

e-ifc

国际肥料通讯电子杂志 (e-ifc)
季刊, 国际钾肥研究所 (IPI) 主办

总第37期 | 2014年6月号



编者按

亲爱的读者,

最新一期国际钾肥研究所 (IPI) 电子杂志 e-*ifc* 为你提供来自孟加拉、印度和巴基斯坦的几篇研究报告。在这些报告中, 研究人员试图尽量提高钾素的利用效率。

土壤测钾已经有几十年的历史了。但是, 由于不同地区的土壤类型不同, 有时即使非常近的区域土壤类型也不完全相同, 所以, 为了准确评价土壤钾素对作物的有效性, 就要采用不同的土壤浸提方法。在有些地方, 很少开展土壤测试, 取而代之的是直接为农民提供相差无几的施钾推荐, 而这些推荐值几乎都不能满足作物对钾素的需要。在另外一些地方, 确实可以开展土壤钾素测试, 但是测试费用高昂, 测试结果与作物匹配性不够精确。只有当土壤分析测试无论在土壤钾素的强度指标还是其容量指标都适合时, 其测试值才能作为作物施钾推荐的可靠基础。

我们期待出现更好的作物需钾测试方法的新技术。全世界的农民都需要最可靠的测试方法, 以便有效利用资源和节约成本。我们 IPI 人正在付诸巨大努力, 推动广大农民实现这一目标。

祝您阅读愉快

Hillel Magen

IPI 主任

编者按 2

研究论文



孟加拉北部土壤缺钾地区姜黄 (*Curcuma Longa*) 施钾效应 3
Noor, S., S. Akhter, M.S. Islam, T. Hasan, and A.T.M. Hamidullah



印度变性土施钾效应长期肥料试验 10
Singh, M., and R.H. Wanjari



巴基斯坦土壤钾素和作物钾素效应综述: 前景和机遇 16
Wakeel, A.

学术动态 22

出版物 24

科学文献摘要 25

研究报告



印度Tamil Nadu地区姜黄种植田。
照片拍摄: P.K. Karthikeyan。

孟加拉北部土壤缺钾地区姜黄 (*Curcuma Longa*) 施钾效应

Noor, S.⁽¹⁾, S. Akhter⁽¹⁾, M.S. Islam⁽¹⁾, T. Hasan⁽¹⁾, and A.T.M.

摘要

田间试验进行了两个生长季节(2010/11和2011/12), 以研究在轻质缺钾土壤(梯田, AEZ25)上种植姜黄 (*Curcuma longa*) 施钾肥的影响。试验地位于Bogra Shibganj的孟加拉农业研究所(BARI)香料研究中心(SRC)(纬度24° 51'0" N, 东经89° 22'0" E, 海拔23m)。这项研究的目的是建立姜黄(品种为Holud-3)最大产量时钾的最佳用量和姜黄的养分吸收量, 绘制农作物钾用量平衡表。试验设5种处理, 其中包括不施钾的对照处理, $T_1 = K_0$ 、 $T_2 = K_{40}$, $T_3 = K_{80}$, $T_4 = K_{120}$ 和 $T_5 = K_{160}$ kg/hm²。氯化钾作钾源。随机

完全区组设计(RCBD), 3次重复。所有小区都施用的空白处理是 $N_{133}P_{18}S_{13}Zn_2$ kg/hm²。

施钾量为160 kg/hm²时, 施钾使得姜黄根茎产量在2010/11和2011/12生长季分别显著增加到37.2和26.3 t/hm² ($R^2 > 0.9$)。随着施钾量的提高, 姜黄的产量也有明显提升。

⁽¹⁾Soil Science Division, BARI, Gazipur

⁽²⁾Ex. Executive Officer, Bangladesh Fertilizer Association (BFA), Dhaka
Corresponding author: dmsislam@agni.com

在2010/11和2011/12生长季, 施钾使姜黄的产量分别提高了39%和52%。随着钾的使用量增加到160 kg/hm², 姜黄的吸钾量在68~180 kg/hm²之间。K的表观平衡是通过计算施钾肥和姜黄对钾的吸收量得出的。在实验中的所有处理的K素表观平衡都是负的。在所有施钾量中, 从经济角度上讲160 kg/hm²的钾使用量是最盈利的, 大约会带来2200~2600美元/hm²的额外收入。考虑到钾的施用量与姜黄的产量和效益呈线性相关, 在N₁₃₃P₁₈S₁₃Zn₂ kg/hm²的空白施肥量的情况下, 钾的施用量为160 kg/hm²是缺钾梯田土壤上(AEZ25)姜黄产量获得最大时的最合适的施用量。然而, 即使其他养分供应平衡, 同时施钾量与产量呈线性相关, 施钾的农学效率高, 效益对施钾成本不敏感, 这种情况下K素表观平衡依然为负平衡, 这些都说明还有很大空间通过增加钾(K), 也许还有氮(N)和磷(P)的施用量, 可以达到更高的产量和利润。

引言

对任何一个国家来说, 肥沃的土壤都是重要的自然资源。因此孟加拉国农民试图获得更高的收益, 通过合理施用化肥管理土壤肥力来实现可持续的粮食产量是很重要的。然而, 因为盲目增加种植密度和广泛应用高品种和新技术, 孟加拉的土壤耗竭很严重。有数据表明, 大多数孟加拉土壤的肥力在恶化(Ali *et al.*, 1997和Islam, 2008), 导致作物产量停滞不前, 在某些情况下甚至出现作物产量下降的情况。为作物供应氮(N)、磷(P)、钾(K)和硫(S)的化肥施用量一直在稳步增加, 但这些肥料并没有得到平衡的施用, 这样就导致了土壤中这些营养物质的耗竭。集约农

业区每年损耗的N、P、K和S的量介于180~250kg之间。钾是N和P之后的第三个主要植物养分成分。养分施用量的分析表明, K的施用量较低, 这也是孟加拉的大多数土壤缺K的原因(Noor *et al.*, 1998)。

人们普遍相信孟加拉土壤中含有足够量的钾, 可以满足作物对钾素的需求。虽然对产量潜力低下的当地作物品种来说, 这可能是正确的, 但近年来主要作物的集约化提高了作物对钾素的需求, 表现在作物更容易受到缺钾的影响。尽管越来越多的农民意识到配合N、P施用K肥的好处, 但有报道表明, 广泛出现了多种作物缺钾的症状。这些作物包括马铃薯、红薯和其他块根作物, 甘蔗、水果、洋葱、大蒜、纤维类作物和高产品种(HYV)的谷物(Islam *et al.*, 1985; Kundu *et al.*, 1998; Noor *et al.*, 1993; Miah *et al.*, 2008)。从单位营养需要量来说, K几乎和N相等(Sadanandan *et al.*, 1998)。对大多数作物来说, 植物叶子、水果和块茎的需钾量约为20~50 g/kg。钾虽然不是任何代谢产物的成分, 但在植物生理和新陈代谢中发挥着关键作用(Narschner, 2012)。这些功能与提高作物产量和质量直接相关。钾激活大量的酶, 在高浓度的蛋白质合成和光合作用的光和暗反应中都需要钾。另外, 钾在渗透调节中起着重要作用, 因此钾直接参与细胞的生长扩展。钾控制气孔的保卫细胞的膨胀变化, 意味着K调节水通过植物的蒸腾作用的损失。钾在植物体内是高度移动的, 容易从老叶移动到年轻的叶子, 所以, 像缺N一样, 缺钾症状首先出现在老叶子上。钾也会增加植物的生物和非生物抗性, 这点对作物生产非常重要。



照片1 姜黄块茎 (BARI Holud-3) 在孟加拉是一种非常受欢迎的香料。照片拍摄: S. Akhter。

香料姜黄(*Curcuma longa*)和生姜等作物对缺钾高度敏感, 必须保持土壤有效钾在较高的含量, 因为作物根系吸收的大部分K素在作物收获时被带走。不同香料作物施钾研究结果显示, 三大营养物质中, 钾是作物需求量最大的大量元素(Sadanandan *et al.*, 2002)。施K也已被证明能够增产, 能增大姜和姜黄分枝, 能提高生姜的精油含量和姜黄中姜黄素回收率。钾也间接提高N的利用率和改进蛋白质形成的大小、重量、颜色等(Sadanandan *et al.*, 2002)。姜黄植物缺K时表现为出现萎黄病症和叶尖干枯。Sadanandan(1993)报道, 在黑胡椒粉(*Piper nigrum* L.)上, 钾素从旧的叶子上转移到嫩组织, 导致作物老叶出现钾素缺乏症状, 导致作物生长大幅减少。很多人都认识到和综述了钾在植物营养和农业生产中的重要性(Bidari Hebsur, 2011)。一般来说, 充足的钾营养已被证明可以提高根茎和块茎的产量和作物的抗病性(Jansson, 1978)。它还有利于大田块根作物的生长发育(Rabindran和Nirmal, 2005)。

姜黄是一种亚洲食物烹饪中常用的香料, 也是极好的钾源。自古以来, 孟加拉国广泛种植这种地下茎的香料作物, 也是孟加拉国的主要香料之一(Siddique和Azad, 2010)。通过研磨根状茎姜黄, 获得黄色粉末姜黄素。这种粉末是亚洲菜和咖喱粉的主要香料。大多数姜黄被用作生产调味品, 也用作食品加工业的着色剂。少量被用于孟加拉国的化妆品行业。姜黄的药用价值在孟加拉也得到承认。姜黄植物营养需求很高, 增加土壤肥力通常可以增加姜黄产量。作物对无机或有机肥料的施用量与栽种的不同品种, 以及土壤和作物生长期间的气候条件有关(Karthikeyan *et al.*, 2009)。在香料作物中, 姜黄带走的K素最多(照片2), 其次是姜和胡椒(Sadanandan *et al.*, 2002)。

在孟加拉国, 香料出口到国际市场的复苏和多元化具有真正的可能, 但这种可能性也许会受到缺乏钾素供应的限制(Akhter *et al.*, 2013)。Akhter等(2013)报道, 香料在孟加拉国北部也非常适合种植, 尽管这个地区的砂质土的高度淋溶性和随之而来导致的钾素缺乏会是香料生产的约束条件。姜黄和姜等香料作物对作物缺乏钾素高度敏感, 这些作物需要大量的有效态的土壤K素。特别是对种植姜黄来说, 越来越多的农民认识到平衡施用氮磷肥, 施用钾肥提高块茎产量的重要性。这大大促进了姜黄的经济可行性, 也导致钾肥的需求增加。然而, 需要定量了解到底姜黄需要多少K素营养, 以及钾素营养的利用效率如何。

这份田间研究报告了在孟加拉国北部缺钾土壤上种植姜黄时, 在足量施用其他养分的前提下, 姜黄施用不同钾素水平的影响。试验的目的如下: (i)建立获得最高产量



照片2 姜黄施钾试验。照片拍摄: S. Akhter。

和相关产量因素时的最优钾素用量; (ii)确定作物对钾素的吸收情况; (iii)制定一份在特定土壤上的钾素吸收和损失的平衡表。

材料和方法

试验是在孟加拉农业研究所(BARI)的香料研究中心(SRC)的试验农场进行的, 试验农场位于Bogra Shibganj(北纬24° 51'0", 东经89° 22'0", 海拔高度23m)。这个试验点位于农业生态区(AEZ)25内(Barind Tract水平地土壤), 免受洪水侵扰的高地的轻质土壤(砂质), 土壤K素缺乏, 土壤通透性好。两个生长季(2010-2011年和2011-2012年)供试的姜黄品种都是BARI Holud-3号。试验小区面积均为1.5m×2m。试验设5个处理, 即 $T_1=K_0$ 、 $T_2=K_{40}$ 、 $T_3=K_{80}$ 、 $T_4=K_{120}$ 和 $T_5=K_{160}$ kg, 3次重复。完全随机区组设计(RCBD)。所有处理基础施肥量一样, 都是 $N_{133}P_{18}S_{13}Zn_2$ kg/hm²。尿素、重过磷酸钙、氯化钾、石膏和硫酸锌分别作为N、P、K和Zn源。这种基础施肥处理为各种不同施钾水平提供平衡养分。全部P、S和Zn肥料都在最后一次整地的时候施入。氮和钾施肥量均分成3份, 分别在作物种植后的80天、120天和180天分3次根外追施。两年都是在5月时播种, 每个坑中播种2个块茎, 出苗后间苗, 每穴保持1株。根茎种植株行距分别为20 cm、50 cm。

作为种子的根状茎/分枝种植深度为8 cm。有必要时, 定期除草。分别在2011年和2012年的2月份, 当所有的植物开始干枯时进行收获。记录数据包括每个处理的产量和10株随机选择的植物的钾素含量等参数。收集的数据通过统计软件包MSTAT-C进行分析, 使用邓肯新复极差检验(DMRT)确定处理之间的显著差异情况(Steel和Torrie, 1960)。每个小区都采集植物样品用于化学分析。

土壤化学分析

施肥之前,采集研究区域的初始土壤样品,采样深度0~15 cm,采用常规分析方法对所有重要的土壤属性进行了分析(表1)。分析发现,土壤属微酸性,深度淋溶,土壤速效钾、硫和硼(B)缺乏。

分析方法如下: pH: 组合玻璃甘汞电极法测定(Jackson, 1958); 有机碳: 湿法氧化法(Walkley和Black, 1934); 总N: 修正凯氏法; 钙(Ca)和镁(Mg): 原子吸收光谱(AAS); 钾: 土壤经NH₄OAc提取, 火焰光度法。锰(Mn)和锌: DTPA(diethylenetriaminepentaacetic酸)提取后AAS法测定。有效P使用Bray和Kurtz法测定, 土壤B采用氯化钙提取法。硫采用BaCl₂比浊法。

植物化学分析

收获时,每个处理都采集了植物样品,在电炉中经过65°C 72小时烘干,然后碾磨通过20目孔筛,执行下面的标准分析程序。植物样品经过HNO₃-HClO₄(3:1)消化后,使用火焰光度计测定K含量。营养吸收量的计算用植物(见图3)K含量乘以相应的植物干重。钾平衡采用从输入(K作为肥料添加)减去钾输出(K移除或由姜黄粉末和秸秆吸收)来计算(Panaullah *et al.*, 2000)。

结果与讨论

产量和产量因素

2个生长季(2010/11和2011/12)姜黄的产量和产量构



照片3 姜黄施钾效果。照片拍摄: S. Akhter。

成的结果见表2和图1。在孟加拉Bogra Shibgon的Barind Tract水平地土壤(AEZ 25)上,在2个生长季中,姜黄对施用K肥的效应都显著。

2011/12生长季,姜黄随施钾量提高其正效应比前一季大的多,主要表现在对其产量构成因素的影响上(表2)。每株植物的根茎重(图1)和单位面积的根茎产量(图1B),在整个K素施用水平从0到160 kg/hm²的范围内,都是呈线性相关的,表明再额外施K的话,有可能将进一步提高其产量。

