

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⁽¹⁾, Ho Cong Truc⁽²⁾, and Nguyen Van Bo⁽³⁾

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⁻¹。然而,这个施

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

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

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

^(a) 通讯作者: 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 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 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 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 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 kg N , 5.2-6.0 $\text{kg P}_2\text{O}_5$, 36.5-50.0 $\text{kg K}_2\text{O}$, 4 kg CaO , 4 kg MgO (Jessy, 2011), 理论上, 当咖啡豆产量为4 t ha^{-1} 时大约需要320 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 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 _{KCl}		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 ₂ O ₅ content	(%)	0.24	0.23	NS	0.095	0.085	NS
Available P ₂ O ₅	mg 100 g ⁻¹	8.35	7.60	*	3.18	2.55	**
CEC	meq 100 g ⁻¹	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	kg ha ⁻¹	K ₂ O		K		Ca		Mg			
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After		
		-----Total %-----		Available mg 100 g ⁻¹		-----Exchangeable cations (meq 100 g ⁻¹)-----					
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.

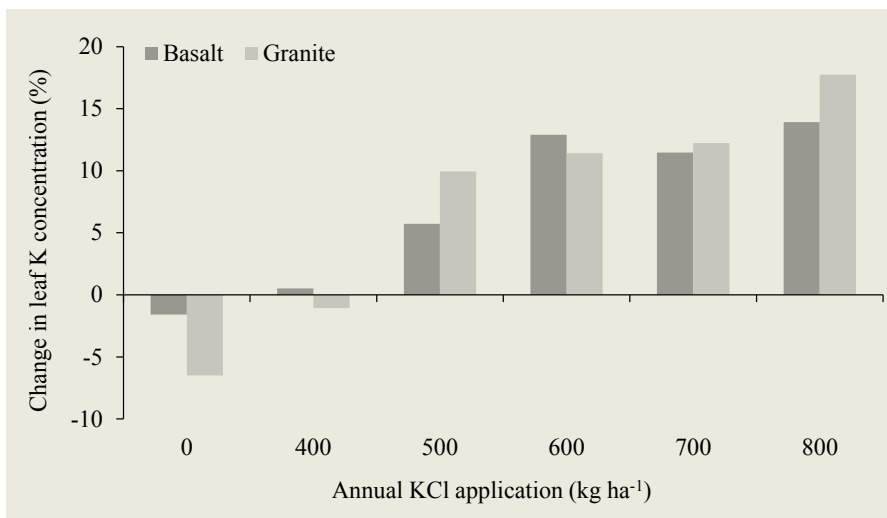
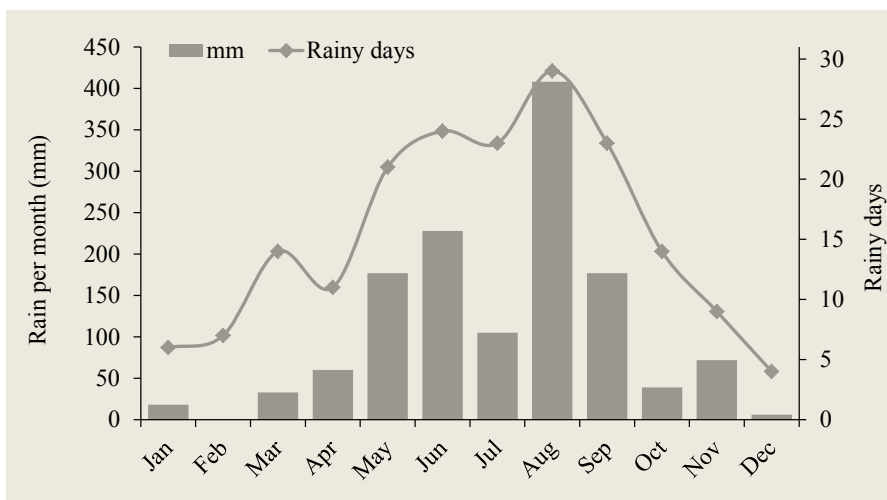
	Nutrient concentration in leaves (%)							
	N		P		Ca		Mg	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Basaltic soil	2.74	2.87	0.10	0.12	0.93	1.06	0.21	0.28
Granite soil	2.64	2.77	0.09	0.11	0.91	1.03	0.21	0.27

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 (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](#)