

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^①

郇威威^{1,2}, 王一柳², 卢殿君², 祖朝龙³, 王火焰^{2*}, 孙磊^{1*}

(1 东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 3 安徽省农业科学院烟草研究所, 合肥 230031)

摘要: 钾是烟叶的品质元素之一, 提升烟叶钾含量一直是我国烟草行业关注的重点之一。本文选取安徽烤烟主产区皖南宣城市砂土与黏土两类典型土壤, 以云烟 97 为试验材料, 研究田间条件下不同高钾用量水平与施肥方式对烟叶钾含量的影响。研究结果表明, 在耕层土壤全层混施方式下, 随着施钾量增加(0、300、600、900、1 200、1 800、2 400 mg/kg, 以纯 K 计), 两种质地土壤烟叶钾含量均显著上升, 呈先快速增加而后缓慢增加的趋势。在钾肥用量低于 1 200 mg/kg 时, 每增加钾肥用量 100 mg/kg, 砂土和黏土烟叶不同部位钾含量分别平均增加 2.4 g/kg 和 1.0 g/kg。更高钾肥用量可使砂土烟叶钾平均含量提升到 44.0 g/kg, 黏土则只能提升到 26.2 g/kg。两类土壤钾肥效果差异极大的原因与土壤固钾能力有关, 土壤速效钾含量与烟叶钾含量呈线性相关, 而黏土钾肥固定率平均为 71%, 远高于砂土的 25%, 这是两种质地土壤钾肥肥效差异的根本原因。在常规同等钾肥用量条件下(K_2O 25 kg/667m²), 氮磷钾根区集中施用较常规条施显著促进了烟叶对钾的吸收, 提升了烟叶钾含量, 而且砂土的效果要好于黏土, 其原因也与根区施肥可显著提升烟叶根区土壤速效钾含量有关。以上结果表明, 选择固钾能力弱的土壤, 提高钾肥用量并改进施肥方法可以有效提升皖南烟叶钾的含量。

关键词: 高钾用量; 根区施肥; 钾含量; 烟叶; 土壤质地; 皖南

中图分类号: S146 **文献标识码:** A

钾是植物必需三大元素之一, 是保证作物正常生长至关重要的营养元素^[1-2]。钾也是重要的品质元素, 不仅能增强作物对病害与环境胁迫的抵抗力^[3-4], 还能提高作物的品质和经济价值^[5-6]。在烟草、棉花、果蔬等作物上, 钾肥的施用格外重要, 其用量往往高于氮、磷肥^[7-8]。烟草是一种喜钾的经济作物, 烟叶钾含量高是评价烟叶品质的重要指标之一^[9-10]。国外优质烟叶中含钾量通常在 3% 以上, 而我国烟叶钾含量普遍偏低, 优质烟叶钾含量一般低于 2%, 平均在 2% 以下^[11-13]。具有独特焦甜香风格的皖南烟区烟叶钾含量总体偏低^[14], 且近年来出现了逐渐降低的趋势。作为中国优质烟叶生产基地, 如何提升烟叶钾含量是亟待解决的问题。

目前提高烟叶钾含量的途径主要有为筛选钾高效品种、优化肥料配方、增加钾肥施用量和优化钾肥施用方法等^[15-19]。其中最常用的方法是增加钾肥用量, 但也有一些报道认为简单增加钾肥用量对烟叶钾

的提升作用并不是十分显著^[20], 其原因可能与供试土壤的特性有关。曹志洪等^[21]认为不同质地土壤中烟叶钾含量与土壤速效钾和缓效钾含量没有多少关系, 而与土壤对钾的固定能力有关。也有一些研究认为将钾肥分次施用, 增加钾肥的追肥次数可以提升烟叶的钾含量^[22-23], 但介晓磊等^[24]认为增加钾肥施用次数对烟叶钾含量的提升效果有限。由此可知, 我国烟叶钾含量难以显著提升的原因是多方面的。以增加钾肥用量来提升烟叶钾含量, 一方面由于其效果不稳定, 另一方面会显著增加生产成本, 因而生产实践受限; 其他的一些措施, 也因其效果不稳定且增加了人工成本, 多数也难以大面积推广。

如何有效提高烟叶钾的含量, 使施入的钾肥尽量被烟叶吸收利用, 还需要在施肥技术方面开展更多的研究和进行技术创新。合适的肥料品种、施肥用量、施肥时间和施肥位点, 即 4R 技术, 是施肥技术的 4 大要素。王火焰和周健民^[25]认为, 养分供应浓度(强

基金项目: 安徽省烟草公司科技重点项目 (20150551009) 资助。

* 通讯作者(hywang@issas.ac.cn; sunleilee@163.com)

