

# *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42期 | 2015年9月号



# 编者按

亲爱的读者,

有种说法似乎是真的,就是说城市的消费者并不太关心咖啡是生长在低矮的灌丛上,而且需要大量的肥料这样一件事,虽然他们每天早晨喝的第一样东西就是咖啡,然后整天都喝。事实上,种植在越南高原地区的Robusta咖啡 (*Coffea robusta*),通过提高施用肥料的利用率,可以生产出明显高产和质优的咖啡豆,从而冲出的咖啡更美味,农民也可以得到更高的收入。您可以从这期杂志的一篇文章中找到他们如何做到的答案。

木薯 (*Manihot esculenta*) 是这期电子杂志的明星作物。木薯这种多用途的块根作物,可以用于食品和淀粉工业的原料,产量可以超过每公顷50t。虽然木薯可以种植在边边角角肥力不太高的土壤上,但在合理施肥的条件下,其产量却提高很快。在印度尼西亚,木薯特别重要,在这期电子杂志中,您可以读到国际钾肥研究所在印尼的木薯施肥试验报告。

虽然自从19世纪后半叶开始,在欧洲的钾肥公司就已经开矿生产肥料了,但并不是每天都有矿物从地壳中开采出来作为肥料。最近,在英国,一种新的(如果自然矿物也可以称之为新的话)钾矿被开采出来生产肥料。杂卤石是一种钾肥,与氯化钾相比,它含有差不多四分之一的钾素,但同时它还含有硫、镁和钙。在这期电子杂志中,您将读到在印度芥末和芝麻上施用杂卤石的最新报告。要了解一种全新的肥料,总是令人激动的,我们希望我们能够在将来的IFC电子杂志中带给您更多的关于杂卤石做肥料的报告。

与此同时,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



越南罗布斯塔咖啡种植园钾肥的施用及吸收 **3**  
Tran Minh Tien, Ho Cong Truc, and  
Nguyen Van Bo



杂卤石做肥料对油料作物芥末和芝麻产量 **10**  
及品质的影响  
Tiwari, D.D., S.B. Pandey, and N.K. Katiyar



在印度尼西亚酸性旱地上施用钾肥对木薯 **18**  
(*Manihot esculenta* Crantz) 的影响  
Taufiq, A., Subandi, and H. Suyamto

## 学术动态

27

## 出版物

30

## 科学文献摘要

31

压题照片:  
以色列无土栽培石榴施肥试验。照片拍摄于以色列ARO,  
Gilat的植物营养与施肥中心(CFPN)。

# 研究论文



咖啡田间施肥, Cu Mgar, Dac Lak, Vietnam. 照片拍摄: Tran Minh Tien.

## 越南罗布斯塔咖啡种植园钾肥的施用及吸收

Tran Minh Tien<sup>(1)</sup>, Ho Cong Truc<sup>(2)</sup>, and Nguyen Van Bo<sup>(3)</sup>

### 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,每年咖啡产量大约有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两种土壤类型上,分别是:(1)母质为基性和中性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)。这两种类型的土壤性质贫瘠,尤其是花岗岩土壤更为贫瘠,这在给制定

作物营养策略和施肥时给带来了挑战。因此,先前的工作一直致力于咖啡树的养分需求及施肥量和施肥制度的研究,研究发现该地区的咖啡种植园以年施用600 kg氯化钾为最佳,可使咖啡豆的产量达到3.5-4 t ha<sup>-1</sup>。然而,这个施

<sup>(1)</sup> 土壤肥料研究所 (SFRI), Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam

<sup>(2)</sup> 高原土壤肥料与环境研究中心; Hoa Thang, Buon Ma Thuot, Daklak, Vietnam

<sup>(3)</sup> 越南农业科学研究院; Vinh Quynh, Thanh Tri, Hanoi, Vietnam

<sup>(\*)</sup> 通讯作者: [tranminhtien74@yahoo.com](mailto:tranminhtien74@yahoo.com)

注: IPI 非常感谢 IPI 前东南亚协调员 Mr. Alexey Shcherbakov 先生为这个项目做出的贡献。

钾量却是要获得相同产量的理论需钾量的两倍。本文的研究目标为: 1) 阐明多余的钾是否肥沃了果园的土壤, 是被咖啡树吸收积累了, 还是流失到环境中去了, 2) 对在特定环境条件下试验和改进施肥功效提出建议。结果表明, 越南中部高原地区的土壤相当差, 土壤侵蚀严重, 阳离子交换量 (CEC) 很低, 严重影响了养分的储存及供给能力。雨季会有大量的养分会被淋失掉。咖啡树对养分的吸收仅限于短暂的时机, 而施用大部分的养分被淋失掉。我们建议在雨季应该大量减少肥料的施用, 大多数的养分应该供应在旱季, 同时辅以较为频繁的少量多次的定额灌溉。假如这样的施肥制度被实现, 那么就会改善施肥效果, 不仅会减少钾肥的投入, 还会使咖啡产量进一步提高。

## 引言

越南中部高原地区的咖啡种植园面积约有500000公顷。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独一无二的成就。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)。

土壤的性质对咖啡的产量和品质可能是至关重要的。越南的土壤母质为多种不同的岩石, 主要包括玄武岩、片麻岩、花岗岩、页岩、石灰岩、熔岩和火山灰。土壤质地可能会有所不同, 无论是重壤土, 还是砂土, 只要土层较深 (至少0.7 m), 易排水 (地下水深度超过1 m), 但孔隙度 (64%, 体积密度 $0.9-1.0 \text{ g cm}^{-3}$ , 粒子密度约 $2.54 \text{ g cm}^{-3}$ ) 又能足够持有相当水平的水分、空气和养分, 那么就不会给咖啡生产带来明显的影响 (Hoang Thanh Tiem 1999)。Nguyen Tri Chiem and Doan Trieu Nhan (1974) 研究适合咖啡种植的土壤特性, 发现土壤中有有机质、总氮、总钾、有效磷的含量会严重影响咖啡的产量。

一般而言, 越南中部高原地区用于咖啡生产的土壤类型主要有两种, 分别是母质为基性和中性岩浆岩的红棕色土壤, 主要是玄武岩的风化物 (玄武岩土壤) 和母质为酸性岩浆岩的红黄土壤 (花岗岩土壤)。

玄武岩土壤从北到南均有分布, 占中部高原地区总面积的27.8%, 约有152万公顷。玄武岩土壤中有有机质的含量相对比较丰富, 全氮量的95%就存在这些有机质中。剩余的5%为无机氮, 但对作物生长却是至关重要的, 需要仔细补给。玄武岩土壤中全磷的含量也相当丰富, 均匀分布在各土层中。可是有效磷的含量却小于作物的需求, 这是因为磷易和铝铁形成磷酸盐沉淀。玄武岩土壤中的钾、钙、镁元素较少, 这归因于成土母岩中这些元素本身就比较少。尽管黏土成分高, 约为50%-60%, 但是这些玄武岩

土壤的分散度、阳离子交换量及钾、钙、镁、硼的含量较低 (Nguyen Vi and Tran Khai, 1978)。此外, 这些阳离子还会被迅速淋失。玄武岩土壤的强酸性在很大程度上制约了通过施加阳离子来肥沃土壤的改良, 因此需要频繁的施肥。玄武岩土壤相对较高的孔隙度一方面带来了较大的田间持水量, 另一方面水分消退较快。因此灌溉需求和频率会比预期的要高。

花岗岩土壤的面积最大, 占中部高原地区总面积的60%以上, 约为3.62万公顷。这些土壤质地轻, 结构松散, 黏土含量少而含砂量高, 聚合性差。保持水分和养分的能力低, 因此养分损失严重。同样, 这些土壤在旱季易受干旱的影响。整个土壤剖面的酸度较高, pH为3.5-4.5。因此这些土壤的有机质、氮、磷、钾、钙、镁和微量元素的含量很低。

当制定施肥方案和田间施肥时, 这两种土壤类型 (尤其是花岗岩土壤) 的性质带来了重大挑战。因此, 关于养分需求、施肥量及施肥制度方面已做了相关研究 (Ton Nu Tuan Nam and Truong Hong, 1993; Truong Hong, 1997; Nguyen Van Sanh, 2009)。早前的研究 (Tran Minh Tien, 2015) 建议越南中部高原地区在咖啡树上的最佳钾肥施用量。6个处理的年度钾肥施用量分别为0、400、500、600、700、800  $\text{kg KCl ha}^{-1}$ , 各处理氮和磷的施用量相同, 当钾肥的年度施用量为600  $\text{kg KCl ha}^{-1}$ 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  $\text{t ha}^{-1}$ , 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, 增大浆果及咖啡豆的尺寸, 减少粉蚧为害。经济分析结果也表明当年度钾肥的施用量为600  $\text{kg KCl ha}^{-1}$ 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。然而, 根据树龄和土壤类型, 每获得1t咖啡豆, 罗布斯塔咖啡树大约需要30-35  $\text{kg N}$ , 5.2-6.0  $\text{kg P}_2\text{O}_5$ , 36.5-50.0  $\text{kg K}_2\text{O}$ , 4  $\text{kg CaO}$ , 4  $\text{kg MgO}$  (Jessy, 2011), 理论上, 当咖啡豆产量为4  $\text{t ha}^{-1}$ 时大约需要320  $\text{kg KCl ha}^{-1}$ , 是Tran Minh Tien (2015) 研究得出的最佳年度施钾量结论的一半。那剩余的钾去哪里了?

本研究的目的是有2个, 分别是: 1) 利用我们以前报道的试验 (Tran Minh Tien, 2015) 数据阐明额外数量的钾是否肥沃了果园土壤, 是被咖啡树吸收积累了还是流失到环境中去了? 2) 如果必要的话, 对在特定的环境条件下 (越南中部高原地区咖啡种植园) 试验和改进施肥功效提出建议。



咖啡收获, Dak Ha, Kom Tum, Vietnam.  
照片拍摄: Tran Minh Tien.



咖啡园浇水, Dak Ha, Kom Tum, Vietnam.  
照片拍摄: Tran Minh Tien.

## 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Cu Mgar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, 但是土壤类型不同。Dak Lac省的土壤是红棕壤, 母质为基性和中性岩浆岩(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 $180 \text{ m}^2$ 。每个试验点的试验地总面积为 $4320 \text{ m}^2$ 。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  $\text{kg ha}^{-1}$ , 年度氮磷肥的施用量相同, 氮肥选用尿素, 施用量为 $652 \text{ kg ha}^{-1}$ , 磷肥选用钙镁磷肥, 施用量为 $667 \text{ kg ha}^{-1}$ 。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。

每一个生长季前后分别取土化验, 每年采集的土样有96个。土样带回实验

室分析化验, 参照Nguyen Vy and Tran Khai, 1978的标准分析土壤粒径、pH、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性阳离子(钙、镁、钾)和土壤阳离子交换量(CEC)。

钾肥施用前后各30天采集咖啡叶片样本。各处理小区随机选取5棵树, 每棵树采10片叶子, 所采叶片为从树枝的顶部向下数的第4对叶片。实验室在测定叶片中的氮磷钾时, 先用硫酸和盐酸消化样品, 消化样品中的氮用凯氏氮法测定, 磷和钾分别用分光光度计和火焰光度计测定, 测定叶片中的钙和镁需要先用硝酸和盐酸消化样品, 然后由原子吸收光谱仪测定。

## 结果与讨论

分析每一个咖啡生长季前后土壤的主要特性发现, 实际上土壤侵蚀过程一直比较活跃, 特别是花岗岩土壤, 黏粒含量下降明显(表2)。此外, 在经过一个生长季后, 土壤酸度增加, 这表明化学降解继续发生。这两种类型的土壤中有机质、氮、磷的含量及CEC下降, 这表示在3个连续的生长季里土壤肥力一直在变弱。这些试验结果与前人曾证明的越南中部高原地区的咖啡种植园水土流失问题的研究相符(D' haeze *et al.*, 2005; Ha and Shively, 2005; Giungato *et al.*, 2008)。

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

Fertilizer type	Time and amount of application (% of total)			
	Feb	May - Jun	Jul - Aug	Sep - Oct
MOP	15	25	25	35
Urea	15	25	35	25
FMP	0	50	0	50

评估不同钾肥年度施用量的对土壤特性的影响表明,玄武岩土壤中适量的钾素可以维持植株整个生长季节的生长需要。当年度钾肥施用量在500 kg氯化钾以上,在一个生长季结束后,土壤中的全钾及速效钾的含量又会和该生长季开始时的土壤中的含量持平,甚至会略有增加(表3)。然而,这一现象却没有出现在最相关的参数-可交换性阳离子上面,经过一个生长季可交换性阳离子的量下降明显。有趣的是,作为非常重要的营养元素可交换性钙和镁的量下降的更多。花岗岩土壤,没有迹象表明施用钾肥对它的有效性带来任何有利影响(表3)。然而,从这些数据组可以得出主要结论,这两种类型的土壤中钾的有效性的基础水平远低于肥沃指标。因此,即使土壤中短暂地存在任何钾素养分的亏缺,只要施肥,咖啡对钾素的养分需求就可以很快得到满足。

施肥前后叶片中养分含量的不同表明叶片决定了咖啡树对养分的吸收(表4)。可明显观察到施肥带来的影响,随养分水平的增加明显。当年度钾肥施用量比较低时,施肥

对叶片中钾素含量的影响明显(图1)。当钾肥施用量为0,生长于玄武岩土壤和花岗岩土壤中咖啡树叶片中钾素含量分别下降2%和7%。当年度钾肥施用量为400 kg氯化钾时,叶片中钾素的含量保持不变,但是年度钾肥施用量增加到500 kg氯化钾时,生长于玄武岩土壤和花岗岩土壤中咖啡树叶片中钾素含量分别上升了5%和10%。随氯化钾施用量的继续增加,叶片中钾素的含量变化却不大(图1)。没有发现钾肥施用量与叶片中其他矿质元素含量之间存在相关性。

咖啡树叶中养分含量对施肥的反应非常有趣,因为它提供了直接的证据:至少在短期内,咖啡树确实是吸收了矿质营养。对比这两种类型的土壤,当年度钾肥施用量较低时,叶片中钾素的含量对此所做的反应,不管是减少还是增加,花岗岩土壤由于其CEC和缓冲能力低,所以表现的更明显。随年度钾肥施用量的增加这种差异逐渐消失,叶片中钾素的含量随年度钾肥施用量的增加所做的反应,这表明咖啡树在充分利用养分物质方面受到一定的限制,不会超过某个数量。

利用叶片养分含量作为树木营养状态的可靠估量需要大量的标定工作,但是这项工作以前在咖啡上没有完成(Wairegi and van Asten, 2012)。因此,在目前的研究中,施肥的效果短期内应该很清楚,但是长期效果还是模糊的。钾素作为一种主要元素于花期、果实生长及成熟期在器官中累积(Mitchell, 1988; Jessy, 2011)。因此,仍然需要对不同的施肥

**Table 2.** Soil properties of coffee plantations in basaltic vs. granite regions before and after crop season.

Soil property		Basalt			Granite		
		Before	After		Before	After	
Clay	(%)	54.7	54.6	NS	14.4	13.6	*
Silt	(%)	36.7	36.5	NS	32.6	32.5	NS
Sand	(%)	8.6	8.7	NS	52.9	53.9	*
pH <sub>KCl</sub>		4.24	4.24	NS	3.62	3.57	*
Organic content	(%)	4.86	4.64	*	3.07	2.93	*
N content	(%)	0.236	0.217	*	0.146	0.136	*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content	(%)	0.24	0.23	NS	0.095	0.085	NS
Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg 100 g <sup>-1</sup>	8.35	7.60	*	3.18	2.55	**
CEC	meq 100 g <sup>-1</sup>	11.3	10.1	*	8.6	7.1	**

Note: \* and \*\* indicate significant differences (at P=0.05, and P=0.01, respectively) before and after crop season within a soil type; NS indicates non-significant differences.

**Table 3.** Effects of annual K dose on soil properties of coffee plantations in the basaltic and granite soils, as measured before and after crop season.

