

枸溶性钾肥部分替代硫酸钾对抚仙湖流域烤烟生长和提钾的影响^①

陆欣远^{1,2}, 徐勇贤^{3*}, 陈小琴¹, 李冬雪^{1,2}, 王一柳^{1,2}, 陈志青³, 钱 玘³, 王火焰^{1,2},
卢殿君¹, 周健民^{1,2}

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 211135; 2 中国科学院大学现代农业科学学院, 北京 100190; 3 云南省烟草公司玉溪市公司澄江分公司, 云南澄江 652500)

摘 要: 以常规肥分次撒施为对照, 设置枸溶性钾肥(简称“枸钾”)替代总钾量的 1/4 与 1/2 两种比例, 当地常规肥与高钾型烤烟专用肥(二者均以硫酸钾形式供钾)两个肥料品种, 探讨了枸溶性钾肥部分替代硫酸钾且根区一次施用对烤烟生长和提钾效果的影响。结果表明: 枸钾部分替代硫酸钾显著提升了上等烟叶的比例, 枸钾替代比例为 1/2 时, 高钾型烤烟专用肥一次施用与常规肥一次施用相比, 产量、产值、上等烟叶的比例分别增加 11.9%、9.9%、5.6%, 下等烟叶的比例降低 77.7%, 差异均达显著水平。枸钾替代比例为 1/2 的专用肥一次施用处理对烤烟不同生长时期的农艺性状也有一定的提升作用, 主成分分析表明其对烤烟生长及养分吸收影响的综合效应相对最优。综合可见, 高钾型烤烟专用肥中总钾量的 1/2 以枸钾替代并进行根区一次施用, 是值得推荐的烤烟增产增收且轻简化施肥措施。

关键词: 烤烟; 枸溶性钾肥; 根区一次施肥; 钾含量

中图分类号: S143.3 **文献标志码:** A

Effect of Partial Substitution of Potassium Sulfate with Citrate Soluble Potassium Fertilizer on Growth and Potassium Increase of Tobacco in Fuxian Lake Basin

LU Xinyuan^{1,2}, XU Yongxian^{3*}, CHEN Xiaoqin¹, LI Dongxue^{1,2}, WANG Yiliu^{1,2}, CHEN Zhiqing³, QIAN Pin³, WANG Huoyan^{1,2}, LU Dianjun¹, ZHOU Jianmin^{1,2}

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 211135, China*; 2 *College of Advanced Agricultural Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*; 3 *Chengjiang Branch, Yuxi Company of Yunnan Province Tobacco Company, Chengjiang, Yunnan 652500, China*)

Abstract: This study aims to explore the effect of partially substitution potassium sulfate with citrate soluble potassium fertilizer (citrate-K) and one-time root zone application on the growth and potassium increase of tobacco. The local conventional fertilizers were applied by surface spreading as the control, 1/4 and 1/2 of total potassium substituted with citrate-K were set in the experiment. The types of fertilizers include local conventional fertilizer and high potassium special fertilizer for tobacco (both supply potassium in the form of potassium sulfate). The results showed that partial substitution of potassium sulfate with citrate-K significantly increased the proportion of high grade tobacco leaves. When 1/2 of potassium substituted, the application of high potassium special fertilizer significantly increased the yield, value, and proportion of high grade tobacco leaves by 11.9%, 9.9% and 5.6%, respectively, and decreased the proportion of low grade tobacco leaves by 77.7%, compared with those of conventional fertilizer. The one-time root-zone application of high potassium special fertilizer with 1/2 of potassium substituted by citrate-K also had a certain improvement effect on the agronomic traits of tobacco at different growth stages, which was much better than other treatments by the comparison the comprehensive effect through principal component analysis. This study indicates that one-time root-zone application of high potassium special fertilizer with 1/2 of potassium substituted by citrate-K could be

①基金项目: 云南省烟草公司玉溪市公司科技计划项目(yxyc2023010)资助。

* 通信作者(28400350@qq.com)

作者简介: 陆欣远(1996—), 男, 贵州遵义人, 博士研究生, 主要从事植物营养与土壤肥力方面研究。E-mail: luxinyuan@issas.ac.cn

recommended for light and simplified fertilization for higher yield and quality of tobacco leaves.

