

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。

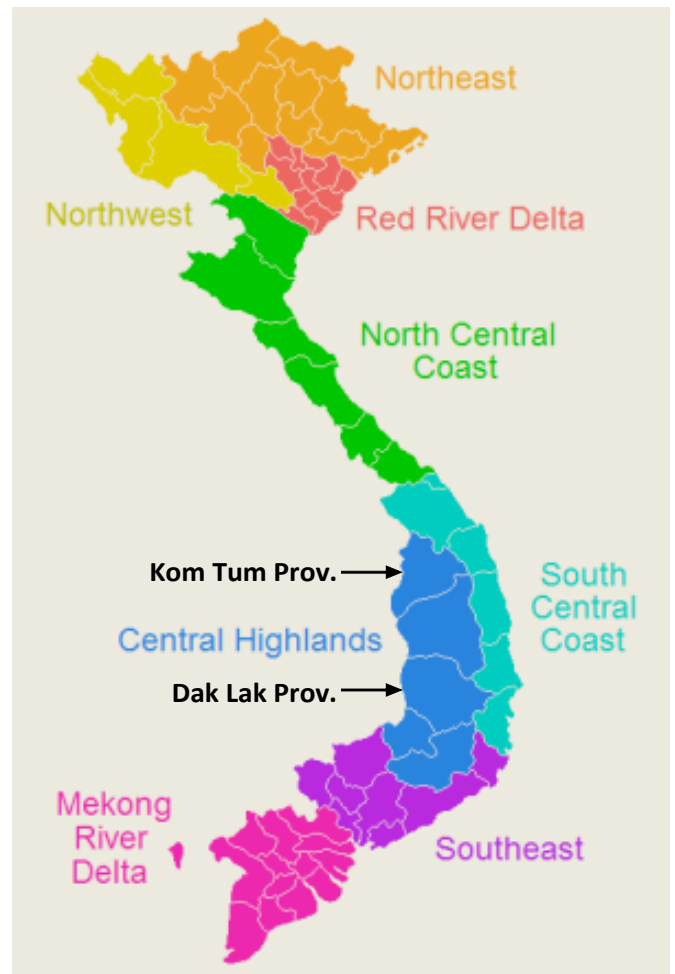
材料与方 法

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

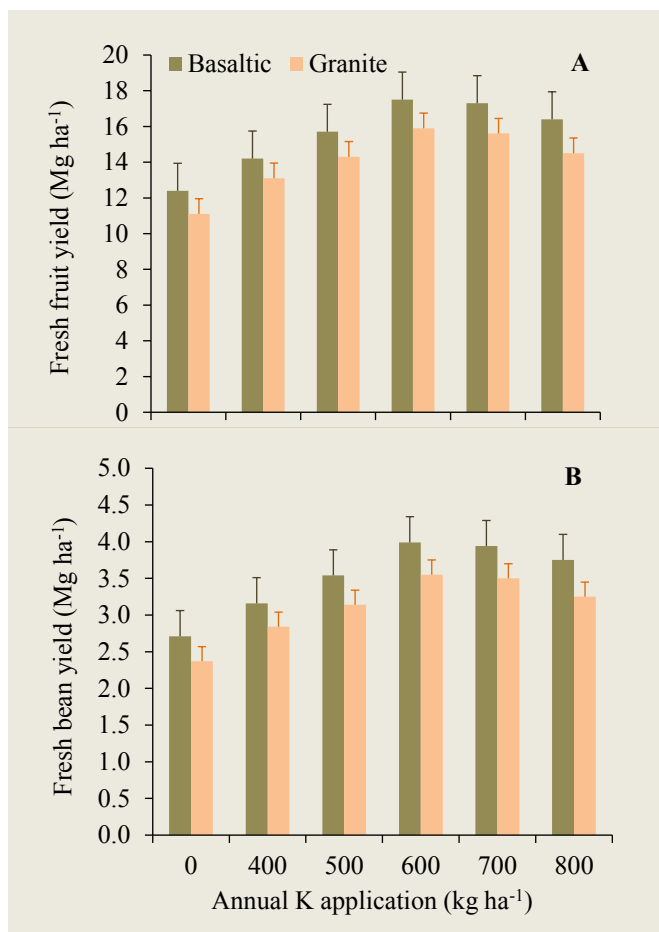


Fig. 1. Effect of annual K dosage on coffee fruit (A) and bean (B) fresh yields grown on basaltic and granite rock bed soils. Data are means of three years (2012-2014). Bars indicate LSD values at $P > 0.05$.

