

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41期 | 2015年6月号



编者按

亲爱的读者,

世界各地的肥料施用量一直比较稳定,即使在产量提高的地方也是如此,这说明在这些地区的肥料利用率提高了。与此同时,在像撒哈拉沙漠以南非洲地区肥料的施用量每公顷只有几公斤,作物产量肯定受到明显的影响。

工作在撒哈拉沙漠以南非洲地区的科学家坚信,该地区的肥料施用量应该至少提高到每公顷50公斤(总养分)。这些肥料供应一方面依靠本国生产,一方面要依靠国外进口,这样大量的肥料进口,肯定需要建设港口、道路、铁路和仓储设施,以保证这些肥料能够顺利运到田间地头。当前,农民低下的购买能力,缺乏金融工具支持,这些也是限制肥料使用的因素,对这些挑战都应该予以关注。

在即将到来的几年中,因为像撒哈拉沙漠以南非洲地区的这些国家需要努力提高其粮食产量,以应对不断增长的人口和食物结构的改进,我们将可以预见这一广大地区的肥料施用量将有显著增加。这将使该地区的肥料施用量达到其应该达到的水平,和使其接近北美、东南亚和欧洲等其他许多地区的肥料施用水平。我毫不怀疑,通过提高肥料施用量,非洲将能够自己养活自己。

祝您阅读愉快!

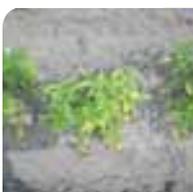
Hillel Magen

国际钾肥研究所主任

编者按

2

研究论文



钾素可促进氮的利用效率——以种植在轻质土上的马铃薯为例 **3**

Grzebisz, W., W. Szczepaniak, M. Biber, and K. Przygocka-Cyna



施钾量对越南咖啡 (*Coffea robusta*) 产量及品质的影响 **12**

Tran Minh Tien



E印度贾坎德邦省在多种蔬菜作物上增强钾肥施用以提高产量和经济效益 **19**

Kumar, R., S. Karmaka, A.K. Sarkar, N. Kumar Awasthi, and H. Magen

学术动态

28

出版物

29

科学文献摘要

29

压题照片: 施肥处理 (NPSZnB) 加施KCl或不施KCl对面包小麦 (品种Dand' aa) 的影响, Vertisols in Woyra Amba Kebele, North Shoa Zone, Moret and Jiru Woreda, Ethiopia (试验地农民姓名: Eshetu Ezawdres. 照片中的女士:埃塞俄比亚农业部土壤肥力主管 Yenealem Atlaw)。2014年8月1日。照片拍摄: Prof. Tekalign Mamo, 埃塞俄比亚农业部。

研究论文



照片1.马铃薯缺钾田间表现。照片拍摄: W. Grzebisz.

钾素可促进氮的利用效率——以种植在轻质土上的马铃薯为例

Grzebisz, W.⁽¹⁾, W. Szczepaniak⁽¹⁾, M. Biber⁽¹⁾, and K. Przygocka-Cyna⁽¹⁾

摘要

钾素作为一种植物的营养物质通常被认为能显著的影响氮的利用率 (NUE)。氮和钾之间的这种关系通过种植在轻质土壤上的雨养马铃薯的大田试验来验证。该试验设计了4个钾肥的施用水平, 即0、80、160、240 kg K₂O ha⁻¹和2个氮肥施用水平, 即120、160 kg N ha⁻¹。马铃薯收获后田间残余的钾素带来的影响可通过下茬作物冬小麦来检验, 即对比小麦播种时是否施用90 kg K₂O ha⁻¹对小麦产量产生影响。马铃薯的产量随钾肥施用量的增加而增加, 这在2013年表现的特别明显, 该年夏季的几个月马铃

薯生产上有轻度的水分胁迫现象存在。施用钾肥时结合增加氮肥的施用量可增加马铃薯的产量。收获的马铃薯块茎产量与植株中吸收的氮呈线性关系, 与植株中吸收的钾呈曲线关系, 最佳施钾量为170 kg K ha⁻¹。因此, 当钾肥的施用量为160 kg K₂O ha⁻¹, 氮肥的施用量为160 kg N ha⁻¹时, 马铃薯的产量最高。然而, 通过分析农艺指标氮肥利用率 (NUE) 会发现最有效益的施肥方式是钾肥

⁽¹⁾Poznan 大学生命科学学院农业化学与环境生物地球化学系, 波兰。
通讯作者: witegr@up.poznan.pl

施用量为160 kg K₂O ha⁻¹, 氮肥的施用量为120 kg N ha⁻¹。当钾肥施用量增加时会导致土壤中有有效钾的存储量增加。2012年马铃薯收获后, 2013年土壤中有有效钾的存储量足够高, 以至于能大幅增加下茬作物冬小麦的生产力, 但是却不能持续到2014年的冬小麦的生产。

引言

钾 (K) 是所有高等植物营养生长及生殖生长所必需的17种基本矿质养分之一, 尤其是农作物的生长更要需求大量钾素。这里至少可以从3个方面来评价钾素对植物生长的影响。首先关注一下钾素单纯的生理功能, 它在减轻生物及非生物胁迫方面有重要性。在控制着农作物应对各种环境胁迫方面, 钾素现在被视为一个主要的矿质养分

(Rengel and Damon, 2008; Zörb *et al.*, 2014)。其次在作物生长过程中钾素会影响产量形成。Grzebisz *et al.* (2013) 最近的研究表明, 缺钾会减少作物中生理沟槽的尺寸, 作物供钾充足, 尤其是在产量形成的关键阶段能满足作物对钾的需求, 至少可以部分解决水资源短缺的问题。最后在作物生产中钾素的重要性要联系它在土壤-作物系统中的管理。既然钾素的移动性在不同土壤中有所变化, 预算钾的需求应该考虑作物轮作的情况 (Grzebisz and Diatta, 2012)。

尽管钾素对种植的农作物具有重要性, 但是在农民的施肥计划中经常被忽略, 农民极少考虑当前土壤中钾素的现状。与此同时, 氮肥施用量经常不做调整, 导致了土壤中氮钾比率不断扩大。这样的施肥方式不仅给农场带来了严重的不利的经济后果, 而且在地区和国家范围内也产生了不利的经济后果。一个典型的例子就发生在中欧国家, 在20世纪的最后十年这些国家经历了一场经济革命, 它们开始转向自由市场经济, 导致生产成本上升, 化肥价格随着上升。因此, 所有化肥消费大幅下降, 尤其是钾肥和磷肥。结果施用肥料的氮钾比率快速扩大, 由1:0.8扩大到1:0.3。像波兰和匈牙利等国家, 施用肥料的氮钾比率基本上就控制在1:0.3, 而另外一些国家, 比率继续下降到了1:0.1 (Grzebisz *et al.*, 2010)。

作物种植过程中要追求高的产量, 向生长的植物供应钾素对生产力起关键的作用。钾素供应低的结果首先是硝态氮的吸收率降低, 从而抑制影响了植物的生长。此外, 作物吸收氮的力度与生长不同步增长。因此其不平衡供应抑制了基本产量构件。在



图2. 缺钾影响马铃薯块茎发育和质量 (有裂口和正常块茎对比)。照片拍摄: W. Grzebisz.

产量发展的关键时期缺钾会导致谷物的亩穗数和穗粒数下降 (Grzebisz *et al.*, 2013)。在马铃薯生产上, 如果缺钾会降低茎秆的生物量, 块茎数量减少, 块茎增长率较低, 甚至块茎开裂。(见照片1和2)

马铃薯是世界各地最重要的主食作物之一, 当然也包括温带地区。作为一种淀粉作物, 马铃薯需要充足的水分和钾素。因此, 只有在土壤肥力高, 灌溉条件良好的地块才能使收获的马铃薯产量达到最高, 因为只有这样才能满足块茎生产的潜力。北欧和中欧的国家属于典型的雨养条件, 在这种条件下要满足块茎生产潜力就变得比较复杂。在这里, 块茎的产量取决于三个重要因素: 气候、土壤肥力、作物管理质量。因此, 在拥有湿润的大西洋气候的爱尔兰马铃薯的生产潜力估计为72.4 Mg ha⁻¹ (Supit *et al.*, 2010), 德国位于湿润大西洋气候和温带大陆性湿润气候的边界线上, 马铃薯的生产潜力估计为60.9 Mg ha⁻¹。位于德国东部的一些国家, 如波兰、保加利亚等, 马铃薯的生产潜力要低的多, 分别约为39.7、31.6 Mg ha⁻¹。这主要归因于它们的大陆性气候。然而, 实际上马铃薯的块茎产量要比潜在的预期产量明显低 (表1)。排除气候因素, 不同的国家之间马铃薯的潜在产量和实际产量之间也存在不同, 这

Table 1. Statistical characteristics of potato yield in Central-Eastern European countries, Mg ha⁻¹, mean for 2003-2012.

Characteristics	Czech R.	Germany	Hungary	Poland	Romania
Mean	25.57	41.78	24.24	18.35	14.15
SD ¹	2.94	3.68	2.88	3.84	1.72
CV ² (%)	11.5	8.8	11.9	20.9	12.1

Note: ¹SD: Standard deviation; ²CV: Coefficient of variation.

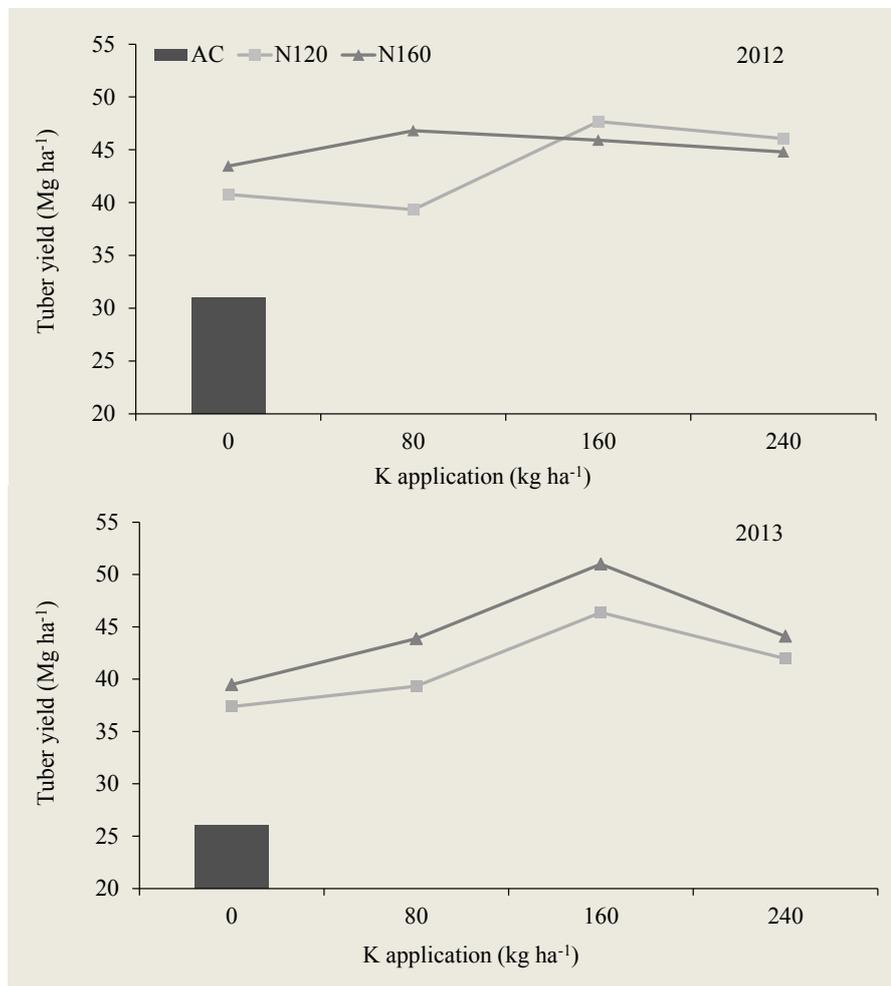


图1.2012年和2013年施氮和施钾对马铃薯块茎产量的影响。AC: 对照; N120和N160: 施氮水平, kg N ha^{-1} 。

要归因于土壤质量的不同及不平衡的养分管理 (Grzebisz and Diatta, 2012)。

本研究的主要目的是通过试验数据表明优化施用的氮钾肥比率可提高氮的利用效率 (NUE), 同时也会提高砂质土壤上马铃薯的产量。另一个目的是评估钾肥的剩余效应, 即马铃薯收获后, 残留在土壤中的钾素对下茬作物冬小麦生产力的影响。

材料与方法

于两个连续的生长季节调查和评估马铃薯上施用钾肥对氮的供应及氮利用率的影响, 其中2012-2013年的研究对象为马铃薯。2012/13和2013/14的研究对象为马铃薯收获后土壤中残余的钾素对冬小麦生产力的影响。该试验安排在波兰波兹南市以西50 km的Donatowo的一个私人农

场进行, 东经 $16^{\circ} 52'$, 北纬 $52^{\circ} 05'$ 。试验田块的土壤为砂壤土, 母质为壤质砂土, 属于漂白淋溶土。通过分析土壤中速效钾的含量获取土壤中钾的肥力状况, 2012年和2013年土壤中速效钾的含量分别为 $186 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$ 土、 $154 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$ 土, 土壤中钾的肥力状况较高, 能满足马铃薯高产量生产的需求。2012-2013年试验田块土壤中有效磷和镁的含量都很高。

本试验设2个试验因子, 即施用钾肥和施用氮肥, 其中钾肥有4个施用水平, 分别为0、80、160、240 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, 氮肥有2个施用水平, 分别为120、160 kg N ha^{-1} , 8个处理, 另外加1空白处理, 即不施用氮钾肥。每个处理重复4次, 两种试验作物马铃薯和冬小麦实行轮作, 马铃薯的品种为Bellarosa, 冬小麦的品种为Muszelka。每个种植马铃薯的小区面积为 100 m^2 。播种前, 把氮肥硝酸铵 (34% N) 和钾肥氯化钾施与土壤中, 磷肥磷酸二铵按照土壤分析化验的结果确定施用量。在4月份的第三个周播下马铃薯种块, 9月份的第三个周收获马铃薯, 各试验小区里随机收获 14 m^2 。马铃薯收获后, 各个小区再化分为2个更小的小区, 面积为 37.5 m^2 , 其中一个小区不再施钾肥, 另一个小区继续施加钾肥氯化钾, 施用量为90 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ 。磷肥还是根据土壤测试的情况确定施加磷酸二铵的量。

在马铃薯收获后, 即10月份的第一个周进行冬小麦的播种, 氮肥硝酸铵 (34% N) 施用量为 180 kg N ha^{-1} , 分3次施于麦田, 其中50%于春季返青期施加, 25%于抽穗期施加, 25%于灌浆期施加。7月底收获冬小麦。使用联合收割机于每小区收割 15 m^2 用于测产, 测产时所有小麦籽粒的含水量为14%。

用开氏法测定植物样品中氮的含量, 用火焰光度法测定钾的含量, 在 640°C 的马弗炉中灰化植株干样品, 再用33%的硝酸溶解, 结果用干物质质量表示。植物器官和整个植株中的大量营养物质的计算可通过植物组织中的浓度乘以各自的生物量。测量马铃薯收获后残留在土壤中钾的

含量用 Egner Rheim的方法,用0.04 M的乳酸钙提取土壤样品,提取液用盐酸调节到pH为3.5-3.7。这种方法特别适合相对较酸的土壤。

用下面的公式计算表达氮肥利用率:

- 农艺氮利用率 (kg 马铃薯 kg⁻¹ N) :
AEN = (Y_{Ni} - Y₀) / N_d
- N的复原率 (%) :
NR = (NU_{Ni} - NU₀) / N_d · 100
- 生理氮肥的利用效率 (kg 马铃薯 kg⁻¹N) :
PhEN = (Y_{Ni} - Y₀) / (NU_{Ni} - NU₀)

按下面的公式计算单位产量钾的吸收量 (UKU) 和单位产量氮的吸收量 (UNU) :

$$UKU = KU_i / Y_{Ni} \text{ (kg K Mg}^{-1} \text{ 马铃薯);}$$

$$UNU = NU_i / Y_{Ni} \text{ (kg N Mg}^{-1} \text{ 马铃薯).}$$

其中:

- Y_{Ni}: 不同施N水平下收获的马铃薯产量 (kg ha⁻¹)
- Y₀: 空白处理收获的马铃薯的产量 (kg ha⁻¹)
- N_d: 氮肥用量 (kg N ha⁻¹)
- KU_i: 不同施钾水平下作物吸收的钾 (kg ha⁻¹)
- NU_i: 不同施氮水平下作物吸收的氮 (kg ha⁻¹)
- KU₀: 不施氮的对照处理作物吸收的氮 (kg ha⁻¹)
- NU₀: 不施钾的对照处理作物吸收的钾 (kg ha⁻¹)

试验中获得数据通过STATISTICA 10进行传统的方差分析,不同处理之间进行T检验。

结果与分析

马铃薯块茎产量

马铃薯生长期间的天气条件通常被认为是植株生长和块茎产量的决定性因素 (Supit *et al.*, 2010)。本研究在试验开展的第一年,即2012年,天气情况总体比较潮湿湿润,6、7、8月这3个连续的月份降雨总量为312 mm。这明显高于以往的平均降雨量110 mm。2013年天气情况发生改变,6月份的降雨量

为90 mm,比较潮湿湿润,但是接下来的7、8月份总的降雨量为100 mm,属于半干旱的情况。尽管在这个季节降雨量相对比较充足,但是相对于马铃薯的生长需求仅仅刚合适。在夏季的几个月份里,降雨量如果低于以往的平均水平,就不能满足马铃薯在块茎增长的关键阶段对水分的需求。

在2012、2013年,氮磷肥施用量的交互作用明显会影响马铃薯块茎的产量。2012年,即在马铃薯块茎增长时期水分供应充足,不施肥的空白对照处理收获的马铃薯产量为31 Mg ha⁻¹ (图1)。这个产量水平暗示了试验地土壤肥力较高,马铃薯生长过程中条件非常合适。相比之下,2012年全国的马铃薯平均产量仅为24.4 Mg ha⁻¹,然而这个产量还是过去的10年中的最高产量 (FAOSTAT, 2014)。

虽然如此,在此基础条件下施肥对马铃薯产量的贡献还是非常明显的,当只施氮肥时,无论是低氮量120 kg ha⁻¹,还是高氮量160 kg ha⁻¹,马铃薯块茎产量都超过了40 Mg ha⁻¹ (图1)。当钾肥的施用量在80 kg ha⁻¹时,只有高氮水平下 (160 kg ha⁻¹) 马铃薯块茎产量有一个小的增加。当钾的施用量增加到160 kg ha⁻¹时,2个氮肥施用水平下马铃薯块茎产量均超过45 Mg ha⁻¹。再进一步提高钾肥施用量到240 kg ha⁻¹时,发现马铃薯块茎产量没有随之增加,对马铃薯块茎产量影响不大。详细分析较大的马铃薯块茎的来源,发现其中77%-86%的大的马铃薯块茎产于氮肥的施用量为160 kg ha⁻¹,钾肥施用量240 kg ha⁻¹的处理。

第二年,即2013年的试验研究发现马铃薯的产量相对不乐观。不施肥的空白对照处理马铃薯块茎产量为27 Mg ha⁻¹ (图1),当年全国马铃薯平均产量仅为21.4 Mg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2014)。然而,不同的施肥处理

Table 2. Nutrient concentration in the whole potato plant at tuberling, % of DM.