作者简介: 郇威威(1991—), 男, 河南兰考人, 硕士研究生, 主要从事烟草养分管理方面研究。E-mail: 980168491@qq.com

度)是影响作物养分吸收的另一个重要因素,而且 4R 技术中,施肥位置的重要性长期以来被忽视,只有根区施肥才能有效地提升作物对肥料养分的吸收利用,并大幅度减少养分的损失和浪费。这一理念和相应的技术在小麦^[26]、水稻^[27]等作物上取得了显著的增产与节肥效果。皖北潮土烟叶钾提升方面的研究结果表明,通过改进施肥技术,实现理想的根区施肥,就能使烟叶的钾含量显著提升^[28]。目前安徽烟叶主产区仅限于皖南,能否通过施肥技术的改进,并最终实现根区施肥来提升皖南烟叶钾含量是尚待明确的问题。本文针对皖南不同质地类型土壤,研究钾肥用量和土壤供钾强度与烟叶钾含量的关系,并通过改变施肥方式,初步探讨根区施肥提升烟叶钾含量的潜力,为实现皖南烟叶钾含量有效提升和未来根区施肥技术的大面积应用提供基础数据和理论支撑。

1 试验材料与方法

1.1 试验地概况

试验在安徽省宣城市向阳镇和寒亭镇进行,试验区均属于温带半湿润气候,为河流冲积平原,种植方式为烟稻轮作,土壤类型均为水稻土(水耕人为土)。其中,向阳镇为河流冲积物发育的砂质水稻土(简称砂土),有机质 25.1 g/kg,碱解氮 113 mg/kg,有效磷 27.4 mg/kg,速效钾 145 mg/kg, pH 5.2。寒亭镇是由第四纪红黏土发育而成的黏质水稻土(简称黏土),有机质 31.2 g/kg,碱解氮 121 mg/kg,有效磷 23.4 mg/kg,速效钾 114 mg/kg, pH 5.6。

1.2 试验设计

为了研究不同钾肥用量和土壤供钾强度对烟叶钾含量的影响,布置田间微区试验,设置 7 个理论钾肥供应水平,分别为 0、300、600、900、1 200、1 800、2 400 mg/kg 土(以纯 K 计)。按照耕层土壤质量每亩(1 亩=667m²)150 t 计,实际钾肥用量分别为 K₀、45、90、135、180、270、360 kg/667 m²。每个微区 2.7 m²,种烟 5 株,株距 0.45 m,行距 1.2 m。每个处理设 4 次重复,完全随机排列。

具体实施措施如下:将每个小区的钾肥(硫酸钾粉剂,含 K₂O 500 g/kg)与相应面积的小区耕层土壤人工充分混匀。氮(以纯 N 计)磷(以 P₂O₅ 计)肥用量分别为 7.5、10 kg/667m²,分别为尿素(含 N 460 g/kg)和钙镁磷肥(含 P₂O₅ 180 g/kg),氮磷肥一次性基肥条施后起垄,后期不再施用任何肥料,试验于 2016 年实施。

不同施肥方式的试验设置以下 3 个处理:不施钾

肥对照、传统条施钾肥和根区施肥。不施钾肥对照处理仅施氮磷肥,方式为传统条施;传统条施钾肥处理中所有氮磷钾肥一次性条施;根区施肥是将氮磷钾肥的施肥位点都进行了优化,也是一次性施入土壤中。施钾处理中钾肥用量均为 25 kg/667m²。微区面积、试验重复数和微区排列、氮磷肥用量与上述不同钾肥用量试验相同。肥料种类分别为尿素(含 N 460 g/kg)、磷二铵(含 N 180 g/kg,含 P₂O₅ 460 g/kg)和硫酸钾(含 K₂O 500 g/kg)。试验于 2016 年、2017 年实施了两年。

皖南宣城烟叶在每年 3 月 20 日左右完成施肥(条施深度约 13 cm),起垄,覆膜,在 4 月初之前进行膜下移栽,移栽深度为 12 cm。烟叶品种为云烟 97,密度为 1 233 株/667m²。其他栽培管理措施均与当地优质烟叶生产技术规范一致。

1.3 样品采集及测定方法

烟叶成熟后,每个小区选一株代表性的烟株作为取样株,该株每个叶片的叶柄上挂上处理标记。按照当地烟叶的成熟标准进行分批次采收和烘烤。按当地叶位区分标准将每株烟叶分为上部叶、中部叶、下部叶。烘烤结束后,将烟叶带回实验室,于 75 °C 烘干至恒重,磨样前将主叶脉除去,制备获得供分析用的样品。烟叶样品经 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮、定容后,用火焰光度计测定钾含量。

