

国际肥料通讯 第 27 期 2011 年 6 月

e-ifc No. 27, June 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:

现在, 钾肥的施用在很多地方还不是很普遍。钾肥泛指所有的含钾素的肥料, 包括应用最为广泛的氯化钾 (KCl 或者 MOP), 以及硫酸钾 (K_2SO_4 或者 SOP) 和硝酸钾 (KNO_3 或者 NOP)。事实上, 自从英国化学家 Sir Humphry Davy 在 1807 年发现钾素, 并在 1830 年被确认为植物营养元素以来 (Carl Sprengel, 1787-1859) 以来, 全世界发表了数以千计的钾素营养研究论文, 也生产了大量的钾肥产品, 为什么到现在用很多指标看来, 世界上很多地方还没有施用钾肥呢?

但是没有有一个简单的结论。不像氮和磷, 在作物产量较低时, 土壤有效性钾虽然对抵抗生物非生物胁迫没有帮助, 但还能基本上满足作物的需要。这样做, 土壤钾素会被耗竭, 从长远看, 作物产量也会下降。当然, 农业生产中也带入很多钾素, 比如灌溉水中含有不少钾素 (如印度北部), 同时在秸秆还田时也有大量的钾素资源。在制定施肥规划时, 这些钾素都应该加以考虑。

快速、高效、在线和大规模的植株钾素测试有助于制定施肥推荐方案, 适用性强。这些技术的成熟, 土壤和植株测试非常成功和有效, 基于此的肥料推荐就很方便了。我们高兴地看到国际水稻所 (IRRI) 的科学家探索性开发了一套 NPK 推荐施肥的决策系统, 即水稻养分管理决策支持系统

(DSS), 为农户提供基于农户地块信息的施肥推荐。基于网络或电信的 DSS 系统发布实施后, 大量的农户采用这一系统制定了定点施肥管理措施。与此类新的新的发展, 比如基于移动手机的养分资源管理系统和其他一些新的手段, 必将有助于促进钾素和其他养分的高效利用。

在这一期杂志中, 我们发表了几篇很有特色的研究报告, 即关于印度比哈尔邦马铃薯的生产、孟加拉甘蔗钾肥施用, 以及巴西大豆钾肥的变量施肥等。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, 我们很高兴地向各位介绍国际钾肥研究所开发了几种社交平台。我们的 [Twitter](#) 实时更新 IPI 和相关网站的内容。我们最新推出的 [Facebook](#) 有一个 app 专门展示 IPI 在世界各地实施的项目, 以及 IPI [Twitter](#) 上发布的最新的消息和反馈信息。利用这些手段的目的就是提高 IPI 的活动的曝光度, 特别是让 [Facebook](#) 和 [Twitter](#) 的用户更容易获得这些信息。

祝您阅读愉快!

Hillel Magen,
国际钾肥研究所所长

目录

编者按

研究报告

印度比哈尔邦马铃薯作物的现状和未来挑战

Singh, S.K., R.P. Rai

基于测土试验的钾肥和有机肥施用对孟加拉国典型石灰性土壤上甘蔗产量和品质的影响

Bokhtiar, S.M., G.C. Paul, K.M. Alam, M.A. Haque, A.T.M. Hamidullah, and B. Tirugnanasolkhi

巴西大豆钾肥的变量施用 (VRA)

Bernardi, A.C.C., L.M. Gimenez, and P.L.O.A. Machado

学术活动

最新出版物

钾素文献

信息公告

研究报告

印度比哈尔邦马铃薯作物的现状和未来挑战

Singh, S.K.⁽¹⁾⁽²⁾, R.P. Rai⁽²⁾

前言

比哈尔邦位于土地肥沃的印度中央平原 (Indo-Gangetic Plain, IGP)。农业是比哈尔邦经济的支柱产业，雇佣了约 80% 的劳动力，农业生产值占本邦总产值的近 42% (Choudhary, 2011)。比哈尔邦的农业在本邦 GDP 中所占份额为 39%，但在国家的 GDP 中所占的份额则只有 24.3%，这是由于比哈尔邦 89.5% 的人口来自于农村。比哈尔邦的面积在全国排第十，人口排第三，个人平均所得仅为全国的 25%。比哈尔邦是印度人口最密集的一个邦，有 8300 万居民，人口年均增长 2.43%。比哈尔邦拥有全印度最高的农村人口密度，而且 40% 的人口都处于贫困线以下。

据国际粮食政策研究所 (International Food Policy Research Institute, IFPRI) 和国际马铃薯中心 (International Potato Centre, CIP) 估计，印度马铃薯生产的增产率和生产能力可能是世界上最高的 (Naik 和 Thakur, 2007)。按照这样的增长率，到 2020 年印度马铃薯的总产量大约能达到 4330 万吨。

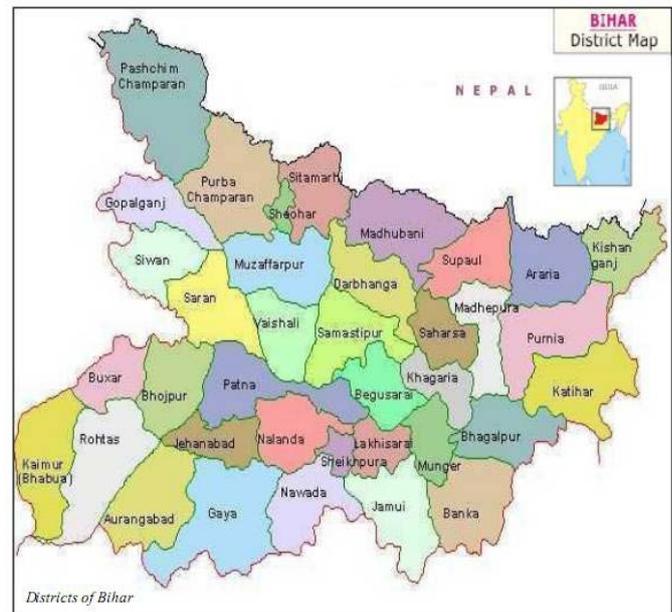
马铃薯是比哈尔邦继水稻、小麦和玉米后的第四大主要粮食作物。虽然马铃薯的播种面积不到全邦作物

播种面积的 5%，但由于它所具有的高营养价值，使得它成为千百万比哈尔邦居民重要的食物来源。

马铃薯之所以具有十分重要的作用，是因为它能在较短的生育期内提供较高的单产。马铃薯干物质产量约为每天每公顷 47.6kg，而小麦、水稻和玉米每天每公顷干物质产量分别只有 18.1kg、12.4kg 和 9.1kg (Ezekiel and Pandey, 2008)。比哈尔邦面临的挑战是增加马铃薯的产量和品质，以满足国内和出口需求。

马铃薯产量现状

印度是世界上第三大马铃薯生产国。过去 60 年，印度马铃薯种植面积、产量和生产能力都有着十分惊人的增长，分别增加了 6.6 倍、18.51 倍和 2.80 倍 (Pandey and Naik, 2009)。印度马铃薯的生产能力 (18.4t/ha) 略高于世界平均水平 (16.6t/ha)，但要低于欧洲和美洲的许多国家，例如荷兰 (42.4 t/ha)，这主要是因为印度的马铃薯生育期较短。据估计，2009-2010 年，印度种植马铃薯 155 万公顷，产量约 3400 万吨。目前，比哈尔邦马铃薯种植面积排在北方邦 (Uttar Pradesh) 和孟加拉邦之后 (West Bengal) 之后，居印度第三，每年种植面



积 32 万公顷，年产量为 574 万吨，生产能力为 17.78 t/ha (匿名作者, 2007)。在比哈尔邦 38 个地区都种植有马铃薯 (见表 1 和比哈尔邦分区图)，主产区主要分布在那兰达 (Nalanda)、帕特那 (Patna)、吠舍离 (Vaishali)、萨兰 (Saran)、瑟马斯蒂布尔 (Samastipur)、戈巴尔甘尼 (Gopalganj)、东西恰帕蓝 (East and West Champaran)、穆札法尔布尔 (Muzaffarpur) 和加雅

表 1. 比哈尔邦马铃薯主要产区的面积、产量和生产能力 (2006-2007 年)

District	Area ha	Production mt	Yield mt ha ⁻¹
Nalanda	27,000	653,320	24.19
Patna	16,050	409,400	25.50
Vaishali	13,500	255,040	18.89
Saran	13,500	249,970	18.51
Samastipur	12,300	250,910	20.39
Gopalganj	12,200	210,470	17.25
W. Champaran	12,200	201,300	16.50
Muzaffarpur	12,000	210,980	17.58
E. Champaran	11,750	202,750	17.25
Gaya	11,500	190,240	16.54
Rohtas	10,700	195,100	18.23
Madhubani	10,600	168,040	15.85
Siwan	10,300	113,460	11.01
Others	149,240	2,430,310	16.28
Total	322,840	5,741,290	17.78

数据来源：比哈尔邦政府蔬菜园艺委员会

(1) 通讯作者：S.K. Singh, (skscprs@gmail.com)。

(2) 中央马铃薯研究站，帕特那，801506 比哈尔，印度 (Central Potato Research Station, Patna, 801506 Bihar, India.)

(Gaya) 等地区，以上地区马铃薯的产量占到整个比哈尔邦产量的 80%。按照生产能力排序，排在前三位的分别是那兰达、巴特那和吠舍离。比哈尔邦经常是政策制定者们十分关心的一个邦，主要是因为该地区尽管有着十分肥沃的土地和高品质的水源，但马铃薯的生产能力却还是处于较低的水平。

比哈尔邦马铃薯种植背景土壤

在比哈尔，马铃薯生长在热带和亚热带农业气候条件下，生长期为 10 月至来年 3 月份，伴随着一个短暂且寒冷的冬季，作物生长期只有 80 到 110 天。比哈尔邦的马铃薯广泛种植在具有不同气候和环境条件的土壤上。该邦土壤类型多样，地区之间和地区内的土壤类型都存在有显著差异。以下简述几种比哈尔邦比较重要的马铃薯种植土壤类型：

(1) 幼年冲积石灰性土 (young alluvium calcareous soils)：该土壤存在于北比哈尔邦和的大部分地区，主要与流经穆札法尔布尔 (Muzaffarpur)、瑟马斯蒂布尔 (Samastipur)、东西恰帕蓝 (East and West Champaran)、吠舍离 (Vaishali)、锡万 (Siwan)、戈巴尔甘尼 (Gopalganj) 和萨兰 (Saran) 等地区的干达克河 (Gandak) 相连。土壤质地为轻到重壤，游离碳酸钙 (CaCO_3) 含量在 10% 以上，最大为 60%。pH, EC 和有机碳含量分别为 7.7 到 9.8, 0.1 到 4.5 dS m^{-1} , 和 0.10% 到 1.36%。土壤中含有低到中含量的有效磷和速效钾，有 73% 的土壤缺锌。

(2) 幼年冲积非石灰性土 (young alluvium non-calcareous soil)：该土壤存在于马湖巴尼 (Madhubani)、达尔班加 (Darbhanga) 和司沙马 (Sithamarhi) 等地区，由巴格马蒂河 (Bagmati) 相连。该土壤为中性到碱性土，土壤盐分含量为低到高。大多数土壤含有低到中等含量的有机碳、有效磷 (P_2O_5) 和速效钾 (K_2O)。约有 66% 的土壤缺锌。

(3) 新冲积非石灰和非盐碱性土 (recent alluvium non-calcareous non-saline soils)：该土壤存在于克溪 (Koshi) 冲击平原和默哈嫩达河 (Mahananda) 所流经的撒哈尔萨 (Saharsha)、马德普拉 (Madhepura)、布尔尼亚 (Purnea) 和格蒂哈尔 (Katihar) 等地区。土壤呈浅黄白色，因洪水冲积导致土壤质地为中到重壤，土壤酸碱度为酸性到中性 (pH 为 5.6 到 7.3)，

盐分含量为低到中等 (0.29 到 1.12 dS m^{-1})，有效磷和速效钾的含量为低到中等。约有 40%-45% 的土壤缺锌和硼。

(4) 南比哈尔邦土壤，老冲积土 (old alluvium soils)，受恒河 (Ganges) 影响而成。土壤颜色为红黄色到黄灰色，有十分明显的土层分界。土壤酸碱度为弱酸性到中性，盐分、土壤有机碳、有效磷 (P_2O_5) 和速效钾 (K_2O) 的含量为低到高。巴特那 (Patna)、那兰达 (Nalanda)、加雅 (Gaya)、纳瓦达 (Nawada)、吉哈纳巴德 (Jahanabad)、罗塔斯 (Rohtash) 和波吉布尔 (Bhojpur) 地区土壤质地为中到重壤，土壤类型为砂壤土到粘壤土。蒙吉尔 (Munger)、谢克布拉 (Sheikhpura) 和巴加尔布尔 (Bhagalpur) 地区土壤质地为轻质，土壤类型为砂壤土到壤土。