Key words: Tobacco; Citrate soluble potassium fertilizer; One-time root zone fertilization; Potassium content

钾作为烤烟生长必需的营养元素,其含量也是评价烟叶质量的重要指标。钾素不仅参与烟株体内多种关键代谢过程,促进烟株生长、提高抗逆性,而且对改善烟叶成熟度、色泽、燃烧性和提高烟叶香气等都具有重要作用^[1-2]。烟叶钾含量偏低一直是制约我国烟叶品质提升的重要因素^[3-4]。提高烟叶钾含量一直是我国烟草行业关注的重点^[5-7]。我国烤烟生产大多施用硫酸钾等水溶性钾肥,但长期施用硫酸钾易导致土壤硫含量增加和土壤酸化,进而导致烟株发育过大、烟叶品质下降等问题^[8-9]。由于烤烟不同生长期对钾均有一定的需求,目前烤烟钾肥的施用方式仍以基追结合、多次追施为主^[10-11]。为此,探索可替代硫酸钾的钾肥和一次性钾肥基施技术,对于植烟土壤保育和降低烤烟生产成本具有积极的科学指导 and 生产实践意义。

枸溶性钾肥(简称“枸钾”)是一种新型钾肥,不易溶于水但易溶于柠檬酸等弱酸,可长效持久地供给作物养分。已有研究表明,枸溶性钾肥部分替代硫酸钾,不仅可以满足烤烟生长中后期的钾素需求^[12],还有利于烟叶干物质质量、烟叶钾含量和吸收量及土壤速效钾含量的增加,但不同替代比例的效果并不一致^[13-14]。根区一次施肥是一种将作物全生育期所需肥料一次性集中基施于根区、后期不再追肥的施肥方式^[15],在玉米^[16]、水稻^[17]、小麦^[18]等主粮作物上均获得了较好的应用效果,其在烤烟上也开展了一些研究,但多集中于肥料的用量^[19-20]、品种^[21]、施用位置^[22]等技术参数的探索。

基于以上,本文拟在我国著名的“云烟之乡”玉溪抚仙湖流域植烟区,通过枸溶性钾肥不同比例部分替代硫酸钾并结合根区一次施肥方式,进行烟叶提钾技术的研究,以探索高产优质、轻简化的施肥技术,为推进当地烤烟种植的绿色高质量发展提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于云南省玉溪市抚仙湖流域,属北亚热带低纬高原季风气候区,年平均气温为 11.9~17.5℃,年均日照时数为 2 172.3 h,年降水量为 900~1 200 mm,海拔介于 1 327~2 920 m。试验地位于玉溪澄江市右所镇(102°91'63"E, 24°64'62"N),土壤类型为水稻

土,试验开始前 0~20 cm 耕层土壤的理化性质为: pH 6.74,有机质 17.8 g/kg,碱解氮 152.1 mg/kg,有效磷 17.80 mg/kg,速效钾 262.43 mg/kg。

1.2 供试材料

供试烟株品种为 K326。供试肥料包括常规烤烟复合肥(A型为 N-P₂O₅-K₂O: 12-6-24; B型为 N-P₂O₅-K₂O: 28-0-5),硫酸钾(K₂O≥52%),均由当地烟草公司提供;高钾型烤烟专用肥(N-P₂O₅-K₂O: 9-9-32,简称“专用肥”),由中国科学院南京土壤研究所设计、四川金叶化肥有限公司生产。上述复合肥和专用肥中的钾均来自硫酸钾。枸溶性钾肥(含 K₂O 20%, CaO 7%, MgO 4%,简称“枸钾”),由深圳前海大地矿物科技有限公司提供。

1.3 试验设计

试验设置 5 个处理,各 3 次重复,采用完全随机区组排列。小区总面积为 1 152 m²,行距为 120 cm,株距为 55 cm,种植密度为 12 811 株/hm²。试验处理包括:①当地常规肥分次施用(对照,CSB),分 4 次施肥,其中每亩(1 亩=667m²)基施复合肥 A 20 kg,提苗期施复合肥 B 3 kg,掏苗两周后施复合肥 A 10 kg、硫酸钾 15 kg,团棵期施复合肥 A 10 kg、硫酸钾 15 kg(K₂O);②常规肥一次施用,其中总钾量的 1/4 以枸钾替代(1/4CCP);③常规肥一次施用,其中总钾量的 1/2 以枸钾替代(1/2CCP);④专用肥一次施用,其中总钾量的 1/4 以枸钾替代(1/4SCP);⑤专用肥一次施用,其中总钾量的 1/2 以枸钾替代(1/2SCP)。各处理养分量一致,均为当地推荐用量,即 N 84.6 kg/hm², P₂O₅ 36 kg/hm², K₂O 372 kg/hm²。一次施肥处理中全部肥料在烤烟移栽时一次性环施于根区,后期不再追施任何肥料,其余栽培管理措施均与当地一致。