在2010/11生长季,产量从26.8 t/hm²增加到37.2 t/hm²,增加了39%;而在2011/12生长季,产量从17.3 t/hm²增加到26.3 t/hm²(图1B),增加了52%。这一研究中,新鲜根茎产量的增加可能归因于姜黄所有的产量因素的累积效应。Rathinavel(1983)报道,施钾可以显著增加株高、分蘖数,叶片数,姜黄块茎母体、初级和次级分枝,以及姜黄最终产量。Singh等(1998)的研究也表明,新鲜根茎产量对增加施钾量有显著的正效应。对2010/11和2011/12之间的产量差异大的解释是,在作物成熟的最后阶段下了暴雨。最后,在2010/11和2011/12,160 kg/hm²的施钾量时,姜黄根茎产量比对照(K₀)增加了46%(两年平均)。

K素吸收和平衡

通过计算施肥提供的钾素和被作物吸收的钾素,计算了K素表观平衡(图2)。得出一个与施钾量相关的

表 1. 试验前土壤肥力状况

| 土壤参数 | pH | OM | Ca | Mg | K | Total N | P | S | B | Mn | Zn |
|-----------|-----|------|----------------------------------|-----|------|---------|-------------------------------|----|------|-----|------|
| | | % | ----meq 100 g ⁻¹ ---- | | | % | -----μg g ⁻¹ ----- | | | | |
| 2010-2011 | 5.6 | 0.98 | 4.2 | 0.8 | 0.11 | 0.08 | 14 | 9 | 0.17 | 8.3 | 1.30 |
| 2011-2012 | 6.1 | 1.20 | 4.6 | 1.8 | 0.11 | 0.09 | 18 | 20 | 0.25 | 9.7 | 0.65 |
| 临界值 | - | - | 2.0 | 0.5 | 0.12 | - | 7 | 10 | 0.20 | 1.0 | 0.60 |

表 2. 不同施钾水平对姜黄产量因素的影响 (10 株平均).

| 处理 | 株高 | | 分蘖数/株 | | 叶片数/株 | |
|------------------------------------|--------------|---------|---------------|---------|---------|---------|
| | 2010/11 | 2011/12 | 2010/11 | 2011/12 | 2010/11 | 2011/12 |
| | -----cm----- | | -----No.----- | | | |
| T ₁ (K ₀) | 163.80 | 103.0 c | 3.2 c | 2.3 d | 20.5 d | 8.5 d |
| T ₂ (K ₄₀) | 171.80 | 112.1 b | 3.4 bc | 2.9 cd | 22.0 cd | 12.1 c |
| T ₃ (K ₈₀) | 173.93 | 114.4 b | 3.6 ab | 3.1 bc | 22.4 bc | 13.9 c |
| T ₄ (K ₁₂₀) | 163.80 | 122.2 a | 3.7 ab | 3.7 ab | 23.8 ab | 18.1 b |
| T ₅ (K ₁₆₀) | 165.40 | 124.7 a | 3.9 a | 4.1 a | 24.9 a | 21.4 a |
| CV (%) | 5.8 | 3.2 | 5.2 | 11.9 | 3.9 | 8.9 |

注:表中同列数据后英文字母相同表示没有达到DMRT分析的5%水平显著差异。所有处理都施用了N₁₃₃P₁₈S₁₃Zn₂kg/hm²。

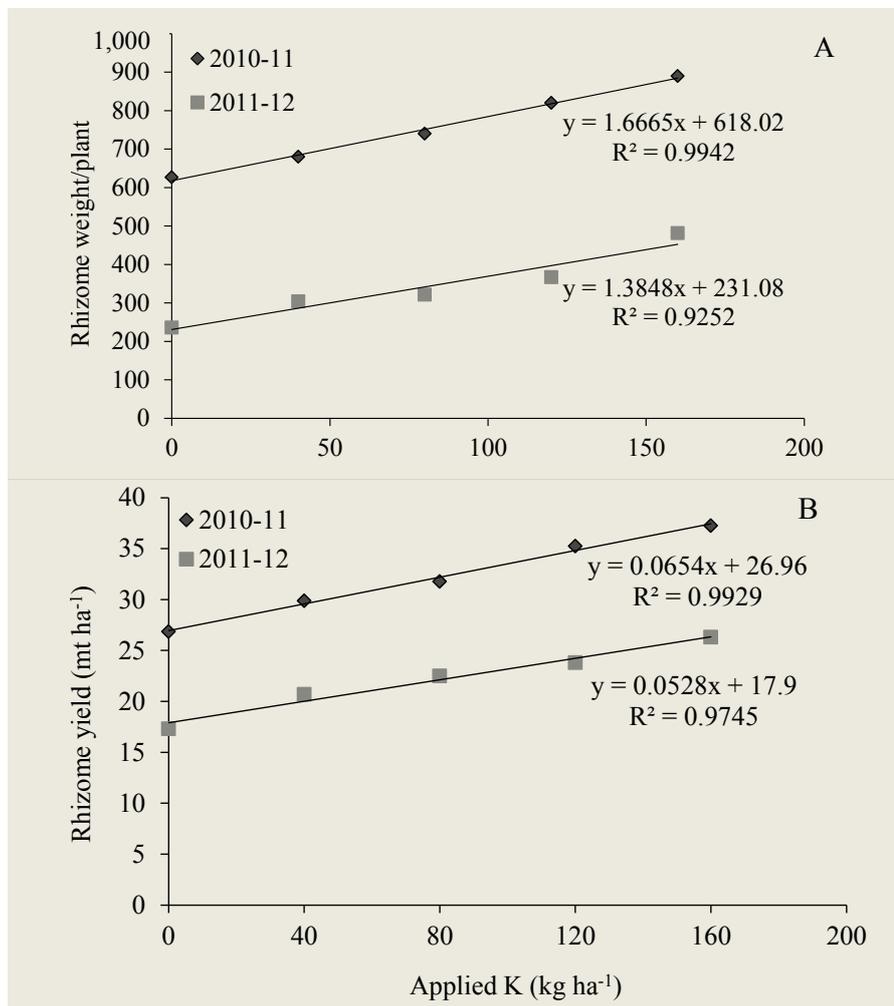


图1. 2010-11和2011-12生长季, 姜黄施钾效应: (A) 姜黄单株重, (B) 姜黄块茎产量。

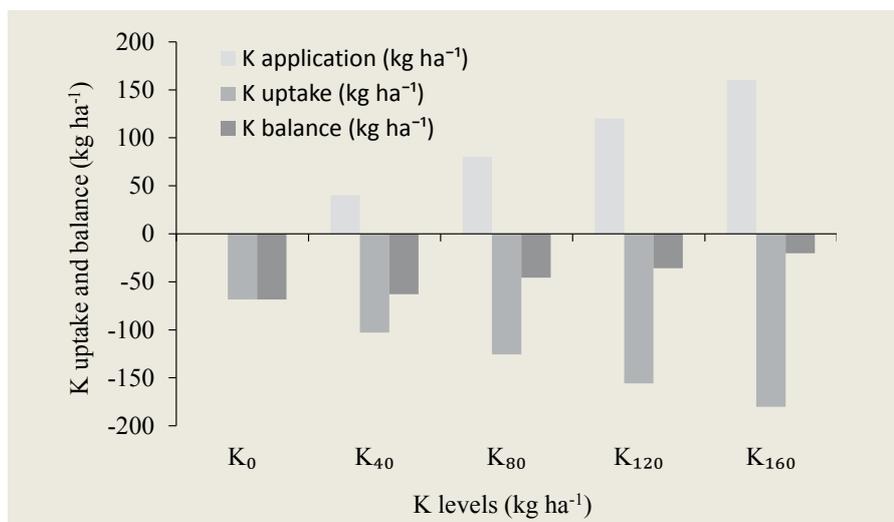


图2. 2010-2011年Bogra试验中姜黄钾素表现平衡。

明确的模式。增加K的施用量, K的吸收增加, 但钾素平衡也相应下降。随着施钾量的增加, 钾的吸收量在68~180 kg/hm²之间。有趣的是, 在所有的研究小区中, 尽管作物得到与其他养分一样的平衡施肥, 依然发现在所有的处理中, 钾素平衡为负。不同施钾水平下, 姜黄对钾的吸收量在68~180 kg/hm²之间(图2)。这一发现与Karthikeyan *et al.*(2009)和Sadanandan *et al.*(2002)的结论是一致的, 对香料作物来说, 钾素与其他营养元素相比, 是作物吸收最多的。他们的研究还表明, 姜黄收获每年带走的钾素为194 kg K/hm², 与我们试验中在施钾量为160 kg/hm²时, 收获姜黄带走的量180 kg K/hm²非常接近。由此可知, 香料作物对钾的需求非常高, 这也是影响香料作物产量和品质的决定因素。对姜黄来说更是非常重要, 姜黄从土壤中吸收大量的钾素, 又被作物收获时块茎带走。除了钾素的直接影响以外, 施钾的非常重要的一个方面就是通过施钾提高了其他营养元素的吸收与利用率。研究还表明, 香料作物对钾的需求, 取决于土壤K状态和钾素动力学, 不同香料作物的根系分布方式, 香料品种和它们的产量水平。因此, 必须保证土壤中能提供和维持钾素水平在一个最优的水平, 以达到增加产量, 改进提高品质的目的(Sadanandan *et al.*, 2002; Sadanandan, 2000)。

经济效益

不同施钾水平的经济效益情况见表3。施钾带来的增加值最高处理两年都是最高施钾水平处理。这带来2200~2600 美元/hm²的额外收入, 而施钾的成本只有60 美元/hm²。这些发现也表明, 从AE超过50 kg/kg, 相关投入成本和收获产品几个方面看, 施用氯化钾不敏感, 应谨慎使用。

结论

通过布置在Brind Tract普通潮始成土轻质缺K水平地土壤上(AEZ 25)的2个试验,研究了施K对孟加拉姜黄主产区Bogra地区姜黄(BARI Holud-3)的生长、产量指标的影响。研究发现,该区域的姜黄对施钾量高度响应(AE>50 kg/kg),可以提高姜黄产量。提高氯化钾的施用量,可以促进姜黄的生长、姜黄的养分吸收和利用率,提高姜黄的产量。姜黄吸收钾素量介于68~180 kg K/hm²,随着施钾量的增加而增加。研究发现,即使在平衡施肥的情况下,钾素表观平衡也为负,表明加强钾素管理对持续维持高产和保持土壤肥力非常重要。经济分析也显示出施钾有非常高的效益,每公顷超过2000美元。

施钾效应线性相关和K素表观平衡为负,考虑到经济效益,需要进一步的研究,考虑施用更高水平的营养元素。与此同时,我们强烈建议,在施用N₁₃₃P₁₈S₁₃Zn₂ kg/hm²的基础上,施用 K 160kg/hm²,作为在K缺乏的Barind Tract水平地土壤(AEZ 25)上施钾量的推荐。

参考文献

Akhter, S., S. Noor, M.S. Islam, M.M. Masud, M.R. Talukder, and M.M. Hossain. 2013. Effect of Potassium Fertilization on the Yield and Quality of Ginger (*Zingiber officinale*) grown on a K Deficient Terrace Soil of Level Barind Tract (AEZ 25) in Northern Bangladesh. Research Findings: *e-ifc* No. 35, September 2013.

Ali, M. M., S. M. Shaheed, and D. Kubota. 1997. Soil Degradation During the Period 1967-1995 in Bangladesh. II. Selected Chemical Characteristics. *Soil Science and Plant Nutrition* 43:879-890.

Bidari, B.I., and Hebsur. 2011. Potassium in Relation to Yield and Quality of Selected Vegetable Crops. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24(1):55-59.

表 3. 不同施钾水平下对姜黄产量的经济效应的影响

| 处理 | 施钾量 (K) kg/hm ² | K 的农学效率 AE | | 增加的收益 | | 施 K 成本 USD/hm ² |
|----------------|-------------------------------|------------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| | | 2010/11 | 2011/12 | 2010/11 | 2011/12 | |
| T ₁ | 0 | - | - | - | - | - |
| T ₂ | 40 | 76 | 85 | 755 | 850 | 15 |
| T ₃ | 80 | 62 | 65 | 1,233 | 1,300 | 30 |
| T ₄ | 120 | 70 | 54 | 2,100 | 1,625 | 45 |
| T ₅ | 160 | 65 | 56 | 2,600 | 2,250 | 60 |

注: : 投入品价格: kg K = Tk. 30; 产出价格: 1 kg 姜黄 = Tk. 20; 1 USD = 80 Tk.

Islam, M. S., S. Altamas, N.I. Sarkar, and K.M. Hossain. 1985. Potassium Responses in Greenhouse and Field Studies in Bangladesh. *Proc. Inter. Symp. on Potassium in Agric. Soils SSSB-BARC, Dhaka.* p. 70-89.

Islam, M.S. 2008. Soil Fertility History, Present Status and Future Scenario in Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. and Environ.* 4:129-151, Special Issue 2008.

Jansson, S.L. 1978. *In: Potassium Requirements of Crops. Proceedings of the 11th Congress (CPRRT'78). International Potash Institute, Bern, Switzerland.* p. 267-273. IPI Research Topics. No. 7.

Karthikeyan, P.K., M. Ravichandran, P. Imas, and M. Assaraf. 2009. The Effect of Potassium on the Yield and Quality of Turmeric (*Curcuma longa*). *Research Findings: e-ifc* No. 21, September 2009.

Kundu, B.C., M.S. Ahmed, M.K. Hasan, M.A. Hossain, and M.S. Islam. 1998. Effect of NPK Fertilizers on the Performance of Olkachu (*Amorphophallus campanulatus Blume*). *J. Root Crops* 24(1):31-36.

Marschner, P. (ed.) 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition Elsevier.*

Miah, M.A.M., P.K. Shaha, A. Islam, M.N. Hasan, and V. Nosov. 2008. Potassium Fertilization in Rice-Rice and Rice-Wheat Cropping System in Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. and Environ.* 4:51-67, Special Issue.

Noor, S., A.T.M. Farid, and M.S. Islam. 1998. Potassium Fixation and Depletion in Three Selected Soils of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric Res.* 23(1):51-59.

Noor, S., S.A.K.M. Shamsad, and M.S. Islam. 1993. Quantity Intensity Parameters of Potassium in Three Main Soils of Bangladesh. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 41(1):161-162.

Nwaogu, E.N., and U.J. Ukpabi. 2010. Potassium Fertilization Effects on the Field Performances and Post-Harvest Characteristics of Imported Indian Ginger Cultivars in Abia State, Nigeria. *Agricultural Journal* 5(1):31-36.

Panullah, G.M., M.A. Saleque, M. Ishaque, and A.B.M.B.U. Pathan. 2000. Nitrogen Dynamics Nutrient Extraction and Apparent Nutrient Balance in a Wheat-Mungbean/Maize-Rice Cropping Sequence at three Sites in Bangladesh. A paper presented in "Nutrient and Water Management for Sustainable Rice-Wheat Cropping Systems in Bangladesh and Australia" (ACIAR Project); external review held in Bangladesh, 22-26 February 2000.

Rethinam, P., and A.K. Sadanandan. 1994. Nutrition Management of Seed Spices. *In: Advances in Horticulture* (eds.) Chadha, K.L. and Rethinam, P. Malhotra Publishing House, New Delhi, 9:423-456.

