

枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟－土壤系统钾素平衡的影响

王 晓¹,王 丰^{2*},刘光快²,李 鑫³

(1. 贵州大学 农学院,贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省黔西南州烟草公司,贵州 兴义 562400;
3. 湖南农业大学 烟草研究院,湖南 长沙 410128)

摘要:为探明枸溶性钾肥配施在烤烟栽培上的应用效果,通过连续种植2季烤烟的盆栽试验,研究了枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟生物量、钾素吸收量、烤烟－土壤系统钾素平衡以及土壤速效钾、缓效钾含量变化的影响。结果表明,枸溶性钾肥配施硫酸钾较单施硫酸钾显著提高2季烤烟生物量和钾素吸收量,以T3处理(75%枸溶性钾肥+25%硫酸钾)效果较好,其中钾素吸收总量比单施硫酸钾增加33.05%;枸溶性钾肥配施硫酸钾处理烤烟生长后期枸溶态钾的分解供应缓解了土壤钾素亏缺,维持土壤钾素平衡,有利于烤烟生长,其中T3处理钾素平衡系数为1.06,优于其他配施比例;2季烤烟收获后,枸溶性钾肥配施硫酸钾处理土壤速效钾和缓效钾含量均高于单施硫酸钾肥处理。因此,枸溶性钾肥配施硫酸钾能更好地补充土壤中的有效钾素,缓解土壤钾素不足,促进烤烟生长,建议烤烟生长连作时配施一定比例的枸溶性钾肥,尤以75%枸溶性钾肥+25%硫酸钾配施比例较好。

关键词:枸溶性钾肥;硫酸钾;烤烟;土壤;钾素平衡

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2017)04-0044-05

Effects of Combined Application of Citrate Soluble Potash and Potassium Sulfate on Potassium Equilibrium of Flue-cured Tobacco-Soil System

WANG Xiao¹, WANG Feng^{2*}, LIU Guangkuai², LI Xin³

(1. Agricultural College, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Southwest of Guizhou Tobacco Company, Xingyi 562400, China; 3. College of Tobacco Research, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: In order to define the application effect of combined application of citrate soluble potash on tobacco culture, the effects of combined application of citrate soluble potash and potassium sulfate on biomass, potassium uptake, potassium equilibrium of flue-cured tobacco-soil system and content change of available potassium and slowly available potassium of soil were studied under the successive planting of two seasons flue-cured tobacco. The results showed that compared with the single application of potassium sulfate, combined application of citrate soluble potash and potassium sulfate could significantly increase biomass and potassium uptake of two seasons flue-cured tobacco, among which the treatment T3 (75% citrate soluble potash + 25% potassium sulfate) had better effect, the potassium uptake increased by 33.05% in comparison with the single potassium sulfate treatment; the treatments with citrate soluble potash and potassium sulfate at late grow stage could relieve the deficiency of potassium in soil, keep potassium equilibrium, facilitate the growth of flue-cured tobacco. The equilibrium coefficient of T3

收稿日期:2016-12-07
基金项目:黔西南州烟草公司应用推广项目(2015-6)
作者简介:王 晓(1991-),女,河南平顶山人,在读硕士研究生,研究方向:工业原料作物生产。E-mail:983971550@qq.com
* 通讯作者:王 丰(1979-),男,湖北荆州人,研究员,主要从事作物生理生态、现代农业以及烟叶栽培与生理研究。
E-mail:yancaowangfeng@163.com

treatment was 1.06, which was better than others proportional applications. After harvest of two seasons flue-cured tobacco, the contents of available potassium and slowly available potassium of soil of the treatments with citrate soluble potash and potassium sulfate was higher. Therefore, the combined application of citrate soluble potash and potassium sulfate could supplement the potassium in the soil, relieve the deficiency of potassium effectively, promote the growth of flue-cured tobacco, so suggesting that applying citrate soluble potash in a certain proportion when flue-cured tobacco was cropped continuously, the proportion of 75% citrate soluble potash + 25% potassium sulfate was better.