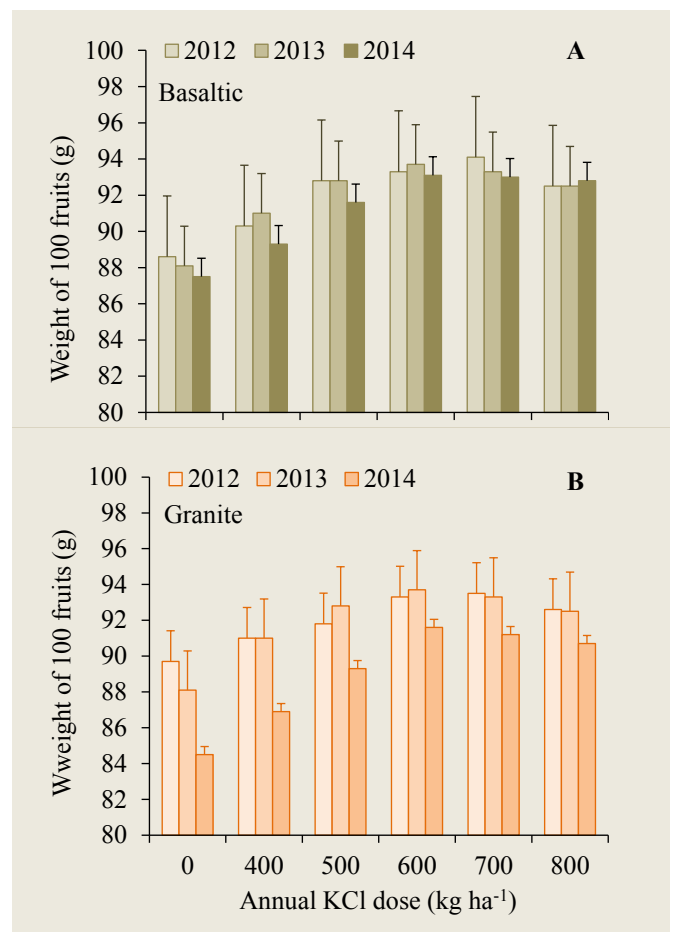


Fig. 2. Effect of K dosage on fresh fruit weight in three consecutive years in coffee plantations grown on basaltic or granite soil in Vietnam. Bars indicate LSD values at $P > 0.05$, within each year.