- Ravindran, P.N., and B.K. Nirmal, 2005. *Ginger, the Genus Zingiber*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA, ISBN 9780849320217. p. 1-552.
- Sadanandan, A.K. 1993. Potassium in Soils Growing Black Pepper (*Piper nigrum* L.) and Response of Applied Potash. *In: "Potassium for Plantation Crops"*, Mahatim Singh and M.K. Mishra (eds). Potash Research Institute of India, Gurgaon, Haryana. p. 75-88.
- Sadanandan, A.K. and Hamza, 1998. Organic Farming on Yield and Quality of Spices in India (Abs.) 16th World Congress on Soil Science; Montpellier, France during 20-26 August, 1998. p. 738.
- Sadanandan, A.K. 2000. Agronomic and Nutrition of Black Pepper. *In: Black Pepper*. Ravindran, P.N, Harwood (eds). Academic Publishers, New Delhi. p. 163-223.
- Sadanandan, A.K., K.V. Peter, and S. Hamza. 2002. Role of Potassium Nutrition in Improving Yield and Quality of Spice Crops in India. *In: Potassium for Sustainable Crop Production*. Pasricha, N.S., and S.K. Bansal (eds.). Potash Research Institute of India, Gurgaon, Haryana and International Potash Institute, Switzerland. p. 445-454.
- Siddique, M.A., and A.K. Azad. 2010. Prioritization of Research for Horticultural Crops. Final Report of a Study, BARC, New Airport Road, Dhaka. p. 56.
- Singh, V.B., N.P. Singh, and B. Swer. 1998. Effect of Potassium and Nitrogen on Yield and Quality of Turmeric (*Curcuma longa*). *J. Potassium Res.* 14(1/4):88-92.
- Steel, R.C.B., and J.H. Torrie. 1960. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hall Book, New York, U.S.A. p. 377-398.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Organic Carbon in Soils: Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.

“孟加拉北部土壤缺钾地区姜黄 (*Curcuma longa*) 施钾效应”也可以在IPI国际钾肥研究所官方网站地区活动/东印度、孟加拉和斯里兰卡栏目浏览

研究报告



照片1. 用于谷物生产的典型变性土 (埃塞俄比亚, 2012)。照片提供: IPI。

印度变性土施钾效应长期肥料试验

Singh, M.⁽¹⁾, and R.H. Wanjari⁽¹⁾

摘要

1972年至2006年在印度的17个点进行的长期肥料试验(LTFE), 目的在于监测不同土壤和种植制度下作物的施肥效应, 了解施肥在保持土壤健康和农作物产量方面的作用。这些年来LTFE的结果表明, 在5个被认为是富含钾(K)的不同地方的变性土或变性土周围地区, 作物开始显示施钾效应。为了评估作物施钾效应, 对这些年试验产生的数据进行了严格的分析。在贾巴尔普尔的一个试验点, K肥实验开展几年后, 大豆-小麦种植模式下可以观察到施钾有效, 随着时间的推移, 大量的施钾显效逐渐增加。在Akola的另一个试验点, 尽管土壤有效钾含量大于通常认为的高的状态, 高粱和小麦都还显示出施钾有效, 并随着时间而增加, 土壤K素分析表明, 施肥方案中缺乏K素, 导

致土壤K从2.1下降到9.7 kg/yr, 额外的氮(N)和磷(P)加速了K的矿化。另一方面, 土壤有效K的下降状态因为钾的加入(氮磷钾复合肥和氮磷钾复合肥+农家肥, FYM)而得到遏制, 从而导致了在某些情况下, 土壤有效K增加。土壤有效K含量与布雷的百分比收益率表明, K~330 kg/hm²更适合作为印度变性土的阈值而不是目前的推荐值280 kg/hm²。这一发现表明, 很有必要修改或提高变性土施钾临界值, 否则缺K可能对可持续发展构成威胁。

All India Coordinated Research Project on LTFE

⁽¹⁾Indian Institute of Soil Science, Nabibagh, Berasia Road, Bhopal – 462 038, Madhya Pradesh, India

Corresponding author: muneshwarsingh@gmail.com



变性土的分布(图中棕色的部分)。资料来源: 和谐世界土壤数据库浏览器, V1.21 3/2012。

引言

钾(K)是一个重要的植物养分,在不同的生理生化活动中发挥着重要作用,需要大量的钾素来维持作物正常的生长发育(Mengel和Kirkby, 2001)。后绿色革命时代,在印度看到的是不平衡施用化学肥料特别是大量氮素、引入灌溉和高产品种的出现。这些发展的综合效应一直在加速土壤K的矿化,导致许多土壤有效钾缺乏。目前大多数的印度土壤因为作物生产带走钾素而出现负平衡。旱作作物比灌溉农作物更容易导致土壤有效钾的缺乏,因为与灌溉用水相比,雨水没法带进土壤任何外源性钾(Singh和Wanjari, 2012)。导致K素负平衡的另一个重要因素是,在印度,作物秸秆并不返回到土壤里。尽管作物秸秆因为作物吸收而含有较高的K素,但作物秸秆有多个其他竞争性使用方向,包括作为牲畜饲料和燃料。施钾有效是可以预期的。

印度所有17个点的长期肥料试验(LTFE)持续了多年。它涵盖了主要的种植系统和土壤类型,研究施肥提高作物产量的作物效应问题,监测各种土壤作物系统的土壤养分状况以及营养平衡。Wanjari *et al.*(2004)报道,在几个不同的地方,印度不同土壤上K的有效性已经成为产量限制因子,K的“隐性缺乏”会导致产量下降。开展土壤定期监测非常重要,有助于了解土壤K素状况,避免造成产量损失。从这一点来说,这些肥料长期试验提供了一个非常好的条件,可以研究连续施肥对钾素状况的影响,以及不同种植制度下作物对连续施肥的效应。此外,试验还可以提出可持续农业生产中钾素高效利用措施。

在印度的这些长期肥料试验(LTFE)里,17个试验点中有5个都位于变性土或变性土相关的土壤类型上。通常认为,这些土壤有效钾和缓效钾含量都较高,因为富含含K矿物,包括黑云母和蛭石等。也正是因为这样,人们通常认为这些土壤上没有必要施用钾肥。但是,现在有很多证据表明,至少在部分这些土壤上,土壤钾素释放速率不能满足作物对钾素的需求。所以产量受损,特别是当其他营养物质都充足时这种损失就更为明显。例如, Singh *et al.*(2002a)报道过,在一个8年的稻麦两熟制中,钾素负平衡为56~163 kg K/yr。同样, Singh *et al.*(2002 b)还报道过,在一个大豆-小麦种植系统中,每年钾素负平衡高达66~107 kg K/yr。Singh和Wanjari(2012)还发现了变性土施用钾肥显效的情况,这一报道与Khan *et al.*(2014)在变性土长期试验中的结论一致,表明以醋酸铵提取的土壤有效钾的显著下降。

本文通过印度肥料长期试验结果,进一步探讨了变性土上的不同作物对施钾的效应和钾素平衡情况。

实验实施细节

从5个变性土或变性土相关的试验点收集数据: Akola(高粱-小麦)、Jabalpur(大豆-小麦)、Junagarh(花生-小麦)、Raipur(水稻-小麦)和Parbhani(大豆-红花)。5个点的种植制度、土壤类型和长期试验状况和位置见表1所示。

养分施用量是基于土壤分析测试结果制定的推荐量。氮(N)、磷(P)和K的分析方法分别是KMnO₄氧化N, Olsen P和醋酸铵浸提K。

每种作物全部N、P和K的使用量见表2。每个处理除了施用化肥外，在雨季一年施用一次厩肥。每年特定的实验处理施用的养分都是一样的。在雨季(6月到9月)季风开始时作物播种，但灌溉是在季风结束的前几天进行，或者在干旱时间延长的情况下，就在两次下雨之间进行灌溉。然而，第二季作物(11月-4月)必须强化灌溉。所有5个选定的试验点的土壤都发育于玄武岩，碱性和非盐化。表2给出了初始的有效态N、P、K含量。农事操作比如除草、病虫害控制措施等都是根据需要进行。作物成熟时收获，采集籽粒和秸秆样品并分析K素含量，以计算钾素的吸收量和平衡。籽粒含水率为11%。

结果与讨论

土壤养分状况

氮

在所有的5个试验点试验开始前土壤有效态N含量都比较低(表2)。施用氮磷钾复合肥导致土壤有效态N有小幅度的增加，可能是由于土壤有机碳增加的原因。

磷

Akola、Junagarh和Jabalpur土壤初始有效磷也比较低(表2)。连续使用推荐剂量的氮磷钾复合肥提高了所有试验点的有效磷的含量，同时在没有施磷肥的时候，土壤有效磷降低了。

钾

不施钾导致5个试验点中除Parbhani外的所有点土壤速效钾含量下降。也许是因为长期肥料试验(LTFE)时间比较短，推荐施钾处理

Akola和Parbhani试验点土壤速效钾含量保持不变，但其他几个点土壤速效钾含量下降。

作物产量

产量数据(自开始以来至2013年)清楚地表明，不论试验点位置，施用氮和磷导致生产率的提高(表3)。然而施钾有效(NPK处理)的只有Jabalpur和Akola。施钾导致产量有轻微增加但不显著的有Junagarh、Raipur和Parbhani。虽然Junagarh土壤缺钾，但Junagarh和Raipur试验点施钾后作物没有表现出任何增产效应。在Junagarh的灌溉用水中含有百万分之六(ppm)的钠(Na)，这可能是造成施钾无效的原因，因为在很大程度上，许多作物可以利用钠代替钾(Marschner 2012)。但是，在Raipur，土壤K丰富，足以满足作物需要。但是，在有效钾含量下降的

表 1. 不同长期肥料试验多种种植制度下的施肥量

| 地点和土壤类型 | 作物 | 基于土壤测试结果的 NPK 施肥量 | | | 额外施入的厩肥 ⁽¹⁾ |
|--|---------------------|-------------------------------|----|----|------------------------|
| | | N | P | K | |
| | | -----kg/hm ² ----- | | | t/hm ² |
| Madhya Pradesh; Jabalpur (1972), Typic Chromustert | 大豆 | 20 | 35 | 17 | 15 |
| | 小麦 | 120 | 35 | 33 | - |
| | 饲用玉米 ⁽²⁾ | 40 | 30 | 17 | - |
| Maharashtra; Akola (1986) Typic Haplustert | 高粱 | 100 | 50 | 40 | 10 |
| | 小麦 | 120 | 26 | 50 | - |
| Gujarat; Junagarh (1996) Vertic Ustochrept | 花生 | 25 | 22 | 0 | 5 |
| | 小麦 | 120 | 26 | 50 | - |
| Chhattishgarh; Raipur (1996) Typic Haplustert | 水稻 | 100 | 26 | 33 | 5 |
| | 小麦 | 100 | 26 | 33 | - |
| Maharashtra; Parbhani (2006) Typic Haplustert | 大豆 | 30 | 26 | 25 | 10 |
| | 红花 | 60 | 18 | 0 | - |

⁽¹⁾FYM=Farm yard manure, 厩肥; ⁽²⁾1994年起不种饲用玉米了。

来源: Swarup and Wanjari, 2000; Singh and Wanjari, 2009.

表 2. 各个长期肥料试验点试验开始前和现在的土壤表层 (0-15 cm) 有效态 N、P、K (kg/hm²)

| 试验点 (长期肥料试验开始年份) | 有效态 N | | | 有效 P | | | 速效 K | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------|-----|---------------------------------------|------|-----|----------------------------|-----|-----|
| | 初始 | 对照 ⁽¹⁾ | NPK | 初始 | 对照 | NPK | 初始 | 对照 | NPK |
| -----kg/hm ² ----- | | | | | | | | | |
| Madhya Pradesh; Jabalpur (1972) | 193 | 192 | 263 | 7.6 | 9.0 | 29 | 370 | 175 | 266 |
| Maharashtra; Akola (1986) | 120 | 170 | 273 | 8.4 | 12 | 29 | 358 | 228 | 386 |
| Gujarat; Junagarh (1996) | 183 | 203 | 204 | 7.6 | 7.9 | 24 | 290 | 187 | 210 |
| Chhattisgarh; Raipur (2006) | 236 | 218 | 241 | 16.0 | 11.0 | 25 | 474 | 448 | 428 |
| Maharashtra; Parbhani (2006) | 216 | 194 | 223 | 16.0 | 15.7 | 18 | 766 | 745 | 792 |
| 临界范围 ⁽²⁾ | N = 280-560 | | | P ₂ O ₅ = 11-25 | | | K ₂ O = 121-280 | | |

⁽¹⁾对照表示种植作物时没有施用化肥和有机肥; ⁽²⁾Dhyan Singh *et al.*, 1999.

注: 表层土壤(0-15 cm)容重用于计算每种土壤用 kg/hm² 表示的的养分含量。

资料来源: Singh and Wanjari, 2009.

表 3. 印度所有合作试验-长期肥料试验的不同试验点变性土作物平均产量 (kg/hm²)

| 试验点, 省和地方 (持续年份) | 作物 | 对照 | N | NP | NPK | 150% NPK | NPK+FYM | CD ⁽¹⁾ (p=5%) |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|----------|---------|--------------------------|
| | | | | | | | | |
| Madhya Pradesh, Jabalpur (41) | Soybean | 829 | 1,036 | 1,656 | 1,829 | 1,849 | 2,025 | 150 |
| | Wheat | 1,264 | 1,691 | 4,104 | 4,495 | 4,808 | 4,932 | 284 |
| Maharashtra Akola (26) | Sorghum | 282 | 1,981 | 2,701 | 3,382 | 4,243 | 4,291 | 354 |
| | Wheat | 143 | 932 | 1,323 | 2,006 | 2,495 | 2,568 | 241 |
| Gujarat, Junagarh (16) | Groundnut | 693 | 705 | 742 | 850 | 899 | 952 | 130 |
| | Wheat | 1,785 | 1,827 | 2,458 | 2,603 | 2,699 | 3,168 | 257 |
| Chhattisgarh, Raipur (6) | Rice | 2,381 | 3,722 | 5,065 | 5,128 | 5,610 | 5,474 | 356 |
| | Wheat | 1,056 | 1,536 | 2,272 | 2,278 | 2,622 | 2,497 | 287 |
| Maharashtra, Parbhani (6) | Soybean | 1,382 | 1,526 | 2,246 | 2,368 | 2,639 | 2,642 | 198 |
| | Safflower | 1,111 | 1,248 | 1,659 | 1,685 | 1,844 | 1,871 | 183 |

⁽¹⁾CD = critical difference, 临界差

情况下, 钾在将来可能会成为作物高产的限制性营养物质 (表6)。在一些试验点, 施用150%NPK和NPK+厩肥处理的产量更高, 这是由于这些点施用有机物质和施入的养分的量较大。

施钾有效的两个试验点 (Jabalpur和Akola) K的农学效率的数据表明, 施用1 kg K增加的粮食产量为10.2~17.0 kg (表4)。作物对施钾效应取决于两个因素, 即钾在土壤中的有效性和土壤生产力水平。连续施用无钾的NP处理, 导致Jabalpur的土壤速效钾从370 kg K₂O/hm²下降到223 kg K₂O/hm², Akola的土壤速效钾从358 kg K₂O/hm²下降到255 kg K₂O/hm²。这些值远远低于即使是过去老的钾素阈值, 所以可以预期这些地区施钾有效, 而且这种有效性将来还会有所增加。