K application	N application	2012			2013		
		N	K	N:K	N	K	N:K
<i>kg K₂O ha⁻¹</i>	<i>kg N ha⁻¹</i>	-----%-----					
0	120	4.23	4.00 ^a	1.06	5.33	3.52	1.51
	160	4.30	3.88 ^a	1.11	5.76	3.50	1.65
80	120	4.03	4.91 ^{ab}	0.82	5.47	3.62	1.51
	160	4.49	4.81 ^{ab}	0.93	5.57	3.68	1.51
160	120	4.12	5.46 ^b	0.75	5.33	3.59	1.48
	160	4.46	5.55 ^b	0.80	5.68	3.70	1.54
240	120	4.15	5.61 ^b	0.74	5.35	3.82	1.40
	160	4.35	5.69 ^b	0.76	6.11	3.79	1.61
Absolute control		3.72	3.87 ^a	0.96	5.37	3.21	1.67
Means		4.21	4.86	0.88	5.55	3.60	1.54

Note: ^{a,b}. The same letter means a lack of significant difference between level of the treatment.

对马铃薯块茎产量影响非常明显。收获的马铃薯块茎产量随施肥量的增加而逐渐增加,当钾肥的施用量增加到 160 kg ha^{-1} 时,马铃薯块茎产量最大,即氮的施肥量为 120 kg ha^{-1} 时,产量为 45 Mg ha^{-1} ,氮的施肥量为 160 kg ha^{-1} 时,产量为 50 Mg ha^{-1} 。当投入的钾肥量继续增加时,马铃薯块茎产量却明显下降。这显著表明当施氮量为 160 kg ha^{-1} 时,可被认为获得马铃薯高产量的最佳施用量。这一结果不受试验地块位置的影响,已被Jamaati-e-Somarin *et al.* (2010) for Iran, Mustonen *et al.* (2010) for Finland and Tein *et al.* (2014) for Estonia研究证实。

这里得到的试验结果能清楚的解释关于施用钾肥制度对马铃薯块茎产量影响的争议。本研究中,试验在轻质土上进行,除了土壤中有效钾丰富,2012年在马铃薯块茎生长和发展时期水分供应充足,施用氮肥能促进块茎产量,这表明氮是一个限制元素,钾肥对产量的贡献不是很显著(图1)。当水分和氮肥供应充足时可使所试验的马铃薯品种生产潜力充分发挥,估计最高产量水平可达到 48 Mg ha^{-1} 。相关研究也表明英国(Allison *et al.*, 2001)和埃塞俄比亚(Ayalew and Beyene, 2011)种植的马铃薯,在适宜的气候及合适的土壤有效钾条件下,产生潜力会得到充分发挥,如果进一步提高钾肥的施用量反而会显得没有必要。Hochmuth and Hanlon (2000)的马铃薯生产的灌溉制度也明显的验证了本研究的结果。

相反,2013年砂壤土上种植的雨养马铃薯,因降雨量不稳定,马铃薯产量水平要显著依赖于外界施加的两种肥料。夏季几个月份的轻度水分胁迫含蓄地强调施氮量对马铃薯块茎产量的影响,然而,需要适当的钾肥管理才能完成氮的有效性的潜在

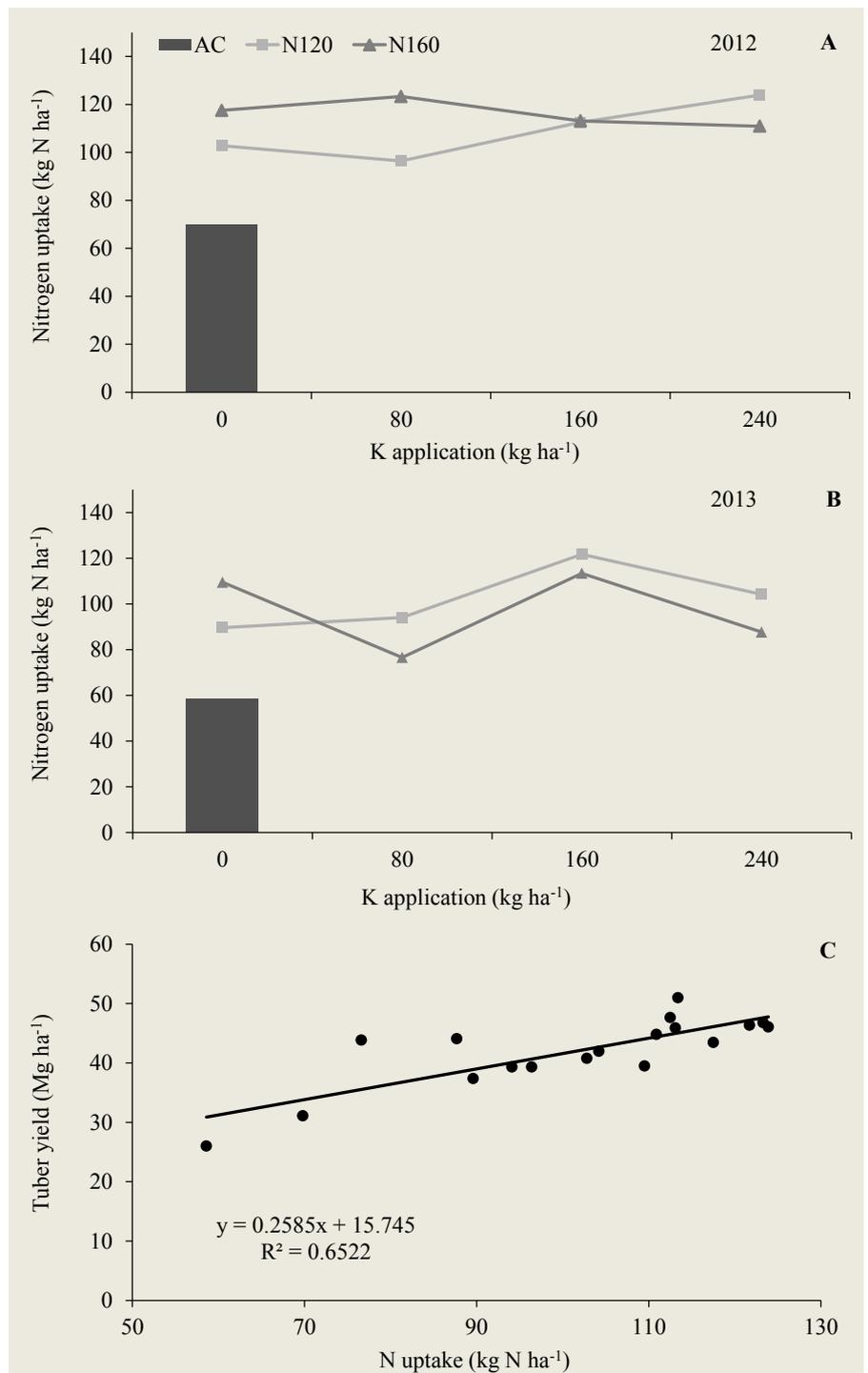


图2. 2012年(A)和2013年(B)施钾和施氮对马铃薯氮素吸收的影响。氮素吸收对马铃薯块茎产量的影响,不考虑年份和钾素施用量的影响。

贡献。在印度Sing and Lal (2012) 对相同品种的马铃薯的研究也表明了这种施用氮钾肥的交互作用, 在他们的研究中提出生产40 Mg ha⁻¹马铃薯块茎所需要的氮钾肥的最佳施用量分别为225 kg N ha⁻¹、150 kg K₂O ha⁻¹。

块茎形成阶段的植物营养状况

马铃薯块茎形成阶段决定马铃薯的产量, 碳源库关系和植物营养状况作为基本的生理因素, 相互参与和影响。2012和2013这两年的试验结果表明, 除了2012年植株中氮的浓度所有施肥处理的显著高于不施肥的对照处理的, 马铃薯块茎形成阶段, 整个植株氮的浓度既不受钾肥施用量的影响, 也不受氮肥施用水平的影响 (表2)。2012年的试验中植株中钾的浓度随钾肥施用量 (不是氮肥的施用量) 增加而增加, 但是2013年的这种变化不明显。有趣的是, 2012年的马铃薯植株中氮的平均浓度为4.21%, 显著小于2013年的平均浓度5.55%, 相反, 2012年中马铃薯植株中钾的平均浓度显著高于2013年的平均浓度, 分别为4.86%、3.60%。

在有效磷充足的条件下, 氮钾比率可作为反映马铃薯植株营养状况的一个指标, 最佳数值为0.88左右 (Haddock, 1961)。2012年潮湿湿润的夏季, 马铃薯植株中氮钾比率由空白对照处理的1下降到钾肥施用量最高处理的0.75 (表2)。当钾肥的施用量比较低, 为80 kg K₂O ha⁻¹时, 就可获得最佳氮钾比率, 这表明最佳的水分条件结合最优的养分状况, 马铃薯的养分需求会在最低限度。2013年的夏季有轻微的水分胁迫, 植株中的氮钾比率比较稳定, 也比较高, 平均为1.54, 但是仍然在最优范围内 (Rosen, 2001)。相对较高的氮钾比率表明在这样的环境情况下, 马铃薯植株更倾向于吸收氮素, 而钾素的获取遇到了

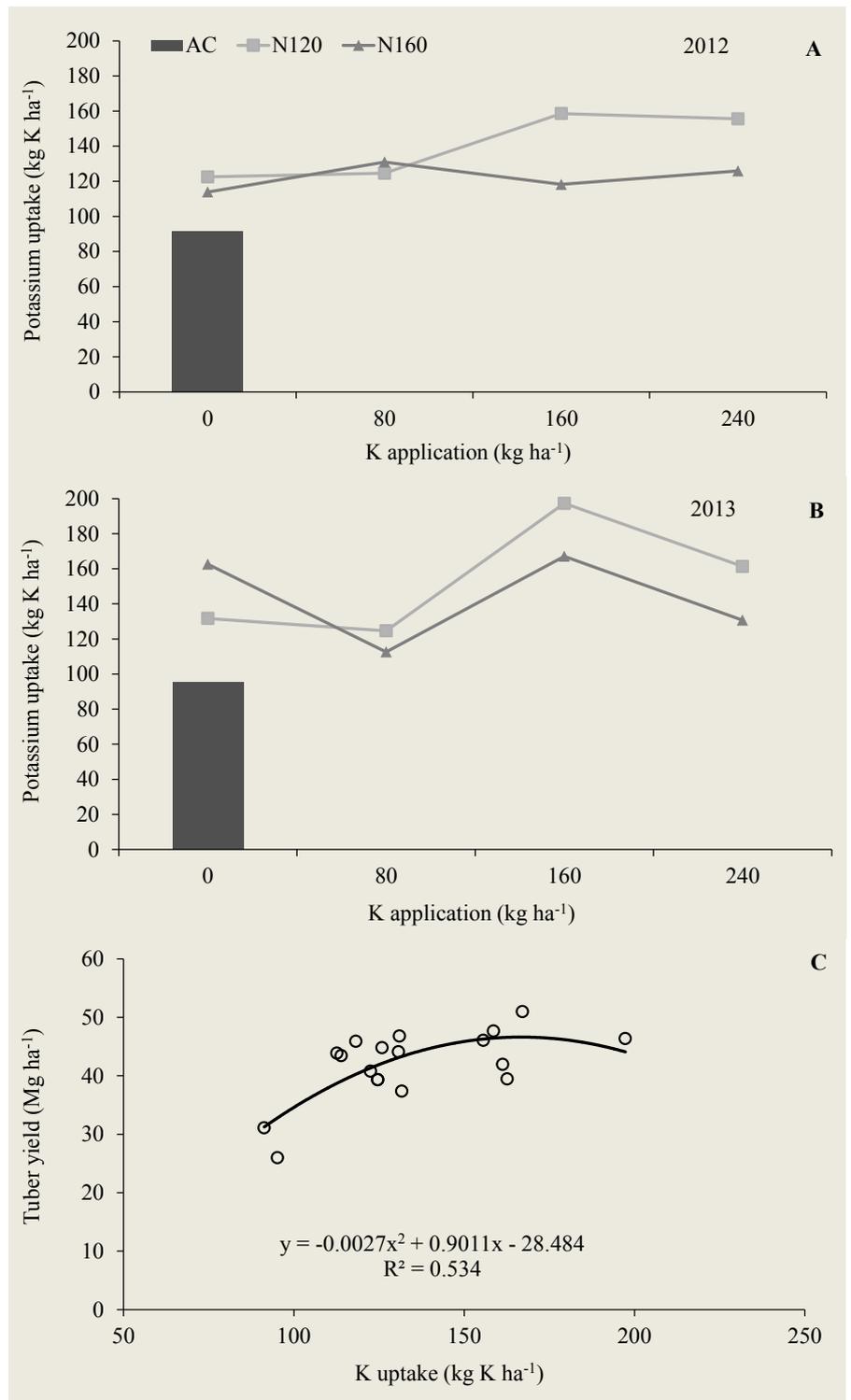


图3. 2012年 (A) 和2013年 (B) 施钾和施氮对马铃薯钾素吸收的影响。钾素吸收对马铃薯块茎产量的影响, 不考虑年份和氮素施用量的影响。

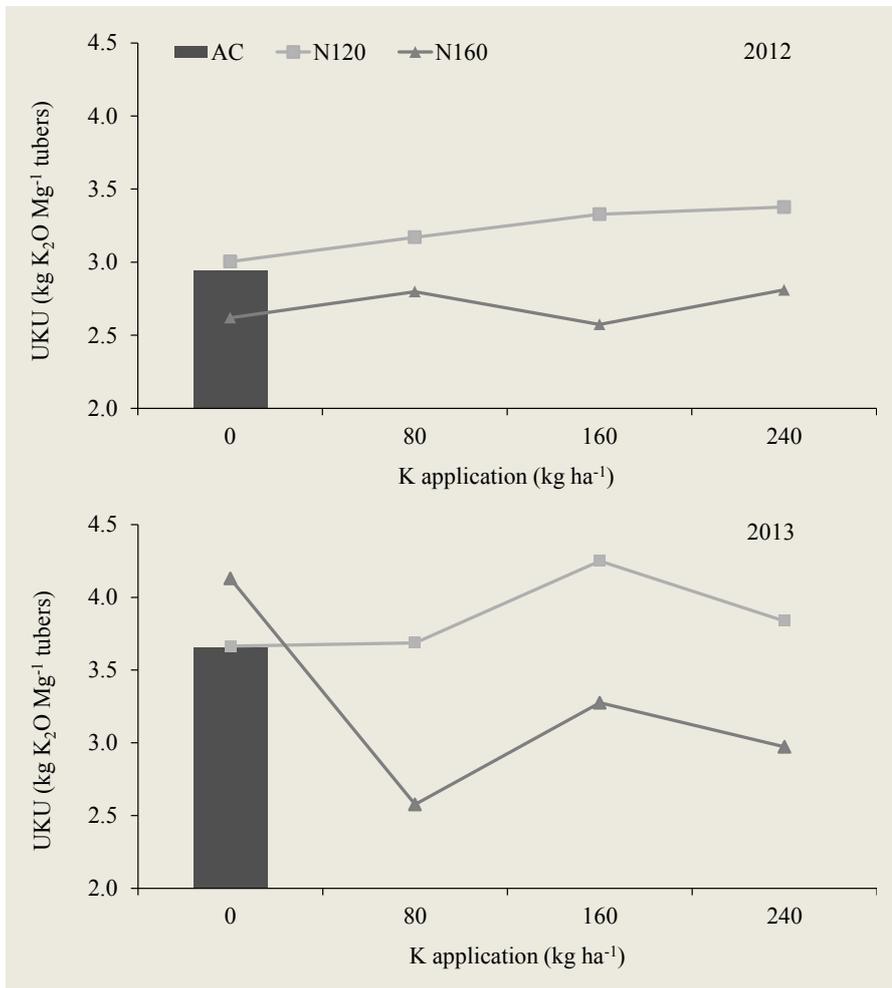


图4. 施钾和施氮对马铃薯钾素吸收效率的影响, 用UKU表示 (kg K₂O Mg⁻¹)。

株对氮的吸收为75-120 kg N ha⁻¹, 而不施肥的对照处理植株对氮的吸收仅为60-70 kg N ha⁻¹。在这方面, 钾肥和氮肥施用量的变化相互影响不明显。2012年, 植株吸收氮的范围变化较窄, 为95-120 kg N ha⁻¹。在低的施氮量条件下, 植株对氮的吸收随施钾量的增加而增加, 钾的施用量最高时, 氮的吸收量也是最高的。然而, 在高的施氮量条件下, 植株对氮的吸收随钾肥施用量的增加变化不大, 比较稳定。2013年, 植株对氮的吸收波动较大, 尤其是在高的施氮水平下。一个明显的吸收高峰是钾的施用量为160 kg ha⁻¹时。收获时氮在的马铃薯植株中的累积量与块茎的产量呈线性关系 (图 2C)。这种关系表明, 不管往年氮素的同比变化, 氮素是限制马铃薯生长及产量的一个重要因素。