	Annual KCl dose	K <sub>2</sub> O		K		Ca		Mg			
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After		
	kg ha <sup>-1</sup>	-----Total %-----		Available mg 100 g <sup>-1</sup>		-----Exchangeable cations (meq 100 g <sup>-1</sup> )-----					
Basaltic soil	0	0.10	0.06	15.0	10.1	0.09	0.05	0.8	0.5	0.6	0.4
	400	0.09	0.07	14.7	14.1	0.08	0.07	0.8	0.5	0.5	0.3
	500	0.08	0.08	14.8	14.3	0.09	0.07	0.9	0.5	0.6	0.3
	600	0.09	0.10	14.8	14.6	0.08	0.07	0.7	0.6	0.6	0.3
	700	0.09	0.09	14.9	15.1	0.09	0.08	0.8	0.6	0.5	0.4
	800	0.10	0.10	14.5	15.6	0.08	0.08	0.8	0.6	0.6	0.3
Granite soil	0	0.11	0.08	12.5	9.9	0.07	0.04	0.5	0.3	0.5	0.4
	400	0.10	0.08	12.8	11.1	0.07	0.04	0.5	0.4	0.5	0.3
	500	0.10	0.09	12.3	11.2	0.08	0.05	0.6	0.5	0.5	0.3
	600	0.11	0.10	12.7	12.0	0.08	0.06	0.6	0.3	0.4	0.3
	700	0.11	0.11	12.6	12.1	0.08	0.06	0.6	0.4	0.4	0.3
	800	0.10	0.10	12.8	12.2	0.07	0.05	0.6	0.4	0.5	0.3

**Table 4.** Leaf concentrations of N, P, Ca, and Mg prior to and 30 days after fertilizer application to coffee trees.

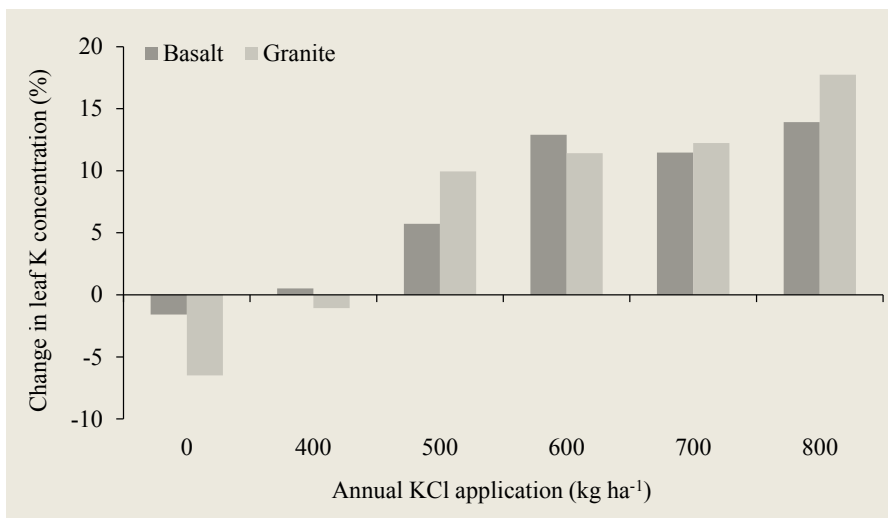
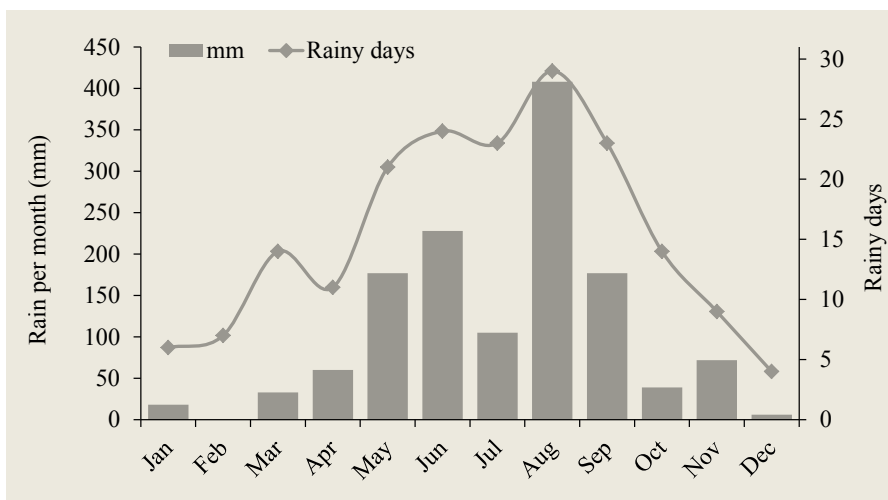
	Nutrient concentration in leaves (%)							
	N		P		Ca		Mg	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Basaltic soil	2.74	2.87	0.10	0.12	0.93	1.06	0.21	0.28
Granite soil	2.64	2.77	0.09	0.11	0.91	1.03	0.21	0.27

发挥重要作用的地区的气候因素的影响进行了充分的考虑(图2)。这里有2个明显的季节,分别是旱季(10-4月份)和雨季(5-9月份)。在为期5个月的雨季里,几乎每天都在下雨,估计降水量有1200-1500 mm,占年降水量的80%以上。这些降雨量已远远超出了咖啡树对水分的需求,以及土壤的保持能力。其后果是土壤侵蚀严重,养分迅速淋失掉。相反,旱季的降水量每个月仅为80-150 mm,咖啡树的需水量又会远远超出降水量(FAO, 2012; Amarasinghe *et al.*, 2015),即使通过灌溉也很难得到满足。事实上,在旱季咖啡种植园的灌溉已经严重威胁到该地区的水资源(D'haeze *et al.*, 2003)。

当设计有效的施肥制度时,必须考虑到降雨强度,淋失速率、当时树木的养分需求以及吸收(Amarasinghe *et al.*, 2015)。因此,雨季时任何的肥料施用可能会毫无价值,因为施用的大多数可溶性营养物质很容易被淋失掉。最好是年度化肥施用量的大部分应该应用到旱季,同时辅以灌溉。旱季水和肥料的施用次数频繁一些可能会大大提高咖啡树对养分吸收的机会,提高施肥效率。此外,两个钾素消耗需求最大的阶段分别是果实成熟期和开花期(Forestier, 1969; Mitchell, 1988),分别发生在11月份和4月份,都处于旱季的边缘。大量的肥料供应时期应确定在10月份到4月份,就是希望能满足果实成熟期这个最关键时期对养分的需求,同时也要补充咖啡树开花时期对钾素的需求。

关于土壤侵蚀的进程以及土壤有机质的消耗,收获期后的废物(主要是外壳)再循环利用应该加以考虑。这种材料含有大量的营养物质,

特别是钾素较多(Dzung *et al.*, 2013)。如果施用得当,收获后的废物堆肥可以增加土壤中的有机物质,改善土壤结构,持水持肥能力增强。此外,应该考虑施用缓效肥料,至

**Fig. 1.** The difference (%) between K leaf content in coffee trees prior to and 30 days after K application at six annual doses on basaltic and granite soils..**Fig. 2.** Average monthly distribution of annual precipitation in Kon Tum, Central Highlands, Vietnam.

Source: <http://www.worldweatheronline.com/Kon-Tum-Ko-Nam-weather-averages/VN.aspx>.

制度下一个生长季营养元素在咖啡树的其他器官上的吸收和累积的量化做进一步研究。

任何确定性的评论都是无关紧要的,除非对降雨量

少应部分的施用,以延长养分有效性的时期,从而增加它们被咖啡树吸收的机会。

### 结论

越南中部高原地区贫瘠的土壤,无论是玄武岩土壤还是花岗岩土壤,正在经历着严重的土壤侵蚀过程,CEC非常低,因此严重制约了土壤持肥能力以及供肥能力。此外,大量的养分淋失过程发生在雨季。因此,任何数量的养分,只要是超出咖啡树能立即吸收的数量很有可能被淋失掉。叶片中钾素的含量对施肥及施肥量所做出的限制性反应也表明咖啡树对钾肥吸收利用非常有限。因此,可以得出结论,该地区最佳年度钾肥施用量几乎一半的养分被淋失,进入环境中。其中最佳年度施肥量为600 kg氯化钾(Tran Minh Tien, 2015),是咖啡树在当前试验条件下获得最大产量实际所需养分的两倍。我们建议应大量减少雨季的肥料施用,大部分的养分供应应该贯穿在整个旱季,同时辅以频繁的灌溉。这项制度会改善施肥效果,减少钾肥的供应,进一步提高咖啡产量。

### 参考文献

Amarasinghe U., C.T. Hoanh, D. D'haeze, and T.Q. Hung. 2015. Toward Sustainable Coffee Production in Vietnam: More Coffee with Less Water. *Agricultural Systems* 136:96-105.

D'haeze, D., J. Deckers, D. Raes, T.A. Phong, and N.D.M. Chanh. 2003. Over-Irrigation of *Coffea canephora* in the Central Highlands of Vietnam Revisited: Simulation of Soil Moisture Dynamics in Rhodic Ferralsols. *Agricultural Water Management* 63:185-202.

D'haeze, D., J. Deckers, D. Raes, T.A. Phong, and H.V. Loi. 2005. Environmental and Socio-Economic Impacts of Institutional Reforms on the Agricultural Sector of Vietnam: Land Suitability Assessment for Robusta coffee in the Dak Gan Region. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:59-76.

Dzung, N.A., T.T. Dzung, and V.T.P. Khanh. 2013. Evaluation of Coffee Husk Compost for Improving Soil Fertility and Sustainable Coffee Production in Rural Central Highland of Vietnam. *Resources and Environment* 3:77-82.

FAO. 2012. CROWAT Version 8.0. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italia. Available at [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_crowat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crowat.html) (accessed on 10 April 2012).

Forestier, F. 1969. New Problems Used Mineral Fertilizer on Coffee in the Central African Republic. *The Café - Cacao* 1/1969.



农民田间日活动, Cu Mgar, Dak Lak, Vietnam. 拍摄者: Tran Minh Tien.

Giungato, P., E. Nardone, and L. Notarnicola. 2008. Environmental and Socio-Economic Effects of Intensive Agriculture: The Vietnamese case. *J. Commodity Sci. Technol. Quality* 47:135-151.

Ha, D.T., and G. Shively. 2005. Coffee vs. Cacao: A Case Study from the Vietnamese Central Highlands. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.* 34:107-111.

Hoang Thanh Tien. 1999. *The Vietnamese Coffee*. Agricultural Publishing House, Hanoi.

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.

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 Arabica Coffee Tree. In: Clarke, R.J., and R. Macre (eds.). *Coffee. Agronomy*, Elsevier Applied Science, London. 4:43-90.

Nguyen Tri Chiem, and Doan Trieu Nhan. 1974. Change of Some Soil Chemical and Physical Properties in Basaltic Soil Cultivated with Coffee and Rubber in Phu Quy. *Soil and Fertilizer Research* 4:3-26.

Nguyen Vy, and Tran Khai. 1978. *Soil chemistry of Northern Vietnam*. Scientific and technologic Publishing House, Hanoi.

Nguyen Van Sanh. 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.
- Tien, T.M. 2015. Effects of Annual Potassium Dosage on the Yield and Quality of *Coffea robusta* in Vietnam. IPI *e-ifc* 41:13-20.
- Wairegi, L.W.I., and P.J.A. Van Asten. 2012. Norms for Multivariate Diagnosis of Nutrient Imbalance in Arabica and Robusta Coffee in the East African Highlands. *Expl. Agric.* 48:448-460.

“越南罗布斯塔咖啡种植园钾肥的施用及吸收”一文可以在国际钾肥研究所（IPI）官方网站上浏览下载：[区域活动/东南亚](#)

# 研究论文



芥末种植园。照片提供: IPI.

## 杂卤石做肥料对油料作物芥末和芝麻产量及品质的影响

Tiwari, D.D.<sup>(1)</sup>, S.B. Pandey<sup>(1)</sup>, and N.K. Katiyar<sup>(1)</sup>

### 摘要

在印度, 芥末 (*Brassica juncea*) 和芝麻 (*Sesamum indicum* L.) 是重要的油料作物。这两种作物都是喜硫作物。Polysulphate™ 主要成分是天然矿物质“杂卤石”, 它由四个关键的植物营养元素硫 (S)、钾 (K)、镁 (Mg) 和钙 (Ca) 组成。本文主要是通过2组不同的试验研究基施 Polysulphate 对芥末和芝麻作物的影响。每组试验包括6个施肥方案: T<sub>1</sub> 为施用推荐量的氮 (N) 和磷 (P) 肥 (不施钾肥), T<sub>2</sub> 为施用推荐量的氮磷钾 (NPK) 肥, 作为对照, T<sub>3</sub>-T<sub>5</sub> 为施用推荐剂量的氮磷肥 (NP) + Polysulphate 20、

30和40 kg ha<sup>-1</sup>, 再分别对应补偿钾的水平到推荐量, 而 T<sub>6</sub> 为施用推荐量的氮磷钾肥 (NPK) + 石膏 (施用量以硫的量计算, 与 T<sub>5</sub> 处理硫的量相同)。与对照相比, 不施钾肥会使芥末和芝麻籽粒产量分别减少12%和17%。对这两种作物而言, 通过基施 Polysulphate, 发现作物产量的增加与硫的

<sup>(1)</sup> C.S. Azad 农业和技术大学土壤和农化系, Kanpur 208002, India  
通讯作者: [ddtiwari2014@gmail.com](mailto:ddtiwari2014@gmail.com)

施用量呈线性关系。当硫的施用量为  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  时,与对照相比,产量增加了33%。硫的施用使整个植物生物量明显增加,影响大多数的收益参数,包括含油量。因此,芥末和芝麻的出油率增加到  $1095$ 、 $505 \text{ kg ha}^{-1}$ ,与对照相比,分别增加了39%和43%。硫的施用明显增强了作物对钾素的吸收,表明这两个元素之间的存在协同关系。此外,硫和钾转移到谷物中,可能参与了油脂的生物合成。因此得出结论,像施用大量元素那样大量施用硫酸肥可显著增加芥末和芝麻等油料作物的产量。讨论了Polysulphate作为基肥优于石膏。

## 引言

人类的饮食正在发生变化,越来越依赖植物油。印度是一个主要的油料作物生产国之一,油料作物有花生、芥末、油菜、芝麻等。传统上,印度人消耗大量的食用油主要用于烹饪。在印度的油料作物中,芝麻 (*Sesamum indicum* L.) 是已知最早的用来做日常食用油的农作物之一。它含有50%的油和25%的蛋白质、维生素、矿物质和抗氧化剂。芝麻的种植面积有174万ha,平均产量为  $421 \text{ kg ha}^{-1}$  (OAS, 2009)。芝麻籽中的蛋白质富含蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸 (Anilakumar *et al.*, 2010)。这些氨基酸是人体营养所必需的,可是由于其他植物蛋白源如大豆和谷物的替代而逐渐缺乏 (Brosnan and Brosnan, 2006; Fukagawa, 2006)。然而应努力丰富不同主要粮食作物以获取必需的氨基酸 (Ufaz Galili, 2008),芝麻油或芝麻粉可以用来丰富健康食品,提供更好的营养平衡 (Prakash, 1985; El-Adawy, 1997; El-Adawy and Mansour, 2000; Quasem *et al.*, 2009)。作为蛋白质生物合成的基本成分蛋氨酸以及半胱氨酸是2种含硫氨基酸,因此硫的施用对芝麻植物的正常生长和发



照片1.杂卤石结晶。照片提供: ICL肥料公司

育至关重要。此外,含硫化合物可大大提高热处理中芝麻籽油和芝麻酱 (tahine) 的香气 (Park *et al.*, 1995)。事实上,许多研究已经证明了补充硫酸肥对芝麻作物生长和产量会带来有利的影响 (Rahul and Paliwal, 1987; Ghosh *et al.*, 1997; Tiwari *et al.*, 2000; Saren *et al.*, 2005; Puste *et al.*, 2015)。

硫常与十字花科的作物联系在一起,可能是它们含有大量的含硫次生代谢物以利于植物自我保护,且有益于人类的健康和饮食 (Stoewsand, 1995; Björkman *et al.*, 2011)。十字花科的作物包括几个油料作物,其中油菜 (芸苔属植物 *napus*) 和芥末 (芸苔属植物 *juncea*) 是最重要的经济作物。在印度和巴基斯坦北部,芥子油曾经是流行的食用油,即使现在仍然是孟加拉、印度和孟加拉国东部地区美食的主要成分。20世纪下半叶,在印度和巴基斯坦北部芥子油的流行受到限制,这主要是由于大批量生产植物油的实用性的影响,但食用芥子油仍是复杂的嵌在该地区的文化中。施用硫和氮

肥,以及它们之间的平衡,可明显影响十字花科植物中芥子油苷的浓度,已经证明增加硫酸肥的施用量会导致芥子油苷总量上升 (Li *et al.*, 2007)。缺硫会增加油菜对各种真菌病原体感病的几率 (Dubuis *et al.*, 2005),抗真菌活性的损失与芥子油苷减少存在明显的联系,这表明芥子油苷可以增加抗菌的潜力。硫酸肥施用量的增加也会影响多酚如类黄酮和酚酸的含量 (De Pascale *et al.*, 2007)。

根据Khan *et al.* (2005) 硫越来越被认为是继氮磷钾元素后的第4个主要的植物养分。它是氨基酸--半胱氨酸和蛋氨酸的组成成分,作为前期合成的所有其他含硫化合物以减少硫 (Marschner, 1995)。芥末 (*Brassica juncea* L.) 是各种油料作物中对硫的需求最高的作物 (McGrath and Zhao, 1996),但是需求量往往得不到满足,这主要是因为日常施肥主要以施用氮肥为主 (Zhao *et al.*, 1993)。因此,作物上硫供应的短缺会导致其他营养元素利用率的降低,特别是氮元素。

一些研究已经明确的建立了在植物上氮和硫之间同化的作用标准 (Kopriva *et al.*, 2002)。在植物上, 硫的有效性调节氮的利用率, 从而影响光合作用, 作物生长及干物质的积累。

