

贵州铜仁市植烟土壤 pH 特征及其酸化驱动因子分析

谭智勇¹, 湛潇雄², 刘杰^{3,4}, 李强⁴,
赵辉¹, 白彬¹, 艾永峰³

1. 铜仁学院 经济管理学院, 贵州 铜仁 554300; 2. 贵州财经大学 管理科学与工程学院, 贵阳 550025;
3. 贵州省烟草公司铜仁市公司, 贵州 铜仁 554300; 4. 湖南农业大学 农学院, 长沙 410128

摘要: 采用 GPS 定位技术, 对贵州省铜仁市基本烟田进行土壤取样, 研究了区域植烟土壤 pH 总体特征、空间变异特征及其酸化驱动因子。结果表明: 铜仁市植烟土壤 pH 值变幅为 4.17~8.29, 均值为 6.00, 单从均值看属于适宜水平, 但从样本分布情况来看, 仅有 34.16% 的植烟土壤 pH 处于适宜水平, 42.08% 的植烟土壤 pH 处于低或者极低水平, 铜仁市植烟土壤存在酸化的问题。半方差函数和空间插值的结果反映了铜仁市植烟土壤 pH 的空间变异是由结构性因素和随机性因素共同作用的结果。逐步回归分析结果表明: 碱解氮和交换性氢是铜仁市植烟土壤的主要致酸因子, 盐基饱和度、交换性钙和交换性镁是铜仁市植烟土壤酸化的控制因子, 铜仁市植烟土壤 pH 是多个因子共同作用的结果。因此应根据土壤 pH 区域差异, 适当增加含钙、镁物料的投入, 控制氮肥的使用, 以维持土壤的可持续利用。

关键词: 铜仁市; 植烟土壤; pH; 分布特征

中图分类号: S153.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2021)10-0052-06



Analysis of pH and Acidification-Inducing Factors of the Tobacco-Planting Soil in Tongren City, Guizhou Province

TAN Zhiyong¹, SHEN Xiaoxiong², LIU Jie^{3,4},
LI Qiang⁴, ZHAO Hui¹, BAI Bing¹, AI Yongfeng³

1. College of Economics and Management, Tongren University, Tongren Guizhou 554300, China;
2. College of Management Science and Engineering, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China;
3. Tongren Branch of Guizhou Provincial Tobacco Company, Tongren Guizhou 554300, China;
4. Agricultural College, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China

Abstract: Soil samples were collected from the basic tobacco fields in Tongren City, Guizhou Province, and GPS positioning technology was employed to study the characteristics of pH value of the tobacco-planting

收稿日期: 2020-11-04

基金项目: 贵州省烟草公司科技项目(201908); 贵州省科技厅科技计划项目(黔科合支撑[2020]4Y065); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2019]175); 绿色农药与农业生物工程教育部重点实验室开放基金项目(黔教合 KY 字[2019]036)。

作者简介: 谭智勇, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事烟草科学与工程技术的研发。

soil, and the spatial variation characteristics and driving factors of soil acidification. The results showed that the pH value of tobacco-planting soil in Tongren City ranged from 4.17 to 8.29 with an average of 6.00, which seemed to suggest that the local soil pH was appropriate for tobacco planting, but only 34.16% of the tobacco-planting soil had a pH at the appropriate level, and 42.08% was at a low or very low pH level. Semivariogram and spatial interpolation analyses showed that the spatial variation of pH value of tobacco-planting soil in Tongren City was caused by structural factors and random factors. Stepwise regression analysis showed that alkali hydrolyzable nitrogen and exchangeable hydrogen were the main acidogenic factors of tobacco-planting soil in Tongren City, and base saturation, exchangeable calcium and exchangeable magnesium were the control factors of acidification. The pH value of tobacco-planting soil in Tongren City was the result of the co-action of multiple factors. Therefore, it is recommended that the input of calcium and magnesium materials be increased and the use of nitrogen fertilizers be controlled according to the regional differences of soil pH so as to ensure the sustainable utilization of soil.