Key words: citrate soluble potash; potassium sulfate; flue-cured tobacco; soil; potassium equilibrium

钾对于改善烟草品质作用十分显著,钾含量是评价烟叶质量的重要指标之一^[1-3]。目前,我国烤烟生产中施用的钾肥普遍为水溶性钾肥,如硫酸钾、硝酸钾等。水溶性钾肥的增产效果显著,增产率达10%~18%,但我国的水溶性钾素资源储量少,钾肥需求量又大,是世界钾肥进口大国^[4-5]。加之目前我国烟叶钾含量普遍较低,生产上多通过增施钾肥提高烟叶钾含量,加剧水溶性钾素资源短缺的同时也产生了很多环境问题。

我国非水溶性钾矿资源分布广泛、种类繁多,探索开发利用非水溶性钾矿资源成为解决我国水溶性钾肥不足的有效途径。近年来,研究工作者利用钾长石等非水溶性钾矿资源生产出钾硅肥、钾钙硅肥、含钾复合肥等新型钾肥^[6-7]。其中钾硅肥是以含有钾、硅及多种元素的天然矿石为原材料生产出的一种新型枸溶性钾肥^[6]。研究表明,施用钾硅肥可以显著提高水稻产量,促进花生营养生长和生殖生长,增强冬小麦根系活力^[8-10]。枸溶性钾肥对作物-土壤系统钾素平衡的影响研究表明,枸溶性钾肥和水溶性钾肥均能补充土壤的有效钾素,缓解土壤钾素的消耗,维持土壤钾素肥力水平的稳定,有利于作物增产^[11]。已有枸溶性钾肥在烤烟栽培上的应用研究表明,枸溶性钾肥的缓释性能满足烤烟生育后期吸钾量较大的需求,促进烤烟生长,与常规施用硫酸钾相比效果较为明显,且枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例的促进效果不同^[12]。作物对肥料中钾素的吸收情况以及肥料中钾素的释放情况是开发新型钾肥的一个重要依据,目前,枸溶性钾肥配施对烤烟生长、土壤钾素含量以及烤烟-土壤系统钾素平衡的影响尚未见系统报道,鉴于此,进行连续种植2季烤烟的盆栽试验,比较枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烤烟生物量、钾素吸收量以及烤烟-土壤系统钾素平衡的影响,以探明枸溶性钾肥配施在烤烟栽培上的应用效果。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试烤烟品种为 K326,供试硫酸钾为烟草专用

硫酸钾复合肥(K_2O , 51%),均由贵州省烟草科学研究院提供;供试枸溶性钾肥含 100% 枸溶性钾(K_2O , 27%),购于山西紫光钾业有限公司;氮肥为尿素(N, 46%),磷肥为过磷酸钙(P_2O_5 , 14%)。供试土壤为黄壤,非植烟土壤, pH 值 5.8, 有机质含量 18.3 g/kg、碱解氮含量 97.0 mg/kg、有效磷含量 14.7 mg/kg、速效钾含量 105.5 mg/kg、缓效钾含量 166.7 mg/kg、全钾含量 25.4 g/kg。

1.2 试验设计

试验于 2015 年 3—12 月在贵州省烟草科学研究院采用盆栽方式进行。试验共设 5 个处理, CK: 不施钾肥; T1: 100% 枸溶性钾肥; T2: 100% 硫酸钾; T3: 75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾; T4: 50% 枸溶性钾肥 + 50% 硫酸钾; T5: 25% 枸溶性钾肥 + 75% 硫酸钾,除 CK 外,所有处理每盆 K_2O 含量均为 6.63 g。试验中所有肥料均作基肥于第 1 季烤烟移栽时施入到盆钵中。盆栽所用盆钵底部直径 24.5 cm, 高 23 cm, 盆钵中装土壤 6 kg, 栽烟 1 株。

第 1 季烤烟 3 月 16 日育苗, 5 月 25 日移栽, 每个处理移栽 8 株, 7 月 25 日各处理选长势一致具有代表性的烟株 3 株进行烤烟及土壤相关指标的测定, 取样后各处理土壤混合均匀分别保存。第 2 季烤烟 5 月 20 日育苗, 8 月 1 日移栽至第 1 季各处理土壤中, 10 月 1 日各处理进行烤烟及土壤相关指标的测定。