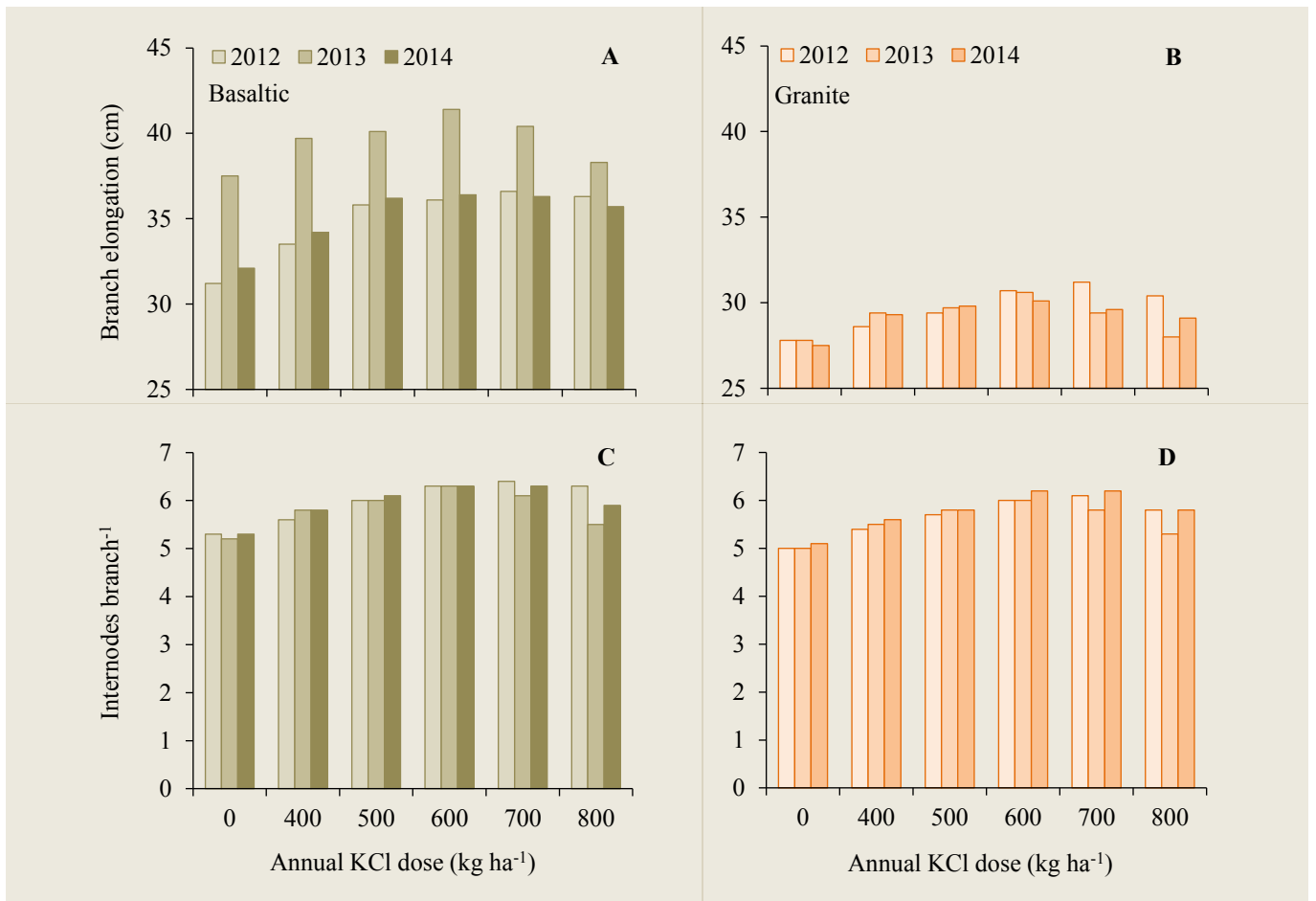


Fig. 3. Effects of K dosage on branch elongation (A and B) and internode formation (C and D) of coffee trees grown on basaltic (A and C) or granite (B and D) bed rock soil during the six wet months of three consecutive years in Vietnam.

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.

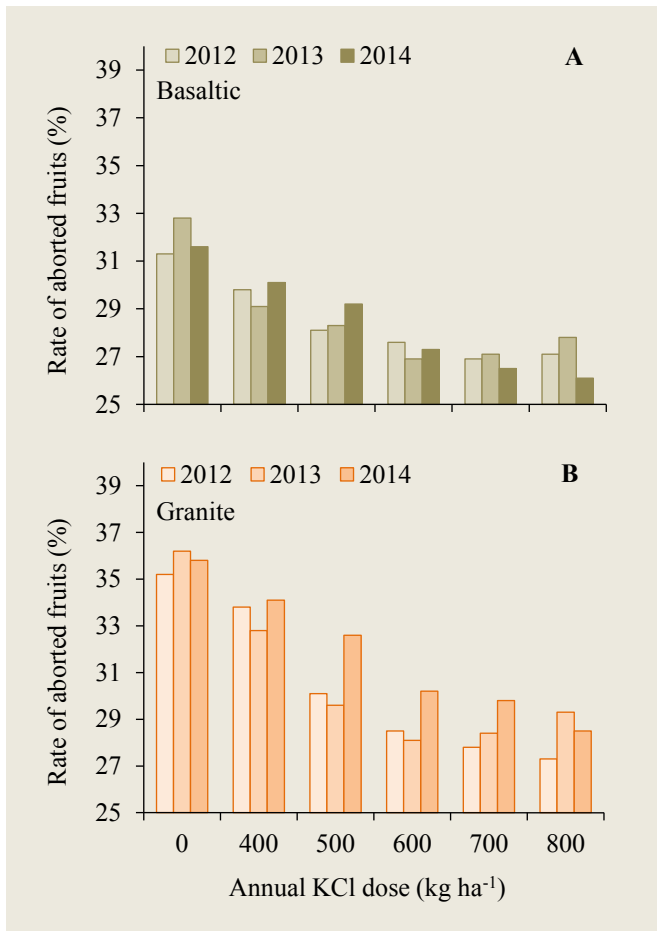


Fig. 4. Effect of K dosage on the rate of aborted fruit in three consecutive years in coffee plantations grown on basaltic or granite bed rock soils in Vietnam.

