

## 国际肥料通讯 第 26 期 2011 年 3 月

*e-ifc* No. 26, March 2011

国际肥料通讯电子杂志 (e-ifc), 季刊, 国际钾肥研究所主办

Electronic International Fertilizer Correspondent (*e-ifc*). Quarterly correspondent from IPI.

## 编者按

亲爱的读者:

在国际钾肥研究所, 我们经常会谈论到“食品安全”这个话题。让很多人都不安和关注的是, 2010 年下半年和 2011 年年初, 商品价格指数再一次快速上扬, 超过 2007/2008 年度的历史高点。那么, 食品价格居高不下是不是有可能成为一种常态呢?

一些人认为从全球来讲, 食品生产是充足的, 但没有得到适当地分配和贸易。一些人认为谷物生产的增速变慢了, 无法满足日益增长的人口食物需求。还有一些人则怪罪生物燃料和投机商人哄抬粮食价格。绝大多数观点在将来还可以进行讨论, 但很可能这个问题有多种影响因素。至少到目前为止, 没有什么灵丹妙药, 那我们怎么办呢? 从 IPI 的观点来看, 相信通过提高现有作物的管理水平, 可以极大地提高作物单产。举例来说, 我们可以在这期的国际肥料通讯电子杂志中看到, 有一篇文章就是关于

在印度大豆上普遍使用的植物营养管理及其在区域尺度上对产量的影响。可以很清楚地看到, 采用最佳管理措施代替那些不明就里的农民习惯的方式, 在提高农作产量和满足世界食物需求方面有巨大的潜力。从我们的角度和观点来看, 适当的施肥可以提高作物增产潜力。

在这期杂志中, 很有特色的一篇文章是有关在巴西塞拉多免耕系统的肥料试验的, 主要讨论盖地作物施钾及其对后茬大豆的潜在影响。另外一篇研究论文的题目是《2010 年巴基斯坦旁遮普邦洪水冲积物对土壤肥力的影响》。同时, 在这期杂志中, 还及时更新了学术活动和最新的科技文献。

最后, 告诉大家一个好消息。IPI 在其网站主页和区域活动页面中, 挂上了 IPI 项目活动示意图。这样, 读者朋友们可以更容易了解 IPI 的项目分布情况和我们在哪些区域更活跃。如果您对某一个项目感兴趣, 建议您和 IPI 的区域项目协调员联系获取更多丰富信息。

祝您阅读愉快!

Hillel Magen,  
国际钾肥研究所所长



照片拍摄: IPI

## 目录

编者按

研究报告

巴西塞拉多免耕系统的肥料试验 I 覆盖作物施钾效应及其对主栽作物大豆的潜在影响

Naumov, A., V. de M. Benites, M. Betta and G.V. Gomez

印度中部中层黑土上大豆可持续性高产的钾素营养评估

Dixit, A.K., D.S. Tomar, A. Saxena, and S.K. Kaushik

2010 年巴基斯坦旁遮普邦洪水冲积物对土壤肥力的影响

Ahmad, Z.

学术活动

最新出版物

钾素文献

信息公告

## 研究报告

### 巴西塞拉多免耕系统的肥料试验

#### I 覆盖作物施钾效应及其对主栽作物大豆的潜在影响

Naumov, A.<sup>(1)</sup>, V. de M. Benites<sup>(2)</sup>, M. Betta<sup>(3)</sup> and G.V. Gomez<sup>(3)</sup>

#### 引言

自 20 世纪 70 年代巴西普鲁拉州农民试行免耕耕作以来，这种栽培模式就在巴西全国迅速普及，目前已达 2600 万公顷，超过全国 40% 以上作物的种植面积(FEBRAPDP, 2008)。随着免耕栽培在大豆和玉米主产区（包括巴西南部的普鲁拉州、斯塔卡琳娜州、格兰德河及中西部的戈亚斯、马托格罗索以及南马托格罗索）的迅速普及，意味着巴西已经成为免耕技术的引领者，已接近美国 2005/2006 年的面积。

这些令人震撼的官方数据却受到专家们的质疑，他们认为在 2600 万公顷中只有 20%~30% 是真正意义上的免耕，即在种植前不进行整地，连续进行轮作和/或作物与牧草的轮作，并且利用秸秆或盖地作物进行覆盖。结合精准施肥、除草剂及农业机械等技术来提高免耕的实用性，成为巴西农民及农业研究人员不断的追求。巴西是一个农业大国（2.64 亿公顷农业用地，国际粮农组织，2008），地域差异显著，免耕技术的发展还需要依赖这些技术及土壤和气候条件。

(1)国际钾肥研究所拉丁美洲项目协调员，通讯作者：

[alexey.naumov@ipipotash.org](mailto:alexey.naumov@ipipotash.org)。

(2)巴西农业研究院国家土壤研究所，巴西 Rio de Janeiro。

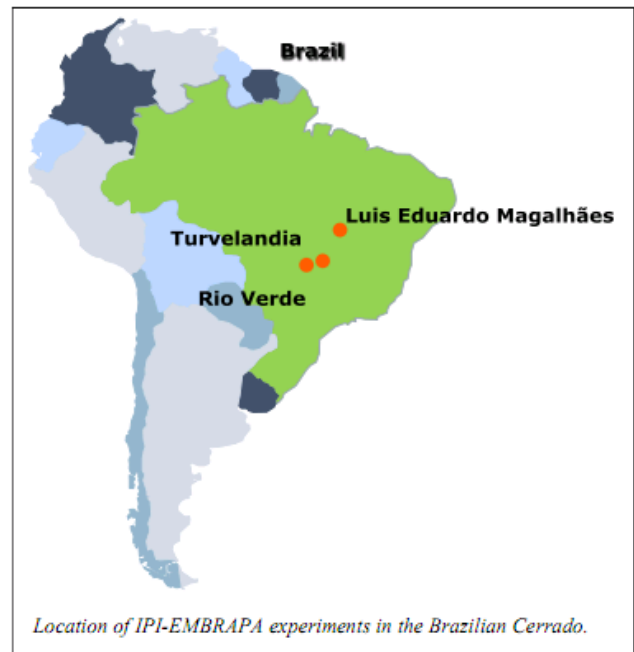
(3)FESERV, Rio Verde, Goias, Brazil。

自 2001 年以来，国际钾肥研究所（IPI）与巴西农牧研究院（EMBRAPA，或巴西农业研究中心）的国家土壤研究所及几个区域的单位合作，在巴西各州（见地图）进行免耕施肥（以钾为主要试验因素）试验。试验点位于近三十年有 6000 万公顷土地成为农牧结合区的塞拉多（热带稀树草原地区），当地农民（主要来自于巴西南部的移民）开始把家乡的免耕技术运用到不太适宜进行这项措施的塞拉多，其中最主要的问题就是当地矿质肥料利用率低，影响到了大豆的经济效益和其他经济作物的生产。

在进行试验的同时，对与塞拉多免耕有关的下列问题进行了考虑：

1. 大多数农民只用单一的氮磷钾配方<sup>(a)</sup>。由于每公顷大豆和玉米籽粒要带走 80kg 的  $K_2O$ ，农民只简单的施用特定数量的肥料，而不考虑不同地区土壤质地、土壤酸度及阳离子交换量等的差异，一些地区钾施用量过多而另外一些地方施钾量过少，从而导致土壤钾的不平衡（Naumov and Prado, 2008）。
2. 钾肥（主要是氯化钾）通常在经济作物（大豆或玉米）种植时作为基肥进行条施，而大豆一般在

(a)如像这篇文章中提到的 NPK 比例为 02-20-18 的肥料，就是专门用于 Rio Verde, Goias state 地区的配方。



春季种植（9 月 -10 月），这个季节是雨季，容易导致钾的淋失。如果能把钾或部分钾施用在覆盖作物（塞拉多常见的做法）上，就能通过覆盖植物的腐烂而向土壤持续释放钾素。

3. 由于大豆的“钾饥饿”现象一般出现在出苗 30 天后，应该保证这个时期土壤钾的含量有一个最高值，可以通过分期施用钾肥（基肥和追肥）或在临近作物种植前通过除草剂使覆盖植物腐烂从而向土壤提供有效钾。

考虑作物轮作和降雨等情况，以及不同地区的土壤状况进行的平衡施肥等措施，协调好主栽作物与覆盖作物间的施肥关系，不仅能通过提高钾及其它养分<sup>(b)</sup>的有效利用而降低生产成本，还能有效的保护环境。

本文是国际钾肥研究所（IPI）及巴西农业研究中心合作项目试验结果在 e-*ifc* 上发表的第一篇。该试

(b)2005-2007，农民的化肥开支占整个生产性支出的 30% 以上，而钾肥支出占 7%-9%。2008 年，化肥支出占整个生产支出的比例上升到 40%-50%。

验是在位于巴西农业商业发展最快城市之一的里约佛得市附近的戈亚斯州东南部进行的。当地农民大多种植大豆、玉米、棉花，最近有部分农民开始种植甘蔗。很多农民都是巴西农业主要合作组织——巴西圣保罗甘蔗工业技术中心 (CTC) 的成员。IPI-EMBRAPA 在里约佛得地区的试验是在 CTC 进行的，部分试验在当地农场进行了验证试验<sup>(c)</sup>。以下结果是 2005/2006 年间在 CTC 所做的试验，用以评价不同覆盖作物施钾对后茬主栽作物（如大豆）的钾效应。

### 材料和方法

CTC 的地理位置为 S 17°45'49"，W 51°02'03"，海拔高度为 878m。属热带气候，年降雨量为 1500-1600mm，有干燥的冬季和湿热的夏季，属于典型的塞拉多景观（热带稀树草原）。主要土壤类型为养分

含量低的粘性土。土壤的理化性状见下表 1。

2005 年 9 月选择 6 种不同覆盖作物进行种植，并对当地主要的覆盖作物——臂形草属进行了各种分析以比较其效果。6 种植物分别为尼日尔种子 (*Guizotia abyssinica*)，珍珠粟 (Milheto; *Pennisetum glaucum* cv. ADR 500)，苜蓿 (*Stylosanthes guianenses* cv. Campo Grande)，两种臂形草属 (*Braquiaria ruzizienses* and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) 及穆子 (*Eleusine coracana*)。人工播撒，不施肥，试验小区面积为 60m<sup>2</sup>，出苗后 15 天施钾肥 (KCl)，设四个不同的钾肥施用水平，分别为 0, 40, 80 及 120kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>，每个施肥水平四次重复。10 月最后一周对所有处理的作物在播种后 45 天进行脱水处理，并测定土壤钾含量以评估土