1.3 测定项目及方法

烟株生物量的测定方法为, 取根、茎、叶分别在 105 °C 杀青 20 min, 75 °C 烘干至恒质量后称量干质量; 植株钾素含量采用 1 mol/L 盐酸浸提, 土壤速效钾采用 1 mol/L 醋酸铵浸提, 土壤缓效钾采用 1 mol/L 硝酸煮沸浸提, 火焰光度计测定^[13]。

土壤钾素盈亏及平衡系数^[14-15]的计算公式如下:

钾素盈亏量(K_2O , g/盆) = 钾素投入总量 - 作物吸收钾素总量,

平衡系数 = 钾素投入总量/作物吸收钾素总量。

1.4 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 2007 软件进行图表绘制，采用 SPSS 20.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 枸溶性钾肥配施对烤烟生物量的影响

从表 1 可以看出，与单施硫酸钾肥、枸溶性钾肥相比，枸溶性钾肥与硫酸钾配施可提高 2 季烤烟的生物量，不同配施比例的效果不同。第 1 季烤烟生

物量以 T3 处理最大，显著高于其他处理，较 CK 增加 19.77%；T4、T5 处理生物量差异不显著，分别较 CK 增加 11.34%、8.97%。第 2 季烤烟数据显示，各处理生物量均偏低，T3、T4 处理烤烟生物量显著高于其他处理，二者较 CK 分别增加 21.13%、17.13%，增幅均大于第 1 季。2 季烤烟总生物量以 T3 处理最大，但与 T4 处理差异不显著。枸溶性钾肥与硫酸钾配施可以增加烤烟生物量，以 T3 处理效果最优。

表 1 不同处理对烤烟生物量的影响

处理	第 1 季		第 2 季		总生物量/(g/盆)	增幅/%
	生物量/(g/盆)	增幅/%	生物量/(g/盆)	增幅/%		
CK	75.77d	—	40.09c	—	115.86e	—
T1	77.48d	2.26	41.26b	2.92	118.74d	2.49
T2	78.69c	3.85	40.98c	2.21	119.67c	3.29
T3	90.75a	19.77	48.57a	21.13	139.32a	20.25
T4	84.43b	11.43	46.96a	17.13	131.39a	13.41
T5	82.57b	8.97	42.75b	6.61	125.32b	8.18

注：同列不同字母表示差异达 5% 显著水平。

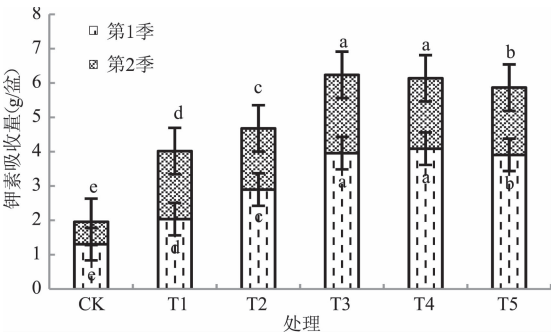
2.2 枸溶性钾肥配施对烤烟钾素吸收的影响

从图 1 可以看出，施用钾肥能显著提高 2 季烤烟的钾素吸收量。与单施硫酸钾、枸溶性钾肥相比，枸溶性钾肥与硫酸钾配施能显著提高 2 季烤烟钾素总吸收量，其中 T3 处理 2 季烤烟钾素总吸收量最高，为 6.24 g/盆，分别较 T1、T2 处理提高 52.36%、33.05%，但与 T4 处理差异不显著。第 1 季烤烟钾

素吸收量以 T4 处理最大，为 4.09 g/盆，比 T2 处理提高 1.19 g/盆；第 2 季烤烟钾素吸收量各处理均较第 1 季减少，但配施枸溶性钾肥的处理仍高于 T2 处理，以 T3 处理钾素吸收量最大。

