

文章编号: 1008 - 2786 - (2013) 5 - 519 - 08

湘西喀斯特区植烟土壤速效钾含量分布及影响因素

邓小华¹ 杨丽丽¹ 周米良² 田茂成² 田峰² 冯晓华³ 吴秋明³

(1. 湖南农业大学, 湖南 长沙 410128; 2. 湘西自治州烟草专卖局, 湖南 吉首 416000; 3. 湘西自治州农业局, 湖南 吉首 416000)

摘 要: 采集湘西烟区 488 个土壤样本, 分析其速效钾含量分布及影响因素。结果表明: 1. 湘西植烟土壤速效钾含量总体处于适宜水平, 平均值为 183.675 mg/kg, 变幅在 22.592 ~ 533.333 mg/kg, 变异系数为 51.78%, 处于适宜范围内的样本占 27.10%。2. 其在空间分布上呈从西北向东南方向递减的趋势, 在古丈县和泸溪县是一个低值区。3. 前茬为烤烟和玉米的土壤速效钾含量高于其他前茬作物土壤。4. 黄棕壤的速效钾含量高于其他土壤类型。5. 植烟土壤速效钾含量有随海拔、pH 值和有机质含量的升高而升高的趋势。

关键词: 植烟土壤; 速效钾; 空间分布; 影响因素; 湘西烟区

中图分类号: S159

文献标志码: A

烟草是喜钾作物, 钾素的充足供应对其生长发育、产量和品质以及卷烟制品的安全性均具有重要作用^[1-13]。烟叶钾含量高低与其基因型和所处的气候和土壤条件及施肥措施等密切相关, 其中土壤营养是根本, 土壤养分供给状态是影响烟叶钾含量高低的因子之一^[1]。全钾含量只是反映了土壤钾素的贮量状况, 速效钾虽只占土壤全钾的 2% 左右, 但其反映的是易被作物吸收利用的钾, 其含量高低常被作为判断植烟土壤钾素丰缺的重要指标。目前, 关于植烟土壤对烟草钾营养的影响^[3-8]和提高烟叶钾含量的技术措施^[9-11]等方面的研究报道较多, 烟草对钾素的吸收、运输和分配规律亦有报道^[12-15], 有关植烟土壤钾素含量状况的研究也有报道^[16-18]。影响土壤性质的程度与土地利用方式和当地的环境因素密切相关^[19], 湘西烟区主要为喀斯特地貌, 其植烟土壤钾素含量特征的系统分析, 特别是植烟土壤速效钾空间分布及其影响因素的研究还未见报道。鉴于此, 本研究以湘西植烟土壤为材料, 研究其速效钾含量分布状况及空间分布特征, 并侧重分析前茬作物、土壤类型、海拔、pH、有机质等因素对其影响, 以期对湘西植烟土壤钾素养分管理及

特色优质烟叶开发提供理论依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

湘西土家族苗族自治州(简称湘西)位于 109°10' ~ 110°23'E, 27°44' ~ 29°38'N, 地处云贵高原向东部平原过渡区域的武陵山区, 区内喀斯特地貌发育良好, 具有典型的喀斯特性土壤类型; 属亚热带季风性湿润气候区, 年均日照时数为 1 152 ~ 1 391 h, 年降水量 1 284 ~ 1 417 mm, 年平均气温为 16.0°C ~ 17.0°C, 日平均气温 ≥ 10°C 积温 4 995 ~ 5 340°C, 持续天数 237 ~ 245 d。湘西辖吉首市和龙山县、永顺县、凤凰县、花垣县、保靖县、古丈县、泸溪县等 8 个县(市), 耕地面积 $1.74 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 基本烟田 $3.07 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 烟田占耕地面积比例为 17.65% (图 1), 绝大部分位于喀斯特地貌区。湘西是湖南省第三大烟叶产区, 常年产烟 $2.25 \times 10^4 \text{ t}$ 左右, 烟叶质量一直得到省内外卷烟工业企业青睐^[20]。

1.2 样品采集

于 2011 年在湘西的永顺县、龙山县、凤凰县、保

收稿日期(Received date): 2012 - 12 - 14; 改回日期(Accepted): 2013 - 04 - 07。

基金项目(Foundation item): 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项“中间香型特色优质烟叶开发”(ts-02)资助。[Supported by the major projects of State Tobacco Monopoly Bureau on the development characteristic high-quality tobacco, No. ts-02.]

作者简介(Biography): 邓小华(1965 -), 湖南冷水滩人, 博士, 教授, 主要从事烟草科学与工程技术研究。[Deng Xiaohua(1965 -), born in Lengshuitan of Hunan province, professor, engaged in tobacco science and engineering.]

