

研究论文



2014年在Gia Lai省的试验点。照片拍摄: Nguyen Duy Phuong.

钾素对越南甘蔗产量及质量的影响

Tran Duc Toan^{(1)*}, Nguyen Duy Phuong⁽¹⁾, Nguyen Duc Dung⁽¹⁾, Vu Dinh Hoan⁽¹⁾, Nguyen Dinh Thong⁽¹⁾, and Alexey Shcherbakov⁽²⁾

摘要

在越南,甘蔗 (*Saccharum spp.*) 是一种重要的工业及农业作物。越南甘蔗的平均产量为64 Mg ha⁻¹, 商业蔗糖 (CCS) 的平均含量为10%, 显著低于主要甘蔗生产国的产量及商业蔗糖含量, 分别为75 Mg ha⁻¹和14%~15%。越南甘蔗种植是在雨养条件下, 产量低可能是营养管理不良的结果。在农户的习惯施肥 (FP) 中, 氮素 (N) 的施用量往往是充足的, 而磷素 (P) 和钾素 (K) 通常被忽略。本文的目的是通过三年的试验研究来验证及展示增加钾肥的

施用量可使甘蔗的产量和质量得到提高, 同时在商业条件下提高经济效益。2012~2015年, 田间试验在嘉莱省 (中部高原) 和庆和省 (中部海岸) 同时进行。试验设计6个不同的钾肥 (氯化钾) 施用量处理, 分别为0、200、300、350、400、450 kg K₂O ha⁻¹, 各处理均施用相同的氮磷肥, 分别

⁽¹⁾ 越南土壤肥料研究所

⁽²⁾ Uralkali, Singapore; IPI东南亚前项目协调员

*通讯作者: toantransfri@gmail.com



照片1.甘蔗和一碗精制糖(左)和一堆砍下来的甘蔗秆(右)。来源: <http://www.scienceimage.csiro.au/>

为250 kg N ha⁻¹和150 kg P₂O₅ ha⁻¹。当地的习惯施肥(FP)作对照。与习惯施肥相比,施用钾肥可显著提高甘蔗产量,庆和省和嘉莱省的甘蔗产量分别提高18.5%~31.5%和9.2%~26.8%。钾肥的施用量为0时,CCS含量为8%,当钾肥的施用量为200 kg K₂O ha⁻¹时,CCS含量为11%~12%,当钾肥的施用量达到最高时,CCS含量约为12.5%。尽管甘蔗对施用的钾素效应强烈,但是钾的农艺效率(KAE)很低,在庆和省和嘉莱省,每千克K₂O仅分别产出67 kg和40 kg甘蔗棒。KAE低可能与水分亏缺问题及速效养分从根区淋失掉相关。因此,尽管表面上施用钾肥最优的经济量为350~400 kg K₂O ha⁻¹,但是需要做一些额外的处理,如增加土壤的有机质含量,分次施用钾肥及灌溉,这样做估计将会提高钾素的吸收效率,进一步提高甘蔗产量和品质,减少所需的年度钾肥施用量。

引言

在越南的农业生产中甘蔗是一种重要的工业原料作物,对中部和山区的乡村经济发展作出了重要贡献。越南甘蔗协会(VSA)估计,2014年甘蔗生产总面积约为305000公顷,分布在不同的生态区域(图1),国内消费及出口的蔗糖产量为1980万吨(VSA, 2014)。

2014年甘蔗的平均产量达64.2 Mg ha⁻¹,平均商业蔗糖(CCS)含量为10%。2000年甘蔗的产量为50 Mg ha⁻¹,2012年甘蔗的产量为64 Mg ha⁻¹,尽管甘蔗的产量得到显著改善(粮农组织,2012年),但是在越南甘蔗生产中仍面临着许多挑战,如气候变化、中部地区及山区的大规模干旱、品种老化、新的种植技术接受较慢。因此,越南甘蔗的产量和经济效益远低于泰国(74.2 Mg ha⁻¹)、巴西(74.3 Mg ha⁻¹)和美国(75.4 Mg ha⁻¹)。此外,越南甘蔗CCS含量仍然很低,为10%,而泰国和印尼的为12%~13%,澳大利亚和

中国一些地区的为14%~15%(Trang, 2015)。甘蔗产量和质量相对较低被认为是该行业目前最主要的问题。因此,要确保越南甘蔗生产的可持续性,必须要优先考虑改善这些参数。

在甘蔗生产中钾素(K)是一种必需营养元素,参与了植物体内大量的生命活动(Anderson and Bowen, 1990)。这包括:植物体内糖分的转移、淀粉的形成、叶绿素生成及促进光合作用、预防细胞过早死亡、气孔开放和关闭、通过调节渗透性摄取水和营养物质。然而,种植者在考虑他们给庄稼施用钾肥时不能完全理解钾素所扮演角色的重要性(Wood and Schroeder, 2004)。虽然甘蔗上钾的缺乏症状明显,但是不合适的钾素浓度一般不会造成产量的显著下降。这可能是由于土壤中的非交换性钾补充了植物可吸收利用的钾(可交换性钾及土壤溶液中的钾)