表 1 土壤基本理化性状 (0-20cm) (20 个土壤样品的平均数)

指标	单位	数值
pH	CaCl <sub>2</sub>	4.2
CEC	cmolc dm <sup>-3</sup>	6.24
Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	1.55
Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	0.29
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0.12
H+Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	4.3
V	%	31.35
有机质含量 OM	g kg <sup>-1</sup>	22.10
P	mg kg <sup>-1</sup>	15.13
K	mg kg <sup>-1</sup>	40
粘粒含量 Clay	g kg <sup>-1</sup>	390
淤泥含量 Silt	g kg <sup>-1</sup>	90
砂含量 Sand	g kg <sup>-1</sup>	530

壤钾向覆盖作物的转移量。土壤钾的测定用 Mehlich 法 (Silva, 1999)。

为了测定覆盖作物地上部的生物量，在脱水干燥前割取 1m<sup>2</sup> 的植株并立即测定鲜重及干重。植株钾的测定用 Silva (1999) 法，单位面积作物吸收钾素总量等于植株干物质中钾含量和干的生物产量的乘积。试验结果统计分析采用 Tucky (LSR) 多重比较方法 (Cruz, 2006)。

### 结果

由统计分析可知，不同处理的覆盖作物的生物量及钾累积量达显著差异 (表 2)。非常明显，珍珠粟的植株鲜重及干重都最大 (表 3)，干重达 4.49 mt ha<sup>-1</sup>，是其它五种覆盖作物的 2.5 倍。珍珠粟产量最大的原因是栽种后时间相对较短，收获时其它几种覆盖作物还没有完全成熟，而相对于其它几种覆盖作物，珍珠粟的生长周期最短。其它五种覆盖作物的干重没有差异<sup>(d)</sup>。六种覆盖作物钾含量在

表 2 不同处理覆盖作物生物量及钾累积量的统计分析结果 (F 值)

变异原因	鲜重	干重	钾含量	钾累积量
覆盖作物 (C)	56.32**	59.06**	11.68*	39.36**
钾用量 (D)	2.06ns	2.06ns	15.03*	4.52**
C×D	0.88ns	0.88ns	1.54ns	0.97ns
CV%	43.45	40.48	13.29	43.49

注: CV—变异系数。\*: 5% 水平差异显著; \*\*: 1% 水平差异显著; ns: 没有差异

表 3 不同覆盖作物的生物量及其钾含量 (不同钾水平的平均值)

覆盖作物	鲜重	干重	钾含量	钾累积量
	-----mt ha <sup>-1</sup> -----		%	kg k ha <sup>-1</sup>
珊状臂形草	5.37bc	1.13bc	3.97a	51.64b
鲁兹恩臂形草	9.38b	1.82b	3.72ab	48.88b
穆子	8.13bc	1.49bc	3.54abc	42.14b
珍珠粟	25.85a	4.49a	3.09bc	138.00a
黑尖粟	12.69b	1.67bc	3.64ab	45.87b
紫花苜蓿	1.13c	0.31c	2.93c	10.57c

注: 标记相同字母的表示在 5% 水平下没有统计差异 (LSR 检验)

(c) Rio Verde 联邦大学 (FESURV) 和技术培训中心 (CEFET) 的科学家也参与了该试验。

(d) 当覆盖作物生长在较低的降雨量 (3.6 and 2.1 mt ha<sup>-1</sup>) 的情况下时，珍珠粟和 *Braquiaria brizantha* 干的生物量和 Torres 等 (2005) 的实验结果相似。Sodr é Filho 等 (2004) 在相反气候条件下甚至获得比试验条件下 (为降雨量 1.89 mt ha<sup>-1</sup>) 更低的干物质生物量。





2.93%~3.97% (干物重), 这个数值远远低于生物量。虽然珊状臂形草(当地最主要的覆盖作物)的生物量中钾的浓度最高, 但每公顷钾素累积量只有  $52 \text{ kg ha}^{-1}$ , 而珍珠粟的钾累积量为  $138 \text{ kg ha}^{-1}$ , 是珊状臂形草的 2.5 倍, 这显示了珍珠粟在 6 种盖地作物中播种后一定时间里生物量最高的重要性。播种后 45 天的时候, 6 种盖地作物中珍珠粟生长最快, 而在这个阶段, 其他的作物都已经被脱水烘干了。相比之下, 根据 Bore 等人 (2007) 的研究, 穆子在播种后 66 天的钾累积量较多, 可达  $55.3 \text{ kg ha}^{-1}$ , 但相对于珍珠粟的钾累积量还是很低。

虽然随着钾肥用量的增加能显著增加覆盖作物生物量中钾含量及累积量, 如臂形草的钾含量与钾施用量呈直线相关(图 1)。但对覆盖作物的生物量影响并不大(表 2)。

覆盖作物干燥前土壤钾的测定结果表明, 不同覆盖作物处理 10-20cm 及 0-40cm 土层钾含量差异显著(表 4), 其中珍珠粟能大量吸收土层(0-40cm)中的钾, 使土壤中的有效钾含量从 40ppm 降低到 17ppm。而覆盖作物根系多, 对钾的吸收量大, 导致几种覆盖作物 0-10cm 表层土中的钾含量没有明显差异。

因为根系非常发达, 珍珠粟的高生物量需要从土壤中吸收较多的钾素, 在不同钾肥用量处理中, 种植珍珠粟土壤中钾的含量都较其它覆盖作物土壤钾含量低。目前没有证据说明随着覆盖作物钾肥用量的增加能提高土壤钾的累积量。而紫花苜蓿因生物量小, 其对钾的吸收量低, 增加钾肥施用量能增加紫花苜蓿土壤中钾的累积量(数据没有显示)。

讨论

能为土壤提供有机物质的覆盖植被是免耕的基本要素之一, 而这些植物生长迅速, 生物产量高, 为免耕系统中的作物轮作提供了基本条件, 覆盖作物除了为免耕系统提供有机物质, 还能从深层土壤中吸收养分, 促进养分物质的再循环。

以上结果表明, 珍珠粟是当地免耕系统最好的覆盖作物, 它不仅能从深层土壤中吸收大量的钾, 为主栽作物(大豆)提供更多的有效养分, 珍珠粟  $4.49 \text{ mt ha}^{-1}$  干物质中含  $138 \text{ kg ha}^{-1}$  钾(两个数据都是其它覆盖作物的 2.5 倍), 能为大豆提供足够的有效钾。该结论可以类推到其它短期覆盖作物上(约 60 天)。

如果以提高覆盖作物中钾素含量为施钾目的, 珍珠粟及各种臂形草都能有效促进钾肥向生物系统的转化。钾一旦被覆盖作物吸收就能迅速进入土壤循环, 因为其中的钾离子几乎被完全保留在细胞和组织中。众所周知, 覆盖作物能迅速促进钾的周转(Boer, 等人 2007)。珍珠粟吸收累积的钾量远远超过大豆所需的钾量, 这部分钾的释放速度虽然较慢, 但也足以满足主栽

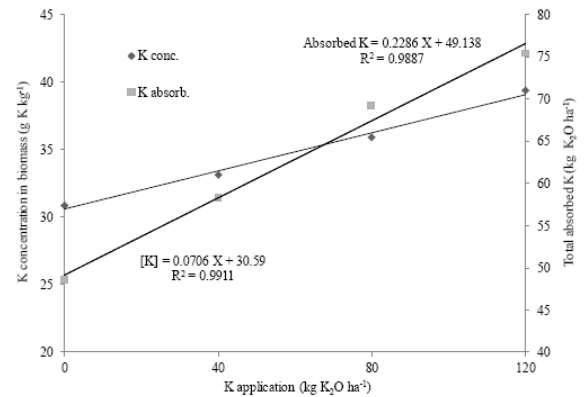


图1. 钾施用量与生物量中钾浓度及钾累积量之间的关系。这个结果是6种覆盖作物钾浓度的平均数, 图中的每一个数据包含24个小区数据(6种作物×4次重复)

作物(大豆)对钾的需求。在降雨量允许的地区利用覆盖作物来提高钾肥的利用率是一个很好的方法, 也能减少因为肥料条状撒施在土表而使作物根系周围土壤发生盐碱化的风险。

从覆盖作物对主栽作物钾或其它养分的再循环效果方面考虑, 气候条件(降雨量)是重要的因素。如果在覆盖作物生长期降雨量太少, 干旱的土壤可能使覆盖作物的生物量(包括其中的养分)较低, 而在覆盖作物循环的最后阶段如果降雨量太大又可能导致养分的淋失。另一个需要考虑的重要因素就是病虫害, 如线

表 4 覆盖作物干燥前三种不同土层的钾含量

覆盖作物	土壤钾含量 (cm; $\text{mg kg}^{-1}$ )			
	0-10	10-20	20-40	0-40
珊状臂形草	43.3a	23.19ab	15.5a	24ab
鲁兹恩臂形草	32.19a	21.63ab	13.44a	22ab
穆子	39.81a	27.0a	14.56a	27a
珍珠粟	22.2a	16.88b	12.31a	17b
黑尖粟	40.0a	26.25ab	15.56a	27a
紫花苜蓿	34.19a	25.69ab	14.96a	25ab
CV%	47.28	38.09	22.12	30.71
F 检验	ns	*	ns	**