Key words: Tongren City; tobacco-planting soil; pH; characteristic of distribution

土壤酸化会引发一系列土壤质量和环境问题^[1-2], 关于耕地土壤 pH 相关的研究较多, 毛伟等^[3]研究了江苏省扬州市耕地土壤 pH 的变化情况, 结果表明, 30 年间扬州市土壤耕地 pH 显著下降, 影响土壤 pH 的主要因素有酸雨、施肥和土地利用类型, 而酸雨和施肥是导致扬州市耕地土壤酸化的主要驱动因子。李强等^[4]研究了云南省曲靖市植烟土壤酸化状况, 结果表明, 曲靖市植烟土壤 pH“低”和“极低”等级样本分别占 14.41% 和 6.98%, 海拔、地形、土壤质地、土壤类型、有机质含量、土壤盐基阳离子和土壤阴离子等均对土壤 pH 有显著影响。彭玉龙等^[5]研究表明, 贵州省遵义市烟区烤烟生长最适宜的土壤 pH 比例不断下降, 偏酸及偏碱区间的土壤比例不断增加, 烤烟生产的酸碱适宜性不断降低。贵州省铜仁市地处 107°45′—109°30′E, 27°7′—29°5′N, 位于贵州省东北部, 与湖南、重庆接壤, 烟叶种植面积 7 333.3 hm², 产量达 13 000 t。有关铜仁市植烟土壤 pH 特征及其酸化驱动因子的研究较少, 本文系统研究了铜仁市植烟土壤 pH 分布状况及其影响因素和酸化驱动因子, 以期对铜仁市植烟土壤酸化改良提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集及分析

土壤采集于 2019 年 11 月, 在贵州省铜仁市 10 个植烟县的主要植烟土壤共取样 202 个(图 1)。取样遵循均匀性和代表性的原则, 取样工具使用木铲, 在田间取样时, 以定点为中心, 在半径 10 m 的圆形区域内多点混合取样, 取样深度 0~20 cm, 用四分法取约 1 kg 土样, 土样经风干、研磨、过筛及混匀后装瓶备用。土壤 pH 测定采用玻璃电极法, 有机质测定采用重铬酸钾-硫酸氧化法, 碱解氮测定采用碱解扩散法, 有效磷测定采用钼锑抗比色法, 交换性酸、交换性氢和交换性铝测定采用氯化钾交换-中和和滴定法, 阳离子交换量测定采用三氯化六氨合钴浸提-分光光度法, 交换性钙、交换性镁、交换性钾和盐基饱和度采用乙酸铵交换-原子吸收法。

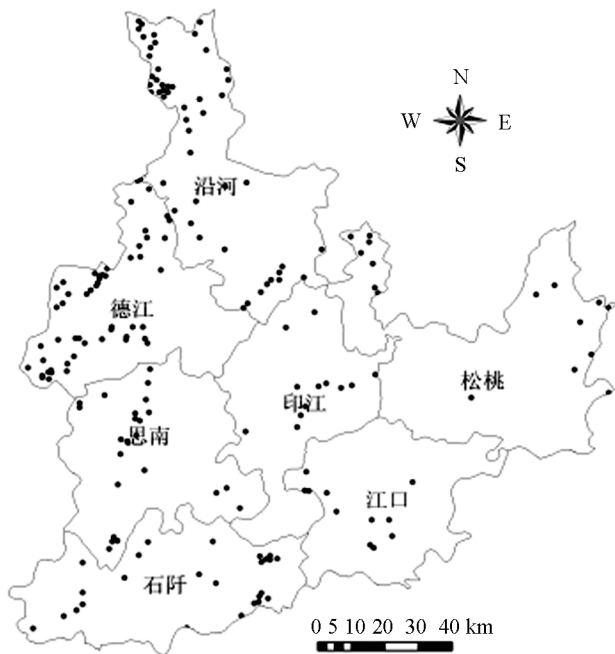


图 1 铜仁市植烟土壤取样点分布

1.2 数据处理与统计方法

制定了铜仁市植烟土壤 pH 值的评价标准^[4,6],具体分为以下 5 个等级(取值范围包含后值):极低(≤ 5.0)、低($5.0\sim 5.5$)、适宜($5.5\sim 7.0$)、高($7.0\sim 7.5$)、极高(> 7.5). 数据处理和常规统计分析用 SPSS 19.0 软件完成, Kriging 插值和绘图用 ArcGIS 10.2 软件完成.

2 结果与分析

2.1 铜仁市植烟土壤 pH 基本统计特征

2.1.1 土壤 pH 总体分布

铜仁市植烟土壤 pH 基本统计特征由表 1 可知:土壤 pH 均值为 6.00,属于适宜水平,变幅为 4.17~8.29,变异系数为 19.00%,属于中等变异,34.16%的植烟土壤 pH 处于适宜水平,42.08%的植烟土壤 pH 处于低或者极低水平,23.76%的植烟土壤 pH 处于高或极高水平.