平均而言, 钾素在马铃薯种的累积总量明显高于氮素的累积总量 (图 3)。在这里, 通过与不施肥的对照处理相比较, 施用氮肥最初的贡献是明显增加了钾的吸收。两年的试验中, 在2个高的钾肥施用条件下, 较高的氮肥施用水平会干扰甚至阻断磷的吸收。当钾的施用量为80 kg K ha⁻¹时, 植株对钾的吸收也较小。在这两年的试验中, 植株对钾的吸收量最高出现在氮的施用量为120 kg ha⁻¹, 钾的施用量为160 kg ha⁻¹时, 然后随施用量的增加而减少。试验结果清楚的表明产量的形成受钾素的影响, 这种影响在2013年表现的尤为明显, 相对于2012年, 2013年的自然条件尤其不利于马铃薯的种植。收获的马铃薯植株所吸收的钾素总量与马铃薯的产量之间呈曲线关系, 显示最佳钾肥施用量为170 kg K ha⁻¹ (图3C)。如果超过这个施钾量, 马铃薯产量会下降。

Table 3. Indices of nitrogen use efficiency.

K rates	N rates	Physiological N efficiency (PhEN)		Nitrogen recovery (RN)		Agronomic N efficiency (AEN)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013
<i>kg K₂O ha⁻¹</i>	<i>kg N ha⁻¹</i>	<i>kg tubers kg⁻¹ N_u</i>		-----%-----		<i>kg tubers kg⁻¹ N_d</i>	
0	120	296.1	367.0	27.5	25.8	81.5	94.8
	160	261.4	229.0	29.8	36.8	77.9	84.2
80	120	313.3	376.2	22.2	29.5	69.5	111.0
	160	295.7	276.4	33.4	40.4	98.8	111.6
160	120	390.1	322.7	35.6	52.6	138.9	169.6
	160	344.3	458.7	27.1	34.1	93.2	156.2
240	120	278.4	350.1	45.1	38.0	125.6	133.0
	160	335.4	345.8	25.7	32.7	86.3	113.1
Means		314.3	340.7	30.8	36.2	96.5	121.7

Note: N_u: N uptake; N_d: N fertilizer dose.

障碍。即使这样, 如果增加氮钾肥的施用量就会正面激发作物, 从而产量增加。

块茎中的养分累积

随氮肥的施用量增加植株对氮的吸收明显增加 (图2)。这两年的试验结果明显表明只施用氮肥时, 植

NUE (氮肥利用率) 指数

在农艺实践中, 作物对钾的需求的一个重要指标是单位养分吸收, 它描述了某种养分在单位主要产品

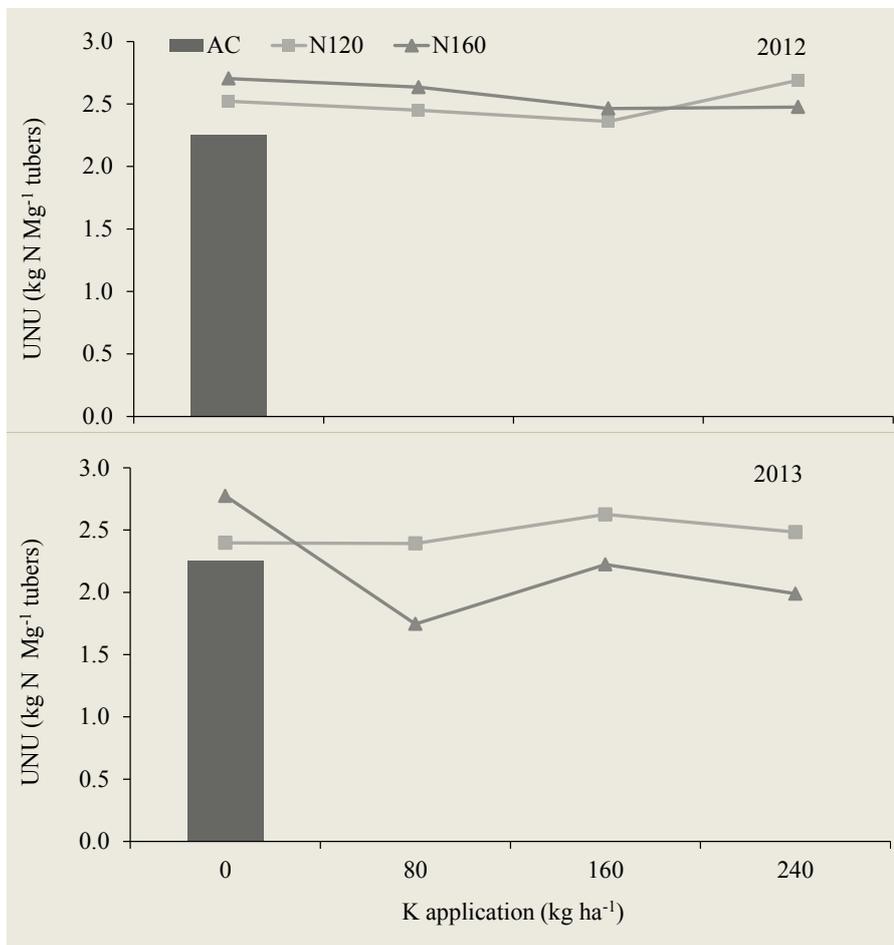


图5.施钾和施氮对马铃薯氮素吸收效率的影响,用UNU表示 (kg N Mg⁻¹)。

年, UKU为2.6-4.1 kg K Mg⁻¹。不考虑钾的影响, 高氮水平下会导致UKU下降。图5显示了第二个指数UNU (单位氮的吸收) 逐年的变化。然而, 不施肥的对照处理的指数两年都是一样的, 为2.25 kg N Mg⁻¹马铃薯。2012年UNU稍稍高于对照处理的, 对施肥没有反应。2013年的情况完全不同, 当氮肥施用量较高, 即160 kg ha⁻¹时, 施用钾肥时指数UNU反而变小。

氮利用率 (NUE) 是评估施肥最重要的指标。氮的生理效率 (PhEN) 允许比较不同施钾量下氮的施用影响。即随钾肥施用量的增加马铃薯产量的增加。如表3所示, 2013年的PhEN稍高于2012年的。钾和氮的交互作用对该指数的影响最大出现在钾肥的施用量为160 kg ha⁻¹时。2012年该指数最高数值出现在氮的施用量为120 kg ha⁻¹时, 而2013年PhEN指数的最高值出现在氮的施用量为160 kg ha⁻¹时。第二个NUE指数氮的恢复 (NR) 描述了施加的肥料中的氮素对作物吸收总氮量的贡献。总的来说, NR比较低, 尤其是2012年。在这两年的试验中, 氮和钾的交互作用对NR影响较明显, 高的施氮水平下, NR也较高, 相反, 高的施钾水平下, NR却较小 (表3)。第三个指数农业利用率 (AEN) 描述了施用氮肥的最终效果。不管是在哪一年, 投入的氮的最高生产力发生的氮钾肥的施用量分别为120、160 kg ha⁻¹时。而当氮和钾的施用量组合发生任何变化时, AEN明显变小。

土壤中钾的状态

众所周知, 马铃薯作物对钾素供应不足时表现出高度敏感, 这主要通过不发达的根系表现出来。收获后的土壤分析表明了施用钾肥制度对土壤中有效钾的影响。一般来说, 随钾肥施用量的增加, 土壤中有效钾的含量也随之增加, 增加量为16-26 mg K 100g⁻¹土。有趣的是, 这两年的试验

Table 4. Winter wheat response to the system of K fertilization, yield of grain, Mg ha⁻¹.

	2013	2014
K dose	-----kg K ₂ O ha ⁻¹ -----	
0	5,348 ^a	6,716
80	5,398 ^a	6,852
160	5,565 ^a	6,845
240	6,099 ^b	6,799
N dose	-----kg N ha ⁻¹ -----	
120	5,093 ^a	6,731
160	6,112 ^b	6,875
Freshly applied K dose for winter wheat	-----kg K ₂ O ha ⁻¹ -----	
0	5,355 ^a	6,698
90	5,851 ^b	6,908

Note: ^{a,b}: The same letter means a lack of significant difference between level of the treatment.

中的数量及其副产品中的额外数量的总和。据Allison *et al.* (2001) 报道, 在英国, 高产量的马铃薯单位钾的吸收 (UKU) 为2.6-5.7 kg K Mg⁻¹, 平均

为4.2 kg K Mg⁻¹。本研究中, UKU比较低, 各年都不一样。2012年, UKU为2.6-3.4 kg K Mg⁻¹。就如图4所示, 高氮水平下 (160 kg ha⁻¹) 的UKU较低。2013

中,马铃薯收获后土壤中的有效钾的最高值均出现在氮钾肥施用量分别为120、160 kg ha⁻¹时。这个结果表明当钾肥的施用量较高时,土壤中残存的有效钾会对下茬作物带来有益影响,尽管该种氮钾肥组合马铃薯的生产效率也是最高的。然而,需要注意的是土壤中有有效钾的深度限制是60 cm。

钾肥的残余影响——冬小麦的反应

马铃薯收获后土壤中残存的钾素和新施加的钾素对下茬作物冬小麦的影响见表4。这两种来源的钾素对冬小麦的影响只在2013年表现的比较明显。当钾肥的施用量最高,即240 kg ha⁻¹时,施用钾肥的残余影响才表现比较明显,每公顷增产0.5 Mg小麦。2012年马铃薯种植上氮的施用制度好像对下茬作物冬小麦产生的残余影响更高一些,高的施氮水平比低的施氮水平下对冬小麦产量的影响有1 Mg。马铃薯收获后施用的钾肥只有2013年会对小麦产量带来影响,大约增产0.5 Mg ha⁻¹ (表4)。每年马铃薯植株获取养分和获取效率的不同部分的解释了这两年冬小麦产量的明显不同的原因。2012年气候条件有利,马铃薯养分需求较小,这就导致了土壤中残留大量的土壤养分,2013年,马铃薯对钾的需求比2012年的多(图4),从而较少的残留养分供应下茬作物冬小麦。当然,关于养分残留影响的更全面的评价还需要考虑一些其他的重要因素,例如下茬作物的天气条件。

结论

1. 比较连续不同天气条件下的两年收获的马铃薯产量,清楚地表明Bellarosa马铃薯品种对施用的钾肥比较敏感。
2. 对轻度水分胁迫下种植的马铃薯适当施用钾肥有利于马铃薯生长。
3. 氮和钾具有显著的交互作用,因此应仔细调整优化土壤中氮钾比率以生产出的最高马铃薯产量。
4. 施加的过剩磷钾肥对下茬作物会产生有利的影响,当然这还要取决于天气等其他状况。

参考文献:

- Allison, M.F., J.H. Fowler, and E.J. Allen. 2001. Responses of Potato (*Solanum tuberosum* L.) to Potassium Fertilizers. The J. of Agric. Sci. 136(4):407-426.
- Ayalew, A., S. and Beyene. 2011. The Influence of Potassium Fertilizer on the Production of Potato (*Solanum tuberosa* L.) at Kembata in Southern Ethiopia. J. Biol., Agric and Healthcare 1(1). 13 p.
- FAOSTAT 2014. Available online; accessed 2014-09-17.

- Grzebisz, W., J. Diatta, R. Haerdter, and K. Cyna. 2010. Fertilizer Consumption Patterns in Central European Countries - Effect on Actual Yield Development Trends in 1986-2005 Years - A Comparative Study of the Czech Republic and Poland. J. Central European Agric. 11(1):73-82.
- Grzebisz, W., A. Gransee, W. Szczepaniak, and J.B. Diatta. 2013. The Effects of Potassium Fertilization on Water-Use Efficiency in Crop Plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 176(3):355-374.
- Grzebisz, W., and J.B. Diatta. 2012. Constraints and Solutions to Maintain Soil Productivity: A Case Study from Central Europe. In: Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management - A Global Perspective. Dr. Joann Whalen, Å. (ed.). Intech 159-182.
- Haddock, J.L. 1961. The Influence of Irrigation Regime on Yield and Quality of Potato Tubers and Nutritional Status of Plants. American Potato Journal 38:423-434.
- Hochmuth, G., and E. Hanlon. 2014. A Summary of N, P, and K Research with Potato in Florida. UF, IFAS Extension, University of Florida. 28 p.
- Jamaati-eSomarin, S., R. Zabihi-e-Mahmoodabad, and A. Yari. 2010. Response of Agronomical, Physiological, Apparent Recovery Nitrogen Use Efficiency and Yield of Potato Tuber (*Solanum tuberosum* L.) to Nitrogen and Plant Density. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 9(1):16-21.
- Mustonen, L., E. Wallius, and T. Hurme. 2010. Nitrogen Fertilization and Yield Formation of Potato During a Short Growing Period. Agric. Food Sci. 19:173-183.
- Rengel, Z., and P.M. Damon. 2008. Crops and Genotypes Differ in Efficiency of Potassium Uptake and Use. Physiol. Plant. 133:624-636.
- Rosen, C. 2001. Tissue Analysis as a Nutrient Management Tool for Potatoes. Minnesota Vegetable IPM Newsletter 3(9).
- Singh, S.K., and S.S. Lal. 2012. Effect of Potassium Nutrition on Potato Yield, Quality and Nutrient Use Efficiency under Varied Levels of Nitrogen Application. Potato J. 39(2):155-165.
- Supit, I., C.A. Van Diepen, A.J. De Wit, P. Kabat, B. Barruth, and F. Ludwig. 2010. Recent Changes in the Climatic Yield Potential of Various Crops in Europe. Agr. Syst. 103:683-604.
- Tein, B., K. Kauer, V. Eremeev, A. Luik, A. Selge, and E. Loit. 2014. Farming Systems Affect Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber and Soil Quality. Field Crops Research 156:1-11.
- Zörb, Ch., M. Senbayram, and E. Peiter. 2014. Potassium in Agriculture - Status and Perspectives. J. Plant Physiol. 171:656-669.