有些地区，一块地里可以种两季马铃薯，例如在初秋和春季。在比哈



农户正在为马铃薯喷施农药 摄影：S.K. Singh

表 2 比哈尔邦马铃薯种植时间表

作物	播种期	收获期	种植地区 ⁽¹⁾
秋季/早	9月20日-10月31日	11月中旬-12月	Nalanda, Patna (15)
冬季/当季	11-12月中旬	2月-3月初	Bihar 所有地区 (80)
春季/晚	12月末-1月15日	3月末	Tarai Region & Nalanda (5)

⁽¹⁾ 括号中的数字是作物面积所占的百分比。

表 3 比哈尔邦不同地区主要的基于马铃薯的种植制度

种植制度	分布区域
稻-马铃薯	Bhojpur, Gaya
稻-马铃薯-洋葱	Patna, Nalanda
马铃薯-马铃薯-洋葱	Nalanda
玉米-马铃薯-菜	Nalanda, Vaishali, Samastipur
马铃薯-麦	Patna (Sone Diara)
马铃薯-薄荷	Muzaffarpur, Begusarai
稻-马铃薯-黄麻	Katihar
玉米-薯-绿兵豆	Muzaffarpur, Samastipur
魔芋-马铃薯	Vaishali, Samastipur

邦的那兰达 (Nalanda)，第一季马铃薯可在10月到11月收获，然后在来年的1-3月种植春马铃薯。在其他主要作物都还是来自于冷库时，第一季收获的马铃薯正好可以直接投入消费市场。实际上，只要保证马铃薯在块茎形成时期夜间温度保持20℃左右，该作物就可以在任何季节进行生长并带来经济效益。

种植季节

马铃薯主要是在10月末到11月进行播种，来年的2到3月进行收获。这是比哈尔邦马铃薯主要的种植时期。有些地方，在初秋也种植马铃薯，9到10月播种，11到12月就能提前成熟并上市，从而能得到一个好的市场售价。秋季进行马铃薯种植的主要地区有，那兰达 (Nalanda) 和波吉布尔 (Bhojpur) 的叟恩 (Sone) 河道地区，帕特那 (Patna) 和奥兰加巴德 (Aurangabad)。如前文所述，在比哈尔邦的部分地区还种植有春马铃薯。因此，比哈尔邦的马铃薯可在秋季、冬季和春季等不同季节进行种植 (表 2)。

农艺措施

种子是马铃薯种植中最大的投入。在比哈尔邦大部分地区都是将马铃薯的薯块留作种子材料。在帕特那 (Patna) 和那兰达 (Nalanda)，马铃薯第一季种植结束时，15g 到 20g 的小块茎适宜于用作种薯的薯块，播种量维持在 20q/ha (相当于 2000kg/ha) 以下，行距为 50-60cm，薯块间距 15-20cm。马铃薯单作时，间距可以更小些，但如要和玉米、芥末等作物一起间作

种植制度

马铃薯，作为一种短生育期作物 (80-90 天)，十分适合在比哈尔邦最普遍的“稻-麦”种植制度中，充当着“夹层作物” (sandwich crop) 的角色。这样就可以在不影响其他作物播种面积和产量的情况下，增加马铃薯的种植面积和产量。由于农业气候条件的影响，“稻-薯”种植制度在比哈尔邦最为普遍 (表 3)。为了充分利用马铃薯秸秆还田的后效肥力，有些地方收获马铃薯后还抢种了第三种作物，这样，在比哈尔邦就形成了丰富的种植制度，比如，水稻-马铃薯-洋葱、小麦-马铃薯-绿兵豆 (green gram)、小麦-马铃薯-黑兵豆 (black gram)、水稻-马铃薯-薄



比哈尔邦的马铃薯田 摄影: S. K. Singh



荷、水稻-马铃薯-瓠瓜 (bottle gourd)/蔬菜、马铃薯-马铃薯-洋葱和水稻-马铃薯-黄麻等。魔芋-马铃薯薯轮作是最新出现的种植制度，深受吠舍离 (Vaishali) 和瑟马斯蒂布尔 (Samastipur) 的农民欢迎。

比哈尔邦还有许多其他的间作制度。在北比哈尔邦，最普遍的是“马铃薯+玉米”的间作种植。其他的还有“甘蔗+马铃薯”、“马铃薯+芥末”、“马铃薯+萝卜”、“马铃薯+南瓜/葫芦”和“马铃薯+蚕豆”。东西恰帕蓝 (Champan) 2 个地区“马铃薯+甘蔗”的间作制度最普遍。“马铃薯+萝卜”在那兰达 (Nalanda) 和巴特那 (Patna) 种植最广泛。“马铃薯+南瓜/葫芦”则在贝古萨莱 (Begusarai) 和叟恩 (Sone) 河道地区种植最广泛。

最近，马铃薯在一些芒果和荔枝园中种植，经济效益很好。在吠舍离 (Vaishali) 和穆札法尔布尔 (Muzaffarpur) 地区可以看到这样的种植方式。除了“甘蔗+马铃薯”外，在多数间作中，马铃薯都是主要作物，且收获时间相对较早。

间作种植制度中，作物生长于列/行中。在播种时施基肥和后期追肥时，肥料施用于作物行间。施肥量一般按照种植密度成比例施用。

收获

早熟品种通常在 60-70 天收获。该季收获的主要目标是在提前上市，增加收入，因此，作物产量排在次要地位。依据作物的成熟情况，产量为 120-160q/ha (1q=100kg)。

当季主栽品种根据其成熟期，在 75-110 天后可收获，产量为 175-300 q/ha。主要作物如不受枯萎病影响，平均产量能不低于 175 q/ha。在那兰达 (Nalanda)，种植 Kufri Pukhraj

品种的马铃薯变得十分普遍，平均产量能达 250-300q/ha。

马铃薯的肥料管理

种植马铃薯需肥料投入较大，马铃薯的产量与化肥和厩肥 (FYM) 的施用量有很好的相关性。马铃薯的根系相比其他作物来说较短，限制了其从土壤中汲取养分的能力。另外，马铃薯由于前期和茎块膨大期生长很快，因此单位面积和时间内吸收的肥料养分 (NPK) 很高。作物能从施用厩肥 (FYM) 中受益，不仅是因为厩肥中含有大量的氮、磷、钾和其他养分元素，而且，厩肥还能起到改善耕层状况和增加土壤持水能力的作用。施用厩肥还能满足作物对中微量元素的需求。因此，在沟渠中统一施用腐熟的厩肥 15-20t/ha，以满足马铃薯种植的需求。

作物需要平衡施用 NPK，以得到最佳产量。氮 (N) 主要是通过增加马铃薯块茎数量，提高膨大率，延长膨大期和延迟成熟期来提高作物产量。磷 (P) 涉及到植物生长的许多过程中，包括促进根系的发育和作物的成熟。施用磷肥可增加每株作物中等尺寸块茎的数量。施用钾肥 (K) 可以增加植株高度、增强作物活力和增加抗旱、抗寒和抗病的能力。马铃薯的氮肥多和磷肥和钾肥一起施用。NPK 混施可以最大程度提高马铃薯的产量，提高每种养分的利用率。与单施氮肥相比，氮磷肥混施、氮钾肥混施和氮磷钾肥混施分别能增加作物产量为 5.6%、6.2% 和 26% (Singh *et al.*, 2008)。

马铃薯与肥料有着很好的相关性要取决于土壤基础肥力和种植品种。据研究，马铃薯的需肥量随土壤和气候条件而变化。最佳化肥用量主要与土壤类型、土壤肥力和作物的轮作制度有关。依据比哈尔邦马铃薯块

茎的产量，氮磷钾肥料的最优用量分别为 120-150 kg/ha (N)、60-80 kg/ha (P₂O₅)、80-100 kg/ha (K₂O)，与之相对应，马铃薯施 N、P、K 肥料效应的平均分别为 116 q/ha、46 q/ha、51q/ha (Singh *et al.*, 2008)。因此，在没有进行土壤测试条件下，应在播种时每公顷施 N60-75kg，P₂O₅60-80kg，K₂O80-100kg，播种 1 个月后的做畦期，每公顷施 N 为 60-75kg。加工薯 Kufri Chipsona-1 和 Kufri Chipsona-3 等马铃薯品种的块茎要明显偏大，需要比一般品种推荐的施肥量增加 33%-50% 的肥料用量。

选择肥料时，要注意选择适当的肥料品种，有些肥料品种对马铃薯会产生高效益，但却可能对其他作物造成危害。马铃薯种植时，可以选用硫酸铵 (AS)、硝酸铵钙 (CAN) 或者尿素等提供氮素营养。其中，硫酸铵是最好的肥料品种，但价格也很贵。尿素是在印度所使用的氮肥中最便宜和最容易获得的肥料品种，但其肥效要低于硫酸铵和硝酸铵钙肥料。整地后，在种植马铃薯前至少 48 小时内，施用尿素并翻耕，这时尿素与硫酸铵和硝酸铵钙是等效的。做畦时在行间追施尿素的肥效等同其他氮肥品种的肥效。以硝酸铵钙、磷酸二铵 (DAP) 或含尿素的 NPK 复混肥为基施肥料，做畦时用尿素做追肥保持氮素养分供给，这是一种经济、有效且安全的施肥方式。单施尿素超过 60kg N/ha 时会对马铃薯的出芽造成危害。同样，氯化铵 (AC1) 在施用量低于 60kg N/ha 时也是安全的。易溶性磷肥如普钙 (SSP)、重过磷酸钙 (TSP) 和磷酸二铵 (DAP) 等是马铃薯最适合施用的磷肥品种。

在马铃薯上施用氯化钾 (MOP) 和硫酸钾 (SOP) 等钾肥，具有一样



的肥效。分次施用氮肥（种植时施 50%+培土时施 50%）施肥效果最好。种植后的 40-50 天，如作物出现明显的氮素缺乏症状时，可喷施 2% 的尿素溶液。分次施用钾肥只对于轻质沙壤土有益。分次施用磷肥的效益还没有报道过，因为马铃薯早期根系生长和地上部生长时期需要磷素最多。叶面喷施磷肥和钾肥被发现作用有限。磷肥条施要好于撒施，因为在多数土壤中磷有固定作用。但是，在马铃薯种子块茎旁边、下面或上面条施磷肥和撒施钾肥的肥效是一样的（Singh *et al.*, 2008）。因此，在播种时基施全量的磷和钾肥，加上一半的氮肥是一种经济高效且方便的施肥方式。基于土壤测试结果可以调节肥料施用量，之后再利用土壤类型、当地气候、季节和作物品种对施肥量进行校正。推荐施肥量要基于土壤和植株的检测结果。

钾是作物管理中一个很重要的养分因素，它对马铃薯作物的高产和品质都有影响。马铃薯需要大量的钾素来达到最佳产量。然而，作物需钾量是因当地农业气候条件、作物品种、作物播种顺序和土壤类型等因素而变化的。长势好的马铃薯从土壤中带走 K_2O 的量为 170-230kg/ha（Trehan *et al.*, 2008）。施钾量和马铃薯品种的产量潜能及大块茎的数量相关。一般来说，块茎较大的快速膨大的马铃薯品种相比那些块茎较小的品种，需要施用更多的钾肥，这样会增加块茎的大小（Trehan and Grewal, 1990）。

作物从土壤中吸收和带走的钾经常超过了钾肥施用量，导致了土壤中有效钾的养分负平衡，对基于马铃薯的种植制度来说，阻碍了其土壤钾库的建立。为了解决长期土壤中钾元素亏缺的问题，需要对钾肥推荐用量

进行校正。在三倍于常规作物密度中生长的马铃薯所需肥料用量应该比一般推荐用量增加 50%，以提高肥效（Sharma *et al.*, 1999）。连续 4 年在轮作中种植马铃薯和其他需肥量较大的作物（如水稻、洋葱、玉米等），会导致土壤钾元素的严重负平衡（Singh 和 Trehan, 1998）。伴随着高作物密度和被大量带走钾素，土壤变得越来越缺钾。另外，钾素还具有高移动性，且会淋失到较低的土层，这种情况在灌溉栽培马铃薯时会更加严重。