注: CV—变异系数。标记相同字母的表示没有统计差异\*: 5%水平差异



虫就是一个典型。有些覆盖作物可以抑制线虫在某些作物上的发生，所以可以通过作物种类的选择来避免这方面的问题。

### References

- Boer, C.A., R.L. de Assis, G.P. Silva, A.J.P. Braz, A.L.L. Barroso, A. Cargneluttii Filho, and F.R. Pires. 2007. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42(9):1269-1276.
- Cruz, C.D. 2006. Programa Genes: versão windows: biometria. Viçosa: UFV. 381 p.
- FEBRAPDP. 2008. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Brazilian Federation of Direct Planting); [www.febrapdp.org.br](http://www.febrapdp.org.br).
- FAOSTAT. 2008. <http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor>
- Naumov, A., and R.B. Prado. 2008. Mapping Spatial and Temporal Potassium Balances in Brazilian Soils of South-West Goias. e-*ifc* No. 15. International Potash Institute (IPI), Horgen, Switzerland. <http://www.ipipotash.org/eifc/2008/15/3>.
- Muraishi, C.T., A.J.F. Leal, E. Lazarini, L.R. Rodrigues, and F.G. Gomes Junior. 2005. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em plantio. *Acta Sci. Agron. Maringá*, 27(2):199-207.
- Oliveira, S.A. de. 2002. Análise foliar. In: Cerrado - Correção do solo e adubação. Editores: SOUSA, D.M.G de; LOBATO, E. Embrapa: Brasília. p. 245-256.
- Paul, E.A., and F.E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego: Academic Press. 275p.
- Pires, F.R., R.L. Assis, G.P. Silva, A.J.B.P. Braz, S.C. Santos, S.A. Vieira Neto, and J.P.G. Souza. 2007. Desempenho Agrônômico de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. *Bios. J., Uberlândia*, 23(3):41-49.
- Torres, J.L., M.G. Pereira, I. Andrioli, J.C. Polidoro, and A.J. Fabian. 2005. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, 29:609-618.
- Sodré Filho J., A.N. Cardoso, R. Carmona, and A.M. Carvalho. 2004. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39(4):327-334.
- Teixeira, C.M., G.J. Carvalho, A.E. Furtini Neto, M.J.B. Andrade, and E.L.S. Marques. 2005. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão de porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, 29(1):93-99.
- Segatelli, C.R. 2004. Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura de *Leusina coracana* (L.) Gaertn. (Dissertação de Mestrado). ESALQ. Piracicaba-SP. 72 p.
- Silva, F.C. (eds.). 1999. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantase Fertilizantes*. EMBRAPA, Brasília. 370 p.
- Wieder, R.K., and G.E. Lang. 1982. A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Decomposition Date Obtained from Litter Bags. *Ecology*, 63:1636-1642.

研究报告“巴西塞拉多免耕系统的肥料试验 I 覆盖作物施钾效应及其对主栽作物大豆的潜在影响”也可以在IPI官方网站 [区域活动/拉丁美洲](#)栏目中看到。



覆盖作物(*Brachiaria brizantha*)秸秆还田种植大豆。  
摄影: V. Benites.

## 研究报告

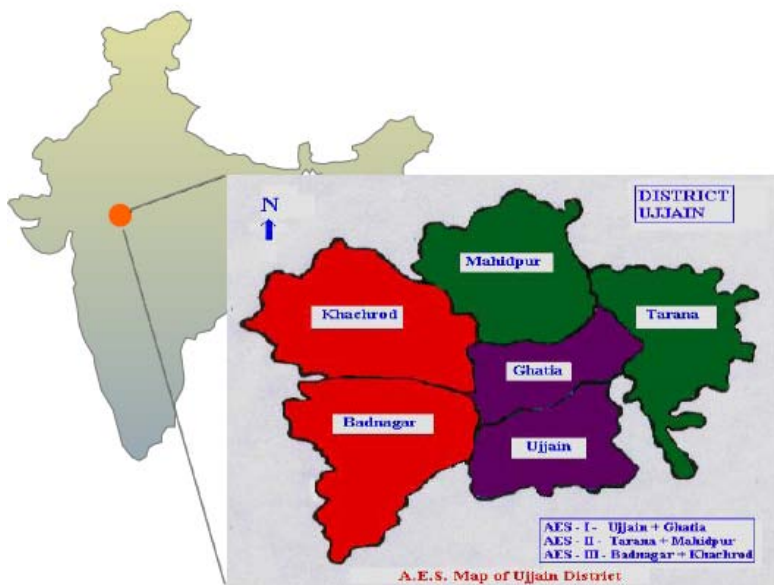
### 印度中部中层黑土上大豆可持续性 高产的钾素营养评估

Dixit, A.K.<sup>(1)(2)</sup>, D.S. Tomar<sup>(2)</sup>, A. Saxena<sup>(2)</sup>,  
and S.K. Kaushik<sup>(2)</sup>.

#### 引言

大豆是人类和动物营养中重要的油料和蛋白作物。油料和蛋白的持续需求刺激了大豆产量的增加，而这种增产大多是通过扩大种植面积来实现，很少是通过提高土地生产力获得（表 1）。全世界大豆的种植面积为 9880 万公顷，其中 90% 集中在美国、巴西、阿根廷、中国和印度。印度的大豆种植面积占世界的 8%（780 万公顷）。FAO 统计数据表明，与世界大豆平均产量 2249 kg ha<sup>-1</sup> 相比，印度的大豆产量水平最低，为 1064 kg ha<sup>-1</sup>（联合国粮农组织, 2011）。尽管这个数字在 2007 年相对于世界平均产量有稍微的下降，但在印度仍有所上升。

马德亚邦是印度大豆的主产区，以大豆之州闻名，这里的大豆种植面积为 480 万公顷，单产为 1.120 kg ha<sup>-1</sup>，分别占印度大豆种植面积和总产量的 70% 和 64%。乌迦因区大豆的种植面积约为该州面积的 10%，且大豆的单产比该州平均水平稍高。2007 年，



乌迦因区的农业生态状况。来源：印度马德亚邦农业董事会。

印度农业科学研究中心 (KVK) 在乌迦因区发起了一种参与式农区评价 (PRA)，结果表明导致大豆低产的主要因素有：

1. 与根据种子指数所推荐的播种量 70~80 kg ha<sup>-1</sup> 相比，该地区播种量高达 125 kg ha<sup>-1</sup>。这种密植导致了植株长势差，病虫害发生率高和结实率差的问题。
2. 早熟、无分枝大豆品种的行距一般为 30cm，而生育期长和有分枝品种的行距为 45cm。但是，这里的农民不管大豆品种情况，统一行距为 25~30cm。
3. 有机肥或农家肥的常规推荐量为 5~10 mt ha<sup>-1</sup>，而这里的农民在田间燃烧秸秆且不施用有机肥或农家肥，从而造成土壤板结和肥料利用率下降。

4. 大量施用氮肥和磷肥，而不施用钾肥、硫肥和锌肥。
5. 间作条件下播种后 20 到 25 天撒施磷酸二铵，或者将磷酸二铵与种子混合播种。
6. 施用未腐熟的农家肥，缺少完善的杂草管理措施并实行单一作物制，导致杂草生长量大。

随着高产品种和多熟制应用，土地生产力不断提高，施用肥料对油料作物增产和改善品质来说越来越重要。对于这种能量丰富的作物来说，大豆增产较慢在一定程度上与养分缺乏或不平衡有关 (Joshi, 2007)。钾是参与新陈代谢过程和能够起到增产作用的重要元素之一 (Imas and Magen, 2007 and Basseto 等, 2007)。印度的长期试验结果表明，钾素缺乏可导致作物减产 (Rupa 等, 2003)。由于大多数秋收大豆生长在雨养条件下，

<sup>(1)</sup> 通讯作者。

[dixitak\\_2007@rediffmail.com](mailto:dixitak_2007@rediffmail.com).

<sup>(2)</sup> Krishi Vigyan Kendra (KVK), Rajmata Vijayaraje Scindia Krishi Vishwa Vidyalaya (RVSKVV) M.L. Nagar, Ujjain (M.P.), India.



**表 1. 全印度、马德亚邦和乌迦因区的大豆产量，2006-2010**

年份	印度			马德亚邦			乌迦因区		
	面积 '000 ha	总产 '000 mt	均产 kg ha <sup>-1</sup>	面积 '000 ha	总产 '000 mt	均产 kg ha <sup>-1</sup>	面积 '000 ha	总产 '000 mt	均产 kg ha <sup>-1</sup>
2006-07	8 320	8 850	1 063	4 705	4 789	1 019	430	468	1 087
2007-08	8 880	9 990	1 124	5 202	5 368	1 033	432	513	1 189
2008-09	9 510	9 910	1 042	5 295	5 924	1 120	444	628	1 416
2009-10	9 607	10 050	1 046	5 349	6 406	1 199	444	671	1 511

尤其是在鼓粒阶段，大豆容易不同程度受到水分和温度抑制，致使产量受到一定影响，而钾素养分可在很大程度上降低这种抑制程度(Tomar and Dwivedi, 2007)。该地区钾肥的施用量为每季秋收作物 1.4 kg ha<sup>-1</sup>，春收作物 6.8 kg ha<sup>-1</sup>。每年每公顷 N、P 和 K 肥的消耗比为 8.5:6.9:1，而不是理想条件下的 4:2:1。

真菌病害引起的大豆锈病可使该地区产量下降 10% 到 80%，进而造成重大经济损失。持续增长的大豆缺钾现象和潜在发生的亚洲锈病 (*Phakopsora pachyrhiza*) 促使了人们在生产实践中更加注重增加钾素营养以降低病害的发生。

#### 大豆种植系统中的钾素平衡

提高钾肥平衡施用的理性基础是大豆种植系统中的钾素平衡状况。基于全国开展的长期肥料试验结果，印度钾肥的施用量一般小于钾的带走量，大部分作物体系中钾素处于亏缺状态。因此，必须提高土壤钾素储量以满足作物钾素需求。在变性土上的大豆-小麦-豇豆轮作体系中，钾素的总吸收量远远超过钾肥施用量。连

续多年种植大豆-小麦的农作制度下，不施用钾肥的小区（对照，N 处理和 NP 处理）的结果显示了土壤钾库对满足作物需钾需求的重要性，也说明土壤一直处于一种不能完全满足作物钾素需求的巨大压力下。变性土或者以变性土为主的大豆种植区，土壤中速效钾的含量很高，但钾的储量很小。在不施钾肥这些土壤也能够种植作物，但钾素会很快会耗尽。马德亚邦的低洼变性土不能自给养分，需要施用钾肥(Subbarao 等, 2008)。

#### 研究方法

乌迦因市农业科学研究中心 (KVK) 致力于通过恢复土壤自然肥力来提高农业生产力的技术推广。该市位于北纬 20°43'~33°36'，东经 75°~76°30'，海拔为 527m。它属于第十农业气候区，即马尔瓦高原的农业生态气候区。本试验选取印度乌迦因市和马德亚邦 Ghatiya 5 户农民的地块，于 2008 年秋收作物期间进行，该地区的农业生态条件见图 (AES-I)。