论文“钾素可促进氮的利用效率——以种植在轻质土上的马铃薯为例”可以在国际钾肥研究所官方网站区域活动/中欧下载浏览。

研究报告



农民在田间收获咖啡豆, Cu Mgar, Dac Lak, Vietnam。照片拍摄: Tran Minh Tien。

施钾量对越南咖啡 (*Coffea robusta*) 产量及品质的影响

Tran Minh Tien⁽¹⁾

摘要

咖啡 (罗布斯塔咖啡) 是越南的一种重要的种植作物。越南居巴西之后, 是世界上第二大咖啡生产国家, 每年咖啡产量大约120万吨。咖啡产品的出口给越南经济带来了巨大的经济效益, 仅2014年一年咖啡出口就带来了3.62亿美元的收入。在越南大多数的咖啡种植园主要分布于中部高原地区的2种土壤类型上, 分别是: (1) 母质为初级和中级岩浆岩的红棕色土壤 (玄武岩土壤), (2) 母质为酸性岩浆岩的红黄土壤 (花岗岩土壤)。当前该地区农民在咖啡树的施肥习惯上存在严重问题, 农民更倾向于过

量施用化肥且不考虑氮磷钾的施用比例, 通常, 氮磷肥的施用量很大, 而钾肥往往被忽略, 甚至不施用。考虑到钾在植物性能中的重要作用, 本研究的目的是评估钾肥施用对越南中部高原地区的罗布斯塔咖啡的产量和产品商业品质的影响。本研究的目标是确定高原地区罗布斯塔咖啡树的最优钾肥施用量, 并展示施用钾肥对咖啡产量和质量带来的有利影响。2012-2014年分别在Dak Lak省和Kom

⁽¹⁾土壤肥力肥料研究所(SPRI), Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam; tranminhtien74@yahoo.com

Tum省实施了2个平行的大田试验。试验设6个处理,分别为年度施钾肥0、400、500、600、700、800 kg MOP ha⁻¹,另外所有处理氮磷肥的施用量一致。当钾肥的年度施用量为600 kg KCl ha⁻¹时,咖啡树长势最好,产量最高,玄武岩土壤和花岗岩土壤上咖啡豆的产量分别为3.99、3.55 t ha⁻¹,比不施钾肥处理的咖啡豆产量分别高出47.3%、49.7%。进一步增加钾肥的年度施用量并没有带来任何额外的价值。施用钾肥可促进罗布斯塔咖啡树的营养生长,降低落果率,增大了浆果及咖啡豆的尺寸,减少水蜡虫害。对试验进行经济分析,结果也表明当年度钾肥的施用量为600 kg KCl ha⁻¹时,种植的咖啡树利润最大。显然,应该把这个最佳的钾肥的年度施用量推荐给当地农民。可是,世界各地关于咖啡树推荐钾肥年度施用量却是本试验最佳施用量的2倍,因此在向农民发布坚实可信的结论和肥料施用说明前,需要进一步分析和研究土壤属性、季节降水特征、咖啡树的需求之间的相互关系。

引言

咖啡是全球领先的农产品之一。根据粮农组织的统计数据,2011年全世界咖啡产量为8284135吨,其中有63.7%的咖啡来自5个最高产量的国家。巴西的产量最高,为2700400吨,其次为越南、印度尼西亚、哥伦比亚和印度,产量分别为1167900、634000、468120、302000吨(FAO, 2012)。在越南中部的高原地区分布着约500000公顷的咖啡种植园。咖啡是当地农业发展的主要经济支柱,因此要努力提高该地区咖啡产量,改善咖啡品质。越南在发展罗布斯塔咖啡成为高产经济作物方面已取得了一无二的成绩。通过强化种植管理的方法,包括在旱季灌溉,可使罗布斯塔咖啡获得高产(Marsh, 2007)。已经对咖啡树的养分需求、施肥量和施肥制度方面进行了相关研究。

咖啡树对肥料的需求较高,尤其是氮肥和钾肥(Jessy, 2011)。罗布斯塔咖啡树每生产1吨咖啡豆需要30-35 kg N, 5.2-6.0 kg P₂O₅, 36.5-50.0 kg K₂O, 4 kg CaO, 4 kg 吨MgO,当然这与树龄和土壤类型有关。对于高产咖啡树每公顷至少需要135 kg N, 34 kg P₂O₅, 145 kg K₂O(De Geus, 1973)。在植物的生命周期中大多数基本生命流程都需要钾素(Engels *et al.*, 2012)。钾能促进60多种酶的活化,钾参与了碳水化合物的生产和转运,还参与了蛋白质的合成以及其他植物体内的合成代谢过程。钾素有助于水分的吸收,还涉及到了植物的抗旱性、抗冷性和耐盐性。对许多作物而言,如果钾素供应充足将促进植株对其他元素的吸收。钾素供应充足还会减少植株的落果率,并能增强植株的抗病性。

咖啡树的浆果生长发展期对钾素的需求较高,当浆果果实成熟时对钾素的需求最高。咖啡树对钾素的吸收高峰出现在开花后、果实成熟前和收获后(Mitchell, 1988)。Forestier (1969)在研究小粒咖啡时发现,如果长期缺钾会显著增加落果率,导致树枝生长恶化,随之枯萎。

虽然已对商业阶段的(即生产果实,创造商业价值的)罗布斯塔咖啡树进行了一些土壤和肥料施用的相关研究,但是关于越南咖啡树的年度养分需求量仍然存在争议。Ton Nu Tuan Nam (1993)对罗布斯塔咖啡树氮磷钾的联合应用研究中得出结论,要取得咖啡最高产量,氮和钾的年度需求量分别为385 kg N ha⁻¹、250 kg K₂O ha⁻¹。Le Ngoc Bau (1997)专注于高原地区的省份如嘉莱省、大克拉克省、昆嵩省咖啡豆产量尤其高(>5吨 ha⁻¹)的咖啡种植园的研究,发现这些高产种植园年度钾的施用量为400-500 kg K₂O ha⁻¹,是推荐用量的2倍。然而,本研究中当钾肥的施用量为推荐用量的2-3倍时,对产量没有显著的影响,没有观察到促进咖啡树的生长和发展,钾的施用量和产量之间不存在正相关关系。Nguyen Van Sanh (2009)在Dak Lak省Ea Pok咖啡合作社研究平衡施肥时发现,氮磷钾的最佳施用量分别为180、83、180 kg ha⁻¹。Truong Hong (1997)研究大量肥料对咖啡产量的影响时得出结论,当邦美蜀的玄武岩土壤上的咖啡豆产量高于2.6吨 ha⁻¹时,年度需氮磷钾的量分别为240-240、75-90、250-260 kg ha⁻¹。在昆嵩市的片麻岩土壤上,咖啡树对氮磷钾的年度需求量分别为200-230、130-150、125-180 kg ha⁻¹。这些研究报告未能对本地区罗布斯塔咖啡对钾的需求量做出一个合适确切的数据,如果钾肥以氯化钾表示,年度需钾剂量的范围较宽,为250-900 kg ha⁻¹。



农民给咖啡树施肥, Dak Ha, Kom Tum, Vietnam。
照片拍摄: Tran Minh Tien。

因此,当前该地区在咖啡树上施肥现状仍然存在众多问题。农民倾向于过度施用化肥,而不考虑营养元素之间的比例(Do Thi Nga, 2012)。氮磷肥经常大剂量施用,相比之下,钾肥的施用量却非常小。施肥不足经常引起植物营养不均衡,还会降低植株对病虫害及其他胁迫的抗性。许多果园长期遭受产量下降的问题,而且很难复原。

本研究的目的是评估在越南中部高原地区的处于商业期的罗布斯塔咖啡树上施用钾肥对咖啡产量及质量的影响。研究目标是确定高原地区的商业期的罗布斯塔咖啡树的最佳年度施钾量,并展示一下施用钾肥对咖啡产量和质量带来的有利影响。施肥处理与当地土壤的相互作用以及对土壤肥力的影响会在以后的文章中描述。

材料与方 法

试验于2012-2014年连续3年在2个试验点平行进行。一个试验点位于Dak Lak省CuMgar市Quang Phu镇,东经 $108^{\circ} 5.3'$,北纬 $12^{\circ} 49.5'$,海拔480 m,另一个试验点位于Kom Tum省Dak Ha市Dak Ha镇,东经 $107^{\circ} 54.9'$,北纬 $14^{\circ} 30.3'$,海拔600 m。这两个试验点均位于越南中部高原地区(图1),但是土壤类型不同。Dak Lac省的土壤是红棕壤,母质为初级和中级岩浆岩(玄武岩土壤),而Kom Tum省的土壤是典型的红黄土壤,母质为酸性岩浆岩(花岗岩土壤)。

这两个试验点种植园内的罗布斯塔咖啡树正处在商业阶段(结果盈利阶段)。每个试验点各设了6个施肥处理,重复4次,随机区组设计,一共24个小区,每个小区栽有20棵咖啡树,小区面积为 180 m^2 。每个试验点的试验地总面积为 4320 m^2 。6个处理的年度钾肥(氯化钾)施用量不同,分别为0、400、500、600、700、800 kg ha^{-1} ,年度氮磷肥的施用量相同,氮肥选用尿素,施用量为 652 kg ha^{-1} ,磷肥选用钙镁磷肥,施用量为 667 kg ha^{-1} 。氯化钾和尿素施入土层5-10 cm处,钙镁磷肥撒施于土壤表面,所有肥料均施于树冠之下。一周年中各肥料的施肥量和施肥时间分配如表1所示。

2-5月份比较干旱,要进行4-5次的灌溉,总的灌水量为50-60 mm。每年咖啡豆收获后,即7月和12月下旬,对咖啡树进行2次修剪。每个小区选择10棵种植在靠近里侧咖啡树进行测产。果实收获后称重,从浆果中剥出咖啡豆,称重,筛选出商业咖啡豆。分析化验咖啡豆中咖啡因、绿原酸和葫芦巴碱的量。

对实验数据进行经济分析以确定钾肥施用的最佳范围,并根据咖啡产量和质量计算收益,由收益和化肥



地图1. 试验地在越南的位置示意图。(越南示意地图来自:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VietnameseRegions.png#/media/File:VietnameseRegions.png>.)

投入确定最大利益点。

结果

随年度钾肥施用量增加,鲜咖啡果和鲜咖啡豆的产量也随之增加(图1)。当年度钾肥的施用量增加到 600 kg ha^{-1} 时,玄武岩土壤和花岗岩土壤上的鲜咖啡果的量(3年的平均值)增加显著,分别为 17.5 、 15.9 t ha^{-1} ,比空白对照的产量分别高出41%、43%。钾肥的施用量继续增加,鲜咖啡果产量却没有显著改变。鲜咖啡豆的产量随施肥量的变化更是

Table 1. The distribution of fertilizer application during the year.

Fertilizer type	Time and amount of application (% of total)			
	Feb.	May - June	July - August	Sept. - Oct.
MOP	15	25	25	35
Urea	15	25	35	25
FMP	0	50	0	50

明显,当年度钾肥的施用量增加到 600 kg ha^{-1} 时,玄武岩土壤和花岗岩土壤上收获的鲜咖啡豆的量(3年的平均值)分别为 3.99 、 3.55 t ha^{-1} ,比空白对照的产量分别高出 47% 、 50% 。

咖啡产量的增加部分归因于单个咖啡果重量的显著增加(图2)。当氯化钾的施用量为 600 - 700 kg ha^{-1} 时,百个鲜咖啡果重比空白对照的百个鲜咖啡果重高 4% - 8.4% 。随钾肥施用量增加,咖啡树的枝条延长,导致分枝条增加 20% (图3)。提高钾肥施用量也会非常明显的减少落果率(图4),这有助于提高咖啡产量。值得注意的是,随钾肥使用量的增加,咖啡树上发生的水蜡虫害减轻(图5),相应的对咖啡树的损坏程度降低。

除了产量增加外,有关咖啡豆质量的几个参数也明显改善。首先是咖啡豆的尺寸(图6),高的钾肥施用量会增加咖啡豆的尺寸,如图所示小咖啡豆及没有商业价值的咖啡(≤ 12)豆随钾肥施用量的增加逐渐向大咖啡豆和有商

业价值的咖啡豆转变。最主要的改变是当钾肥的施用量为 600 kg ha^{-1} 时,控制产量的小尺寸的咖啡豆的量由 30% 降低到小于 5% 。从而,尺寸13的咖啡豆增加最多,为 58% - 76% ,尺寸16-18的咖啡豆也稍稍增加。因此在这两种土壤类型中,百枚咖啡豆的平均重量增加了 14 - 15.1 g 。增加钾肥施用量对其他咖啡品种性状也有正面积影响,不熟果基本消失,裂果和棕果下降,但对于咖啡豆中的关键的中级代谢产物影响不大,咖啡因(1.84%)、绿原酸(3.83%)、和葫芦巴碱(0.45%)。

讨论

显然,与不施钾肥的处理相比较,当氮磷肥的施用量一致,年度氯化钾肥施用量在 400 - 800 kg ha^{-1} 时,可显著且稳定的积极影响咖啡产量和质量。在众多的产量参数中,最大值出现在年度钾肥施用量为 600 kg ha^{-1} 时。在目前的试验条件下研究发现,进一步提高钾肥施用量对咖啡产量和质量影响不大。因此,咖啡树的最大鲜果产量出现钾肥氯

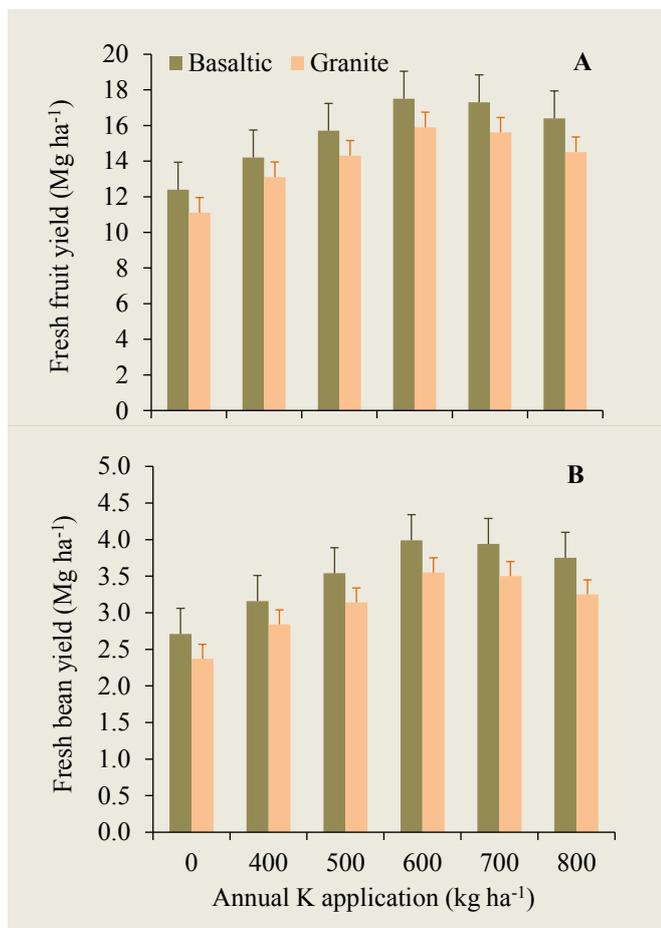


Fig. 1. Effect of annual K dosage on coffee fruit (A) and bean (B) fresh yields grown on basaltic and granite rock bed soils. Data are means of three years (2012-2014). Bars indicate LSD values at $P>0.05$.

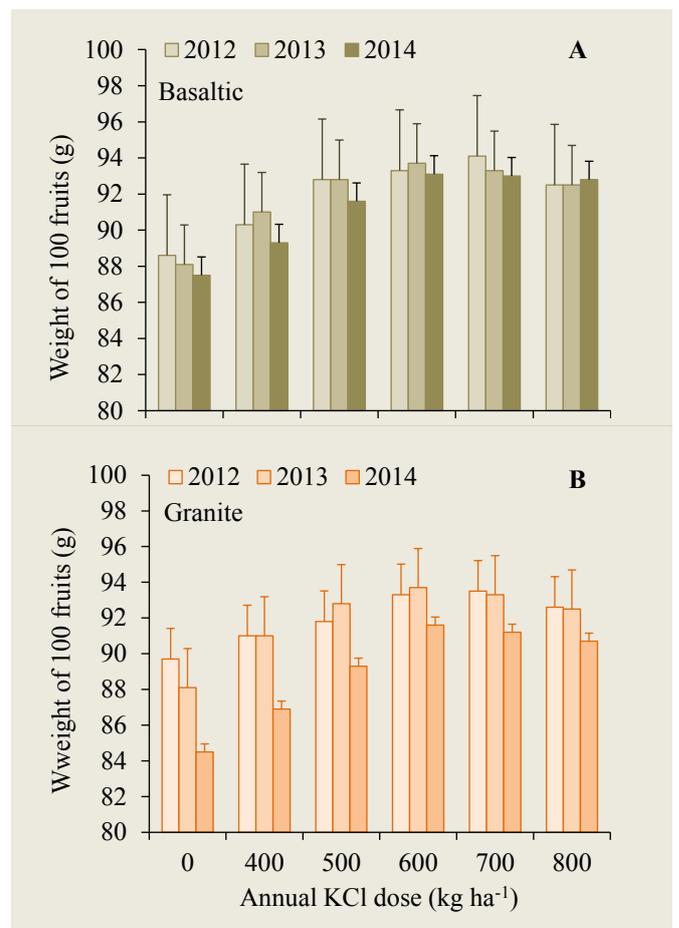


Fig. 2. Effect of K dosage on fresh fruit weight in three consecutive years in coffee plantations grown on basaltic or granite soil in Vietnam. Bars indicate LSD values at $P>0.05$, within each year.