未来工作

比哈尔邦马铃薯肥料推荐用量分别为，N: 150-180kg/ha, P_2O_5 : 60 kg/ha, K_2O : 100kg/ha，当然，该用量在农户田间实际操作时会有所变化。比哈尔邦的农户通常不知道不同肥料品种施用后产生的肥效，他们常常就施用从购买市场上可以买到的肥料品种而忽视不同品种肥料对马铃薯产量的效应。另外，农户缺少关于肥料正确用量的和施用方法的意识，大多是将肥料进行撒施而不是将肥料施入沟垄中。肥料用量低、N 和 PK 比例严重失衡、以及重施 N 肥而轻施 K 肥等是比哈尔邦马铃薯产量偏低的主要原因。到目前为止，只有推荐施肥的技术得到了广泛应用，但肥料用量还不足以维持马铃薯产量，也难以补充作物从土壤中带走的养分。另外，由于大部分农户手中缺少资金，使得他们无法买到满足需求数量的肥料，同时市场上也缺少肥料供以销售。由于没有足够的土壤检测结果的支持，经常会发现施肥失衡的现象。施用氮肥过量 and 施用磷肥过量的现象在一些地区十分普遍。

在马铃薯主产区需要通过利用诊断工具来制定养分指标和养分管理计划。需要建立并明确与养分高效

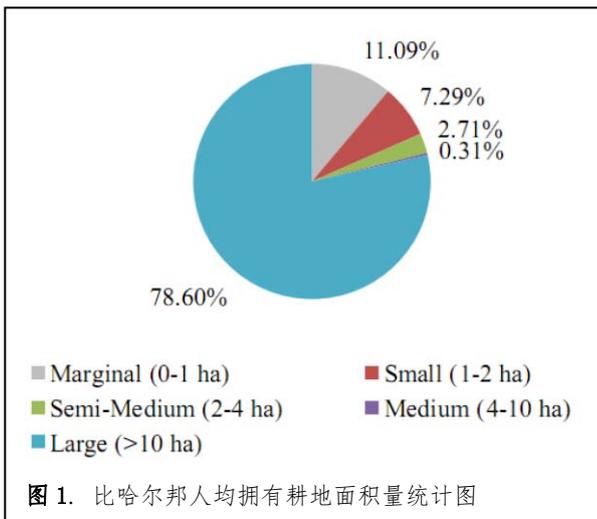
利用有关的参数。亟需发展一种马铃薯综合养分管理技术来综合平衡施用化肥、生物肥料、有机肥和微量元素肥料。同时，还需要开发对农民容易掌握的马铃薯定点精确养分管理工具，选择适合的马铃薯品种，通过适当的农艺措施来生产有机马铃薯产品。

比哈尔邦马铃薯作物的机遇、挑战和战略

比哈尔邦的耕地持有者主要是由一些小农户所组成，耕地呈现高度的分散。约 86% 的农户都是小块耕地。农户的耕地平均拥有量正在逐步下降，现在的数量约只有 0.6ha，大部分农户耕地拥有量都不足 1ha。比哈尔邦的耕地平均拥有量统计图见图 1。

由于人口的增加，粮食需求越来越大，人均耕地面积不断减少，在这种情况下，马铃薯对于确保农业的可持续发展和粮食供给的作用十分重要。马铃薯是一种高产作物。由于马铃薯含有高蛋白质-卡路里比（17g 蛋白质：1000kcal）和短生长周期，因此马铃薯能在单位面积和单位生长时期，积累比许多其他粮食作物更多的可被吸收的能量、蛋白质和干物质。马铃薯每天每公顷能产蛋白质 3kg，而小麦生产 2.5kg，玉米生产 1.2kg，水稻生产 1.0kg。对于能量供给比蛋白质供给更容易获得的印度来说，马铃薯的这种特性显得尤为重要。

种植马铃薯还能为农户提供更多的收益，马铃薯的产量是谷物、豆类和油料作物的 5-10 倍。马铃薯作为经济作物具有高收益，可以使得那些拥有耕地数量少（small）和极少（marginal）的农户能够获得适当的经济收入，也可促进亚热带地区农民的公平。种植马铃薯能得到高回报，提供更广范围的高附加值，作物在种



植和收获期间能提供更多的就业机会。马铃薯作物每天每公顷需要劳动力 250 人，140 万公顷耕地上栽培马铃薯能够每年提供 3.5 亿个工日的农业就业岗位。作物收获后，在包括运输、销售和加工等环节同样能提供更多的就业机会。

生产能力低下会直接影响到农作物生产的经济效益。尽管具有适宜的土壤和气候条件，但与之相反，相比其他邦和全国平均的马铃薯产量水平，哈尔邦的产量要更低。导致比哈尔邦马铃薯产量低且产品等级次的原因是因为缺少质量好的品种，种子替换率低，缺乏作物管理措施，如缺少灌溉、正确的施肥和植物保护措施，初期投入过高等。投入能力低下，耕地面积小，机械化程度低，缺少有组织的市场导致了农产品价格不稳和低回报，这些也都是很重要的原因。

枯萎病是比哈尔邦最主要且传播广泛的病害。不利的气候条件，特别是 1 月的雾天和突发的降雨，有利于病害的传播。采取补救措施经常很困难，只有在及时确诊病害时才可能有效。

在比哈尔邦，马铃薯在 1-3 月进行收获，随后就到了炎热的夏季。马

铃薯收获后，不能在随之到来的高温干旱的条件下保存。因此，为了持续增加马铃薯的生产能力，就必须配备适宜的冷藏设施。

马铃薯是季节性作物，但市场全年都有销售。因为缺少冷藏设施，农民无法安全的保存他们的农产品。这逼迫农民在收获后就

必须马上卖掉他们所有的农产品，导致了在收获高峰期农产品价格受到冲击，农民被迫以低于产品价值的价格卖掉他们的农产品。

比哈尔邦正在认识到马铃薯生产应以产品加工为目的。目前，马铃薯加工企业正和种植户签订合同，但由于在比哈尔邦当地没有马铃薯加工企业，马铃薯只能运输到其它地方进行加工。这使得比哈尔邦本来就有有限的资源外流，现在比哈尔邦将很快拥有自己的马铃薯加工企业，以更方便的对马铃薯进行产品加工。

比哈尔邦的马铃薯能运送到国内的其它市场进行销售，廉价的道路运输和更好的市场配套设施是必不可少的。工作的重点应放在加强新冷库的建立、在马铃薯产区建立农产品加工厂从而降低运输费用和增加农村地区就业机会等方面。

农业研究所 /Krishi Vignan Kendra (KVK) 可参与有机农业实践培训和整套示范，以及农民的能力建设的工作。比哈尔邦需要建立一个相适应的技术推广服务网络，以促进和鼓励信息流自上而下和自下而上的在农民、技术推广工作者和科研人员之间进行传递。

在印度，有 73% 的马铃薯是作为新鲜蔬菜进行消费的，10% 的马铃薯被用作了种子。剩下的 17% 的马铃薯中，有不到 4% 的用以加工，不到 1% 出口，剩下 10%-12% 的马铃薯则被浪费。印度目前还没有将马铃薯作为动物饲料或者生产淀粉和酒精的工业原材料。

结论

马铃薯是很少的有能力满足全球人类营养需求的食物之一。据估计，到 2020 年印度人口将达到 13 亿。这将需要这个国家要生产 4900 万吨的马铃薯。为了实现这个生产目标，就必须增加单位面积和时间的生产能力。这就必须要依靠先进技术以达到所需生产能力水平。而且，提高马铃薯的产量和品质还将面临着耕地数量日益萎缩、水源减少、气候条件变化、逐渐严重的外界生物和非生物的胁迫等各方面的挑战。另外，在增加产量后，又会导致供过于求的现象。丰收季节农产品的价格急跌，使得农民手中农产品的销售倍受压力，导致农民利益受损。为了吸纳过剩的马铃薯，维持马铃薯的持续增产，就需要多方面利用和开发马铃薯产品，增加马铃薯的使用量和出口量。

参考文献

- Anonymous. 2007. Area and Production of Important Horticultural Crop in Bihar 2007, Directorate of Horticulture, Govt. of Bihar. p. 8-45.
- Choudhary, M.L. 2011. Horticulture Development in Bihar: Issues and Strategies. In: Souvenir of Conference on Development of Horticulture in Bihar, held at Patna, 28-29 January 2011. p. 1.
- Ezekiel, R., and S.K. Pandey. 2008.



- Potato is Nutritious Food with Industrial Uses. *In: Souvenir of Global Potato Conference 2008 held at New Delhi, 9-12 December 2008.* p. 13.
- Naik, P.S., and K.C. Thakur. 2007. Potato in India: An Overview. *In: Souvenir: Potato Production and Utilization in India. XXVI Biennial Group Meeting of AICRP on Potato held at RAU, Pusa, Samastipur, Bihar on 7-9 September 2007.* p. 10.
- Pandey, S.K., and P.S. Naik. 2009. Potato in India: An Overview. *In: Region Specific Technologies for Potato Production in India.* Naik, P.S., and S.S. Lal (eds.), AICRP on Potato and CPRI, Shimla. p.3.
- Shrama, R.C., S.P. Trehan, S.K. Roy, and Dhruv Kumar. 1999. Nutrient Management in Potato. *Indian Farming* 49:52-54.
- Singh J.P., and S.P. Trehan. 1998. Balanced Fertilization to increase the Yield of Potato. *In: Proceeding of the IPI-PRI-PAU workshop on "Balanced Fertilization in Punjab Agriculture" held at PAU, Ludhiana, India, 15-16 December 1997.* p. 129-139.
- Singh, J.P., S.P. Trehan, N.C. Upadhaya, and S.S. Lal. 2008. Potato Based Cropping systems. *In: Twenty Steps Towards Hidden Treasure* (eds.) S.K. Pandey, and S.K. Chakraborty, Central Potato Research Institute, Shimla. p. 113.
- Trehan, S.P., and G.S. Grewal. 1990. Effects of Time and Level of Potassium Application on Tuber Yield and Potassium Composition of Plant Tissue and Tubers of Two Cultivars. *In: Potato Production, Marketing, Storage and Processing, IARI, New Delhi.* p.48.
- Trehan, S.P., N.C. Upadhaya, Kumar Manoj, M.L. Jatav. 2008. Nutrient Management in Potato. CPRI Technical Bulletin number 90. Central Potato Research Institute, Shimla. p. 14.

“印度比哈尔邦马铃薯作物的现状和未来挑战”也可以在国际钾肥研究所网站“[区域活动/东印度、孟加拉和斯里兰卡](#)”栏目浏览。

研究报告

基于测土试验的钾肥和有机肥施用对孟加拉国典型石灰性土壤上甘蔗产量和品质的影响

Bokhtiar, S.M.⁽¹⁾⁽²⁾, G.C. Paul⁽²⁾, K.M. Alam⁽²⁾, M.A. Haque⁽²⁾, A.T.M. Hamidullah⁽³⁾, and B. Tirugnanasotkhi⁽⁴⁾

摘要

本文通过在孟加拉国典型石灰性土壤上开展的基于测土试验的钾肥和有机肥（如牛粪和禽粪）配施试验，研究了甘蔗产量和品质的提升潜力。试验共设置 5 个处理，其中 4 个施钾（K）处理的钾肥用量不同，而 N、P、S 和 Zn 的施用量一致。T1, T2, T3, T4 处理的施肥量分别为 90 kg K ha⁻¹、127 kg K ha⁻¹、95 kg K ha⁻¹ 配施 10 t ha⁻¹ 牛粪、95 kg K ha⁻¹ 配施 5 t ha⁻¹ 禽粪，而 T5 处理未施用任何肥料。4 个施钾处理下甘蔗的分蘖数和有效茎数无显著差异，但都显著高于不施肥的 T5 处理。基于测土试验的 T2 处理比当前推荐施用 90 kg K ha⁻¹ 的 T1 处理增产 25.4%。然而，施用测土试验推荐钾肥用量的 75% 并增施牛粪和禽粪后（T3 和 T4），甘蔗产量仍可较 T1 处理分别增加 16% 和 17.7%。甘蔗和蔗糖达到单一种植最大产量所需的施肥量为：在当前推荐的 N 150 kg ha⁻¹，P 50 kg ha⁻¹，S 34 kg ha⁻¹ 和 Zn 3.5 kg ha⁻¹ 基础上，施用 127 kg K ha⁻¹ 或 95 kg K ha⁻¹ 配施 10 t ha⁻¹ 牛粪或 5 t ha⁻¹ 禽粪。这样即可保证甘蔗的高产，又可保持土壤