1.4 样品采集及测定

移栽后 40 d(团棵期)和 65 d(现蕾期),在每个小区选择有代表性的 10 株烟株,测量株高、茎围、叶片数、最大叶长、叶宽、叶面积等农艺性状。在采收期对各小区烟叶进行单独挂牌记录,采收烘烤,分级记产,并取各小区中部烟叶 1 kg,带回实验室进行理化指标测定。所取中部烟叶粉碎过 2 mm 筛,经 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮^[23],通过 Smart Chem 全自动间断化学分析仪测定养分含量。

1.5 数据处理与分析

所有试验数据均采用 Excel 2021 和 SPSS 23.0 进

行数据处理与统计分析。其中,采用单因素方差分析及 Duncan 法进行处理间显著性检验及多重比较,显著性水平为 $P<0.05$;对烟株农艺性状、叶片养分含量及吸收量、产量等各项指标进行主成分分析,以各主成分的综合得分作为各处理综合效应优劣的判定依据。

2 结果与分析

2.1 枸钾部分替代硫酸钾对烟株不同生长时期农艺性状的影响

烟株移栽后 40 d 和 65 d,各施肥处理对烟株农艺性状均有一定影响(表 1)。移栽 40 d 后,在专用肥一次施肥处理中,与 1/4SCP 处理相比,1/2SCP 处理烟

株最大叶面积显著增加 24.0%。常规肥处理中不同枸钾替代比例对烟株农艺性状无显著影响。在枸钾替代比例为 1/2 时,与 1/2CCP 处理相比,1/2SCP 处理茎围和最大叶面积分别显著增加 15.1% 和 26.0%。而枸钾替代比例为 1/4 时,不同肥料处理的农艺性状无显著差异。与 CSB 处理相比,1/2SCP 处理显著增加了烟株的株高、最大叶宽和最大叶面积,但 1/4SCP 处理及不同替代比例的常规肥一次施用处理(1/2CCP、1/4CCP),除茎围外,其他各农艺性状均与 CSB 处理无显著差异。不同施肥处理对烟株农艺性状的影响在移栽后 65 d 与移栽后 40 d 基本一致。总体而言,与当地常规复合肥分 4 次施用相比,采用枸钾替代比例为 1/2 的专用肥一次施用,烟株各农艺性状显著较优。

表 1 枸钾部分替代硫酸钾对烟株不同生长时期农艺性状的影响

Table 1 Effects of partial substitution of potassium sulfate with citrate soluble potassium fertilizer on agronomic traits of tobacco at different growth stages

生长时期	处理	株高(cm)	茎围(cm)	自然叶片数	最大叶长(cm)	最大叶宽(cm)	最大叶面积(cm ²)
移栽后 40 d	CSB	63.0 ± 1.9 b	9.7 ± 0.4 a	13 a	54.2 ± 2.9 a	21.1 ± 2.4 b	725.0 ± 88.4 b
	1/4CCP	63.2 ± 1.6 b	8.4 ± 0.9 b	14 a	51.3 ± 3.0 a	22.0 ± 3.0 ab	715.9 ± 75.2 b
	1/2CCP	65.2 ± 1.3 ab	8.6 ± 0.4 b	13 a	51.9 ± 3.3 a	22.1 ± 2.9 ab	730.8 ± 127.9 b
	1/4SCP	65.0 ± 0.6 ab	9.1 ± 0.6 ab	15 a	51.6 ± 3.7 a	22.7 ± 3.6 ab	742.7 ± 158.2 b
	1/2SCP	68.4 ± 1.3 a	9.9 ± 0.8 a	15 a	55.6 ± 3.4 a	26.1 ± 2.4 a	921.1 ± 89.4 a
移栽后 65 d	CSB	112.6 ± 4.9 ab	11.4 ± 0.4 a	20 a	78.4 ± 7.9 ab	28.2 ± 4.1 b	1419.1 ± 341.4 b
	1/4CCP	117.6 ± 1.5 a	10.7 ± 0.5 a	19 a	80.2 ± 5.9 ab	30.8 ± 3.3 ab	1576.5 ± 286.5 ab
	1/2CCP	116.0 ± 2.5 ab	10.8 ± 0.7 a	20 a	80.6 ± 4.7 ab	31.4 ± 3.5 ab	1613.8 ± 275.2 ab
	1/4SCP	115.2 ± 2.7 ab	10.7 ± 0.8 a	20 a	79.8 ± 4.6 ab	28.6 ± 2.2 b	1452.8 ± 186.9 b
	1/2SCP	115.0 ± 5.2 ab	11.5 ± 0.9 a	20 a	85.4 ± 4.4 a	34.0 ± 3.3 a	1837.6 ± 140.4 a