该地区农民常在大豆季施用 100 kg 磷酸二铵，在小麦季施用 125 kg N:P:K 为 12:32:16 的肥料（印度农民肥料合作社，IFFCO）。因而，在该地区的大豆-小麦种植系统中，仅小麦季施用适量的钾素（大约每公顷 20 kg 的 K<sub>2</sub>O）。基于 2007 年进行的群体反应性抗体试验 (PRA)，KVK 认为大豆-小麦轮作体系下作物低产（平均为 1040 kg ha<sup>-1</sup>）的主要原因为肥料的不平衡施用，包括钾肥的缺乏。事实上，农民根本不按照由大豆研究理事会 (DOSR, 2007) 所制定的养管理体系所推荐 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O:S 的比例 20:80:40:20 进行施肥。本研究的目的是通过比较农民常规施肥（不施钾 K=0）与 DOSR 推荐量 (20 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>)



田间试验监测. A. K. Dixit 拍摄



表 2 钾肥对大豆生长和产量的影响 (2008)

处理	K 水平	株高	分枝/株	根瘤/株	根瘤干重/株	结荚/株	测定重量 <sup>(1)</sup>	籽粒重量	秸秆重量	籽粒秸秆比
	$kg\ ha^{-1}$	$cm$	No.	No.	$mg$	No.	$g$	$kg\ ha^{-1}$	$kg\ ha^{-1}$	%
T1	0	40.68	3.05	21.45	67.4	28	11.1	1220	2570	47.4
T2	20	41.38	3.45	26.93	87.29	30.9	11.78	1320	2750	48.12
T3	40	51.26	3.96	30.27	114.84	37	12.8	1550	2950	52.6
Sem±		1.61	0.16	0.99	1.83	1.31	0.20	0.35	1.28	1.52
t 检验, p< 0.05 达显著水平.		2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
		3.70	0.36	2.29	4.21	3.03	0.47	0.81	2.94	3.50

<sup>(1)</sup> 100 粒种子的重量

和更高施用量 (40 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) 的差异, 评估钾肥对大豆生产的影响。试验开始时, 土壤有效氮、有效磷和有效钾含量分别为 186, 9.4 和 289 kg ha<sup>-1</sup>。

### 结果和讨论

表 2 的数据表明, 与农民常规不施用钾肥相比, 每公顷施用 40 kg K<sub>2</sub>O 显著影响了大豆的所有生长参数 (株高, 分枝数, 每株根瘤数, 根瘤干重, 每株结荚数, 百粒重, 籽粒和秸秆重, 以及收获指数等)。施用 40 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> 对大豆生长最显著的影响就是每株根瘤数和干重的增加 (图 1), 大约比不施钾肥处理增加 50%。根瘤数的增加可促进大豆的生物固氮作用, 进而提高产量。本试验中大豆产量 (表 2, 图 1) 显著高于马德亚邦的平均产量 (表 1)。

钾对大豆的一些生理和生化过程起着重要的作用: 它是 60 种酶的激活剂; 是光合作用所必需的元素, 能促进碳水化合物的生产, 进而为根瘤细菌固定大气中氮素提供能源; 它也能促进碳水化合物向根部的转运,

促进根毛的生长和根瘤的形成 (Mengel and Kirkby, 1980)。

在该地区施用钾肥能够提高大

豆的抗虫性和抗病性, 这一结果在前文已有报道 (*e-ife* No. 11, 3/2007)。

图 2 中的试验结果表明, 作物早期生

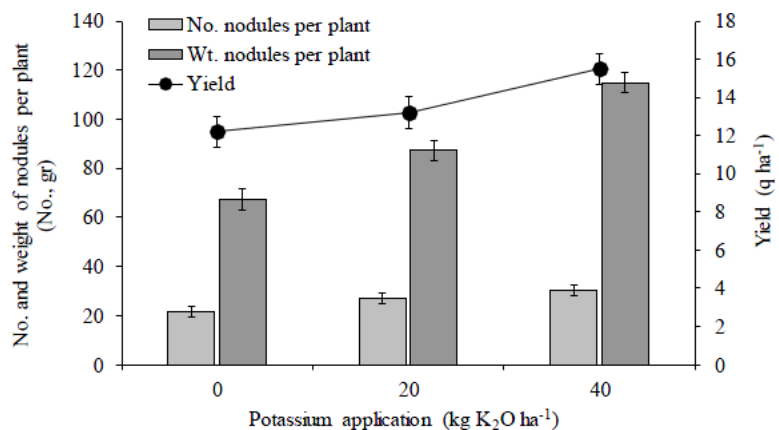


图 1 施用钾肥对植株根瘤数及根瘤干重的影响。

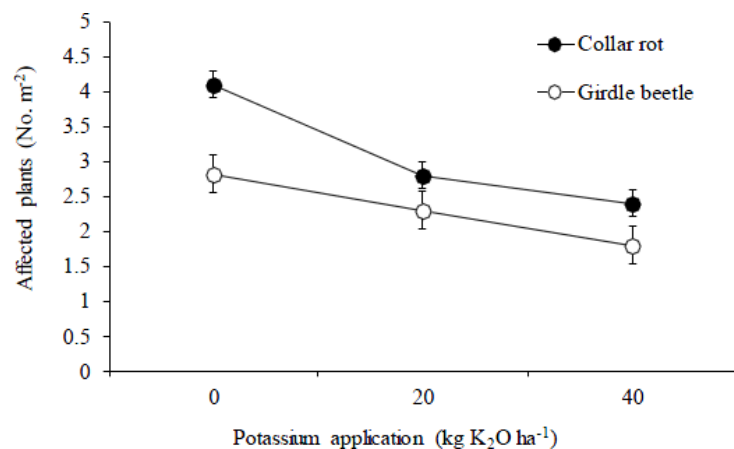


图 2 施用钾肥对减轻受疫病和环形甲虫危害的植株数的效果



**表 3** 大豆施用钾肥后的农学效率和经济效益

处理	K 水平 $kg\ ha^{-1}$	效率和效益		
		农学效率 $kg\ 籽粒/kg\ K_2O$	净收入 卢比 $ha^{-1}$	增产效益成本比
T1	0	0	13 680	0
T2	20	5.10	15 632	9.53
T3	40	8.25	19 650	15.06

ICBR: 增产效益成本比, 此比例为产量增加量和钾肥费用之间的比例, 每千克  $K_2O$  的费用为 7.71 卢比。

长阶段所遭受的两个主要生物逆境为疫腐病和环形甲虫的攻击。由于营养不平衡和作物单作, 这两种病虫害大量发生, 而施钾可以减轻其发生及危害。我们的研究表明, 按照推荐方法施肥, 每平米植株的病害发生率从 4.6 下降至 2.4, 虫害发生率从 3.03 下降至 1.8, 同时作物的产量也随之增加。

施用钾肥的效益可以通过钾肥农学效率和收入成本间变化来计算 (表 3)。本试验中, 钾素利用率随着钾肥用量的增加而增加, 这也表明我们应当测试更多施用量的效果。施用每千克  $K_2O$  可生产出 8.25 kg 的籽粒, 因而, 每公顷施 40 kg  $K_2O$  能够增加净收入 5970 卢比, 或者使增产效益成本比增加至 15.05, 这对农民来说, 效益是很可观的。

### 技术的传播和推广——一个农民增收的重要途径

基于在实际农田的试验结果 (表 4), 对于其他两种主要营养元素配施推荐量钾肥, 仅仅通过施用钾肥农民就能够增产 8%~27%。其中, 每 100 kg 的  $K_2O$  需要 772 卢比, 表 4 中 T2, T3 处理每公顷  $K_2O$  的费用分别为 154 和 308 卢比。表 3 最后一栏为该地区可能增加的额外收入。在此过程中, 几乎可以忽略耕作过程中费用增加的问题, 因而这是一个很容易达到的目标。

### 横向推广

农民看到这项技术的效益后, 他们会在未来几年里采用这项技术和相应的科技建议。表 4 中的数据显示了这项技术对增加产量、总收入和总税收的贡献能够直接计算出的影响。

**表 4** 乌迦因区的横向技术传播和每年收入差距

处理	K 水平 $kg\ ha^{-1}$	净播种面积 $ha$	产量	总产量	产量增加量	消费增加量	效益增加量
			$q\ ha^{-1}$	$q$	----- 卢比 (千万) -----		
T1	0	450 000	12.20	5 490 000	0	0	0
T2	20	450 000	13.24	5 958 000	468 000	9.65	58.5
T3	40	450 000	15.50	6 975 000	1 485 000	20.00	165.63

这也反映了农民采用这项技术后的经济可持续性。

### 适用性

大豆现为马拉瓦高原地区收入最高的秋收作物, 这改变了农民过去二十年的经济局面。尽管栽培条件下品种的遗传潜力超过了  $2.5\ t\ ha^{-1}$ , 而在今天看来, 由于生产成本的增加和增产的停滞, 目前的高收入无法一直持续下去。从这个角度看, 为了获得高产和高经济收益率, 农民已经意识到了大豆钾素营养的重要性。

### 可持续性

尽管该地区种植的大豆为高产潜力的改良品种, 然而, 由于大豆-小麦的连续种植和肥料的偏施, 土壤质量不断恶化。基于土壤测定的结果, 根据大量元素和中、微量元素 (如硫和锌) 的平衡状况将该地区划分为不同水平。通过大田实践, 农民十分满意并认同了施用钾肥对大豆的重要性。由于这项技术能够增产、增收且成本低, 因此可持续性较高。

### 均匀度

在相似的农业生态气候区, 所有地块上每公顷施用 40 kg  $K_2O$  的增产

效应都相似，最高产和最低产的变异度仅为 2.55%。因此，本试验结果的均匀度非常好。

**参考文献**

Basseto, M.A., P.C. Ceresini, and W.V. Valerio Filho. 2007. Severidade de mela da soja causada por *Rhizoctonia solanai* AG-1 IA em função de doses de potássio. *Summa Phytopathologica* 33:56-62.

*e-ific* No. 11. 2007. Potassium Nutrition in Balanced Fertilization of a Soybean-Wheat Cropping System in Madhya Pradesh, India. International Potash Institute, Horgen, Switzerland. <http://www.ipipotash.org/eifc/2007/11/4>.

FAO STAT (2011). FAO Statistics Division. <http://faostat.fao.org>.

Imas, P., and H. Magen. 2007. Role of Potassium Nutrition in

Balanced Fertilization for Soybean Yield and Quality - Global Perspective. *In: Proceedings of Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean based Cropping System.* p. 1-20.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1980. Potassium in Crop Production. *Advances in Agronomy* 33:59-110.

Rupa, T.R., S. Srivastava, A. Swarup, D. Sahoo, and B.R. Tembhare. 2003.

The Availability of Potassium in Aeric Haplaquept and Typic Haplustert as Affected by Long-Term Cropping, Fertilization and Manuring. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 65:1-11.