施钾效应

作物不同时期的施钾效应见图1A。图1A和1B分别为Jabalpur和Akola作物施钾效应。1A表示自从Jabalpur试验开始以来, 随着时间的推移, 施钾效应逐渐增加。在小麦上的施钾效应大于大豆。在Akola, 无论是高粱和小麦都表现出施钾有效, 特别是最近几年施钾效应很高 (图1B)。这似乎是由于土壤速效钾含量下降造成的, 尤其在NP处理中更是如此。虽然其他试验点的施钾使产量有小幅的提高, 但没有达到统计学上的显著性。尽管干旱土壤上的钾含量高, 但作物施钾有效的原因可能是因为干旱土壤的钾的有效性增加所致。事实上, Khan等 (2014年) 报道, 在实际的土壤湿润条件下, 土壤钾含量可能小于作物所需的水平。回顾许多国家的大量研究结果表明, 干旱土壤的醋酸铵提取比潮湿的土壤增加非常厉害 (2~3倍)。这可能是作物施

钾有效的一个原因, 因为湿润土壤的土壤速效钾含量非常低, 而施肥推荐都是基于干旱土壤的分析化验作出的。

钾素平衡

采用钾素输入 (肥料添加) 和输出 (收获作物部分带走的) 的方法计算了Jabalpur大豆-小麦系统的钾素表观平衡 (表5), 为72~206 kg K/hm²负平衡。在施钾的情况下, 钾素表观平衡为负, 应该归因于作物吸收的钾素量大于施用的量, 这也是施钾显效的原因。这一结果与Singh等 (2002年b) 在Bhopal的研究结论一致, 他的研究表明, 在8年种植大豆的情况下, 钾素表观平衡为负66~107 kg/hm²。

速效钾的下降速度

每一个作物完整生长季后采集土壤样品 (0~15 cm) 用于分析土壤速效钾含量。表6为土壤速效钾含量年均变化情况 (正或负)。与处理无关, 所有试验点的空白对照的速效钾都下降了。此外, 在所有试验点, 除了Parbhani, 数据进一步表明, 在没有施钾的N和NP处理下, 与对照和施钾的对照相比, 其土壤速效钾下降的速率更高。在Jabalpur和Raipur, 即使在施用最高水平钾素的情况下, 土壤钾素下降的非常厉害, 以至于出现了土壤钾素耗竭的情况。然而, 在Akola和Junagarh, 施钾减少了钾素负平衡的程度, 在施钾量高的情况下, 甚至出现了土壤速效钾含量上升的情况。

表 4. Jabalpur and Akola 试验点施钾农学效率 (kg 籽粒/kg K)

| 试验地点 (持续年份) | 作物 | 施钾量 | 产量增加量 | 钾素农学效率 (AE _K) |
|---------------|---------|----------------------|--------------------|---------------------------|
| | | kg K/hm ² | Kg/hm ² | kg/kg |
| Jabalpur (41) | Soybean | 17 | 173 | 10.2 |
| | Wheat | 33 | 391 | 11.8 |
| Akola (26) | Sorghum | 40 | 681 | 17.0 |
| | Wheat | 50 | 683 | 13.7 |

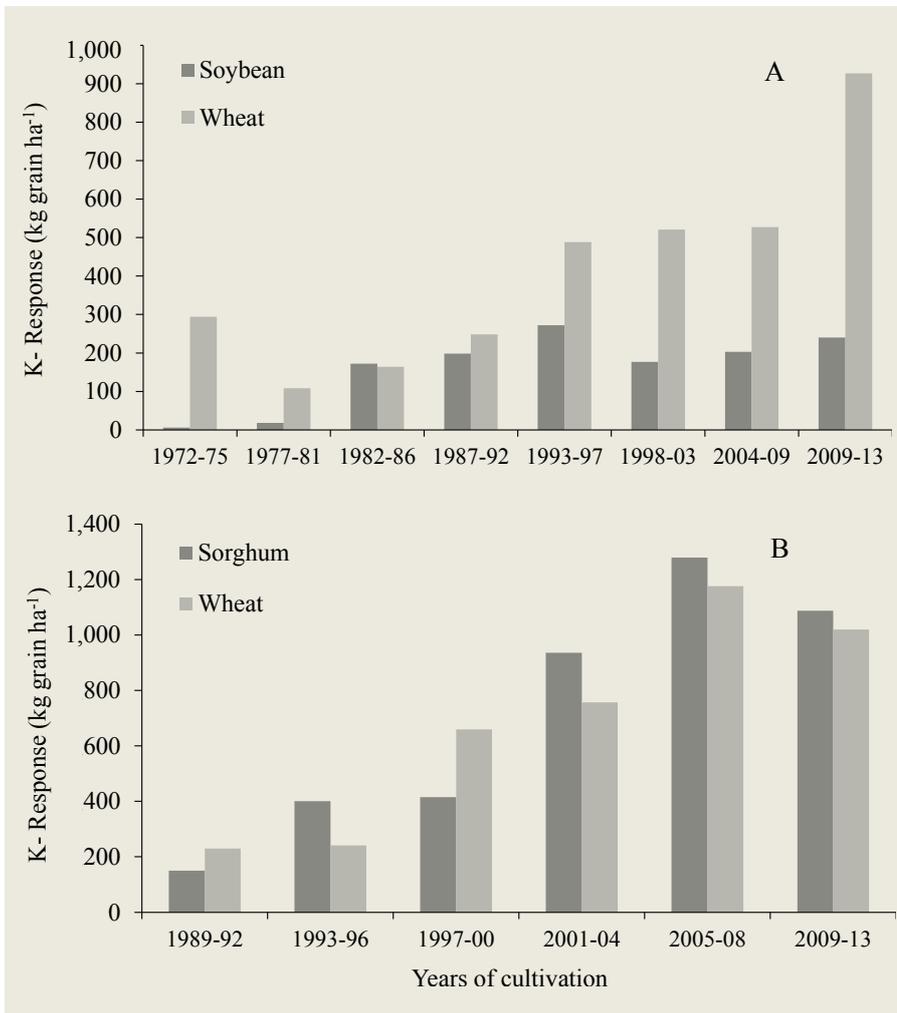


图1 (A) Jabalpur (MP, India)变性土大豆和小麦施钾效应变化情况; (B) Akola (Maharashtra, India)高粱和小麦施钾效应变化情况

变性土钾的临界值

为了确定Jabalpur和Akola变性土上土壤速效钾的临界值, 在两个地区不同土壤速效钾水平的农民地里开展了钾肥肥效试验。在土壤速效钾含量增加后作物产量不再增加的转折点标注籽粒Bray法产量。计算所有试验针对这个值的相对产量。相对的Bray产量与土壤钾素含量绘制散点图(图2)。这些数据表明, 钾素临界值为330 kg K₂O/hm² (154 ppm K), 大于现在印度推荐施用的钾素临界值280 kg K₂O /hm² (132 ppm K)。这个研究清楚地表明, 迫切需要对现行的变性土钾的临界值进行修改。

结论

从5个变性土长期肥料试验的研究可以得出结论: 有证据显示一些不施钾的土壤速效钾持续下降。不施钾几年后, 作物开始对施钾显效。从这些土壤的试验结果看, 钾素临界值为330 kg K₂O/hm²。因此, 有必要进行进一步的施肥效应研究, 评估变性土钾素临界值。

参考文献

Singh, D., P.K. Chhonkar, and R.N. Pandey. 1999. Soil, Plant and Water Analysis - A Methods. Manual, IARI, New Delhi. p. 160.

Dwivedi, A.K., M. Singh, D.L. Kauraw, R.H. Wanjari, and S.S. Chauhan. 2007. Impact of Fertilizer and Manure Use for Three Decades on Crop Productivity and Sustainability, and Soil Quality under Soybean – Wheat System on Vertisol in Central India. p. 1-51.

Khan, S.A., R.L. Mulvaney, and T.R. Ellsworth. 2014. The Potassium Paradox: Implications for Soil Fertility, Crop Production and Human Health. Renewable Agric. Food Systems 29(1):3-27.

表 5. Jabalpur (MP, India)大豆-小麦种植制度下钾素平衡情况 (持续 40 年)

| 处理 | 施入的总钾 | 吸收的总钾 | 钾素表观平衡 | 钾素表观平衡 |
|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------------------------|
| | -----kg K hm ² ----- | | | kg K/hm ² /yr |
| 对照 | 0 | 2,889 | -2,889 | -72 |
| 100% N | 0 | 3,924 | -3,924 | -98 |
| 100% NP | 0 | 8,668 | -8,668 | -217 |
| 100% NPK | 2,374 | 9,760 | -7,386 | -189 |
| 150% NPK | 3,374 | 11,633 | -8,259 | -206 |
| 100% NPK + FYM | 6,294 ⁽¹⁾ | 13,676 | -6,552 | -184 |

⁽¹⁾包括通过厩肥(K=0.65%)施用带进的钾

Marschner, P. 2012. (ed.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (third edition) Elsevier. p. 651.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition. p. 849. Springer.

Singh, M., and R.H. Wanjari. 2009. Annual Report – 2008-09. All India Coordinated Research Project on Long-Term Fertilizer Experiments To Study Changes in Soil Quality, Crop Productivity and Sustainability. AICRP- LTFE, Indian Institute of Soil Science (ICAR), Nabibagh, Bhopal. p. 95.

Singh, M., and R.H. Wanjari. 2012. Annual Report – 2011-12. All India Coordinated Research Project on Long-Term Fertilizer Experiments to Study Changes in Soil Quality, Crop Productivity and Sustainability. AICRP- LTFE, Indian Institute of Soil Science (ICAR), Nabibagh, Bhopal. p. 1-114.

Singh, M., V.P. Singh, and D. Damodar Reddy. 2012a. Potassium Balance and Release Kinetics under Continuous Rice-Wheat Cropping System in Vertisol. Field Crops Research 77:81-91.

Singh, M., A.K. Tripathi, Reddy, D. Damodar Reddy. 2002b. Potassium Balance and Release Kinetics of Non-Exchangeable K in a Typic Haplustert as Influenced by Cattle Manure Application under a Soybean-Wheat System. Australian J. Soil Research 40:1-9.

Singh, R.P., S.K. Das, U.M. Bhaskara Rao, and M. Narayana Reddy. 1990. CRIDA Report, CRIDA, Hyderabad, India. p. 106.

Swarup, A., and R.H. Wanjari. 2000. Three Decades of All India Coordinated Research Project on Long-Term Fertilizer Experiments to Study Changes in Soil Quality, Crop Productivity and Sustainability (eds. A. Swarup and R.H. Wanjari). Indian Institute of Soil Science, Bhopal. p. 59.

Wanjari, R.H., M.V. Singh, and P.K. Ghosh. 2004. Sustainable Yield Index: An Approach to Evaluate the Sustainability of Long-Term Intensive Cropping Systems in India. J. Sustainable Agriculture 24(4):39-56.

表 6. 不同地点长期定位试验土壤速效钾变化情况 (kg/hm²/yr).

| 地点 (持续年份) | 对照 | N | NP | NPK | 150% NPK | NPK+FYM |
|---------------|----------------------------------|-------------------|------|------|----------|---------|
| | -----kg/hm ² /yr----- | | | | | |
| Jabalpur (41) | -2.3 | -2.1 | -3.6 | -2.7 | -1.9 | -1.4 |
| Akola (26) | -1.7 | -5.0 | -4.2 | +0.9 | +2.6 | +3.4 |
| Junagarh (16) | -5.8 | -6.8 | -6.2 | -4.5 | -2.4 | +1.0 |
| Raipur (6) | -3.3 | -6.8 | -9.7 | -5.0 | -1.3 | -3.1 |
| Parbhani (6) | -3.5 | NC ⁽¹⁾ | NC | +4.3 | +7.3 | +9.1 |

⁽¹⁾NC = no change, 没有变化。

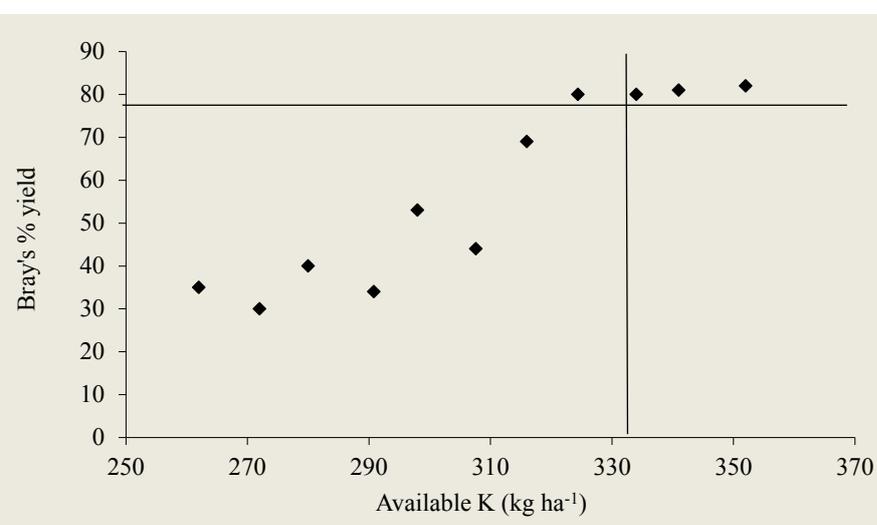


图2. Jabalpur和Akola变性土(MP and Maharashtra, India)施钾效应。

这篇论文“印度变性土施钾效应长期肥料试验”也可以在IPI官方网站[区域活动/印度栏目](#)浏览阅读。

研究报告



巴基斯坦小麦丰收景象。拍摄: A.Wakeel

巴基斯坦土壤钾素和作物钾素效应综述: 前景和机遇

Wakeel, A.⁽¹⁾

摘要

巴基斯坦地处亚热带区域, 土壤缺乏许多植物营养元素, 尤其是氮 (N) 和磷 (P)。因此, 试验清楚地表明, 在大多数巴基斯坦土壤上施用NP肥料有效。从云母矿物发育而成的巴基斯坦土壤上很清晰地看到土壤含钾量高, 但土壤含钾量高并不代表满足作物最佳植物生长所需的对植物有效的含钾量高。在这样的土壤中, 钾被限制在矿物之中, 并不能按照作物生长所需的速率释放钾素。另一方面, 一些土壤含有较低的对植物有效的钾, 可以保持钾溶液含量适合植物生长不变, 导致施用钾肥没有任何效应。

K的释放和固定取决于土壤矿物类型及其含量。要制定可持续的养分管理的钾肥推荐, 就需要了解土壤矿物的分布和储藏特性。土壤矿物组成和钾素化学特性, 跟土壤发育程度和土壤母质有关。巴基斯坦施用钾肥依然存在一些争议, 因为不同作物对施钾的有效性不同。一般的钾肥施用推荐, 是基于土壤可交换性钾含量确定的, 忽略了土壤矿物学特性和K动力学特性, 可能会导致施钾无效。不过, 全

⁽¹⁾IPI Consultant, Institute of Soil and Environmental Sciences, University of Agriculture, Faisalabad 38040, Pakistan. abdul.wakeel@uaf.edu.pk