2.3 枸溶性钾肥配施对烤烟－土壤系统钾素平衡的影响

作物－土壤系统养分平衡一般以投入量和输出量进行比较，以盈亏量表示平衡程度，平衡系数是投入的养分量与作物带走养分量之比，是衡量养分平衡的指标之一^[16]。从表 2 可以看出，枸溶性钾肥与硫酸钾不同比例配施对作物－土壤系统钾素平衡的影响不同。2 季烤烟收获后，配施枸溶性钾肥的处理烤烟带走的钾素均高于 CK、T1 和 T2，以 T3 处理最高，烤烟带走钾素量为 6.24 g/盆，钾素盈余 0.39 g/盆，平衡系数为 1.06。枸溶性钾肥的投入降低了土壤钾素的亏缺程度，提高了土壤肥力，有利于烤烟吸收利用，对缓解土壤钾素含量的下降以及作物－土壤钾素的平衡起到重要作用。



同一季图柱不同小写字母表示处理间差异达 5% 显著水平，下同

图 1 不同处理对烤烟钾素吸收量的影响

表 2 不同处理对烤烟－土壤系统钾素平衡的影响

处理	钾投入量/(g/盆)	钾输出量/(g/盆)		总输出量/(g/盆)	钾素盈亏量/(g/盆)	平衡系数
		第 1 季	第 2 季			
CK	0	1.31	0.65	1.96	-1.96	
T1	6.63	2.04	1.98	4.02	2.61	1.65
T2	6.63	2.91	1.78	4.69	1.93	1.41
T3	6.63	3.96	2.28	6.24	0.39	1.06
T4	6.63	4.09	2.05	6.15	0.49	1.08
T5	6.63	3.91	1.96	5.86	0.77	1.13

2.4 枸溶性钾肥配施对土壤钾素含量的影响

由图2可以看出,第1季烤烟收获后,CK的土壤速效钾含量低于土壤基础含量,T3与T2处理相比差异不显著,但显著高于CK和T1处理,T4、T5处理土壤速效钾含量分别为190.6、206.3 mg/kg,显著高于其他处理;第2季烤烟收获后,各处理土壤速效钾含量较第1季明显下降,其中T3处理下降幅度最小,为31.7 mg/kg,土壤速效钾含量为124.6 mg/kg,与T4处理差异不显著,但显著高于T5处理。第1季烤烟收获后各处理土壤缓效钾含量差异较大,施用枸溶性钾肥处理的土壤缓效钾含量显著高于CK,T1处理最高(481.2 mg/kg);第2季烤烟收获后,各处理土壤缓效钾含量较第1季明显下降,其中T3处理下降137.9 mg/kg,T1处理仍最高,为349.4 mg/kg。

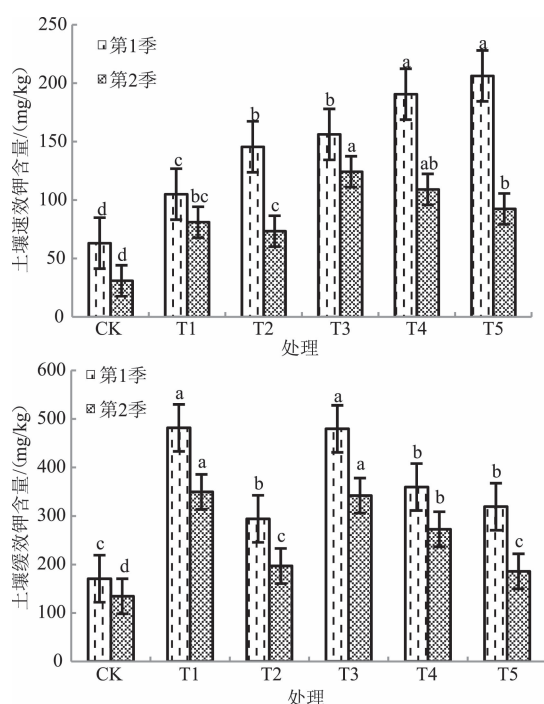


图2 不同处理对土壤速效钾、缓效钾含量变化的影响

3 结论与讨论

我国南方地区高温多雨,土壤分解和矿化过程加快,土壤中元素的迁移和淋溶较强,是缺钾最突出的地区,加之我国氮、磷、钾肥的长期不合理施用,土壤钾素平衡遭到破坏,缺钾进一步加剧,补充钾素是提高缺钾地区土壤钾素含量的有效措施。由于我国水溶性钾素资源短缺,研究、开发利用我国丰富的非水溶性钾素资源成为农用钾肥研究的热点^[17]。烤烟生产上多使用水溶性钾肥,生长后期不追施钾肥易导致土壤钾素供应不足,烟叶中积累的钾素重新