注:表中数值为均值 ± 标准误,同列不同小写字母表示同一时期不同施肥处理间差异显著($P<0.05$),下同。

2.2 枸钾部分替代硫酸钾对烤烟产量及烟叶等级比例的影响

枸钾部分替代硫酸钾对烟叶产量、产值、各烟叶等级比例均有一定影响(表 2)。在专用肥一次施用处理中,1/2SCP 处理较 1/4SCP 处理产量显著增加 5.9%。常规肥处理中,不同枸钾替代比例对产量、产值、烟叶等级等无显著影响。枸钾替代比例为 1/2 时,1/2SCP 处理较 1/2CCP 处理产量、产值、上等烟叶的比例均显著增加,分别达 11.9%、9.9% 和 5.6%,同时,下等烟叶的比例显著降低 77.7%。

对照 CSB 处理的烟叶总产量、产值均与 1/2SCP 处理无显著差异,但上等烟叶的比例显著降低 11.9%,而中、下等烟叶的比例分别显著提高了 36.1% 和 90.9%。但常规肥分 4 次施用(CSB 处理),其产量、产值显著高于枸钾替代比例为 1/2 的常规肥一次施用(1/2CCP 处理)。不论替代比例如何,枸钾部分替代硫酸钾的常规肥处理(1/2CCP、1/4CCP)与 CSB 处理相比,上等烟叶的比例显著增加,增加率 6.9% ~ 7.4%,下等烟叶的比例显著降低了 59.1% ~ 81.8%。

表 2 枸钾部分替代硫酸钾对烟叶总产量及等级比例的影响

Table 2 Effects of partial substitution of potassium sulfate with citrate soluble potassium fertilizer on total yields values and grade ratios of tobacco leaves

处理	产量(kg/hm ²)	产值(万元/hm ²)	上等烟叶比例 (%)	中等烟叶比例 (%)	下等烟叶比例(%)
CSB	3 179.3 ab	10.8 ab	69.9 c	27.9 a	2.2 a
1/4CCP	2 964.6 cd	10.3 bc	74.7 b	24.9 ab	0.4 c
1/2CCP	2 920.5 d	10.1 c	75.1 b	24.0 bc	0.9 b
1/4SCP	3 087.5 bc	10.5 abc	78.2 ab	21.5 bc	0.3 d
1/2SCP	3 269.2 a	11.1 a	79.3 a	20.5 c	0.2 d

2.3 枸钾部分替代硫酸钾对中部烟叶养分含量和吸收量的影响

枸钾部分替代硫酸钾对烟叶氮、磷、钾、钙、镁养分含量和吸收量的影响如表 3 和表 4 所示。从表 3 可以看出,枸钾不同替代比例的专用肥一次施用,中部叶钾含量显著高于常规肥处理。常规肥处理中,枸钾部分替代硫酸钾与 CSB 处理相比,中部叶氮、磷、钾含量均无显著性差异,但钙、镁含量显著增加。不

论肥料品种及替代比例如何,有枸钾替代的各处理,中部叶钾含量范围在 2.08%~2.67%,均超过 2.0%。其中枸钾替代比例为 1/2 和 1/4 的专用肥一次施用(1/2SCP、1/4SCP 处理),中部叶钾含量相比 CSB 处理分别增加 43.5% 和 41.9%。养分吸收量的结果也表现出相似的趋势,枸钾替代比例为 1/2 的专用肥一次施用,中部叶的钾、钙、镁吸收量显著高于其他各处理(表 4)。

表 3 枸钾部分替代硫酸钾对中部烟叶养分含量的影响(以质量分数计)
Table 3 Effects of partial substitution of potassium sulfate with citrate soluble potassium fertilizer on nutrient contents of tobacco middle leaves