Subbarao, A., S. Srivastava, R.H. Wanjari, and M. Singh. 2008.

Potassium Dynamics of Vertisols and Associated Soils and Its Use Efficiency. *In: Proceedings of Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean based Cropping System.* p. 37-48.

Tomar, V.S., and A.K. Dwivedi. 2008. Role of Potassium in Abiotic and Biotic Stress Management. *In: Proceedings of Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean based Cropping System.* p. 25-36.

本篇文章《印度中部中层黑土上大豆可持续性高产的钾素营养评估》也可以在国际钾肥研究所网站“[区域活动/印度](#)”栏目找到。



## 研究报告

### 2010 年巴基斯坦旁遮普邦洪水冲积物对土壤肥力的影响

Ahmad, Z.<sup>(1)</sup>

#### 摘要

巴基斯坦印度河 (Indus River) 2010 年 7-8 月所泛滥的洪水, 是该地区过去 75 年来所发生的最严重的一次洪灾。受洪灾影响地区面积达 160,000 km<sup>2</sup>, 旁遮普邦约 75 万公顷耕地受灾。洪水带来的冲积物沉积在土壤表面, 平均厚度达 15cm, 从而影响了该地区的土壤肥力状况。

为了评估洪水对土壤肥力状况的影响, 此次研究从旁遮普邦政府宣布为受灾的地区中, 选了 146 个点开展取样工作。在每个采样点, 都记录下了沉积层的厚度。样品检测方法采用位于木尔坦 (Multan) 的 Engro 土壤测试实验室和拉合尔 (Lahore) 土壤和水检测实验室例行的检测方法。对检测结果进行统计分析后, 用以对本文的结论进行阐述。

我们注意到, 印度河洪水所带来的淤泥的厚度为 2.5cm 到 30cm, 相比其他河流对附近流域的影响来说, 这个厚度值较高。本研究还注意到, 受灾地区由于洪水所带来的物质和洪水淋洗的复合作用, 土壤盐碱化程

<sup>(1)</sup> Engro 肥料有限公司, 卡拉奇, 巴基斯坦。 [smdonorth@engro.com](mailto:smdonorth@engro.com)



巴基斯坦印度河水系, 遭受洪灾地区和取点示意

度得以减轻。洪灾过后, 由洪水带来形成最上层的沉积层, 同该土层下面的原来的土壤相比, 沉积层的有机质和有效磷的含量较低, 而速效钾含量和土壤水分饱和度和则较高。

对这类土壤实施复垦时, 建议应采取深耕和施肥的措施来改善土壤物理性状。关于肥料的施用, 推荐增加氮肥和磷肥投入, 并根据钾肥的消耗量施用钾肥, 至少在洪灾后的短期内需采用这样的施肥方式。对该地区广泛种植的需钾量较高的作物, 如甘蔗、果树等, 建议采用精确的定点测试的方法, 测定作物需钾量, 并据此推荐钾肥施用量。

#### 引言

印度河流域的耕地面积占巴基斯坦全国耕地面积的 70% (2700 万

公顷), 该地区的耕地主要是由数世纪以来印度河及其支流的带来的冲积物质沉积而成。“印度河水系 (Indus Rivers System, IRS)” 是对印度河及其 5 条在旁遮普省的支流和吉波尔 Pakhtunkhawah 省的坎布尔河 (Kabul) 的总称。5 条旁遮普省的支流分别是, 杰赫勒姆河 (Jhelum)、杰纳布河 (Chenab)、拉维河 (Ravi)、萨特雷季河 (Sutlej) 和比阿斯河 (Beas), (国家灾难管理局-联合国开发计划署, NDMA-UNDP, 2010, 详见示意图)。该水系发源于喜马拉雅山脉以及卡拉昆仑山脉和兴都库什山脉的的广袤区域, 水流湍急, 一直到流入平原地带才开始变缓 (Rehman and Kamal, 2005)。这些河流的水源来自于地下喷泉、融雪和集雨面蓄积的雨水等。



由于2个主要方面的原因，这些河流成为了为印度河流域耕地提供丰富植物养分的来源。一是喜马拉雅山脉活动的地质和不稳定的结构，产生大量的疏松物悬浮在河水中。二是河流穿过广袤平原时，河流中的悬浮物受地心引力作用，在运输途中沉淀下来。

除了通常情况下印度河的水流对该流域的耕地土壤属性的影响外，作为季节性经常爆发的洪水，是该流域土壤肥力构成的重要推动力量。洪水经常在夏季发生，此时由于蓄水盆地的季风带来的降雨和因温度升高导致融雪雪水

的增加，使得河水迅速增加，并远超过河流的承载能力。这样就使得河水溢出河道，淹没了附近区域。在发生洪灾的地区，洪水最终随着时间而下渗或蒸发，洪水中的悬浮物得以沉淀，从而影响了这些地方的土壤生产力。就短期而言，洪水对农作物生长、配水系统和其他农业基础设施，以及生活在该地区的家畜和人类都会造成破坏。但从长期来看，洪水则是土壤形成过程中的重要因素，也是提高土壤生产力的重要来源，因为洪水带来的冲积物质的沉积，减少了过多的土壤可溶性盐，并且这些沉积

物中包含了丰富的矿物质，尤其是钾素。

回顾巴基斯坦过去洪灾历史可以发现，在雨季多发期，巴基斯坦的洪灾多发生于印度河支流的汇水盆地，而非印度河主干流，这主要是因为印度河干流水来自融化的雪水，而其基本不受雷雨的影响。然而在2010年，印度河水系的各个支流却显得十分平静，而印度河干流却由于其汇水盆地7月下旬发生的大量降水而显得异常活跃。值得一提的是，印度河和喀布尔集雨面的降水量，在1周时间内（2010年7月28日到8月4号）就超过了往常整个雨季降水量的一半，而通常整个雨季降水时间会持续3个月。因此，印度河无法在短期内承纳如此大的降水量，该降水量是以前同期的8到10倍。这样的降水量所造成的后果也是空前严重。据估计，自印度河流域有历史记录以来，此次受灾区域面积是过去75年来最大的一次：受灾面积达到了160,000km<sup>2</sup>。此前受灾最严重的是1976年，其受灾面积也只有90,000km<sup>2</sup>。

本文研究目的是根据土壤养分状况的变化，和其他与土壤性质有关的参数，如pH，电导率（EC）和土壤质地，评估2010年洪水对旁遮普邦受灾地区土壤质量的影响。通过了解以上内容，为受灾地区农户将来作物的种植提供适合的土壤管理措施建议。

### 研究方法

这项研究的目的是，快速评估洪积



照片1. 对扎法戈（Muzaffargarh）（上图）和德利加兹汗（Dera Ghazi Khan）（下图）地区沉积物的观测和辨识。摄影：Z.Ahmad。



物以及特大洪水本身对与作物产量相关的几项土壤性质的影响。从 25 个旁遮普邦政府宣布为 2010 年受灾地区中选取了具有代表性的地点，采集了一定数量的土壤样品。选采样点时，只选了受洪灾影响的地区，而没有选那些只受到雨季影响的地区。每个采样点采 2 个样品，一个是沉积的淤泥，一个是淀积层以下 15cm 的土壤。

土壤采样时间为 2010 年 9 月的第 3 周至第 4 周。在这之前，参加采样工作的 Engro 肥料公司当地市场发展部的人员接受了高级市场发展部（北部）的培训，学习了选点、采样和如何通过现场观察分辨沉积物的厚度（照片 1）等内容。到了取样时间时，90% 的受灾地区的洪水已经减退或下渗/蒸发，此时土壤的湿度正好方便开展采样工作。采样时，没有采用栅格法，只是确保采样点的间距最少保持在 5km。在任何一个 UC 单位内（Union Council，人口统计学单位，每一个 UC 由 10000 人构成，该人口单位用于行政管理），如果沉积物的厚度和（或）洪水淹没时间的长短不一样，则采 1 个以上的样品。

采集的土壤样品经实验室检测分析，得出土壤 pH、土壤质地、有机质，有效磷（碳酸氢钠浸提法， $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ ）和速效钾（醋酸铵浸提法， $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ ）的检测结果。检测工作是在木尔坦（Multan）的 Engro 土壤测试实验室和拉合尔（Lahore）土壤和水检测实验室中进行的。检测土壤电导率采用的方法

表1. 洪灾地区取样点详细情况

District	No. of UCs* affected	Total affected area (ha)	No. of sites sampled
Attock	10	2,866	5
Bahawalpur	16	21,261	0
Bhakkar	64	99,060	0
Chiniot	60	7,056	0
DG Khan	237	148,146	17
Faisalabad	23	7,014	0
Gujrat	13	659	0
Gujranwala	18	4,925	0
Jhang	322	179,062	10
Jhelum	73	2,826	0
Kasur	20	2,482	0
Khanewal	4	24,000	0
Khushab	125	59,104	5
Layyah	70	143,500	15
Mandi Bahauddin	26	20,300	0
Mianwali	154	31,945	10
Multan	97	75,718	10
Muzaffargarh	493	400,260	22
Narowal	26	1,113	0
Nankana Sahib	50	6,376	0
Rahi Yar Khan	145	136,046	10
Rajanpur	370	355,984	22
Sargodha	152	109,191	20
Sialkot	32	6,339	0
TT Singh	12	4,430	0
Total	2,612	1,853,875	146

\*UC: Union Council.