硫只能以无机形式, 即硫酸根 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 被植物吸收利用。有机硫和单质硫必须通过微生物活动转化为无机形式才能被吸收利用, 这个转化过程取决于土壤中的碳硫比、温度、湿度 (Boswell and Friesen, 1993)。硫酸盐可以用作为液体肥料 (如铵硫代硫酸盐, 12-0-0+26S) 通过灌溉施肥, 尽管应用这种模式所需的设备和基础设施的很少施用或成本较高。硫酸钙 (石膏) 是一种有效的硫源, 但是作为硫肥很少使用, 这是因为它的含硫量较低, 仅为15%~18%。别的包括肥料在内的硫源, 多与氮磷钾结合在一起。氮硫结合在一起的包括硫酸铵 (21-0-0+24S), 硫酸硝酸铵 (30-0-0+15S), 硫酸磷酸铵 (13-39-07S), 硝酸磷酸铵 (27-12-0+4.5S)。钾和硫结合在一起的肥料包括硫酸钾 (0-0-50+18S) 和钾镁硫酸盐 (0-0-22+22S)。硫酸根作为一个带负电荷的离子, 极易在土壤中移动, 经常从作物的根区淋失掉。因此, 应努力减缓硫酸根释放到土壤中的速度 (如造粒), 从而增加养分能量输入, 提高产品成本利用率。

Polysulphate (英国克利夫兰钾肥有限公司生产) 主要成分是天然矿物质杂卤石 (图1)。杂卤石是在海洋蒸发沉积时生成, 组成成分为水合硫酸钾钙镁, 分子式为  $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ 。在英国约克郡发现的杂卤石沉淀物比较有代表性, 组成成分含量通常为:  $\text{K}_2\text{O}$  (14%),  $\text{SO}_3$  (48%),  $\text{MgO}$  (6%),  $\text{CaO}$  (17%)。杂卤石作为一种肥料能为植物提供4个关键的营养元素, 分别是S、K、Mg、Ca。杂卤石可为作物营养提供有吸引力的解决方案。

本研究的目的是评估在印度北



图1. 印度北方邦 (左) 和坎普尔市 (右) 示意图, 该市是试验所在地。  
资料来源: <http://office.incometaxindia.gov.in/kanpur/Pages/default.aspx>

方邦的大田条件下施用Polysulphate对芥末和芝麻作物带来的影响和效益。

2013-2014年在印度北方邦坎普尔的C.S Azad农业技术大学的Kalyanpur油料作物农场进行了芥末和芝麻的两组田间试验, 试验土壤为砂壤土, 试验前随机采取表层0-15厘米的土样进行理化性质化验分析 (表1)。

芥末 (品种为 Varuna) 于2013年11月11日播种, 并于2014年3月22日收获。芝麻 (品种为T-78) 于2014年7月20日播种, 并与2014年10月19日收获。两组试验的处理安排相同, 各有6个

处理 ( $T_1$ - $T_6$ ), 各处理重复3次, 随机区组设计。小区面积为50 m<sup>2</sup>。氮磷钾的推荐施用量及硫的施用量根据方案进行。全部的磷、钾、硫肥和50%的氮肥在播种的时作为基肥一次施用。剩下50%的氮肥分作两次, 平均追施在作物的分蘖期和花芽形成期。处理  $T_3$ - $T_5$ , 通过施用Polysulphate来提供作物所需的硫和钾, 如果所提供的钾素不够推荐所需的量, 可通过施加氯化钾来补充。各处理所有农事操作和灌溉一致。具体的施肥安排见表2。

快要收获时, 各小区随机选取5棵作物进行测产, 记录每棵作物的荚果数、荚果长度、每荚粒数及千粒重。收获时, 测量计算各小区籽粒和干草产量及收获指数 (籽粒与地上生物量的比例)。植物油可通过使用石油醚作为提取剂的索氏提取的方法 (Sawicka-Kapuskta, 1975) 确定含油量及产

**Table 1.** Major physico-chemical soil properties of the mustard and sesame experimental fields near Kanpur, Uttar Pradesh, India.

Properties	Mustard	Sesame
pH (1:2.5)	7.4	7.69
EC (1:2.5)	0.44	0.44
Available N (kg ha <sup>-1</sup> )	180	181
Available P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg ha <sup>-1</sup> )	27.5	14.22
Available K (K <sub>2</sub> O) (kg ha <sup>-1</sup> )	204	198
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.2	1.21
Available S (kg ha <sup>-1</sup> )	16.8	16.6
Sand (%)	53.5	53.6
Silt (%)	22.5	22.2
Clay (%)	24	24.2

量。测定芥末粒(鲜基)中的硫和钾的浓度,先用3:1的硝酸和高氯酸消化样品,消化样品的钾用火焰光度计进行分析测定(Jackson, 1967),消化样品中硫根据Chesnin和Yien (1951)的比浊法确定。

## 结果与讨论

芥末和芝麻的2组试验中,在不施钾肥的情况下,籽粒和干草产量比对照处理( $T_2$ )显著下降,分别下降了12%和17%。最近研究(Mozaffari *et al.*, 2012)报道了芥末上施用钾肥的好处本研究也证实了这一点。然而,一些以前的研究发现施用钾肥对芝麻种植的贡献微不足道的(El-Aman *et al.*, 1998; Shehu, 2014)。本研究的结果却恰恰相反,或者至少表明芝麻种植相当依赖当地的土壤条件。

$T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  3个处理,随着Polysulphate施用量的增加,即硫元素施用量的增加,两种作物的产量随之稳步上升明显

(表3,图1)。芥末粒的产量增加了35%, $T_2$ 硫的施用量为0,芥末粒的产量为1.87 t ha<sup>-1</sup>,当硫的施用量最大,即Polysulphate的施用量最大,为40 kg ha<sup>-1</sup>时,芥末粒的产量为2.52 t ha<sup>-1</sup>。同样在芝麻上,当硫的施用量最大时,芝麻粒的产量增加了33%,为1.11 t ha<sup>-1</sup>,而对照处理 $T_2$ 的产量只有0.835 t ha<sup>-1</sup>。 $T_6$ 处理通过施用石膏来进行施硫,硫的施用量与 $T_5$ 相同,但是籽粒产量增加不明显,这在芥末上表现的相当明显(表3,图1)。

这些结果与以前大量相关研究的结果一致,都表明硫在油料作物中起到至关重要的作用(Boswell *et al.*, 1993; Zhao *et al.*, 1993; McGrath and Zhao, 1996; Ghosh *et al.*, 1997; Tiwari *et al.*, 2000; Saren *et al.*, 2005; Puste *et al.*, 2015),导致Khan *et al.*, (2005)声明硫应该被视为植物生长和发展所必需的第四种大量元素。

不同施肥处理并没有影响到收获指数(HI,表3),它们一直很稳定,芥末和芝麻的收获指数分别为0.27和0.34。换句话说,对产量的显著影响并没有体现在营养部分和生殖部分之间干物质分配的任何转变。相反,整个植物对施肥的反应是进一步的增长和发展,表现在荚果数量和大小,以及籽粒数量和重量(表4)。芥末粒的含油量从41.85%上升到43.45%,芝麻粒的含油量从42.2%上升到45.5%。由表4可以看出,这两组试验,如果施肥缺钾和硫

**Table 2.** Fertilization treatments included in the mustard and sesame experiments.

Treatment	N	P	K	S	Source of fertilizer	
-----kg ha <sup>-1</sup> -----						
$T_1$	NP 100%	120	60	0	0	Urea and DAP
$T_2$	NPK 100% (control)	120	60	60	0	Urea, DAP, and MOP
$T_3$	NPK 100% + S 50%	120	60	60	20	Urea, DAP, MOP, and Polysulphate
$T_4$	NPK 100% + S 75%	120	60	60	30	Urea, DAP, MOP, and Polysulphate
$T_5$	NPK 100% + S 100%	120	60	60	40	Urea, DAP, MOP, and Polysulphate
$T_6$	NPK 100% + S 100%	120	60	60	40	Urea, DAP, MOP, and gypsum

**Table 3.** Effects of K deficiency ( $T_1$ ) and of an increasing S dose through Polysulphate ( $T_3$ - $T_5$ ), or through gypsum ( $T_6$ ), on the grain and stover yields of mustard and sesame. The harvest index (HI) presents the calculated ratio between the grain and the whole above ground plant biomasses.

Treatment	Mustard			Sesame		
	Yield		HI	Yield		HI
	Grains	Stover		Grains	Stover	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----						
$T_1$	1.65	4.455	0.27	0.695	1.350	0.34
$T_2$	1.87	4.940	0.27	0.835	1.575	0.35
$T_3$	2.19	5.896	0.27	0.890	1.755	0.34
$T_4$	2.38	6.188	0.28	1.050	2.040	0.34
$T_5$	2.52	6.804	0.27	1.110	2.250	0.33
$T_6$	2.47	6.670	0.27	1.075	2.050	0.34
CD (P=0.05)	0.019	0.018		0.045	0.140	

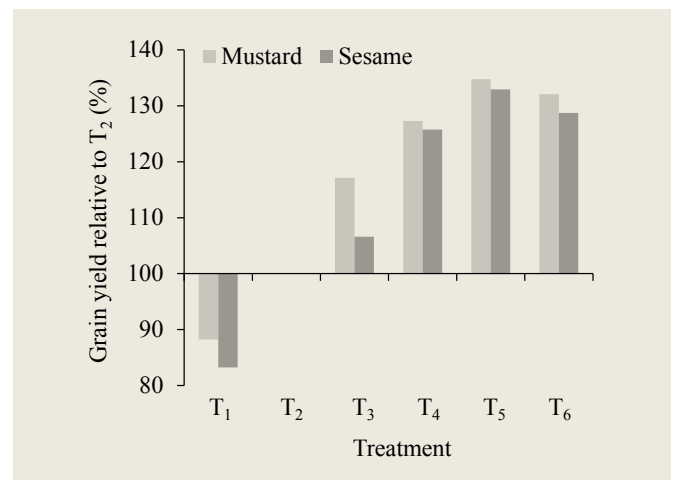


Fig. 1. Effects of K deficiency ( $T_1$ ), S supplemented at 20, 30, and 40 kg ha<sup>-1</sup> through Polysulphate application ( $T_3$ - $T_5$ , respectively) or through gypsum (40 kg S ha<sup>-1</sup>,  $T_6$ ) on the grain yields of mustard and sesame relative to fertilization with the recommended doses of NPK ( $T_2$ ). For further details, see the materials and method section and Table 2.

都会显著降低籽粒的含油量。

对照处理 $T_2$ (施用推荐量的氮磷钾肥),芥末和芝麻的产油量分别为786、352 kg ha<sup>-1</sup>。如果不施用钾肥( $T_1$ ),芥末的产油量下降了12%,芝麻的产油量下降了22%(图2)。



照片2. 多聚硫酸盐肥料分为颗粒级 (左) 和标准级 (右)。照片提供: ICL肥料公司。

施用Polysulphate后, 芥末和芝麻的产油量增加明显, 处理 $T_5$ 和 $T_2$ 比较, 分别增加了39%和43%, 即分别增加了1095、505  $\text{kg ha}^{-1}$ 。通过施用石膏来补充硫( $T_6$ )也会显著增加两种作物的产油量, 但是效果不如Polysulphate。

芥末粒中积累了大量的硫和钾, 即使这两种营养元素的实际施用量为0, 但是籽粒中的含量却分别为10、13.5  $\text{kg ha}^{-1}$ , (图3,  $T_1$ )。当施用推荐剂量的钾( $T_2$ ), 芥末粒中钾的含量增加了4  $\text{kg ha}^{-1}$ 。尽管本处理中没有施用硫肥, 但芥末粒中硫的含量也有所增加。

当施用硫肥时, 关于钾和硫的特殊联系(芥末粒中钾和硫的累积量)变得更加明显。不出所料, 硫在籽粒中的累积量随施用剂量的增加而呈比例增加, 最高达到约20  $\text{kg ha}^{-1}$ 。出乎意料的是, 虽然 $T_2$ - $T_6$ 处理钾的施用量一致, 但是籽粒中钾的累积量却逐渐增加, 籽粒中钾和硫的比率为常数1.37 (图3)。这种模式不能不认为, 施用Polysulphate能更好的提高钾的利用效率, 类似现象也体现在当以石膏来做硫肥时。

在钾素比较缺乏, 且没有硫素供应时( $T_1$ )、籽粒中钾含量的降低明显高于籽粒中硫素的降低以及籽粒和油脂的产量的降低程度。与对照相比, 籽粒中钾的含量下降了24%, 而硫的含量, 出油率和籽粒产量分别下降了14%, 12%, 和11.5% (图4)。然而, 当施用硫肥时, 籽粒产量和产油量以相似的比率增加, 而籽粒中硫的含量却以两倍的速度增长。同时, 籽粒中钾的累积量增长50%, 明显高于籽粒产量及产油量的增加速率。这些结果表明, 在芥末中, 硫素连同大量的钾素被转移到种子中。除了证明对产量的增加有益外, 这两个元素可能在生产次生代谢产物的方面也有重要作用 (Stoewsand, 1995; Fukagawa, 2006; Li *et al.*, 2007; De Pascale *et al.*, 2007)。氮和硫之间的相互作用已被证明有助于油料作物的生长, 产量和质量的提高 (Zhou *et al.*, 1993; McGrath *et al.*, 1996; Tiawri *et al.*, 2000; Kopriva *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2007)。本研究结果明显表明钾和硫之间存在的协同关系有助于提高芥末和芝麻的产量和质量。

**Table 4.** Effects of K deficiency ( $T_1$ ), S supplemented at 20, 30, and 40  $\text{kg ha}^{-1}$  through Polysulphate application ( $T_3$ - $T_5$ , respectively), or through gypsum (40  $\text{kg S ha}^{-1}$ ,  $T_6$ ), on major yield properties in mustard and sesame.

Treatment	Mustard					Sesame				
	Pods plant <sup>-1</sup>	Pod length (cm)	Grains pod <sup>-1</sup>	Grain wt (g K <sup>-1</sup> )	Oil (%)	Pods plant <sup>-1</sup>	Pod length (cm)	Grains pod <sup>-1</sup>	Grain wt (g K <sup>-1</sup> )	Oil (%)
$T_1$	195	4.4	9.8	4.85	41.85	97	2.8	43	3.1	39.5
$T_2$	197	5.1	9.9	5.05	42.02	105	2.9	47	3.4	42.2
$T_3$	202	5.8	10.2	5.35	42.45	115	3.0	48	3.6	43.5
$T_4$	204	6.2	11.8	5.36	42.22	125	3.1	58	3.8	44.2
$T_5$	204	6.2	11.8	5.36	43.45	130	3.2	60	4.0	45.5
$T_6$	201	6.0	11.7	5.35	42.14	120	3.1	50	3.7	43.9
CD (P=0.05)	1.84	0.26	0.36	0.04	0.51	4.7	-	3.2	0.12	1.1

Note: g K<sup>-1</sup> = weight of 1,000 grains in grams.

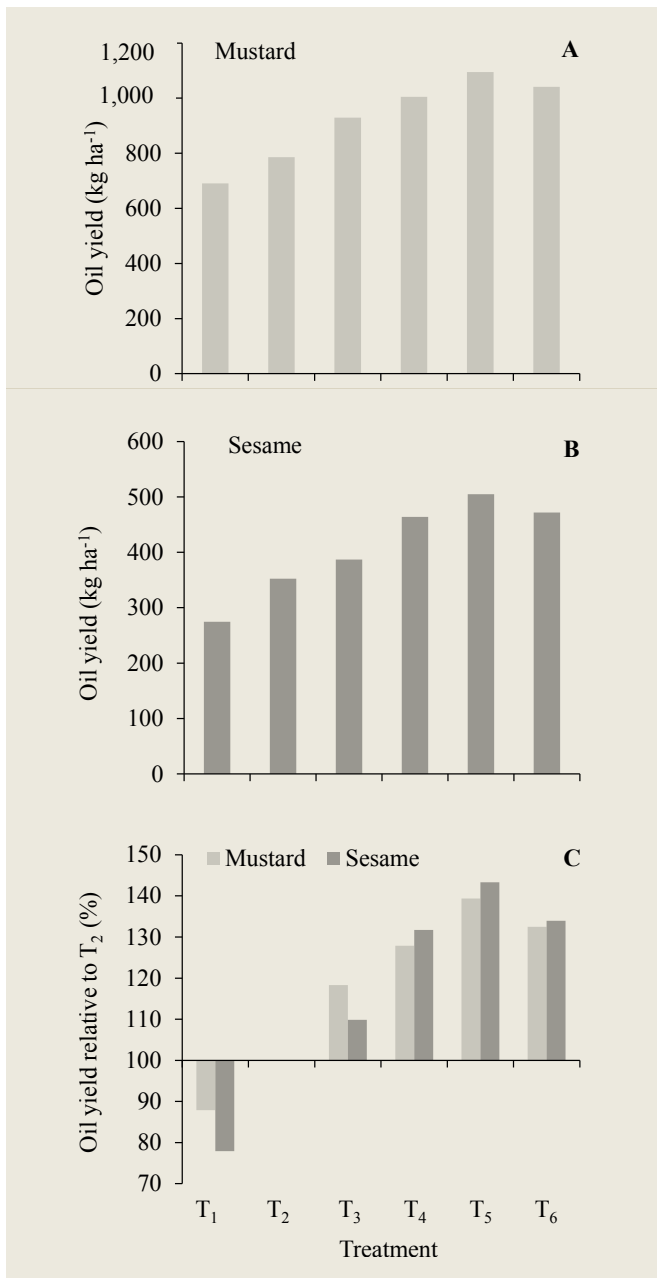


Fig. 2. Effects of K deficiency ( $T_1$ ), S supplemented at 20, 30, and 40 kg ha<sup>-1</sup> through Polysulphate application ( $T_3$ - $T_5$ , respectively), or through gypsum (40 kg S ha<sup>-1</sup>,  $T_6$ ), on the absolute oil yields of mustard (A) and sesame (B), and on their relative oil yields (C), as compared to  $T_2$ .