田间烟叶收获后,用土壤取样钻机(澳大利亚 SD-1)采集土壤样品,采样深度为 70 cm,土柱直径为 3.7 cm。将土柱由地表向下分成 8 层(0~5、5~10、10~15、15~20、20~25、25~30、30~50、50~70 cm)取样。不同钾肥用量试验中仅采用 5~10 cm 和 10~15 cm 土壤样品。土壤样品经风干后过 20 目筛备用。土壤速效钾用常规醋酸铵法提取,火焰光度计测定。

1.4 数据处理

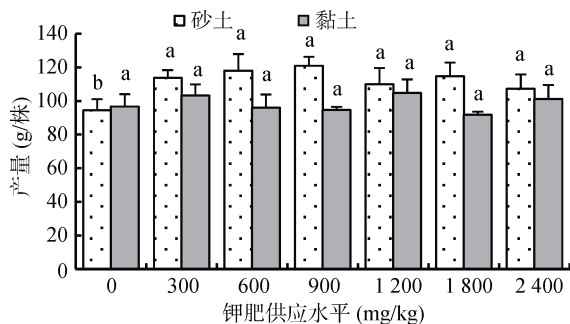
采用 Microsoft Excel 2016、IBM SPSS Statistics 20.0 软件进行数据整理和分析,用 Duncan 新复极差法进行显著性检验($P < 0.05$)。

2 结果分析与讨论

2.1 高钾用量对两种质地土壤烟叶生长和钾吸收的影响

在两种不同质地土壤上,不同钾肥用量对烟叶产量的影响如图 1 所示。在砂土上,施用钾肥较不施钾肥对照产量显著上升,虽然各施钾肥处理间产量差异不显著,但也可看出,随施钾量增加,烟叶产量在供钾 600~900 mg/kg 时达到最高值,其后随钾肥用量

的增加有下降趋势,这可能与砂土上高量钾肥施用可能会产生一定的盐害有关。在黏土上,不同施钾处理与不施钾处理烟叶产量均无显著差异,随施钾量上升,产量呈不规则的波动趋势。不施钾时黏土与砂土烟叶产量无显著差异,但施钾条件下,黏土烟叶平均产量较砂土下降了 21.6%。总体上看,不同施钾量对烟叶的产量无显著影响,这与许明祥等^[29]的研究结果相一致。



(图中不同小写字母表示相同土壤各处理间的差异显著($P < 0.05$))

图 1 不同施钾量对两种质地土壤烟叶产量的影响

Fig. 1 Effects of K fertilizer rates on yields of flue-cured tobacco leaves of two texture soils

在两种质地土壤上,不同钾肥施用量对烟叶钾含量有显著的影响(图 2)。在同一土壤上,烟叶钾含量都表现为下部叶>中部叶>上部叶。两种质地土壤烟叶含钾量差异极大,砂土中各施钾处理烟叶钾平均含量达 35.4 g/kg,较不施钾处理平均增加了 2.5 倍,而黏土烟叶钾平均含量为 21.8 g/kg,较不施钾处理只增

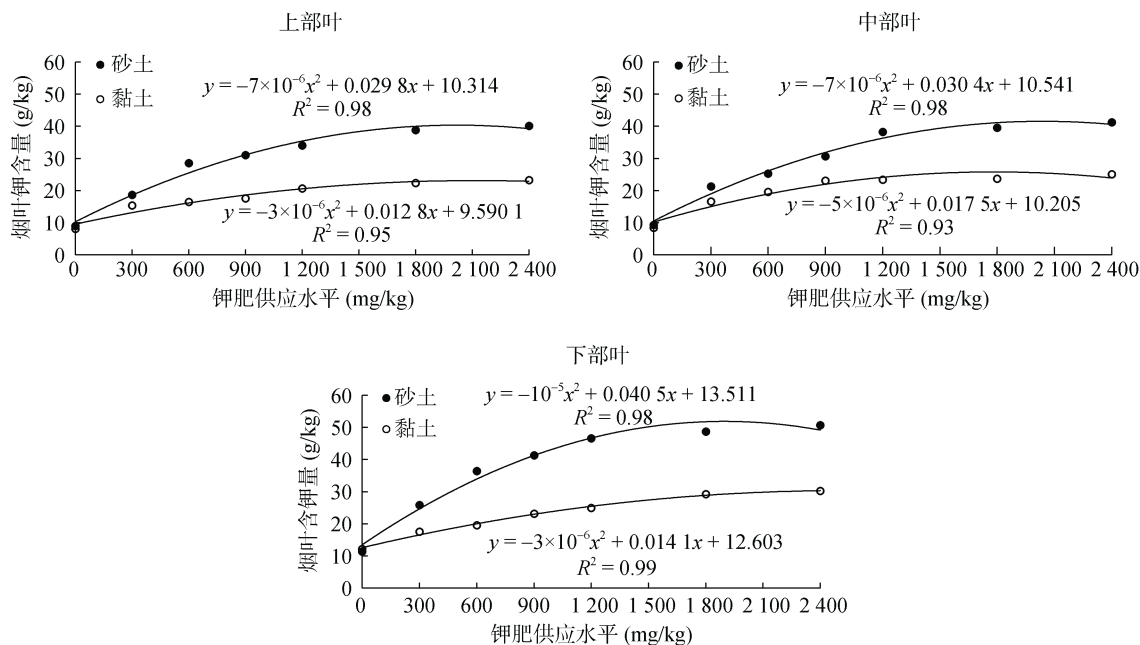


图 2 钾肥用量对烤烟叶片含钾量的影响

Fig. 2 Effects of K fertilizer rates on K contents in flue-cured tobacco leaves of two texture soils