是，在土壤样品中添加蒸馏水，制得土壤悬浮液，水土比为 1: 1。取样点的详细情况参见表 1。

旁遮普土壤肥力研究所发布的历史数据只是印度各行政区的一个平均数据，不能作为洪灾发生前后土壤状况变化比较的参考依据。因此，此次研究

对沉积层以下取得的土壤样品进行了检测，用该检测结果作为对照数据，来评价洪灾区的淤泥，以及特大洪水引起的淋洗两个综合效应带来的土壤性质的改变。此次研究所使用的统计参数主要有，数据范围（最小和最大值之间），平均值和标准偏差，通过这些统计参数来对数据进行分析说明。

在对洪水发生后的土壤样品分析时可能发生的干扰

1. 灾后采样是在受灾地区水分已经下渗/蒸发的情况下进行的。这就意味着大量水分通过土壤剖面淋失，这必然导致了一些盐分的淋失。使得对土壤中的可溶性盐的检测结果不准，无法准确反映出这些土壤在洪灾前的条件状况。然而，在没有其他更适合的参考时，只有将底层土壤的可溶性盐的检测结果用来比较洪灾前后状况的重要数据。
2. 特大洪水会导致淤泥和土壤中的钾和有机质的部分淋失。

## 结果和讨论

土壤样品经检测，其结果被旁遮普土壤肥力研究用作土壤肥力指标，这些检测项目包括了 EC、pH、有机质(%)、土壤有效磷和土壤速效钾(ppm)、饱和百分率(SAT)。SAT 的定义是，通过一边搅拌土壤一边加水，使得土壤中水分达到饱和时的水分含量，该参数是土壤质地分级和土壤持水量的一项指标。统计数据列于文后附录中，各个单项参数则会在文中用图表来展示并进行讨论。

### 洪积物的厚度

通过辨别土壤颜色和目测，采样者对每个采样点沉积物的厚度都进行了测量并做了记录。黑色无结构淤泥层被认为是沉积物(见照片 1)。总的来说，沉积物层的厚度变化范围为 2.5cm 到 30cm 左右。采样点土壤厚度是根据该采样点的大部分土壤的厚度进行计算的，

当大部分的土壤厚度都为某一值时，该值即代表了该采样点的厚度。对于那些面积较小，且孤立的洼地的较厚的沉积物厚度，忽略不计。总之，经三倍标准偏差计算，沉积物平均厚度约为 15cm。观察结果表明，印度河(Layyah, DG Khan 和 Muzaffargarh) 由于洪灾所导致的沉积物的厚度比其他河流更厚一些。这主要是因为，2010 年印度河发生的洪灾，从范围和程度而言，要比其他河流所发生的洪灾更为严重。

一般来说，土壤耕作的深度为 15-20cm。这就意味着，当沉积物厚度超过 15cm 以上，在最开始耕作的期间，耕作只涉及到了沉积物这一层，作物生长只受沉积物层土壤性质影响，如，有机质和磷的含量较低，水分饱和率偏高导致土壤结构十分黏重(在后面会有所论述)。应建议该地区农民尽快采取深耕和施肥措施，改善耕地土壤物理性状，如改善排水不良、影响水分流动和作物根系生长，从而严重影响作物产量的土壤黏重情况。通过施肥，可以提高

这些土壤的微生物活性，在早期改善土壤有机质状况，使土壤有机质含量逐渐提高，从而满足作物生长需求。

### 电导率和土壤反应(pH)

观察发现，总的来说，沉积层的 EC 和 pH 值要比该层下面的实际土壤的低(分别参见图 1A 和图 1B)。部分原因可能是由于沉积物本身的一些惰性质所致，还有部分原因是因为当季洪水导致的淋失效应所致(Eulenstein 等人,1998)。同样，由于洪水的影响，沉积层下的原来的土壤的 EC 和 pH 值也不能真实反映出该土壤在洪水发生前的盐分状况。从数据上来看，发生洪水的区域的表层土壤已经没有盐碱化现象发生。因此，根据这些参数的检测结果，可以认为该地区的土壤能提供更高的作物生产能力。

### 土壤有机质，有效 P 和速效 K

由于洪水导致的水溶性养分淋失和土壤耕层洪积物化学成分变化



照片 2. 拉占浦地区(Rajanpur)被洪水冲毁的棉花田。摄影: Z. Ahmad。



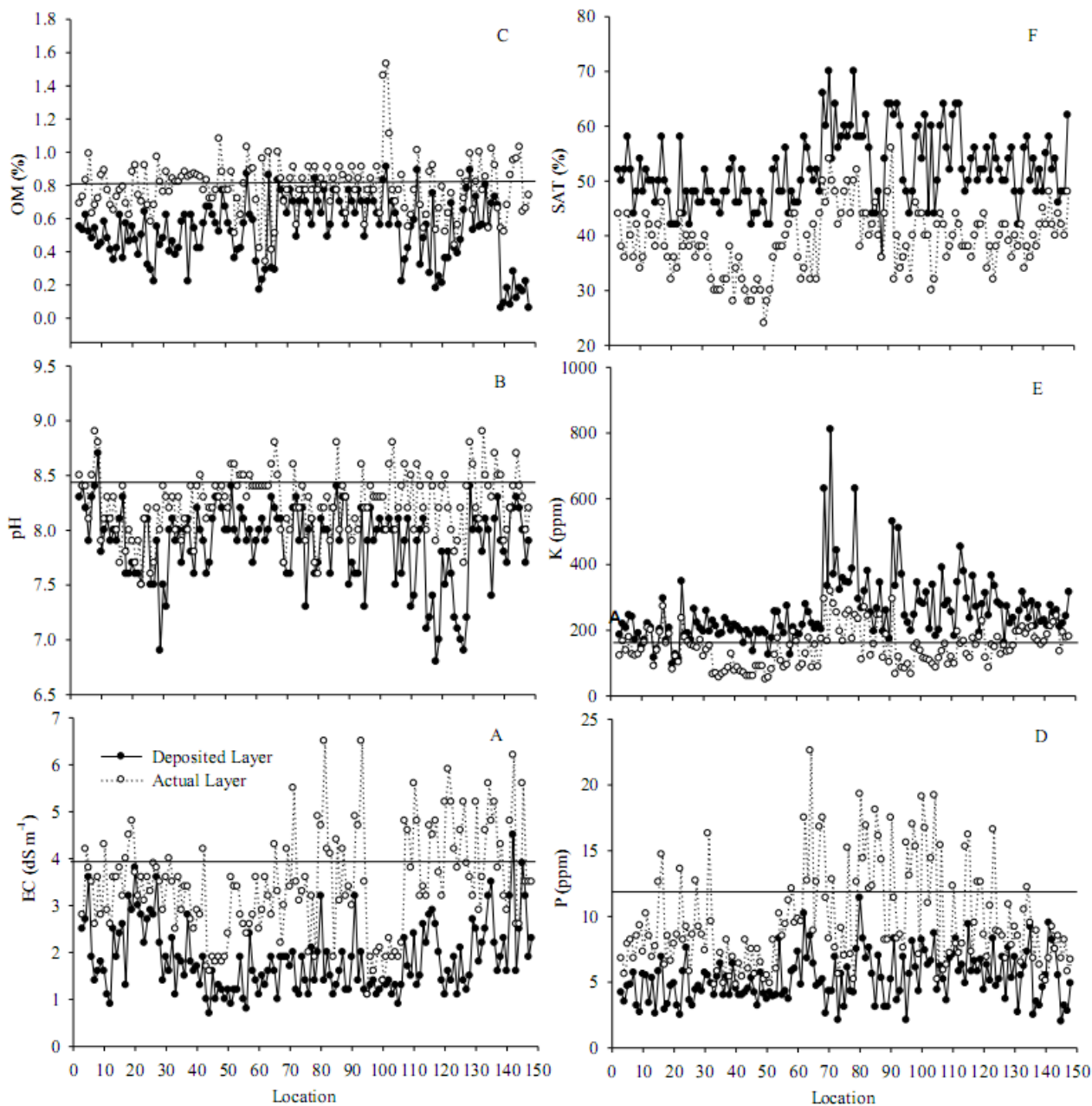


图 1. 146 个采样点的洪积层和下层原来土壤的 EC (A), pH (B), OM (C), P (D), K (E) 和 SAT (F) 的值的对比。图 A、B、C、D 和 E 中所画出的横线表示按旁遮普土壤肥料研究所使用的对比值的要求, 该指标的足量范围值。

( <http://www.gov.mb.ca/agricultur>  
[e/crops/cropproduction/faa18s00.h](http://www.gov.mb.ca/agricultur/e/crops/cropproduction/faa18s00.html)  
[tml](http://www.gov.mb.ca/agricultur/e/crops/cropproduction/faa18s00.html)), 使得土壤养分的有效性发生了改变。附录中的数据 and 图 1C, 1D 和 1E, 表明了相对沉积物下面的土壤来说, 沉积物中的有机质和有效磷含量较低, 而

速效钾含量相对较高。

有趣的是, 数据表明, 沉积物的这些参数的标准偏差变化范围很宽, 标准偏差值也很高 (见附录), 这点让人出乎意料。因为, 洪水转移来的物质应该

具有同质性, 至少在相邻区域应该是这样。沉积层这些参数缺少同质性, 可能是由于沉积层不是完全由洪积物所组成, 更有可能是因为洪积物与原来的土壤表层形成了混合体。混合体有洪积物的颜色, 而与原来的土壤混合后, 也必

然带来原来土壤一些特性，从而使该混合层的参数产生了较大的变异。

与旁遮普土壤肥力研究所使用的数据比较表明，洪积层的土壤有机质、有效磷的含量稳定在亏缺的范围内，而速效钾含量属于盈余的范围内，以上结果可以在图 1C、1D 和 1E 中看到。因此，为了保证作物产量，应推荐这些地区农户增施氮磷肥，一段时间内不施钾肥。农户减少钾肥的支出，投入更多的氮磷肥，从而更好的管理他们的资源。然而，对于在该区域广泛种植的需钾量高的作物，如甘蔗和果树，则应该按定点测试的推荐施肥量施用肥料。为了改善土壤有机质状况、土壤结构和质地，应该推荐早施、多施绿肥。

#### 土壤质地和土壤水分饱和度

附录中的数据 and 图 1F 显示，洪积物的土壤水分饱和度较高，表明该层属于黏重土壤质地和块状土壤结构。这和预料的一样，因为很细悬浮物经过河水运输，在洪水下渗或蒸发后这些洪积物得以原地固定下来。

该地区的黏重土壤质地和块状土壤结构，对作物产量不利，因为它限制了田间排水和空气流动，阻止了根际生长，抑制了微生物活性。建议这些地区的农户搭配施用绿肥和厩肥，用以改良土壤。受灾耕地土壤的物理性状越早得到改善，农户们就能越早从中得到好处，如改善土壤盐碱化情况，提高土壤钾元素含量状况等。

#### 结论

在 2010 年巴基斯坦洪灾中，大面积农作物遭到了破坏。洪水所带来的沉积在耕地上的淤泥，和洪水的淋失作用都对受洪灾地区的耕地土壤产生了影响。

表层的块状结构的淤泥土层不是完全由洪水转移过来的物质组成。洪水转移带来的物质可能与该地区原来的表层土壤混合在了一起。

洪水通常都会减轻当地土壤的盐碱化程度，含有洪积物的土层，有机质和有效磷的含量较低，但速效钾含量较高，洪积物的细小颗粒导致了土壤质地的黏重。

给受灾地区的农户最重要的建议是，通过采取深耕和施肥措施，改善土壤物理性状。

同时建议合理使用养分，在刚开始耕作阶段，增施氮肥和磷肥，减少钾肥的投入。对该地区广泛种植的需钾量较高的作物，如甘蔗、果树，应该向其提供按定点测试的推荐施肥量施用肥料

的建议。

#### 参考文献

Eulenstein, F., L. Muller, and K. Helming. 1998. Odra 1997 Flood Effects on Soil Properties of Cultivated Areas in Germany. *Int. Agrophysics*, 12, 241-247.