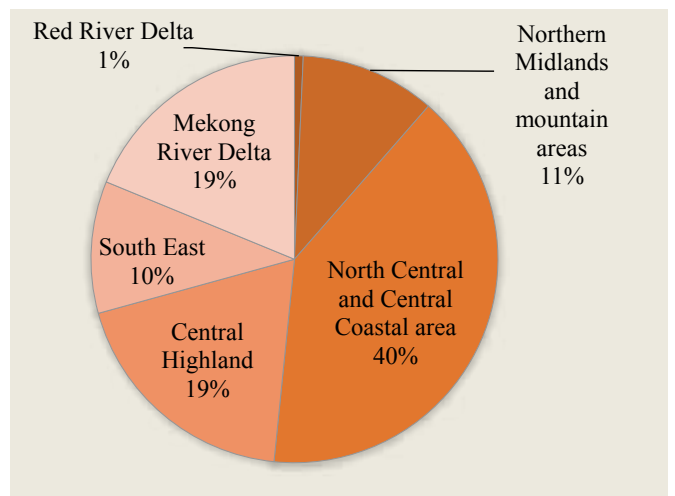


图1.越南甘蔗种植分区图



地图1. 庆和省和嘉莱省的试验分布

(Chapman, 1980)。然而,随着土壤侵蚀过程的加速,尤其是在潮湿的热带地区的植树造林,会显著降低土壤补充营养物质的能力(D'haeze *et al.*, 2005; Tran Minh Tien *et al.*, 2015)。

2012年,在庆和省和嘉莱省进行了甘蔗施肥的实地调查,调查结果显示,农民施用的化肥量普遍不足,且营养元素施用比例不均衡。嘉莱省N、P₂O₅、K₂O的平均用量分别为190、110、90 kg ha⁻¹,庆和省N、P₂O₅、K₂O的平均用量分别为160、120、120 kg ha⁻¹。而N、P₂O₅、K₂O的推荐用量分别为120~350、50~170、100~350 kg ha⁻¹,同时配施15~20 Mg ha⁻¹的农家肥(FYM),具体根据每个农业生态区域的土壤肥力情况施用(SFRI, 2005)。这些数据表明了该地区施肥严重不足,N、P₂O₅、K₂O分别缺乏约45%~54%、65%~71%、26%~34%。此外,调查显示,约90%的农民忽视了推荐的农家肥的施用。施肥不足,特别是钾肥,似乎是农田甘蔗产量低及质量差的主要原因。

表1. 试验地土壤理化性状

Soil properties	Khanh Hoa	Gia Lai
pH _{KCl}	4.7	4.6
Organic carbon (OC) (%)	0.92	0.85
N (%)	0.07	0.074
P ₂ O ₅ (%)	0.029	0.051
K ₂ O (%)	0.33	0.12
P ₂ O ₅ available (mg 100 g ⁻¹)	1.36	3.85
K ₂ O available (mg 100 g ⁻¹)	8.20	7.73
Cation exchange capacity (CEC) (meq 100 g ⁻¹)	4.13	5.42
Clay (%)	14	14.8
Limon (%)	12	16.6
Sand (%)	74	68.6

本研究的目的是有3个: 1) 评估施用钾肥对中部高原和中央海岸省份的甘蔗产量及质量的影响; 2) 确定一个最佳钾肥施用量,从而得到最经济的甘蔗产量和品质; 3) 在全国范围内推广研究成果从而为未来的甘蔗生产奠定基础。

材料和方法

试验地点: 田间试验在2个地点连续进行了3年(2012~2015)。一处试验地位于嘉莱省,作为中部高原的省份代表;另一处试验地位于庆和省,作为越南中南部沿海省份的代表。这两个地区种植的甘蔗面积占越南甘蔗种植总面积的60%。

试验地的土壤性质

在这2处试验地,分别采集0~20 cm的土壤样本,土壤性质及土壤肥力状态分析见表1。数据分析表明,这两

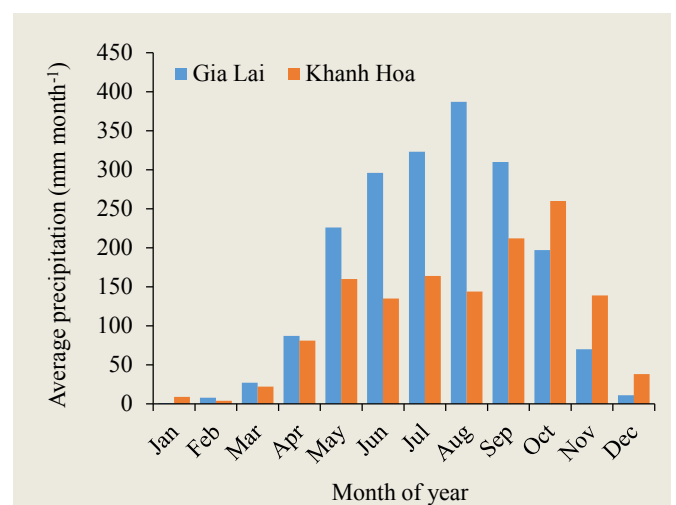


图2. 庆和省和嘉莱省年均降雨量月分布图。资料来源: http://mekongarcc.net/sites/default/files/province_profile-gia_lai_press.pdf; and <http://en.climate-data.org/location/717532/>.

