推广的原因如下：

- (1) 灵活性。播种和种植的日子可安排得最适合劳动需求的时候。
- (2) 收益最高化。可从单位面积获得更高产量。
- (3) 资源利用充分化。土地面积的利用、光照的接受、水分、肥料、劳力等。
- (4) 风险最低化。提供更可靠的产量。
- (5) 保持土壤。延长了地面受覆盖的时间。
- (6) 保持土壤肥力。间种可看作是一种在同一块土地上各个季节所实行的一种作物轮换的形式。
- (7) 控制杂草。作物竞争是消除杂草的最廉价方法。
- (8) 营养原因。一个单块土地能提供较好的营养平衡。
- (9) 额外收入。一些伴种作物不需追加投入物。

除以下三条外，人们对其余各条都容易理解：②收益最高化，③资源利用充分化，⑥保持土壤肥力。这三条中的每一条都有多种因素相互作用，因而产生了理想的效果。现有的资料指明，间作的好处不仅表现在维持生计方面，而且还用于提高生产力方面。关于间作可保持和增加土壤肥力的可能性，在现有资料中还很少见。这主要是由于这个问题的复杂性。

农民的目的在很大程度上影响着用于间作制的肥料数量。

在为了维持生计而耕作，把二种和多种作物种植在一起，当做防止全部作物失败的保证时，肥料的用量一般就低一些，因为，肥料的供应常常受到限制。在这些条件下，按营养平衡比率追施肥料将是有益的。

当实行间种是为了提高有限的农艺投入物如灌溉水等的利用率时，不再给间种作物额外追肥。

当种植一种间种作物不是为了多得产量而主要是为了控制杂草或者作为一种绿肥的话，也不必追施肥料。但为了避免由于重要作物和间种作物竞争氮肥而引起主要作物减产的情况，也可施少量氮肥。

可是，如果目的在于获得单位面积和单位时间内的最高的作物产量，那么，就必须给种在一起的所有作物施用在经济上最合算的营养物，以获得最满意的总产。

间种制（混种、套种、条种）的肥料需求，常常只因个别作物需要增施肥料而大不相同，因为两种作物联种，或者可能引起一种更好地利用土壤资源（由于根系分布不同，从不同的土壤深度吸取营养），或者引起植物对营养和其它生长因素的竞争，

最经常混种的一年生作物的根系分布见表3：

表3

间作制的某些重要作物的根系分布

作物分类	根部分布深度 (厘米)	作物
浅 根	0—30	甘 蔗
中 深 根	0—50	花生、菜豆属、高粱、水稻、大豆、豇豆、小米
深 根	0—70	玉米、棉花
超 深 根	0—>70	木薯、木豆(多年生)

很明显，不同类别作物之间的任何种植组合都会由于组合中各种作物通过对不同土层的利用而有助于更好地对土壤的开发利用。可是必须强调，根系分布不但是各个作物的一个特点，而且还深受一些土壤性质（硬土磐、粘土磐、地下水位、有毒物质等等）的影响。对某一作物混合种植进行评价时，就必须从这个观点出发而加以考虑。品种不同，根系的分布也不同。

人们还认为，形态学特点（如根数、根系的再分裂程度和根系的生长和伸展率等）也可通过测定在根系生长时期裸露在土壤溶液中的活性表面的数量而调节离子的摄取。通过选种和育种来改变某一种类中的某些品种的根系分布的可能性，对于改善混合间种中作物组合来说是必不可少的，这种混合间种与提高土壤中氮、磷和钾的利用效率是有关系的。

在这方面，必须强调混合耕作制在改变植物养分循环上可能具有有利作用的重要性。这种通过混合耕作面改善了养分循环可以解释为主要是由于营养物已卷入被称为“生物循环”中，这就是土壤—植物，而不是“地质循环”：植物—土壤—大气或海洋。这样一种营养物循环的变化由下列因素造成：植物密度的增加导致营养物摄取量的加多；混合种植的植物在营养生长期出现不同的最大营养摄取期。

在混合耕作的作物组合中，间种豆类对导致植物营养物循环的有利变化和土壤肥力的恢复方面被认为是非常重要的。这种类型是有吸引力的，因为豆类不争夺阳光（由于株形矮），也不争夺土壤中的养分（由于有固氮能力）。

间作的基本作物

在总结现有的大量资料著作中，列出了那些广泛用于间种制和作物组合中的植物清单如下：

多年生树木，包括果树：椰子、油棕、橡胶、芒果、香蕉、咖啡。

豆类作物：木豆、菜豆属、大豆、豇豆、花生。

谷类：水稻、玉米、小米、高粱。

纤维：棉花

根作物和块茎作物：木薯

不同作物：叶类蔬菜、甘蔗

最广泛的使用作物组合：

水稻同玉米或木薯；

玉米同木豆、菜豆属、水稻、大豆、蔬菜；

高粱同豇豆、小米、花生、木豆、棉花；

棉花同豇豆、木豆、花生、洋葱；