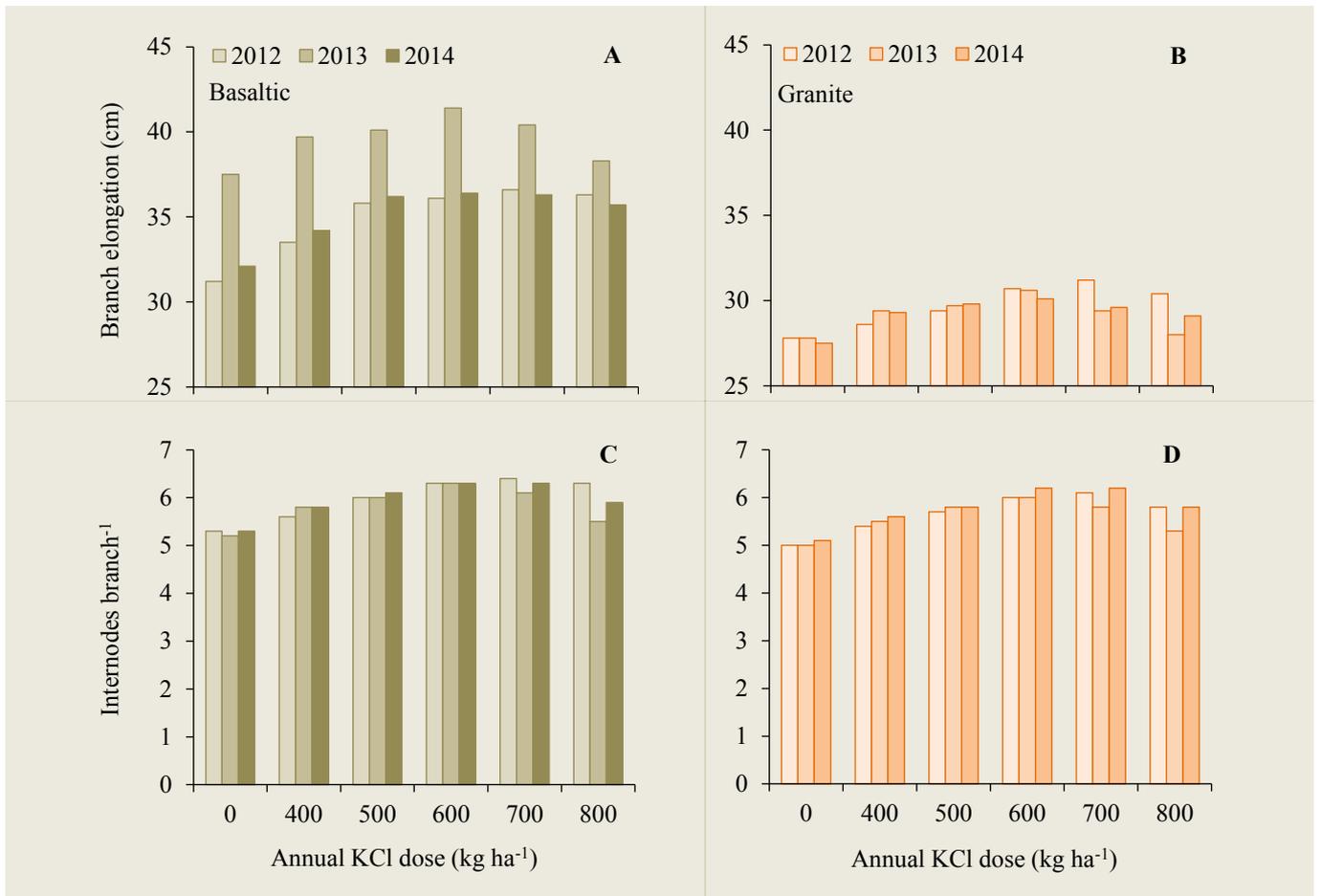


Fig. 3. Effects of K dosage on branch elongation (A and B) and internode formation (C and D) of coffee trees grown on basaltic (A and C) or granite (B and D) bed rock soil during the six wet months of three consecutive years in Vietnam.

化钾的施用量为600 kg ha⁻¹时, 玄武岩土壤和花岗岩土壤生长的咖啡鲜果平均产量分别增加41%、43%。在同样的施

肥水平下, 鲜咖啡豆的产量增加大, 玄武岩土壤和花岗岩土壤生长的鲜咖啡豆平均产量分别增加47%、50%。



Field meeting with farmers at Dak Ha, Kom Tum, Vietnam.
Photo by Tran Minh Tien.



Field measurement in field trial at Cu Mgar, Dac Lak, Vietnam.
Photo by Tran Minh Tien.

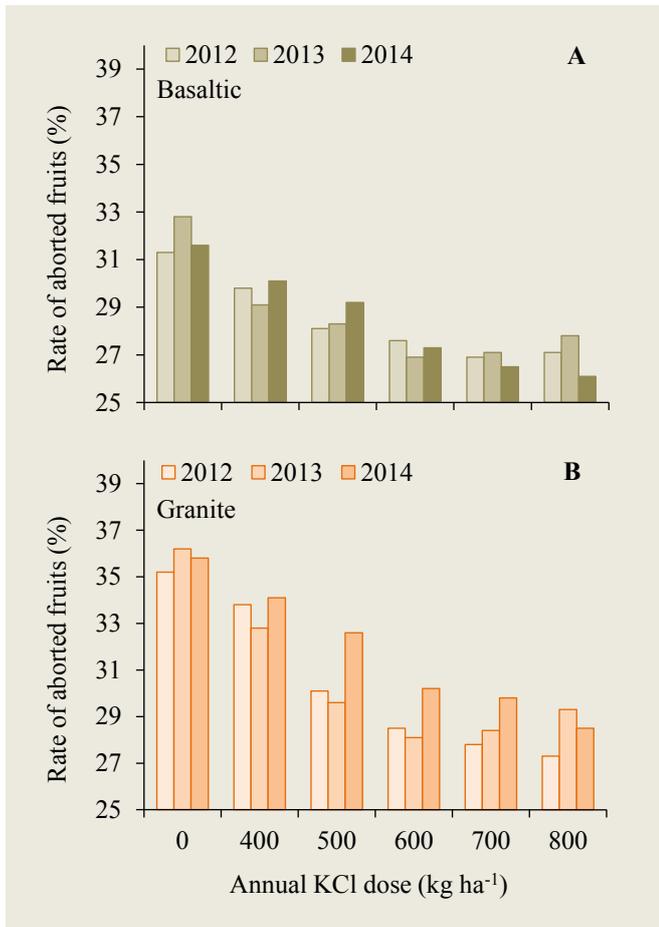


Fig. 4. Effect of K dosage on the rate of aborted fruit in three consecutive years in coffee plantations grown on basaltic or granite bed rock soils in Vietnam.

提高钾肥的施用量使咖啡产量的增加似乎源于许多较小方面增强,甚至有时候是一些微不足道的咖啡树性能的改进的结果。增强植株的营养生长,每个分枝的茎节数量显著上升,势必增加开花数量,随之而来的是增加了生产潜力。落果率和水蜡虫害下降,表明咖啡树的更强健,从而能支持更高的产量。另外一个值得注意的是咖啡果的尺寸增加也明显影响到产量的增加。此外,当氯化钾肥的施用量为600 kg ha⁻¹时,咖啡豆的质量显著提高,没有商业价值的小尺寸的咖啡豆减少,促进了小的但是有商业价值的咖啡豆晋级。对试验结果进行经济分析发现,随钾肥的施用量逐渐增加到600 kg ha⁻¹时,收益也随之增加,进一步增加钾肥的施用量,收益却减少(图7)。利润率函数表现为一个清晰的优化曲线,峰值出现在年度钾肥施用量为600-700 kg K₂O ha⁻¹时。

因此,显然年度钾肥施用量600 kg ha⁻¹是最佳水平,将会满足越南中部高原山区高产咖啡种植园对钾的需求。然而,这个钾肥施用最佳剂量却是Jessy, 2011高产咖啡种植园推荐钾肥施用剂量的3倍。此外,本研究中的一个关键问题是要考虑到越南咖啡种植户肥料投入过大,后面的种

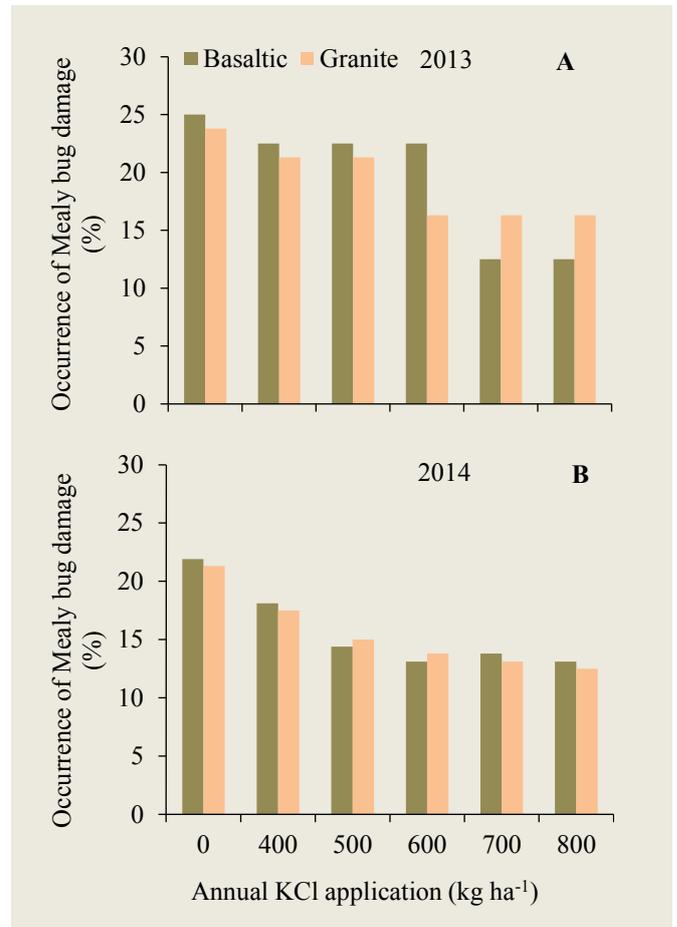


Fig. 5. Effect of K dosage on the occurrence of mealybug damage in coffee plantations on basaltic and granite soils in Vietnam.

植需要确定合理的最佳施肥水平。关于施肥量的答案很大程度上取决于当地土壤的质量参数和实施适当的肥料管理措施,目标是高产。这些问题将在随后的研究中报道。

参考文献

- De Geus, J.G. 1973. Fertilizer Guide for Tropicals and Subtropicals. 2nd edition, Centre d'Etude de l'Azote Zurich. p. 440-471.
- Do Thi Nga. 2012. Research on the Competitive Ability of Coffee Products in Different Business Sectors in Dak Lak Province. PhD thesis, Hanoi Agricultural University, Hanoi.
- Engels, C., E.A. Kirkby, and P. White. 2012. Mineral Nutrition, Yield and Source-Sink Relationships. In: Marschner, P. (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd edition. Elsevier Ltd. p. 85-134.
- Forestier, F. 1969. New Problems Used Mineral Fertilizer on Coffee in Central African Republic", The Café - Cacao 1/1969.
- Jessy, M.D. 2011. Potassium Management in Plantation Crops with Special Reference to Tea, Coffee, and Rubber. Karnataka J. Agric. Sci. 24(1):67-74.
- Le Ngoc Bau. 1997. Investigating the Technologies for Improving Robusta Coffee in Dak Lak Province. MSc thesis, Hanoi Agricultural University, Hanoi.

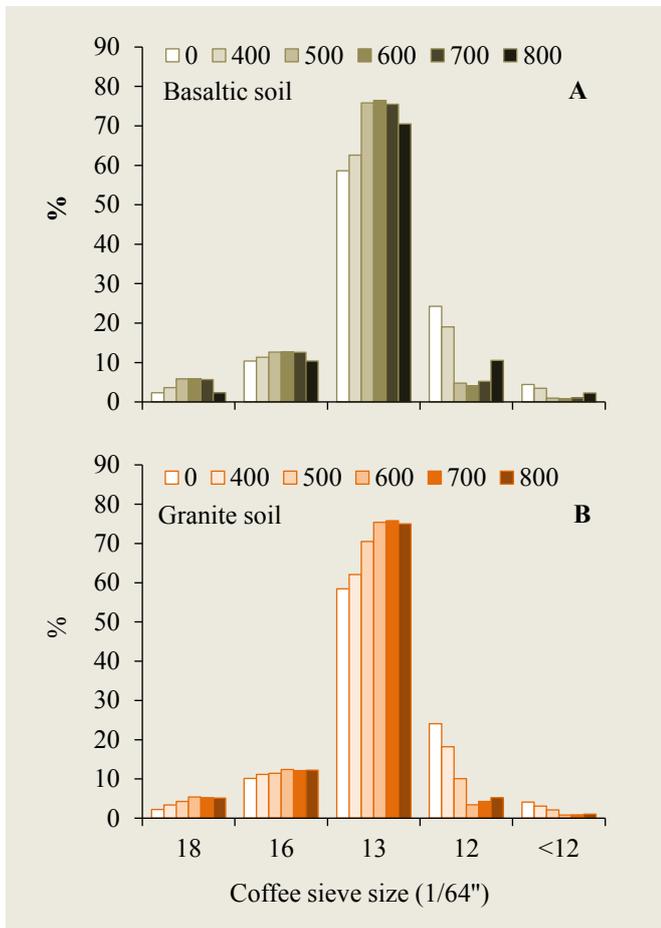


Fig. 6. Effect of KCl dosage (Legend; kg ha⁻¹) on the distribution of coffee bean size, in coffee plantations grown on basaltic and granite rock bed soils in Vietnam. Data present means over two years (2013-2014).

Marsh, A. 2007. Diversification by Smallholder Farmers: Viet Nam Robusta Coffee. Agricultural Management, Marketing and Finance Working Document 19. FAO, Rome.

Mitchell, H.W. 1988. Cultivation and Harvesting of the Arabica Coffee Tree. In: Clarke, R.J., and R. Macre (eds.). Coffee. Agronomy, Elsevier Applied Science, London 4(2):43-90.

Nguyen Van San. 2009. Research on Nutrient Deficiency Diagnostic in Coffee Leaf and its Application for Fertilizer Recommendation for Robusta Coffee in Dak Lak Province. PhD thesis, Hanoi Agricultural University, Hanoi.

Ton Nu Tuan Nam, and Truong Hong. 1993. Research Results of Applying NPK Compound Fertilizers for Robusta Coffee on Two Sites of Basaltic Soil in Dak Lak Province. Scientific Report for Ministry of Agriculture and Rural Development.

Truong Hong. 1997. Determining Suitable NPK Compound Fertilizers for Robusta Coffee on Reddish Brown Basaltic Soil in Dak Lak Province and Grey Granite Soil in Kon Tum Province. PhD thesis, Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam, Ho Chi Minh City.

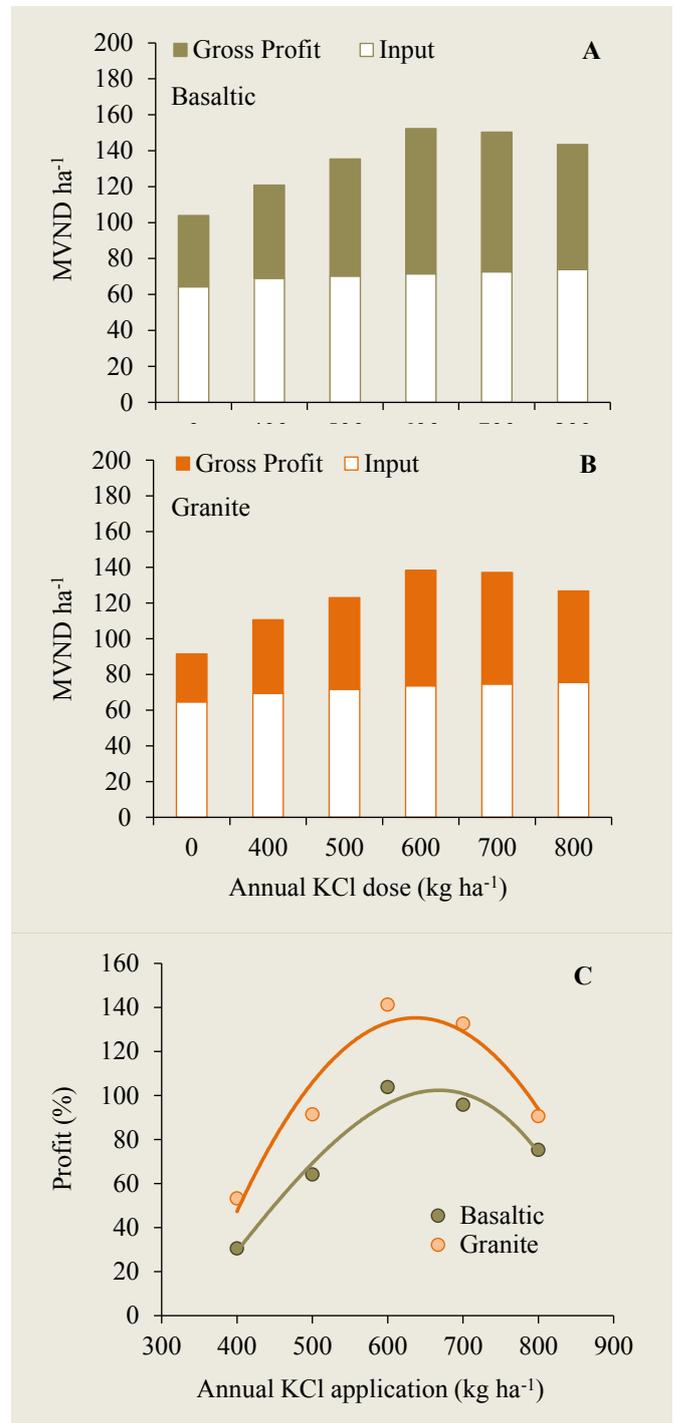


Fig. 7. Annual mean input, income, and gross profit (million VND ha⁻¹) as a function of annual K dosage in basaltic (A) and granite (B) soils in the Central Highlands of Vietnam. (C) shows the rate of profit as a function of K application.

