

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2023.11.005

王智, 杨胜刚, 范业晨, 等: 重庆市石柱县烟田土壤养分空间异质性分布及评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(11): 42-52.

重庆市石柱县烟田土壤养分 空间异质性分布及评价

王智¹, 杨胜刚², 范业晨¹, 刘忠¹, 徐宸¹

1. 中国烟草总公司重庆市公司石柱分公司, 重庆石柱 409100; 2. 贵州中烟工业有限责任公司, 贵阳 550001

摘要: 为探明重庆市石柱县植烟土壤肥力状况, 以便为土壤改良和施肥决策提供技术支持, 对石柱县土壤 pH、有机质及各营养元素质量分数进行了分析和评价。结果表明: 研究区 40.0% 以上植烟土壤酸化严重, 土壤交换性钙、镁缺乏严重, 钙、镁缺乏的土壤占 70.2% 和 74.8%; 有机质和碱解氮质量分数总体适宜, 也有 20.1% 的土壤氮质量分数偏高, 全县碳氮比严重偏低; 有效磷和速效钾质量分数总体偏高; 石柱县植烟土壤有效铜、有效硼、有效铁、有效铜质量分数过量和缺乏并存; 土壤锰过量, 应注意开沟排水防治土壤有效铁、有效锰过高对根系的危害; 石柱县植烟土壤氯、锌总体较为丰富。总之, 石柱县在烟叶生产中要加强土壤酸化治理, 严格控制氮肥用量, 增施钙、镁肥料, 制订施肥方案时要考虑不同区域养分质量分数的空间差异, 进行精细化施肥分区, 大量和中微量元素平衡施用, 因地制宜调整施肥方案。

关键词: 石柱县; 烟草; 土壤养分; 现状; 评价

中图分类号: S158.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2023)11-0042-11

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spatial Heterogeneity Distribution and Evaluation of Soil Nutrients of Tobacco Fields in Shizhu County, Chongqing

WANG Zhi¹, YANG Shenggang², FAN Yechen¹,
LIU Zhong¹, XU Chen¹

1. Chongqing Shizhu Branch, China National Tobacco Corporation, Shizhu Chongqing 409100, China;

2. Guizhou China Tobacco Industry Co., Ltd, Guiyang 550001, China

Abstract: In order to investigate the soil fertility status of tobacco fields in Shizhu County, Chongqing and

收稿日期: 2023-01-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31672238); 中国烟草总公司重庆市公司重点项目(B20221NY1307).

作者简介: 王智, 硕士, 农艺师, 主要从事烟叶生产技术推广及植烟土壤肥力研究.

通信作者: 徐宸, 研究员.

provide technical support for soil improvement and fertilization decision-making, the pH, organic matter and the content of each nutrient element were analyzed and evaluated. The results showed that more than 40.0% of the tobacco plantation soils in the study area were severely acidified, and deficiencies of soil exchangeable calcium and magnesium were serious, with 70.2% and 74.8% of the soils deficient in calcium and magnesium, respectively. The organic matter and alkaline nitrogen contents were generally suitable, but still 20.1% of the soils had high nitrogen contents. The county-wide, carbon to nitrogen ratio was severely low. The contents of available phosphorus and potassium were generally high. The excessive and deficiency of effective molybdenum, effective boron, effective iron and effective copper coexisted in tobacco plantation soils of Shizhu County, while the soil manganese content was excessive. Attention should be paid to open ditches for drainage to prevent the harm of high level effective Fe and Mn to the root system. The soil chloride and zinc are generally abundant in Shizhu County. In conclusion, in tobacco production in Shizhu County. We should strengthen the soil acidification management, strictly control the amount of nitrogen fertilizer, increase the application of calcium and magnesium fertilizers, consider the spatial differences of nutrient content in different regions when formulating fertilization programs, carry out fine fertilization zoning, balance the application of macro and medium and micro elements, and adjust fertilization programs according to local conditions.

Key words: Shizhu County; tobacco; soil nutrients; current situation; evaluation

烤烟是重庆山区重要经济作物之一,在脱贫攻坚、现代农业发展和乡村振兴中发挥着积极的作用。目前重庆市石柱县烟叶与国际优质烟叶相比还存在一定差距,主要表现在香气质、香气量稍不足;下部叶身份薄,油分稍低;上部叶烟碱含量高,杂气较重等方面,进一步提高烟叶原料品质是当前需首要解决的问题。在相同气候条件下,土壤是对烟叶品质影响最大的环境因子,烟叶品质对土壤养分均衡供应能力的反应十分敏感,适宜的土壤肥力是生产优质烟草和风格形成的基础与前提^[1]。秦松等^[2]建立了土壤养分对烟叶化学成分量化方程式,表明土壤养分与烟叶品质形成有着非常紧密的数量关系。深入了解土壤肥力现状,是改善植烟土壤环境、提高烟叶质量的基础。近年来,为提高烤烟产量,烟农采取不合理的过度施肥和连作种植方式,加剧了植烟土壤养分供给的失衡,造成土壤肥力下降。因此非常有必要对石柱县烟田土壤肥力现状进行全面梳理。过去研究仅有 1 篇文章报道了石柱县 2017 年烟田土壤大量元素氮、磷和钾的养分状况^[3],缺乏石柱县目前烟田大量、中量和微量营养元素的质量分数状况及评价报道。为此,本文定点采集了石柱县种植烤烟区土壤,分析了大、中、微量营养元素的质量分数并予以评价,为制订石柱县烟田合理施肥策略、烟叶优质适产和可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