加了 1.3 倍。各施钾处理上、中和下部烟叶钾平均含量,砂土比黏土分别高出了 65%、49% 和 73%。两种质地土壤烟叶各部位钾含量均随施钾量增加而上升,施钾量与烟叶钾含量的关系曲线都基本符合二次函数关系(图 2)。这种关系也可以用两段不同斜率的直线来描述,即在施钾量 0 ~ 1 200 mg/kg 范围内烟叶钾含量的较快线性上升阶段和在施钾量 1 200 mg/kg 之后烟叶钾含量的缓慢上升阶段。计算较快上升阶段的直线斜率,可以发现,每多施钾 100 mg/kg,可使砂土上、中、下部烟叶钾含量分别上升 2.1、2.2 和 2.9 g/kg(平均 2.4 g/kg),黏土中则分别上升 0.9、1.0 和 1.2 g/kg(平均 1.0 g/kg)。由此,即使在同样施钾量水平下,两种质地土壤上烟叶钾提升的效果和难度截然不同。本试验采用的钾肥用量极高,其最低用量相当于常规烟田钾肥用量的 2 倍 ~ 3 倍,这一结果表明多施钾肥可以提高烟叶钾含量,但在生产实践中单纯靠多施钾肥来提高烟叶钾含量,无论是成本还是效率有时很难让人满意。因而常规田间较低钾肥用量条件下,施用的钾肥能否显著提升烟叶钾的含量,更易受多种因素影响而效果不稳定。

不同质地土壤中施用等量钾肥提升烟叶钾含量的效果为何会有如此大的差异?在试验结束后,通过采集两株正中间深度 10 ~ 15 cm 的土壤(受根系吸钾、土表淋洗和向下淋溶影响相对较小),分析速效钾含量,将土壤速效钾与不同质地土壤中烟叶钾含量的关系作图(图 3),可以看出,烟叶不同部位的钾含