NDMA-UNDP, 2010. <http://ndma.gov.pk/Documents/NIDM/NIDM%20Courses/Flood%20Mitigation%2015-19%20Feb%202010/Pakistan%20Indus%20River%20System.pdf>

Rehman, H., and A. Kamal. 2005. Indus Basin River System—Flooding and Flood Mitigation. <http://www.rivesymposium.com/2005/index.php?element=38>.

United State Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils* USDA. Handbook 60 Washington D.C.

#### 参考链接

Impact of Flooding on Soil Fertility in the Red River Valley of Manitoba. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/cs/cropproduction/faa18s00.htm>

The formation of Himalayas. <http://library.thinkquest.org/10131/geology.html>



附录：2010年受灾地区的146个采样点采集的土壤样品的EC、pH、有机质、有效磷、速效钾统计数据一览表

District	n	Depth	Thickness of deposited layer (cm)			EC (dS m <sup>-1</sup> )			pH			Organic Matter (%)			Extractable P (mg kg <sup>-1</sup> )			Extractable K (mg kg <sup>-1</sup> )			SAT (percent)		
			Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD
Attock	5	1	7.6-20.3	13.7	6.12	1.4-3.6	2.4	0.83	7.9-8.4	8.2	0.19	0.5-0.6	0.5	0.05	3.5-5.7	4.6	0.81	185-245	219	24.7	50-58	52.8	3.03
			2	2.6-4.2	3.4	0.67	8.1-8.5	8.4	0.16	0.6-1.0	0.8	0.14	5.6-8.2	7.1	1.03	122-178	146	24.82	36-44	40.4	3.58		
Sargodha	20	1	2.5-15.2	7.4	3.2	0.9-3.8	2.4	0.81	7.5-8.7	7.9	0.33	0.2-0.64	0.5	0.11	2.5-7.6	4.4	1.51	96-348	186.5	62.05	42-58	48.2	4.85
			2	2.6-4.8	3.6	0.56	7.5-8.9	8.0	0.37	0.6-0.92	0.7	0.10	5.8-14.7	9.1	2.48	80-272	159.1	48.19	32-46	38.8	3.75		
Khushab	5	1	5.1-5.1	5.1	0	1.4-2.3	1.9	0.38	6.9-8.0	7.5	0.45	0.4-0.6	0.5	0.09	4.3-3.7	5.0	0.58	195-258	215.0	26.45	46-52	48.0	2.45
			2	2.9-4.0	3.5	0.39	8.0-8.4	8.2	0.15	0.8-1.0	0.8	0.09	7.4-16.3	10.22	3.50	120-169	145.2	17.94	36-40	37.6	1.67		
Mianwali	10	1	5.1-5.1	5.1	0	1.1-2.8	1.7	0.46	7.7-8.2	7.9	0.19	0.2-0.6	0.5	0.12	4.0-6.4	4.8	1.01	185-235	209.0	16.18	44-54	47.8	3.05
			2	2.5-4.2	3.1	0.55	7.8-8.5	8.2	0.24	0.8-0.9	0.9	0.02	4.8-8.2	6.0	1.16	56-127	77.5	19.62	28-38	32.2	3.05		
Jhang	10	1	5.1-10.2	7.6	2.7	0.7-1.6	1.1	0.25	7.6-8.4	8.1	0.26	0.5-0.8	0.6	0.08	3.2-5.7	4.3	0.73	125-200	175.8	27.18	42-52	45.6	3.37
			2	1.6-3.6	2.2	0.72	8.1-8.6	8.3	0.14	0.7-1.1	0.8	0.11	4.9-8.2	6.5	1.25	50-90	70.5	15.71	24-32	29.2	2.35		
Layyah	15	1	10.2-22.9	15.5	3.7	0.8-2.4	1.5	0.43	7.7-8.3	8.0	0.15	0.2-0.9	0.5	0.23	3.7-10.2	6.0	1.93	125-278	218.7	39.95	44-58	50.7	4.12
			2	2.2-4.3	3.0	0.56	8.3-8.8	8.5	0.12	0.3-1.0	0.7	0.24	6.0-22.6	11.8	4.24	85-195	127.5	39.18	32-44	37.9	4.17		
Rajampur	22	1	15.2-30.5	23.9	5.9	1.1-3.2	1.6	0.49	7.3-8.4	8.0	0.30	0.5-0.8	0.7	0.11	2.1-11.4	5.3	2.25	195-810	361.0	151.73	36-70	56.5	8.39
			2	1.9-6.5	3.7	1.12	7.6-8.8	8.1	0.29	0.6-0.9	0.8	0.09	5.2-19.3	11.8	4.31	110-318	213.6	59.61	36-54	45.3	4.64		
DG Khan	17	1	10.2-30.5	18.0	5.5	0.9-3.2	1.4	0.53	7.3-8.2	7.9	0.28	0.5-0.9	0.7	0.11	2.1-8.7	6.0	1.86	173-530	292.2	105.64	44-64	55.1	7.65
			2	1.1-6.5	2.6	1.45	7.9-8.8	8.2	0.25	0.6-1.5	0.9	0.26	5.2-19.2	13.1	4.46	66-294	116.5	52.44	30-56	39.6	5.21		
Muzaffargarh	22	1	10.2-30.5	18.8	5.0	1.1-2.9	1.8	0.57	6.8-8.1	7.5	0.40	0.2-0.9	0.5	0.20	3.6-9.4	6.1	1.49	162-453	293.2	71.01	48-64	54.8	5.11
			2	3.2-5.9	4.4	0.81	7.7-8.6	8.2	0.27	0.4-1.0	0.7	0.15	5.6-16.6	9.8	3.23	85-227	145.2	34.68	32-44	39.5	3.26		
Multan	10	1	7.6-20.3	14.5	4.2	1.6-3.5	2.4	0.60	7.4-8.4	8.0	0.27	0.5-0.9	0.7	0.12	2.5-9.2	5.2	2.23	195-315	250.7	37.45	42-58	51.4	4.99
			2	2.9-5.6	4.3	0.92	8.1-8.9	8.5	0.26	0.5-1.0	0.8	0.17	6.3-12.2	8.6	1.87	136-210	183.3	25.39	34-42	38.1	2.33		
RY Khan	10	1	5.1-15.2	9.7	3.6	1.6-4.5	2.7	0.98	7.7-8.3	8.0	0.22	0.1-0.3	0.1	0.07	2.0-9.5	5.4	2.43	210-315	244.2	32.62	46-62	52.3	5.08
			2	2.6-6.2	3.8	1.26	7.9-8.7	8.3	0.25	0.5-1.0	0.7	0.19	5.1-9.2	7.0	1.37	135-243	186.8	32.49	40-48	43.3	2.91		
Total	146	1	2.5-30.5	14.2	7.5	0.7-4.5	1.9	0.73	6.8-8.7	7.9	0.26	0.1-0.9	0.5	0.20	2.0-11.4	5.3	1.82	96-810	255.7	98.82	36-70	51.9	6.49
			2	7.6-20.3	13.7	6.12	1.1-6.5	3.5	1.10	7.5-8.9	8.2	0.28	0.3-1.5	0.8	0.17	4.8-22.6	9.7	3.85	50-318	148.0	58.25	24-56	39.1



**学术活动**
**2011年10月**

“钾素持续提高作物产量和品质的作用”国际学术研讨会，Kandy, 斯里兰卡，2011年10月27-29日。国际钾肥研究所和斯里兰卡农业部、斯里兰卡 Sri Jayewardenepura 大学共同举办。想了解更多详细情况，请访问 [IPI 网站](#) 或者与 IPI 东印度、孟加拉和斯里兰卡项目协调员 [Dr. Baladzhoti Tirugnanasotkhi](#) 博士联系。

**2012年春**

“中国土壤和作物系统中的钾素管理”国际研讨会，由国际钾肥研究所和中国科学院南京土壤研究所、中国农业大学共同举办。想了解更多详细情况，请访问 [IPI 网站](#) 或者与 IPI 中国项目协调员 [Mr. Eldad Sokolowski](#) 先生联系。

**相关活动**

第九届《国际新农业》会议和展览活动将于2011年7月28-30日在瑞士雅典举行。

想了解更多详细情况，请访问 [会议活动网站](#)。

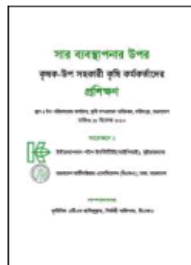
**最新出版物**

钾素对提高氮肥利用率的作用。2011年出版，8P。僧伽罗语。想要获得该小册子，请与 IPI 东印度、孟加拉和斯里兰卡



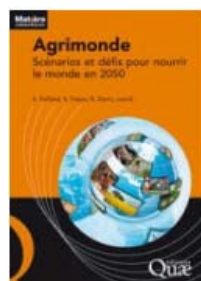
卡项目协调员 [Dr. Baladzhoti Tirugnanasotkhi](#) 博士联系。

农民和基层农技人员肥料管理手册。孟加拉 Faridpur 麻类研究所区域试验站编，2010年，孟加拉语。国际钾肥研究所和孟加拉肥料协会共同出版。可以从 [IPI 网站](#) 上下载。


**其他出版物**

未来的食物安全有可能一片光明。Paillard, S., S. Treyer, and B. Dorin.

Agrimonde: 2050 [年世界食物安全的前景与挑战](#)。Editions Quae. 2011. ISBN: 978-2-7592-0890-6.