石柱县是重庆市优质烟叶产区,全县 $29^{\circ}39' \sim 30^{\circ}33'N$, $107^{\circ}59' \sim 108^{\circ}34'E$,属亚热带季风性湿润气候,雨热充沛,以黄壤为主,非常适合烤烟种植。

1.2 土壤样品的采集和制备方法

2021 年 11 月进行石柱县烟田土壤样品采集,按照每个种植单元($6.7 \sim 8 \text{ hm}^2$)采集 1 个土壤样品。具体方法是在种植单元内,选取 5 块集中连片有代表性的烟田进行采样,共确定 130 个点,记录每个采样点经纬度信息(图 1);每个采样点按照“S”形采样方法,设置 15 个分样点进行垂直取耕层 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土样,采

用四分法取样 2 kg 进行室内化验工作; 样品经自然风干研磨过筛后放专用磨口瓶保存并用以后续测定, 将测定结果与 2002, 2012 和 2017 年数据进行纵向对比分析。



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心, 审图号: 渝 S(2020)019 号

图 1 石柱县土壤采样点分布图

1.3 分析方法

土壤 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾质量分数测定参照《土壤农化分析与环境监测》^[4]。土壤 pH 采用土水比 1 : 2.5 的悬浊液电位法测定; 土壤有机质采用重铬酸钾容量-外加加热法测定; 土壤碱解氮采用氢氧化钠碱解扩散法测定; 土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定。参照文献^[5]的方法测定水溶性氯、交换性钙、交换性镁、有效铜、有效钼、有效锰和有效铁质量分数。

1.4 评价标准

结合石柱县植烟区烤烟生产实际和近年来的相关研究结果^[6], 根据《中国植烟土壤及烟草养分综合管

理》^[7], 权衡土壤养分状况与烟叶产、质量, 制订出石柱县植烟土壤 pH 与各养分分级标准(表 1)。

表 1 石柱县植烟区土壤 pH 与各养分分级标准

指标	极低	较低	适宜	较高	极高
土壤 pH	<4.5	[4.5, 5.5)	[5.5, 6.5)	[6.5, 7.0)	≥7.0
有机质/(g·kg ⁻¹)	<10	[10, 20)	[20, 30)	[30, 40)	≥40
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	<65	[65, 100)	[100, 180)	[180, 240)	≥240
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	<10	[10, 20)	[20, 30)	[30, 40)	≥40
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	<80	[80, 150)	[150, 220)	[220, 350)	≥350
交换性钙/(cmol·kg ⁻¹)	<3	[3, 6)	[6, 10)	[10, 18)	≥18
交换性镁/(cmol·kg ⁻¹)	<0.5	[0.5, 1)	[1, 1.6)	[1.6, 3.2)	≥3.2
有效铁/(mg·kg ⁻¹)	<2.5	[2.5, 4.5)	[4.5, 10)	[10, 60)	≥60
有效锰/(mg·kg ⁻¹)	<5	[5, 10)	[10, 20)	[20, 40)	≥40
有效铜/(mg·kg ⁻¹)	<0.2	[0.2, 0.5)	[0.5, 1)	[1, 3)	≥3
有效锌/(mg·kg ⁻¹)	<0.5	[0.5, 1)	[1, 2)	[2, 4)	≥4
有效硼/(mg·kg ⁻¹)	<0.15	[0.15, 0.3)	[0.3, 0.6)	[0.6, 1)	≥1
有效钼/(mg·kg ⁻¹)	<0.1	[0.1, 0.15)	[0.15, 0.2)	[0.2, 0.3)	≥0.3
水溶性氯/(mg·kg ⁻¹)	<5.0	[5.0, 10)	[10, 30)	[30, 40)	≥40

1.5 数据分析

采用 SPSS 25.0, Excel 2016, MapGIS 67, Section 2016 软件对数据进行统计分析制图。

2 结果分析

2.1 石柱县植烟土壤 pH 状况及评价

土壤酸化对土壤营养元素转换、土壤微生物活性、土壤酶活性等方面有着深刻的影响。由表 2 可以看出, 2021 年石柱土壤 pH 均值为 5.93, pH 值在 5.5~7.5 适宜烟草生长的比例占 53.8%。全县没有 pH 值小于 4.5 的烟田, 但 pH 值小于 5.5 的烟田占比仍较大, 为 40.0%; 南宾、马武基地单元分别为 40.7% 和 39.4%, 说明石柱县植烟部分土壤 pH 偏低。为了不影响烤烟对土壤养分有效性、土壤微生物的分布及烤烟的生长及品质的需求, 急需对这部分烟田施用石灰及碱性肥料改良土壤, 以利于烟叶的可持续发展。

表 2 石柱植烟土壤 pH 分布频率

基地单元	样本数	均值	pH 分布频率/%				
			<4.5	[4.5, 5.5)	[5.5, 6.5)	[6.5, 7.0)	≥7.0
南宾	59	5.90a	0.0	40.7	32.2	11.8	15.3
马武	71	5.96a	0.0	39.4	24.0	21.1	15.5
石柱	130	5.93a	0.0	40.0	27.7	16.9	15.4