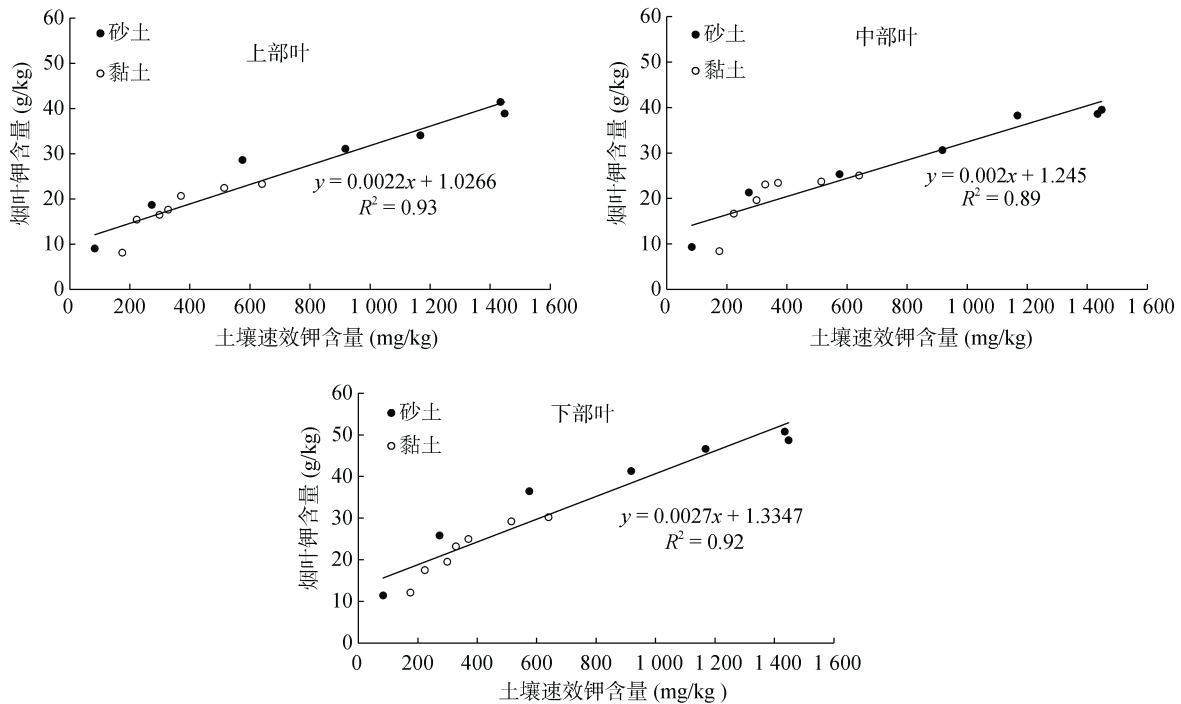


图 3 土壤速效钾与烟叶钾含量的关系

Fig. 3 Relationship between available K contents in soils and K contents in flue-cured tobacco leaves

量都与土壤中的速效钾含量呈较好的线性相关。从线性方程的斜率可以看出，土壤速效钾含量每增加 100 mg/kg，可以使上、中和下部烟叶钾含量分别提升 2.2、2.0 和 2.7 g/kg，下部叶相对于中上部叶的提升幅度更大、效果更好。土壤速效钾含量与烟叶钾含量较好的相关性，说明对于烟叶这种需要高强度钾供应的作物而言，速效性是提高钾有效性的关键，而土壤中被固定、释放稍慢一些的非交换态钾能起的作用非常有限。

不同质地土壤施钾肥提升烟叶钾含量的不同效果可以用土壤速效钾含量的提升效果来解释。即使施入了大量的钾肥，黏土中速效钾含量提升远不及砂土。钾肥施入土壤经转化后，醋酸铵法不能回收提取的钾通常被认为是固定钾，依据施入的钾肥量和速效钾含量可以计算出土壤对钾的固定率(表 1)。黏土对外源钾的固定率高达 63%~79%，平均为 71%，本研究施入的钾量远高于常规田间用量，仍然大部分被土壤固定。而砂土中钾的固定率处于 8%~40%，平均 25%，最高施钾量时较高的钾固定率更可能是烟叶种植期间土壤钾淋溶损失而导致的偏差。不同质地土壤上钾肥的效果主要取决于土壤对钾的固定能力，这与曹志洪等^[21]提出的观点相一致。

2.2 不同施肥方式对两种质地土壤烟叶产量和钾吸收的影响

不同钾肥施用方式对烤烟产量的影响如图 4 所

表 1 不同施钾量条件下两种质地土壤速效钾含量与钾的固定率

Table 1 Soil available K contents and K fixed rates in two texture soils under different K fertilizer rates

施钾量 (K, mg/kg)	砂土		黏土	
	速效钾 (mg/kg)	固定率 (%)	速效钾 (mg/kg)	固定率 (%)
0	83	-	175	-
300	274	40	223	63
600	576	20	299	69
900	918	8	328	78
1 200	1 168	10	371	79
1 800	1 448	25	514	73
2 400	1 434	44	640	64

示。与不施用钾肥相比，施钾肥处理两年都可显著提高两种质地土壤上烤烟的产量，说明该区域钾肥对烟株产量也有极其重要的作用。在同等钾肥用量下，根区施肥在 2016 年与传统施肥对烟叶产量的影响无显著差异，但 2017 年较传统施肥显著增产，砂土和黏土分别增产了 14% 和 17%。根区施肥较传统施肥方式增产的原因可能与氮磷钾共同根区施用后，三者肥效都增加的协同作用有关。

不同施钾方式对两种质地土壤烟叶钾含量的影响因不同年份而有所不同。2016 年无论是各叶

位的钾含量,还是烟叶钾的总吸收量都表现为根区施肥处理显著高于传统施肥处理,又都显著高于不施钾处理(表 2),根区施肥处理烟叶钾含量和烟叶总吸收量比常规施钾处理分别增加了约 12% 和 11%。2017 年根区施肥处理较传统施肥处理显著增加了两种质地土壤烟叶钾的总吸收量,增加比例约 24%,但这两种施肥方式下烟叶钾含量的差异并不显著,这主要与 2017 年两种质地土壤根区施肥处

理较传统施肥处理显著增加了烟叶产量有关,产量增加的稀释效应导致钾含量差异不大。两年的结果表明,根区施肥处理较传统施肥处理可以显著促进烟叶对钾的吸收,产量相同的年份,可显著提高烟叶钾含量。在根区施肥显著增产的年份,如要提高烟叶钾含量,可以减少根区施肥条件下的氮磷肥用量来限产,因而根区施肥处理较传统施肥处理还有进一步减施氮磷肥的潜力。