靖县、芦溪县、花垣县、古丈县等7个植烟县、81个乡镇中的烟叶专业村和具有烟叶种植发展潜力的375个村,采集具有代表性的耕作层土样488个(图2)。在烤烟移栽前集中采集土壤样品,同时避开雨季。种植面积在20 hm²左右采集一个土样,不足20 hm²的行政村也采集一个土壤。采用土钻钻取耕层深度为20 cm的土样,每个地块一般取10~15个小样点(即钻土样)土壤,制成1个0.5 kg左右的混合土样。每个小样点的采土部位、深度、数量应力求一致。采样时避开沟渠、林带、田埂、路边、旧房基、粪堆底以及微地形高低不平无代表性地段。田间采样登记编号,经过风干、磨细、过筛、混匀等预处理后,装瓶备测。在样品采集的过程中用GPS确定采样点地理坐标和海拔,记录土壤类型、前茬作物类型等。室内样品检测在湖南农业大学资环学院进行。

1.3 土壤速效钾、pH、有机质测定方法

植烟土壤速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度法测定。采用重铬酸钾容量法测定植烟土壤有机质,采用pH计法(水土比为1.0:2.5)测定pH。

1.4 统计分析方法

1.4.1 土壤速效钾含量分级

参照陈江华^[16]、罗建新等^[17]建立的植烟土壤养分分级方法,结合南方烟区植烟土壤特点,将植烟土壤速效钾含量分为极低(<80.00 mg/kg)、低(80.00~160.00 mg/kg)、适宜(160.00~240.00

mg/kg)、丰富(240.00~350.00 mg/kg)、极丰富(>350.00 mg/kg)等5级。

1.4.2 土壤速效钾含量空间分布图绘制

采用SPSS17.0软件中的探索分析法(explora)剔除异常离群数据,利用ArcGIS9软件的地统计学模块(geostatistical analyst),以IDW法(Inverse distance weighting,反距离加权插值)插值绘制湘西植烟土壤速效钾含量的空间分布图。

2 结果与分析

2.1 植烟土壤速效钾含量分布特征

2.1.1 速效钾含量总体分布状况

由表1可知,湘西植烟土壤速效钾含量总体上属适宜水平,平均值为183.68 mg/kg,变幅为22.59~533.33 mg/kg,变异系数为51.78%,属强变异。植烟土壤速效钾含量处于适宜范围内的样本占27.10%,"低"的植烟土壤样本为36.14%,"极低"的植烟土壤样本为11.70%,"丰富"的样本为18.28%,"极丰富"的植烟土壤样本为6.78%。由此可见,湘西大部分植烟土壤速效钾处于缺乏或潜在缺乏状态,钾素营养的供给严重不足,可能是由于粘土矿物对钾的固定、钾钙拮抗作用及钾素随水流失所致,合理、科学施用钾肥是优质烤烟生产的重要措施。

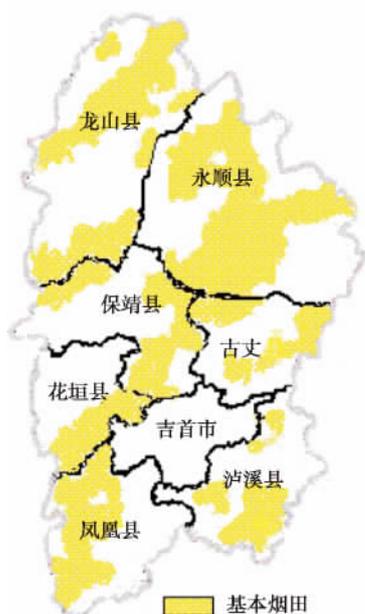


图1 湘西烟区基本烟田分布图

Fig. 1 Distribution of basic tobacco field in Xiangxi



图2 湘西植烟土壤样本采集分布图

Fig. 2 Distribution of sampling site in Xiangxi

表 1 湘西植烟土壤速效钾含量分布

Table1 Distribution of available K contents in Xiangxi tobacco - growing soil

区域	样本数	均值 ± 标准差 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异系数 /%	土壤交换性钾含量分布频率/%				
					(- ∞ ,80)	[80 ,160)	[160 ,240)	[240 ,350)	[350 ,+ ∞)
保靖	38	177.65 ± 73.45AB	67.04 - 371.18	41.35	7.89	36.84	36.84	15.79	2.63
凤凰	50	163.83 ± 78.75BC	60.84 - 485.70	48.07	4.00	52.00	30.00	10.00	4.00
古丈	62	117.90 ± 71.68CD	24.08 - 311.49	60.79	37.10	35.48	20.97	6.45	0.00
花垣	42	126.16 ± 47.33CD	50.25 - 246.42	37.52	21.95	53.66	21.95	2.44	0.00
龙山	132	219.77 ± 104.52A	38.59 - 522.56	47.56	4.55	32.58	25.00	25.00	12.88
芦溪	18	95.12 ± 51.81D	22.59 - 214.90	54.47	55.56	33.33	11.11	0.00	0.00
永顺	146	214.41 ± 88.56A	44.14 - 533.33	41.30	2.74	29.45	31.51	27.40	8.90
湘西	488	183.68 ± 95.11	22.59 - 533.33	51.78	11.70	36.14	27.10	18.28	6.78

注: 表中大写英文字母表示在 0.01 显著水平。以下同。Notes: Different capital letters in the same column meant significant difference at 0.01 level , the same below.