注: 小写字母相同表示 $p > 0.05$, 差异无统计学意义。

由图 2 可知, 石柱县植烟区 pH 呈酸性的区域主要分布在南宾基地单元, 整体呈斑块状分布。随种植年限的增加, 石柱县植烟土壤 pH 均值在 2002, 2012, 2017 和 2021 年分别为 5.56, 5.35, 5.64 和 5.93。土壤 pH 值的大小总体上呈先降低后升高趋势。2012 年石柱县 pH 均值最低, 2012 年后 pH 值呈逐年升高

趋势,这与近年来石柱县加强了土壤酸化改良有关。

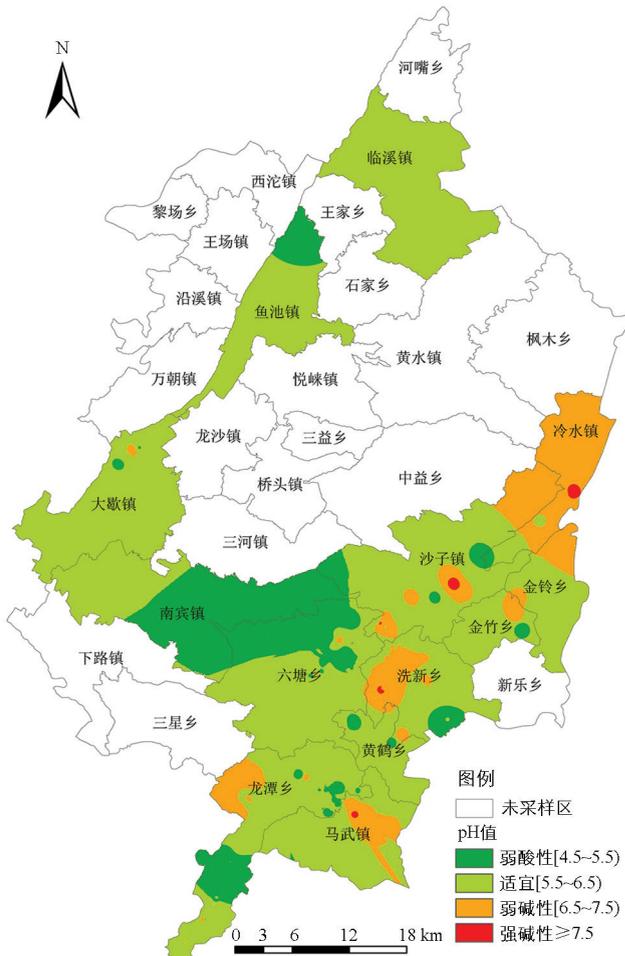
2.2 石柱县植烟土壤有机质状况及评价

由有机质特征值表 3 及分布图 3 可以看出,2021 年石柱县有机质平均质量分数为 25.08 g/kg,有机质大于 20 g/kg 的土壤占 83.9%,南宾、马武也达到了 88.1%,80.2%,有机质质量分数较为适宜,但也有 16.1%的土壤有机质质量分数较低。石柱县植烟土壤有机质平均值在 2002,2012,2017 和 2021 年分别为 24.51,30.20,30.70 和 25.08 g/kg。2017 年有机质质量分数与 2012 年相比差异不明显,但 2021 年有机质质量分数较 2012 年减少了 5.12 个单位,较 2017 年减少了 5.62 个单位,减少明显。

表 3 石柱县植烟土壤有机质质量分数分布频率

基地单元	样本数	均值/ (g · kg ⁻¹)	有机质分布频率/%				
			<10	[10, 20)	[20, 30)	[30, 40)	≥40
南宾	59	25.14a	0.0	11.9	74.6	13.5	0.0
马武	71	25.03a	0.0	19.8	54.9	22.5	2.8
石柱	130	25.08a	0.0	16.1	63.9	18.5	1.5