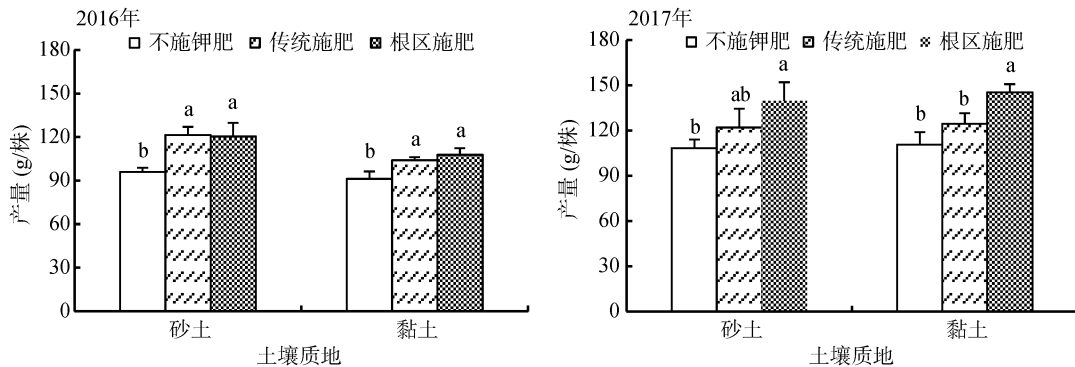


图 4 不同施钾方式对两种质地土壤烤烟产量的影响

Fig. 4 Effects of different K application methods on yields of flue-cured tobacco leaves of two texture soils in 2016 and 2017

表 2 不同施钾方式对两种质地土壤烟叶钾含量和烟叶钾吸收量的影响

Table 2 Effects of different K application modes on K contents and accumulation in tobacco leaves of two texture soils

年份	叶片含钾量 (g/kg)	砂土			黏土		
		不施钾肥	传统施肥	根区施肥	不施钾肥	传统施肥	根区施肥
2016	上部叶	10.3 c	15.2 b	20.3 a	10.2 c	13.9 b	16.5 a
	中部叶	10.8 c	19.0 b	21.8 a	9.7 c	13.7 b	17.0 a
	下部叶	14.5 c	20.5 b	24.7 a	14.1 c	21.5 b	28.8 a
	烟叶吸钾量(g/株)	1.14 c	2.26 b	2.70 a	0.99 c	1.62 b	2.11 a
2017	上部叶	5.5 b	12.1 a	15.1 a	7.2 b	13.2 a	15.4 a
	中部叶	7.5 b	18.6 a	22.2 a	10.5 b	15.7 ab	18.7 a
	下部叶	10.9 c	21.7 b	28.6 a	13.3 b	22.7 a	25.1 a
	烟叶吸钾量(g/株)	0.89 c	2.21 b	3.18 a	1.14 c	2.08 b	2.81 a

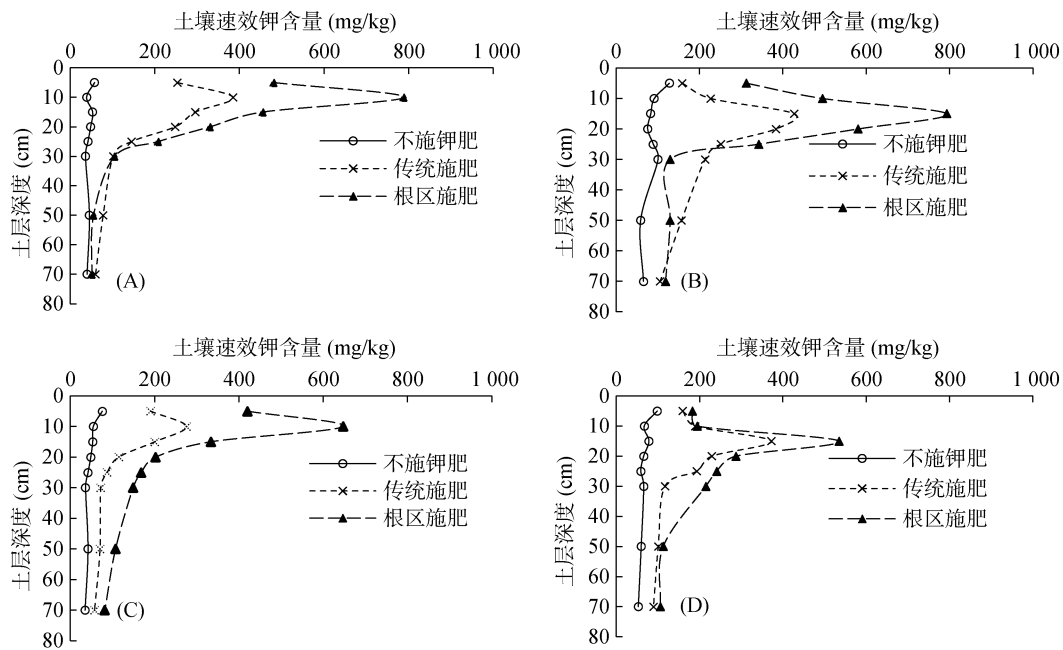
注:表中不同小写字母表示相同土壤各处理间的差异显著($P \leq 0.05$)。