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

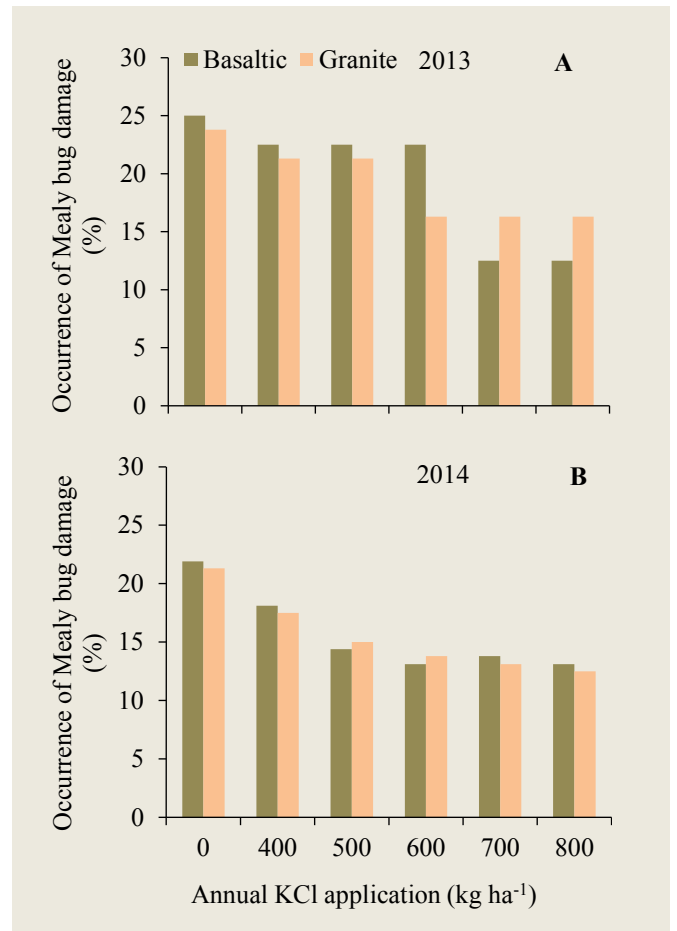


Fig. 5. Effect of K dosage on the occurrence of mealybug damage in coffee plantations on basaltic and granite soils in Vietnam.

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.