表2. 庆和省和嘉莱省试验处理施钾量 (kg ha⁻¹)

Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T ₁ Control ⁽¹⁾			
T ₂	250	150	200
T ₃	250	150	300
T ₄	250	150	350
T ₅	250	150	400
T ₆	250	150	450
T ₇ ⁽²⁾	250	150	0

⁽¹⁾In FP Control (T₁) - rates of N, P₂O₅, and K₂O applied were 190, 110, and 90 kg ha⁻¹ respectively at Gai Lai and 160, 120, and 120 kg ha⁻¹ at Khanh Hoa.

⁽²⁾In Khanh Hoa, treatment T₇ was added only after the first cropping season.

个试验地的土壤肥力的总量及有效用量都很低。2个试验地的有效钾尤其缺乏,为7.73~8.20 mg 100 g⁻¹土。土壤质地较轻(黄土和沙子超过80%)。因此轻质地和低土壤肥力是这些地区甘蔗生产的主要限制因素。

气候

越南中部地区处于热带气候区,平均气温为26~32℃。年降水量1200~2400mm,旱季与雨季交替明显。嘉莱省的年均降雨量为1940mm,比庆和省高出50%。同时,中部高原地区(嘉莱省)的雨季为6~9月,降雨量约占年降雨量的67%。中南海岸地区的雨季相对比较温和,持续时间较长,一般为5~11月。这两个地区的旱季均为12月至来年的3月,降雨量不到年降雨量的5%(图2)。

田间试验

本试验选用的甘蔗品种为K88-92,这是从泰国引进的一个新品种。每个试验地点均设7个处理,重复3次,完全随机区组设计(RCB)。各试验小区面积200 m²,总面积为4200 m²。设计7个不同的钾肥施用量(表2),化肥直接沟施。2处试验地均为雨养条件下进行。

一年之中的施肥分成3部分完成(表3):1)基肥,移栽时施用;2)移栽3个月后追肥;3)移栽6个月后追肥。

甘蔗产量及品质:庆和省的甘蔗成熟收割时间为3~4月,而嘉莱省的甘蔗成熟收割时间为12月和来年的1月。每个小区测算总产量。通过实验室分析得到甘蔗品质,分析化验项目包括°Bx、榨汁率(%)和CCS的含量。

经济分析:计算在甘蔗上施用钾肥的经济效益,即基于产量、质量和价格进行成本收益分析。

结果分析

2处试验地的甘蔗生产差异较大。嘉莱省甘蔗3年的平均产量比庆和省的高出15%~40%。嘉莱省农民习惯施肥(对照处理)获得甘蔗平均产量为84 Mg ha⁻¹,比庆和省的对照处理高出40%。此外,庆和省甘蔗产量年际同比波

表3. 甘蔗全年施肥分步施用量

Fertilizer	Basal application, at planting	Second application, 3 months after planting	Third application, 6 months after planting
	----- % -----		
N	30	40	30
P	100	0	0
K	30	40	30