钾肥不同施用方式显著影响烟叶钾吸收的原因与不同施肥方式下根区土壤速效钾含量密切相关。不同施肥方式对土壤剖面中的速效钾含量分布影响显著(图 5)。两年两地的结果均表明,无论是传统条施处理还是根区施肥处理,肥料钾向上和向下的迁移距离多数都在 10~15 cm 以内,且因不同年份和不同试验土壤而不同。但在钾肥扩散的相应区域内,根区施肥土壤的速效钾含量都显著高于传统施肥方式,尤其是在施肥层上下 10 cm 的根区土壤中,根区施肥处理土壤速效钾含量较传统施肥处理平均提高了约 75%,两种施肥方式下根区土壤速效钾含量又都远远高于

不施钾肥处理。在同等钾肥用量下,根区施肥处理提高根区土壤速效钾含量的效果显著好于传统施肥处理,因而也能显著促进烟叶对钾的吸收,这与前面高土壤速效钾含量有利于烟叶钾含量提升的结论相一致。

3 结论

研究区烟叶钾含量随着施钾量的增加,呈先增加较快而后增加缓慢的二次多项式曲线关系。不同质地土壤施钾肥提升烟叶钾含量的不同效果可以用土壤速效钾含量的提升效果来解释,肥料施入土壤后其固



(A : 2016 砂土 ; B : 2017 砂土 ; C : 2016 黏土 ; D : 2017 黏土)

图 5 不同施钾方式下两种质地土壤剖面速效钾含量的分布

Fig. 5 Distribution of soil available K contents in two soil profiles under different K application modes

钾能力越强,其有效钾含量就越低,肥效反应就越弱,这是不同质地土壤类型钾肥肥效差异的根本原因。根区施肥能显著提高烟叶钾含量,其原因是氮磷钾根区集中施用后,相比于普通条施,养分浓度高度集中于根际,因而能促进烟叶钾吸收。因此,选择性能适宜质地较轻的砂壤土种植烤烟,提高钾肥用量可有效提升皖南烟叶钾的含量;改进施肥方法为根区施肥可进一步提高烟叶对钾的吸收,提升烟叶钾含量。

参考文献:

[1] 胡霭堂. 植物营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003

[2] Day A D, Ludeke K L. Potassium as a plant nutrient// Plant nutrients in desert environments[C]. Berlin, Heidelberg: Springer, 1993

[3] 黄莹, 敖俊华, 陈迪文, 等. 钾对水分胁迫下甘蔗幼苗生理和光合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(6): 49-54

[4] 刘晓燕, 何萍, 金继运. 钾在植物抗病性中的作用及机理的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 445-450

[5] 廖晓勇, 向明, 秦毅. 土壤施钾对烤烟品质的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 124-126

[6] Cakmak I. Potassium for better crop production and quality[J]. Plant & Soil, 2010, 335(1/2): 1-2

[7] 郭九信, 冯绪猛, 胡香玉, 等. 氮肥用量及钾肥施用对稻麦周年产量及效益的影响[J]. 作物学报, 2013, 39(12): 2262-2271

[8] 霍晓兰, 姬青云, 滑小赞, 等. 氮、磷、钾肥不同用量对马铃薯产量的影响[J]. 山西农业科学, 2011, 39(10): 1064-1066

[9] 李静, 张锡洲, 李廷轩, 等. 钾肥运筹对烤烟钾吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4): 969-978

[10] Wang X. Potassium and nitrogen distribution pattern and growth of flue-cured tobacco seedlings influenced by nitrogen form and calcium carbonate in hydroponic culture[J]. Journal of Plant Nutrition, 2005, 28(12): 2145-2157

[11] Zhao Z, Li C, Yang Y, et al. Why does potassium concentration in flue-cured tobacco leaves decrease after apex excision[J]. Field Crops Research, 2010, 116(1): 86-91

[12] 王程栋, 王树声, 刘新民, 等. 曲靖烟区土壤化学性状及海拔对烟叶钾含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(4): 25-29

[13] 梁洪波, 董建新, 元建, 等. 褐土上不同氮、钾比例对烟叶化学成分的影响[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(6): 27-32

[14] 祖朝龙, 季学军, 马称心, 等. 皖南土壤和烟叶中矿质元素含量与烟叶焦甜香特色风格的关系[J]. 土壤, 2010, 42(1): 26-32

[15] 潘秋筑, 钱晓刚. 钾肥施用技术对烟叶钾含量影响的初步研究[J]. 耕作与栽培, 1994(3): 26-28

[16] Lu L, Chen Y, Lu L, et al. Transcriptome analysis reveals dynamic changes in the gene expression of tobacco seedlings under low potassium stress[J]. Journal of Genetics, 2015, 94(3): 397-406