论文“施钾量对越南咖啡 (*Coffea robusta*) 产量及品质的影响”可以在国际钾肥研究所官方网站[区域活动/东南亚](#)浏览下载。

研究报告



照片提供: IPI

印度贾坎德邦省在多种蔬菜作物上增强钾肥施用以提高产量和经济效益

Kumar, R.⁽¹⁾, S. Karmakar⁽²⁾, A.K. Sarkar⁽²⁾, N. Kumar Awasthi⁽³⁾, and H.Magen⁽⁴⁾

摘要

在贾坎德邦州不同地区的农田进行了一系列的试验, 研究当土壤中有效钾含量高的情况下各蔬菜, 即四季豆 (*Phaseolus vulgaris*)、茄子 (*Solanum melongena* L.)、黄瓜 (*Cucumis sativus*)、苦瓜 (*Momordica charantia*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum*)、葫芦瓜 (*Lagenaria siceraria*)、南瓜 (*Luffa acutangula*)、红辣椒 (*Capsicum annuum* L.)、甜辣椒 (*Capsicum annuum* var. *glossum*) 对不同施钾肥处理的反应。试验设有5个钾肥施用处理, 分别为: 1) 农民的习惯施肥 (FFP), 2) 推荐施肥量的100%, 且全部基施, 3)

推荐施肥量的100%, 一半基施, 一半在开花期施用, 4) 推荐施肥量的150%, 全部基施, 5) 推荐施肥量的150%, 一半基施, 一半在开花期施用。氮肥和磷肥的施用量依据推荐量施用, 且各处理施用量保持一致。与农民的习惯施肥 (FFP) 相比, 9种蔬菜作物在按照推荐钾肥施用量下施用

⁽¹⁾土壤与农业化学系, Birsa 农业大学, Ranchi, Jharkhand, India

⁽²⁾农学系, Birsa 农业大学, Ranchi, Jharkhand, India

⁽³⁾国际钾肥研究所, India

⁽⁴⁾国际钾肥研究所, Switzerland

通讯作者: rkssacbau@rediffmail.com

时均显著增产,平均增产30%。如果加大钾肥施用量,即当施肥量为推荐施肥量的150%时,增产较小,仅比推荐施肥量高出22%,而且平均而言,不同蔬菜之间变化较大。对大多数蔬菜作物而言钾肥分次施加能增产,但是增产效果不是很大。各种蔬菜作物对钾的需求之间的差异要联系作物的生命周期、物候阶段、种植模式、收获物中钾和碳水化合物的含量进行讨论。总之,如果要开发蔬菜的生产潜力,寻求农民受益提高之路,施用钾肥至关重要。对大多数蔬菜作物的试验显示,推荐钾肥施用量应该重新验证和更新。分次施用钾肥对产量带来的积极影响表明随作物的种植季节施用钾肥是有益的。

引言

土壤通常不能自动补充年复一年作物种植吸收损失掉的养分 (Mengel and Kirkby, 1987)。因此,施肥对维持土壤生产力和肥力至关重要。连续收获的作物带走了土壤中的大量营养物质,如果土壤的营养状况不能定期的检测,且当发现土壤养分含量不足时又没有通过平衡施肥进行养分修复,那么土壤就会变得非常贫瘠。关于植物主要的营养素氮磷钾,其中钾素的需求蔬菜作物远远高于粮食作物。蔬菜作物缺钾不仅会导致产量下降,还会影响蔬菜质量及储存期 (Geraldson, 1985; Usherwood, 1985)。

钾素是各种酶的活化剂,而这些



Map 1. Ranchi district, Jharkhand state, India. (By Joy1963. Own work, inset based on image: India Jharkhand locator map.svg. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JharkhandRanchi.png#/media/File:JharkhandRanchi.png>).

酶直接影响且参与了众多植物过程,如能量代谢、淀粉合成、硝酸还原、碳水化合物源库关系及分配等。钾素在植物体内非常易动,并参与了植物体内水势调节、叶片中气孔导度的调节、根系中水吸收的调节。钾素能提高果实和块茎的形成和发育,并能增强作物抵抗某些真菌性和细菌性疾病的能力。土壤中有效钾含量低通常无法满足作物高产的需求 (Engels et

al., 2012; Hawkesford et al., 2012)。

贾坎德邦位于印度的东北部 (图1),如果能改进蔬菜种植管理措施,蔬菜作物产量显著提高的潜力较大。总体而言,贾坎德邦土壤中的有效钾含量处于中低水平,其中大51%的土壤有效钾含量处于中等水平,18%的土壤有效钾含量处于低等水平。因此,结合着其他营养元素的施用来提高钾肥的施用水平,将是贾



French bean (*Phaseolus vulgaris*). Photo by IPI.



Brinjal (*Solanum melongena* L.). Photo by IPI.



Cucumber (*Cucumis sativus*). Photo by IPI.

坎德邦进一步发展蔬菜生产的第一步。

钾肥通常是在进行播种或移栽时基施以确保作物的立苗, 还有一些随后的钾肥追施贯穿于整个作物生命周期。然而, 钾的有效性在土壤中很不稳定, 砂壤土中的有效钾易于从根系处淋失掉, 而厚重的黑壤中的有效钾可能会被强烈的固定在土壤表面。因此, 随作物的种植季节分次施钾肥将会是一个合理的施肥措施, 这样可确保当作物需求时钾的有效性。

可是当地大多数的农民倾向于施用氮磷肥, 有时施用量还过高, 他们却低估甚至是忽略了作物对钾的需求。因此本研究的目标是: 1) 量化各种蔬菜作物的产量对施钾量及施钾方式的反应, 2) 通过试验示范促进钾肥在印度贾坎德邦蔬菜种植上的施用, 3) 发起钾肥施用的教育实践。

材料与方 法

2011-2014年在印度贾坎德邦州兰契市的Kanke (东经85° 19' 282" 北纬23° 17' 226")、Pithoria (东经85° 17' 924" 北纬23° 31' 261")、Ormanjhi (东经85° 28' 201" 北纬23° 27' 883")、Patratu (东经85° 17' 372" 北纬23° 37' 629")的农田进行了各种主要蔬菜作物的田间试验(图1)。土壤为砂质壤土, 其中沙子占52%~63.7%, 淤泥占20.7%~28.21%, 粘土占20.7%~18.8%。经检测土壤中

有机碳含量3.94~6.51 g kg⁻¹, pH 5.6~6.6, 碱解氮180~278 kg ha⁻¹, 有效磷35~88 kg ha⁻¹, 速效钾121~480 kg ha⁻¹。

供试蔬菜作物有: 四季豆 (*Phaseolus vulgaris*)、茄子 (*Solanum melongena* L.)、黄瓜 (*Cucumissativus*)、苦瓜 (*Momordica charantia*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum*)、葫芦瓜 (*Lagenaria siceraria*)、南瓜 (*Luffa acutangula*)、红辣椒 (*Capsicum annum* L.)、甜辣椒 (*Capsicum annum* var. *glossum*)。

供试农田划分为2类, 分别是土壤中有有效钾含量中等田块和高等田块。其中四季豆和辣椒种植在中等田块上, 其余的蔬菜作物种植在有效钾含量高等田块上。蔬菜苗在苗圃或塑料大棚中培育, 播种15-20天后移栽到大田。各蔬菜作物上氮肥和磷肥的施用量按照国家推荐量施用, 各处理施用量一致。氮磷钾肥分别选用尿素、磷酸氢二铵和氯化钾。

所有蔬菜作物上的试验均有5个处理, 分别是: 1) 农民的习惯施肥 (FFP), 一般情况下不施用钾肥, (K₀), 2) 推荐施钾量的100%, 全部基施, (K_{100%}), 3) 推荐施钾量的100%, 一半基施, 一半在开花期施用, (K(50+50)%), 4) 推荐施钾量的150%, 全部基施, (K_{150%}), 5) 推荐施量的150%, 一半基施, 一半在开花期施用, (K(75+75)%。每种蔬菜作物的详细施肥措施见表1。每块农田的试验作

为一次重复。各试验进行1-2年, 各个实验的重复数为3-6次(表1)。

结果与分析

钾肥施用是蔬菜高产及高品质的限制因素吗? 这个基本问题的答案可以从多个角度来考虑。首先是土壤中有有效钾的基本地力情况, 它能表明土壤供应作物钾的潜力。当前的试验分析数据表明所有地块中有有效钾的平均含量较高, 为121~480 kg ha⁻¹ (表1)。然而, 开发利用这一土壤潜力很大程度上取决于根系所能达到的土壤容积。土壤水的可用性维度及时间等因素强烈限制根系的扩张及功能。实际上只有一小部分理论上可用的土壤矿物养分被开发利用, 因此, 在肥沃的土壤上也应该积极施用肥料。

钾肥施用量提高, 作物表现出积极的响应, 产量迅速且显著提高明确表明作物生长发育对钾素供应的依赖。这和前人 (Balasubramanian et al., 1991; Hassan et al., 1994; Patil et al., 1996; Imas and Bansal, 1999; Deka et al., 2000; Wuzhong, 2002; Umamaheshwarappa et al., 2003; Bidari et al., 2004; Thakre et al., 2005; and Hari et al., 2007) 的研究相一致, 也被本试验中的9种蔬菜作物所验证, 即对比不施钾肥处理 (K₀) 与官方提供的推荐钾肥施用量处理 (K_{100%}) 的蔬菜产量 (表2, 图1), 平均增产31%, 南瓜增产最小为15%, 葫芦瓜最敏感, 增产最大为51%。随之而来的



Bitter gourd (*Momordica charantia*). Photo by IPI.



Potato (*Solanum tuberosum*). Photo by IPI.



Bottle gourd (*Lagenaria siceraria*). Photo by IPI.

Table 1. Detailed description of the experimental design, basic soil K availability, annual nitrogen (N) and phosphorus (P) dose, and the dose and regime of K application according to treatments and crops. Whenever split, K was applied as basal and at bloom, half and half. FFP – farmers’ fertilization practice.

Crop	French bean	Brinjal	Cucumber	Bitter gourd	Potato	Bottle gourd	Ridge gourd	Green chili	Sweet pepper
Years	2	1	1	2	1	1	2	2	2
Exp. plots	3	3	3	3	3	4	3	3	3
-----kg ha ⁻¹ -----									
Basal soil available K	121-258	140-225	284-480	297-416	284-416	284-417	284-322	284-416	297-258
Basal N	40	200	80	80	100	80	80	100	100
Basal P	80	150	40	40	150	40	40	60	150
-----K dosage and regime (kg ha ⁻¹)-----									
Treatment									
FFP (K ₀)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K _{100%}	40	100	40	40	100	40	40	50	100
K _{(50+50)%}	20+20	50+50	20+20	20+20	50+50	20+20	20+20	25+25	50+50
K _{150%}	60	150	60	60	150	60	60	75	150
K _{(75+75)%}	30+30	75+75	30+30	30+30	75+75	30+30	30+30	38+37	75+75

是平均净利润的增加, 大约为45 KR_s ha⁻¹, 南瓜的最小为11 KR_s ha⁻¹, 茄子的最大为96 KR_s ha⁻¹。平均相对增加的净回报率为49%, 南瓜的最小为18.5%, 马铃薯的最大, 为118% (表3)。这些结果清楚的表达了虽然土壤中有效钾含量丰富, 但是如果对供试蔬菜作物基施钾肥会给农民带来的重大的收入。

然而, 各蔬菜作物的产量对钾肥施用量的变化的反应差异显著 (图1)。作物反应小或者没有反应表明除了钾的需求以外的其他因素, 如有效水不充分, 其他营养元素不足, 温度情况不理想, 都可能限制作物的生长和发展。如果在主要限制因素没有解决之前, 增加钾的施用量对作物不起作用。另外, 蔬菜作物产量对提高钾的施用量反应弱也可能作物对钾的需求已满足。要区分这两种情况, 需粗略的估计作物对钾的需求。显然, 作物收获后植株含钾量提供了一个最小阈值来估算在作物生长发育时期从土壤中吸收的钾。然而这种测量超出了本研究的范围, 关于果实和块茎中的含钾量可以从公共网络资源那里获取 (USDA National Nutrient Database for Standard Reference, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>)。植株中钾的含量

乘以产量就会计算出各处理蔬菜从土壤中吸收的钾 (假定果实中钾的含量不受土壤中钾素含量状况的影响)。钾素深入参与了糖分运输和新陈代谢 (Engels *et al.*, 2012), 这可能会严重影响作物钾的需求。因此, 应特别注意果实或块茎中碳水化合物积累的差异 (表5)。

南瓜果实对施用的钾素获取率很低, 不到15% (表4), 随钾素施用量的增加产量也增加, 但是相比其他蔬菜作物增加量不大 (图1)。对于南瓜来说, 钾素似乎不是限制产量增长的根本因素。四季豆、黄瓜、苦瓜、红辣椒、葫芦瓜这一类蔬菜作物的果实对施用钾素的吸收率大约为50%。假定一个粗略的收获指数0.5, 即作物对钾素的需求满足钾的投入。联系到这些蔬菜作物随钾施用量增加产量也显著增加 (图1), 可见钾素这种营养的有效性似乎控制着作物的发育。这些结果支持要更新推荐的钾肥施用量, 至少50%, 甚至更多。在所研究的蔬菜作物中, 茄子、马铃薯、甜辣椒归属于一组, 它们的果实或块茎中存有大量从土壤中吸收的钾素, 甚至有时含量会超过肥料所提供的钾素量 (表4), 同时它们也累积了大量的碳水化合物 (表5)。随钾素施用量的增加, 马铃薯和甜辣椒的产

Table 2. Effect of K dose and regime on mean annual yields of nine vegetable crops grown in Ranchi district, Jharkhand state, India.

Crop	French bean	Cucumber	Bitter gourd	Ridge gourd	Chili pepper	Brinjal	Potato	Bottle gourd	Sweet pepper
-----Mg ha ⁻¹ -----									
Treatment									
FFP (K ₀)	7.3	9.4	7.5	8.0	7.1	50.6	9.2	9.2	21.8
Rec. (K _{100%})	9.6	12.4	9.2	9.2	8.5	67.1	13.3	13.9	29.1
Rec. split (K _{(50+50)%})	10.0	13.8	9.3	9.9	8.1	73.2	16.2	15.5	33.7
Enhanced (K _{150%})	10.5	15.4	10.6	10.8	10.1	76.8§	17.8	17.1	42.1
Enhanced split (K _{(75+75)%})	10.8	16.0	11.2	11.5	10.0	81.8	23.3	18.8	37.7
LSD (P=0.05)	1.88	2.19	1.74	2.22	2.06	14.9	4.81	1.58	11.1

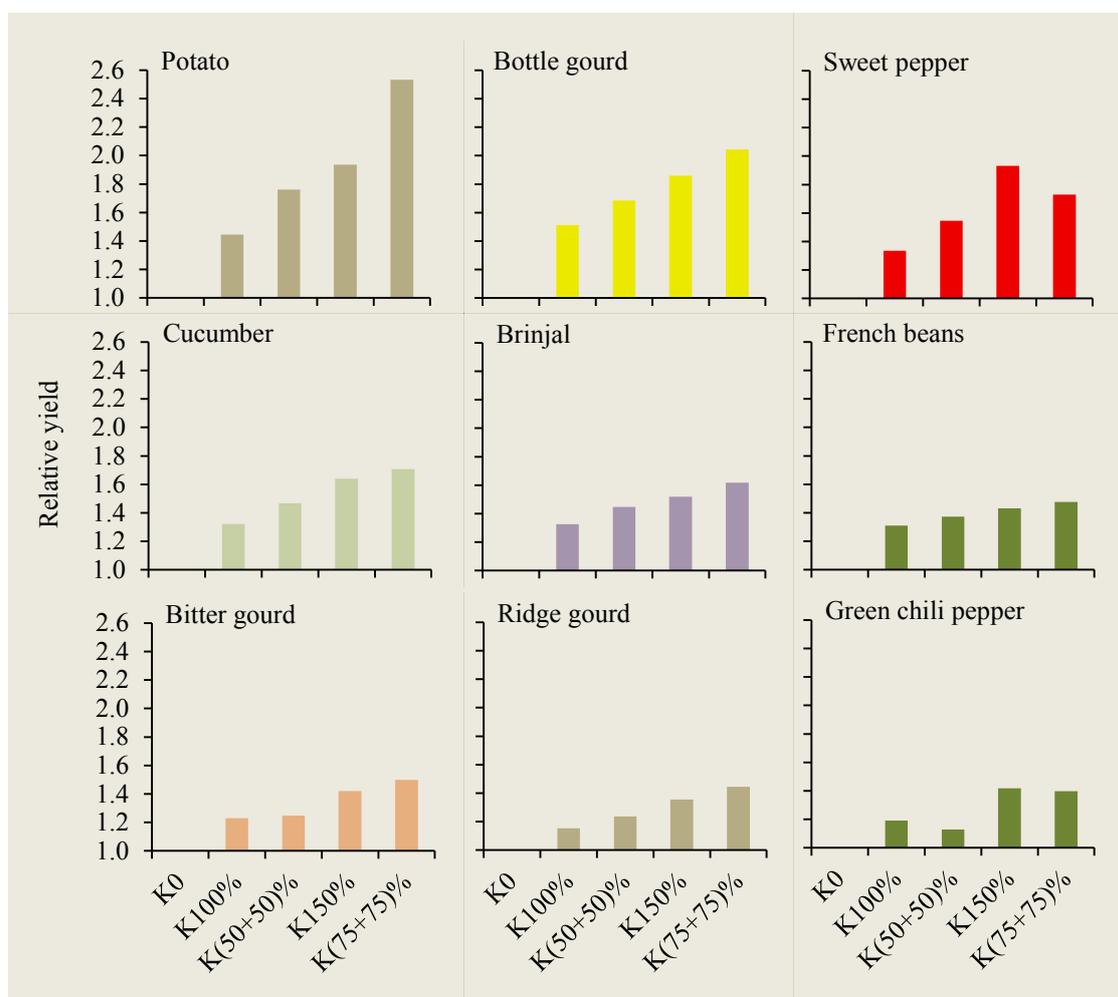


Fig. 1. Yield increment of nine vegetable crops in response to K dose and application regime. Data represent the relative yield compared to that of the K-free (K_0) farmers fertilization practice (FFP). $K_{100\%}$ = the recommended dose, applied once upon planting; $K_{(50+50)\%}$ = similar dose split into two uniform portions, applied upon planting and at bloom; $K_{150\%}$ = enhanced dose applied once upon planting; $K_{(75+75)\%}$ = enhanced dose split as described above.