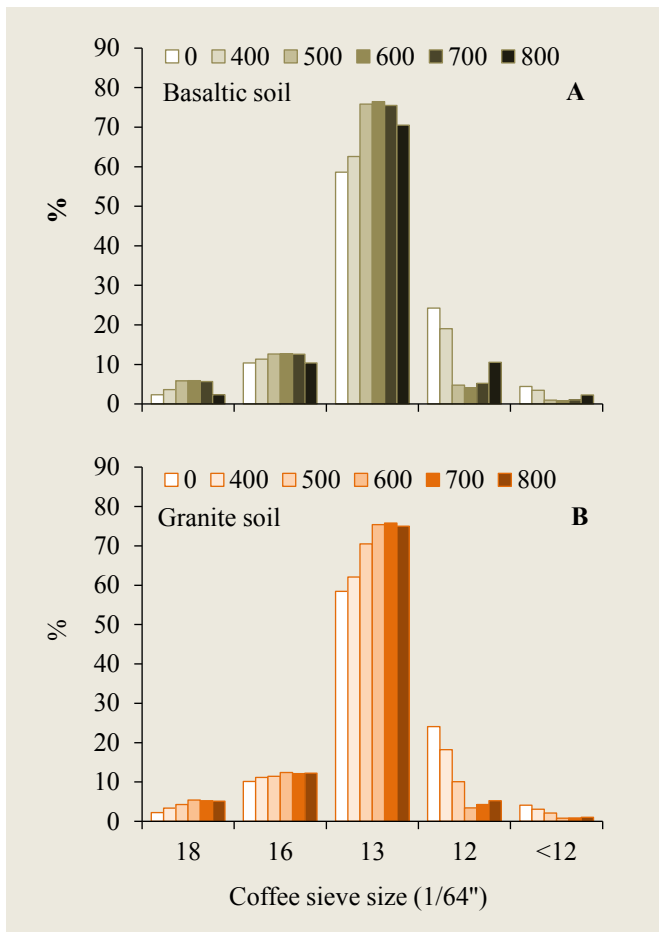


Fig. 6. Effect of KCl dosage (Legend; kg ha⁻¹) on the distribution of coffee bean size, in coffee plantations grown on basaltic and granite rock bed soils in Vietnam. Data present means over two years (2013-2014).

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.

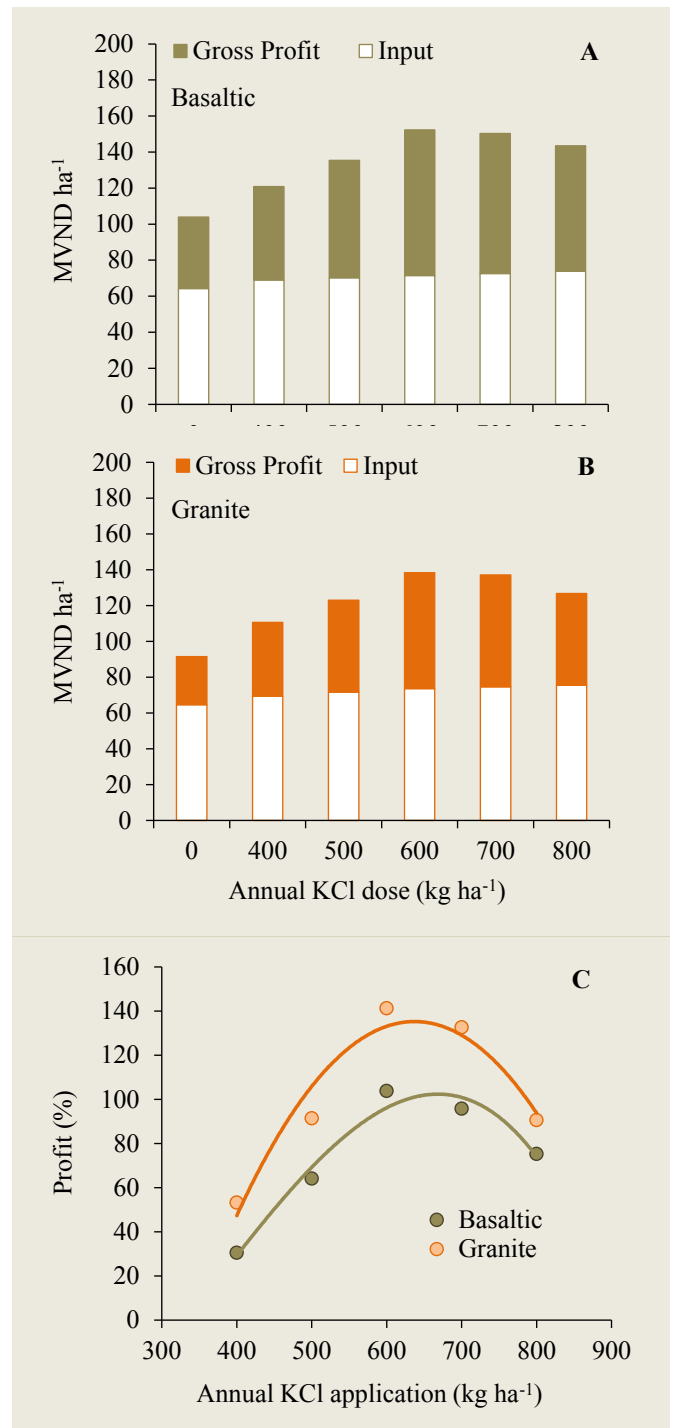


Fig. 7. Annual mean input, income, and gross profit (million VND ha⁻¹) as a function of annual K dosage in basaltic (A) and granite (B) soils in the Central Highlands of Vietnam. (C) shows the rate of profit as a function of K application.

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。