根据法国农业科研机构的研究报告，到2050年人类可以满足届时达到90亿人的食物需求。在最近出版的一个研究报告中，研究人员收集整理了2006-2008年的研究成果，得出的结论可能会颠覆现在流行的关于全球农业状况的推论。这个冠名为 Agrimonde 的报告由2个总部设在巴黎的法国国家农业研究院 (INRA) 和农业技术发展研究国际合作中心 (CIRAD) 共同出版。这个报告包含这2个研究机构正在进行的关于非洲和其他地区的最新的与众不同的研究成果。

**钾盐发展协会 (PDA) 的出版物**

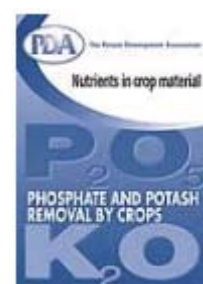

钾盐发展协会 (Potash Development Association)

成立于1984年，是一个独立组织，其目的在于为英国的土壤肥力、植物营养和肥料特别是钾肥的施用提供技术支持和施肥建议。参见：[www.pda.org.uk](http://www.pda.org.uk)。

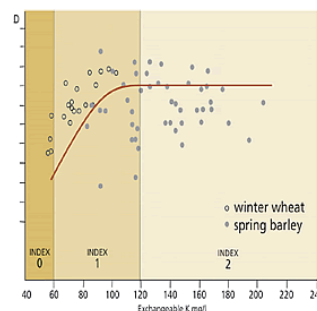
注：PDA 出版物只能在英国和爱尔兰可以获得。



**谷类作物施钾。** 2011年1月出版。内容包括钾素对谷类作物生长发育的作用、钾素效应、吸收和带出量，以及谷类作物缺钾症状等。推荐施肥量和施肥时期介绍等。参见：[PDA website](#)。



**作物营养知识。** 介绍磷素、钾素作物带走量等。2010年8月出版。参见：[PDA website](#)。



**最新谷类作物施肥推荐和缺钾矫正。** 2011年1月出版。参见：[PDA website](#)。



相关阅读

- [The Economist](#): 一个全球食物安全的专题报告。2011年1月。
- [Nature News](#): 应对全球气候变化的农业。改变氮肥的施用是减少温室气体排放的重要手段。2011年3月。
- [IPNI](#): 小麦氮营养的问题。2010年秋天。
- [The Economist](#): 全球气候变化与作物产量;作物试验数据表明气候变化对农民的威胁。2011年3月。
- [Science](#): 生物技术能和有机农场很好地融合吗? 2011年4月, 332(6026):166-169.

说明: 在相关阅读部分的所有内容都会出现在我们的 Twitter 中。敬请关注 [twitter](#)。



## 钾素文献

### 利用田间光谱法研究遥感技术在监测小麦地中磷素和钾素的运用。

Pimstein, A., A. Karnieli, S.K. Bansal, and D.J. Bonfil. Elsevier, Field Crops Research 121(2011)125-135.

#### 摘要:

钾素和磷素对提高小麦产量及改善品质有重要的作用,而基于光谱数据分析的遥感技术多用于氮素的监测,很少有关于其他营养元素的报道。本文通过利用光谱数据来评价矿物养分胁迫的可能性。实验收集印度和以色列的大田生产和实验农田的冠层光谱和生物物理数据。通过小麦地的冠层数据得到传统和新开发的植被指数,同时结合偏最小二乘(PLS)回归模型来预测P和K的含量。结果表明,与传统广波长指数相比,PLS和特定波长植被指数共同得到结果与已知P、K水平达到显著水平。此外,一个重大的改进是,用矿物养分的总含量较其相对含量有利于遥感技术。因此,通过光谱数据可以得到作物的生物量。最后,本研究考虑到不同的种植条件,因此可以通过校准模型中的参数使该模型能准确表征实际中的磷、钾水平。

### 施用钾肥对不同基因型水稻的水分增产效果研究。

Quampah, A., R.M. Wang, I. Haider Shamsi, G. Jilani, Q. Zhang, S. Hua, and H. Xu. International Journal of Agriculture & Biology. 10-251/MFA/2011/13-1-9-17.

#### 摘要:

本文通过田间试验,研究施用钾肥对不同基因型水稻在低地和高地灌溉条件下的生长状况。试验采用6种最受欢迎的品种,两优培9,协优

9308等2种籼稻品种,丙0001,丙0004,丙9904和花育1号等4种粳稻品种。研究2种施钾水平(0,180kg/ha)和2种灌溉系统(低地和高地)对不同基因型水稻产量贡献,产量和钾吸收量的影响。对于不同基因型水稻,钾的增产效果有所不同。高地灌溉对水稻的增产效果受到施钾水平和基因型的影响,但是钾的吸收量明显低于低地灌溉系统。不同基因型在两种灌溉系统和施钾水平条件下,对水稻产量影响也达到显著水平。在2种灌溉水平和施钾水平条件下,两优培9和花育1号的产量基本一样。总体来说,低地灌溉系统优于高地灌溉系统,施用钾肥能够提高高地灌溉系统的效果。对于上述六种基因型,施钾能够提高水分的利用率。

### CO<sub>2</sub> 浸提土壤 P、K 的方法研究。

Stünzi, H. Recherche Agronomique Suisse 2(1):4-11, 2011. French.

#### 摘要:

在瑞典,测定土壤养分,提出合理的磷钾施用量,常用CO<sub>2</sub>饱和溶液浸提。实验室研究表明,CO<sub>2</sub>、Ca、P、微溶性的磷酸钙和石灰之间有明显的交互作用。由于土壤空气中CO<sub>2</sub>含量高,土壤中的溶解平衡也会影响大田中P的生物有效性。如果土壤样品重复地用CO<sub>2</sub>饱和溶液浸提的话,每次浸提的P素含量应该大致相同。这也反映了大田中的情况,无论干湿条件下,土壤都有在较长一段时间内给植物提供磷素的能力。通过CO<sub>2</sub>浸提法来阐述土壤的内部平衡,从而解释为什么在过量或不足施磷的条件下,需要多年时间才会影响到土壤的供磷能力。CO<sub>2</sub>饱和溶液浸提K的结果也表明,在连续浸提下K的浸提量也只有轻微的下降。因此,CO<sub>2</sub>饱和溶液浸提能很好反映土壤中植物所能利用的磷钾含量。虽然可以再现,但对不

同土壤来说,用乙酸铵和EDTA(《AAE10》)连续浸提土壤中磷和钾结果差异较大,以很好反映营养元素的生物有效性。

### 施用厩肥和简化耕种技术对较长时间内土壤肥力和作物产量的影响。

Maltas, A., R. Charles, and S. Sinaj. Recherche Agronomique Suisse 2(3):120-127, 2011. French.

#### 摘要:

本文通过从1997-2009在Changins的试验,研究施肥(NPK、厩肥+NPK、厩液+NPK),厩肥施用频率(一年一次,三年一次)以及耕作方式(正常耕作和减少耕作)三者下在2种氮素水平(最优施用量和60%最优施用量)下对土壤肥力和不同作物干物质产量的影响。通过长达12年的实验表明,施用氮肥除了能够提高土壤有机质和总氮含量外,对培肥土壤无明显作用。在施用足量氮素的条件下,厩肥与化肥同时施用较单独施用化肥能明显提高作物干物质的产量。而在施肥量不足的情况下,通过实验表明,仅施用60%氮肥会使产量减少7%-13%。此外,若不施用厩肥,减少土壤耕作和施用足量氮肥能够保持土壤有机质含量。一年多次施用少量厩肥不能提高厩肥的利用效率。

### 瑞典的农林复合经营。

Kaeser, A., F. Sereke, D. Dux, and F. Herzog. Recherche Agronomique Suisse 2(3):128-133. 2011. French.

#### 摘要:

在农业用地种植树木有利于提高环境质量,然而,由于经济和实际操作的原因,农业用地中的树木正在逐渐减少。在现代农林复合系统中,为了机械化操作的方便,树木都是成排种植在农业用地上。本文主要研究



瑞典的现代农林复合系统所带来的经济和潜在生态效益。利用计算机辅助模型来计算其产量，经济和环境效益。结果显示，与单一种植相比，农林复合系统最多能提高 30%产量。从长远来讲，农林复合系统是有经济效益的。在肥沃的土壤上，复合系统能减少 78%土壤侵蚀和 46%氮素流失，同时 60 年里能够在土壤中储存 133 吨碳素。此外，通过采访农民了解农林复合系统的优劣，农民认为农林复合系统并不能够带来高产和盈利，但能够丰富农田的生物多样性和美化农田景观。要通过农林复合经营模式的示范，使农民进一步了解农林复合系统设计及其经济效益潜力。

### 信息公告

请关注我们在 [flickr](#) 上的两组内容：

1. [印度尼西亚玛琅的木薯。](#)



2. [菲律宾的水稻定点精准养分资源管理](#)，这是一段 Dr. Roland Buresh 博士和一群农技推广人员在菲律宾 Tarlac 省 La Paz 市的录像。



更多的钾素文献，请参见 [IPI 网站](#)。

注：钾素文献部分的所有摘要都得到了版权所有人的授权。

#### 国际肥料通讯 (e-ifc) 中文版 版权信息：

ISSN 1664-8765 (网络)；ISSN 1664-8757 (印刷)

出版者：国际钾肥研究所 (IPI)

英文版编辑：Emest A. Kirkby, UK; Susanna Thorp, WRENmedia, UK;  
Patrick Harvey, Green-Shoots, UK; Hillel Magen, IPI

中文版主编：田有国，全国农技中心，中国

版式设计：Martha Vacano, IPI

地址：国际钾肥研究所 (IPI)

P.O.BOX 569

Baumgartlistrasse 17

CH-8810 Horgen, Switzerland

电话：+41 43 8104922

电传：+41 43 8104925

E-Mail: [ipi@ipipotash.org](mailto:ipi@ipipotash.org)

网址: [www.ipipotash.org](http://www.ipipotash.org)

每季度一刊的国际肥料通讯，订阅的用户可以通过 E-mail 定期发送，同时在 IPI 网站上定期发布。

订阅国际肥料通讯电子杂志，请发送电子邮件到[网站的杂志订阅](#)。退订的，请点击给您发送的邮件底部的杂志退订链接。

#### 国际钾肥研究所成员公司：

ICL Fertilizers; JSC International Potash Company;  
JSC Silvinit; K+S KALI GmbH; Tessenderlo Chemie.

#### Copyright©国际钾肥研究所 (IPI)

IPI 保有其所有出版物和网站内容的版权但是鼓励非商业目的的复制传播。引用有关内容的要注明出处。不用提出特别申请，也不用付费，IPI 允许用于个人或教育目的而非盈利或商业目的的使用其有关电子或印刷资料，但必须在材料的首页注明材料来源。对 IPI 不拥有所有权的材料，如果要复制或使用时，必须要得到其版权所有人的许可。