Table 3. Net return to the farmer as a function of the current market price and the yield obtained by each crop species in response to K dose and regime. Data are presented by 1,000 Rs ha⁻¹ (K Rs ha⁻¹).

Crop	French bean	Cucumber	Bitter gourd	Ridge gourd	Chili pepper	Brinjal	Potato	Bottle gourd	Sweet pepper	
	-----Current market price (Rs kg ⁻¹)-----									
	15	10	15	10	20	6	15	10	12	
Treatment	-----Net return (K Rs ha ⁻¹)-----									
K_0	69.2	58.6	76.3	59.5	106.2	227.6	49.7	66.2	204.3	
$K_{100\%}$	101.9	87.5	100.7	70.5	131.8	323.5	108.3	111.9	288.7	
$K_{(50+50)\%}$	108.6	101.3	102.8	77.0	123.0	359.8	151.8	128.6	343.9	
$K_{150\%}$	114.5	116.7	121.4	85.9	163.4	380.5	174.2	143.6	443.1	
$K_{(75+75)\%}$	119.1	123.0	130.1	93.1	160.6	409.9	257.3	160.1	390.3	

量增加最大(图1),表明对钾素有效性的的重要依赖。马铃薯块茎吸收了所供钾素的60%~75%,淀粉产量是4 t ha⁻¹。甜辣椒果实中吸收的钾素与施加的钾素量持平(表4)。此外,茄子果实中吸收的钾素量明显高于所施加的钾素量。果实中累积的碳水化合物为3~5 t ha⁻¹。这些结果强有力的表明对这种作物茄子钾的有效性至关重要(Hochmuth et al., 1993)。随钾肥施用量增加茄子的产量增加相对较小清楚的说明当前试验中施用钾素的剂量范围远远低于钾素的实际需求,这对马铃薯和甜辣椒这两种蔬菜作物来说也适应。

处理K_(50+50%)把所推荐的施钾量分2次施用,即一次基施,一次在开花期施用,发现对产量影响不显著(图1),产量增加平均为8%,而且各蔬菜作物之间变化较大。该处理下红辣椒是唯一的产量下降的作物。产量增加不足10%的作物有苦瓜、四季豆、茄子、南瓜,所增加的量分别为1.5%、5%、5%、7%。产量增加显著的作物发生在黄瓜、葫芦瓜、甜辣椒、马铃薯,所增加的量分别为11%、12%、16%、22%。处理K_(75+75%)对产量的影响更小,平均不到6%。在这里,相比处理K_{150%},甜辣椒产量明显下降,红辣椒保持稳定,四季豆、茄子、黄瓜、苦瓜、南瓜、葫芦瓜产量增加小于10%,然而,马铃薯产量增加了31%。

分次施用钾肥的想法源于2个基本原因:1)钾的移动性相对较强,尤其是位于贾坎德邦的试验地点的土壤为典

型的砂壤土,2)在植物生命周期内植株对钾素的需求呈动态变化,假定随植物生长期连续供应钾素可确保植株随时需求钾素的有效性。本研究的结果表明,这种假设通常是有效的。因此,大部分情况下农民的纯收益增加(表3)。然而,钾素的施用应该根据物候期的不同需求及种植模式来调整适合各蔬菜作物。在这方面一些蔬菜作物的试验表现明显不同。

对于葫芦瓜,产量与开出第一朵雌花的植物生物量函数及雌雄花之间的比率有关。基施充足的氮肥确保足够的植物生物量,而随生长季节平衡的氮钾比率(1:1~2:1)会带来最佳雌雄花比率、座果率、果实生长和质量(Swiader et al., 1994)。基肥分2次施用可能是非常有益的,如同本试验中对黄瓜和葫芦瓜的影响。然而,除非把基肥分成几次施用附加值可能才会出现(Lin et al., 2004)。一些氮磷肥施用措施的修改可能会帮助其他一些葫芦作物提高产量。

茄子和四季豆的特点是连作模式,随生长季节施用钾肥将会带来好处,就像本文所示的分次施用钾肥会增加产量。然而,正如上面提到的,四季豆的产量最终限制因素至少在这里好像不是钾素。在下确切的结论之前茄子需要大量的钾素。

本试验中最敏感的作物是土豆,似乎进一步提高产量的潜力巨大。虽然基施氮肥对产生足够的营养物质支撑后

Table 4. Potassium removal from the soil by the fruit or tubers of nine vegetable crops grown under different K fertilization regimes. Seeds were not included, assuming that products are consumed as fresh vegetables, before seed maturation. In parentheses, the seasonal K dose per treatment for each crop.

Crop	French bean	Cucumber	Bitter gourd	Ridge gourd	Chili pepper	Brinjal	Potato	Bottle gourd	Sweet pepper
	-----K content in fruit or tubers (g K kg ⁻¹)-----								
	2.1	1.5	3.2	0.6	3.2	2.3	4.2	1.5	1.75
Treatment	-----K removal by yield (kg K ha ⁻¹)-----								
	K ₀	15.4 (0)	14.1 (0)	23.8 (0)	4.8 (0)	22.8 (0)	116.4 (0)	38.6 (0)	13.8 (0)
K _{100%}	20.1 (40)	18.6 (40)	29.3 (40)	5.5 (40)	27.2 (50)	154.3 (100)	55.9 (100)	20.9 (40)	50.9 (50)
K _(50+50%)	21.1 (40)	20.7 (40)	29.8 (40)	5.9 (40)	25.8 (50)	168.4 (100)	68.0 (100)	23.3 (40)	59.0 (50)
K _{150%}	22.0 (60)	23.1 (60)	33.9 (60)	6.5 (60)	32.4 (75)	176.6 (150)	74.8 (150)	25.7 (60)	73.7 (75)
K _(75+75%)	22.7 (60)	24.1 (60)	35.7 (60)	6.9 (60)	31.9 (75)	188.1 (150)	97.9 (150)	28.2 (60)	66.0 (75)

Table 5. Carbohydrate input in the fruit or tuber yields of nine vegetable crops grown under different K fertilization regimes. Seeds were not included, assuming that products are consumed as fresh vegetables, before seed maturation.

Crop	French bean	Cucumber	Bitter gourd	Ridge gourd	Chili pepper	Brinjal	Potato	Bottle gourd	Sweet pepper
	-----Carbohydrate content in fruit or tubers (%)-----								
	7	3.6	4.3	2	8.8	5.9	17.5	3.4	4.6
Treatment	-----Carbohydrate removal by yield (Mg ha ⁻¹)-----								
	K ₀	0.512	0.338	0.320	0.160	0.627	2.985	1.610	0.313
K _{100%}	0.670	0.447	0.394	0.184	0.747	3.959	2.328	0.473	1.339
K _(50+50%)	0.703	0.497	0.400	0.197	0.708	4.319	2.835	0.527	1.550
K _{150%}	0.732	0.555	0.455	0.216	0.890	4.531	3.115	0.581	1.937
K _(75+75%)	0.755	0.577	0.480	0.231	0.877	4.826	4.078	0.639	1.734

Ridge gourd (*Luffa acutangula*). Photo by IPI.

期块茎生长至关重要,但是一旦块茎形成后这种施加的营养应该显著降低,大量的钾素施用取而代之,目的是维持大量的碳水化合物从叶片向块茎转移。同样在这里,分次施加钾素的处理表现出了实质性的好处,但是整个施肥措施应该重新考虑。

本试验中甜辣椒和红辣椒提供了一个相同物种 (*Capsicum annuum*) 的有趣的对比。这种差异进一步揭示了物候现象决定作物对钾的需求。红辣椒生产许多小的果实,这些小果实 在植株生命期连续不断的出现和生长,在这种情况下,生殖努力显示一个相对稳定且较小的钾素需求,因此没有发现分次施用钾肥带来的有利影响。相反,甜辣椒生产较大的果实,有大的碳汇要求,座果率显示了一个波动模式,这将可能影响到当前钾素的需求 (Marcelis *et al.*, 2004)。因此,分次施用钾肥可能对产量产生积极的影响,但是应该联系植株坐果考虑一下的施肥时间或者同步性。这可能会解释甜辣椒对分次施用钾肥不一致的反应。在这里,修订推荐的施肥操作将使农民受益。

然而,在任何进一步研究之前,农民可能咨询本研究中不同钾肥施用措施带来的经济后果,鉴于各蔬菜作物当前市场价格,即使产量上小的改善也可能会显著增加农民的净收益。

Chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Photo by IPI.

结论

1. 如果寻求蔬菜作物的开发潜力,基肥施用是最根本的。

2. 通过对大多数蔬菜作物的试验,推荐钾肥施用量和整个施肥操作措施应该重新审视,以保持一个平衡的营养状态。

3. 试验中分次施用钾肥带来的有利反应表明随作物的种植季节分配施肥的施用是有利的。

参考文献:

- Balasubramanian, R., K. Balakrishnan, and S. Manoharan. 1991. Effect of Potassium on Chili. *Spice India* 4:5-6.
- Bidari, B.I., M.D. Martur, and K.K. Math. 2004. Influence of Soil Properties on Yield and Quality of Chilies (*Capsicum annuum* L.) and Partitioning of Nutrients in Fruit Components. Paper presented at "Nation. Symp. on Input Use Efficiency in Agric. - Issues and Strategies", 25-27 Nov. 2004, Kerala, India. Agric. Univ., Thrissur, Kerala.
- Deka, N.C., and T.C. Dutta. 2000. Effect of Potassium on Yield and Economics of Potato Cultivation in an Acidic Soil of Assam. *Journal of Potassium Research* 16:77-79.
- Engels, C., E.A. Kirkby, and P. White. 2012. Mineral Nutrition, Yield and Source-Sink Relationships. *In: Marschner, P. (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd edition. Elsevier Ltd. p. 85-133.*

Sweet pepper (*Capsicum annuum* var. *glossum*). Photo by IPI.

- Geraldson, C.M. 1985. Potassium Nutrition of Vegetable Crops. *In: Munson, R.D. (ed.). Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. p. 915-927.*
- Imas, P., and S.K. Bansal. 1999. Potassium and Integrated Nutrient Management in Potato. International Potash Institute, Switzerland. <http://www.ipipotash.org/presentn/kinmp.php#application>.
- Hari, G.S., P.V. Rao. Y.N. Reddy, and M.S. Reddy. 2007. Effect of Nitrogen and Potassium Levels on Yield and Nutrient Uptake in Paprika (*Capsicum annuum* L.) under Irrigated Conditions of Northern Telangana Zone of Andhra Pradesh. *The Asian J. Hort.* 2:193-196.
- Hassan, S., Z.A. Ramlan, and S. Inon. 1994. Influence of Potassium Fertilizers and Mulching on Growth and Yield of Chili (*Capsicum annuum*). *Act Hort.* 369:311-317.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager-Møller, and P. White. 2012. Functions of Macronutrients. *In: Marschner, P. (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd edition. Elsevier Ltd. p. 135-189.*
- Hochmuth, G.J., R.C. Hochmuth, and M.E. Donley. 1993. Eggplant Yield in Response to Potassium Fertilization on Sandy Soil. *Hort. Sci.* 28:1002-1005.

- Lin, D., H. Danfeng, and W. Shiping. 2004. Effects of Potassium Levels on Fruit Quality of Muskmelon in Soilless Medium Culture. *Scientia Horticulturae* 102:53-60.
- Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R. Baan Hofman-Eijer, J. Den Bakker, and L.B. Xue. 2004. Flower and Fruit Abortion in Sweet Pepper in Relation to Source and Sink Strength. *Journal of Experimental Botany* 55(406):2261-2268.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Switzerland.
- Patil, S.R., U.T. Desai, B.G. Pawar, and B.T. Patil. 1996. Effect of NPK Doses on Growth and Yield of Bottle Gourd cv. Samrat. *J. Maharashtra Agri. University* 21:65-67.
- Swiader, J.M., S.K. Sipp, and R.E. Brown. 1994. Pumpkin Growth, Flowering, and Fruiting Response to Nitrogen and Potassium Sprinkler Fertigation in Sandy Soil. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:414-419.
- Thakre, C.M., W.P. Badole, T.K. Tiwari, and P.B. Sarode. 2005. Effect of Different Levels of Sulphur, Phosphorus and Potassium on Yield and Quality of Brinjal. *J. Maharashtra Agric. Univ.* 30:352-353.
- Umamaheshwarappa, P., K.S. Krishnappa, M.P. Muthu, V.N. Gowda, and P.V. Murthy. 2003. Effect of Varying Level of NPK on Growth and Yield of Bottle Gourd in Southern Dry Region of Karnataka. *Mysore J. Agric. Sci.* 37:56-64.
- Usherwood, N.R. 1985. The Role of Potassium in Crop Quality. *In: Munson, R.D. (ed.). Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. 489-513.
- Wuzhong, N. 2002. Yield and Quality of Fruits of Solanaceous Crops as Affected by Potassium Fertilization. *Better Crops International*. 16:6-8.

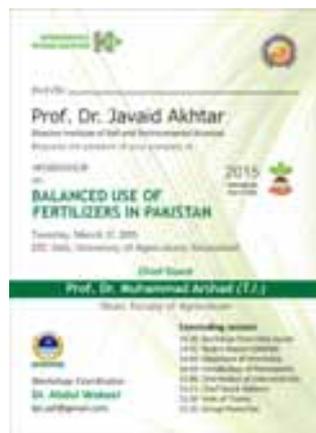
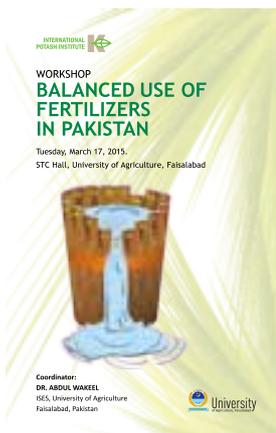
论文“印度贾坎德邦省在多种蔬菜作物上增强钾肥施用以提高产量和经济效益”可以在国际钾肥研究所官方网站[区域活动/印度](#)浏览和下载。

学术活动

IPI活动

2015年3月

巴基斯坦肥料平衡施用研讨会, 2015年3月17日在巴基斯坦Faisalabad农业大学举办



Workshop on "Balanced Use of Fertilizers in Pakistan", 17 March 2015, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. Photo by A. Wakeel.