7 个主产烟县植烟土壤速效钾含量平均在 95.12 ~ 214.41 mg/kg ,按从高到低依次为: 永顺县 > 龙山县 > 保靖县 > 凤凰县 > 花垣县 > 古丈县 > 芦溪县; 其中, 花垣县、古丈县和芦溪县植烟土壤速效钾含量平均值在 160 mg/kg 以下。方差分析结果表明, 不同县之间的植烟土壤速效钾含量差异达极显著水平($F = 19.505$; $sig. = 0.000$),经 Duncan 多重比较, 永顺县和龙山县植烟土壤速效钾含量极显著高于凤凰县、花垣县、古丈县、芦溪县等县。7 个县植烟土壤速效钾含量的变异系数为 37.52% ~ 60.79% ,为中等强度或强变异; 其中, 古丈县和芦溪县的植烟土壤速效钾含量的变异系数在 50% 以上, 属强变异。7 个主产烟县植烟土壤速效钾含量适宜样本比例在 11.11% ~ 36.84% ,县际之间差异较大。

2.1.2 速效钾含量空间分布

采用反距离加权平均差值法, 以插值点为中心, 在 2.82 km 范围内搜索待插值点, 搜索范围内参与插值的样本点数量为 15 个, 权重为 2, 速效钾含量空间分布见图 3。从图中可知, 湘西植烟土壤速效钾含量总体上有从西北向东南方向递减的分布趋势。以速效钾含量 137.48 ~ 212.67 mg/kg 为主要分布面积; 其次为速效钾含量 212.67 ~ 355.13 mg/kg 的分布面积, 但分布较分散; 以速效钾含量 22.59 ~ 97.97 mg/kg 的分布面积也较大, 但比较集中; 而速效钾含量 97.79 ~ 137.48 mg/kg 的分布面积以插花状分布于全州。在古丈县和芦溪县是一个植烟土壤有效钾含量低值区。

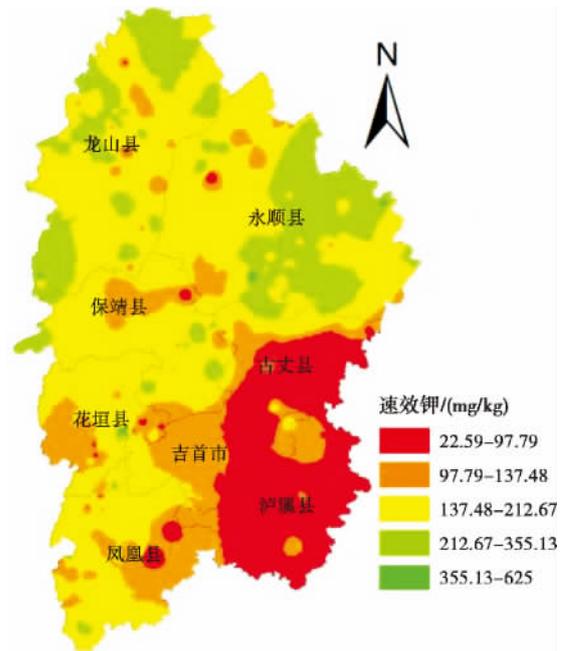


图 3 湘西植烟土壤速效钾含量空间分布
Fig.3 Spatial distribution of available K contents in Xiangxi tobacco-growing soil

2.2 影响土壤速效钾含量的因素

2.2.1 不同作物前茬

分别统计主要前茬作物(10 个样本以上) 的植烟土壤速效钾含量的平均值和适宜样本比例, 结果见图 2。7 个主要前茬作物的植烟土壤速效钾含量平均在 86.48 ~ 215.59 mg/kg ,按从高到低依次为: 烤烟 > 玉米 > 蔬菜 > 西瓜 > 油菜 > 水稻 > 绿肥。方差分析结果表明, 不同前茬作物的植烟土壤速效钾含量差异达极显著水平($F = 12.946$; $sig. = 0.000$),

经 Duncan 多重比较,前茬为烤烟和玉米的土壤速效钾含量极显著的高于其他作物前茬土壤,绿肥前茬的土壤速效钾含量极显著低于其他作物前茬。这可能与烤烟、玉米种植一般人工施钾较多,而绿肥种植一般不施肥有关。7 个主要前茬作物的植烟土壤速效钾含量适宜样本比例在 14.29% ~ 33.33%,不同前茬作物之间差异较大,按从高到低依次为:西瓜 > 烤烟 > 玉米 > 油菜 > 水稻 > 蔬菜 > 绿肥。

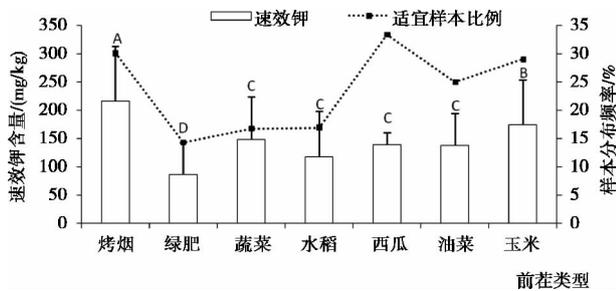


图2 湘西不同前茬作物的植烟土壤速效钾含量

Fig. 2 The contents of available potassium in different previous crop planting soil types in Xiangxi

(注:图中大写英文字母表示 0.01 差异显著水平,下同。Notes: Different capital letters in the same column meant significant difference at 0.01 level, the same below.)