国不同地区的许多作物中都观察到缺钾。近些年来,农民已经开始对作物施用钾肥感兴趣,因为他们的专业知识和技术已经得到改善。作为植物生长和产量提高的一个重要的大量营养元素,所有作物都吸收大量的钾素。因此,钾肥的施用对巴基斯坦农业可持续发展非常重要。因此,现在到了全面研究的时候,以便对作物施钾效应有更清晰的了解。对于满足全国人口每年2.0%左右增长带来的粮食需求的缺口来说,基于土壤矿物学和动力学的施肥推荐,可能是一个有效的工具。对集约化经营的土壤来说,施钾对其可持续利用非常重要。基于土壤矿物学和钾素动力学特性的施钾推荐,特别是对一些特定的土壤来说,应该引起重视。

引言

钾(K)在巴基斯坦大多数土壤中,是含量最丰富的大量营养元素。钾有三个重要的功能是至关重要的:酶激活、电荷平衡和高等植物的渗透压调节。但土壤中钾素含量高,并不一定满足植物对钾素的需求,因为有大量的K被土壤中存在的粘土矿物所固定,从而导致钾素不能为植物所用,实现最佳的植物生长。含钾肥料的施用不足是世界上许多地区作物产量低下的原因(Mengel, 2007),尤其是在发展中国家中更是如此。此外,基于土壤类型和土壤粘土矿物的发育时间的土壤钾素动力学,也对钾素的作物有效性发挥重要的影响。作物最佳生长需要大量的钾素,但在含钾粘土矿物的土壤上,植物对常规的推荐施用钾肥并没有效应。在密歇根州的砂质粘壤土上,施用的钾素肥料中大约92%的钾素都被固定下来,要使番茄

对施钾有效,需要施用钾肥的量是1600 kg K/hm² (Doll和Lucas, 1973)。这种土壤富含伊利石、蛭石,阳离子交换量(CEC)较高。因此,施用的钾素大部分都被固定下来,并立即成为植物不可用的形态。类似的结果已在美国的其他地区也有报道(Mengel和Kirkby, 2001)。最近,有报道说,特定粘土矿物的存在会影响钾素固定能力,三种不同的土壤钾素释放速度或快或慢(Wakeel *et al.*, 2013)。蒙脱石占主导地位的土壤比含伊利石的土壤释放钾素更快,这样的土壤上甘蔗对施钾没有效应。钾离子在交换位点的吸附及其固定,依赖于土壤的物理化学性质,以及粘土矿物的类型和含量高低(Braunschweig, 1980)。

土壤钾素的主要天然来源是含钾矿物的风化。云母和碱性长石就分别含6%~9%和3.5%~12%的钾(K)。这些矿物发育为土壤的时间,决定了风化的程度和钾素K动力学特征。吸收钾素时,植物根部附近的钾素含量降低,从而从粘土矿物中释放K离子(Kuchenbuch和Jungk, 1984)。这种钾素释放机制,将云母转化成次生2:1型粘土矿物伊利石,然后转化为蛭石(Farmer和Wilson, 1970; Havlin *et al.*, 1999; 图1)。钾肥施入的钾素的命运也取决于土壤发育时间。钾素施用于含有伊利石和蛭石粘土矿物的土壤,一部分钾素会被土壤颗粒固定。这部分钾素就变成了对植物无效或者缓慢释放的钾素(Scott和Smith, 1987)。在土壤钾素浓度下降时,被土壤颗粒固定的钾素会从土壤颗粒上释放到土壤溶液中,从而变成对植物有效的钾素(Cox *et al.*, 1999),但在大多数情况下,土壤钾素的这种释放机制的速度太慢,不能满足作物生长的要求。

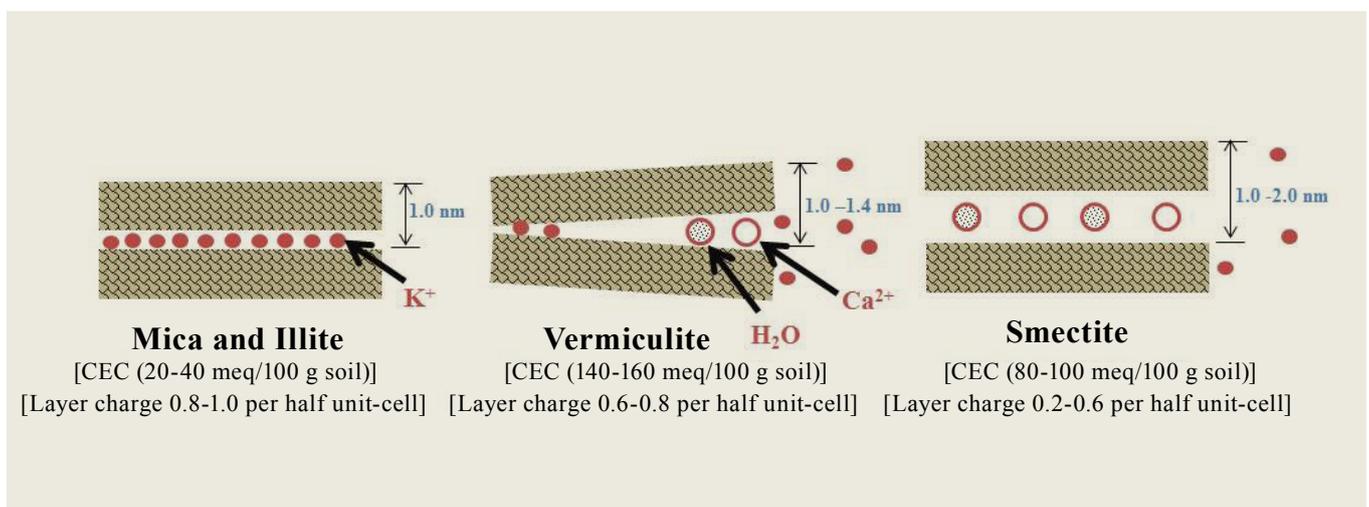


图1. 4种农业土壤中经常出现的粘土矿物特性。引自Wakeel等, 2013。

巴基斯坦的钾素研究

因为巴基斯坦的土壤发育于云母, 富含钾素, 以及巴基斯坦大多数地区都是渠灌系统, 所以, 一般认为, 巴基斯坦的土壤可以提供植物生长所需要的足够的钾素。然而, 几十年来, 大量的研究表明, 在许多作物上都已经观察到施钾有效(Rehman *et al.*, 1982,1983; Gurmani *et al.*, 1986; Khattak和Bhatti, 1986; Ranjha, 1986;Mian *et al.*, 1998; Akhtar *et al.*, 2002; Tariq *et al.*, 2011), 并在科学界成为一个既定和广为人知的现实。也有大量的报道, 在许多土壤上施用钾肥, 尽管作物生长势更好, 但没有增加作物产量(Bajwa, 1985)。这可能是巴基斯坦钾肥推广失败的一个原因。

膨胀型粘土矿物对钾的固定被认为是作物施肥有效性下降的原因之一。Khattak(2002)报道, 土壤粘粒含量高和粘土矿物的类型对外源性钾的固定和土壤中现存的非交换性钾的回收起决定作用。含有不同粘土矿物的土壤可能导致作物施钾效应不同(Akhtar和Dixon, 2013)。这就进一步解释了Layllpur土壤由于含有蒙脱石, 可能需要施钾以满足植物最佳生长的需要。Awan *et al.*(1998a)报道, 土壤对钾的固定与粘粒含量没有直接关系, 但与土壤中占主导地位的粘土矿物类型有关。粘粒含量和母质的风化阶段与土壤可交换性钾有非常强的相关性(Awan *et al.*, 1998b)。砂质粘壤土和砂质壤土玉米施钾显示玉米产量明显增加, 而在粘质壤土上施钾没有效应, 这或许是由于土壤对钾素的固定或者土壤中已经有足够的钾 (Wakeel *et al.*,2002)。

在发育初期阶段的土壤上, 没有发现长期施肥处理对土壤固定钾的影响。然而, 由于在渠灌种植棉花小麦农作

制度下, 施钾量很低, 土壤生物有效钾含量和矿物成分发生边际变动(Sheikh *et al.*, 2007)。在对施钾进行全面综述的前提下, Bhatti(2011)得出非常关键性的结论, 认为未来施钾的推广, 在于制定基于农业土壤的钾素固定能力和粘土矿物组成的钾肥施肥推荐。粘土矿物和土壤剖面的发育程度和土壤风化阶段高度相关, 所以, 土壤风化阶段可能在决定钾素有效性方面发挥重要作用。

钾肥的施用

1960年代的绿色革命之后, 与许多世界其他地方一样, 巴基斯坦开始推广使用化学肥料。最开始是1970年代使用氮肥和磷肥, 其用量随着时间的推移而不断增加。由于作物对施氮的效应更好、更快、效益更高, 氮肥的使用量明显比磷肥高很多。小麦是巴基斯坦施肥量最多的农作物, 棉花排在第二位, 其他作物在很大程度上没有施肥。我们可以看到在图2中, 磷肥使用量缓慢而稳定地不断增加, 一直持续到最近几年。尽管施肥量一直增加, 但除了种植土豆的农民为了高产和高质而施用钾肥以外, 钾肥在所有的农作物上的施肥量却是低到令人沮丧的程度。

政府部门和国内、国际机构做了大量工作, 但钾肥的使用量一直很低。钾肥平均使用量只有不到2 kg/hm², 与氮肥132 kg/hm²和磷肥32 kg/hm²的使用量比, 非常惊人。不平衡施肥从经济上说总是不合适的, 农民也非常郁闷, K和N比率很低, 会带来许多问题, 比如某些地区的作物容易倒伏。施用氮磷钾复合肥料等增加了土壤钾素的投入, 但这降低了市场上K₂SO₄(硫酸钾肥;SOP)的份

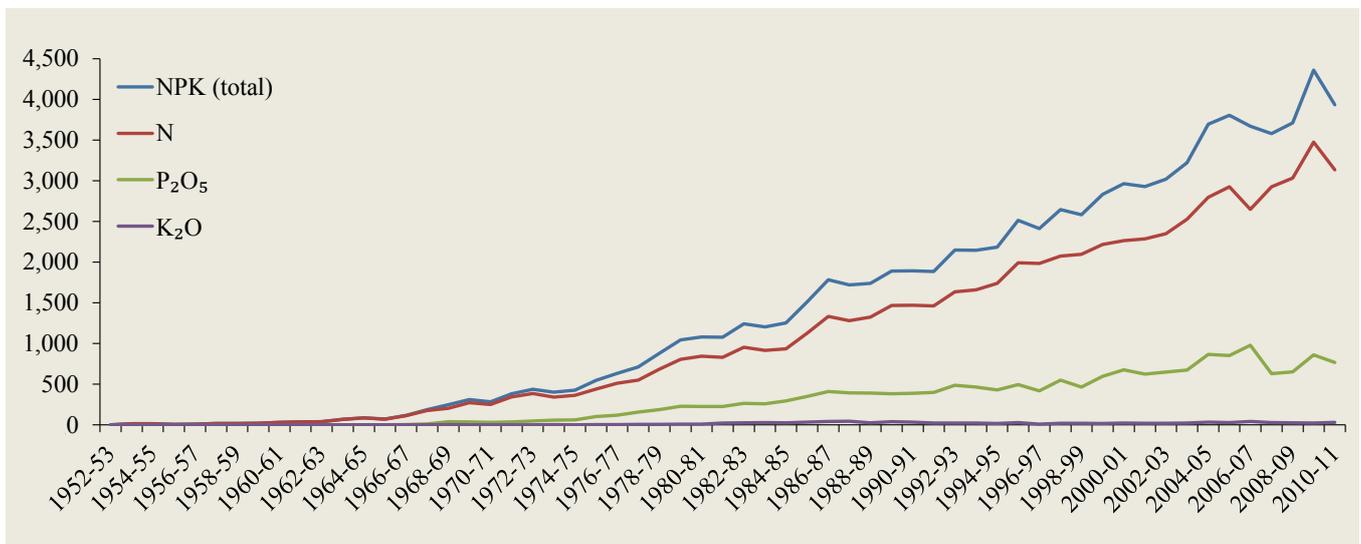


图2. 巴基斯坦1952-2011年化肥 (NPK) 使用量。资料来源: 巴基斯坦经济调查局,2012-2013。



巴基斯坦小麦收获。照片拍摄: A. Wakeel。

额, 硫酸钾现在在巴基斯坦非常少。在过去的几年里, 一些液体肥料被各种私营企业引入巴基斯坦肥料市场。这些肥料被推荐为灌溉施肥或叶面施肥的肥料, 但尚未被农民广泛采用。然而, 我们要说, 施用如此少量的钾肥不能满足植物生长的需要。

最近和更积极的进展是, 巴基斯坦肥料公司进口的氯化钾代替硫酸钾, 有可能会增加钾肥的使用量。MOP在巴基斯坦的成本大概是SOP的2/3, 由于其低廉的价格, 可能更多农民愿意接受氯化钾。然而, 应该开展一些工作, 分析巴基斯坦土壤气候条件下施用含氯肥料带来的后果(如果有的话)。

钾肥施用量低的原因

大多数巴基斯坦土壤是发育于云母矿物的。由于持续不断的风化作用、集约种植和钾素的释放, 这些土壤一般转换成伊利石和蛭石占主导地位的粘土矿物。高产作物品种的使用, 使土壤矿化释放钾素, 但通常没有得到施钾补充。人们普遍认为, 由于缺乏资源, 人均土地面积过小的可怜的巴基斯坦农民在农业投入中不使用钾肥。然而, 现实可能有所不同, 因为这些农民在大量使用氮肥和磷肥, 甚至使用非常昂贵的杀虫剂。缺乏金融支持, 可能是造成巴基斯坦钾肥使用量低下的部分原因, 但还有其他的原因, 可以分述如下:

缺乏意识和误解

巴基斯坦的大多数农民教育程度不高, 不知道平衡施肥对作物的重要性。其次, 农民之间广泛流传一个误解, 就是渠灌的话, 不需要再施钾肥。尽管渠灌系统对补充灌溉农田土壤钾素有所贡献, 但不足以满足高产作物对



巴基斯坦人工收获小麦。照片拍摄: A. Wakeel。

钾素的需求。在此之前, 土壤没有达到现在的矿化程度, 加之种植的是低产品种, 这个理由可能是准确的。但由于人口增长的压力, 高产品种的应用、气候变化和水库的淤积, 渠灌水不够了, 因此开始用地下水补充灌溉水的不足。

施肥推荐

一般来说, 施肥推荐一般由省级农业部门基于该省肥料需求的一般趋势制定。定点的施肥推荐在巴基斯坦非常少见。在地区层面, 省级农业部门建立了一些土壤肥力实验室, 但不足以满足农民的需求。对于氮肥和磷肥, 一般来讲施肥推荐还是令人满意的, 但是对于钾肥, 因为土壤矿物的多样性和钾素动力学, 钾素施肥推荐并不能对作物有效。因此, 农民认为不需要施钾肥, 否则在施钾不能获得符合他们预期收益的时候, 很难说服他们施用钾肥。因此, 需要综合策略使农民建立施钾意识和说服农民。

政府政策和钾肥可用性

巴基斯坦的科研人员发表了大量的研究论文, 指出了施用钾肥的重要性, 表明了在不同地区的试验里施钾对提高作物产量和品质都有效果。但是, 政府还没有采取有力的行动, 去促进农业施钾重要性的研究。肥料公司对这点也不清楚, 这是钾肥供应非常少的原因。