本研究表明了Polyhalite作为一个有效的植物硫源的价值。相对于石膏, Polyhalite密实度好, 还包含其他大量的重要营养元素(K、Ca、Mg)、又不含氯, 每当要基施硫肥时, Polyhalite值得考虑。

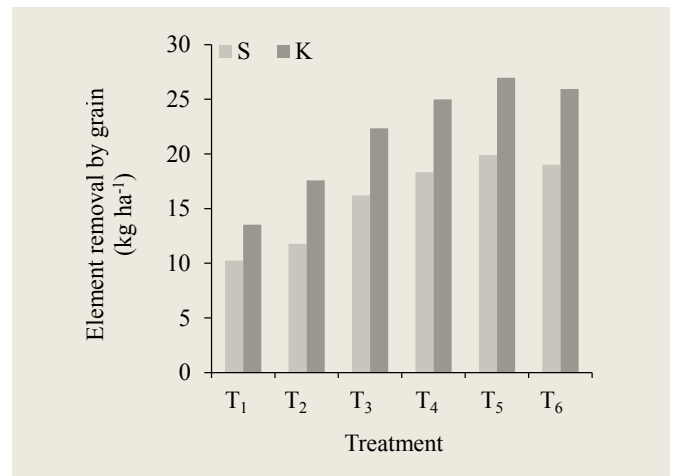


Fig. 3. Sulfur and K removal by mustard grains under K deficiency ( $T_1$ ), recommended NPK dose ( $T_2$ ), S supplemented at 20, 30, and 40 kg ha<sup>-1</sup> through Polysulphate application ( $T_3$ - $T_5$ , respectively), or through gypsum (40 kg S ha<sup>-1</sup>,  $T_6$ ). For further details, see materials and method section and Table 2.

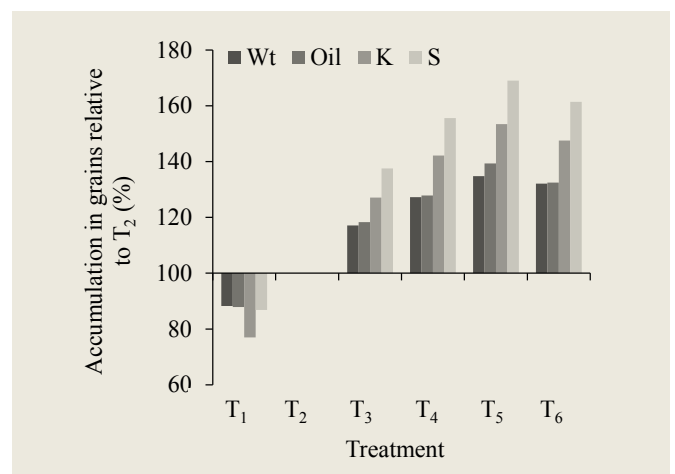


Fig. 4. Effects of K deficiency ( $T_1$ ), S supplemented at 20, 30, and 40 kg ha<sup>-1</sup> through Polysulphate application ( $T_3$ - $T_5$ , respectively), or through gypsum (40 kg S ha<sup>-1</sup>,  $T_6$ ), on the accumulation of fresh weight, oil, K, and S in mustard grains, relative to fertilization with the recommended doses of NPK ( $T_2$ ). For further details, see materials and method section and Table 2.

## 结论

- 芥末和芝麻生产中, 想要获取合理的籽粒产量及出油量, 钾肥施用至关重要。
- 像施用大量元素那样大量施用硫肥会显著增加油料作物如芥末和芝麻的产量。
- 在油料作物中硫和钾似乎存在着协同效应。
- 在选择基肥提高土壤中钾和硫时, Polysulphate是一个值得考虑的肥料。

## 参考文献:

- Anilakumar, K.R., A., Pal, F. Khanum, and A.S. Bawa. 2010. Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds - An Overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 75:149-168.
- Björkman, M., I. Klingen, A.N.E. Birch, A.M. Bones, T.J.A. Bruce, T.J. Johansen, R. Meadow, J. Mølmann, R. Seljåsen, L.E. Smart, and D. Stewart. 2011. Phytochemicals of Brassicaceae in Plant Protection and Human Health - Influences of Climate, Environment and Agronomic Practice. *Phytochemistry* 72:538-556.
- Boswell, C.C., and D.K. Friesen. 1993. Elemental Sulfur Fertilizers and their Use on Crops and Pastures. *Fertilizer Research* 35:127-149.
- Brosnan, J.T., and M.E. Brosnan. 2006. The Sulfur-Containing Amino Acids: An Overview. *J. of Nutr.* 136:16365-16405.
- Chesnin, L., and C.H. Yien. 1951. Turbidimetric Determination of Available Sulphur. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 14:149-151.
- De Pascale, S., A. Maggio, R. Pernice, V. Fogliano, and G. Barbieri. 2007. Sulphur Fertilization May Improve the Nutritional Value of *Brassica rapa* L. Subsp. *Sylvestris*. *Europ. J. Agron.* 26:418-424.
- Dubuis, P.H., C. Marazzi, E. Städler, and F. Mauch. 2005. Sulphur Deficiency Causes a Reduction in Antimicrobial Potential and Leads to Increased Disease Susceptibility of Oilseed Rape. *J. Phytopathology* 153:27-36.
- El-Adawy, T.A. 1997. Effect of Sesame Seed Protein Supplementation on the Nutritional, Physical, Chemical and Sensory Properties of Wheat Flour Bread. *Food Chemistry* 59:7-14.
- El-Adawy, T.A., and E.H. Mansour. 2000. Nutritional and Physicochemical Evaluations of Tahina (Sesame Butter) Prepared from Heat-Treated Sesame Seeds. *J. of the Science of Food and Agriculture* 80:2005-2011.
- El-Aman, S.T., S.T. El-Seroy, and B.A. El-Ahmar. 1998. Effects of NK Levels on Some Economic Characters of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Sesame Safflower Newsletter* 18:101-107.
- Fukagawa, N.K. 2006. Sparing of Methionine Requirements: Evaluation of Human Data Takes Sulfur Amino Acids Beyond Protein. *J. of Nutr.* 136:16765-16815.
- Ghosh, P., P.K. Jana, and G. Sounda. 1997. Effect of Sulphur and Irrigation on Growth, Yield, Oil Content and Nutrient Uptake by Irrigated Summer Sesame. *Env. Econ.* 15:83-89.
- Jackson, M. L. 1967. *Soil Chemical Analysis*. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd.
- Khan, N.A., M. Mobin, and Samiullah. 2005. The Influence of Gibberellic Acid and Sulfur Fertilization Rate on Growth and S-Use Efficiency of Mustard (*Brassica juncea*). *Plant and Soil* 270:269-274.
- Kopriva, S., M. Suter, P.V. Ballmoos, H. Hesse, U. Krahenbuhl, H. Rennenberg, and C. Brunold. 2002. Interaction of Sulphate Assimilation with Carbon and Nitrogen Metabolism in Lemna Minor. *Plant Physiol.* 130:1406-1413.
- Li, S., I. Schonhof, A. Krumbein, L. Li, H. Stutzel, and M. Schreiner. 2007. Glucosinolate Concentration in Turnip (*Brassica rapa* ssp. *rapifera* L.) roots as affected by nitrogen and sulfur supply. *J. Agricultural and Food Chemistry* 55: 8452-8457.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, New York.
- McGrath, S.P., and F.J. Zhao. 1996. Sulphur Uptake, Yield Response and the Interactions Between N and S in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Scie.* 126:53-62.
- Mozaffari, S.N., B. Delkosh, and A.S. Rad. 2012. Effects of Nitrogen and Potassium Levels on Yield and Some of the Agronomical Characteristics in Mustard (*Brassica juncea*). *Indian J. Science and Technology* 5:2051-2054.
- OAS (Odisha Agricultural Statistics). 2009. Government of Odisha, Department of Agriculture and Food production, Bhubaneswar, p. 32.
- Park, D., J.A. Maga, D.L. Johnson, and G. Morini. 1995. Major Volatiles in Toasted Sesame Seed Oil. *J. Food Lipids* 2:259-268.
- Prakash, V. 1985. Hydrodynamic Properties of  $\bar{A}$ -Globulin from *Sesamum indicum* L. *J. Biosciences* 9:165-175.
- Puste, A.M., B. Rey Pramanik, K. Jana, S. Roy, and T. Sunanda Devi. 2015. Effect of Irrigation and Sulphur on Growth, Yield and Water Use of Summer Sesame (*Sesamum indicum* L.) in New Alluvial Zone of West Bengal. *J. Crop and Weed* 11:106-112.
- Quasem J.M., A.S. Mazahreh, and K. Abu-Alruz. 2009. Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum indicum*). *Amer. J. Applied Sciences* 6:888-896.
- Rahul, D.S., and K.V. Paliwal. 1987. Sulphur Requirement of Maize and Sesame in Nutrient Solution. *Indian J. Plant Physiol.* 30:71-77.
- Saren, B.K., P. Nandi, and S. Tudu. 2005. Effect of Irrigation and Sulphur on Yield Attributes and Yield, Oil Content and Oil Yield and Consumptive Use Efficiency of Summer Sesame. *J. Oilseeds Res.* 22:383-84.
- Sawicka-Kapusta, K. 1975. Fat Extraction in the Soxhlet Apparatus. In: Grodziriski, W., R.Z. Klekowski, and A. Duncan (eds.). *Methods for Ecological Bioenergetics*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 288-293.
- Shehu, H.E. 2014. Uptake and Agronomic Efficiencies of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Amer. J. Plant Nutr. and Fertilization Technology* 4:41-56.



- Stoewsand, G.S. 1995. Bioactive Organosulfur Phytochemicals in Brassica Oleracea Vegetables - A Review. *Food Chem. Toxicol.* 33:537-543.
- Tiwari, R.K., K.N. Namdeo, J. Girish, and G. Jha. 2000. Effect of Nitrogen and Sulphur on Growth, Yield and Quality of Sesame (*Sesamum indicum*) varieties. *Res. Crops* 1:163-67.
- Ufaz, S., and G. Galili. 2008. Improving the Content of Essential Amino Acids in Crop Plants: Goals and Opportunities. *Plant Physiol.* 147:954-961.
- Zhao, F.J., E.J. Evans, P.E. Bilsborrow, and J.K. Syers. 1993. Influence of S and N on Seed Yield and Quality of Low Glucosinolate Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *J. Sciences of Food and Agric.* 63:29-37.

论文“杂卤石做肥料对油料作物芥末和芝麻产量及品质的影响”也可以在国际钾肥研究所的官方网站上浏览下载：[区域活动/印度](#)

# 研究论文



Sukadana site, East Lampung, Indonesia. Photo by A. Taufiq.

## 在印度尼西亚酸性旱地上施用钾肥对木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 的影响

Taufiq, A.<sup>(1)(\*)</sup>, Subandi<sup>(1)</sup>, and H. Suyanto<sup>(1)</sup>

### 摘要

印度尼西亚的楠榜 (Lampung) 地区是主要的木薯生产地。该地区的土壤呈酸性，阳离子交换量 (CEC) 非常低，有机质含量更少，甚至可忽略不计。在这种土壤条件下假定钾 (K) 的可用性对木薯种植是一个限制因素，从木薯种植后15天开始，按序每次施用6个不同剂量的钾肥 (0、30、60、90、120和180 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>)，另外再设一个农民的常规施肥作为对照，试验在Sukadana和Rumbia在两个地点同时进行。除了一个处理施用200 kg N ha<sup>-1</sup>和60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>外，所有的钾肥处理结合施用135 kg N ha<sup>-1</sup>和36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>。氮磷钾肥分别选用尿素 (46% N)、SP36

(36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 和氯化钾 (60% K<sub>2</sub>O)。然而在收获时发现，不同的钾肥施用量几乎没有影响到土壤属性，但是它们能明显的影响植物生长、植物组织器官中钾的含量，以及块茎产量。在Sukadana, 60-90 g K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>是最佳钾肥施用量，基本能满足木薯对钾的需求。而在Rumbia, 最佳钾肥施用量却稍高。然而，一些证据表明，在该地区施用

<sup>(1)</sup> 印度尼西亚豆科和块茎作物研究所, Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66, Malang 65101 East Java, Indonesia

<sup>(\*)</sup> 通讯作者: [ofic\\_rilet@yahoo.com](mailto:ofic_rilet@yahoo.com)

注: 国际钾肥研究所感谢前东南亚项目协调员Mr. Alexey Shcherbakov对这个项目的大力支持。

钾肥及其他手段来提高木薯生产的潜力是相当高的。对一些措施,如所施钾肥随作物的生长季分多次施用,补充有机堆肥来提高土壤肥力和木薯作物产量进行了讨论。

## 引言

印度尼西亚是世界上第四大木薯生产国,位于尼日利亚、巴西和泰国之后。BPS的数据 (<http://www.bps.go.id>) 显示,在过去的10年(2000-2011)木薯种植面积从1.28万公顷下降到118万公顷,下降了7.7%,但生产力却增长了62.4%,从 $12.5 \text{ t ha}^{-1}$ 增加到 $20.3 \text{ t ha}^{-1}$ 。楠榜、东爪哇、中爪哇是主要的木薯生产省份,分别占木薯种植总面积的26.3%、17.7%和16.2%。这些地区的土壤类型主要是老成土、淋溶土、始成土,肥力较差(Suryana, 2007)。

木薯的用途比较广泛,可作食品、动物饲料以及众多行业中的原料,因此未来对木薯生产的需求可能增加。在印度尼西亚,木薯在粮食安全中占据相当重要的战略地位,这是因为64%的木薯是作为粮食来消费的。最近,关于发展木薯作为生物燃料的原料的相关研究已经开始启动。

在楠榜,木薯主要加工成木薯粉。2013年的工业和贸易报告中提到该地区有66个木薯粉生产商,对楠榜的资本增值和福利影响贡献重大(Nugroho and Hanani, 2007),木薯产品稳步增加,楠榜农业的官方数据显示,2012年木薯种植面积为366,830公顷,比2011年增加了42.6%,产量增加了121%。

在印度尼西亚,如果栽培管理措施恰当,木薯产量可以达到 $25-40 \text{ t ha}^{-1}$ (Wargiono *et al.*, 2006)。Taufiq *et al.*(2009)报道,当氮(N)、磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、钾( $\text{K}_2\text{O}$ )肥的施用量分别为70、30、115  $\text{kg ha}^{-1}$ 时,木薯的产量可以达到63  $\text{t ha}^{-1}$ 。木薯生长所要吸收的营养数量较高。Howeler (1981)发现每生产21  $\text{t ha}^{-1}$ 的新鲜块茎,木薯需要吸收氮(N)、磷(P)、钾(K)的量分别为87、37.6、117  $\text{kg ha}^{-1}$ 。Wargiono *et al.*(2006)报道,当木薯产量为30  $\text{t ha}^{-1}$ 时,需要分别吸收147.6、20.7、148.8  $\text{kg ha}^{-1}$ 的氮(N)、磷(P)、钾(K)。Amanullah *et al.*(2007)研究表明当新鲜块茎产量为20-35  $\text{t ha}^{-1}$ 时,需求氮(N)、磷(P)、钾(K)的营养元素比例比较稳定,分别约为6、0.75、6  $\text{kg ha}^{-1}$ 。这些数据表明木薯对钾吸收需求与氮的需求一