2.2.2 植烟土壤类型

分别统计主要植烟土壤类型的速效钾含量的平均值和适宜样本比例,结果见图 3。6 个主要植烟土壤类型的速效钾含量平均在 130.57 ~ 255.37 mg/kg,按从高到低依次为:黄棕壤 > 黄壤 > 石灰土 > 红壤 > 水稻土 > 红灰土。方差分析结果表明,不同植烟土壤类型的速效钾含量差异达极显著水平 ($F = 12.725$; $sig. = 0.000$),经 Duncan 多重比较,黄棕壤土壤的速效钾含量极显著地高于其他土壤类型。6 个主要植烟土壤类型的速效钾含量适宜样本比例在 15.38% ~ 39.44%,不同土壤类型之间差异较大,按从低到高依次为:石灰土 > 黄壤 > 黄棕壤 > 水稻土 > 红灰土 > 红壤。

2.2.3 海拔

湘西植烟土壤样本采集地点的海拔在 102.80 ~ 1287.20 m,按 100 m 的组距分为 12 个海拔组,分别统计不同海拔组的植烟土壤速效钾含量的平均值,结果见图 4。12 个海拔组的植烟土壤速效钾含量平均在 110.22 ~ 251.34 mg/kg,有随海拔的升高而速效钾含量增高的趋势(回归方程为 $\hat{y}_{\text{速效钾}} = 0.154x_{\text{海拔}} + 86.12$, $R^2 = 0.804^{**}$)。

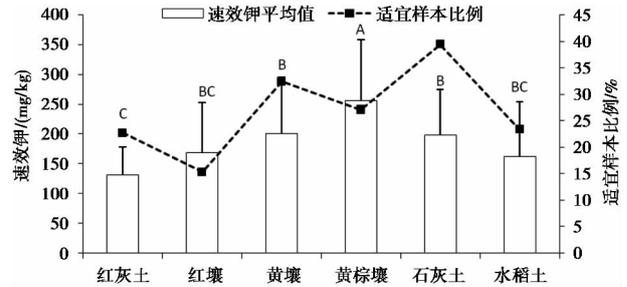


图3 湘西不同植烟土壤类型速效钾含量

Fig. 3 The contents of available potassium in different tobacco-growing soil types in Xiangxi

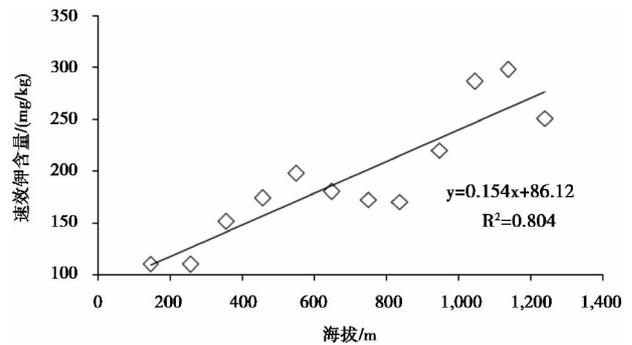


图4 湘西不同海拔植烟土壤速效钾含量

Fig. 4 The contents of available potassium in different altitude in Xiangxi tobacco-growing soil

2.2.4 植烟土壤 pH

将土壤样本的 pH 按 $(-\infty, 4.5)$ 、 $[4.5, 5.0)$ 、 $[5.0, 5.5)$ 、 $[5.5, 6.0)$ 、 $[6.0, 6.5)$ 、 $[6.5, 7.0)$ 、 $[7.0, +\infty)$ 分为 7 组,分别统计不同 pH 组的植烟土壤速效钾含量的平均值,结果见图 5。7 个 pH 组的植烟土壤速效钾含量平均在 159.91 ~ 243.83 mg/kg,有随 pH 的升高植烟土壤速效钾含量升高的趋势(回归方程为 $\hat{y}_{\text{速效钾}} = 25.73x_{\text{pH}} + 39.91$, $R^2 = 0.760^{**}$)。

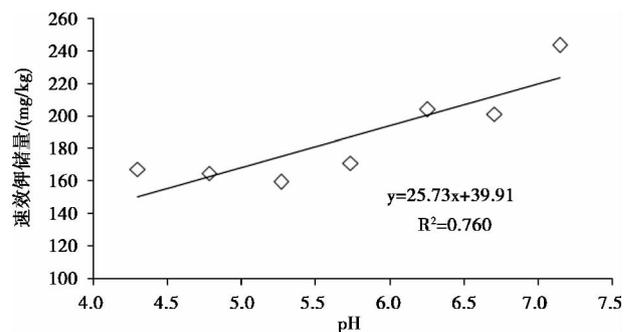


图5 湘西不同 pH 值的植烟土壤速效钾含量

Fig. 5 The contents of available potassium in different pH value in Xiangxi tobacco-growing soil