处理	氮含量(%)	钾含量(%)	磷含量(%)	钙含量(%)	镁含量(%)
CSB	0.83 ± 0.25 a	1.86 ± 0.55 b	0.18 ± 0.01 a	1.84 ± 0.44 b	0.63 ± 0.06 b
1/4CCP	0.86 ± 0.10 a	2.08 ± 0.14 b	0.17 ± 0.01 a	2.55 ± 0.32 a	0.77 ± 0.16 ab
1/2CCP	1.00 ± 0.15 a	2.12 ± 0.14 b	0.18 ± 0.04 a	2.82 ± 0.10 a	0.91 ± 0.10 a
1/4SCP	0.84 ± 0.07 a	2.64 ± 0.61 a	0.19 ± 0.04 a	2.32 ± 0.10 ab	0.79 ± 0.10 ab
1/2SCP	1.11 ± 0.10 a	2.67 ± 0.19 a	0.20 ± 0.04 a	2.78 ± 0.44 a	0.87 ± 0.16 a

表 4 枸钾部分替代硫酸钾对中部烟叶养分吸收量的影响
Table 4 Effects of partial substitution of potassium sulfate with citrate soluble potassium fertilizer on nutrient uptakes of tobacco middle leaves

处理	吸氮量(g/株)	吸钾量(g/株)	吸磷量(g/株)	吸钙量(g/株)	吸镁量(g/株)
CSB	0.93 ± 0.31 a	2.31 ± 0.98 b	0.21 ± 0.06 a	2.15 ± 0.54 c	0.77 ± 0.17 b
1/4CCP	1.01 ± 0.14 a	2.27 ± 0.86 b	0.22 ± 0.03 a	2.99 ± 0.45 bc	0.95 ± 0.53 b
1/2CCP	1.14 ± 0.58 a	2.32 ± 0.21 b	0.23 ± 0.08 a	3.19 ± 0.73 b	0.87 ± 0.12 b
1/4SCP	1.02 ± 0.17 a	2.89 ± 0.29 ab	0.21 ± 0.04 a	2.60 ± 0.34 bc	0.96 ± 0.18 b
1/2SCP	1.24 ± 0.19 a	3.60 ± 0.71 a	0.27 ± 0.05 a	4.7 ± 0.73 a	1.44 ± 0.29 a

2.4 枸钾部分替代硫酸钾对烤烟生长及养分吸收影响的综合效应评价

为了对影响烤烟生长及养分吸收的因素进行综合效应评价,采用主成分分析法,根据特征值大于 1 的原则,得到了排名靠前的 3 个主成分因子(F1~F3),及各主成分因子的载荷矩阵(表 5)。据此计算各处

理中各主成分因子的得分及综合得分,并进行排名(表 6)。结果表明,各处理中,1/2SCP 处理综合排名第 1,其综合得分远高于其他各处理,再次说明高钾型烤烟专用肥中总钾量的 1/2 以枸钾替代并进行根区一次施用,对烤烟生长及养分吸收影响的综合效应相对最优。

表 5 主成分因子载荷矩阵
Table 5 Principal component factors loading matrix

主成分	F1	F2	F3
株高	0.40	-0.83	0.12
茎围	0.14	0.94	0.31
最大叶长	0.95	0.26	0.20
最大叶宽	0.87	0.03	0.49
最大叶面积	0.90	0.12	0.43
产量	0.27	0.94	-0.18
上等烟叶比例	0.91	-0.17	-0.39
中等烟叶比例	-0.90	0.09	0.40
下等烟叶比例	0.82	-0.43	-0.30
钾含量	0.81	0.08	-0.57
钙含量	0.81	-0.48	0.31
镁含量	0.59	-0.67	0.12
吸钾量	0.83	0.48	-0.28
吸钙量	0.94	0.16	0.29
吸镁量	0.93	0.33	0.02

表 6 各处理主成分因子综合得分及排名
Table 6 Comprehensive scores and ranking of principal component factors

处理	F1	F2	F3	F 综合得分	综合排名
CSB	774.2	1576.1	60.6	905.2	4
1/4CCP	807.5	1479.3	143.1	909.9	3
1/2CCP	815.2	1461.1	162.0	912.1	2
1/4SCP	782.6	1531.6	80.0	901.0	5
1/2SCP	919.5	1643.3	188.3	1028.1	1

3 讨论

枸溶性钾肥是一种新型缓释型钾肥,通常由长石等煅烧而得,一般含有钾、钙、镁、硅等多种成分^[24]。研究表明,与单施硫酸钾相比,枸钾部分替代硫酸钾可增加烟株干物质质量和烟叶总产量^[7,21],促进根系发