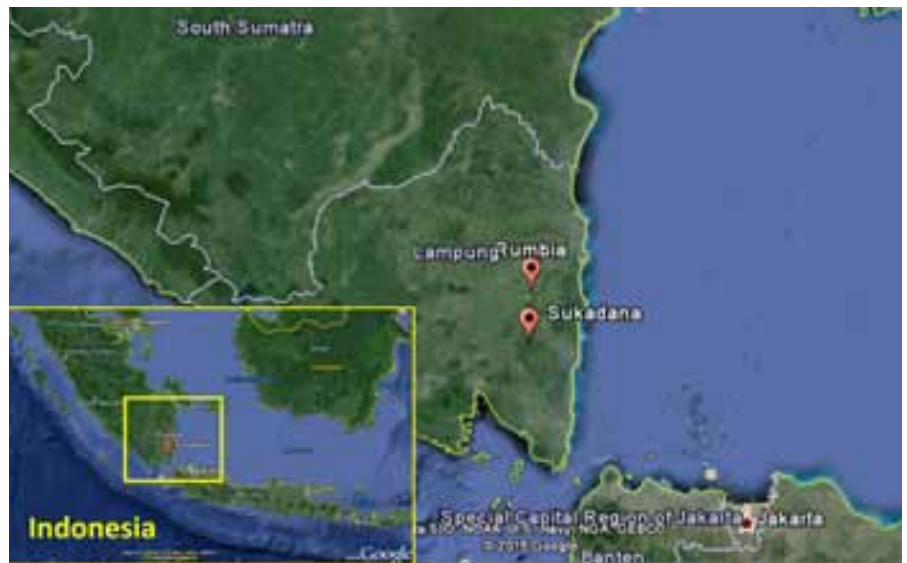


图1. 印度尼西亚楠榜Sukadana and Rumbia两个试验点示意图。图片制作使用GoogleEarth™。

样高。Putthacharoen *et al.* (1998)的研究表明,在收获物中,木薯吸收的钾素同玉米和花生吸收的钾素一样高。

很多研究(Maduakor, 1997; Suyanto, 1998; Nguyen *et al.*, 2002; Ispandi and Munip, 2005)已经表明施用钾肥会对木薯产量带来有利的影响,特别是在贫瘠的土壤上施用钾肥,土壤中可交换的钾离子含量处于临界阈值以下,即低于 $0.15 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1} \text{ 土}$ (Howeler, 1981)。时,更是这样此外,已有研究表明如果连续5年不施用钾肥,种植的木薯产量下降明显(El-Sharkawy和Cadavid, 2000)。不仅如此,木薯产量的减少还受到钾肥施用习惯的严重影响。总之,木薯对施肥的反应很大程度上取决于当地的土壤属性和农民的施肥措施。过去,大多数的印度尼西亚木薯种植户不施用任何肥料(FAO, 2005)。即使那些施用肥料的种植户,也是经常习惯于施用高水平的氮肥,较少的磷肥,不施用钾肥。收获时,几乎所有的木薯生产物都被带出土地,因此土壤肥力,特别是土壤钾素量迅速下降。因此,根据当地土壤属性和木薯种植需求优化钾肥施用量非常重要。

本研究的目的是:

1. 在印度尼西亚主要木薯生产地楠榜的两种典型土壤上安排试验,验证随钾肥施用量的增加对木薯带来的影响。
2. 与一般的缺钾施肥相比,验证施用钾肥对木薯产量带来的有利影响。
3. 向木薯种植户和农业推广人员灌输平衡营养管理的经验,并进行成本及收益比率分析。

## 材料和方法

### 种植日期及试验地点

田间试验安排在两处农户的田地 (图1): 一处位于楠榜省东楠榜区Sukadana街道办事处Sukadana Ilir村, 东经105° 32' 27.98", 南纬5° 2' 38.63", 海拔46m, 2012年11月22日播种, 2013年6月20日收获。另一处位于楠榜省楠榜中心区Rumbia街道办事处Restubaru村, 东经105° 34' 12.40", 南纬4° 46' 15.30", 海拔47 m。2012年11月16日播种, 2013年6月14日收获。

### 试验安排

试验由7个处理组成, 随机完全区组设计, 重复3次。包括6个不同钾肥施用量处理 (0、30、60、90、120和180 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) 和1个农民常规施肥处理。每个处理重复10次。除了一个处理施用200 kg N ha<sup>-1</sup>和60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>外, 所有的钾肥处理结合施用135 kg N ha<sup>-1</sup>和36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>。氮磷钾肥分别选用尿素 (46% N)、SP36 (36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 和氯化钾 (60% K<sub>2</sub>O)。在一个作物生长季氮肥共施用三次, 即在作物播种后的30、90、120天后分别施用氮肥年度用量的25%、50%和25%。磷肥在种植时施用50%, 剩余的在播种后90天追施。钾肥在播种后15天一次施用, 施用方法为在作物两边穴施, 并覆土。

Sukadana的农民习惯施肥为施用300 kg ha<sup>-1</sup>的Phonska (N-P-K-S为15-15-15-10) 和300 kg ha<sup>-1</sup>的尿素 (46% N)。Rumbi的农民习惯施肥为施用200 kg ha<sup>-1</sup>的Phonska (N-P-K-S为15-15-15-10) 和200 kg ha<sup>-1</sup>的SP36 (36% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)。所有肥料都是在种植后30天施用。

### 试验田间实施

土壤耕耘两次直至平整没有沟垄。根据当地农民的茎插习惯播种, 品种选择当地的常规木薯品种, 农民比较喜欢短熟品种, 一般在种植后6个月就可收获。在Sukadana, 种植的木薯品种为UJ3, 株距为50厘米, 行距为60厘米, 木薯的种植密度为33,333株ha<sup>-1</sup>。在Rumbia, 种植的木薯品种为UJ5, 株距为50厘米, 行距为70厘米, 木薯的种植密度为28,570株ha<sup>-1</sup>。所有试验地点的农民通常把木薯作为单一种植作物, 一年种植两次。通常在种植七个月后收获木薯 (约为播种后210天收获)。Sukadana和Rumbia试验田的小区面积分别为7.2米×8米和7米×8米。

在播种30天后进行间苗, 每蔸留2苗。在播种后30、60、90天根据田间情况人工除草。施用化学农药进行病虫害防治。

### 数据收集

首先取0-20厘米及20-40厘米的土壤, 分析土壤属性包括土壤质地、pH、有效磷、可交换性钾、钙和镁以及有机质。使用土钻从试验点有规律的采取9个土壤样品。相同深度的土样混合在一起带回实验室分析。

在播种后30、60、90、120、150、180天及收获时, 每小区选择5棵木薯测量株高。在收获时, 每小区选择3棵木薯测量叶子、茎和块茎的干重, 样品在105° C至少烘干48小时, 直到恒重。

在收获时, 测定叶片 (包括叶柄)、茎和块茎中钾的含量。同时, 在收获时从各小区根 (块茎) 区随机取土样进行土壤钾素的分析。施用Eviati dan Sulaeman (2009) 的方法分析测定植株和土壤中的钾。



Performance of Cassava of c.v UJ3 five months after planting, grown on acidic dryland at Sukadana site, East Lampung, without K fertilization (treatment no. 2=135 kg N ha<sup>-1</sup> + 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> + 0 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). Photo by A. Taufiq.



Performance of Cassava of c.v UJ3 five months after planting grown on acidic dryland at Sukadana site, East Lampung, with K fertilization (treatment no. 4=135 kg N ha<sup>-1</sup> + 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> + 60 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). Photo by A. Taufiq.

收获时从各小区的中间位置选取6行木薯测定新鲜块茎产量。随机选取块茎,并使用酸水解的方法测定木薯中的淀粉含量(Nelson-Somogyi et al., 1997)。

使用Statistix 3.0统计软件对收集的数据进行方差分析和均值比较(N.H. Statistical Software)。

## 结论与讨论

### 土壤属性

表层土(0-20厘米)和底土(20-40厘米)这两个层次的土壤均为砂土居多,但是也包含了相当一部分的粘土(表1)。这两个层次的土壤pH均呈酸性,甚至呈强酸性。通过测定有机碳(C)来确定土壤中有机质的量,测定结果显示这两个层次的土壤有机质含量很低,尤其是表层土壤含量更低。表层土的有效磷含量较高,比临界阈值的18 ppm  $P_2O_5$ 要高(Howeler, 1981),但底层土的含量却比临界阈值低。钾的有效性(可交换性钾)在两个层次都非常低(表1),都低于临界阈值0.15 meq 100  $g^{-1}$ (Howeler, 1981)。在这两个土壤层次,可交换性的钙高于临界阈值0.25 meq 100  $g^{-1}$ (Howeler, 1981)。

收获时(播种后210天),表层土壤钾的含量依然很低,随钾肥施用量的增加,土壤中的钾含量变化不大(表2)。在Rumbia试验地,随钾肥施用量的增加,土壤中的钾含量变化差异显著,速效钾含量与施钾量呈正相关( $r=0.79^*$ )。此外,在Sukadana试验地,从木薯种植到收获期间,土壤中有效含量稍微增加,但Rumbia试验地,却是减少(表1和表2)。有趣的是,在这两处试验地的农民的常规施肥处理中,土壤中有效钾的含量与那些施用高量钾肥的处理相当(表2)。

### 木薯的生长和发育

施肥处理对两处试验地的木薯茎增长(图1)和地上生物量的积累量(表3)影响明显。随钾肥施用量的增加,木薯的茎长度也逐渐的增加,显著差异发生的相当晚,当钾肥的施用量较大,为最大的120、180 kg  $K_2O$ 时,茎长达到最高。因此,在没有任何施钾肥的情况下,茎长在所有处理中是最小的,尤其是在接近木薯收获的时候表现的更明显。农民的常规施肥处理中木薯的株高同施钾肥处理之间没有显著差异。

木薯茎增长的动态表明,在一个生长季里木薯对施用钾肥产生明显反应较晚,不同的种植地和品种表现都不一样。在Sukadana,可以观察到木薯对施用钾肥的明显反应不会早于播种后90天,而在Rumbia,观察到这种木薯对施钾肥反应要推迟到播种后180天。

施钾肥会明显增加木薯的地上部干重(表3)。在这两处试验地,相比于不施钾肥处理,当钾肥施用量为30 kg  $K_2O ha^{-1}$ 时,木薯的地上部干重增加了21%-23%,当钾肥施用量为60 kg  $K_2O ha^{-1}$ 时,木薯的地上部干重进一步增加,为47%-50%。继续增加钾肥的施用量超过60 kg  $K_2O ha^{-1}$ ,木薯的地上部干重也增加,但是差异不显著。两处试验地的农民习惯性施肥处理中木薯地上部干重与施钾量为30 kg  $K_2O ha^{-1}$ 的处理相似,比不施钾肥的地上部干重稍高一点。

在收获时,茎的干重在地上部干重中占主导地位,这两处的试验都表现出相似的规律(表3)。收获时植株上剩余的植物叶片数约占整个生长季叶片数总数的15%。因此,收获时叶片的生物量不能作为施钾对于重积累量影响的指标。总之,在Rumbia试验地,收获时树叶的干重为

**Table 1.** Soil properties of the experimental sites at Sukadana and Rumbia.

	Sukadana - East Lampung		Rumbia - Central Lampung	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Sand (%)	40	61	81	79
Silt (%)	26	39	8	3
Clay (%)	34	0	11	18
Texture class	Clay loam	Silty loam	Loamy sand	Sandy loam
pH-H <sub>2</sub> O (1:2.5)	4.5	4.7	5.1	4.9
pH-KCl (1:2.5)	3.9	4.1	4.2	4.2
C-organic (%)	0.95	0.72	1.18	0.79
P (Bray 1) (ppm $P_2O_5$ )	27.8	8.45	49.2	11.4
Exch-K (meq 100 $g^{-1}$ )	0.05	0.09	0.07	0.12
Exch-Ca (meq 100 $g^{-1}$ )	0.36	0.54	0.75	0.48
Exch-Mg (meq 100 $g^{-1}$ )	0.20	0.30	0.28	0.20

**Table 2.** Effect of K fertilization on K availability in the top soil layer (0-20 cm) at harvest. Lampung, 2012-2013.

Treatment	Fertilizer treatment			Exchangeable K	
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	Sukadana	Rumbia
	-----kg $ha^{-1}$ -----			-----meq 100 $g^{-1}$ -----	
T <sub>1</sub>	Farmer <sup>(1)</sup>	Farmer	Farmer	0.07	0.06
T <sub>2</sub>	135	36	0	0.06	0.04
T <sub>3</sub>	135	36	30	0.06	0.04
T <sub>4</sub>	135	36	60	0.08	0.06
T <sub>5</sub>	135	36	90	0.07	0.05
T <sub>6</sub>	135	36	120	0.08	0.06
T <sub>7</sub>	200	60	180	0.08	0.07

Note: <sup>(1)</sup>Farmers' fertilization practices are detailed in the Materials and methods section.

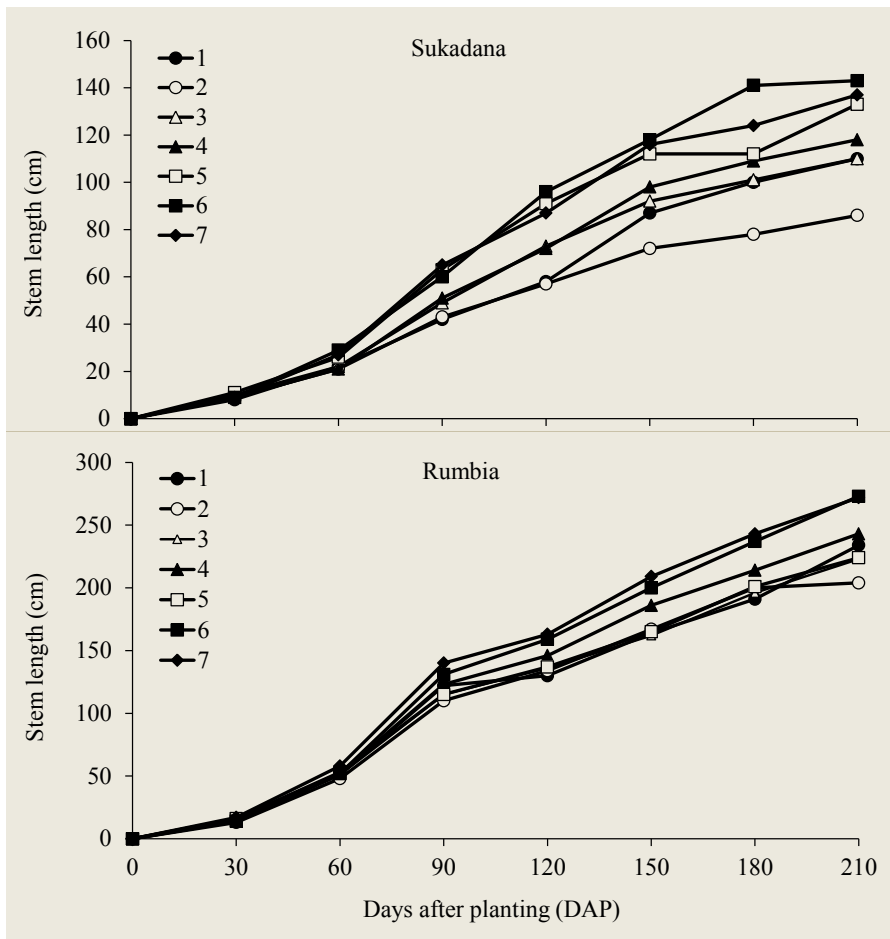


Fig. 1. Effect of K fertilization on cassava stem growth at Sukadana (cv. UJ3), and at Rumbia (cv. UJ5) during 2012-2013 cropping season (treatment codes as in Table 2).

30天后的木薯叶片上没有发现缺素症。缺素症在木薯播种60天后开始出现, 没有施钾肥处理的木薯叶片比施用钾肥处理的叶片小, 但是没有进一步的症状表现。从播种90天后直到收获, 没有施用钾肥处理的木薯叶片小 (数据未显示), 在叶片边缘表现出典型萎黄病症状。

施肥对组织器官中钾和淀粉含量的影响

在这两个试验地, 收获时叶片中的含钾量与该生长季的钾肥施用量显著相关 (图2, 表4)。当钾肥的施用量为0或低剂量时, 叶片含钾量占叶片干物质的1%, 当钾肥的施用量最高时, 叶片含钾量占叶片干物质的2.4%。茎的含钾量也与钾肥施用量相关, 但相关性较小, 含钾量占干物质的0.4%-0.9% (表4, 图2)。收获时块茎中的钾含量更小, 含钾量占干物质的0.2%-0.4%, 当钾肥的施用量为90-120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时, 块茎中的含钾量与钾肥施用量相关, 当钾肥的施用量超过120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时, 块茎中的含钾量反而降低 (图2)。农民习惯施肥处理中木薯叶、茎和块茎的含钾量相当于施用高量钾肥的处理 (图2)。在叶片和茎以及叶片和块茎之间的钾含量存在一些相关性 (表4)。

钾肥施用对收获时块茎中的淀粉含量没有带来任何明显的影响 (图2, 表4)。不考虑不施钾肥的处理, 在Sukadana试验地, 块茎中淀粉的含量占块茎鲜重的25%-28%, 而在Rumbia试验地, 块茎中淀粉的含量占块茎鲜重的31%-34%。木薯地上组织器官中钾的含量和块茎中的淀粉含量无显著相关性 (表4)。

块茎 (存储根) 产量

两个试验地, 不施用钾肥处理的木薯块茎的鲜重和干重明显较低 (表5)。在Sukadana试验地, 当钾肥的施用量为60 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时, 块茎产量最高, 比不施钾肥处理的块

Table 3. Effects of K fertilization on above ground dry biomass of cassava at Sukadana and Rumbia. Lampung, 2012-2013.