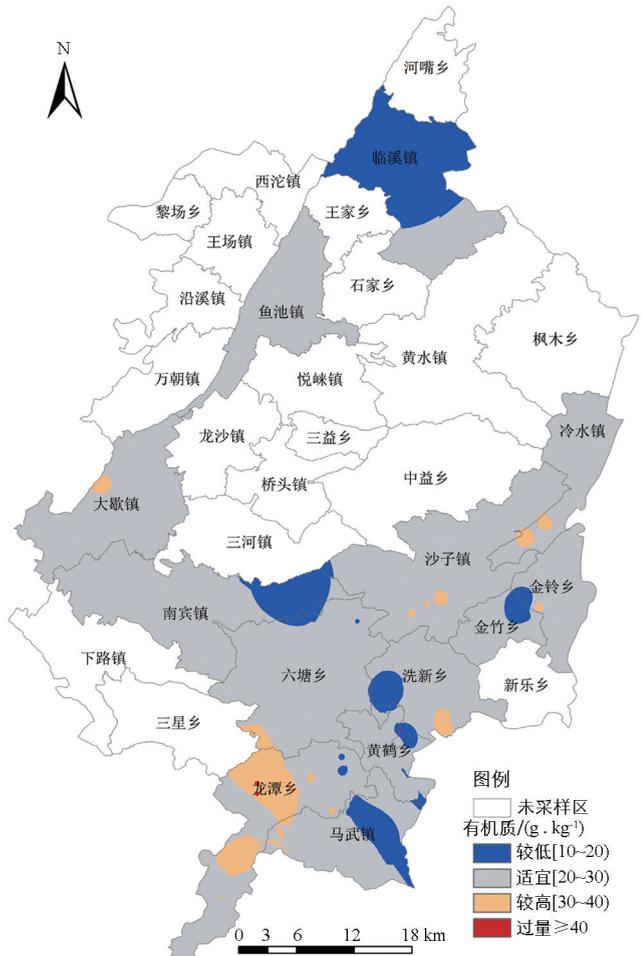
注:小写字母相同表示 $p > 0.05$,差异无统计学意义。



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心,

审图号:渝 S(2020)019 号

图 2 石柱县植烟土壤 pH 分布图



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心,

审图号:渝 S(2020)019 号

图 3 石柱县植烟土壤有机质分布图

2.3 石柱县植烟土壤碱解氮现状及评价

石柱县碱解氮均值为 146.77 mg/kg, 其中小于 100 mg/kg 的土壤占 9.2%, 大部分土壤处在较适宜的范围, 大于 180 mg/kg 的土壤占 20.1%(表 4 和图 4).

表 4 石柱县植烟土壤碱解氮质量分数分布频率

基地单元	样本数	均值/ (mg · kg ⁻¹)	碱解氮分布频率/%				
			<65	[65, 100)	[100, 180)	[180, 240)	≥240
南宾	59	146.24a	0.0	6.8	79.6	13.6	0.0
马武	71	147.50a	2.8	8.4	63.4	25.4	0.0
石柱	130	146.77a	1.5	7.7	70.7	20.1	0.0

注: 小写字母相同表示 $p > 0.05$, 差异无统计学意义.

石柱县植烟土壤碱解氮均值在 2002, 2012, 2017 和 2021 年分别为 40.90, 136.13, 156.35 和 146.77 mg/kg. 与 2002 年相比, 2012 年石柱植烟土壤碱解氮质量分数提高了 2.33 倍, 2017 年碱解氮质量分数在 2012 年的基础上又增加了 14.9%, 绝大多数植烟土壤碱解氮质量分数处于丰富或过剩状态; 尽管 2021 年碱解氮质量分数较 2017 年有所减少, 约减少了 6.1%, 但仍需注意控制氮肥施用量.

2.4 石柱县植烟土壤中碳氮比现状及评价

由表 5 可知, 石柱县植烟土壤中碳氮比均值为 9.13, 全县碳氮比严重偏低, 仅有 1.5% 处于 10~15 之间, 偏低的比例占 98.5%, 应注重土壤有机质质量分数的添加.

表 5 石柱县植烟土壤碳氮比分布频率

基地单元	样本数	均值	碳氮比分布频率/%				
			<8	[8, 10)	[10, 15)	[15, 20)	≥20
南宾	59	9.12a	0.0	98.3	1.7	0.0	0.0
马武	71	8.56a	1.4	97.2	1.4	0.0	0.0
石柱	130	9.13a	0.8	97.7	1.5	0.0	0.0

注: 小写字母相同表示 $p > 0.05$, 差异无统计学意义.

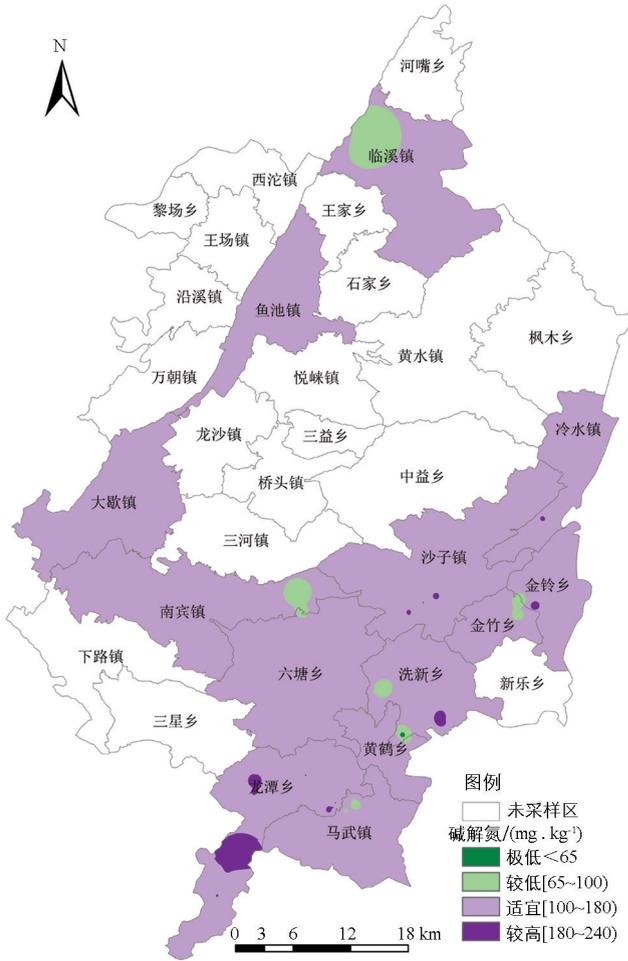
2.5 石柱县植烟土壤有效磷现状及评价

表 6 和图 5 中石柱县植烟土壤有效磷质量分数均值为 86.01 mg/kg, 小于 15 mg/kg 的只有 0.8%, 南宾、马武小于 15 mg/kg 的土壤分别为 0 和 1.4%. 石柱土壤有效磷质量分数大多在极高水平, 表明土壤有效磷质量分数相对丰富, 土壤磷素随种烟年限增加总体呈积累状态. 石柱县植烟土壤有效磷均值在 2002, 2012, 2017 和 2021 年分别为 22.48, 40.62, 108.40 和 86.01 mg/kg.