未来的研究展望

如果不能认识到钾肥对精准农业和可持续农业的重要性, 钾肥施用还会继续被忽略。所以, 对巴基斯坦农业来说, 非常必要制定一个确实可行的钾肥施用研究和推广计划。在未来研究中, 有两个方面应给予直接和小心的考虑。

精确的钾肥施用推荐

要建立基于土壤矿物学和土壤钾素动力学要求而制定的精准钾肥施用推荐,以提高作物产量和钾肥施用效益。开始,要选择一个地区的农作物品种。然后,基于大量已有的数据资料,选择一定数量的土壤类型,接下来采取土壤样品,分析土壤矿物学和土壤钾素动力学特征,最后,要比较这种方法制定的钾肥施用推荐与传统的基于土壤可交换性钾制定的施钾推荐的不同。这将提供一个具有低成本的满足作物生长发育和最高产量目标的钾肥施用推荐。

考虑作物的品质

已有足够的证据表明,施钾可以提高谷物、棉花和其他作物如马铃薯和糖的品质。甘蔗和甜菜施用钾肥可以提高产品中蔗糖含量,提高糖单产和总产。特别是制糖工业等行业,必须将这个研究提上议事日程;要引入基于蔗糖含量的甘蔗收购制度。

结论

从之前的研究工作中可以看出,人们普遍认为在巴基斯坦的大多数作物都需要使用钾肥。然而,为了更为精准施钾和提高钾肥的作物有效性,必须发展基于土壤矿物学和土壤钾素动力学的钾肥施用推荐。因为氯化钾已经进入巴基斯坦市场,需要开展MOP和SOP的比较研究,以了解Cl在农业生产系统中的动态变化。公共部门研究机构、肥料公司和以农业为主的产业应该坐在一起,制定如何加强巴基斯坦农业施钾研究,和提高农民对施钾的认识的计划。

参考文献

- Akhtar, M.E., M.Z. Khan, S. Ahmad, and K. Bashir. 2002. Response of Different Wheat Cultivars to Potash Application in Two Soil Series of Pakistan. *Asian J. Plant Sci.* 1:535-537.
- Akhtar, M.S., and J.B. Dixon. 2013. Mineralogical Characteristics and Potassium Quantity/Intensity Relation in Three Indus River Basin Soils. *Asian J. Chem.* 21:3427-3442.
- Anonymous. 2013. Economic Survey of Pakistan. P-13.
- Awan, Z.I., M. Arshad, and M.S. Akhtar. 1998a. Potassium Fixation in Relation to Soil Parent Material and Weathering Stage in Pakistan. *Pak. J. Soil Sci.*, 15:106-115.
- Awan, Z.I., M. Arshad, and M.S. Akhta. 1998b. Potassium Release Characteristics of Sand and Silt in Relation to Soil Parent Material and Weathering Stage. *Pak. J. Soil Sci.*, 15:94-105.
- Bajwa, M.I. 1985. Soil Clay Mineralogy and Potassium Availability. p. 29-41. *In: Proceedings of International Symposium on Potash in Agriculture and Soils.* Dacca, Bangladesh.
- Bhatti, A.U. 2011. Potash Need Assessment and Use Experience in Khyber Pakhtunkhwa (KP). *Soil Environ.* 30:27-35.
- Braunschweig, I.C. 1980. K⁺ availability in Relation to Clay Content. Results of field experiment. *Potash Rev.* 2:1-8.
- Cox, A.E., B.C. Joern, S.M. Brouder, and D. Gao. 1999. Plant Available Potassium Assessment with a Modified Sodium Tetraphenyle Boron Method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:902-911.
- Doll, E.C., and R.E. Lucas. 1973. Testing Soils of Potassium, Calcium and Magnesium. *In: L.M. Walsh and J.D. Beaton (eds.), Soil Testing and Plant Analysis*, 3rd ed. SSSA Book Ser. 3, SSSA Madison, WI.
- Farmer, V.C., and M.J. Wilson. 1970. Experimental Conversion of Biotite to Hydrobiotite. *Nature* 226:84-842.
- Gurmani, A.H., A.U. Bhatti, H. Rehman, and M. Aslam. 1986. A Note on Potassium Response by Major Cereal Crops in NWFP, Pakistan. *Potash Review No. 6.* International Potash Institute, Switzerland.
- Havlin, J.L., J. Beaton, W. Nelson, and S. Tisdale. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management.* Prentice Hall, New York.
- Khattak, J.K., and A.U. Bhatti. 1986. Cooperative Research Programme "National Outreach Research Project on Soil Fertility and Fertilizer Use in Pakistan". Final Technical Report 1982-86. Department of Soil Science NWFP Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
- Khattak, R.A. 2002. Mechanism of Bio-Availability of K to Maize in Tarnab, Warsak and Peshawar Soil Series. *Potash Use for Enhancing Crop Productivity Project.* Department of Soil and Environmental Sciences, NWFP Agricultural University, Peshawar.
- Kuchenbuch, R., and A. Jungk. 1984. Effect of Potassium Fertilizer Application on Potassium Availability in Rhizosphere of Rape. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 147:435-448.
- Mengel, K. 2007. Potassium. *In: Handbook of Plant Nutrition.* p. 91-120. Barker, A.V., and Pilbeam, D.J. (eds.), Taylor & Francis, USA.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 2001. *Principles of Plant Nutrition.* Kluwer Acad. Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Mian, S.M., M. Akram, S. Ahmad, K.H. Gill, R.A. Chaudhary, and G.U. Haq. 1998. Effect of MOP and SOP on Plant Chloride Uptake and Soil Properties in a Rice-Wheat Rotation. *Pak. J. Soil Sci.* 14:70-74.
- Ranjha, A.M. 1995. Effect of Chloride Applied as KCl on the Growth of Maize. *Res. and Dev. Proj. on the use of MOP in Pakistan.*
- Rehman, H., A.U. Bhatti, and A.H. Gurmani. 1982. Fertilizer Experiments on Cereal Crops in D.I. Khan District. *Soil Science Division. Agriculture Research Institute, Tarnab, Peshawar, Pakistan.*

- Scott, A.D., and S.J. Smith. 1987. Sources, Amount and Forms of Alkali Elements in the Soil. *Adv. Soil Sci.* 6:101-147.
- Sheikh, K., K.S. Memon, M. Memon, and M.S. Akhtar. 2007. Changes in Mineral Composition and Bioavailable Potassium under Long-Term Fertilizer Use in Cotton-Wheat System. *Soil Environ.* 26:1-9.
- Tariq, M., A. Saeed, M. Nisar, I.A. Mian, and M. Afzal. 2011. Effect of Potassium Rates and Sources on the Growth Performance and on Chloride Accumulation of Maize in two Different Textured Soils of Haripur, Hazara Division. *Sarhad J. Agric.* 27:415-422.
- Wakeel, A., M. Gul, and M. Sanauallah. 2013. Potassium Dynamics in three Alluvial Soils Differing in Clay Contents. *Emir. J. Food Agric.* 25:39-44.
- Wakeel, A., Anwar-ul-Hassan, T. Aziz, and M. Iqbal. 2002. Effect of Different Potassium Levels and Soil Texture on Growth and Nutrient Uptake of Maize. *Pak. J. Agri. Sci.* 39:99-103.

“巴基斯坦土壤钾素和作物钾素效应综述：前景和机遇”一文，可以在IPI官方网站上浏览下载：[区域活动/WANA](#)。

学术动态

IPI学术动态

2014年3月

IPI-BAU “钾营养与作物品质”国际研讨会, BAU, 兰契, 恰尔肯德邦, 印度, 2014年3月4~5日。
报告人: Neeraj Kumar Awasthi, IPI东印度、孟加拉国和斯里兰卡项目协调员

来自世界各地的超过150名科学家、农业推广专家和农业行政管理人员参加了“营养与作物钾质量”国际研讨会。由印度Birsa农业大学(BAU)与国际钾肥研究所(IPI)共同举办。会议时间2014年3月4~5日,会议分为10节,发表了131个研究报告。

IPI东印度、孟加拉国和斯里兰卡项目协调员Neeraj Kumar Awasthi强调指出, IPI - BAU的合作研究项目,展示了植物营养特别是钾素的平衡营养,提高了小型农户的社会经济地位。

BAU的副校长M. P. Panday博士提醒与会者注意化肥具有历史意义的重要作用。化肥在提高印度粮食自给方面的重要作用,特别是在绿色革命(1960~70)时,印度通过施用化肥,粮食产量提高了50%~60%。

国际钾肥研究所主席Hillel Magen先生对全球粮食需求上升表示担忧,指出应该研究如何通过平衡施肥来应对。Magen先生还介绍了IPI如何与研究、推广机构合作,为发展中国家日益增长的全球粮食需求提供解决方案。

Jharkhand邦农业部长Sri Yogendra Saw到会祝贺研讨会成功召开,感谢会议组织者科学家、推广人员和农民提供一个与全球研究人员交流展示的机会。他强调了创造和传播现代农业知识在增加农民的生产能力和盈利能力方面的重要性。Saw部长强调, Jharkhand邦政府正在努力

将农业作为一个产业加以促进。

为期2天的会议结束前,最后一节活动是印度农业部长J.S. Sandhu博士主持的,这一节制定了一系列施肥推荐方案。



照片1(上): 论坛开幕式。照片2(下): BAU副校长Dr. M. P. Panday欢迎贵宾Jharkhand邦农业部部长Sri Rogendra Saw Ji, 照片拍摄: N.K. Awasthi。

研讨会推荐方案:

- 1、以经济高效的方式,促进营养的均衡施用,是维持高水平的作物生产必不可少的。
- 2、养分利用技术必须符合农民的需求。向小型弱勢农民传播技术“最后一公里”的问题应该成为关注的焦点。应该通过农业技术推广人员、非政府组织和其他机构,利用决策支持系统,向农民推广技术。
- 3、必须加强针对钾肥施用的农民田间试验和示范,促进钾肥使用,建立钾肥使用意识。
- 4、土壤有效钾阈值和作物养分施肥比例对解决全球粮食短缺和市场竞争至关重要。
- 5、采用植物营养管理程序(例如4R),从提高农民效益的角度出发,要对施用复合肥料和单质肥,提高不同农业气候区的农民施钾量进行研究。
- 6、不同作物和种植制度下,特别是高附加值的作物,通过微灌施用钾肥的农民大田研究,需要监测作物产量、品质和生物和非生物抗逆性等指标。需要建立配备先进的土壤质量参数分析设备的实验室。
- 7、开展试验,研究施用氮磷肥料的试验田不使用含钾肥料对作物产量和质量的影响,短期、中期和长期的影响,至关重要。
- 8、具有出口潜力的经济作物,如烟草、棉花、香料、蔬菜、水果和鲜花等的钾肥施用效率,需要进一步研究。
- 9、要针对农民,采取降低钾肥成本、提高钾肥供应和提供施钾补贴,大力推广使用含钾的肥料。
- 10、要研究不同作物和农作系统下,钾肥的分次施用/延迟施用(例如针对钾素容易固定的土壤)问题,以确定不同作物的钾肥施用量,提高施钾效率。
- 11、需要特别关注雨养农业区的豆类和油料作物的钾肥施用问题,以减轻作物的非生物胁迫。筛选钾素利用效率较高的作物品种,扩大农民种植这些品种,将非常有帮助。

2014年9月



IPI和东非埃塞俄比亚农业部农业技术转化中心第一次联合召开“钾在撒哈拉以南非洲地区种植制度中的作用:提高生产力现状和潜力”, Addis Ababa, 埃塞俄比亚, 2014年9月4~5日。

土壤和植物营养学家、农学家、技术推广人员,以及政府/非政府机构和私人公司将对这个有关平衡施肥的会议感兴趣。邀请演讲者将包括本地科学家和其他专家。海报向所有人开放,鼓励学生参与,并就研讨会相关主题展示交流研究成果。

会议主题:

- 撒哈拉以南非洲的主要种植制度下的钾素管理
- 土壤和植物中钾素分析方法最新进展
- 埃塞俄比亚和非洲东部土壤钾素肥力评价
- 钾肥施用对养分和水分利用效率的影响研究报告
- 钾在应对作物的生物和非生物胁迫方面的作用
- 撒哈拉以南非洲地区养分矿化和农业生产力停滞
- 埃塞俄比亚钾肥生产:前景与挑战
- 公私伙伴关系:非政府组织在科学技术的生成和传播中的作用

已确认的演讲嘉宾:

- Sileshi Getahun, 农业部长, 埃塞俄比亚
- Tekalign Mamo, 农业部
- Sam Gameda, IFPRI, 埃塞俄比亚
- Oumou Camara, IFDC, 埃塞俄比亚
- Teshome Lakew, 埃塞俄比亚农业部
- Selamyihun Kidanu, 农业技术转化中心, 埃塞俄比亚
- Benayahu Bar-Yosef, 农业研究组织, 以色列
- Erik Karlton, 农业技术转化中心, 埃塞俄比亚
- Bernard Vanlauwe, 国际热带农业研究所; IITA
- S.K. Bansal, 印度钾肥研究所
- Wassie Haile, Hawassa大学, 埃塞俄比亚
- Hilette Hailu, Haramaya大学, 埃塞俄比亚
- Abebe Shiferaw, 农业技术转化中心, 埃塞俄比亚

- Mulugeta Demiss和Taye Bekele, 农农业技术转化中心, 埃塞俄比亚
- John Wendt, IFDC, 东南非洲处
- Uri Yermiyahu, 以色列农业研究组织
- Bashir Jama, 土壤健康计划项目主任, AGRA
- Eyasu Elias, CASCAPE, 埃塞俄比亚
- Gezahegn Ayele, USAID/CIAFS, 埃塞俄比亚
- Nega Wubeneh, 农业技术转化中心, 埃塞俄比亚
- Hillel Magen, IPI主席

详情请联系Eldad Sokolowski先生, IPI撒哈拉以南非洲项目协调员, 或在国际钾肥研究所官方网站查看更新。

国际研讨会和会议

2014年8月

第29届国际园艺大会, 布里斯班, 澳大利亚, 2014年8月17-22日。请访问大会网站了解更多的细节。

2014年9月

2014非洲绿色革命论坛, 亚的斯亚贝巴, 埃塞俄比亚, 2014年9月2-4日。详情访问论坛网站。

2014年10月

CIEC第16届世界肥料大会, 2014年10月20-24日, 里约热内卢Janeiro-RJ, 巴西。请访问大会网站了解更多的细节。

第4届国际水稻大会(IRC2014), 2014年10月27日-11月1日, 曼谷国际贸易展览中心(BITEC), 曼谷, 泰国。请访问IRC2014网站了解更多细节。

2015年1月

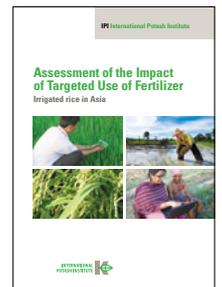
第14届ISSPA土壤和植物分析国际研讨会, 2015年1月26-30日, Kona海滩, 夏威夷。请访问ISSPA2015网站了解更多细节。

出版物

IPI出版物

特定肥料使用影响评价 亚洲灌溉水稻

2010年, 水稻 (*Oryza sativa* L.) 种植面积达1.62亿hm², 有91%在亚洲。它是亚洲主要的主粮作物, 在一些国家提供超过50%的卡路里。在世界范围内, 大约9300万hm²的灌溉水稻(大米生产面积的57%)生产了全球大米产量的75%。在亚洲, 30%~83%的水稻种植在灌溉土地上。



大米提供了19%的全球人口的人均能源和13%的人均蛋白质。但为满足未来不断增长的世界人口的需要, 未来10年, 水稻生产需要每年增长1.2%~1.5%(GRISP, 2013)。

这本刊物对采用定点养分管理(SSNM)方法施肥的影响进行了评价, 评价的内容包括施肥对农民收入、土壤健康、植物健康和环境的影响等。

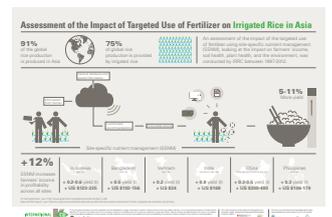
本出版物可以从IPI网站下载:

<http://www.ipipotash.org/publications/detail.php?i=425>.