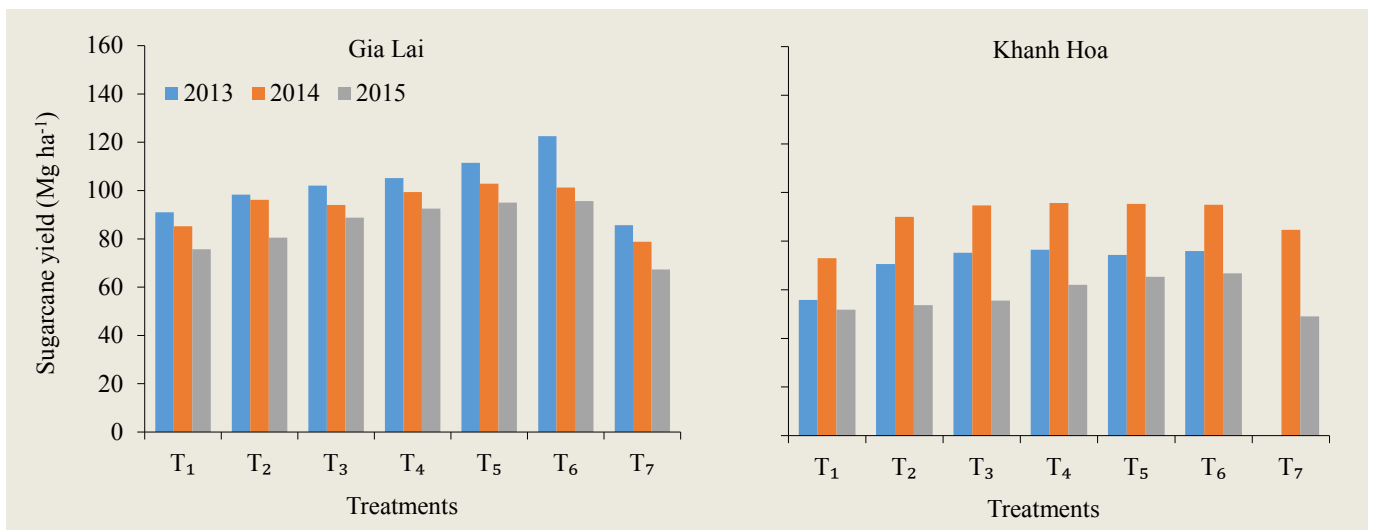


图3.年施钾量对两个试验点甘蔗单产的影响

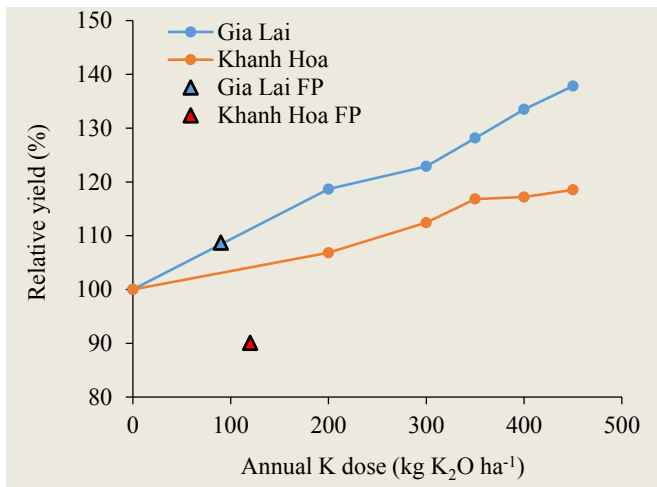


图4.提高年度钾肥施用量对两个试验点甘蔗平均相对产量的影响。增加产量以施钾量为零为对照的产量为100%。FP=农民习惯施肥。

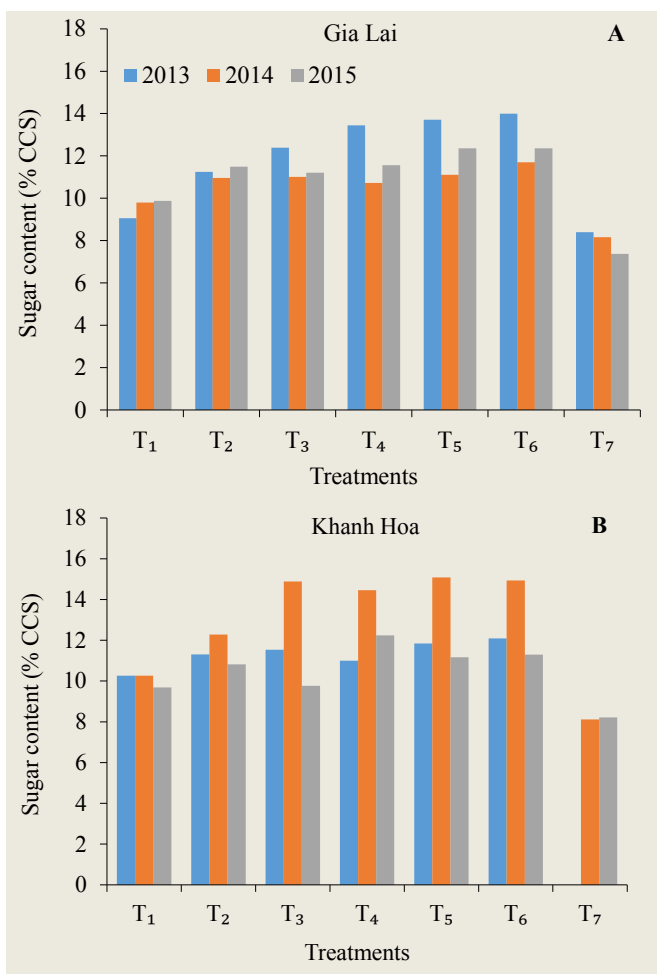
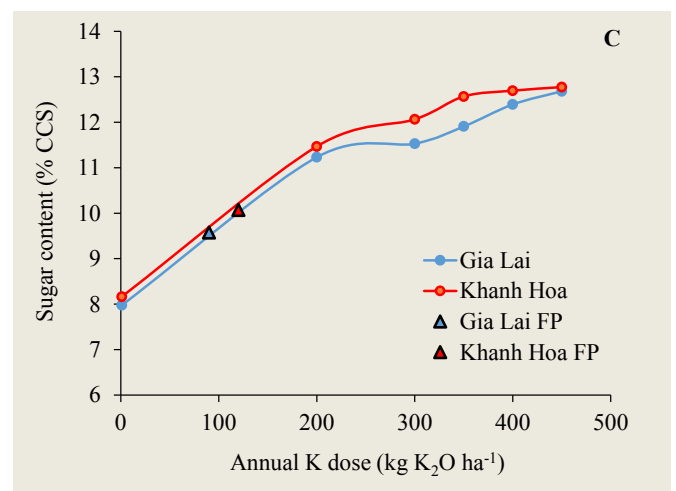