表 6 石柱县植烟土壤有效磷质量分数分布频率

基地单元	样本数	均值/ (mg · kg ⁻¹)	有效磷分布频率/%				
			<10	[10, 20)	[20, 30)	[30, 40)	≥40
南宾	59	78.48b	0.0	0.0	10.2	5.1	84.7
马武	71	92.27a	1.4	0.0	2.8	2.8	93.0
石柱	130	86.01a	0.8	0.0	6.2	3.9	89.1

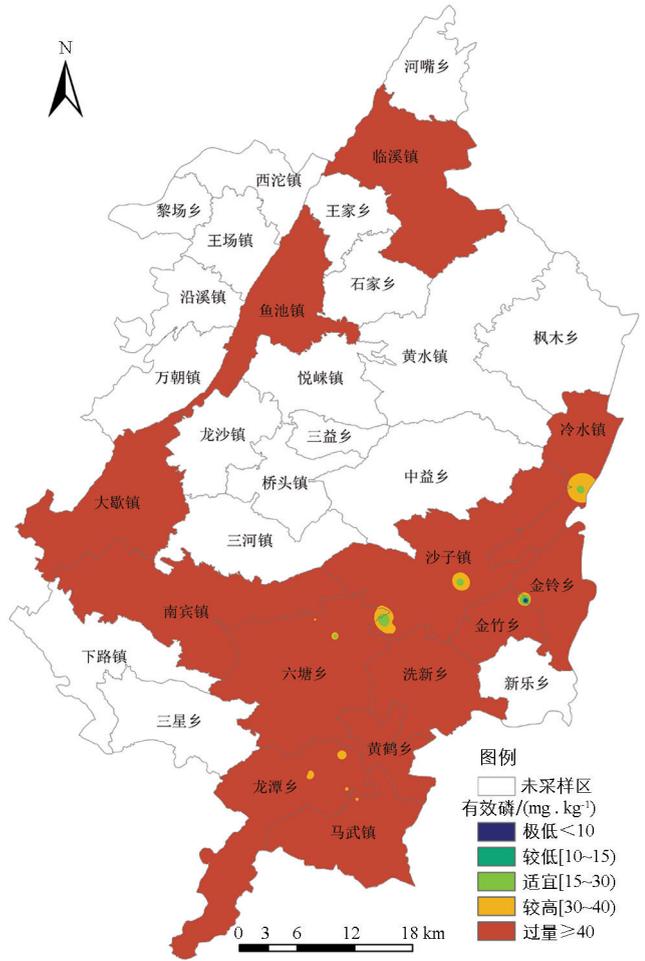
注: 小写字母不同表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义.



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心,

审图号: 渝 S(2020)019 号

图 4 石柱县植烟区土壤碱解氮分布图



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心,

审图号: 渝 S(2020)019 号

图 5 石柱县植烟区土壤有效磷分布图

2.6 石柱区植烟土壤速效钾现状及评价

表 7 和图 6 得出速效钾均值为 431.03 mg/kg, 石柱县植烟土壤速效钾整体呈非常丰富的状态. 若以土壤速效钾质量分数 150 mg/kg 为标准, 则石柱县有 0.8% 的土壤钾质量分数低, 南宾、马武分别有 1.7% 和 0 的土壤钾偏低. 总体而言, 石柱县土壤钾质量分数非常丰富. 石柱县植烟土壤速效钾均值在 2002, 2012, 2017 和 2021 年分别为 148.60, 223.14, 436.25 和 431.03 mg/kg. 与 2002 年相比, 2012 年速效钾质量分数增加了 50.2%; 2017 年与 2012 年相比, 速效钾质量分数显著增加了将近 1 倍; 2021 年的速效钾质量分数与 2017 年接近. 总体来看, 石柱县植烟土壤速效钾质量分数随种植年限的增加而显著增长.