2.2.5 植烟土壤有机质

将土壤样本的有机质含量按 $(-\infty, 1)$ 、 $[1, 1.5)$ 、 $[1.5, 2.0)$ 、 $[2.0, 2.5)$ 、 $[2.5, 3.0)$ 、 $[3.0, 3.5)$ 、 $[3.5, 4.0)$ 、 $[4.0, 4.5)$ 、 $[4.5, +\infty)$ 分为9组,分别统计不同有机质含量组的植烟土壤速效钾含量的平均值和适宜样本比例,结果见图6。9个有机质含量组的植烟土壤速效钾含量平均在132.39~218.08 mg/kg,有随有机质含量的升高植烟土壤速效钾含量升高的趋势(回归方程为 $\hat{y}_{\text{速效钾}} = 2.317x_{\text{有机质}} + 130.5$, $R^2 = 0.855^{**}$)。

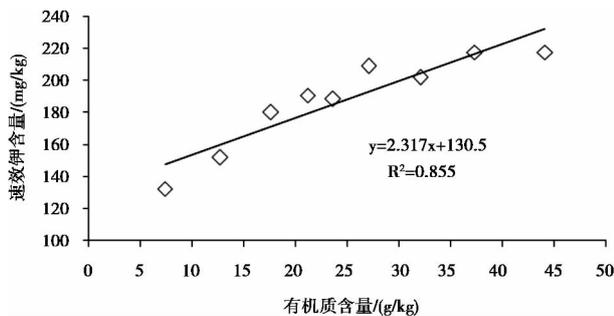


图6 湘西不同有机质的植烟土壤速效钾含量

Fig. 6 The contents of available potassium in different organic matter in Xiangxi tobacco-growing soil

3 讨论

3.1 湘西植烟土壤速效钾含量的空间变化及其与全国其他烟区的差异

湘西植烟土壤速效钾含量具有从西北向东南方向递减的空间变化特征。IDW插值法绘制的空间分布图可直观地描述湘西主产烟区植烟土壤速效钾含量的分布格局,这对烟田的分区管理和因地施肥具有重要的指导意义。IDW插值法属于确定性插值法,对空间尺度较小的局部地区来说,与Kriging插值法比较,样本点处的插值结果更好地接近样本点的实际速效钾含量^[21],对湘西植烟土壤速效钾含量进行估值的效果更佳。

土壤养分含量丰缺诊断是科学施肥的核心。在不同烟区,由于土壤类型、气候等条件的差异,建立的烤烟土壤养分丰缺指标是不同的。陈江华等^[16]对全国主要烟区土壤养分丰缺评价中以土壤速效钾含量在150.00~220.00 mg/kg为适宜,黄树会^[7]认为云南植烟土壤速效钾含量以100.00~150.00 mg/kg为适宜,罗建新^[17]认为湖南植烟土壤速效钾含量以160.00~240.00 mg/kg为适宜。湘西植烟

土壤速效钾含量平均值为183.675 mg/kg,变幅为22.592~533.333 mg/kg,无论采用何种标准,单从湘西植烟土壤速效钾含量平均值看并不缺乏,但植烟土壤速效钾含量变幅较大,仍有11.70%的植烟土壤样本处于缺钾状态。

3.2 植烟土壤速效钾含量的影响因素

文章分析了前茬作物、土壤类型、海拔、pH、有机质对湘西植烟土壤速效钾的影响。从不同前茬作物看,前茬为烤烟和玉米的土壤速效钾含量(特别是烤烟)极显著的高于其他作物前茬土壤,绿肥前茬的土壤速效钾含量极显著低于其他作物前茬。造成这种差异可能与烤烟生产中大量施用钾肥有关。一般烤烟施钾量为396.00 kg/hm²,玉米的施钾量为180.00 kg/hm²,蔬菜的平均施钾量为130.00 kg/hm²,西瓜施钾量为120.00 kg/hm²,油菜施钾量为100.00 kg/hm²,水稻施钾量为105.00 kg/hm²,绿肥种植一般不施钾肥,且取样时绿肥还没还田。

从土壤类型看,植烟土壤速效钾含量在一定程度上与成土母质和土壤类型有关。王镇^[22]在对巴东烟区的研究认为植烟土壤速效钾以棕壤含量最高,黄棕壤次之,石灰土最小;王得强^[23]在对湖北十堰烟区不同土壤类型的肥力状况分析时认为石灰土速效钾含量最高,依次为棕壤、黄棕壤、紫色土;王晖^[24]对贵州烟区紫色土与其他土壤类型养分特点的分析结果,有效钾含量却以黄棕壤最高,紫色土最低;本研究结果湘西黄棕壤土壤的速效钾含量极显著地高于其他土壤类型。这些研究结果虽然存在差异,但有一个共同点是黄棕壤速效钾含量较高,这可能与黄棕壤质地粘重,钾不易被淋失有关,也可能与黄棕壤的有机质含量较高有关。