图5.年施钾量对甘蔗干物质中CCS含量的影响, 2013-2015。图5C: 提高钾肥施用量对甘蔗CSS含量3年平均值的的影响。FP=农民习惯施肥。

动明显, 而嘉莱省甘蔗产量在这3年试验过程中相当稳定(图3)。在这2处试验地, 施用钾肥均导致产量显著增加, 然而, 增加的强度和模式却显著不同(图4)。相同之处是, 无论在哪里, 只要钾肥的施用量等于或大于200 kg K_2O ha^{-1} 时, 收获的甘蔗产量均高于该地的习惯施肥处理获得的甘蔗产量(图3)。嘉莱省, 甘蔗产量与钾肥施用量呈线性关系且变化明显, 边际收益显示恒定, 约为67 $kg^{-1} K_2O$, 钾肥施用量最高时甘蔗产量增加了38%。庆和省的平均边际收益较小, 约为40 $kg^{-1} K_2O$, 随钾肥的施用量增加到350 $kg K_2O ha^{-1}$ 时, 边际收益保持不变, 但再增加钾肥施用量, 边际收益减少到可以忽略的水平, 约为11 $kg^{-1} K_2O$ 。因此, 当钾肥施用量为350 $kg K_2O ha^{-1}$ 时甘蔗产量最高, 只比不施钾肥处理的甘蔗产量高17%(图4)。2处试验地农民习惯施肥处理之间的差异值得注意; 嘉莱省习惯施肥处理的产量与随钾肥施用量的变化而生成的甘蔗产量的曲线基本匹配, 而庆和省习惯施肥处理的产量却远远低于期望值(图4)。

甘蔗质量通常是由甘蔗中CCS的含量决定。制造商通常通过这个参数来决定原材料的价格。与甘蔗产量形成鲜明的对比(图3和图4), 2处试验地收获甘蔗的CCS含量却非常相似(图5), 此外, 庆和省甘蔗CCS含量年际发生显著差异。3年CCS含量均值随钾肥施用量的变化非常明显。当钾肥的施用量为0 (T_1)时, CCS含量很低, 为8%左右, 当钾肥的施用量最低, 200 $kg K_2O ha^{-1}$, CCS含量为11%, 随钾肥施用量的增加, CCS含量增加幅度减弱。当钾肥的施用量最大, 为450 $kg K_2O ha^{-1}$ 时, 获得的CCS含量也最大, 为12.8%(图5)。然而值得注意的是, CCS含量随钾肥施用量变化较明显的现象仅出现在2013年的嘉莱省试验地和2014年的庆和省试验地, 而在别的时间段几乎没



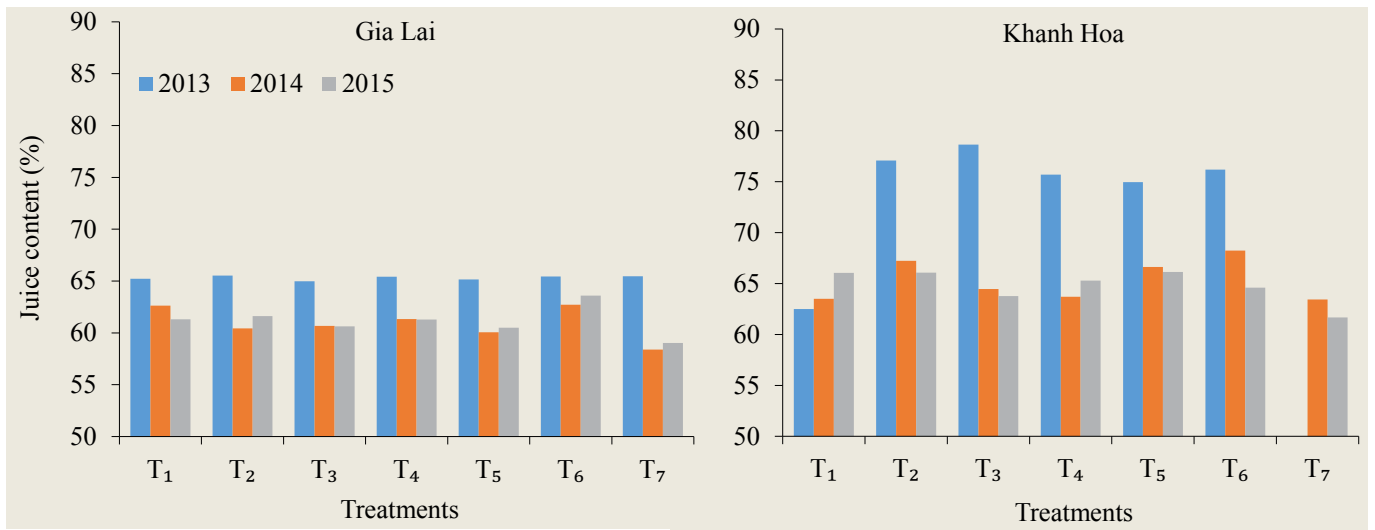


图6.两个试验点年施钾量对甘蔗榨汁含量 (%) 的影响, 2013-2015。

有出现这种情况。同样有趣的是CCS含量的中间值, 约为9.5%~10%, 来自于习惯施肥处理 (T₁) 获得的CCS含量, 且与CCS含量随钾肥施用量变化曲线一致 (图5)。