育^[12], 本研究得到了相似的结论。与对照相比, 常规肥中总钾量的 1/2 或 1/4 以枸钾替代后, 显著增加了上等烟叶的比例, 并显著降低了中下等烟叶的比例(表 2)。王晓等^[14]研究表明, 贵州黄壤上 K326 品种在枸钾替代比例为 75% 时生物量和吸钾量显著增加, 在云南塔甸与新平地区则以枸钾替代比例为 1/4 时云烟 87 与 KRK26 品种的烟叶产量与钾含量增加显著。王一柳等^[7]的研究发现, 枸钾替代比例为 40% 时, 四川仁和与内东地区烟叶生长与钾素吸收显著优于米易和河口地区。上述结果中枸钾替代比例的不同效果应与不同地区、土壤条件及烤烟品种等均有一定关系。在本研究中, 枸钾替代比例为 1/2 的高钾型烤烟专用肥一次施用, 与常规施肥相比, 显著增加了烟株的株高、最大叶宽和最大叶面积等农艺性状指标, 而当枸钾替代比例为 1/4 时, 不同生长时期农艺性状均无显著差异。根据烤烟需钾以及土壤供钾特性, 施用适量的钾肥, 并通过新型枸钾后期钾素释放的特点, 采用枸钾替代部分硫酸钾, 不仅可以保证钾素供应的量足持久, 也能起到有效提升烟叶钾含量的作用^[13,20,25]。因此, 选择合适的替代比例满足烤烟整个生长周期的钾素需求是枸钾部分替代硫酸钾中需要考虑的重要因素之一。

烟叶钾含量是评价烤烟品质的重要指标, 国际优质烟叶钾含量一般在 4%~6%, 而我国烤烟钾含量总体偏低, 平均仅在 1%~2%, 而一般优质烟叶钾含量应在 2.5% 以上^[26-27]。本研究中, 尽管供试土壤速效钾含量较高, 但对照处理(CSB)中烟叶钾含量仍然低于 2%, 仅枸钾替代比例为 1/2 和 1/4 的高钾型烤烟专用肥一次施用处理(1/2SCP、1/4SCP)中, 中部叶钾平均含量(表 3)达优质烟叶标准, 且分别显著高于对照处理(CSB)。枸钾替代比例为 1/2 和 1/4 的常规肥处理中, 中部叶钾含量也可达 2% 以上, 虽分别高于 CSB 处理, 但未达到显著差异。由此可见, 施用一部分枸钾以替代硫酸钾, 均对烟叶提钾具有一定的效果, 其中以枸钾替代比例为 1/2 和 1/4 的高钾型烤烟专用肥一次施用的提钾效果更好。与硫酸钾相比, 枸钾是一种缓释型钾肥, 供钾时期较长, 有利于成熟期烟叶钾含量和吸收量的提高^[7,14]。除钾之外, 枸钾中还含有钙、镁等多种元素, 一方面能增加土壤中钙、镁含量, 减少土壤板结、促进作物生长, 另一方面, 适量钙镁的施入对提升烟叶钾含量与品质也能起到一定作用^[13,21,24]。

根区一次施肥通过将合适配方和用量的肥料集中施于作物根区核心区域, 形成了根区养分高浓度微

区, 从而降低了养分损失率, 实现了养分的高效吸收^[15]。本研究中, 通过根区施肥, 显著增加了烟株对钾的吸收^[19]。此外, 本研究中所用高钾型烤烟专用肥与常规肥相比, 其对烟株生长、钾含量及产量等均表现出明显优势。该专用肥采用根区一次施用方式, 进一步促进了烟叶钾吸收, 提高了烟叶钾含量及上等烟叶的比例, 从而增加了烟叶的产量产值。由于烤烟生长具有“低氮高钾”的养分需求特点, 因此在了解土壤养分供应状况的基础上, 设计高钾型烤烟配方专用肥, 并通过根区一次施用技术, 可以实现烤烟施肥的轻简化, 不仅省工省力, 还能增产增收, 且该技术在不同烟区均能适用^[19-21]。