从海拔看,王镇^[22]、曾庆宾^[25]、焦敬华^[26]的研究认为植烟土壤速效钾有随海拔升高而升高的趋势,这与本研究结果是一致的。在湘西烟区的高海拔地区,一般为一年一熟,农业耕作较少,土壤环境基本上处于半封闭状态,各种动、植物残体在微生物作用下分解后基本在原地保存,土壤有机质基本未受到破坏。高海拔,有机质含量高^[27],钾的淋失少。

从pH看,尤开勋^[28]对宜昌市植烟土壤酸化特点与成因分析认为在土壤酸化过程中,养分钾的有效性大幅度提高,这与本研究结果相反。湘西植烟土壤速效钾含量在不同pH组间存在着极显著差异,有随pH值的升高植烟土壤速效钾含量升高的趋势。土壤中钾的有效性主要受到吸附固定的影

响,而 pH 对其吸附固定的影响很大。这是因为在低 pH 条件下,土壤胶体的 K 饱和度由于土壤实际的 CEC 降低,以及 H_3O^+ 和 Al^{3+} 与 K^+ 竞争而会降低。而且随着 K^+ 饱和度的降低, K^+ 的有效度亦降低(尤其是施钾量低的南方烟区,在烟株生长的后期会更突出)^[19]。因此,施石灰使土壤 pH 升至中性可提高钾的有效性,但应考虑引入的 Ca^{3+} 对 K^+ 吸收的负面影响^[19]。

从土壤有机质看,植烟土壤速效钾含量在不同有机质组间存在着极显著差异,有随有机质含量的升高植烟土壤速效钾含量升高的趋势。有机质含有多种微量元素,能与钾产生吸附、螯合等作用,并可通过微生物作用提高土壤中钾的有效性^[18]。因此,适当的补充有机肥料将对提高钾的有效性具有重要的作用。不仅能增加土壤有机质含量,还能固定钾使其免受淋洗,矿化后又能将其释放,增加速效钾的含量,可以起到一举多得的效果。

3.3 湘西植烟土壤的钾素营养管理

湘西烟区以喀斯特地貌为主,土地资源结构主要为石山坡地,母岩造壤能力差,在土壤受侵蚀不强烈的情况下,土壤发育良好,土层深厚,土壤速效钾含量较高,有利于优质烟叶生产。由于土壤资源缺乏,长期将烟叶生产发展的重点放在喀斯特洼地和谷地,这对承载力较低的喀斯特生态系统来说容易造成环境退化。部分土壤受到强烈侵蚀,各种物理性状变差,土层变薄,有机质含量降低,土壤中速效钾淋失严重,造成烟叶产量和质量降低,烟叶风格弱化,已制约烟叶生产可持续发展。因此,必须加大水土保持力度,提高土壤的抗蚀能力;在少部分速效钾含量偏低的植烟土壤,在生产上要注意补充钾肥,特别是在烟叶生长后期应重视钾肥施用。推广“专用肥+硝酸钾”施肥模式,提高钾肥的利用效率;与此同时,加强田间管理,搞好开沟排水工作,减少钾肥流失,形成有利于生态环境改善与资源持续利用的发展机制,以促进湘西烟区烟叶生产和经济稳步发展。

参考文献(References)