原料中甘蔗汁的含量是决定甘蔗品质的另一个重要参数。第一年的试验数据, 即2013年2处试验地甘蔗汁的含量明显较高 (特别是在庆和省, 甘蔗汁的含量>75%), 除此之外, 这个参数很稳定, 整个试验中均保持在58%~68% (图6)。钾肥的施用量对蔗汁含量没有显著影响。

讨论

中部高原地区 (嘉莱省) 和中南沿海区 (庆和省) 的甘蔗产量差异显著, 同时, 每一处试验地甘蔗产量年际变化较大。这表明除了钾素的有效性外, 还存在着其他主要

影响因素。尽管越南拥有潮湿的热带气候及相当大的年降水量, 但是甘蔗作物经常遭受水分胁迫, 限制其生长和生产 (Inman-Bamber and Smith, 2005; Zhao *et al.*, 2010; Cabral *et al.*, 2012; Zingaretti *et al.*, 2012; da Silva *et al.*, 2013)。越南中部, 从上年12月到来年4月, 至少有5个月, 月均降水量不到100 mm (图2), 这完全达不到甘蔗的需水要求。因此, 要提高越南甘蔗的产量, 必须考虑在旱季补充灌溉, 同时考虑物流及经济成本。水资源短缺也可能发生在雨季, 因为水的有效性很大程度上取决于土壤的容水性及持水力。事实上, 在潮湿的热带地区, 甘蔗上发生的水分胁迫的主要原因是连续的降雨过程中土壤保水性不足 (Zhao *et al.*, 2010; Monteiro and Sentelhas, 2014)。这两处试验地的土壤质地均较轻, 且是砂土 (表1), 这样



照片2.两个试验点照片 (2012-2015)。照片拍摄: Nguyen Duy Phuong.

的土壤典型特点就是持水性差,因此特别容易发生频繁的干旱情况。中南沿海地区的降雨量特别少(庆和省)(图2),同时砂土颗粒含量较大(表1),这可以充分解释该地区甘蔗产量明显较低的原因。

鉴于全球气候变化已经影响到当前水资源可利用量的问题,预计将进一步影响越南(USAID, 2012; Nguyen *et al.*, 2014)。现已确定越南中部地区年降水量有逐年增加的重要趋势,然而,预计降雨量将会在雨季大幅增加,在旱季反而下降。此外,多样性的降雨及极端降雨事件的数量预计将逐年增长(Nguyễn Thị Quỳnh Trang, 2014)。就像其他甘蔗种植国家正面临着气候变化已经发生的情况一样(de Carvalho *et al.*, 2015),越南甘蔗产业也面临着越来越多的水分亏缺问题,这需要系统的及局部的解决方案。

与众多前人的研究(Anderson and Bowen, 1990; Wood and Schroeder, 2004; Rice *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2008; Hunsigi, 2011; de Almeida *et al.*, 2015; de Oliveira *et al.*, 2016)一致,施用钾肥后2处试验地的甘蔗产量显著增加。嘉莱省甘蔗产量随钾肥施用量的增加几乎呈线性增加关系(图4)表明,钾素是该地区甘蔗生产的主要限制性因素。然而,如果一直增加钾肥施用量,即使在最高的钾肥施用量下,可能也会显示较低的钾素吸收效率。Singh *et al.* (2008)曾报道过每千克钾的农学效率(KAE)为700~900 kg甘蔗, Hunsigi (2011)估计,在雨养条件下, KAE约为270 kg kg⁻¹。嘉莱省的KAE较低,只有一个,为67 kg kg⁻¹(图4),表明根际区域的有效钾含量迅速下降,植物吸钾的机会减少。这种现象在潮湿的热带地区很普遍,由于大量的暴雨发生,松散的土壤中的养分随水排掉(Rhodes *et al.*, 2013; Rossato *et al.*, 2014; Tran *et al.*, 2015)。可能的解决方案有增加土壤中的有机质(de Almeida *et al.*, 2015)以及增加钾肥施用的次数(Wood and Schroeder, 2004)。

中南沿海地区(庆和省)的情况似乎有所不同。在这里,水分亏缺可能是植物生长的主要限制因素。当干旱发生时,受旱情影响的植物对钾素吸收不能得到充分体现。因此, KAE甚至更低,约为40 kg kg⁻¹,直到钾肥的施用量增加到350 kg ha⁻¹时, KAE保持不变,此后随钾肥施用量的增加, KAE没有进一步的反应(图4)。不管怎样,很可能在中南部沿海地区钾素也是由密集的雨从根际区域迅速淋失掉,淋溶和水分亏缺问题可以同时发生。

钾素是蔗糖生产、运输和存储所必需的(Marschner, 1995)。在甘蔗生产中,钾素需求如果得到满足将会大大有助于质量特征的提升,即CCS含量(Singh *et al.*, 2008; Hunsigi, 2011; de Oliveira *et al.*, 2016)。本研