Treatment	Fertilizer treatment			Dry weight			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Sukadana East Lampung		Rumbia Central Lampung	
				Stem	Shoot	Stem	Shoot
T <sub>1</sub>	Farmer <sup>(1)</sup>	Farmer	Farmer	1.7 bc <sup>(2)</sup>	2.1 bc	5.5 bc	6.1 bc
T <sub>2</sub>	135	36	0	1.3 c	1.7 c	4.2 c	4.8 c
T <sub>3</sub>	135	36	30	1.6 bc	2.1 bc	5.2 bc	5.8 bc
T <sub>4</sub>	135	36	60	2.1 ab	2.5 ab	6.6 ab	7.2 ab
T <sub>5</sub>	135	36	90	2.7 a	3.2 a	5.4 bc	6.1 bc
T <sub>6</sub>	135	36	120	2.8 a	3.2 a	6.7 ab	7.4 ab
T <sub>7</sub>	200	60	180	2.5 a	2.9 a	8.2 a	8.9 a

Notes: <sup>(1)</sup>Farmers' fertilization practices are detailed in the Materials and methods section.  
<sup>(2)</sup>Different letters in a column indicate significant differences at P < 0.05.

0.4-0.5 t ha<sup>-1</sup>, 在Sukadana试验地, 收获时树叶的干重为0.6-0.8 t ha<sup>-1</sup>, 不同

施肥处理之间没有显著差异。两个试验地的所有处理, 在播种

茎产量高出47%，进一步增加钾肥的施用量未能显著提高木薯块茎的产量。在Rumbia试验地，当钾肥的施用量较高，为90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，生产的木薯块茎鲜重最高，当钾肥的施用量为120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，生产的木薯块茎干重最高，分别比不施钾肥处理的高15%和25%，进一步增加钾肥施用量并没有带来任何好处。在这两个试验地，农民的常规施肥处理木薯块茎产量与施用中等剂量钾肥的处理相当，即钾肥的施用量为30 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>和30-60 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，Sukadana 和 Rumbia两试验地木薯块茎的干重分别比不施钾肥的处理的高25%和19%（表5）。Sukadana和Rumbia两试验地的收获指数分别为0.8和0.7，不受钾肥施用的影响。

农学效率和经济效益

在Sukadana试验地，当钾肥的施用量为60 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，钾肥施用的农学效率最高，为207 kg FTY kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O，随钾肥施用量继续增加而慢慢降低。在Rumbia试验地，农学效率

的峰值要小得多，当钾肥的施用量为30 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，钾肥施用的农学效率最高，为83 kg FTY kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O，随钾肥施用量继续增加而降低。在Sukadana试验地，纯收益表现出最佳曲线，当钾肥的施用量为60-90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，

**Table 4.** Coefficients of linear correlations between seasonal K dose and cassava leaf, stem, and tuber K contents, and tuber starch content at harvest, in Sukadana and Rumbia, 2012-2013.

Experiment site	Variables	K <sub>2</sub> O dose	K leaf	K stem	K tuber	Starch
Sukadana	K <sub>2</sub> O dose (kg ha <sup>-1</sup> )	1.00	-	-	-	-
	K leaf (%)	0.95**	1.00	-	-	-
	K stem (%)	0.67*	0.60*	1.00	-	-
	K tuber (%)	0.74*	0.65*	0.23	1.00	-
	Starch (%)	0.53	0.61	0.09	0.38	1.00
Rumbia	K <sub>2</sub> O dose (kg ha <sup>-1</sup> )	1.00	-	-	-	-
	K leaf (%)	0.71*	1.00	-	-	-
	K stem (%)	0.85*	0.84**	1.00	-	-
	K tuber (%)	0.86**	0.68*	0.78**	1.00	-
	Starch (%)	-0.01	0.40	0.32	0.04	1.00

Note: n=10; \* and \*\* indicate statistical significance at 5% and 1% levels.

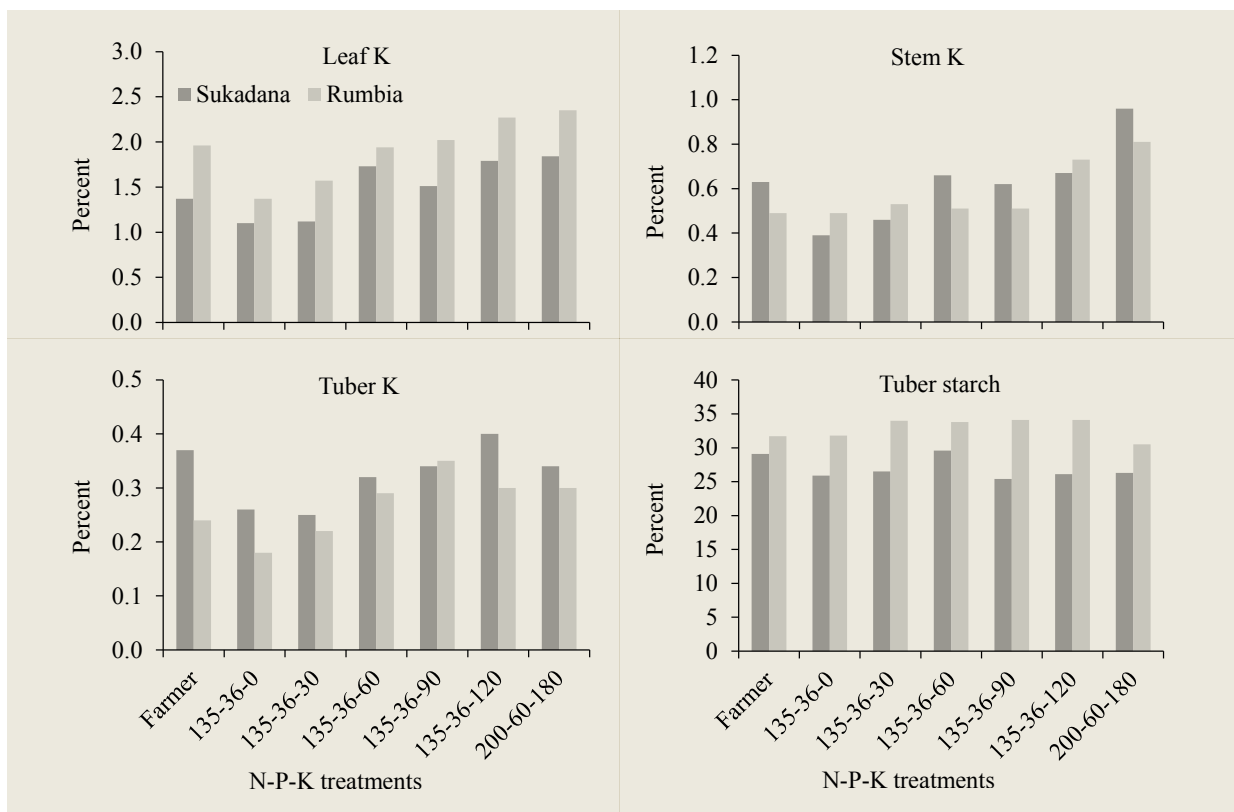


Fig. 2. Fertilization effect on cassava leaf, stem, and tuber K content (% of dry matter), and tuber starch content (% of fresh weight) at harvest, in Sukadana and Rumbia, 2012-2013.

最大纯收益为33·10<sup>6</sup>印尼卢比 (IDR)，然后随钾肥施用量的增加，纯收益急剧下降 (图3)。在Rumbia试验地，最初的 (没有施用肥处理) 纯收益较高，随钾肥施用量的增加，纯收益慢慢地增加，直到钾肥的施用量为120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>时，纯收益达到最高，为28·10<sup>6</sup>印尼卢比 (IDR)。

讨论

砂质土壤，就如本试验的两处试验地的土壤，通常适宜块茎作物如木薯的栽培。当土壤中也包含相当一部分粘土时 (表1)，阳离子交换量 (CEC) 没有像预想的那样大大限制作物的生长。然而，在这两个试验地，土壤呈酸性，甚至是强酸性，此外，有机质 (OM) 非常贫乏。高含量的

砂土，低的土壤pH，贫乏的有机质含量以及频繁的降雨 (在木薯的一个生长季降雨量约为1800毫米) 和重复的土地开发带来了极低的阳离子交换量，尤其是交换性钾的含量很低 (表1)，远低于Howeler的土壤临界阈值 (Howeler, 2002)。因此，钾的有效性被假定为可能是该地区的木薯种植的主要限制因素。大多数木薯种植户施用很少的钾肥，对他们现场展示施用钾肥会给木薯产量的带来有益效果是必需的。

在这两个试验地，发生在植物特性和FTY之间的一些差异可以归因于栽培品种的明显差异，而不是土壤属性之间的轻微差异。Sukadana的农民倾向于选择UJ3品种 (也

叫“泰国”)，而Rumbia农民更倾向于UJ5品种 (‘Kasetsart’)。UJ3品种生长更快，产生较高的FTY，获得高于UJ5的收获指数 (分别为0.8和0.7)。相比之下，UJ5块茎表现为干物质含量 (淀粉) 较高，为44%，而UJ3品种仅为36%，因此，它的售卖价格要高于UJ3品种 (在2013的生长季里，UJ5和UJ3品种的价格分别为910、880印尼卢比IDR)。因此，鉴于这些本质的差异，本研究的讨论将集中在钾肥施用与环境条件等一些主要方面。

事实上，钾肥的施用极大地推动了植物生长 (图1，表3)，提高了FTY (表5)。两个试验地土壤钾的有效性最初都非常低，因此毫无疑问，无论施用任何用量的钾肥都会改善木薯的生长，如文中所提到的株高、茎及地上部物质的干重。显然，可以做出施用钾肥的响应曲线，确定楠榜地区木薯一个生长季最优钾肥施用量为60-90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (表5;图3)。然而，一些证据表明施用钾肥及其他提高木薯生产措施的潜力在该地区是相当高的。

本研究中获得的最大的木薯产量是30-40 t ha<sup>-1</sup>。这个产量处于之前所报道的各种土壤条件和施肥制度下木薯的产量范围的中上等 (Wargiono *et al.*, 2006)。然而，之前Taufiq *et al.*, 2009报道的更高的收益

**Table 5.** Effects of K fertilization on fresh tuber yield (FTY) and dry tube yield (DTY) of cassava crop at Sukadana and Rumbia sites, Lampung, 2012-2013.

Treatment	Fertilizer treatment			Tuber yield			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Sukadana (cv. UJ3)		Rumbia (cv. UJ5)	
				FTY	DTY	FTY	DTY
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----			-----Mg ha <sup>-1</sup> -----			
T <sub>1</sub>	Farmer <sup>(1)</sup>	Farmer	Farmer	31.3 b <sup>(2)</sup>	9.4 abc	30.9 a	13.9 ab
T <sub>2</sub>	135	36	0	26.1 c	7.5 c	27.9 b	11.7 c
T <sub>3</sub>	135	36	30	31.4 bc	8.6 bc	30.4 ab	13.3 b
T <sub>4</sub>	135	36	60	38.5 a	11.1 a	30.3 ab	13.5 ab
T <sub>5</sub>	135	36	90	37.8 a	10.4 ab	31.6 a	14.0 ab
T <sub>6</sub>	135	36	120	35.0 ab	10.6 ab	32.1 a	14.6 a
T <sub>7</sub>	200	60	180	36.5 ab	9.5 abc	32.7 b	14.7 a

Notes: <sup>(1)</sup>Farmers' fertilization practices are detailed in the Materials and methods section. <sup>(2)</sup>Different letters in a column indicate significant differences at P <0.05.

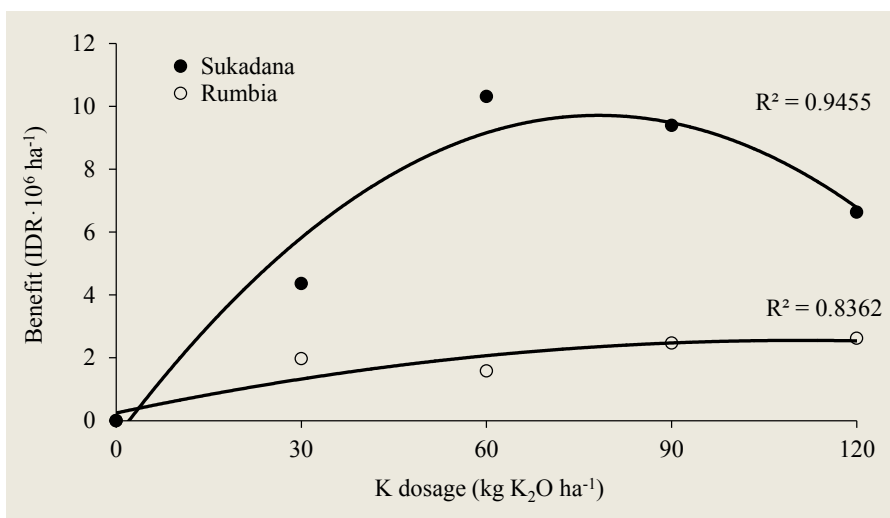


Fig. 3. Effect of K fertilization dose on the net return from cassava at Sukadana and Rumbia, Lampung, Indonesia, 2012-2013.



率可能指向还有相当高的潜力。实际生产中什么样的措施可以用来实现这种潜力呢？

在当前的研究中，关于土壤中钾的含量，木薯收获时与木薯播种时相比变化不大，即使是钾肥的施用量最大的处理也是如此（表2），这表明了肥料的短期效果。最早是在木薯播种后15天，施肥一次会对作物生长和组织器官中钾的含量产生明显影响（图2），即使在收获时，研究表明植物还会吸收一些施用的营养物质。钾在植物体内极易移动，根据糖易位需求和淀粉积累在组织器官之间的重新分配（Marschner, 1995）。也可以这样假设，无论以何种方式，大部分施加的钾肥在施用后不久从作物根系是淋失掉，这经常发生在土壤CEC少且降水量高的地区（Lambin and Meyfroidt, 2010）。根据当地农民的习惯施肥，农民施肥较晚，一般在播种30天后施用，此时植物的须根已经扎入土壤并开始吸收养分了（Alves, 2002）。这些做法导致了习惯施肥方法获得木薯产量与中等施钾量处理的相似。可以得出的结论是施用钾肥应该晚一点，至少应该晚于播种后的15天，此外，应考虑随作物的生长季分配各次的施肥量，施用次数应该频繁一点。

有机质的贫瘠通常与土壤颗粒松散，随之发生的土壤侵蚀以及低的CEC联系在一起（Don *et al.*, 2010; Prabowo and Nelson, 2015）。木薯收获后的习惯做法是把植株残体移除田块，这种做法虽然是从控制植物病害方面考虑，但是却加速土壤退化的进程。在木薯种植过程中，施用有机肥料已被证明可以导致植物吸收更多的营养，提高块茎产量，减少土壤养分的消耗（Amanullah *et al.*, 2007）。沿木薯种植行直接条施有机堆肥、补充性肥料及土壤改良剂（如施用石膏降低土壤酸度）会使根系扩展到新的肥沃的土壤空间，从而提高作物对养分的吸收，促进作物生长。如果在很长一段时期内重复这种施肥方式将会恢复土壤属性。

总之，在CEC含量低的酸性土壤上施用钾肥会对木薯作物生长带来明显的有利影响。当然，对产量的提高还有相当大的潜力。提高土壤肥力将会实现木薯生产的潜力。

### 参考文献

- Alves, A.A.C. 2002. Cassava Botany and Physiology. *In: Hillocks, R.J., J.M. Thresh, and A.C. Bellotti (eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization.* CABI Publishing, New York. p. 67-89.
- Amanullah, M.M., K. Vaiyapuri, K. Sathyamoorthi, S. Pazhanivelan, and A. Alagesan. 2007. Nutrient Uptake, Tuber Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Soil Fertility as Influenced by Organic Manures. *J. Agron.* 6(1):183-187.
- BPS, Statistik Indonesia (Statistic of Indonesia). <http://www.bps.go.id/>.
- Don, A., J. Schumacher, and A. Freibauer. 2010. Impact of Tropical Land Use Change on Soil Organic Carbon Stocks - A Meta-Analysis. *Global Change Biology* 2010, 17:1658-1670.
- El-Sharkawy, M.A., and L.F. Cadavid. 2000. Genetic Variation Within Cassava Germplasm in Response to Potassium. *Expl. Agric.* 36:323-334.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk (Chemical Analysis of Soil, Plant, Water and Fertilizer). Edisi ke-2. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. 246 p. (In Indonesia).
- FAO. 2005. Fertilizer Use by Crop in Indonesia. First version. FAO, Rome. 62 p.
- Howeler, R.H. 1981. Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 52 p.
- Howeler, R. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. *In: Hillocks, R.J., J.M. Tresh, and A. Bellotti (eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization.* Natural Resources Institute, University of Greenwich, U.K. Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), Cali, Colombia. p. 115-147.
- Ispandi, A., and A. Munip. 2005. Efektifitas pengapuran terhadap serapan hara dan produksi beberapa klon ubikayu di lahan kering masam (The Effectiveness of Liming to Nutrient Uptake and Yield of Cassava Clones on Acidic Dryland). *Ilmu Pertanian* 12(2):125-139.
- Lambin, E.F., and P. Meyfroidt. 2010. Land Use Transitions: Socio-Ecological Feedback Versus Socio-Economic Change. *Land Use Policy* 27:108-118.
- Maduakor, H.O. 1997. Effect of Land Preparation Method and Potassium Application on the Growth and Storage Root Yield of Cassava in an Acid Ultisol. *Soil and Tillage Research* 41:149-156.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York.
- Nelson-Somogyi, S., B. Sudarmadji, Haryono, dan Suhardi. 1997. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian (Procedure Analysis for Food Material and Agriculture). Liberty, Yogyakarta. p. 34-35 and 39-40. (In Indonesia).
- Nguyen, H., J.J. Schoenau, Dang Nguyen, K. Van Rees, and M. Boehm. 2002. Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Cassava Yield and Plant Nutrient Composition in North Vietnam. *J. Plant Nutr.* 25(3):425-442.
- Nugroho, I., and N. Hanani. 2007. Studi Investasi untuk Pengembangan Komoditi Pertanian di Propinsi Lampung: Pendekatan input-output (Investment Study for Agriculture Commodity Development in Lampung Province: Input-Output Approach). *J. Ekonomi* 12(1):32-39.