孟加拉国甘蔗研究所在伊舒尔迪的巴布纳农场中布置的试验，S. M. Bokhtiar 拍摄。

肥力。本研究结果的验证尚需进一步深入的研究。

关键词：甘蔗；钾；测土试验；有机肥；产量；石灰性土壤

引言

施肥在增加作物产量以提高农业生产方面起着重要作用。测土配方施肥可提高肥料利用率和维持土壤肥力。在各种施肥推荐模式中，基于目标产量（Ramamoorthy 等，1967）的施肥推荐是非常有效的，它一方面指明了作物需肥量，另一方面也明确了采用推荐种植管理方式可获得的目标产量。基于目标产量的作物平衡施肥，不仅考虑到了外源加入养分之间的平衡，也考虑到了土壤有效养分。

甘蔗 (*Saccharum officinarum* L.) 是孟加拉国重要的经济作物之一，在 2010~2011 年种植面积为 16 万 ha，甘蔗产量为 780 万 t。甘蔗作为一种需养分高的作物，能快速消耗土壤养分，尤其是钾素。钾作为植物

生长必需的营养元素之一，在很多生理过程中，如光合作用、蛋白质合成、植物体内水分的运输及有机和无机养分在植物体内的转运方面起着重要的作用 (Marschner, 1995; Thangavelue 和 Rao, 1997; Subramanian, 1994)。研究发现，每生产 85 t 鲜甘蔗，从土壤中带走的 N、P 和 K 分别为 122, 24 和 142 kg ha⁻¹ (Bokhtiar 等, 2001)。如果土壤中被消耗的养分未得以补充，土壤肥力和有机质含量就会下降，从而造成土壤中必需营养元素缺乏和元素失衡的环境胁迫 (Ahmad, 2002)。例如，有报道称，在南非施肥充足的旱地上生长一年的甘蔗，其地上部含 K 量为 214 kg K ha⁻¹ (Wood, 1990)；而灌溉条件下，同一品种和生育期的甘蔗带走的 K 量高达 790 kg ha⁻¹。在佛罗里达州的有机土上，甘蔗收获带走的 K 量平均为 343 kg ha⁻¹ (Coale 等, 1993)。在毛里求斯有效 K 含量高的土壤上，即使不施肥条件下，甘蔗带走的 K 也有 250 kg ha⁻¹ (Cavalot 等,

(1) 通讯作者: bokhtiarsm@yahoo.com

(2) 孟加拉国感觉研究所, Ishurdi, Pabna, Bangladesh

(3) 孟加拉国肥料协会, Dhaka, Bangladesh

(4) 国际钾肥研究所东印度、孟加拉和斯里兰卡项目协调。

1990)。在澳大利亚，干重为 84 t ha^{-1} 的地上部含 K 量平均为 198 kg ha^{-1} (Chapman, 1996)。显而易见的是，为了长期、可持续地利用土壤种植甘蔗，所带走的大量 K 需要补充外源 K 肥才可维持土壤养分平衡。

制约甘蔗获得最佳产量的主要因素之一为甘蔗的高养分需求并因此导致的高肥料投入 (Gholve 等, 2001)。与此同时，化肥价格昂贵、市场上肥料供应不足 (Khandagave, 2003) 和单施化肥的甘蔗连作导致了土壤有效养分缺乏、有机质含量下降 (Kumar 和 Verma, 2002; Ibrahim 等, 2008; Sarwar 等, 2008) 等问题，使得矿质肥料配施有机肥成为必需。由于牛粪和禽粪可作为良好的有机质来源，本文根据测土试验结果，研究了施用矿质 K 肥配施和不配施有机肥对孟加拉国典型石灰性土壤上甘蔗生长的影响。

材料和方法

本试验于 2009~2010 年在位于伊舒尔迪巴布纳的孟加拉国甘蔗研究所 (BSRI) 进行，供试土壤为孟加拉

国典型的石灰性土壤。在每个小区采 0~15cm 土壤样品，风干后过 2mm 筛。供试土壤 pH 为 7.64，有机质为 0.78%，全 N 为 0.07%，P 为 12.0 mg kg^{-1} ，K 为 70.0 mg kg^{-1} ，S 为 17.0 mg kg^{-1} ，Zn 为 0.86 mg kg^{-1} 。试验共设置 5 个处理：

- T1: $150 \text{ N} - 50 \text{ P} - 90 \text{ K} - 34 \text{ S} - 3.5 \text{ Zn kg ha}^{-1}$ (当前推荐量)。
- T2: $150 \text{ N} - 50 \text{ P} - 127 \text{ K} - 34 \text{ S} - 3.5 \text{ Zn kg ha}^{-1}$ (施 K 量为测土试验结果的推荐量)。
- T3: $150 \text{ N} - 50 \text{ P} - 95 \text{ K} - 34 \text{ S} - 3.5 \text{ Zn kg ha}^{-1}$ 配施 10 t ha^{-1} 牛粪 (施 K 量为测土试验结果的推荐量的 75%)。
- T4: $150 \text{ N} - 50 \text{ P} - 95 \text{ K} - 34 \text{ S} - 3.5 \text{ Zn kg ha}^{-1}$ 配施 5 t ha^{-1} 禽粪 (施 K 量为测土试验结果的推荐量的 75%)。
- T5: 不施肥。

T2, T3, T4 处理的施 K 量是根据测土试验结果及结合当前 N, P, S, Zn 的推荐施肥量而设置的，其中 T3,

T4 处理配施了有机肥 (牛粪或禽粪)。每个处理 3 次重复，随机区组设计。甘蔗在苗床生长 35 天时即 2 苗期 (2010 年 1 月 13 日) 移栽。试验小区面积为 $5\text{m} \times 6\text{m} = 30\text{m}^2$ ，每小区种 5 行，行间距为 1m。供试甘蔗品种为 Isd 37。N, P, K, S, Zn 肥分别为尿素、重过磷酸钙、氯化钾、石膏和硫酸锌。有机肥料 (牛粪、禽粪) 中的养分含量见表 1 (以烘干重计)。全部的重过磷酸钙、石膏、硫酸锌、牛粪或禽粪，以及 1/3 的氯化钾在移栽前与土壤混匀施入，并在施肥后立即进行灌溉。N 肥分三次等量施用，第一次在立苗期即移栽后 20d 施用；第二次在分蘖完成期即移栽后 90d 施用；第三次在大生长期即移栽后 180d 施用。剩下的 2/3 的氯化钾同后两次 N 肥施用一样，在移栽后 90d 和 180d 作为追肥施用。甘蔗地块的垄内翻耕、除草、灌溉、壅土和收获打捆等农艺措施均按需要进行。在甘蔗生长初期，使用 40kg ha^{-1} 杀虫剂 Curaterr 5G 以控制梢蛀虫。

甘蔗的分蘖数和有效茎数在分蘖期 (即移栽后 150 天) 和成熟期 (即分蘖后 270 天) 两个生长阶段进行观测。土壤 pH 用玻璃电极 pH 计测定 (水土比为 2.5:1)；全 N 用 Micro-Kjeldhal 法；有机碳用 Walkley-Black 法；土壤有效 P 用 $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 浸提，分光光度法；交换性 K 用 $1\text{mol L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$ 浸提，火焰光度法；土壤和植物有效 S 用比色法测定 (Black, 1965)。从甘蔗主茎顶部第 3-4 叶上采集叶片和叶鞘样品。叶脉从叶片中分离出来，并在 65°C 下烘干，磨碎后供养分分析使用。试验小区在 2011 年 1 月 26 日收获，采用方差分析 (ANOVA) 进行数据统计，处理间差异采用最小二乘法 (LSD) 比较。



孟加拉国甘蔗研究所土壤和营养室主任 Gopal Chandra Paul 博士和农民在试验田旁，Tirugnanasotkhi 拍摄。



表1 试验所用有机肥中养分的含量状况(烘干样)

指标	有机肥	
	禽粪	牛粪
pH	7.88	8.60
有机 C (%)	20.53	20.53
全 N (%)	0.59	0.54
全 P (%)	0.13	0.16
全 K (%)	0.12	0.14
全 S (%)	0.21	0.12
全 Zn (%)	0.014	0.013

结果与讨论

钾对甘蔗的产量和生长参数的影响

与不施肥处理 T5 相比, 施 K 肥的 T1、T2、T3、T4 处理下甘蔗的分蘖数、有效茎数和产量均显著增加。另一方面, T1、T2、T3、T4 处理甘蔗的茎高、茎粗和含糖量与 T5 处理相比均无显著差异。在测土推荐施 K 127 kg ha⁻¹ 的 T2 处理下, 甘蔗的产量最高, 为 126.3 t ha⁻¹; 施用推荐施 K 量的 75% 配施 5 t ha⁻¹ 禽粪 (T4 处理) 的甘蔗产量次之, 为 118.5 t ha⁻¹; 施用推荐施 K 量的 75% 配施 10 t ha⁻¹ 牛粪 (T3 处理) 的甘蔗产量第三, 为 116.8 t ha⁻¹, 且 T3 与 T4 处理间无显著差异; 当前推荐施 K 量 90 kg ha⁻¹ 的 T1 处理下甘蔗产量最低, 为 100.7 t ha⁻¹。可见, 基于测土试验结果的施 K 处理比当前推荐施 K 处理的甘蔗产量增加

了 25.4%。该研究结果也证实了 Bokhtiar 等 (1995) 的研究, 他们发现在孟加拉国蒂斯塔河流的洪积土上施 K 量为 166 kg ha⁻¹ 时, 甘蔗增产达 37.7%, 而超过此施 K 量, 甘蔗产量会缓慢下降。Korndorfer 于 1990 年在巴西圣保

罗布置的 11 个试验结果也表明, 施 K 量增至 150 kg ha⁻¹ 能够有效增加甘蔗产量。由表 2 可知, 基于测土试验结果的施 K 量配施牛粪或禽粪处理下的甘蔗产量显著高于当前推荐施 K 量处理下的产量。施用推荐施 K 量的 75% 配施牛粪 (T3 处理) 或禽粪 (T4 处理) 相比当前推荐施 K 量 (T1 处理) 下甘蔗产量分别增加 16.0% 和 17.7%。不同施 K 水平下甘蔗的最大茎高和茎粗没有受到显著的影响。出糖率同样也未受施 K 水平的影响。矿质 K 肥配施有机肥的潜在长期施用效果是非常值得研究的, 一方面是基于 K 的循环; 另一方面有机物能够有效地改良土壤结构。

钾对叶片养分含量的影响

叶片中 N, P, K, S 和 Zn 的养分含量受 K 肥施用的影响较小 (表 3)。

施用钾肥对土壤性质的影响

表 4 为试验开始与结束时土壤的有效养分含量状况。正如所预期的, 绝大部分土壤有效养分在种植一季后都未表现出显著的差异。由于本试验缺少数据统计, 因而在文中只能定性地描述数据的变化趋势。土壤有效 K 在施用粪肥处理 (T3, T4 处理) 和当前推荐施肥处理 (T1 处理) 上约增加了 13%。有趣的是, 基于测土试验结果的施 K 处理 (T2 处理), 其土壤有效 K 含量和初始值相同。所有处理下土壤 S 和 Zn 的含量均有所增加, 尤其在禽粪处理 (T4 处理) 下增加较高, 土壤 S 和 Zn 含量分别增加了 59% 和 224%。

结论

根据测土试验的结果, 在石灰性土壤上每季施用 127 kg K ha⁻¹ 能够显著提高甘蔗的产量, 比该地区当前推荐施 K 水平处理的产量高出 25%。在该地区推荐施肥量的基础上配施有机肥 (10 t ha⁻¹ 牛粪或者 5 t ha⁻¹ 禽粪) 能够使甘蔗增产 16%–18%。我们的研究表明, 增施有机肥不仅能够提高甘蔗产量还能够保持土壤肥力。另外, 评价高钾肥投入下有机肥对土壤肥力的效果, 还需要进一步长期试验结果的支撑。