分配而转移。烤烟栽培上面临我国水溶性钾素资源短缺和烟叶钾含量低的双重困境,开发利用非水溶性钾素资源的同时,研究其对烤烟钾素营养以及烤烟-土壤系统钾素平衡的影响,对于研发适合烤烟栽培中应用的新型钾肥有重要意义。

在本试验条件下,与单施硫酸钾相比,枸溶性钾肥配施硫酸钾能够增加2季烤烟的生物量和钾素吸收量,因为枸溶性态钾素是靠烤烟根系分泌的有机酸分解的,肥效持久,与易随水流失的水溶性钾肥相比,更能保证烤烟生长后期的钾素供应,因此,枸溶态钾肥与水溶态钾肥配合施用更有利于烤烟的生长。但100%枸溶性钾肥处理的钾素分解缓慢,不能满足烤烟生长前期对钾素的需求,因此,T1处理生物量较低。枸溶态钾肥与水溶态钾肥不同配施比例的效果不同,其中T3处理效果较好,2季烤烟的生物量均最大,总生物量达139.32 g/盆,2季烤烟钾素总吸收量最高,为6.24 g/盆。烤烟的钾素积累高峰期在生长后期^[16],试验中枸溶性钾素分解慢,对烤烟前期生长贡献较小,而烤烟的钾素吸收高峰又在旺长后期,大量枸溶态钾素的分解供应可以更好地满足烤烟的生长需求。因此,枸溶态钾肥用量相对较高的配施处理T3效果优于处理T4、T5。施钾处理2季烤烟钾素总输出量均显著高于CK,但平衡系数均大于1,即钾素投入量大于烤烟的吸收量,原因可能是2季烤烟盆栽栽培周期较短,且在烤烟生长钾素积累高峰期进行收获测定相关指标,造成施入钾素未被充分利用,系统处于钾素盈余状态。孙浩燕等^[11]关于枸溶性钾肥对作物生物量及作物-土壤系统钾素平衡的影响研究中,高强度连续种植3季作物,施用钾硅肥处理的平衡系数为0.79,施入土壤的钾素得到充分利用。本研究中,单施硫酸钾肥处理的钾素平衡系数为1.41,与T1处理差异不显著,原因可能是栽培中灌溉水施入过多,水溶性钾素随水流失较多。硫酸钾肥配施枸溶性钾肥处理中,T3处理钾素平衡系数最小,说明在此配施比例下,烤烟对钾素的吸收利用较好。2季烤烟收获后,CK土壤速效钾和缓效钾含量均低于试验前土壤基础含量;硫酸钾肥配施枸溶性钾肥处理,土壤速效钾含量趋于试验前,枸溶态钾素的转化补充了土壤的速效钾含量;配施枸溶性钾肥处理土壤缓效钾含量均高于试验前,即施入的枸溶态钾肥在2季烤烟收获后未被充分利用,因此,土壤钾素盈余量较高,平衡系数较大,其中以配施75%枸溶性钾肥+25%硫酸钾的T3处理最高。

本试验条件下,配施枸溶钾肥能更好地补充土

壤有效钾素,缓解土壤肥力的下降程度,有利于烤烟生长和钾素的吸收,其中 T3 处理钾素平衡系数较好。由于是盆栽试验,烤烟生长周期短,烤烟收获后土壤钾素仍处于盈余状态,对于枸溶性钾肥配施在烤烟生长中的应用效果,仍需在此研究基础上实施大田试验进行验证,为枸溶性钾肥的开发及其在烤烟生产中的应用提供依据。

参考文献:

[1] 韩锦峰,朱大恒,刘华山,等.我国烤烟含钾量低的原因及解决途径[J].河南农业科学,2010(2):32-36.