- [1] Hang jingfeng, Zhu daheng, Liu hushan, et al. The reason on low potassium content in flue-cured tobacco and to solve way in our country [J]. Journal of Henan Agricultural Science 2010, 2(2): 32-40 [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(2): 32-40]
- [2] Xiao Xiezhong. Tobacco chemical [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science Press, 1997: 44-194 [肖协中. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 44-194]
- [3] Cao zhihong. Potassium and microelement of high-quality tobacco production [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science, 1995 [曹志洪. 优质烤烟生产的钾素与微肥[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.]
- [4] Wang xin, Xu zicheng, Xiao hangqian. Relation between the distribution features of K content in tobacco leaves and its content in the soil of Hunan tobacco-growing areas [J]. Journal of Safety and Environment 2007, 7(5): 83-87 [王欣, 许自成, 肖汉乾. 湖南烟区烤烟钾含量与土壤钾素的分布特点之间的关系[J]. 安全与环境学报, 2007, 7(5): 83-87]
- [5] Cao zhihong, Hu guosong, Zhou xiuru, et al. The character of soil potassium supplying and potassium fertilizer application in flue-cured tobacco [J]. Tobacco Science and Technology, 1993, 2(2): 33-37 [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(2): 33-37]
- [6] Yan Li, Guan liangzhu, Luan shuang, Jiao qingming. Potassium content in tobacco leaves related to soil potassium supply and soil moisture regimes [J]. Chinese Journal of Soil Science 2001, 32(2): 84-87 [颜丽, 关连珠, 栾双, 等. 土壤供钾状况及土壤湿度对我国北方烤烟烟叶含钾量的影响研究[J]. 土壤学通报, 2001, 32(2): 84-87]
- [7] Wang Shuhui, Shao Yan, Li Tianfu, et al. Content and distribution of potassium in soils of Yunnan tobacco growing areas [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2006, 21(6): 834-837 [王树会, 邵岩, 李天福, 等. 云南烟区土壤钾素含量与分布[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(6): 834-837]
- [8] Liu feng, Zhao Zhengxiong, Li Zhonghuang, et al. Nutrient balance between N, P and K in flue-cured tobacco production under different preceding crops planting [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(10): 2622-2626 [刘枫, 赵正雄, 李忠环, 等. 不同前茬作物条件下烤烟氮磷钾养分平衡[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2622-2626]
- [9] He Yue, Cao Jjingli, Zhao Guoming, et al. The assessment and the solution of increase of the content of potassium in the flue-cured tobacco in Dali [J]. Journal of Kunming University 2009, 31(6): 35-37 [何悦, 曹金莉, 赵国明, 等. 云南大理州烤烟含钾量评价及提高其含量对策[J]. 昆明学院学报, 2009, 31(6): 35-37]
- [10] Yin Pengda, Zhu Wenxu, Zhao Lina, et al. Effects of combined fertilization of N, P and K on nicotine content of filling type flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(5): 1189-1194 [尹鹏达, 朱文旭, 赵丽娜, 等. 氮磷钾配施对填充型烤烟烟碱含量的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(5): 1189-1194]
- [11] Li songling. The Reason on Low Potassium Content in Tobacco Leaf and to Solve Way in Henan [J]. Journal of Henan Agriculture Science 2000, 10(6): 6-8 [李松岭. 河南省烟叶含钾量低的原因及对策[J]. 河南农业科学, 2000, 10(6): 6-8]
- [12] Luan Shang Fan Zhixin, Cao Yifu, et al. The absorption of N, P, K in flue-cured tobacco in low temperature area in China [J]. Acta Tobacco Sinica 2001, 7(2): 17-21 [栾双, 范志新, 曹亦夫, 等.