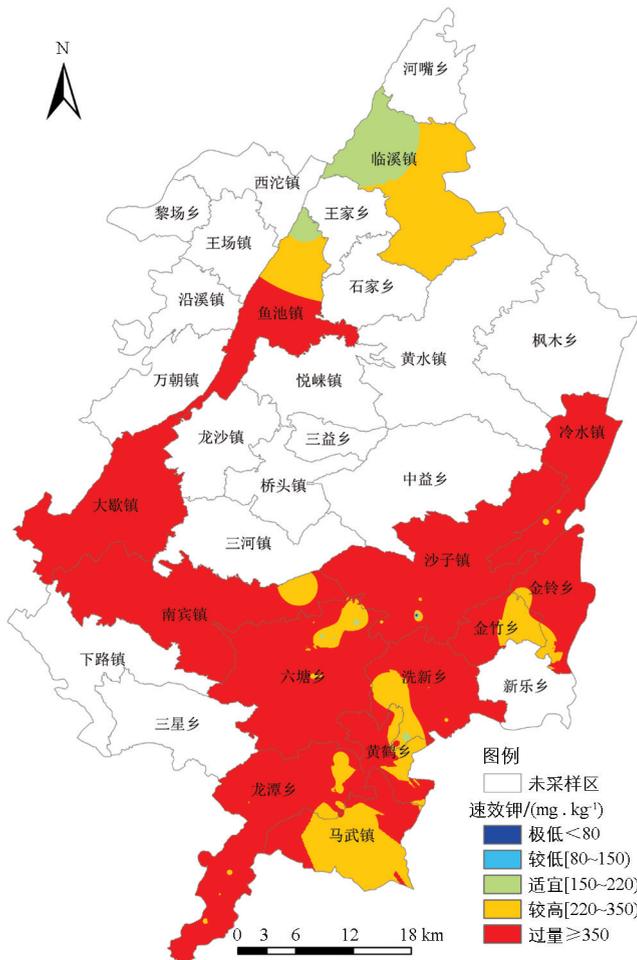
表 7 石柱县植烟土壤速效钾质量分数分布频率

基地单元	样本数	均值/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾分布频率/%				
			<80	[80, 150)	[150, 220)	[220, 350)	≥350
南宾	59	437.51a	0.0	1.7	11.9	17.0	69.5
马武	71	425.65a	0.0	0.0	1.4	36.6	62.0
石柱	130	431.03a	0.0	0.8	6.2	27.7	65.4

注: 小写字母相同表示 $p > 0.05$, 差异无统计学意义.

2.7 石柱县植烟土壤中微量元素现状及评价

表 8 为 2021 年石柱县植烟土壤中微量元素质量分数现状及评价表, 其中交换性钙和交换性镁的平均质量分数较低, 分别为 5.08 cmol/kg, 0.79 cmol/kg. 烟田中钙、镁缺乏的土壤占 70.2% 和 74.8%, 适宜植烟的比例分别为 26.4% 和 19.5%, 钙、镁缺乏的土壤建议施用含钙、镁的土壤改良剂或肥料. 石柱县植烟土壤有效铝和有效硼的质量分数较丰富, 偏低的比例分别为 12.3% 和 5.4%, 适宜的比例分别为 15.4% 和 25.4%, 偏高的比例分别为 72.3% 和 69.2%. 石柱县植烟土壤铁、锰质量分数丰富, 有效铁和有效锰质量分数较高的比例分别为 48.5%, 86.9%, 应注意开沟排水防治土壤有效铁和有效锰过高对根系的危害, 但同时也有 28.4% 的土壤缺铁, 需要引起重视. 石柱县植烟土壤铜、氯、锌总体质量分数差异较大, 铜缺乏较为严重, 其质量分数较低占比为 33.9%, 适宜的比例为 30.0%, 较高的比例为 36.1%; 水溶性氯处于适宜范围的分布为 100.0%; 有效锌质量分数过于丰富, 较高占比为 90.7%, 较低占比仅为 1.5%. 表 9 可以看出, 石柱县大部分烟田土壤阳离子交换量处于中等水平.



底图来源于重庆市地理信息和遥感应用中心,

审图号: 渝 S(2020)019 号

图 6 石柱县植烟土壤速效钾分布图

表 8 石柱县植烟土壤中微量元素质量分数分析表

指标	均值	各指标所在等级的比例/%				
		极低	较低	适宜	较高	过量
交换性钙/(cmol · kg ⁻¹)	5.08	21.8	48.4	26.4	3.4	0.0
交换性镁/(cmol · kg ⁻¹)	0.79	24.1	50.7	19.5	5.7	0.0
有效铝/(mg · kg ⁻¹)	0.26	4.6	7.7	15.4	43.1	29.2
有效硼/(mg · kg ⁻¹)	0.80	0.0	5.4	25.4	43.8	25.4
有效铁/(mg · kg ⁻¹)	33.78	16.9	11.5	23.1	32.3	16.2
有效锰/(mg · kg ⁻¹)	72.53	0.0	0.8	12.3	16.9	70.0
有效铜/(mg · kg ⁻¹)	1.02	3.9	30.0	30.0	34.6	1.5
水溶性氯/(mg · kg ⁻¹)	18.80	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
有效锌/(mg · kg ⁻¹)	6.40	0.0	1.5	7.8	31.5	59.2

表 9 石柱县植烟土壤阳离子交换量(CEC)统计特征

基地单元	样本数	CEC/(cmol·kg ⁻¹)			变异 系数/%	CEC 分布频率/%		
		均值	标准差	变幅		强(≥20)	中[10, 20)	弱(<10)
南宾	59	18.16	3.26	13.50~28.70	17.95	20.34	79.66	0.00
马武	71	16.58	3.17	10.3~23.75	19.15	12.68	87.32	0.00
石柱	130	17.30	3.30	10.30~28.70	19.06	16.15	83.85	0.00

3 讨论

烟草是我国重要的经济作物,其品质(包括香气质和香气量)的形成与土壤养分均衡供应密切相关^[8].研究表明,土壤养分的丰缺状况、供应强度和供应容量直接影响着烟草的产量和品质^[9].杨效家等^[10]通过大样本整合分析得出,土壤中各种营养元素均衡供应,可调节烤烟的生理代谢来维持各化学成分的平衡,从而提高烤烟的内在品质.可见对烟区土壤肥力状况进行评价可为烤烟平衡施肥和烟叶品质提升提供基础的数据支撑.