表2 施钾对甘蔗的产量及产量参数的影响

钾肥 (kg ha ⁻¹) 和有机肥	产量	分蘖数	有效甘蔗茎数	茎高	茎粗	蔗糖含量
	t ha ⁻¹	×10 ³ ha ⁻¹		m	cm	%
T1: 90 ⁽¹⁾	100.7 b	92.84 a	82.72 a	3.663	2.127	10.35
T2: 127 ⁽¹⁾	126.3 a	93.22 a	84.92 a	3.740	2.277	9.947
T3: 95 ⁽¹⁾ + 10 t ha ⁻¹ 牛粪	116.8 ab	92.51a	86.21 a	3.827	2.100	10.41
T4: 95 ⁽¹⁾ + 5 t ha ⁻¹ 禽粪	118.5 ab	93.28 a	86.90 a	3.460	2.080	10.22
T5: 不施肥	60.1 c	73.48 b	70.51 b	3.713	2.270	10.71
LSD (0.05)	18.9	13.02	11.75	NS	NS	NS

⁽¹⁾同时施用 N、P、S 和 Zn 肥分别为 150、50、35 和 3.5 kg ha⁻¹。

不同字母指不同处理间在 5% 水平差异显著。

表3 钾肥对叶片组织中养分含量的影响 (3个重复的平均值)

钾肥 (kg ha ⁻¹) 和 有机肥	全 N	全 P	全 K	全 S	全 Zn
	-----%-----				ppm
T1: 90 ⁽¹⁾	2.11	0.20	1.23	0.17	26.6
T2: 127 ⁽¹⁾	2.00	0.19	1.28	0.18	26.0
T3: 95 ⁽¹⁾ + 10 t ha ⁻¹ 牛粪	1.85	0.20	1.23	0.17	24.5
T4: 95 ⁽¹⁾ + 5 t ha ⁻¹ 禽粪	2.02	0.19	1.29	0.17	25.8
T5: 不施肥	1.96	0.19	1.22	0.16	22.0

⁽¹⁾同时施用 N、P、S 和 Zn 肥分别为 150、50、35 和 3.5 kg ha⁻¹。

表4 钾肥对0~15cm土壤pH、有机质和有效养分的影响 (3个处理平均值)

钾肥(kg ha ⁻¹)和 有机肥	pH	有机质	初始土壤养分状况				Zn
			全 N	P	K	S	
		----- % ----	----- mg kg ⁻¹ -----				
	7.64	0.78	0.070	12.0	70.0	17.0	0.86
			收获后土壤养分状况				
T1: 90 ⁽¹⁾	7.48	0.67	0.086	11.0	88.0	22.0	0.93
T2: 127 ⁽¹⁾	7.40	0.78	0.085	13.0	70.0	22.5	0.95
T3: 95 ⁽¹⁾ + 10 t ha ⁻¹ 牛粪	7.57	0.74	0.096	11.0	88.0	22.5	1.07
T4: 95 ⁽¹⁾ + 5 t ha ⁻¹ 禽粪	7.56	0.71	0.081	12.0	88.0	27.0	1.93
T5: 不施肥	7.57	0.64	0.071	10.0	70.0	20.5	0.80

⁽¹⁾同时施用的 N、P、S 和 Zn 肥分别为 150、50、35 和 3.5 kg ha⁻¹。

致谢

本项目得到位于瑞士 Horgen 的国际钾肥研究所的资助, 特此感谢。

参考文献

- Ahmad, N. 2002. Soil Fertility Management: Key to Food Security and Poverty Alleviation. 9th Int. Congress of Soil Sci. Abstrs., (Soil Management under Stress Environment). Soil Science Society of Pakistan. 2002. p. 16-17.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Series No. 9, Madison Wisconsin, USA. American Society of Agronomy and American Society for Testing and
- Materials.
- Bokhtiar, S.M., M.A. Majid, F. Alam, and S. Rahman. 1995. Effect of Potassium on Yield of Sugarcane in Tista Mender Floodplain Soils of Bangladesh. Bangladesh Journal of Sugarcane. 17:81-84.
- Bokhtiar, S.M., G.C. Paul, M.A. Rashid, and A.B.M.M. Rahman. 2001. Effect of Press Mud and Inorganic Fertilizer on Soil Fertility and Yield of Sugarcane Grown in High Ganges River Floodplain Soils of Bangladesh. Indian Sugar. LI (IV):235-241.
- Cavalot, P.C., J. Deville, and K.F. Ng Kee Kwong. 1990. Potassium Fertilization of Sugarcane in Relation to its Availability in Soils of Mauritius. Revue Agricole et
- Sucrière, Ile Maurice. 69:30-39.
- Chapman, L.S. 1996. Australian Sugar Industry By-products Recycle Plant Nutrients. In: Downstream Effects of Land Use. Hunter, H.M., A.G. Eyles, and G.E. Rayment, (eds.). Queensland Department of National Resources, Queensland, Australia.
- Coale, F.J., C.A. Sanchez, F.T. Izuno, and A.B. Bottcher. 1993. Nutrient Accumulation and Removal by Sugarcane Grown on Everglades Histosols. Agronomy Journal. 85:310-315.
- Gholve, S.G., S.G. Kumbhar, and D.S. Bhoite. 2001. Recycling of Various Conventional and Non Conventional Organic Sources in Adsali Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Planted with Different Patterns. Indian Sugar. L1(1):23-27.
- Ibrahim, M., A. Hassan, M. Iqbal, and E.E. Valeem. 2008. Response of Wheat Growth and Yield to Various Levels of Compost and Organic Manure. Pakistan Journal of Botany. 40:2135-2141.
- Khandagave, R.B. 2003. Influence of Organic and Inorganic Manure on Sugarcane and Sugar Yield. Indian Sugar. 52:981-989.
- Korndorfer, G.H. 1990. Potassium and Sugarcane Quality. Informacoes Agronomicas. 49:1-3.
- Kumar, V., and K.S. Verma. 2002. Influence of Use of Organic Manures in Combination with Inorganic Fertilizers on Sugarcane



- and Soil Fertility. Indian Sugar. L11(3):177-181.
- Marschner, H. 1995 Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
- Ramamoorthy, B., R.L. Narasimhan, and R.S. Dinesh. 1967. Fertilizer Application for Specific Yield Targets of Sonora 64 (wheat). Indian Fmg. 17:43-45.
- Sarwar, G., H. Schmeisky, N. Hussain, S. Muhammad, M. Ibrahim and E. Safdar. 2008. Improvement of Soil Physical and Chemical Properties with Compost Application in Rice-Wheat Cropping System. Pakistan Journal of Botany. 40:275-282.
- Subramanian, K.S. 1994. Influence of Soil and Foliar Application of Potassium on Growth, Nutrient Utilization, Yield and Quality of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). New Botanist. 21(1-4):13-20.
- Thangavelu, S., and K.C. Rao. 1997. Potassium Content in Juice at Certain Sugarcane Genetic Stock and its Relationship with other Traits. Indian Sugar. XLVI(10):793-796.
- Wood, R.A. 1990. The Roles of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in the Production of Sugarcane.

《基于测土试验的钾肥和有机肥施用对孟加拉国典型石灰性土壤上甘蔗产量和品质的影响》也可以在国际钾肥研究所网站“[区域活动/东印度、孟加拉国和斯里兰卡](#)”栏目找到。

研究报告

巴西大豆钾肥的变量施用 (VRA)

Bernardi, A.C.C.⁽¹⁾⁽²⁾, L.M. Gimenez⁽³⁾,
and P.L.O.A. Machado⁽⁴⁾.

前言

钾 (K) 肥和磷 (P) 肥是巴西风化程度高且肥力低的热带酸性土壤常用的两种肥料。大豆适量施用钾肥能获得高收益及高品质 (Tanaka 等, 1993)。一方面大豆需要大量的钾素维持生长发育, 另一方面高产大豆收获时也从土壤中带走大量的钾素 (Mascarenhas 等, 1981)。

即使农田管理方式相近。同一地区的大豆产量也有一定变异。Bernardi 等 (2002) 的研究结果表明, 在巴西南部的免耕农场, 同一地区相同管理条件下种植的大豆产量为 1,800~5,300 kg ha⁻¹ (图 1), 表明产量的空间变化受土壤质地的影响, 这与 Machado 等 (2006) 在这一地区的试验结果一致。在这项研究中, 比较了 Luchiari 等 (2000 年) 和 Machado 等 (2006 年) 在这里建立的两个试验小区 0-20cm 土层粘土含量的空间变化 (图 2), 发现 A 区粘土含量为 612~667 kg ha⁻¹, 而 B 区只有 362~442 kg ha⁻¹, 并分析了土壤粘土含量与土壤电导率 (EC) 的关系, 认这两个试验小区的 EC 能充分反映其土壤质地的空间变化。

K 肥变量施用的研究

(1) 通讯作者:

alberto@cnpse.embrapa.br.

(2) Embrapa Pecuária Sudeste, C.P.339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP, Brazil.

(3) CSEM Brasil, Belo Horizonte, MG, Brazil.

(4) Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil.

Machado 等 (2002) 和 Bernardi 等 (2002) 以空间变异为研究目标, 分析了这个农业生产区土壤特性与植物养分含量变化的关系, Machado 等 (2002) 的测定结果表明 0-5, 5-10 和 10-20 cm 土层钾的平均含量属于中等偏高水平 (图 3), 土壤本身的交换态钾有可能足以满足作物对钾的需求。

尽管如此, 通过巴西南部很多大豆 K 素的叶片诊断, 发现其含量低于大豆适宜的 K 含量 (17~25 g kg⁻¹) (Sfredo 等, 1986, 图 4)。他们认为 K 是大豆产量的潜在性制约因素之一, 土壤肥力的管理还应考虑区域的空间变化, 其不仅能直接影响作物产量, 还能更好地保护环境。而统一的肥料及石灰用量会导致局部地区高于或低于其对肥料的需求量。通过肥料的变量施用 (VRA) 可以替代或控制这些变化。

Bongiovanni 和 Lowenberg Deboer (2004 年) 通过大量的资料证明这种根据不同地点不同时期肥料需要量的 VRA 变量施肥法可以维持农

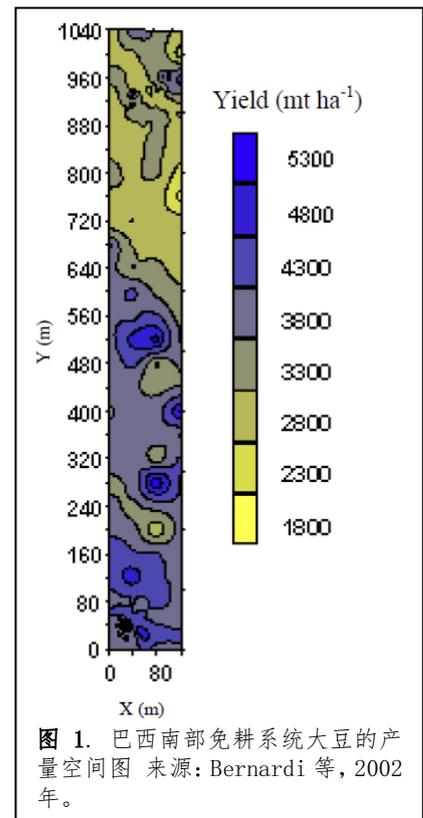


图 1. 巴西南部免耕系统大豆的产量空间图 来源: Bernardi 等, 2002 年。

田的持续性, 这种精准农业的好处是使用详细的数据 (如土壤分析) 的点位图, 降低了化肥的过量施用所造成的损失。该法的不足之处是缺少对环境的实际测定或传感, 大部分的环境

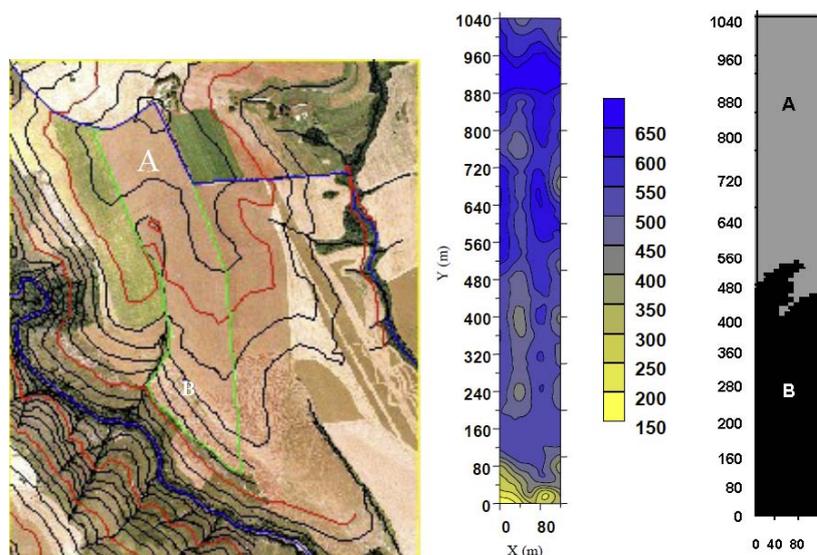


图 2. 试验地区粘土含量空间变量、克里金粘土含量图 (0-50cm) 及试验小区图示 A=612-667g/kg 粘土含量; B=362-442g/kg 粘土含量。改编自 Machado 等, 2006 年。