- 寒冷地区烤烟氮磷钾的吸收动态[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 17-21
- [13] Xu Mingxian, Zhao Yige, Zhao Baishan. Study on heightening the potassium content of flue-cured tobacco in calcareous soil areas [J]. Journal of Acta Univ. Agric. Bor eali-occidentalis 2000 28(1): 52-56 [许明祥, 赵允格, 赵伯善, 等. 石灰性土壤烤烟钾含量及积累分布的研究[J]. 西北农业大学学报, 2000 28(1): 52-56]
- [14] Yang Tiezhao, Chao Fengchun, Ding Yongle et al. Analysis on potassium accumulation characteristics and genetic in tobacco leaves [J]. Acta Tobacco Sinica 2002 8(3): 11-15 [杨铁钊, 晁逢春, 丁永泉, 等. 烟草不同基因型叶片钾积累特性及变异分析[J]. 中国烟草学报, 2002 8(3): 11-15]
- [15] Liu Huashan, Ji Yue, HanJinfeng Effects of IAA on Enzyme Activity, Potassium and Nicotine Content of Flue-cured Tobacco [J]. Journal of Anhui Agri. Sci. 2007, (5): 1394-1395 [刘华山, 藉越, 韩锦峰, 等. 不同浓度 IAA 对烤烟酶活性及钾和烟碱含量影响[J]. 安徽农业科学, 2007, (5): 1394-1395]
- [16] ChenJianghua, Li Zhihong, LiuJianli et al. Evaluation of soil nutrients condition in major tobacco production region of china [J]. Acta Tobacco Sinica 2004, 11(3): 14-18 [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, 11(3): 14-18]
- [17] Luo Jianxin, Shi Lihong, Long Shipping. Appraising on the nutrient State of tobacco - growing soil in main areas of Hunan [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences 2005 31(4): 376-380 [罗建新, 石丽红, 龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005 31(4): 376-380]
- [18] Li Chenghou, Li Yuansheng, He Teng-bin, et al. Relation between soil PH and potassium nutrition of flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of soil science, 1999 36(2): 276-281 [黎成厚, 刘元生, 何腾兵, 等. 土壤 pH 与烤烟钾素营养关系的研究[J]. 土壤学报, 1999 36(2): 276-281]
- [19] Zhang Wei, ChenYongsong, Wang Keling, et al. Effects of planting pattern and bare rock ratio on spatial distribution of soil nutrients in Karst depression area [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007 18(7): 1459-1463 [张伟, 陈洪松, 等. 种植方式和裸岩率对喀斯特洼地土壤养分空间分异特征的影响[J]. 应用生态学报, 2007 18(7): 1459-1463]
- [20] Zhang Linmin, Zhou Miliang, Xiang Deming. The consideration of constructing the modern tobacco agricultural in Xiangxi [J]. Journal of Grop Research 2010 24(1): 76-79 [张黎明, 周米良, 向德明. 湘西山区建设现代烟草农业的思考[J]. 作物研究, 2010, 24(1): 76-79]
- [21] Shi Jiangan, Li Junming. A study on interpolation techniques in the Digital Land Price Model—the case of Shanghai inner belt-way district [J]. China Civil Engineering Journal 2007 40(1): 90-94 [施建刚, 李俊明. 数字地价模型建立过程中的插值方法研究[J]. 土木工程学报, 2007 40(1): 90-94]
- [22] Wang Zhen, Jing Yongfeng, Bai Gang, et al. The analysis of Soil nutrients difference at different altitudinal and soil type in Badong Tobacco Growing Areas [J]. Journal Chinese Agricultural Science Bulletin 2011 27(29): 251-256 [王镇, 荆永锋, 白刚, 等. 巴东烟区不同海拔和类型土壤养分差异分析[J]. 中国农学通报, 2011 27(29): 251-256]
- [23] Wang Deqiang, Cheng Liang, Xu Zicheng et al. Analysis of the fertility status of different soil types in Shiyao tobacco growing areas of Hubei Province [J]. Journal of Anhui Agri. Sci 2008 36(17): 7322-7325 [王得强, 程亮, 许自成, 等. 湖北十堰烟区不同土壤类型的肥力状况分析[J]. 安徽农业科学, 2008 36(17): 7322-7325]
- [24] Wang Hui, Ding Wei, Xu Zicheng et al. Difference of nutrients between purple soil and other soil types in Guizhou tobacco-growing areas [J]. Journal of Guizhou Agricultural Science 2006 34(3): 22-25 [王晖, 丁伟, 许自成, 等. 贵州烟区紫色土与其它土壤类型养分特点的差异[J]. 贵州农业科学, 2006 34(3): 22-25]
- [25] Zeng Qinbing, Yuan Jiafu, Peng Chenglin, et al. Analysis on soil nutrients of Panzhihua tobacco - growing areas [J]. Journal of Hubei Agricultural Science 2012 51(2): 243-246 [曾庆宾, 袁家富, 彭成林, 等. 攀枝花市植烟土壤养分状况评价[J]. 湖北农业科学, 2012 51(2): 243-246]
- [26] Jiao Zhenghua, Liu Chungui, Xu Zicheng et al. Analysis and comprehensive evaluation on nutrients content status of tobacco soil at different altitudes in Xuanen of Hubei [J]. Journal of Anhui Agri. Sci 2007 35(28): 8936-8937, 8949 [焦敬华, 刘春奎, 许自成, 等. 湖北宣恩不同海拔植烟土壤养分含量状况分析与综合评价[J]. 安徽农业科学, 2007 35(28): 8936-8937, 8949]
- [27] Liu Xun, Deng Xiaohua, Zhou Miliang et al. Distribution of organic matter contents of tobacco-growing soil and its influencing factors in Xiangxi [J]. Journal. Nuclear of Agricultural Sciences, 2012 26(7): 1037-1042 [刘逊, 邓小华, 周米良, 等. 湘西植烟土壤有机质含量分布及其影响因素[J]. 核农学报, 2012 26(7): 1037-1042]
- [28] You Kaixun, Qing Yongzheng, Zhao Yibo, et al. Research on the characteristics of soil acidification in the tobacco-planting area of Yichang city and analysis of its reason [J]. Journal of Anhui Agri. Sci 2011 39(5): 2737-2739 [尤开勋, 秦拥政, 赵一博, 等. 宜昌市植烟土壤酸化特点与成因分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(5): 2737-2739]

Distribution of Available Potassium Contents of Tobacco-growing Soil and Its Influencing Factors in Karst Region of Xiangxi

DENG Xiaohua¹, YANG Lili¹, ZHOU Miliang², TIAN Maocheng², TIAN Feng²,
FENG Xiaohua³, WU Qiuming³

(1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. Tobacco monopoly bureau of Xiangxi Autonomous Prefecture, Jishou 416000, Hunan, China;

3. Agricultural bureau of Xiangxi Autonomous Prefecture, Jishou 416000, Hunan, China)

Abstract: The distribution of available K contents in tobacco growing soils and its influencing factors were analyzed by collected 488 soil samples in Xiangxi of Hunan, China. The results were as follows: 1. available K contents in the tobacco soil is generally suitable for tobacco cultivation with a mean of 183.675 mg/kg, amplitude of 22.592 ~ 533.333 mg/kg and variation coefficient of 51.78%. About 21.70% of the soil samples of available K contents is suitable for tobacco cultivation. 2. IDW interpolation map indicated that the spatial distributions of available K were regularly distribution and reduced from the north-west to the east-south. The low value area of available K contents were in Luxi county and Guzhang county. 3. The available K contents of soil following flue-cured tobacco and corn crop were higher than the other. 4. The average content of available K in yellow-brown soil was higher than the other soil types. 5. The available K contents were increasing with the rise of altitude, the rise of pH and the rise of soil organic matter.

Key words: tobacco-growing soil; available K; spatial distribution; influencing factors; Xiangxi tobacco growing areas