烟草为茄科忌连作作物,但是石柱县人多地少,烟田常年连作,大部分烟田连作年限超 30 年,这种现状导致目前烟田土壤退化十分严重.石柱县 40.0%的烟田酸化,酸化程度非常严峻.据查宇璇等^[11]报道,一方面,盐基离子(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)的输出远大于输入,每年烟叶和烟秆带走大量的盐基离子,同时石柱县烟区多雨,钙、镁等盐基离子淋失非常严重,而被输入到烟田的盐基离子非常有限,所以土壤水解产生了大量的 H⁺,使土壤胶体表面的盐基阳离子被致酸氢离子所代替,从而发生土壤酸化^[11-12];另一方面,烟田氮肥的不合理施用,经测算,盐基离子总致酸贡献率达到 82.93%,氮的致酸贡献率为 17.07%^[11],这与石柱县实际烟田钙、镁缺乏的土壤占 70.2%和 74.8%非常吻合.土壤阳离子交换量(CEC)是指土壤胶体所能吸附各种阳离子的总量,其质量分数能作为评价土壤保肥能力的指标.重庆市石柱县植烟土壤中有 83.85%的 CEC 质量分数处于中等水平,其植烟土壤保肥供肥能力有待进一步提升.因此,在土壤酸化后补充钙、镁,可以有效改善土壤阳离子交换量,增强土壤的保蓄能力.对于 pH 值小于 5.0 的强酸性土壤施用石灰,同时配合施用 3 t/hm² 有机肥增强土壤对酸性的缓冲,可增加生物肥力.针对 pH 值在 5.0~5.5 之间的弱酸性土壤,建议选择施用 1.2 t/hm² 硅钙钾镁肥,达到即节约改良成本又精准对标.寇智瑞等^[13]报道,连作 5 年以上的烟田,土壤 pH 和烟田细菌的多样性和丰富度均开始降低, pH 是影响土壤细菌组成的关键因子,所以建议改良烟田土壤酸性的同时应注意土壤生物肥力的恢复.石柱县氮素过量烟田占 20.1%,对于这部分烟田要严格控制氮肥的施用,以免引起土壤酸化和烟叶烟碱质量分数升高,从而影响烟叶的品质.

适宜的土壤碳氮比为微生物生长和繁殖提供了能源,石柱县 98.5%的烟田土壤碳氮比偏低.研究表明,土壤碳氮比过高和过低均不利于烤烟的碳氮代谢,随着土壤碳氮比增加,烟叶碳氮代谢酶活性逐渐增加,烤后烟叶总糖和还原糖含量、糖碱比、中性香气成分均有不同程度增加^[14].韦建玉等^[15]采用牛粪、菜籽饼和烟草秸秆等混合发酵成高碳氮比(14.5~26.2)的有机肥,能显著提升黄壤烟田碳氮比、土壤微生物活性和土壤大于 0.25 mm 水稳性团聚体的形成,降低了微团聚体比例,提升了土壤团聚体的机械稳定性,提高了土壤水肥气热供应能力.施用碳氮比为 30 的有机物料,能有效降低土壤容重,增加总碳总氮、土壤微生物量碳,同时能促进烟草根系生长,有助于烟草碳氮代谢,提高烤烟的抗病性和烤烟品质^[16-17].

石柱县有 28.4%的土壤缺铁和 33.9%的土壤缺铜,有效钼和有效硼偏低的比例分别为 12.3%和 5.4%.大部分烟田常年施用大量元素,忽视微量元素施用,造成土壤营养元素的不均衡供应,严重影响烤烟品质.究其原因在于微量元素是烤烟酶、维生素、激素等的重要组成部分,直接或间接参与机体的生理

代谢过程,能够改善烤烟根系形态,促进叶片生长,增强抗病性,提高产量与品质^[18]。土壤中微量元素与烟叶化学成分、致香物质之间显著相关^[19],而且是不同微量元素间协调配合共同影响烤后烟叶品质,比如土壤速效钾、有效镁、有效铜和有效钼共同作用能提高烟叶糖含量,并得出了它们之间的定量关系,表明烟叶品质不是由某一元素决定的^[20]。铁素在烤烟植物体内流动性小,老叶中的铁素不易流动到新叶,如出现嫩叶正片黄化等,缺铁使烤后烟叶叶片结构不够疏松及其他物理性状变差,建议采用叶面喷施 0.1%~0.2%硫酸亚铁溶液,叶面还可喷施 0.02%~0.05%硫酸铜溶液。为了避免毒害,最好加入 0.15%~0.25%的熟石灰,配成波尔多液,既可避免叶面的灼伤,又可以杀菌防病,促进烟草根系更加均匀和健壮,以提高烟叶的香气质和产量^[21]。缺钼植烟区,将复合肥以 150 g/hm² 拌入基肥中,也可以用钼酸铵或钼酸钠配成 0.02%~0.1%的溶液喷施叶面。施钼能够提高中上部烟叶中性和酸性香气成分总量,能提高绝大部分香气成分和香气指数 *B* 值^[22]。多酚类物质是烟叶次生代谢产物之一,对烟叶外观质量、烟气质量和风格起着重要的作用。硼和锌交互可显著提高烟叶硼、锌和多酚类物质质量分数,提升烟叶的感官质量,同时烟叶化学成分可用性指数表现最高^[23]。可以得出,烟叶质量的提高依赖于各种元素的均衡供应,大量元素与微量元素结合,才能促进烟草的正常生长,增加烟叶的香气质和产量,任何一种元素缺乏均不利于优质烟叶的生产。