[17] 吴玉萍, 陈萍, 师君丽, 等. 云南省不同品种和产区烤烟中钾含量的差异分析[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2010, 32(S1): 42-46

[18] 钟秋瓚, 申昌优, 肖先仪, 等. 烤烟“3414”肥料效应研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(12): 82-85

[19] 郭清源, 丁松爽, 刘国顺, 等. 钾用量与灌溉量对不同土层钾素及烟叶钾含量的积累效应[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(1): 61-67

- [20] 王迅, 梁洪涛, 刘挺, 等. 施钾量与施钾方法对烤烟中部叶品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2014(10): 28-31
- [21] 曹志洪, 胡国松, 周秀如, 等. 土壤供钾特性和烤烟的钾肥有效施用[J]. 烟草科技, 1993(2): 33-37
- [22] 蒋雨洲, 张吉立, 李洋, 等. 不同钾肥追施量对烤烟钾吸收与烟叶钾含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 98-100
- [23] 张翔, 马聪, 毛家伟, 等. 钾肥施用方式对烤烟钾素利用及土壤钾含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(5): 50-53
- [24] 介晓磊, 化党领, 谭金芳, 等. 中国烟草钾营养研究现状分析(I) 烟草钾营养的各学科研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 212-217
- [25] 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
- [26] 刘永哲, 陈长青, 尚健, 等. 沙壤土包膜尿素释放期与小麦适宜施用方式研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(4): 905-912
- [27] 刘晓伟, 陈小琴, 王火焰, 等. 根区一次施氮提高水稻氮肥利用效率的效果和原理[J]. 土壤, 2017, 49(5): 868-875
- [28] Lu D, Huan W, Yan T, et al. A heterogeneous potassium supply enhances the leaf potassium concentration of ridge-cultivated tobacco grown in calcareous soil[J]. Journal of Plant Nutrition & Soil Science, 2017, 180(6): 659-666
- [29] 许明祥, 赵允格, 赵伯善. 施钾水平对烟叶含钾量的影响[J]. 西北农业学报, 2000, 9(4): 67-70

Effects of High Potassium Rates and Root Zone Fertilization on Tobacco Potassium Contents in Different Soils of Southern Anhui Province

HUAN Weiwei^{1,2}, WANG Yiliu², LU Dianjun², ZU Chaolong³, WANG Huoyan^{2*}, SUN Lei^{1*}

(1 College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3 Tobacco Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Potassium (K) is one of the quality elements of tobacco leaves. How to effectively increase K content in tobacco leaves has always been one of the focuses of tobacco study in China. In this study, the tobacco cultivar of Yunyan 97 and a sandy soil at Xiangyang and a clayey soil at Hanting of Xuancheng, southern Anhui Province were taken as experimental materials to investigate the effects of high K fertilizer rates and fertilization methods on K contents in tobacco leaves and the relationship between K contents in tobacco leaves and soil properties. Results showed that when K fertilizer was mixed evenly with plough layer soil, K contents in the tobacco leaves significantly increased as K fertilizer rate (0, 300, 600, 900, 1 200, 1 800, 2 400 mg/kg) increased at two sites, and K contents increased at a higher speed at first and then slowed down in quadratic polynomial curve. When K rate was below 1 200 mg/kg, K contents in tobacco leaves increased by 2.4 g/kg and 1.0 g/kg in sandy and clayey soils, respectively, with the increasement of K fertilizer per 100 mg/kg. A higher K application rate can increase the average K content in tobacco leaves to 44.0 g/kg in sandy soil, while only increase to 26.2 g/kg in clayey soil. The significant difference in the effect of K fertilizer on tobacco between the two texture soils was due to the different abilities of soil K fixation. The content of soil available K was linearly related to K content in tobacco leaves. The soil K-fixing rate was 71% at clayey soil, which was notably higher than that at sandy soil (25%). And this is the fundamental cause of the difference in K fertilizer performance between the two soils. With a K fertilizer rate equal to the conventional one (K₂O 25 kg/667 m²), concentrated application of N, P and K in the root zone significantly promoted the absorption of K by tobacco leaves, increased K content in tobacco leaves, and the performance of K fertilizer was better in sandy soil than that in clayey soil. The reason may be that root zone fertilization can significantly increase the content of available potassium in the root zone of tobacco leaves. The results above indicate that increasing K application rate and improving fertilization method can effectively increase K content in tobacco leaves in soils with weak K-fixing abilities.

Key words: High potassium rates; Root zone fertilizer; Potassium content; Tobacco leaf; Soil texture; Southern Anhui