究中, CCS含量随钾肥的施用反应明显,当钾肥施用量最低,为200 kg K₂O ha⁻¹时, CCS含量从8%增加到11%~12%(图5)。然而,进一步增加钾肥施用量, CCS含量对钾肥施用的反应较弱。鉴于上面提到的KAE很低,施用低于正常摄取钾率的钾肥量是否可以获得较高CCS含量值得怀疑。然而,施用钾肥会提高CCS的含量,从而提高了两处试验地甘蔗的经济价值。

根据钾肥施用量对甘蔗的生产做经济分析(纯收益以每公顷获得的百万越南盾表示)(图7),试验表明2处试验地两者呈线性关系。庆和省的甘蔗看来应该是CCS含量提高,明显影响了甘蔗原料的价格,从而弥补了产量没有随钾肥施用量而增加的状况。不过,两处试验地之间的产量差异已通过经济性状分析得到强有力的表达。根据这一分析,钾肥施用将是有益的,甚至钾肥施用量完全可以超过试验的用量。然而,450 kg K₂O ha⁻¹的钾肥施用量一般认为是太高了。在佛罗里达州,甘蔗第一个生长周期(截根苗)钾肥的推荐量高达450 kg K₂O ha⁻¹,但到第二个和第三个生长周期,减少到270 kg K₂O ha⁻¹(Rice *et al.*, 2006)。Hunsigi (2011)建议应关注甘蔗对最佳钾肥施用量的效应阶段,第一次截根苗和第二次截根苗时期钾肥的施用量分别为350、117 kg K₂O ha⁻¹。Singh *et al.* (2008)在印度的试验研究中确定了一个标准钾肥施用量,为150 kg K₂O ha⁻¹,而de Oliveira *et al.* (2016)研究得出的结论是,钾肥的施用量为98 kg K₂O ha⁻¹时足以获得一个稳定的甘蔗产量,可达80 Mg ha⁻¹。在当前的研究中,即使这种甘蔗效应阶段下高量的钾肥施用也表现出很低的吸钾效率。

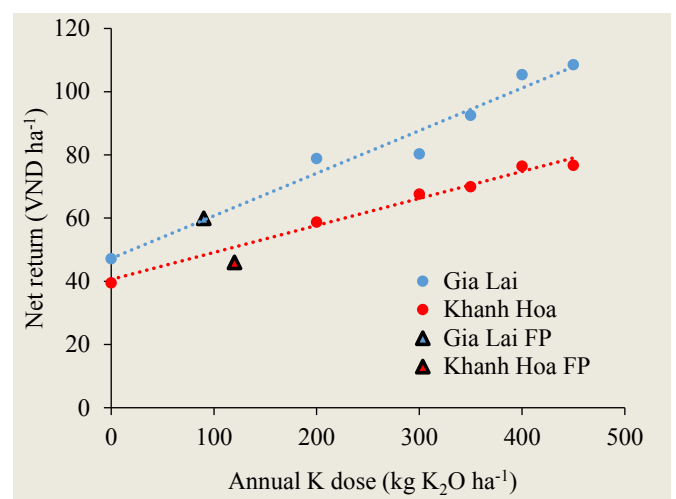


图7.两个试验点年施钾量对甘蔗生产净收益的影响(百万越南盾, VND)。FP=农民习惯施肥。



照片3.甘蔗收获景象。照片拍摄: Nguyen Duy Phuong.

显然, 本研究显示的结果表明, 想要提高甘蔗产量、质量和经济效益, 这2个地区的农民就应该施用 $400 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, 同时配合施用 250 kg N ha^{-1} 和 $150 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ 。很明显, 钾素在甘蔗生产中起着举足轻重的作用, 然而大多数钾肥, 而且可能还有氮肥, 由于排水迅速及淋溶过程似乎流失和浪费掉。在土壤-植物系统中, 与钾素相关的所有方面需要优化, 以确保有效钾的供应, 使作物的吸收和利用 (Wood and Schroeder, 2004)。这将确保作物能够吸收的营养更加平衡, 能更好地承受发生在甘蔗种植区的周期性干旱。因此, 提高土壤的有机物质将是一个合理的有效措施来改善土壤CEC, 从而增加作物的吸钾率。本试验中农民的传统施肥处理中施用了农家肥, 导致获得最高的效益成本比率, 嘉莱省和庆和省的分别为8.5和6.7, 而仅施用化肥处理的效益成本比率较低, 嘉莱省和庆和省的分别为7.8和5.9, 很明显, 有机肥施用值得推荐。此外, 在本试验的2处试验地, 把年度钾肥施用量分多次施用, 可以显著改善吸钾率。应用这2种方法可以增加养分的农艺效率, 甚至可能减少肥料施用量, 减少对环境的负面影响。

参考文献:

- Anderson, D.L., and J.E. Bowen. 1990. Sugarcane Nutrition. Potash and Phosphate Institute, Narcross, Georgia, USA.
- Cabral, O.M., H.R. Rocha, J.H. Gash, M.A. Ligo, J.D. Tatsch, H.C. Freitas, and E. Brasilio. 2012. Water Use in a Sugarcane Plantation. *GCB Bioenergy* 4:555-565.
- Chapman, L.S. 1980. Long-Term Responses in Cane Yield and Soil Analyses from Potassium Fertilizer. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 18:175-181.
- Da Silva, V.D.P., B.B. da Silva, W.G. Albuquerque, C.J. Borges, I.F. de Sousa, and J.D. Neto. 2013. Crop Coefficient, Water Requirements, Yield and Water Use Efficiency of Sugarcane Growth in Brazil. *Agricultural Water Management* 128:102-109.
- De Almeida, H.J., F.J. Cruz, M.A. Pancelli, R.A. Flores, R. de Lima Vasconcelos, and R. de Mello Prado. 2015. Decreased Potassium Fertilization in Sugarcane Ratoons Grown Under Straw in Different Soils. *Australian J. Crop Sci.* 9:596-604.
- De Carvalho, A.L., R.S.C. Menezes, R.S. Nóbrega, A. de Siqueira Pinto, J.P.H.B. Ometto, C. von Randow, and A. Giarolla. 2015. Impact of Climate Changes on Potential Sugarcane Yield in Pernambuco, Northeastern Region of Brazil. *Renewable Energy* 78:26-34.
- De Oliveira, R.I., M.R.F.A. de Medeiros, C.S. Freire, F.J. Freire, D.E.S. Neto, and E.C.A. de Oliveira. 2016. Nutrient Partitioning and Nutritional Requirement in Sugarcane. *Australian J. Crop Sci.* 10:69-75.
- 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. FAO. 2013. <http://faostat3.fao.org/>
- Hunsigi, G. 2011. Potassium Management Strategies to Realize High Yield and Quality of Sugarcane. *Karnataka J. Agri Sci.* 24:45-47.
- Inman-Bamber, N.G., and D.M. Smith. 2005. Water Relations in Sugarcane and Response to Water Deficits. *Field Crops Res.* 92:185-202.

- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York, USA. 889p.
- Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD). 2014. Statistical Data of Sugarcane Production. Database in website of Ministry of Agriculture and Rural development.
- Monteiro, L.A., and P.C. Sentelhas. 2014. Potential and Actual Sugarcane Yields in Southern Brazil as a Function of Climate Conditions and Crop Management. *Sugar Tech.* 16:264-276.
- Nguyen, D-Q., J. Renwick, and J. McGregor. 2014. Variations of Surface Temperature and Rainfall in Vietnam from 1971 to 2010. *International J. Climatology* 34:249-264.
- Nguyễn Thị Quỳnh Trang. 2014. Research Medium-Resolution Satellite Images for Drought Warning in Central Highland, Vietnam. <http://www.a-a-r-s.org/acrs/index.php/acrs/acrs-overview/proceedings-1?view=publication&task=show&id=1522>.
- Rice, R.W., R.A. Gilbert, and R.S. Lentini. 2006. Nutritional Requirements for Florida Sugarcane. *Sugarcane Handbook* 2:1-8.
- Rhodes, R., N. Miles, and M.G. Keeping. 2013. Crop Nutrition and Soil Textural Effects on Eldana Damage in Sugarcane. *Proceedings of the 86th Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association.* p. 212-136.
- Rossato, O.B., C.A.C. Crusciol, S.S.P. Guerra, and C.R.L. Zimback. 2014. Implication of Soil Sampling Processes on Recommendations of Phosphate and Potassium Fertilizers on Sugarcane. *Energia Na Agricultura* 30:109-118.
- Singh, V.K., A.K. Shukla, M.S. Gill, S.K. Sharma, and K.N. Tiwari. 2008. Improving Sugarcane Productivity through Balance Nutrient with Potassium, Sulphur, and Magnesium. *Better Crops India* 24:12-24.
- Tran Minh Tien, Ho Cong Truc, and Nguyen Van Bo. 2015. Potassium Application and Uptake in Coffee (*Coffea robusta*) Plantations in Vietnam. *International Potash Institute e-*ifc** 42:3-9.
- Trang, P.T. 2015. Annual Report on Sugarcane Production, 2015. Bao Viet Securities.
- USAID. 2012. Mekong ARCC Climate Change Impact and Adaptation Study: Hotspot Identification. <http://www.slideshare.net/MekongARCC/mekong-arcc-cc-impact-and-adaptation-study-hotspot-identification>.
- Vietnam Sugarcane Association (VSA). 2014. Annual Report of Sugarcane Production in Vietnam. 2014 and Perspectives for 2015 (in Vietnamese).
- Wood, A.W., and B.L. Schroeder. 2004. Potassium: A Critical Role in Sugarcane Production, Particularly in Drought Conditions. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists* 26:27-37.
- Zhao, D., B. Glaz, and J.C. Comstock. 2010. Sugarcane Response to Water-Deficit Stress During Early Growth on Organic and Sandy Soils. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 5:403-414.
- Zingaretti, S.M., F.A. Rodrigues, J.P. da Graça, L. de Matos Pereira, and M.V. Lourenço. 2012. Sugarcane Responses at Water Deficit Conditions. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26982.pdf>.

“钾素对越南甘蔗产量及质量的影响”一文可以在国际钾肥研究所IPI的官方网站浏览下载：[区域活动/东南亚](#)