烟田土壤养分丰缺状况诊断是实现烟草平衡施肥的基础,对于改进施肥技术、提高烟田土壤养分均衡供应,进而促进烤烟生长发育、产量和品质具有十分重要的意义。石柱县植烟土壤养分的丰缺状况呈现出不同程度的空间异质性,因此石柱县烟草专用肥配方和制订施肥方案时要考虑不同区域养分质量分数的空间差异,进行分区施肥,不同区域应根据植烟土壤主要关键养分指标的丰缺状况进行精细化施肥分区,大量和中微量元素平衡施用,因地制宜调整施肥方案。本研究在进行合理准确诊断石柱县土壤养分丰缺状况的基础上,探明了影响烟叶产量与品质的关键土壤障碍因素,通过补短板的“木桶理论”进行平衡施肥,即可解决石柱县工业调拨需求和科学指导烟叶生产实践。

4 结论

1) 石柱县 pH 值小于 5.5 的烟田占比 40.0%,土壤酸化依然严峻,这与目前烟田土壤钙、镁缺乏,氮质量分数丰富是相互对应且关联的。建议施用含钙、镁的土壤改良剂或肥料(如硅钙钾镁肥),在改良土壤酸性的同时,增加土壤钙、镁元素的质量分数,同时严格控制氮肥用量。全县土壤碳氮比偏低,应注重提高土壤有机碳的质量分数。

2) 全县植烟土壤有效磷和速效钾质量分数都非常丰富,适当降低磷肥和钾肥的投入,缓解磷素、钾素的积累状况,注意肥料的施用和选择,提高肥料的利用率。石柱县植烟土壤有效锌和有效氯质量分数较丰富;有效铁、有效硼、有效铜、有效钼质量分数过量 and 缺乏并存,土壤锰过量,应注意开沟排水防治土壤有效铁、有效锰过高对根系的危害。

3) 石柱县植烟土壤养分的丰缺状况呈现出不同程度的空间异质性,因此烟草专用肥配方和制订施肥方案时要考虑不同区域养分质量分数的空间差异,不同区域应根据植烟土壤主要关键养分指标的丰缺状况进行精细化施肥分区,大量和中微量元素平衡施用,因地制宜调整施肥方案。

参考文献:

- [1] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991.
- [2] 秦松, 刘大翠, 刘静, 等. 土壤肥力对烟叶化学成份及品质的影响 [J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 901-905.
- [3] 陈洁菲, 查宇璇, 杨超, 等. 重庆市石柱县烟田土壤肥力演变与施肥区划 [J]. 土壤, 2021, 53(6): 1207-1214.
- [4] 杨剑虹, 王成林, 代亨林. 土壤农化分析与环境监测 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008.

- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 韦建玉, 黄崇峻, 金亚波, 等. 重庆市主要烟区土壤肥力状况综合评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(11): 30-36.
- [7] 陈江华, 刘建利, 李志宏, 等. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [8] 黎妍妍, 许自成, 肖汉乾, 等. 湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(11): 179-183.
- [9] 肖汉乾, 罗建新, 王国宝, 等. 湖南省植烟土壤养分丰缺状况的分析 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2003, 29(2): 150-153.
- [10] 杨效家, 姚彬, 黄成东, 等. 施用中微量元素肥料对烤烟产量与品质影响的整合分析 [J]. 江苏农业科学, 2023, 51(14): 116-123.
- [11] 查宇璇, 冉茂, 周鑫斌. 烟田土壤酸化原因及调控技术研究进展 [J]. 土壤, 2022, 54(2): 211-218.
- [12] 谭智勇, 湛潇雄, 刘杰, 等. 贵州铜仁市植烟土壤 pH 特征及其酸化驱动因子分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(10): 52-57.
- [13] 寇智瑞, 周鑫斌. 不同连作年限黄壤烟田土壤细菌群落的差异 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(3): 511-521.
- [14] 李雪利, 叶协锋, 顾建国, 等. 土壤 C/N 比对烤烟碳氮代谢关键酶活性和烟叶品质影响的研究 [J]. 中国烟草学报, 2011, 17(3): 32-36.
- [15] 韦建玉, 寇智瑞, 金亚波, 等. 烤烟专用有机肥的优选及肥效验证 [J]. 土壤, 2020, 52(3): 464-469.
- [16] 张蕤, 王欢欢, 赵园园, 等. 不同碳源有机物料对植烟土壤碳氮及细菌群落的影响 [J]. 河南农业科学, 2022, 51(3): 84-94.
- [17] 耿明明, 赵建, 贾瑞莲, 等. 烟梗(末)有机肥对烟田土壤养分、病害发生及烟叶产质量的影响 [J]. 烟草科技, 2016, 49(12): 28-34.
- [18] 张素素, 齐英杰, 沈彦辉, 等. 我国中微量元素肥料应用现状与前景分析 [J]. 磷肥与复肥, 2019, 34(1): 34-35, 45.
- [19] 谢强, 史双双, 张永辉, 等. 泸州植烟土壤中微量元素含量与烟叶品质的关系 [J]. 南方农业学报, 2012, 43(2): 200-204.
- [20] 王伟燕, 常乃杰, 胡向丹, 等. 黔西南土壤养分与烤烟糖含量的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(11): 2010-2018.
- [21] 郭燕, 毕庆文, 许自成, 等. 恩施烟区土壤有效铜含量与烤烟铜含量的关系 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(6): 85-91.
- [22] 黄泰松, 张纪利, 金亚波, 等. 施钼对烟草香气成分含量的影响 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 94-95.
- [23] 任志广, 张勇刚, 项波卡, 等. 植烟土壤有效硼、锌及其交互作用对烟叶硼、锌及品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2022(7): 197-205.

责任编辑 周仁惠