效益是通过输入量的减少来间接估算的。

由于 VRA 变量施肥法能提高养分利用率和经济效益，减少对环境的负面影响（主要是氮磷），Bernardi 等（2010）对免耕大豆系统进行了 K 肥变量施用的评估。试验点位于巴西典型的铁质砖红壤地区——巴拉那州卡罗门贝（Carambe í, State of Paraná）的一个 13 公顷的大豆地，这一带实施免耕已超过 10 年，采用主栽作物（大豆，小麦和玉米）和覆盖作物（燕麦）轮作制。设对照及施用 K_2O 40、80、120 $kg\ ha^{-1}$ 共 4 个处理，在大豆第一复叶展开期以 KCl 肥料的形式施入，小区面积为 $18 \times 1000m$ 并设置 3 个重复（图 5 和图 6）。各小区产量通过全球定位系统（GPS）进行实时收获和差分校正，数据存储于地理信息系统（GIS）以用于拟合克里金产量分布图（kriged yield map）。

图 6 为产量结果（Bernardi 等，2010），反映的是不同施 K 水平时大豆的克里金产量分布图。由图可知，大豆的平均产量为 $3,838\ kg\ ha^{-1}$ ，但不同区域的产量变幅为 $2,100 \sim 6,583\ kg\ ha^{-1}$ ，和 Machado 等（2006）报道的土壤质地是影响产量差异的结果一致。这个结果也表明不同的钾肥施用量对大豆产量没有影响。

这些结果也验证了以前的结论（Mascarenhas 等 1981；Palhano 等，1983；Rosolem 等，1988；Borkert 等，1997a；Borkert 等，1997b），即在交换态钾含量低的土壤上甚至包括连作大豆仍然可以增产，因为土壤中除了交换态钾，还有其它形态的钾能在作物生长过程中释放出来，其中

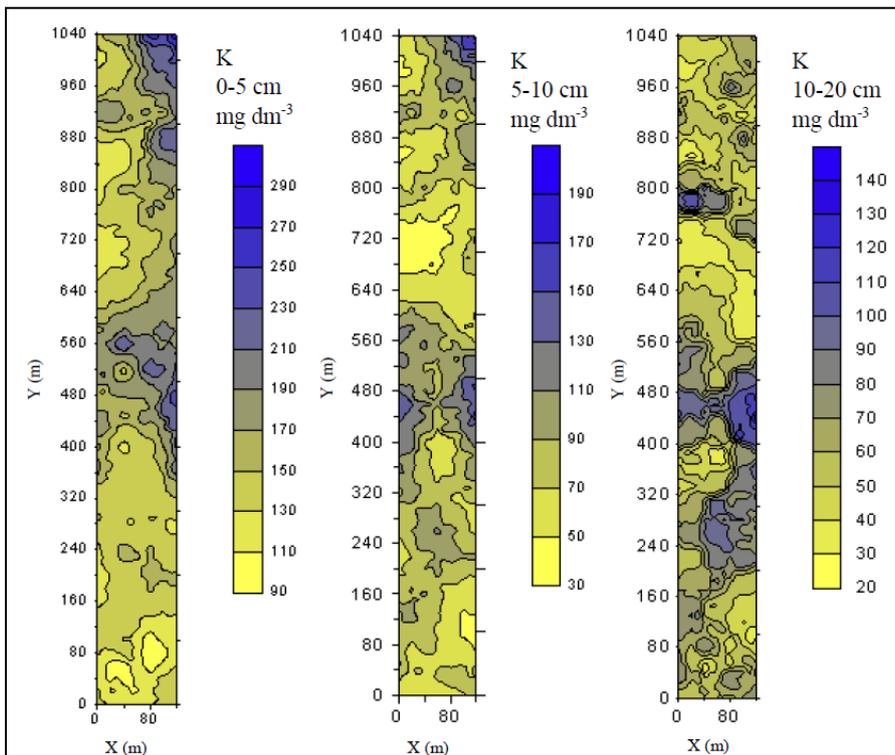


图 3. 巴西南部免耕系统大豆生长季节土壤交换态钾含量空间变异图
来源：Machado 等。2002 年。

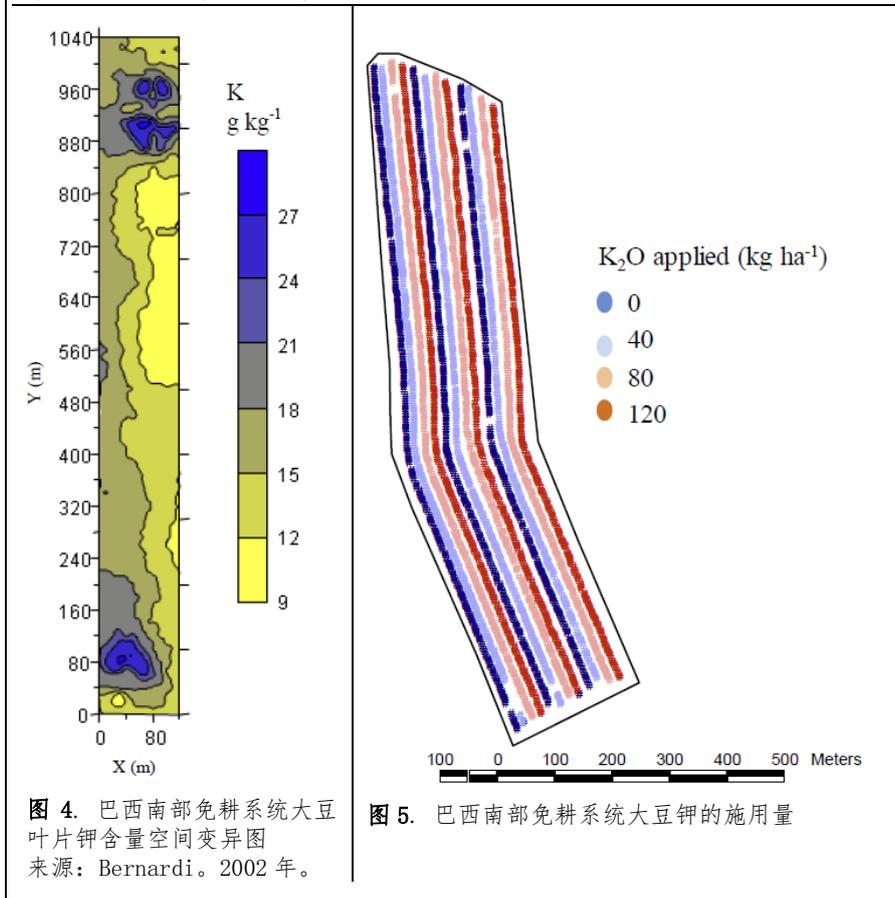


图 4. 巴西南部免耕系统大豆叶片钾含量空间变异图
来源：Bernardi。2002 年。

图 5. 巴西南部免耕系统大豆钾的施用量

就包括非交换态钾（Rosolem 等，1988）。

按照 Bernardi 等(2010)的研究结果，种植者应该等量归还被作物带走的养分。而一吨大豆需要 18.7 kg K(Tanaka 等，1993)或者从土壤中带走 22.5kg 的 K_2O 。图 7 的结果表明大豆带走的 K 量也应该考虑等量归还，如果没有进行适量的补给，可能会发生 K 的矿化反应。为了保证钾的平衡（ K_2O 的施入与输出），当地需要施用 $80\sim 120\text{ kg ha}^{-1}$ 的 K_2O ，而当地平均 $80\text{ kg ha}^{-1}K_2O$ 的施用量偏低。这也与 Bongiovanni 和 Lowenberg-Deboer (2004)的结论一致，即 K 肥的变量施用能改善肥料的分配。

结论

以上研究结果表明可以通过前些年的产量图来完成 K 肥变量施用推荐图。利用这个信息，可以指导该地区进行 K 肥的变量施用，这样既能优化 K 肥施用，还能减少产量变异并获得更好的收益。

参考文献

- Bernardi, A.C.C., L.M. Gimenez, C.A. Silva, P.L.O.A. Machado. 2010. Variable Rate Application of Potassium Fertilizer for Soybean Crop Growth in a No-Till System. *In: Proceedings of the Tenth International Conference on Precision Agriculture, Denver, 2010.*
http://www.icpaonline.org/finalpdf/abstract_138.pdf.
- Bernardi, A.C.C., P.L.O.A. Machado, C.A.F.S. Carmo, C.A. Silva, L.I. Ortiz Valencia, C. Bettini, M.S.P. Meirelles, and J.P. Molin. 2002.

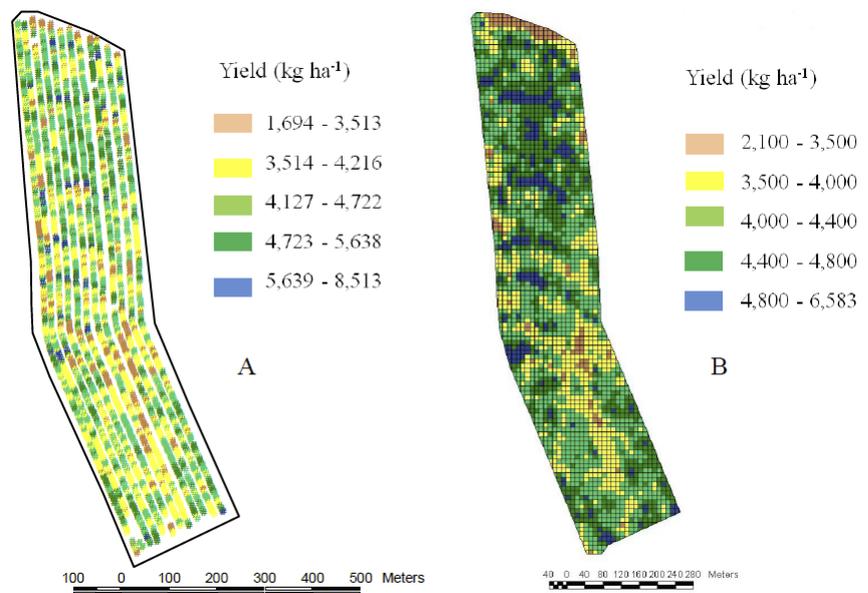


图 6. 试验小区的大豆产量 (A) 及大豆克里金产量图 (B)
来源: Bernardi 等。2010 年。

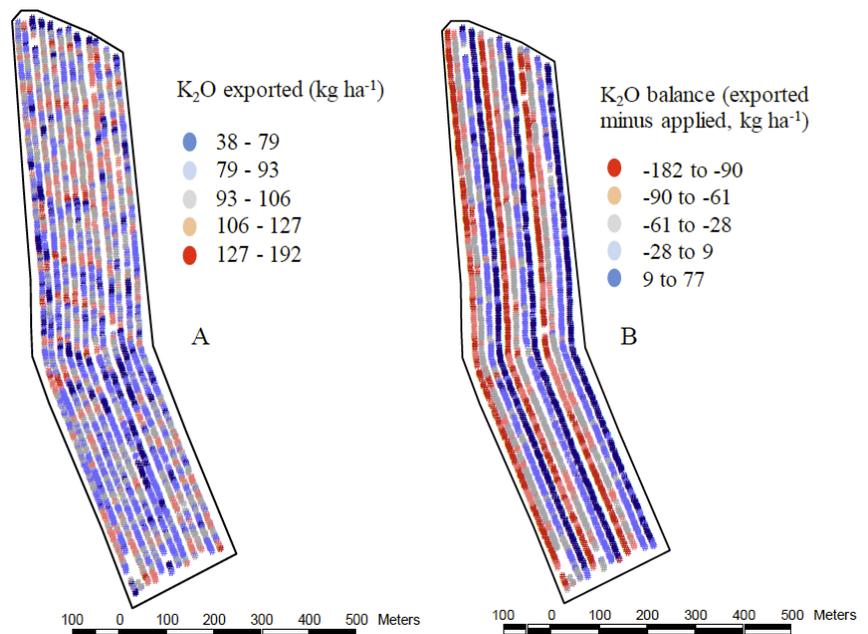


图 7. K 的输出 (A) 与 K 的平衡 (B) (K_2O 输入量- K_2O 输出量)
来源: Benardi 等。2010 年。

Georeferenced Soybean Yield and Nutritional Status Evaluation under No-Till System in Southern Brazil p. 62-70. *In: P.C. Robert (ed.) Proceedings of the Sixth International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis,*

2002. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
 Bongiovanni, R., and J. Lowenberg-Deboer. 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Prec. Agric.* 5:359-387.