此外, IPI开发了关于以下主题的4个图表:

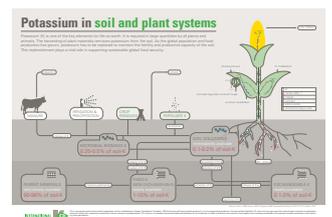
特定肥料使用影响评价 亚洲灌溉水稻

1997~2012年, IRRC对采用定点养分管理(SSNM)方法施肥的影响进行了评价, 评价的内容包括施肥对农民收入、土壤健康、植物健康和环境的影响等。



土壤和植物系统中的钾

钾是地球生命的关键要素之一。所有的植物和动物都需要大量的钾素。收获作物果实时, 从土壤中带走钾。随着全球人口和粮食生产的生长, 必须通过施肥补充土壤钾素以保持土壤肥力和生产能力。这种钾素的回补对可持续的全球粮食安全发挥着至关重要的作用。



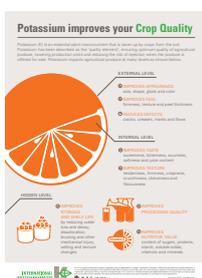
钾能改善你的健康

钾是一个重要的矿物营养。在人体内,钾是我们的每个细胞内流体的一个重要组成部分。因此,它对调控细胞酸性、肌肉收缩、神经脉冲的传导,以及更多功能的发挥有重要作用。钾对人体健康的重要性已被公认,新的研究将继续强化这种积极影响及其对公共卫生的潜在影响。



钾可以提高作物质量

钾是一个重要的植物从土壤中吸收的大量营养元素。钾被描述为“质量元素”,确保最佳的农产品质量,降低生产成本,减少产品销售不出去的风险。钾对农产品许多方面的影响在IPI这张图上都有所展示。



这些图表也可以在我们的官方网站下载(<http://www.ipipotash.org/infographics.php>)。

有需要这些出版物或图表纸质版本的,请用邮件 ipi@ipipotash.org 联系IPI总部。

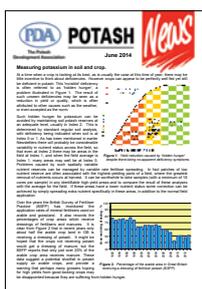
PDA出版物



土壤和作物钾的测定

钾肥新闻, 2014年春季。

作物最好的时候,通常是在每年的这个时候,这时可能不会有什么动力去思考营养不足的问题。然而,虽然缺钾,作物长势还似乎非常完美。这种“无形的”缺陷通常被称为“隐性饥饿”。请访问PDA官方网站,阅读更多消息。



钾盐发展协会 (PDA) 是一个独立的机构,成立于1984年,主要是为英国的土壤肥力、植物营养和肥料特别是钾素的施用提供技术支持和建议。更多信息,请访问www.pda.org.uk。

科学文献摘要

文献中的钾

在Twitter上关注我们: https://twitter.com/IPI_potash

在Facebook上关注我们: <https://www.facebook.com/IPIpotash?sk=wall>

小规模水稻和玉米种植农户养分管理决策系统

R.J. Buresh, R. Castillo, M. van den Berg, and G. Gabinet. 2012. *FFTC Technical Bulletin 190*.

摘要: 水稻的定点营养管理(SSNM)是国际水稻所与亚洲的一些研究机构共同开发的,为决定定点农田水稻的氮肥、磷肥和钾肥的需求提供科学依据。SSNM施氮量的原则是根据作物的目标产量和水稻在不同生长阶段对氮肥的需求决定的,肥料磷和钾是根据田间养分平衡的原则决定的。采用先进的养分管理工具SSNM的农民需要将科学原理转化为适应本地工具,促进养分管理实践快速发展,适应定点地块的种植条件。我们使用最先进的信息和通讯技术(ICT)和移动电话,开发基于网站和手机应用的“水稻养分管理器”(www.irri.org/nmrice),将SSNM的科学原理转变成适合农民实际和田间需求的技术指南。养分管理指南通过基于云服务器的“模型”计算出的“养分管理器”。通过“模型”回答农民基于具体地块的问题而获得的信息,是基于互联网的土壤信息的补充,使养分管理的指导建议更稳妥。水稻田间试验揭示了土壤分析N、P、K含量与增施肥料带来的田间实测水稻产量之间没有关系。因此,迫切需要了解小片土地同时在管理、养分平衡和产量等方面存在大的时空变异情况下作物对追肥的需求的指示性指标。

韩国基于土壤信息系统的土壤养分管理系统

Yejin Lee, Hong-Bae Yun, Seong-Soo Kang, Suk-Young Hong, Jong-Sik Lee, and Deog-Bae Lee. 2012. *FFTC Technical Bulletin 191*.

摘要: 为了农业可持续发展和加强土壤肥力和土壤资源管理,韩国开发了土壤信息系统(SIS)。为了做好施肥管理,施肥量是根据土壤养分含量和作物的需求确定的。土壤信息系统中的施肥推荐是基于测土施肥方程确定的,它为农民提供土壤理化性质等土壤信息和施肥量等信息。通过这个系统,农民实现经济用肥,同时,土壤测试数据库可以为制定肥料供应政策提供基础。

土壤磷、钾决策支持系统: 连接数据库和施肥

Sulaeman, Y., D. Nursyamsi, L.R. Widowati, Husnaen, and M. Sarwani. 2012. *FFTC Technical Bulletin* 192.

摘要: 论述了ICALRD开发的磷和钾决策支持系统(PKDSS), 及其在桥接土壤数据库和施肥方面的作用。这个系统是一个肥料推荐模型, 同时也是一个计算机程序, 用来根据土壤测试结果, 确定特定作物施肥量的一个工具。在印尼, 采用平衡施肥的方法来增加作物产量, 同时减少对环境产生负面影响。这种方法需要对土壤特性和行为特征有更好的了解。土壤养分状况确定特定作物的肥料推荐。PKDSS建议施肥量是对标准施肥量的纠正后的施肥量。校正系数代表特定土壤的性质对土壤养分的影响程度。氮肥施肥量采用土壤质地和土壤有机碳含量来校正。施磷量采用土壤质地、土壤pH值、土壤有机碳含量和土壤磷吸附特性校正。施钾量采用土壤质地、土壤有机碳含量和粘土的阳离子交换量校正。PKDSS需要14土壤属性作为输入, 分为两层: 第一层是选择标准的推荐施肥量, 第二层确定校正系数。这些土壤属性由存储在数据库中的土壤数据提供。这些多年累积的数据可以使用数字土壤制图技术量化土壤性质。这些地图输入PKDSS, 得到特定作物的肥料推荐区域(FRA)。FRA帮助当地政府制定每个农业服务区的化肥库存和分销计划。PKDSS在链接土壤数据库和施肥推荐上发挥了重要作用。

哈里亚纳邦农业施钾的重要意义

Singh, J.P., K.S. Grewal, and R.S. Antil. 2014. *Indian J. Fert.* 10(2):30-38.

摘要: 哈里亚纳邦含钾肥料的使用量在增加。然而, 不仅是施肥还不平衡, 而且施用量还不足以满足植物生长获得最高产量的需求。明智的肥料使用, 应该考虑土壤的养分状况以及作物对肥料施用的反应。本文概述了哈里亚纳邦最近开展的系统化基于GPS的土壤状况调查分析结果。总体而言, 土壤超过73%的土壤有效钾含量在低到中等以下, 表明该邦土壤钾素呈耗竭状态, 说明为了维持作物产量和土壤营养状态必须施用含钾肥料。研究还显示, 不同作物和种植制度的施钾效应都增加了。根据不同的地点和农场的田间试验的结果, 应该倡导珍珠谷子、豇豆, 芥末和甘蔗等作物施用钾肥, 这一新建议已经纳入了哈里亚纳邦的夏季和冬季作物的施肥技术指南了。研究还认为, 土壤速效钾含量和作物吸收/移除的钾素量并不一致, 要更好地了解土壤供钾能力, 需要对土壤非交换性钾的含量进行定期同时监控。

印度东北部不同生态区钾素形态分布

Reza, S.K., Utpal Baruah, T. Chattopadhyay, and Dipak Sarkar. 2014. *Archives of Agronomy and Soil Sciences* 60(4-6):507-517. DOI 10.1080/03650340.2013.800943.

摘要: 土壤钾的分布随农业生态区(AERs)、不同AERs的利用强度和土壤形成过程而不同。因此, 我们旨在发现印度东北部地区不同钾形态与AER之间的关系、土壤钾素形态与土壤属性的相关性。为此, 从单个土体中采集土壤样本, 印度东北区的3个AERs各采3个样品(15(热湿润半湿润), 16(温暖per-humid)和17(温暖per-humid但冬天不冷))。AER的水平衡图表明, 6月到10月降水(P)超过了潜在蒸腾蒸发(PET), AER 16显示几乎没有PET比P大的时间, 而AER 17显示, 该地区只在后季风期经历一个短暂的100~150 mm的水分亏缺。分析了土壤理化性质和钾素形态。土壤呈中性和酸性, 阳离子交换量(CEC)较低。不同区域的土壤水溶性钾介于0.006~0.144 cmol/kg之间, 交换钾介于0.07~0.54 cmol/kg之间, 固定性钾16.7~61.3 cmol/kg和总钾17.4~63.6 cmol/kg。进一步说, 结果显示, 钾形态的变化趋势: AER 16 > AER 17 > AER 15。可交换钾与粘土矿物呈高度相关($r = 0.519^{**}$), 而固定性钾与有机碳含量高度相关($r = 0.390^{*}$)。

不同作物和马铃薯品种的养分效率——回顾和展望

Trehan, S.P., and B.P. Singh. 2013. *Potato J.* 40(1):1-21.

摘要: 不同的植物和马铃薯品种的养分利用效率不同。早期的研究表明, 马铃薯Kufri Pukhraj在施用不使用有机肥条件下都是N、P、K利用率最高效的品种。高效品种比低效品种在N、P、K胁迫时(即氮、磷和钾化肥施用量不足的情况下)的块茎产量和农学效率(AUE)更高。在种植绿肥的情况下, 氮效率较高的主要原因, 单位面积种植绿肥的土有更多壤能吸收利用氮素的基因型容量。不同马铃薯品种的磷和钾利用效率的不同, 与两个能力有关, 一是这些品种利用已经吸收的磷和钾生产马铃薯块茎的能力(PUE), 一是单位面积土壤吸收更多磷和钾(NUE)的能力。进一步比较马铃薯杂交品种JX576(现在为Kufri Gaurav)与Kufri Pukhraj的NPK的利用效率, 发现JX 576比Pukhraj抗NPK养分胁迫。这些品种的养分利用效率更高, 主要是因为其更好地利用了吸收来的养分(N、P和K)促进马铃薯块茎的形成。作物叶片中的铵转运体、细胞色素氧化酶和天冬酰胺合成酶的表达较高, 可将这些指标作为筛选马铃薯高代谢、高利用率、高传输和存储氮素基因型的指标。这一发现, 说明需要在养分效率和马铃薯根系和枝梢参数/DNA标记/基因之间建立链接。

营养综合管理措施对马铃薯产量的影响

Sumati Narayan, Raihana H. Kanth, Raj Narayan, Farooq A. Khan, Parmeet Singh, and Shabir U. Rehman. 2013. *Potato J.* 40(1):84-86.

摘要: 马铃薯是克什米尔山谷的主要商业作物之一, 种植面积约2500 hm², 产量3.25万t, 单产13 t/hm² (Anonymous, 2009)。成为一个需求营养较大的作物, 马铃薯需要大量的氮, 磷和钾。化学肥料是种植马铃薯的主要养分来源。然而, 持续依赖化学肥料会导致营养不平衡, 影响土壤的物理化学和生物特性。养分综合管理(INM)是一个更好的方法, 为作物提供包括有机和无机的营养来源的营养或食物(Arora, 2008)。事实上, 目前的调查的目的是为找出适当的有机和无机的营养来源的比例, 以及生物接种体提高温和的克什米尔山谷的马铃薯产量。

Punjab Hoshiarpur地区种植马铃薯土壤有效养分的空间分布

Jatav, M.K., V.K. Dua, Manoj Kumar, S.P. Trehan, and Sushil Kumar. 2013. *Potato J.* 40(2):128-134.

摘要: 从旁遮普Hoshiarpur地区马铃薯种植区采集土壤样本, 分析土壤pH值, OC和有效态氮磷钾含量。土壤分析数据输入GIS软件, 生成空间地图。该地区的土壤一般来说, 土壤反应从微酸性到微碱性。采集的土壤样本的pH值变化幅度为5.0~8.2, 平均值为6.8。大约总面积的90%的pH值小于7.5, 非常适合种植马铃薯。有机碳含量范围从低到中等(0.2%~0.7%), 平均0.4%。速效氮含量范围186.3~355.6 kg/hm², 平均值为242.5 kg/hm²。超过88%的样品的有效磷含量大于20 mg/kg。所有采集样品的土壤有效磷都不缺乏, 表明该区域的磷素在累积。至于土壤有效钾含量, 低、中等、高含量的土壤样品分别为79%、19.2%和2%。克里格插值处理后, 结果表明, 30.5%和18.8%区域的土壤含磷量分别为高和非常高, 但土壤含氮和钾都低。约17.3%面积的土壤速效氮含量中等、土壤有效磷含量非常高, 但土壤速效低钾含量很低, 同时, 12.8%的面积速效氮和有效钾含量中等, 但有效磷含量非常高。

已经改变了种植领域的研究的5种观念

Crole-Rees A., V. Nassar, A. Schori, W. Kessler, and B. Jeangros. 2014. *Recherche Agronomique Suisse* 5(1):4-11.