[2] 胡国松,郑伟,王震东,等.烤烟营养原理[M].北京:科学出版社,2000.

[3] 刘坤,周冀衡,李强,等.罗平烟区不同类型植烟土壤速效钾与烟叶钾关系分析[J].天津农业科学,2016,22(3):27-30.

[4] 孙爱文,张卫峰,杜芬,等.中国钾资源及钾肥发展战略[J].现代化工,2009,29(9):10-14,16.

[5] 史云庆.中国市场钾肥供应现状分析[J].中国贸易经济,2013(2):17-20.

[6] 汪家铭.富钾岩石制取钾肥生产现状与前景展望[J].磷肥与复肥,2011,26(5):20-23.

[7] 冯元琦.利用不溶性含钾矿源力促我国钾肥自给[J].化肥设计,2011,49(3):59,61.

[8] 章彪雄,黄庆海,黄天宝,等.长效硅钾肥在红壤性早稻上的使用效果[J].江西农业学报,2008,20(5):119-120.

[9] 张艳红,段彩霞,薛旗.硅钙镁钾肥在花生上的施用效果研究[J].现代农业科技,2011(8):278.

[10] 崔德杰,高静,宋宏伟.施用硅钾肥对冬小麦抗旱性的影响[J].土壤肥料,2000(4):27-29.

[11] 孙浩燕,张洋洋,任涛,等.枸溶性钾肥对作物生物量及作物-土壤系统钾素平衡的影响[J].土壤,2014(4):669-673.

[12] 王晓,王丰,刘光快,等.枸溶性与水溶性钾肥配施对烤烟生长的影响[J].贵州农业科学,2016,44(5):68-71.

[13] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[14] 王志勇,白由路,杨俐苹,等.低土壤肥力下施钾和秸秆还田对作物产量及土壤钾素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(4):900-906.

[15] 王宏庭,金继运,王斌,等.山西褐土长期施用钾和秸秆还田对冬小麦产量和钾素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):801-808.

[16] 李玉影,刘双全,姬景红,等.玉米平衡施肥对产量、养分平衡系数及废料利用率的影响[J].玉米科学,2013,21(3):120-124.

[17] 钱发军,赵凤兰,邓挺,等.长效钾肥的研究进展及其产业化意义[J].河南农业科学,2003(9):40-41.

(上接第 37 页)

[15] 景延秋,杨宇熙,李广良,等.不同种植密度对白肋烟中性香味物质的影响[J].西北农业学报,2012,21(3):103-107.

[16] 姜洪甲,马维广,邢世东,等.烤烟不同栽培密度与留叶数对烟叶品质的影响[J].中国农学通报,2010,26(16):124-128.

[17] 毕文荣,吴永明,刘彦中,等.不同种植密度对烤烟产质量及叶绿素含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(1):1-4.

[18] 赵辉,赵铭钦,程玉渊,等.不同密度和留叶数对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J].江苏农业学报,2010,26(1):46-50.

[19] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995:42-44.

[20] Zhan J,Zhou F F,Zhu H B,et al. Classification and dis-

tribution of common aroma components in tobacco leaf based on their physical and chemical properties[J]. Agricultural Science & Technology,2013,14(9):1358-1364.

[21] 史宏志,刘国顺,杨惠娟,等.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,2011:19-21,280-288.

[22] 牛路路.不同海拔条件下毕节烤烟叶片组织结构及其碳氮代谢规律研究[D].郑州:河南农业大学,2013:24-25.

[23] 潘广为,向炳清,孔伟,等.高海拔地区烟草留叶数对烤烟产量、质量的影响[J].湖北农业科学,2013,52(14):3338-3341.

[24] 李章海,徐晓燕,季学军,等.安徽省优质烤烟产区栽培技术研究[J].作物杂志,2003(4):15-17.

[25] 王莹,李元实,赵铭钦,等.种植密度及留叶数对烤烟主要碳水化合物含量的影响[J].云南农业大学学报,2009,24(2):216-219,254.