- Borkert, C.M., J.R.B. Farias, G.J. Sfredo, F. Tutida, and C.L. Spoladori. Soybean Response to Fertilization and the Availability of Potassium in a Latossolo Roxo Eutrófico. (In Portuguese, with English abstract). *Pesq. Agrop. Bras.* 32:1009-1022.
- Borkert, C.M., J.R.B. Farias, G.J. Sfredo, F. Tutida, and C.L. Spoladori. 1997a. Soybean Response to Fertilization and the Availability of Potassium in a Latossolo Roxo Álico. (In Portuguese, with English abstract). *Pesq. Agrop. Bras.* 32:1119-1129.
- Luchiari, A., J. Shanahan, D. Francis, M. Schlemmer, J. Schepers, M. Liebig, A. Schepers, and S. Payton. 2000. Strategies for Establishing Management Zones for Site-Specific Nutrient Management. *In: P.C. Robert et al.* (ed.) *Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture and Other Resource Management*. Bloomington, MN. 16–19 July 2000. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Machado, P.L.O.A., A.C.C. Bernardi, L.I.O. Valencia, J.P. Molin, L.M. Gimenez, C.A. Silva, A.G.A. Andrade, B.E. Madari, and M.S.P.M. Meirelles. 2006. Electrical Conductivity Mapping in Relation to Clay of a Ferralsol under No Tillage System. (In Portuguese, with English abstract). *Pesq. Agrop. Bras.* 41:1023-1031.
- Machado, P.L.O.A., A.C.C. Bernardi, C.A. Silva, L.I. Ortiz Valencia, C. Bettini. 2002. Variability of Fertility Parameters of a Typic Hapludox and Estimation of Liming and Fertilizer Requirements for Soybean p. 111-113. *In: P.C. Robert* (ed.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Precision Agriculture*, Minneapolis, 2002. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Mascarenhas, H.A.A., J.M.A.S. Valadares, C.L. Rotta, and E.A. Bulisani. 1981. Potassium Fertilizer in Soybean Production, Content of Potassium in the Leaves and the Availability of Potassium in Latossolo Roxo of Cerrado. (In Portuguese, with English abstract). *Bragantia* 40:125-134.
- Palhano, J.P., O. Muzilli, K. Igue, A. Garcia and G.J. Sfredo. 1983. Phosphorus and Potassium Fertilization of Soybean in Paraná State. (In Portuguese, with English abstract). *Pesq. Agrop. Bras.* 18:357-362.
- Rosolem, C.A., J.R. Machado, and D.B.O. Ribeiro. 1988. Forms of Potassium in the Soil and Potassium Nutrition of Soybean (In Portuguese, with English abstract). *R. Bras Ci Solo* 12:121-125.
- Sfredo, G.J., A.F. Lantmann, R.J. Campo, C.M. Borkert. 1986. Soja, nutrição mineral, dubação e calagem. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 21 p. EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 64.
- Tanaka, R.T., H.A.A. Mascarenhas, and C.M. Borkert. 1993. Nutriçãomineral da soja. p. 105-135. (In Portuguese). *In: Arantes, N.E., P.I.M. Souza* (ed.) *Cultura da soja nos cerrados*. OTAFOS, Piracicaba, Brazil.

“巴西大豆钾肥的变量施用 (VRA)”一文也可以在国际钾肥研究所网站“[区域活动/拉丁美洲](#)”栏目浏览。

学术活动

2011年9月

红壤施用大颗粒钾肥提高洋葱产品和品质研究项目的国家级钾素营养研讨会。2011年9月15日，土壤科学系，Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri, Maharashtra, India. 这次论坛将围绕施钾的重要性和钾肥研究所与土壤科学系联合实施3年的项目成果进行讨论。欲获得更详细信息，请与IPI中国项目协调员 [Eldad Sokolowski 先生](#) 联系。

2011年10月

可持续高产高效施钾国际学术论坛。2011年10月27-29日在斯里兰卡 Kandy 召开。会议由IPI和斯里兰卡农业部、斯里兰卡 Sri Jayewardenepura 大学共同举办。孟加拉肥料协会 (BFA) 和印度肥料协会 (FAI) 协办。欲了解更多详情，请访问 [IPI 网站](#)，或与IPI东印度、孟加拉和斯里兰卡项目协调员 [Baladzhoti Tirugnanasotkhi 博士](#) 联系。

2012年7月

中国土壤和作物系统中的钾素管理国际研讨会。2012年7月24-27日在中国四川成都召开。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

2011年9月

土壤、植物与食品交互作用国际研讨会。智利 Mendel 大学农学系，2011年9月6-8日召开。欲了解更多详情，请访问 [IPI 网站](#)。

2011年10月

第10届非洲作物科学协会学术研讨会。Joaquim Chissano 国际会议中心，2011年10月10-13日在莫桑比克 Maputo 市召开。欲了解更多详情，请访问 [IPI 网站](#)。

2012年5月

2012年以色列农业技术博览会暨第18届国际农业展览。2012年5月在以色列特拉维夫召开。2012年以色列农业技术博览会是全球农业技术交流展览领域最重要的活动。展览期间将召开国际农用塑料协会 (CIPA) 的会议。欲了解更多详情，请访问 [Agritech 会议网站](#)。

最新出版物

灌溉施肥，一种水与养分资源高效管理工具。2011年出版。Kafkafi, U., and J. Tarchitzky.

140p. ISBN 978-2-9523139-

8-8. 国际肥料协会和国际钾肥研究所共同出版。

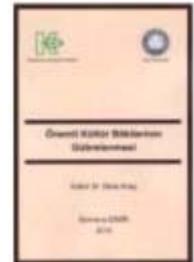
高效的用水管理有助于提高肥料/养分的利用效率。实践充分证明，通过灌溉水或灌溉施肥技术提高肥料利用的利用效率，有助于将广大的全球干旱半干旱耕地变成农田，同时可以减少传统灌溉系统对水资源的浪费。这是国家肥料协会 (IFA) 和国际钾肥研究所 (IPI) 共同组织编写的。该书全面论述了土壤-水-肥料的交互作用。作者总结了世界各地大田和温室应用灌溉施肥技术涉及到植物生理、植物营养和灌溉等相关知识的经验。读者将了解关于大田作物和温室花卉应用灌溉施肥系统肥料选择的相关知识。选择适当的肥料要



考虑作物不同生长时期的植物生理、土壤类型或者生长介质、气候条件和灌溉水质。

该书的全文下载，请访问 [IPI 网站](#)。

Önemli Kültür Bitkilerinin Gübrelenmesi (土耳其主要作物的施肥指导)。2010年，Edited by Dr. Dilek Anaç 编写。



Ege University, Bornova, Turkey. 111 p. Turkish. ISBN 978-605-87957. 作物高产需要高投入，但在生产实践中常常投入过量。过量施肥管理非常重要，不仅关乎作物高产，而且与环境保护和经济投入有关。所以，作物优化施肥是生产优质健康作物，获得高产的基本要求。

肥料的高效利用必须了解气候条件、土壤属性、作物生育期和施肥时期、施肥量与肥料种类。否则，土壤肥力、农产品产量和质量都有可能下降，农业环境也可能受到负面的影响。

本书包括7章，每一章都专注于杏树、草莓、柑橘、棉花、无花果、玉米、橄榄、百里香草，温室马铃薯、葡萄园和小麦生长需求，特别强调气候条件、土壤属性、植物营养和施肥推荐与指导。作者都是来自于土耳其 Bornova 的 Ege 大学、Manisa 的 Celal Bayar 大学、Antalya 的西地中海农业研究所的顶尖科学家。

本书对在土耳其从事农业科学研究、技术推广、农业商业技术人员都非常有用。

可以访问 [IPI 网站](#) 下载本书，或者联系 Ege 大学农学院土壤科学系的

Prof. Dr. Dilek Anaç (35100 Bornova, Izmir, Turkey), E-mail: dilek.anac@ege.edu.tr.

IIP Boletín No. 20: Fertilizando Para Altos Rendimientos: Soja en Latino-América (拉丁美洲大豆高产高品质施



肥)。2011年出版。174P。ISBN 978-3-9523243-7-0。作者包括 Ricardo Melgar 博士 (Estación Experimental de Pergamino, Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina)、Godofredo Vitti 博士 (Escuela Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidad de São Paulo, SP, Brasil 和 Vinicius de Melo Benites 博士 (Centro Nacional de Investigación de Suelos, Río Verde, GO, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA, Brasil)。

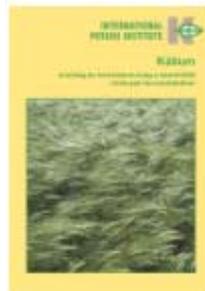
IPI 第一版关于大豆的小册子是由 Fauconnier 博士编写并在 1986 年出版的。从那时候开始，全球特别是拉丁美洲的大豆的种植面积和产量已经增加了很多。这是 IPI 最新的关于大豆的小册子，由阿根廷的 R. Melgar 博士和巴西的 Vitti 博士和 de Melo Benites 博士用西班牙语写成。该书与拉丁美洲国家大豆的发展同步，勾勒出了拉丁美洲大豆发展轨迹。

该书包括 4 个章节和结论部分，还附有彩色照片。第一章论述了大豆在拉丁美洲的经济，包括利用大豆油发展生物燃料高度重要性。第二章论述了拉丁美洲大豆种植需要的气候条件、土壤属性和发展潜力。第三章

论述了每种养分对拉丁美洲大豆生长发育和大豆品质的作用，第四章介绍了大豆施肥模式，特别是免耕条件下的大豆施肥技术。

可以访问 [IPI 网站](http://IPI网站) 下载本书，或者联系 R. Melgar 博士获得此书，E-mail: rjrmelgar@gmail.com 或 rmelgar@pergamino.inta.gov.ar。

Kálium-minőség és termésbiztonság a szántóföldi növények termesztésében (施钾是大田作物获得高产高品质的保证)。2011 年出版，16P。István Terbe. 匈牙利文。



这本小册子是介绍谷类作物、块根类作物、油料作物、烟草、饲料作物和牧草作物的钾素需求与钾素养分管理知识的。该书简要介绍了土壤钾素状况，并提出了以上作物的施肥推荐量。

可以访问 [IPI 网站](http://IPI网站) 下载这本小册子，或者联系 IPI 的中欧项目协调员 Thomas Popp 博士获得此书。



钾盐发展协会 (PDA) 的出版物

钾盐发展协会 (PDA) 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。

注：PDA 出版物只能在英国和爱尔兰可以获得。



钾素文献

磷钾种肥沟施对玉米的作用。

Mallarino, A.P., N. Bergmann, and D.E. Kaiser. [Agron. J. 103\(3\):685-694](#), 2011.

摘要:

玉米经常施含 N-P 或 N-P-K 的种肥 (*Zea mays* L.), 这也引起了人们对 K 肥作种肥所起作用的关注。本文研究了早期 P、K 含量、沟施液体 P-K 肥和作为种肥的 K 肥对玉米的产量、早期生长的作用。设置了 6 个小区重复试验, 分别为不施 P 或不施 K; 按照 3-18-15 的比例, 施种肥磷肥 (P) 5-7kg/ha 和钾肥 (K) 10-14kg/ha; 按照 0-0-25 的比例施种肥钾肥 (K) 10-14kg/ha; 追施磷肥 (P) 49-66kg/ha、钾肥 (K) 112-140kg/ha; 追施磷钾肥和施种肥相结合等。多余的 N 肥 (191-224 kg/ha) 均匀施用。用 8 个条带重复试验研究按照 0-0-25 的 NPK 比例施种肥钾肥 (K) 10-14kg/ha、追施钾肥 (K) 112kg/ha, 以及追施和施种肥的影响。多余的 N 肥 (168-224 kg/ha) 和 P 肥 (49-66 kg/ha) 均匀施用。试验地包含了不同的耕作方式、杂交品种、土壤类型和土壤养分含量。在 2 个试验中, 相比只追施 P-K 肥的处理, 在追施 P-K 肥外还施用种肥 P-K 肥的, 能够促进作物生长以及作物对 P 和 K 的吸收, 但没有增产的效果。相比追施肥料, 小区试验中追施 P-K 肥加施用种肥 K 肥的处理, 或

在条带试验中最施 K 肥加施用种肥 K 肥的处理, 都不能促进作物生长, 在总共 14 个试验中有 2 个试验减少了 K 的吸收, 对作物产量无影响。钾对玉米作物几乎没有初期效应。除非土壤本身就缺 K, 而且也没有追施 K 肥进行补充的情况下, 否则施钾肥种肥并不能促进玉米的早期生长或者提高作物产量。

华北平原不同生产措施条件下钾肥在玉米上的施用。

Junfang Niu, Weifeng Zhang, Xiping Chen, Chunjian Li, Fusuo Zhang, Lihua Jiang, Zhaohui Liu, Kai Xiao, Menachem Assaraf and Patricia Imas. [Agron. J. 103\(3\):822-829](#), 2011.