摘要: 现在, 创新是机构越来越开放的经济条件下保持其竞争力的先决条件。这也适用于农业研究。研究程序Agroscope, 即ProfiCrops的目标之一, 是促进提高种植行

业附加值的创新的过程。本文描述了5个想法, 它们发展到创新和 innovation 应用范围。基于种植系统创新名单, 有目的地进行了举例说明。示例包括3个过程创新: 便携式近红外光谱(NIRS)工具、火疫病病原菌基因组序列和分子标记的使用, 还包括2个服务创新: 农业生命周期评估(LCA)和都市农业。结果表明, 一项研究的创新过程所需要的条件, 包括一个明确的研究任务、足够的财力、时间和抗风险的态度。

多年的有机农业的影响

Honegger, A., R. Wittwer, D. Heggin, H.-R. Oberholzer, A. de Ferron, P. Jeanneret, and M. Van der Heijden. 2014. *Recherche Agronomique Suisse* 5(2):44-51.

摘要: 越来越多的农民正在从传统农业生产转向有机农业生产。这对产量和环境有什么影响吗? 特别地, 有机管理持续时间如何影响作物产量、杂草种群、生物多样性和土壤肥力的问题, 很少有人研究。为了探讨这个问题, 我们比较分布在4种农场类型的34块农田的情况, 这4种农场类型是传统耕种、刚转换成有机耕种、“新”和“旧”的有机农场。我们的研究表明, 有机管理持续时间增加时, 作物产量和土壤肥力保持不变。同样, 杂草的压力并没有随着有机管理时间的增加而增加。然而, 不同领域农田之间的杂草丰富度变化强烈, 有问题的杂草在特定领域农田中高度丰富。这项研究表明, 有机管理的时间长短, 对瑞士这种农场的作物产量或土壤肥力没有负面影响。

确保粮食安全和资源的有效利用的协同效应和权衡

Kopainsky, B., T. Tribaldos, C. Flury, M. Pedercini, and H. Lehmann. 2014. *Recherche Agronomique Suisse* 5(4):132-137.

摘要: 跟瑞士社会一样, 瑞士农业和食品行业正面临着重大的挑战。粮食生产水平的期望与可以达到的水平之间的差距, 变得越来越大, 因为确保不断增长的人口足够的粮食供应, 需要不断提高作物产量, 同时很有必要减少对资源的消耗。通过应用动态仿真模型, 可以量化瑞士2050年环境压力和生产之间的权衡和协同效应。这个项目的目的是, 验证既能确保长期粮食供应和资源的有效利用的关键条件。应用模型的主要发现是, 瑞士农业有可能达到食品供应和环境保护双重目的, 但是, 实现的关键条件取决于尤其在技术和组织的进步, 这些超越了当前可见的可能性。

全球粮食安全—瑞士的研究结果

Becker, B., M. Zoss, and H.-J. Lehmann. 2014. *Recherche Agronomique Suisse* 5(4):138-145.

摘要: 社会在保障全球粮食安全方面面临重大挑战。自2008年食品价格危机以来的全球趋势, 揭示了这方面重要的新风险。2012年, 瑞士联邦农业办公室决定对这些风险进行识别、量化和优先考虑, 并了解潜在的干预领域。在对主要出版物(子项目2)文献综述分析的基础上, 对全球粮食安全形势和未来的预测提供了一个全球视角。文献研究发现7个驱动影响未来的全球粮食安全的因素: (i)人口增长; (ii)气候变化; (iii)环境退化和争夺土地、水和能源资源; (iv)饮食模式和消费者偏好的变化; (v)食品价格的上升和波动; (vi)增加粮食生产和市场价值链的垂直整合; (vii)技术进步。报告确定了6个干预领域的结论和选择行动建议: (i)农业生产; (ii)环境可持续性和资源效率; (iii)饮食模式; (iv)贸易政策和跨国食品公司的作用; (v)研究和创新, (vi)国际合作。

根细胞K⁺析出的机制和生理作用

Demidchik, V. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):696-707. DOI 10.1016/j.jplph.2014.01.015.

摘要: 钾是最丰富的大量元素, 参与多种生理过程。根对钾的摄取对植物至关重要的; 但是, K⁺的析出也同样会发生, 并具有重要的功能。钾离子从根部析出主要是由逆境引起的, 如病原菌、盐害、冻害、氧化剂和重金属等。活性氧(ROS)和外源嘌呤也能引起此反应。钾离子从根部的析出需要阳离子通道的去极化和激活。钾离子通道和非选择性阳离子通道(NSCCs)也参与这一过程。这些元素有些是“组成型的”, 而有些需要化学试剂的激活。在拟南芥中, 有77个基因可能编码K⁺渗透通道。钾离子选择性通道基因包括9个Shaker基因和6个串联孔基因。NSCCs基因更丰富, 出现在20个环核苷酸门控通道、20个离子移变谷氨酸受体、1个双孔通道、10个压力敏感类似通道、2个压力敏感型Mid1补充激活通道、1个压力敏感电压通道和8个膜联蛋白中。2个Shaker基因(SKOR和GORK)和几个NSCCs基因在根细胞质膜上表达。SKOR介导钾离子从木质部的薄壁细胞析出到木质部导管, 而在上表皮中表达的GORK则介导K⁺的释放。这些通道都是由ROS激活的。GORK通道活动是由在逆境如盐害、病原菌攻击条件下以依赖Ca²⁺方式产生的羟基激发的, 从而引起K⁺大量从根细胞析出。钾离子流失模拟胞质蛋白酶和内切酶(作用机制)引起细胞程序死亡。K⁺析出通道的其他生理功能, 包括动作电位过程中的质膜去极化和代谢开关的“假设”功能, 能够抑制耗能类的生物合成, 以及为防御和修复释放需要的能量。

叶片维管束鞘是一个K⁺营养的“智能流量阀”吗?

Wigoda, N., M. Moshelion, and N. Moran. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):715-722. DOI 10.1016/j.jplph.2013.12.017.

摘要: 已经有越来越多的证据表明, 维管束鞘是调节叶肉与它包裹的叶脉之内的木质部和韧皮部之间水、矿物质和代谢物传输通道。尽管钾(K⁺)营养研究几十年来, 但更多是对K⁺的吸收和植物体内钾的再循环的了解, 维管束鞘在调节K⁺通量方面的作用的研究, 刚刚开始引起重视。我们在这里收集了一些关于这些过程的研究结果和建议。

钾在细胞和组织的分布:生理相关性、机制和调节

Ahmad, I., and F.J.M. Maathuis. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):708-714. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.10.016.

摘要: 钾(K⁺)是所有生命体最重要的阳离子养分。细胞水平是重要的(特别是100 mM左右), 受到高度调节。对植物来说, K⁺影响很多方面, 比如植物生长、生物和非生物抗逆性和植物器官的运动。这些过程发生在细胞、器官和整体植物各个水平, 不足为奇的是, 植物进化出复杂的机制, 调节K⁺吸收、射流和在细胞内以及器官之间的分布。过去几十年里, 关于K⁺吸收和流出的分子机制已经取得了巨大的进步, 特别是在分子水平上。虽然这些过程背后的基本原理已经为我们所了解, 但在K⁺远距离运输方面, 我们还没有完全认识。在这一章里, 我们将讨论K⁺如何在不同器官之间的长途运输, 以及养分特别是K⁺如何在细胞内细胞器之间的运输。在可能的情况下, 我们将举例说明负责这些现象的特定基因和蛋白质。

植物中的双胞胎K⁺和Na⁺

Begoña, B., R. Haro, A. Amtmann, T.A. Cuin, and I. Dreyer. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):723-731. DOI 10.1016/j.jplph.2013.10.014.

摘要: K⁺和Na⁺是地壳和海水中目前最多的单价无机阳离子。从物理化学的角度看, K⁺和Na⁺非常相似, 但K⁺是植物广泛吸收利用的元素, 而Na⁺则容易达到有毒的水平。事实上, 盐度是农业生产的一个主要且不断增长的威胁。在本文中, 我们概述K⁺和Na⁺的本质上的区别。我们提出了基本转运蛋白的选择性, 综述了HKT类型转运蛋白的研究进展。据报道, HKT转运蛋白是运输Na⁺和/或Na⁺和K⁺, 并可能在植物Na⁺利用和解毒中发挥核心作用。基于Na⁺和K⁺水化壳结构的不同, 与钠离子通道相比, 我们提供了一个特别的机制模型, 可以通过HKTs负责离子渗透。

细胞器植物钾素转运系统

Hamamoto, S., and N. Uozumi. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):743-747. DOI 10.1016/j.jplph.2013.09.022.

摘要: 在比如吞没原核细胞而生长起来的一些植物内,也就是真核生物内发现一些细胞内细胞器。这些细胞器负责有原核细胞同系物的内在膜蛋白的表达。其他细胞器,如内膜系统中的细胞器,被认为是通过质膜的内折而进化的。采集细胞的胞内组件(细胞器)提供使之能在各种自然环境中生存的额外功能。生物膜所包围的细胞器,其中包含有K⁺运输系统,允许K⁺跨越膜。植物细胞器中的K⁺运输系统,协调质膜内K⁺运输系统,以维持胞质K⁺浓度。因为有时很难直接研究植物细胞中细胞器膜蛋白,酵母和大肠杆菌异源性表达被用来阐明植物液泡K⁺的通道和其他膜转运蛋白的功能。植物细胞的液泡是最大的器官,它有一个重要的任务,就是K⁺细胞质的体内平衡。最初的K⁺转运体电生理测量,将植物有液泡的阳离子通道分为3类,此后的分子克隆方法将大量的K⁺运输系统的基因隔离开来。植物含有叶绿体,来自能光合自养的蓝藻。已经从蓝藻中分离出了一种新奇的K⁺转运系统,这可能会有助于我们理解K⁺穿过叶绿体的类囊体膜和内膜通量。本章将对植物细胞器K⁺运输蛋白质的最新研究进行综述。

植物根系对的K⁺的吸收。涉及的系统、它们的调节机制和其他植物器官吸钾的对比

Nieves-Cordones, M., F. Alemán, V. Martínez, and F. Rubio. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):688-695. DOI 10.1016/j.jplph.2013.09.021.

摘要: 钾(K⁺)是一个植物重要的大量营养元素。钾是通过根表皮和皮层细胞的质膜转运系统进入植物的。认识这些系统及其调节机制,仅仅刚刚开始。K⁺的转运系统在模式生物拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)的表现最为典型,远好于其他植物物种。植物根系可以激活不同的K⁺吸收系统以适应它们所处的环境,这对需要适应一个高度变化的环境的固着生物来说非常重要。模型植物a芥(*A. thaliana*) K⁺的获取机制在分子水平上目前是最好的。根据当前的模型,非选择性通道可能是高浓度(>10mM)时K⁺吸收的主要途径,而在中等浓度时(1mM),内向整流通道AKT1主导K⁺的吸收。在外源性K⁺(100 μM)处于低浓度时, AKT1通道,加上高亲和力的K⁺吸收系统HAK5,主导K⁺的吸收获得。在极低浓度(<10 μM)时,唯一的能吸收K⁺的系统是HAK5。根据物种不同,高亲和性系统被命名为HAK5或HAK1,但是在所有情况下,两者都具有相同的功能。K⁺有效性有关的这些系统的激活,是通过不同的机制实现的,包括磷酸化AKT1或感应HAK5的转录。根系吸收

K⁺的系统的一些特性,与其他器官共通的,而有些则只特定于植物。这表明一些重要远古的K⁺转运系统的特性,已经通过进化而得以保存下来,而有些则在不同界之间进行分化。

超越营养: 作为植物对环境适应效应的共同特征的钾素动态平衡的调节

Anschütz, U., D. Becker, and S. Shabala. 2014. *J. Plant Physiology* 171(9):670-687. DOI 10.1016/j.jplph.2014.01.009.

摘要: 部分和全部完成的低等和高等植物基因组测序项目,让我们可能画一幅全面的分子和结构多样性的植物钾离子转运体基因及其编码的蛋白质的全景图。虽然早期这一领域的研究,是为了关注钾素转运的结构-功能,但是结合微阵列技术的拟南芥突变体集合的可用性,极大地提升了我们对K⁺通道生理的理解,提供了植物体内钾素动态平衡的转录调节的新颖的见解。最近,转译后钾运输系统的调节已经进入了钾运输研究的中心舞台。目前的综述重点是在这个领域最令人兴奋的最新发展。总结最近的在钾运输调节方面的工作表明,钾运输从总体来说,尤其是钾离子通道,是重要目标,也是植物生命周期不同发展阶段的分子反应的重要介质。我们表明,调节细胞内的K⁺体内平衡是至关重要的,使植物植物能适应广泛存在的非生物和生物胁迫,包括干旱、盐碱、氧化应激等。我们进一步将K⁺通道转译后的调节与程序性细胞死亡连接起来研究,表明K⁺在后者反应过程中起着至关重要的作用。因此,看来K⁺不仅仅只是支持植物最佳生长和产量所需养分,也是协调植物适应环境的一个重要信号。

分段施钾能提高冬小麦的产量和最终产品品质

Qiang Lua, Dianyong Jiaab, Yu Zhanga, Xinglong Daia, and Mingrong He. 2014. *Agron. J.* 106(4):1411-1419. DOI 10.2134/agronj13.0202.

摘要: 许多研究都表明,钾肥作底肥施用可以影响小麦(*Triticum aestivum* L.)的产量和品质。然而,不为人熟知的是,分段施钾对小麦产量,蛋白质分数的分布以及小麦的质量的影响。在连续两个生长季(2010/2011和2011/2012)进行了试验研究,试验用的4个冬小麦品种为Jimai 20、Gaocheng 8901、烟农19和济南17,3个钾肥施肥水平(K₀:不施钾;KB:基施钾120 kg/hm²;KS:基施钾60 kg/hm²加上小麦拔节期追施钾60 kg/hm²)。收获后测定小麦产量及产量构成因素、蛋白质组成、面团属性和烘焙面包质量。平均而言,KS处理比KB处理在产量上更有优势,主要是因为粒重更重。KS处理与KB相比,能提高小麦品质,表现在麦谷蛋白和醇溶蛋白比例增加,聚合指数(十二烷基硫酸钠和在

总麦谷蛋白中的不可溶性麦谷蛋白的比率)更高, 麦谷蛋白微聚合物 (GMP)颗粒更大。KS和KB处理的粗蛋白质和湿面筋含量没有发现差异。面团调制时间、稳定时间、面包卷大小分别与麦谷蛋白/醇溶蛋白比值、聚合指数和GMP的平均大小呈正相关。这些结果表明, KS可以提高冬小麦的产量和最终产品的品质。

更多阅读

世界持续时间最长的水稻试验第150次收获

Ferrer, B. 2014. [IRRI](#).

1000万农民正在种植气候智能型大米

Edra, L. 2014. [IRRI](#).

不断增加的二氧化碳威胁人类营养

Myers, S. et al. 2014. [Nature 510:139-142](#). DOI 10.1038/nature13179.

农场的数字化伤害

2014年。《[经济学人](#)》。

世界水稻田正在发生另一场绿色革命

2014年。《[经济学人](#)》。

厄尔尼诺对全球主要农作物的产量的动荡的影响

Iizumi, T. et al. 2014. [Nature Communications. 5, Article number:3712](#). DOI 10.1038/ncomms4712.

农业:农民参与式研究

MacMillan, T., and T.G. Benton. 2014. [Nature 509:25-27](#). DOI 10.1038/509025a.

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

中文翻译/编辑: 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 260
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。

这期国际肥料通讯上的相关链接只出现在其电子版本上。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 Uralkali; and JSC Belarusian Potash Company (BPC).

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者的许可。