- Prabowo, N.E., and P.N. Nelson. 2015. Potassium and Magnesium Retention and Losses, as Affected by Soil and other Site Factors. *In*: Webb, M.J., P.N. Nelson, C. Bessou, J.-P. Caliman, and E.S. Sutarta (eds.). Sustainable Management of Soil in Oil Palm Plantings. Proceedings of a workshop held in Medan, Indonesia, 7-8 November 2013. ACIAR Proceedings No. 144. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. p. 27.
- Putthacharoen, S., R.H. Howler, S. Jantawat, and V. Vichukit. 1998. Nutrient Uptake and Soil Erosion Losses in Cassava and Six other Crops in a Psamment in Eastern Thailand. *Field Crops Res.* 57:113-126
- Suryana, A. 2007. Kebijakan penelitian dan pengembangan ubi kayu untuk agroindustri dan ketahanan pangan (Research Policy of Cassava Development for Agroindustry and Food Security). Hlm. 1-19. Dalam Harnowo, D., Subandi, dan N. Saleh (Peny.). *Prospek, Strategi, dan Teknologi Pengembangan Ubi kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 98 hlm.
- Suyamto, H. 1998. Potassium Increased Cassava Yield on Alfisol Soils. *Better Crops International* 12(2):12-13.
- Taufiq, A., A.A. Rahmianna, and W. Unjoyo. 2009. Uji efektivitas pupuk NPK Kujang formula 14-6-23 untuk tanaman ubikayu (Evaluation of Effectiveness of NPK Kujang 14-6-23 for Cassava). Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang (Project report).
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. *Teknologi Produksi Ubi kayu Mendukung Industri Bioetanol (Production Technology of Cassava for Bioethanol Industry Support)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 42 hlm.

论文“在印度尼西亚酸性旱地上施用钾肥对木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 的影响”一文可以在国际钾肥研究所的官方网站上浏览下载：[区域活动/东南亚](#)

# 学术动态

## IPI学术活动

2015年7月

坦桑尼亚第一届全国钾素论坛，主题“作物生产与食品安全中的钾素营养”，2015年7月28-29日，Dar es Salaam, 坦桑尼亚联合共和国

坦桑尼亚第一届全国钾素论坛于2015年7月28-29日在Dar es Salaam举办。60多名科学家、推广官员、政府官员，肥料企业和农场技术人员参加了这次会议。参加这次会议的还有一位贵宾，就是来自坦桑尼亚共和国总统府宣传局的副主任Mr.Peniell Lyimo 先生。

这个活动是由非洲肥料和农商联合会、国际钾肥研究所以及Mlingano农业研究所共同主办的。

在过去的50多年里，人们一直以为坦桑尼亚土壤中富含钾素。这个观念导致过去对坦桑尼亚土壤钾素状况、植物营养和含钾的施肥推荐的研究少得可怜。坦桑尼亚对烟草、剑麻、茶叶等的推荐施用的掺混肥料中含有钾肥。其他作物中就比较少使用钾肥，主要依靠土壤自身含钾提供植物营养，由于施钾不足导致土壤钾素含量越来越低。

近年来，人们发现一些土壤的钾素含量低于原来的想象，在一些主要作物比如玉米、木薯和水稻上普遍出现缺钾的症状。基于这种情况，特别迫切地需要施用含钾肥料。

这个论坛的目的就在于为多种作物提供含钾施肥推荐，从而保证农业产量持续增加。这一目标通过以下一些步骤逐步实现。

- 1、 获得关于坦桑尼亚钾肥研究的基础资料
- 2、 整合分析现有数据
- 3、 明确研究上的缺失从而建立坦桑尼亚钾肥研究计划

研讨会上发表了3篇主题报告和其他13篇研究报告，这些经验丰富的研究人员发表的报告都是围绕以下一些主题。

- 1、 坦桑尼亚土壤钾素分布状况
- 2、 坦桑尼亚施钾对可持续农业发展的重要作用
- 3、 坦桑尼亚土壤钾素变化趋势
- 4、 基施含钾肥料的推荐比例
- 5、 基施钾肥持续增产的经济效益分析



Chief guest: Mr. Peniell Lyimo, Deputy Chief Executive, President's Office, President's Delivery Bureau, the United Republic of Tanzania. Photo by IPI.



### 会议成果和推荐

这次论坛取得的主要成果是制定了一份通过科学研究、农技推广、制定政策和PPP方式，提高坦桑尼亚施钾的路线图。

浏览这些报告，请访问国际钾肥研究所的官方网站 [IPI website/Papers and Presentations](http://IPI website/Papers and Presentations)。

以上报告也可以在国际钾肥研究所官方网站浏览下载：[区域活动/撒哈拉以南非洲](#)

# 学术动态 (续)

## 2015年7月

FAI-IPI圆桌会议“印度拉贾斯坦邦平衡施肥中的钾素”，2015年7月9日，拉贾斯坦邦Jaipur，由印度肥料协会 (FAI) 和国际钾肥研究所 (IPI) 共同举办。

Shri Satish Chander, 印度肥料协会 (FAI) 的主任开幕致辞, Patricia博士, 来自IPI的印度项目协调员发表了主题演讲。50名来自拉贾斯坦邦农科院、邦农业管理研究所、邦农业厅、KVKs和肥料企业界的代表参加了圆桌会议。

从国际钾肥研究所官方网站了解这次圆桌会议后印度肥料杂志8月号关于这次会议的报道: [IPI\\_website/Regional activities/India](http://IPI_website/Regional_activities/India)



## 2015年8月

巴基斯坦全国豆类生产状况分析研讨会在2015年8月11日举行, Bahauddin Zakariya University, Bahadur Sub-Campus, Layyah, Pakistan.

豆类是巴基斯坦重要的蔬菜蛋白质来源。豆类的应用范围非常广泛, 从婴儿食品到无论穷人或者富人的山珍海味, 都有豆类的影子。因为人口增长, 对豆类的需求与日俱增。但过去的10年中, 巴基斯坦不得不进口35%-65%的豆类制品, 以满足国内需求。然而, 因为经常性的干旱、极端气候和病虫害侵袭等原因, 巴基斯坦的豆类种植面积和产量都有所下降。另外, 因为不怎么用除草剂, 导致这种状况更为严重。

为期一天的豆类可持续发展研讨会将有助于分析现状, 探讨提高巴基斯坦豆类产量的途径与战略。

欲了解更多详情, 请访问国际钾肥研究所官网: [IPI\\_website/Events](http://IPI_website/Events)。



## 2015年11月

第二届平衡施肥中钾的作用研讨会在2015年11月24-26日在Hawassa大学举办, 该活动由IPI、埃塞俄比亚农业部、Hawassa大学以及埃塞俄比亚技术转移中心共同举办。

### 背景

钾肥在平衡施肥中的作用及其对作物产量和品质的影响, 越来越受到农艺师和植物营养学家的重视。这一点特别适合与撒哈拉沙漠以南非洲的情形, 那里的土壤养分耗竭、肥料用量低、作物产量在全世界最低。

第二届钾肥论坛的目的是保持第一次论坛形成的势头 (第一次论坛于2014年9月4-5日在Addis Ababa举办), 论坛邀请了重要的研究人员和土壤肥力高级专家, 他们都有丰富的钾肥研究、技术创新和全球传播经验。从非洲、亚洲和欧洲来的顶级专家将出席这次论坛, 分享他们的经验。来自埃塞俄比亚高级学院和农业发展领域的研究人员, 也在研讨会上发表了由教授和研究生共同完成的埃塞俄比亚全国数字土壤肥力项目、钾肥试验示范和钾素肥力研究项目的成果。

这次论坛确立了5个及时和相关的主题, 他们是:

### 主题:

- 1、土壤钾素状态
- 2、钾素和平衡施肥
- 3、可持续的农作系统中的钾素
- 4、土壤的钾素动力学研究
- 5、钾素对农产品品质的影响

了解更多详细情况, 请访问国际钾肥研究所官方网站 [IPI\\_website/Events](http://IPI_website/Events) 或者联系IPI撒哈拉沙漠南部非洲项目协调员 [Mr. Eldad Sokolowski](mailto:Mr. Eldad Sokolowski)。

国际研讨会和国际会议

### 2015年10月

第9届国际根系研究会“下扎的根系”国际研讨会, 2015年10月6-9日, Hotel Realm Canberra, Australia。

欲了解更多详细情况, 请访问[会议网站](#)。

第四届非洲商业化生产农场会议, 2015年10月7-9日, Radisson Blu Hotel, Lusaka, 赞比亚。

农业是非洲增长的引擎! 从非洲的科特迪瓦到赞比亚, 农业强烈地推动地区经济增长。非洲农业的农场土地投资和农业加工业价值链的投资, 都在急剧增加。但是, 哪些地方是农业投资的热点? 在这些国家投资有哪些挑战? 如何建立一个负责任的和可持续的农业发展模式? 建立农业价值链有哪些美好前景和现实挑战? 这些投资对小农和社区发展有哪些好处? 要了解更多详情, 请访问[会议网站](#)。

第三届非洲棕榈油(橡胶和可可)大会, 2015年10月13-15日, Labadi Beach Hotel, Accra, Ghana。

CMT组织的第三届非洲棕榈油投资大会, 也包含橡胶和可可, 会议精心将三者安排在一起, 引起全球有关人士的关注和参会, 分享非洲3种主要作物的潜力。要了解更多详情, 请访问[会议网站](#)。

第七届棕榈油和橡胶高层论坛, 2015年10月19-21日, beyond Resort Krabi, Thailand。

要了解更多详情, 请访问[会议网站](#)。

### 2015年11月

为了食品安全的土壤可持续管理国际会议, 2015年11月15-17日, Faisalabad农业大学, Faisalabad, Pakistan。

Faisalabad农业大学土壤与环境科学学院和有关公立和私立机构主办这次国际会议, 目的在于庆祝国际土壤年, 引起公众对有限土壤资源可持续发展的重视。我们每个人都有责任交流关于维持生命可持续发展的自然资源的土壤的信息和想法。更多详情, 请和农业大学土壤和环境科学系的Prof. Dr. Ghulam Murtaza教授 [Isscpc2015@gmail.com](mailto:Isscpc2015@gmail.com) 联系。

第二届生物刺激素农业应用大会, 2015年11月16-19日, Florence Convention Centre, Italy。

第二届生物刺激素农业应用大会将有超过1000名会议代表参会, 代表们聚在一起交流最新的关于生物刺激素的科学发现和技术知识, 这些生物刺激素产品越来越多地被世界各地的作物种植者使用, 会议还会交流世界主要的刺激素市场的关于农业刺激素产品法规的许多方面的情况。要了解更多详情, 请访问会议网站 [www.biostimulants2015.com](http://www.biostimulants2015.com)。

### 2015年12月

国际肥料协会2015年农学会议“采用植物营养管理应对显示挑战与困难”, 2015年12月10-11日, Robinson College, Grange Road, Cambridge, UK。

会议将有10篇论文宣读, 包括推荐施肥的发展、影响养分吸收的因素、避免肥料浪费和流失的方法, 以及肥料施用精度等许多方面。要了解更多详情, 请访问会议网站 [ifs website](#)。

### 2016年3月

第二届非洲木薯国际会议, 2016年3月1-2日, Accra, Ghana。

这次会议将聚焦提高木薯产量和增加较高附加值产品投资的路线图。

会议的亮点在于木薯生产淀粉、HQCF、啤酒、饲料和乙醇等产品的进展和市场前景; 非洲大陆金融状况和木薯投资项目情况; 木薯品种选育和农艺栽培措施研究进展, 目标在于提高木薯的产量和品质, 包括木薯病虫害控制; 以提高木薯利用率为目的的采后运输和加工技术; 木薯生产的机械化。更多信息, 请访问[活动专门网站](#)。

作物世界全球论坛, 2016年2-3日。Amsterdam RAI, Netherlands

作物世界全球论坛是欧洲关于作物生产、植保和农艺技术的最新发展动态和变革的领先论坛。论坛新推出的形式包括会议和展览两部分。全球领先的供应商、采购商、科学家、管理者和政府政策制定者, 都将从这两天的世界顶级的会议和展览中获得商业机会。更多信息, 请访问[会议专门网站](#)。

### 2016年第一季度

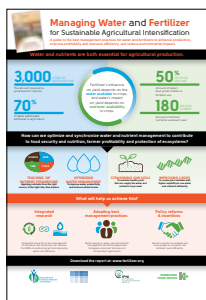
2016年第一季度, IFA和New Ag International再度强强联手在北京组织第四届国际缓控释肥和稳定性肥料国际会议。缓控释肥和稳定性肥料的市场持续稳定发展。传统上, 这些肥料都是使用在特色作物上面。但是, 现在他们在大田作物也占有很大的份额, 包括在美国的玉米、中国和日本的水稻, 还有其他地区的其他大田作物上, 都有应用。这个市场长中长期来看会是怎样一个发展趋势? 产品研发、经济状况或者政策环境, 哪个将是这个市场驱动原动力? 怎样消除限制这些产品更大范围应用的障碍? 想要获得更多信息, 请访问会议官方网站 [www.newaginternational.com/index.php/news/399](http://www.newaginternational.com/index.php/news/399)。

### 2016年8月

第五届可持续磷素高层论坛2016 (SPS 2016), 2016年8月16-20日, 中国云南昆明。

SPS 2016是2010年在瑞典Lindkoping发起的可持续磷素高层论坛的后续活动, 2011年在美国Tempe, 2012年在澳大利亚的悉尼、2014年在法国的Montpellier。这是一个全球的多学科的活动, 讨论磷素的生产、施用、管理和可持续发展的问題。这个活动将由中国农业大学和云天化集团主办。在IPI官方网站 [IPI\\_website/Events](http://IPI_website/Events) 参见会议第一轮通知。

## 出版物



### 集约化可持续农业中的水肥管理 (绘图本)

由IFA, IWMI, IPNI和IPI出版, 2015年8月

这个绘图本可以在 [IPI\\_website/Infographics](http://IPI_website/Infographics) 下载。要下载完整的版本, 可以访问 [IPI\\_website/Publications](http://IPI_website/Publications)

## PDA出版物



### 钾素营养在植物中的作用

POTASH News, 2015年15

钾素是所有植物生长需要的大量元素之一, 在植物体内以K<sup>+</sup>离子形式存在, 数量较大。钾素在提高作物最大经济产量方面起到巨大的作用, 在平衡作物营养和提高作物品质方面, 都发挥重要作用。

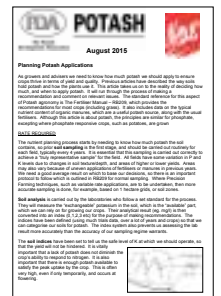
通过对很多植物化学反应需要的酶的活化起作用, 钾素是许多新陈代谢过程中的必需元素。这其中包括植物生长需要的糖和蛋白质的合成。尽管只有相对整个植物的钾素需要量的非常小的一部分钾素参与这一过程。钾的重要性还包括在保持植物细胞水分含量方面必不可少。所有这些方面都在下面有所讨论, 许多还是相互关联的。更多内容, 请阅读 [PDA官方网站](http://PDA官方网站)。



### 制定钾肥施用方案

POTASH News, 2015年8月

作为农业种植者和为种植提供服务的专家, 我们需要知道为了保证作物高产和高品质, 作物需要多少钾素。以前的很多文章已经阐述了土壤如何保持钾素和作物怎么样利用钾素。这篇文章让我们关注作物需要多少钾素和什么时候施钾最好。具体的, 通过制定施钾推荐方案和对相关问题的讨论来进行说明。钾素农学效率这方面的标准参考肥料手册RB-2009, 这本手册提供包括牧草在内的绝大多数作物的施肥推荐标准。文章还包括作为钾素重要来源的代表性的有机绿肥养分含量标准, 以及肥料的施用方法。虽然这篇文章是关于钾素营养的, 除了种植对施用磷肥敏感的作物比如马铃薯以外的地区, 该文对磷素营养也是类似的。更多内容, 请阅读 [PDA官方网站](http://PDA官方网站)。



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](http://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](https://twitter.com/IPI_potash)  
跟随我们的Facebook上: <https://www.facebook.com/IPIpotash>

### 钾资源的历史性及技术性发展

Ciceri, D., D.A.C. Manning, and A. Allamore. 2015. *Science of The Total Environment* 502:590-601. DOI 10.1016/j.scitotenv.2014.09.013.