摘要:

华北平原不常施用钾肥, 尤其是玉米 (*Zea mays* L.)。本研究的目的是, 研究传统生产措施和高产措施下施钾和作物产量之间的关系。在华北平原设置了 7 个田间试验。试验比较了 3 个 K 水平 (K0 为不施钾肥, K1 为中等施钾量, K2 为高施钾量), 和传统生产措施与高产措施。所有的试验田中除了 2006 年的 ZD 外, 高产措施下的玉米产量都要高于传统措施的玉米产量。在 K1 和 K2 水平, 传统措施使玉米产量平均分别增加了 9.9% 和 14.9%, 高产措施则得玉米产量平均分别增加了 15.7% 和 21.0%。7 个长期田间试验结果表明, 高产措施下的玉米产量和施钾经济效益平

均都要比传统措施显著。中等 K 肥投入能改善氮肥和磷肥的偏生产力, 使得施肥结果的差异更加显著。总的来说, 由于施用钾肥的回收率很明显, 偏生产力和钾肥农学效率在高产措施条件下得到提高, 表明钾肥施用量和高产措施之间存在正相关性。钾的负平衡在所有的 K0 和 K1 处理中的不同时间和不同措施条件下都有发现, 在高产措施中尤其明显。在华北平原的集约化程度较高、相对南方地区较高的 K 含量的农业土壤中, 通过优化钾肥用量, 能改善土壤肥力, 提高作物产量。

利用数据挖掘方法对田间试验中钾磷肥施肥效应与土壤测试结果之间关系进行再研究。Kuchenbuch, R.O., and U. Buczko. [J. Plant Nutr. Soil Sci. 174\(2\):171-185](#), 2011.

摘要:

目前, 德国钾 (K) 和磷 (P) 肥的推荐施肥是基于土壤有效养分的测试进行的, 这样做的结果是通过养分的有效性来解读的。虽然定点的土壤和植物特性 (如粘土、碳含量、pH、作物品种) 会对土壤养分含量和肥料效应之间的关系产生影响, 但这些因素中的大部分, 在进行肥料需求评估时, 并没有考虑它们对养分数量的贡献。最近对田间产量的再评估表明, 即使土壤 P 或 K 养分含量正好是处于亏缺范围, 但施肥经常不能提高作物的产量。本研究对德国和奥地利



过去几十年的 P 和 K 肥试验的结果（共计约 9000 个试验结果），运用非参数数据挖掘程序（该程序由数据库的连续分段数据组成）进行再分析，建立一个改进的推荐模型。与未施肥的处理相比，除了土壤养分含量，肥料使用比例、养分利用效率和土壤属性（如 pH、粘土含量、土壤有机质含量）等，对作物的增产也有明显的影响。对于 K，养分利用率对其影响最大，土壤钾含量的影响次之。而对于 P，土壤磷含量对其影响最大，pH 和粘土含量对其的影响次之。本文研究的结果可以作为一种新方法，通过利用作物品种、施肥比例和地点详细数据等，预测作物增产概率。

雨养农业的养分管理策略：挑战和机遇。 Srinivasa Rao, Ch. *Indian J. Fert.* 7(4):12-25, 14 p. April 2011

摘要：

旱地土壤不仅缺水，而且还很贫瘠。雨养农业地区作物的低产是因为水资源缺乏、连年干旱、耕地退化（主要是水分侵蚀导致每年每公顷有 16t 土壤流失）、土壤质量状况差、水分和养分胁迫、多种养分亏缺、高蒸发率、低下渗率和作物管理水平低下等因素造成。由于养分移动性依赖土壤水分，因此水分的胁迫对作物的养分有效性的影响较大。由于缺少覆盖层，使得表层土壤发生侵蚀，造成土壤有机质含量降低和中微量元素亏

缺，成为制约作物产量的重要因素。因此，雨养农业生产体系的可持续发展必须提高养分和水的使用效率。这就需要大力发展土壤和作物管理，缓解水和养分的压力，用最小的环境代价取得最高的产量。雨养农业作物产量潜力、土壤肥力问题、土壤质量状况的重要性、农场经营对于平衡的影响、旨在提高养分利用效率的平衡而综合的养分管理和策略对示范农场的生计的影响等也都在本文进行了讨论。

棉花的施肥效应和养分管理策略。 Venugopalan, M.V., D. Blaise, M.S. Yadav, and Rachana Dehmukh. *Indian J. Fert.* 7(4):82-94, 13 p. April 2011.

摘要：

土壤限制因子，尤其是土壤肥力，是提高棉花产量潜力的主要阻碍。养分投入不足，使得在作物对养分进行吸收后，导致土壤肥力的下降。整个棉花生长地区，除了 P，其他养分都处于负平衡。为了减轻养分胁迫、提高作物产量，实施养分平衡管理方案是唯一的选择。本文阐述了传统的非 Bt 和新引进的 Bt 转基因作物施肥效应的问题。还就定点精确养分管理的推荐施肥和养分资源综合管理等进行了讨论。

热带块茎作物养分管理策略。 Byju, G, and C.S. Suchitra. *Indian J. Fert.* 7(4):98-113, 16 p. April 2011.

摘要：

块茎作物是热带雨林地区主要的粮食作物。在印度，这些作物是第二大栽培作物，同时还是制作淀粉和西米的工业原料作物。这些作物适合种植于低肥力、酸性和养分含量水平低的热带土壤中。木薯、甘薯、山药和天南星科植物都是这类作物中的重要作物，对这些作物施有机肥和化肥都有很好的肥效。在过去的 45 年，许多研究都关注这些作物的养分管理策略。养分带走量、养分亏缺症状、植株分析指标和临界养分含量都是养分管理研究的对象。最初，通过推广通用的推荐施肥技术，使得这些作物的产量持续增加。随后，基于土壤测试结果和目标产量的推荐施肥技术运用于部分地区的木薯和甘薯作物。再后来，定点精确养分管理技术在木薯作物上得到应用，田间尺度的养分推荐在木薯主要种植区域的农户中得到有效使用。定点精确养分管理技术，将土壤和冠层性状的时空变化等，用来开发如仿真模型、叶色彩图表和叶绿素计等工具，基于这些工具，提出变量施肥建议。发展其他热带茎块作物的定点精确养分管理技术也正在考虑中。



相关阅读

[IWMI Research Report 140](#): 恒河和印度河盆地作物水生产效率的评价: 现状和将来发展趋势。Cai *et al.* 2010. ISBN 978-92-9090-735-0.

[The Economist](#): 食物价格。2 June 2011.

[IFA Wiki](#): 欢迎访问植物营养 Wiki 解密

[The Economist](#): 阻碍丰收: 气候变化已经对作物产量产生影响, 但影响还不是非常大。5 May 2011.

[ECOS](#): 澳大利亚的碳农业创新: 全球第一。Michele Sabto, M., and J. Porteous. CSIRO Publishing, 4 May 2011.

[Journal of Functional and Environmental Botany](#): 钾的有效性对氮的同化以及水藜产量的影响。Nidhi Gauba Dhawan, Shahid Umar, Tariq O. Siddiqi and Muhammad Iqbal. [Indian Journals.com](#). 1(1):1-10, 2011.

[Pakistan Journal of Agricultural Sciences](#): 逆境条件下施钾对减少不同杂交玉米空秆的影响。M. Ahmad alias Haji A. Bukhsh, Riaz Ahmad, Javaid Iqbal, Safdar Hussain, Atique ur Rehman and M. Ishaque. 48(1):31-38, 2011 ISSN (Print) 0552-9034, ISSN (Online) 2076-0906. www.pakjas.com.pk.

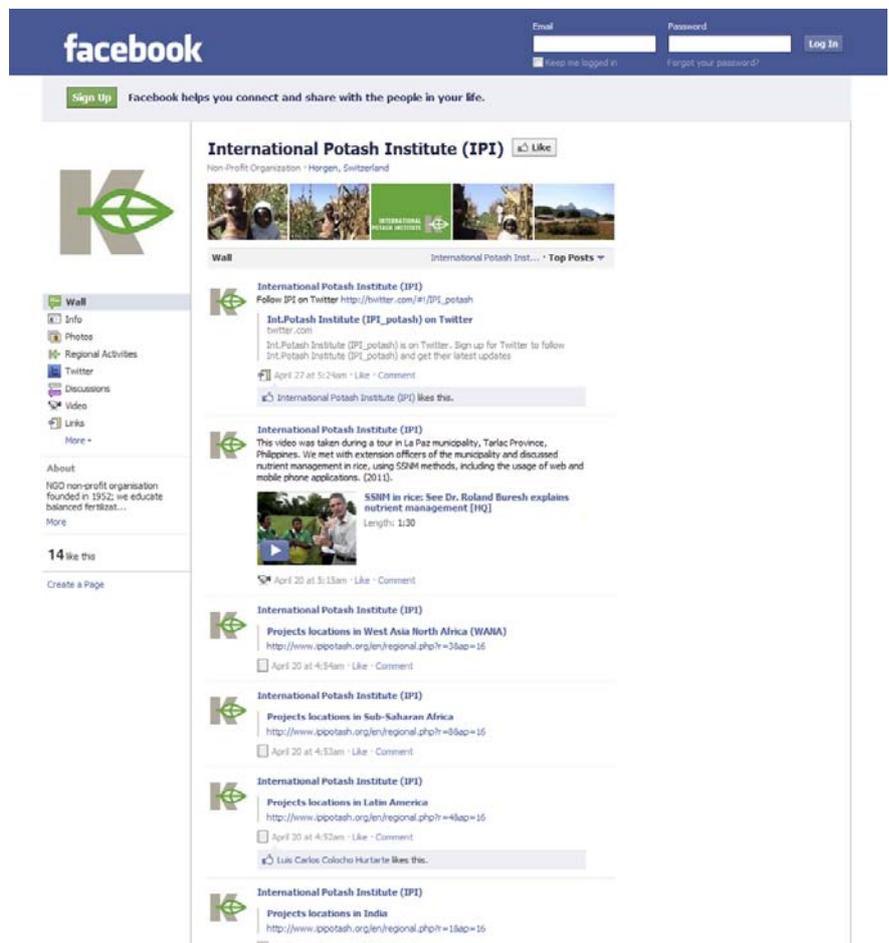
[Communications in Biometry and Crop Science](#): 缺水和施钾条件下的大豆生物化学组分的 ¹⁴C 分布。Kamel *et al.* 5(1):27-33, 2010. International Journal of the Faculty of Agriculture and Biology, Warsaw University of Life Sciences, Poland.

[Nature](#): 农业: 超越食品和燃料供应的产业。Graham-Rowe, D. 474:6-8, 23 June 2011.

[Nature](#): 前景展望: 非洲新希望。Lynd and Woods. 474:20-21, 23 June 2011.

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。
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

信息公告



我们最新推出的 [Facebook](#) 有一个 app, 专门展示 IPI 在世界各地实施的项目, 以及 [IPI Twitter](#) 上发布的最新的消息和反馈信息。利用这些手段的目的就是要提高 IPI 活动的曝光度, 特别是 [Facebook](#) 和 [Twitter](#) 的用户, 可以更容易获得相关信息。



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: Ernest 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

网址: 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 Belaruskali; JSC Uralkali; K+S KALI GmbH; Tessenderlo Chemie; JSC Belarusian Potash Company (BPC); and JSC International Potash Company (IPC).

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, 必须要得到其版权所有人的许可。