4 结论

枸溶性钾肥部分替代硫酸钾对于抚仙湖流域植烟区烤烟的生长与养分吸收均有一定的促进作用, 其中枸溶性钾肥替代比例为 1/2 的高钾型烤烟专用肥一次施用(1/2SCP)对烤烟农艺性状、中部叶钾含量与吸收量、烟叶总产量、产值及上等烟叶比例的提升作用均相对最优, 是研究区烤烟种植值得推广的一种增产增收且轻简化施肥措施。

参考文献:

- [1] 李强, 周冀衡, 程昌新, 等. 云南烤烟钾含量特征及其与致香物质的关系[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(6): 49-55.
- [2] 刘国顺, 叶协锋, 王彦亭, 等. 不同钾肥施用量对烟叶香气成分含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2004, 25(4): 1-4.
- [3] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14-18.
- [4] 李强, 周冀衡, 何伟, 等. 中国烤烟含钾量的区域特征研究[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 363-368.
- [5] 季璇, 陈熙卓, 宋文静, 等. 施钾量对不同生态区烤烟生长和钾肥利用率的影响[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(5): 36-42.
- [6] 康辉, 陈思原, 罗云霞, 等. 烤烟提钾降氯技术研究进展[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(6): 1351-1357.
- [7] 王一柳, 李冬雪, 邹威威, 等. 新型钾肥配施硫酸钾对烤烟生长及钾素吸收的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(6): 72-76.
- [8] 邵惠芳, 任晓红, 乔宁, 等. 烟草硫素营养研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 304-307.
- [9] 丁伟. 贵州植烟土壤硫素特征研究与含硫肥料施用探讨[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(1): 14-15.
- [10] 韩富根, 沈铮, 李元实, 等. 不同施肥和灌溉组合对烤烟化学成分和香气质量的影响[J]. 土壤, 2010, 42(1): 14-19.

- [11] 樊玉星, 张洁洁, 闫凯龙, 等. 不同施氮水平对水稻土氮素供应和烤烟氮素吸收积累的影响[J]. 土壤, 2016, 48(3): 455–462.
- [12] 李鑫, 周冀衡, 张毅, 等. 枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟生长及钾素积累与分配的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(5): 480–483.
- [13] 李冬雪, 王一柳, 郇威威, 等. 枸溶性钾肥对玉溪烟叶及根区土壤养分含量的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(7): 67–73.
- [14] 王晓, 王丰, 刘光快, 等. 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[J]. 河南农业科学, 2017, 46(4): 44–48.
- [15] 王火焰, 周健民. 根区施肥——提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施[J]. 土壤, 2013, 45(5): 785–790.
- [16] 杨朔, 胡仁, 侯俊, 等. 根区施肥条件下氮肥品种及施氮量对玉米苗期根系特征及生长的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2023(9): 111–119.
- [17] 胡仁, 肖大康, 丁紫娟, 等. 根区施氮对水稻苗期根系生长及分布的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(22): 93–99.
- [18] Jiang C Q, Lu D J, Zu C L, et al. Root-zone fertilization improves crop yields and minimizes nitrogen loss in summer maize in China[J]. Scientific Reports, 2018, 8: 15139.
- [19] 郇威威, 王一柳, 卢殿君, 等. 高钾用量和根区施肥可提升皖南不同质地土壤烟叶钾含量[J]. 土壤, 2019, 51(3): 458–464.
- [20] 严陶韬, 王一柳, 卢殿君, 等. 根区施用钾肥对烤烟产量、钾含量及钾素吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(5): 70–76.
- [21] 王一柳, 李冬雪, 卢殿君, 等. 根区施用杂卤石对昆明烤烟产质量及养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(3): 199–206.
- [22] 李冬雪, 王一柳, 郇威威, 等. 施肥位点调控对植烟土壤及烤烟钾含量的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(30): 65–71.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 褚玉麟, 赵哲, 苏少伟, 等. 枸溶性钾肥与水溶性钾肥等比例基施提高甘薯生育期钾素积累和产量[J]. 植物营养与肥料学报, 2024, 30(2): 385–393.
- [25] 张新, 曹志洪. 钾肥对烤烟体内钾素分配及微量元素含量的影响[J]. 土壤学报, 1994, 31(1): 50–60.
- [26] 闫宁, 刘新民, 杜咏梅, 等. 我国初烤烟叶钾含量现状与变化趋势分析[J]. 江西农业学报, 2018, 30(1): 86–90.
- [27] 曾洪玉, 张国治, 苏以荣, 等. 烟草钾素营养与提高烤烟烟叶含钾量的研究现状与展望[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(2): 219–224.