摘要: 开采可溶性钾盐(钾化合物)生产化肥是确保作物的连续生产, 甚至是保证全球粮食安全必不可少的。2014年, 主要在北半球开采钾矿, 因为这里有大量钾化合物沉积。生产吨位和价格并没有考虑贫穷国家农民的需要。因此, 目前南半球的一些地区由于农业的扩张和集约化, 再加之缺乏施用难以负担得起的钾肥, 土壤中的钾正在枯竭。开发利用本地的可用钾资源, 如含钾的硅酸盐, 可能是一个扭转这种局面的不错选择。总体而言, 全球钾肥的生产系统及其可持续性值得讨论。本文我们查阅了钾肥的生产历史, 讨论在整个世纪中不同的钾肥来源以及施用技术。我们特别强调了政治和经济条件对一个又一个特定技术发展的支持。我们发现一个模式的需求推动创新。我们表明, 在整个历史上随着需求的发展, 因为用来替代可溶性盐而获得钾肥。这些选择可以满足我们本世纪的需求, 提供20世纪盛行修改的管理和咨询实践。

### 施用锌肥对豌豆 (*Pisum sativum* L.) 组织器官中锌的浓度及种子产量的影响

Rafique, E., M. Yousra, M. Mahmood-ul-hassan, S. Sarwar, T. Tabassam, and T.K. Choudhary. 2015. *Pedosphere* 25 (2):275-281. ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P.

摘要: 进行一个2年的田间试验旨在评估施用锌肥(Zn)对豌豆(*Pisum sativum* L.)种子产量的影响, 并以种子和叶子作为参考组织确定豌豆对锌的内在需求。试验安排在巴基斯坦Potohar高原的两个不同的地点(位于伊斯兰堡的Talagang和杰格瓦尔地区国家农业研究中心(NARC)进行, 试验选用了三个豌豆品种分别为绿色盛宴、高潮、流星。土壤施用锌肥处理为0、2、4、8和16 kg Zn ha<sup>-1</sup>, 再基施推荐量的氮(N)、磷(P)、钾(K)和(B)。施用锌肥均能明显增加三个所试豌豆品种的种子产量。在Talagang和NARC两处试验地, 绿色盛宴、高潮、流星三个品种的豌豆种子产量(2年的平均值)最大增加值

分别为21%和15%, 28%和21%, 34%和26%。随锌肥的施用变化, 三个豌豆品种的叶子和种子中锌的浓度增加的范围不一样。不同的豌豆品种在临近最高产量时对锌肥的需求为3.2-5.3 kg ha<sup>-1</sup>。叶片和种子中锌的浓度似乎是一个很好的土壤锌有效性的指标。研究发现三个豌豆品种生产最高产量的95% (内部锌的需求) 临界锌的浓度范围, 豌豆叶片和种子分别为42-53 mg kg<sup>-1</sup>和45-60 mg kg<sup>-1</sup>。

### 未来非洲农业水资源管理

Valipour, M. 2015. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61 (7):907-927. DOI 10.1080/03650340.2014.961433.

摘要: 本文通过研究1962-2011年的农业水资源管理, 旨在评估非洲到2035年和2060年用于灌溉耕地区域装备的比例(AI)。为了这个目的, 所有必要的信息来自联合国粮食及农业组织(FAO), 并使用世界银行集团(WBG)检查它们的可靠性。在所有联合国粮农组织数据库中的数据中选择10个指标(由于所有地区中有更多的重要性和可用性是在非洲)。对所有七个地区的选择指数进行分析研究, 由三个不同的情节估算AI, 并使用其他九个指标。结果表明, 从2011年到2035年和2060年AI的变化分别是0.3%到49.5%, 16.5%到83.2%。印度洋群岛在未来有更好的潜力增加AI。相对于当前状态灌溉状况在未来的变化相当值得注意。2011年, 苏打诺-萨赫勒地区的AI多于印度洋岛屿的, 然而, 在未来, 基于所有的情节分析, 苏打诺-萨赫勒地区的AI会少于印度洋岛屿的。

### 高分子缓释肥料对大白菜生长及土壤养分的影响

Cheng, D., Y. Wang, G. Zhao, and Y. Liu. 2015. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61 (7):959-968. DOI 10.1080/03650340.2014.965695.

摘要: 安排了一个盆栽试验旨在研究一种新的高分子缓释肥料(PRF)对大白菜生长及土壤养分影响。试验选用了三种肥料(普通复合肥、在25°C水中溶解度分别为21%和45%的PRF, 所有肥料N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 10:5.7:20), 并设计了三个施肥水平(0、21.6、43.2 g m<sup>-2</sup>)。结果表明, 水溶性高PRF (PRFHH和PRFHL) 适合大白菜的营养需求, 高的施肥水平可显著增加大白菜的产量, 并改善品质。虽然施肥水平为21.6 g m<sup>-2</sup>的PRFHL处理, 比施肥水平为43.2 g m<sup>-2</sup>的普通复合肥处理提供养分的少一半, 但是PRFHH和PRFHL处理大白菜的产量却高出8.0%。施用PRFHH (43.2 g m<sup>-2</sup>)、PRFHL (21.6 g m<sup>-2</sup>)和PRFLH (低水溶性PRF, 43.2 g m<sup>-2</sup>)可以有效提高大白菜中可溶性糖、维生素C和叶绿素的含量。施用PRF可降低土壤中硝酸盐含量, 提高土壤的供肥能力, 但是对土壤的pH和电导率没有影响。

## 印度通过长期定位试验研究在对变性土上施用钾肥对作物的影响

Singh, M., and R.H. Wanjari. 2015. *Indian J. Fert.* 11 (7) :30-34.

摘要:1972-2006年,在印度的17个地点进行长期肥料试验(LTFE),目的是监测种植在不同的土壤上的作物对营养的反应,以及种植制度和施肥在维持土壤健康和农作物产量方面的作用。通过多年来的LTFE结果表明,相关的变性土中的5种变性土被认为是富含钾(K),施用钾肥对作物产生影响。为了评估施用钾肥对作物产生的影响,因此密切审查多年来试验生成的数据。在贾巴尔普尔的一个试验点,施用钾肥对作物的影响在大豆-小麦的多年试验上被体现,可观察到随着时间的推移施用钾肥的影响逐渐增加。在Akola的另一个试验点,施用钾肥都对高粱和小麦产生影响,这种影响也会随时间推移而增加,尽管土壤有效钾的含量大于一般的高水平。分析土壤中钾的含量,其中土壤显示没有施钾肥计划导致钾素从 $2.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 下降到 $9.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ,N和P施用量的增加加速钾的开发。另一方面,可用有效钾含量的下降可以通过施加钾肥补充(氮磷钾,氮磷钾+厩肥),在某些情况下这导致有效钾的增加。有效钾的含量和布雷百分比收益率之间的关系表明 $330 \text{ kg K ha}^{-1}$ 是变性土的临界阈值,而不是当前在印度建议的 $280 \text{ kg ha}^{-1}$ 。这一发现表明,有必要修改或增加变性土中钾比率的临界极限,否则因会缺钾对可持续发展构成威胁。

## 氮磷钾施肥量对木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 块茎质量的影响—以淀粉和氰化物(HCN)为判定标准

Cuvaca, I.B., N.S. Eash, S. Zivanovic, D.M. Lambert, F. Walker, and B. Rustrick. 2015. *J. Agric. Sci.* 7 (6) :36-49. DOI 10.5539/jas.v7n6p36.

摘要:木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 是非洲很多贫穷农村家庭的重要生存食物。木薯含有生氰糖甙(亚麻苦甙和百脉根甙),它们在块茎加工过程中能释放氰化氢(HCN)。一旦被释放出,HCN会附属在加工的块茎。连续食用含有高HCN的加工块茎,外加低浓度蛋白质的摄入会引起Konzo——一种麻痹紊乱症状,影响儿童和育龄妇女的身体健康。有方法可以减少块茎加工中HCN的浓度,但是,这也会降低整个木薯块茎中的淀粉含量。从2013年开始在莫桑比克栋多地区的沿海,进行了一个研究,该研究包括20个处理,这些处理分别由不同的氮(N)、磷(P)和钾(K)肥料比率组成,通过淀粉和HCN的含量以评估不同处理对木薯块茎质量的影响。观察到由于NPK施肥比率,样本大小,估计过程的不同,未经加工的块茎中淀粉含量(CSC)差异显著。然而,没有观察到

随施加NPK肥料比率的不同,块茎HCN浓度差异显著。木薯块茎中HCN的浓度似乎是作物的生理功能或是受木薯品种影响,而不是受作物生长的环境或条件影响。

## 钠和钾对喜钠的苋科作物生长的作用

Mina Yamada, Chika Kuroda, Hideyasu Fujiyama. 2015. *Soil Sci. Plant Nutr.* DOI 10.1080/00380768.2015.1075365.

摘要:我们观察到钠(Na)能促进三种苋科作物的生长,促进作用由大到小为矮厚岸草(*Salicornia bigelovii* Torr.) >> 瑞士甜菜(*Beta Burgaris* L. spp. *cicla* cv. *Seiyou* *Shirokuki*) > 食用甜菜(*Beta vulgaris* L. spp. *vulgaris* cv. *Detroit Dark Red*)。本试验中,这些喜钠植物种植在6个不同的钠钾比率的培养液中,所有处理的培养液中均含有 $4 \text{ mol m}^{-3}$ 硝态氮( $\text{NO}_3\text{-N}$ )和 $100 \text{ mol m}^{-3}$ 氯化钠(NaCl),氯化钾(KCl)的量按照钠钾比率确定,6个比率分别为0:100、20:80、40:60、60:40、80:20、100:0,目的是阐明钠和钾对喜钠植物的作用。矮厚岸草的生长随地上部所含钠浓度的增加而增加,钠钾比率为100:0的处理植株地上部干重比钠钾比率为0:100的处理的高214%。而随培养液中钠钾比率的增加对瑞士甜菜和食用甜菜生长的影响变化不大。培养液中的钠钾比率也不会影响到瑞士甜菜和食用甜菜的含水量。这些观察结果表明,钠和钾都有渗透调节的功能。然而,矮厚岸草在钠钾比率为0:100时无法保持多汁,因此,钠在矮厚岸草中具有特定的渗透调节功能,以保持良好的水分状态,而钾对渗透调节的贡献却很低。矮厚岸草和瑞士甜菜对钠的吸收可以促进硝态氮的吸收。硝态氮吸收并转移到植株地上部的最佳处理,矮厚岸草为钠钾比率100:0的处理,瑞士甜菜为钠钾比率80:20的处理。这些作用对喜钠机制是非常重要的,钾对矮厚岸草的贡献低于对瑞士甜菜的。

## 施硫肥可以提高紫花苜蓿的产量和品质

Haupt, G., J. Jauzon, and B. Hall. 2015. *Crops and Soils* 48 (4) :26-30. DOI 10.2134/cs2015-48-4-9.

摘要:在过去的几十年里随硫沉降(酸雨)的减少,已经有越来越多的疑问,即普遍认为在美国的安大略省南部和一些省份缺硫。本文讨论了安大略省紫花苜蓿上施用硫肥的试验结果。通过阅读本文,并在[www.certifiedcropadviser.org/certifications/self-study/720](http://www.certifiedcropadviser.org/certifications/self-study/720)上测试,可在养分管理方面获得1个继续教育学分。

## 在巴西朗多尼亚南部地区的旱稻上施用氮磷钾肥

Soares, E., R. Fernandes, L. Silva Londero, L. Galon, F. Ferreira Pires, M. Andrade Barbosa, D. dos Santos, S. Sampaio Correa, E. Sampaio Correa, and R. dos Santos. 2015. *Amer. J. Plant Sci.* 6 (14) :2263-2271. DOI: 10.4236/ajps.2015.614229.



摘要:鉴于栽培潜力, 朗多尼亚州旱稻的生产力还是不高。要改变这种情况, 选择能适应不同地区种植且对施肥敏感的品种是一个必不可少的方法。本研究的目的是评估施用氮磷钾肥后两个旱稻品种的农艺性状和生产力, 试验安排在朗多尼亚州南部地区的两个城市进行。试验设计为多因子 (2×2×5) 随机区组设计, 重复4次, 第一个因子为两个不同的水稻品种 (Ecco杂交稻和常规栽培的AN Cambará), 第二个因素为两个不同的种植环境, 即Cerejeiras和Vilhena两个市, 第三个因素为五个不同的施肥量, 即N-P-K的施肥量分别为0-0-0、30-40-30、60-60-60、90-90-90、120-100-120 kg ha<sup>-1</sup>。评价特征指数有分蘖数、穗实粒数、穗瘪粒数、千粒重、产量 (kg ha<sup>-1</sup>) 以及全谷物产量。对任何一个特征指数, 在这三个因素之间不存在相互联系。Ecco杂交稻分蘖能力高于AN Cambará, 且每穗瘪粒数较少, 千粒重高, 因此生产力更大一些。对于这两个水稻品种, 最高产量均出现在氮磷钾肥的施用量为120-100-120 kg ha<sup>-1</sup>时。对于Ecco杂交稻, 氮磷钾肥的施用量为120-100-120 kg ha<sup>-1</sup>时生产力最高, 且和90-90-90 kg ha<sup>-1</sup>时生产力统计上相似。当氮磷钾肥的施用量小于60-60-60 kg ha<sup>-1</sup>时, 对两个城市的水稻生产力的影响没有区别。因施用氮磷钾肥而带来的最高全谷物产量出现在Cerejeiras。

### 钾肥对土豆植株营养吸收及含量的影响

Neshev, N., and I. Manolov. Agriculture and Agricultural Science Procedia 6:63-66. DOI 10.1016/j.aaspro.2015.08.039.

摘要:本文研究了在氮磷肥施用量 (200 mg N kg<sup>-1</sup>, 150 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>土) 保持一致的情况下, 施用不同的钾肥 (硫酸钾和氯化钾) 以及逐渐增加钾施肥施用水平 (0、200、400和600 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup>土) 对马铃薯植株从土壤中吸收的营养元素情况及含量的影响。通过盆栽试验来完成。选用硫酸钾作为钾肥时, 马铃薯根部氮含量从K200的2.91%减少到K600的2.52%, 对比不施钾肥的对照处理及施用氯化钾肥的处理, 植株地上部氮的含量增加。增加氯化钾的施用量导致植株地上部的氮含量从K200的4.03%下降到K400的2.34%。与不施钾肥的处理相比, 施用钾肥可减少块茎中的含氮量。施用钾肥不会对植株中的磷含量产生显著影响。植物体中钾的含量, 在相同的施钾量水平下, 施用氯化钾肥的处理高于施用硫酸钾肥的处理。从土壤中吸收的氮大约有74%被分配到植株的地上部。剩余的氮再在根和块茎中分配, 分别占17%和9%。植物控制着对磷的最大吸收。植株吸收的钾再分配到地上部的数量最高可达83%, 剩余的钾在根和块茎之间再分配, 各占11%和6%。

### 施用磷钾肥对梨树的影响

Brunetto, G., G. Nava, V. Gabriel Ambrosini, J.J. Comin, J. Kaminski. 2015. Rev. Bras. Frutic. 37 (2) :507-516 lajoticabal, Apr./June 2015. DOI 10.1590/0100-2945-027/14.

摘要:本文目的是研究施用磷钾肥对梨树的影响, 并在土壤和梨树建立磷、钾的临界浓度。在巴西乔奎姆 (SC) 进行了两组试验, 在第一组试验中, 每年在梨树上施加不同量的磷肥, 分别为0、40、80、120、160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 而在第二组试验中, 每年在梨树上施加不同量的钾肥, 分别为0、40、80、120、160 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>。两组试验中, 每年采集0-10 cm, 10-20 cm, 0-20 cm土层的土壤, 分析化验有效磷 (试验1) 和可交换性钾 (试验2) 的含量。每年收集完整的梨树叶, 分析全磷 (试验1) 和全钾 (试验2) 的含量。测算每棵梨树的结果数及果实重量和产量。在梨树上施用磷肥, 可增加土壤及大多数生长季整片树叶中的养分含量, 但是对产量构成和水果产量影响不大。梨树上施用钾肥, 可增加土壤及大多数生长季整片树叶中的养分含量, 但当果实产量较大的时候, 整片树叶中的钾的含量会降低。钾肥施用不会对产量构成及水果产量产生影响。

### 更多阅读

#### 苜蓿施肥

San Joaquin县及其三角洲长期田间观察日志。Leinfelder-Miles, M. 2015. Agriculture and Natural Resources, University of California.

#### Nestle研究支持钾素健康效应

White, V. 3 July 2015. New Food Magazine. DOI 10.1016/j.jplph.2015.03.014.

#### 食物生产: 减少食物浪费有助于人类食物安全

2015. Nature 524 (415). DOI 10.1038/524415a.

#### 水稻生产与气候变化: 以马来西亚水稻生产为例

Herman, T., E.H. Murchie, and A.A. Warsi. 2015. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 38 (3) :321-328.

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

每季度一刊的国际肥料通讯, 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, 必须要得到其版权所有人的许可。