施肥失衡,特别是氮磷钾的不平衡施用,不但会引起自然资源的破坏,更会导致经济回报低下。巴基斯坦1960年代开始施用化学肥料(绝大多数都是氮肥和磷肥)。因为施用氮肥有更好更快和更多的经济回报,从那个时候开始,巴基斯坦施用氮肥的量远大于磷肥的用量。当然,除了在马铃薯和玉米作物外,其他作物的钾肥施用量低到令人沮丧。虽然巴基斯坦的土壤发育于云母矿物,富含钾素超过6%,但其中的绝大多数都强烈地粘附在粘土矿物上,并不能被作物直接利用。最近几十年,土壤速效钾可能还是能满足那些低产作物对钾素的需求,但高产作物的推广使用,已经复种指数的提高,在很大程度上剥蚀了土壤钾素,为了获得较高的作物产量,需要施用更多钾肥。渠灌水也被认为是一种钾素来源,但渠灌水的减少,也减少了钾素来源。所以,非常紧迫的事情是为了巴基斯坦可持续发展 and 高效农业发展,必须促进钾肥的平衡施用。

实习项目

制定了一个综合的实习项目,意在向农民传授平衡施肥知识,特别是钾素的平衡施用知识。国际钾肥研究所与巴基斯坦肥料工业协会合作,支持学生到农民社区了解农民的需求,分析农民的土壤状况,提供施肥建议。这些土壤农化系的学生将科研和肥料企业的建议传送给农民。这个实习项目的目的就是要培养学生田间工作能力和与农户

沟通能力,使农民具备基本的包括钾素在内的平衡施肥的理念。通过Engro和FFC代表参与的透明的遴选程序,挑选了14个来自Punjab和Sind的学生参与这个项目。其中,4个学生来自Sind邦Sind农业大学,3个来自BZU大学,7个来自Faisalabad农业大学。

研讨会目标

研讨会的目的就是培训实习生,使他们具备相应的和农民沟通的知识,平衡施肥和施钾重要性的认识,以及从农民田间取样和为农民提供平衡施肥推荐的知识。研讨会结束后,实习生们参加FFC和Engro团队,花3个月的时间强化练习,一直到2015年6月中旬。

这个报告也可以在国际钾肥研究所官方网站[区域活动/WANA](#)浏览下载。

学术动态 (续)

IPI活动

2015年7月



第一届坦桑尼亚全国“为了可持续作物生产和食品安全的钾素”论坛，2015年7月28-29日，在坦桑尼亚 Protea Hotel Court Yard, Dar es Salaam 举行。这个研讨会是由位于 Dar es Salaam 的非洲肥料和农业商业伙伴协会 (AFAP) 与位于瑞士的国际钾肥研究所以及位于 Tanga 的 Mlingano 农业研究所共同举办的。

引言

钾素是植物和作物养分除氮磷以外的第三大植物营养元素。在过去的50多年里，一直认为坦桑尼亚的绝大多数土壤富含钾素。这种概略性的观点导致对土壤钾素营养状况研究很少，对植物钾素营养以及最后包含钾素在内的肥料配方推荐都很少。坦桑尼亚只是对非常少的作物，比如烟草、剑麻和茶叶推荐混配肥料，而其中不包含钾素，认为钾素可以由土壤提供。而事实上，由于没法得到施氮的供应，土壤钾素含量逐渐下降。近年来，人们已经认识到许多土壤的含钾量并不像过去认为的那样高，钾素的缺乏症状在玉米、木薯和水稻等主要作物上也非常常见。即使观察到这些缺钾的症状，也不太可能为农民提供一个准确的含钾多少的施肥建议。

重要意义

钾素参与许多植物生理过程，是植物必需的大量元素营养。钾素对作物产量以及作物可食部分非常重要，特别是钾素也是人类营养元素。钾素对农业非常重要，因为钾素可以促进作物保留水分，提高产量、营养价值、改善风味、色泽和提高作物的抗病性。钾素广泛用于水果、蔬菜、水稻、小麦和其他谷类作物，以及糖料作物、玉米、大豆、棕榈油和棉花等，所有这些作物都受益于钾素改善作物品质的特性。同样地，钾素也是人体和动物生命必须的元素，因为其参与动物的许多功能，钾素也是动物肌肉正常发育必须的元素，钾素对动物心脏健康也非常重要。

目标

这次研讨会的目标在于将钾素作为多种作物施肥推荐元素，以保证作物产量持续提高。由此，研讨会的目的在于：

- 1、开展坦桑尼亚土壤钾素基线调查
- 2、整合现有数据
- 3、明确研究差距，制定钾素研究行动计划

书面报告

研讨会包括13篇书面报告包括和3篇主旨报告。所有的报告都是富有经验的科学家提交的，这些论文包括以下主题：

- a) 坦桑尼亚土壤钾素分布
- b) 坦桑尼亚土壤施钾对其可持续农业的作用
- c) 坦桑尼亚土壤钾素含量变化趋势
- d) 基础肥料中钾肥比例
- e) 满足可持续作物产量的基础肥料中钾肥经济效益

欲了解更多信息，请访问国际钾肥研究所官方网站 IPI/Events，或者与会议联合主席 Dr. Mkangwa 联系，Email: mkangwa@yahoo.co.uk，或者与国际钾肥研究所所长 Mr. Hillel Magen 先生联系。

2015年11月

国际钾肥研究所 (IPI) 与埃塞俄比亚农业部，以及 Hawassa 大学农业技术推广中心 (ATA) 联合举办“第二届钾素平衡施肥的作用”学术研讨会。2015年11月14-26日，Hawassa 大学，埃塞俄比亚。

欲了解更多信息，请与 IPI 撒哈拉南部非洲项目协调员 Mr. Eldad. Sokolowski 联系，或访问国际钾肥研究所官方网站 IPI/Events。

其他国际性学术会议和论坛

2015年7月

第十届欧洲精准农业会议，2015年7月12-16日。以色列特拉维夫 Volcani 中心。欲了解更多信息，请访问 会议网址。

2015年10月

第九届国际根学会“下扎的根”国际学术研讨会，2015年10月6-9日。澳大利亚 Hotel Realm Canberra。欲了解更多信息，请访问 会议网址。

2015年11月

第二届生物刺激素农业应用世界大会, 2015年16-19日, 意大利Florence会议中心。欲了解更多信息, 请访问会议网址www.biostimulants2015.com。

2016年第一季度

2016年第一季度, IFA和New Ag International将再次强强联合组织第四届中国稳定性肥料与缓控释肥国际会议。欲了解更多信息, 请访问会议网址www.newaginternational.com/index.php/news.399。

出版物

IPI出版物



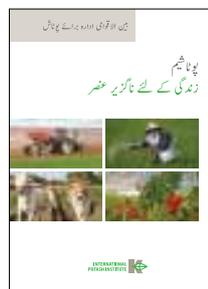
पोटाशियम - फसल उत्पादन में गुणवर्धक पोषक तत्व
钾素-作为的品质元素

这个小册子现在有了印度语版本, 可以从IPI website下载 (也有英文、葡萄牙语、乌克兰语等版本)。需要纸质印度语版本的, 请与IPI国家钾肥研究所印度项目协调员Dr. Patricia Imas博士联系。



पोषण और आरोग्य-पोटाशियम का महत्व
钾素重要性-有关营养与健康

这个小册子现在有了印度语版本, 可以从IPI website下载 (也有英文、葡萄牙语等版本)。需要纸质印度语版本的, 请与IPI国家钾肥研究所印度项目协调员Dr. Patricia Imas博士联系。



钾素-生命的必需元素。这本小册子的中文、印度语和乌尔都语版本刚刚出版, 从IPI website浏览下载的还有其他的语言版本 (阿姆哈拉语、阿拉伯语、英语、法语、葡萄牙语和乌克兰语)。需要中文纸质版本的, 请与中国农业部全国农技中心的田有国博士联系; 需要印度语纸质版本

的, 请与国际钾肥研究所印度项目协调员Dr. Patricia Imas博士联系; 需要乌尔都语纸质版本的, 请与国际钾肥研究所巴基斯坦项目协调员Dr. Abdul Wakeel博士联系。

其他出版物



提高土壤健康的肥料管理

Singh, B. and J. Ryan. 第一版, 2015年5月, IFA, Paris, France.

该出版物可以从IFA官方网站下载。

科学文献摘要

文献中的钾

在Twitter上关注我们: https://twitter.com/IPI_potash
跟随我们的Facebook上: <https://www.facebook.com/IPIpotash>

钾的肥力状况对大豆的产量构成因素及豆粒中钾的浓度的影响

Md. Rasel Parvej, N.A. Slaton, L.C. Purcell, and T.L. Roberts. 2015. *Agron. J.* 107(3):943-950. DOI 10.2134/agronj14.0464.

摘要: 缺钾会使不确定的成熟组大豆品种 (MG) IV 比确定成熟组的大豆品种MG V更容易减产, 这是因为 (MG) IV生长季节短, 生殖生长的早期易发病。我们的目标是确定缺钾对大豆 (MG) IV与MG V带来的不同影响。评估3个不同钾的肥力条件 (低、中、高) 对确定的MG 5.3 和不确定的MG 4.7的产籽量及产量构件的影响。选择的试验地块已经经过多年的不同钾肥年施用量的处理, 年施用量分别为0、75、150 kg K ha⁻¹。这两种大豆品种产量及产量构件对缺钾的反应类似。在低钾肥力条件下大豆籽粒产量平均为3.4 t ha⁻¹, 比中等和高等钾肥力条件下的大豆籽粒产量分别低13%和15%。缺钾条件下的产量损失主要归因于豆荚及单株籽粒少, 分别比中高等钾肥力条件下少16%~25%、22%~30%, 同时空壳率大, 比中高等钾肥力条件下多5%~7%, 单个籽粒的重量也较低, 比中高等钾肥力条件下的低8%~10%。籽粒中钾的浓度随不同低中高钾肥力水平而增加, 平均分别为15.8、18.7、19.8 g K kg⁻¹。不管生长习性, 由于缺钾而造成的产量损失相同, 主要归因于豆荚数量的减少和空壳率的增加。

多种钾肥施用水平对不同油菜品种的产量及品质的影响

Ansaar Ahmed, Fayaz Ali, Inamullah, Amjad Ali, Arif Ullah, Rubina Naz, Amanullah Mahar, Shahmir Ali Kalhoro. 2015. *Amer. J. Plant Sci.* 6(8):1233-1242.

摘要: 2010-2011年在巴基斯坦白沙瓦市的农业大学进行试验, 研究几个油菜品种在不同的钾肥施用水平下的农艺参数, 包括产量、含油量及蛋白质的含量。3个油菜品种分别为: Bulbul-98、Abaseen-95、Durre-NIFA。5个钾肥的施用水平为: 0、30、60、90、120 kg ha⁻¹, 多因子随机区组排列, 重复4次。对比与不试钾肥的处理, 施用钾肥的处理50%的花期较长为116.6天, 株高203.8cm, 叶面积指数4.4, 千粒重3.5g, 生物量13189.3kg ha⁻¹, 籽粒产量1799.2kg ha⁻¹, 收获指数13.9。当钾肥的施用量为120 kg ha⁻¹时, 含油量最高, 为45.1%, 当钾肥的施用量为90 kg ha⁻¹时, 蛋白质含量最高, 为27.7%。Bulbul-98和 Abaseen-95品种的籽粒产量和含油量较高, Bulbul-98比Abaseen-95和Durre-NIFA品种的蛋白质含量高。平均而言, 当钾的施用量为60、90、120 kg ha⁻¹时, 各油菜品种的产量较高且相差不大。然而, 当钾的施用量为90、120 kg ha⁻¹时, 它们含油量及含蛋白质的量较大且相差不大。在白沙瓦山谷推荐种植产量及含油量高的Bulbul-98 and Abaseen-95品种。然而, 如果还想获得高蛋白质含量, Bulbul-98品种会更好一些。为了获得高的产量, 钾肥的推荐施用量为60 kg ha⁻¹, 为了获得高的含油量及高的蛋白质含量, 钾肥的推荐施用量为90 kg ha⁻¹。

评价两种优化田间作物氮肥施用的方法

Maltas, A., R. Charles, D. Pellet, B. Dupuis, L. Levy, A. Baux, B. Jeangros, and S. Sinaj. 2015. *Recherche Agronomique Suisse* 6(3):84-93.

摘要: 在瑞士施用两种方法来优化田间作物的氮肥施用, 分别是《纠正规范》法和Nmin法。每种方法提出了不同的处理途径, 其中《纠正规范》法考虑大田特征条件会影响氮的有效性, 而Nmin法基于测量植物生长关键时期土壤中矿物质氮的存在情况。在本文中, 利用大量的农作物及不同的小气候条件下氮的肥力状况试验来评估这两种方法。两种方法都存在优点和缺点, 并提出了改进的建议。

更多阅读

添高梁对施用氮肥和钾肥的效应调查和综合分析

Adams, C.B., J.E. Erickson, and M.P. Singh. 2015. *Science Direct. Field Crops Research* 178:1-7. DOI 10.1016/j.fcr.2015.03.014.

缺素对直播东油菜群体发育、产量形成和养分吸收的影响

Wang, Y., T. Liu, X.K. Li, T. Ren, R.H. Cong, and J.W. Lu. 2015. *Science Direct. J. Integrative Agriculture* 14(4):670-680. DOI 10.1016/S2095-3119(14)60798-X.

高钙对番茄作物由钠引起的高吸附性钾的吸收抑制作用的修复

Hayet Bacha, H., R. Ródenas, E. López-Gómez, M.F. García-Legaz, M. Nieves-Cordones, R. M. Rivero, V. Martínez, M. Ángeles Botella, and F. Rubio. 2015. *Science Direct. J. Plant Physiol.* 180:72-79. DOI 10.1016/j.jplph.2015.03.014.

钾溶根际细菌(KSR): 分离、鉴定和废弃云母钾素释放动力学研究

Vijay Singh Meena, Bihari Ram Maurya, Jai Prakash Verma, Abhinav Aeron, Ashok Kumar, Kangmin Kim, and Vivek K. Bajpai. 2015. *Science Direct. Ecological Engineering* 81:340-347. DOI 10.1016/j.ecoleng.2015.04.065.

陆地养分有效性限制未来生产能力和碳素储量

Wieder, W.R., C.C. Cleveland, W.K. Smith, and K. Todd-Brown. 2015. *Nature Geoscience* 8:441-444. DOI 10.1038/ngeo2413.

砂质土壤上田间条件下钾素有效性对小麦生产发育的影响模拟 I. 建模

Scanlan, C.A., N.I. Huth, and R.W. Bell. 2015. *Science Direct. Field Crops Research* 178:109-124. DOI 10.1016/j.fcr.2015.03.022.

砂质土壤上田间条件下钾素有效性对小麦生产发育的影响模拟 II. 地表下钾素对钾肥施用产量效应的影响

Scanlan, C.A., R.W. Bell, R.F. Brennan. 2015. *Science Direct. Field Crops Research* 178:125-134. DOI 10.1016/j.fcr.2015.03.019.

喜马拉雅西北部雨养农业气候条件下芒果叶片养分浓度作为产量构成因素的通量系数分析

Pramod Kumar, Som Dev Sharma, and N.C. Sharma. 2015. *Science Direct. Scientia Horticulturae* 190:31-35. DOI 10.1016/j.scienta.2015.02.042.

缺钾对大豆光合作用和光保护机制的影响

Wang, X.G., X.H. Zhao, C.J. Jiang, C.H. Li, S. Cong, D. Wu, Y.Q. Chen, H.Q. Yu, and C.Y. Wang. 2015. Science Direct. J. Integrative Agriculture 14(5):856-863. DOI 10.1016/S2095-3119(14)60848-0.

21世纪土壤与人类安全

2015. Science 348, 6235. DOI 10.1126/science.1261071.

小规模农户是新的全球食物先锋

Locke, H. 2015. The Guardian.

促进作物钾素吸收和利用效率的基因方法

Wang, Y., and W.H. Wu. 2015. Science Direct. Current Opinion in Plant Biology 25:46-52. DOI 10.1016/j.pbi.2015.04.007.

施钾对棉铃内生叶碳水化合物新陈代谢及其与棉铃生物量的关系的影响

Hu, W., J. Yang, Y. Meng, Y. Wang, B. Chen, W. Zhao, D.M. Oosterhuis, and Z. Zhou. 2015. Science Direct. Field Crops Research 179:102-131. DOI 10.1016/j.fcr.2015.04.017.

中国水稻养分吸收状况的估算

Xu, X., J. Xie, Y. Hou, P. He, M.F. Pampolino, S. Zhao, S. Qiu, A.M. Johnston, and W. Zhou. 2015. Science Direct. Field Crops Research 180:37-45. DOI 10.1016/j.fcr.2015.05.008.

华中和东北地区玉米碳氮分配: 对施肥处理的不同效应

Miao, H.T., J.L. Lü, M.G. Xu, W.J. Zhang, S.M. Huang, C. Peng, and L.M. Chen. 2015. Science Direct. J. Integrative Agriculture 14(6):1212-1221. DOI 10.1016/S2095-3119(14)60790-5.

非生物胁迫下大豆钾素流出反向转运因子和Na⁺/H⁺反向转运因子整个基因组的鉴定和表达分析

Chen, H.T., X. Chen, B.Y. Wu, X.X. Yuan, H.M. Zhang, X.Y. Cui, and X.Q. Liu. Science Direct. J. Integrative Agriculture 14(6):1171-1183. DOI 10.1016/S2095-3119(14)60918-7.

水分胁迫及其随后灌水对向日葵根中钾素和水分流动的影响: 一种可能的抗干旱的机制

Benlloch-González, M., J.M. Quintero, M.J. García-Mateo, J.M. Fournier, and M. Benlloch. 2015. Science Direct. Environmental and Experimental Botany 118:78-84. DOI 10.1016/j.envexpbot.2015.06.008.

橡树园开放日对钾素和喷头的关注

Doyle, A. 2015. Irish Farmers Journal.

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; Amnon Bustan, Israel; Susanna Cartmell-Thorp, WRENmedia, UK; Patrick Harvey, Green Shoots, UK; Hillel Magen, IPI
中文版翻译: 田有国博士/推广研究员, 全国农业技术推广服务中心, 中国
版式设计: Martha Vacano, IPI
地址: 国际钾肥研究所 (IPI)
Industriestrasse 31
CH-6300 Zug, 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, 会通过E-mail发送给订阅的用户, 同时在IPI网站上发布。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 (e-*ifc*), 请发送电子邮件到网站的杂志订阅。
退订的, 请点击发送给您的邮件底部的杂志退订链接。

国际钾肥研究所成员公司:

Cleveland Potash Ltd., Dead Sea Works Ltd., and Iberpotash S.A. .

Copyright©国际钾肥研究所 (IPI)

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