2.1.2 不同植烟县土壤 pH 分布

不同植烟县土壤 pH 分布由表 1 可知:各县 pH 均值在 5.81~6.51 之间,由大到小依次为石阡、江口、思南、松桃、印江、德江、沿河,均属于适宜水平. 各县变异系数在 14.46%~22.12%之间,由大到小依次为石阡、思南、德江、印江、江口、松桃、沿河,均属于中等变异. 方差分析结果表明,土壤 pH 在植烟县间石阡和江口与其他县差异有统计学意义($p<0.01$),石阡和江口县间差异也有统计学意义($p<0.05$),说明石阡和江口县植烟土壤 pH 极显著高于其他几个县,而石阡县植烟土壤 pH 显著高于江口县. 各植烟县植烟土壤 pH 适宜等级在 20.69%~46.67%之间,由大到小依次为松桃、沿河(江口)、印江、德江、思南、石阡. 各植烟县土壤 pH 处于低和极低水平比例在 22.22%~50.00%之间,由大到小依次为德江、思南、印江、沿河、松桃、石阡、江口.

表 1 贵州铜仁各区县植烟土壤 pH 特征

县名	样本数	变幅	均值± 标准差	变异 系数/%	分布频率/%				
					极低 ≤ 5.0	低 $5.0\sim 5.5$	适宜 $5.5\sim 7.0$	高 $7.0\sim 7.5$	极高 > 7.5
沿河	54	4.58~8.06	5.81±0.84Fg	14.46	9.26	33.33	44.44	5.56	7.41
德江	54	4.36~8.12	5.84±1.12Ef	19.18	31.48	18.52	29.63	7.41	12.96
思南	25	4.42~8.01	6.17±1.30Bc	21.07	28.00	16.00	24.00	4.00	28.00
石阡	29	4.26~8.29	6.51±1.44Aa	22.12	27.59	6.90	20.69	3.45	41.37
印江	16	4.17~7.83	5.86±1.08De	18.43	25.00	18.75	31.25	18.75	6.25
松桃	15	4.25~7.46	5.94±1.02Cd	17.17	20.00	20.00	46.67	13.33	0.00
江口	9	4.93~7.95	6.42±1.18Ab	18.38	11.11	11.11	44.44	0.00	33.34
合计	202	4.17~8.29	6.00±1.14	19.00	22.28	19.80	34.16	6.93	16.83

注: 同列大写字母不同表示 $p<0.01$, 小写字母不同表示 $p<0.05$, 差异有统计学意义.

2.1.3 土壤 pH 空间分布

选取克里金算法中的普通克里金法(Ordinary Kriging)确定铜仁市植烟土壤 pH 的空间分布特征^[7]. 普通克里金法在插值前需对样本数据进行正态分布检验. 经检验,铜仁市植烟土壤 pH 符合正态分布,在此基础上分别用不同模型对土壤主要成分进行拟合,获取其最优半方差函数模型及其相关参数(表 2),标准化均方根误差(RMSE)接近 1 且标准化平均误差(MSE)接近 0,表明选取的模型具有很高的拟合精度,能够很好地反映植烟土壤 pH 的空间结构特征(图 2). 结果显示:植烟土壤 pH 符合球形模型,块金效应为 63.20%,表明具有中等的空间相关性,反映了铜仁市植烟土壤 pH 的空间变异是由结构性因素和随机性因素共同作用的结果. 铜仁市植烟土壤 pH 偏低的区域主要分布在沿河县(中部和北部)、印江县(中部)、思

南县(北部)、德江县(零星分布)、石阡县(零星分布)、松桃县(北部); pH 偏高的区域主要分布在石阡县(东部)和江口县(南部).

表 2 土壤 pH 半方差函数模型及其拟合参数

指标	模型	块金值	偏基台值	基台值	块金效应	MSE	RMSE
pH	球状模型	0.79	0.46	1.25	63.20	−0.004	1.044

2.2 土壤酸化的影响因素

2.2.1 土壤其他养分与 pH 的相关分析

相关性分析结果(表 3)表明: 土壤 pH 与海拔、碱解氮、交换性酸总量、交换性氢、交换性铝呈显著或极显著负相关, 与阳离子交换量、盐基饱和度、交换性钙和交换性镁呈极显著正相关.

表 3 土壤 pH 与土壤其他养分指标的相关分析

	海拔	有机质	碱解氮	有效磷	交换性钾	交换性酸总量	交换性氢	交换性铝	阳离子交换量	盐基饱和度	交换性钙	交换性镁
相关性	−0.375**	−0.093	−0.393**	−0.084	0.046	−0.619**	−0.780**	−0.612**	0.392**	0.793**	0.647**	0.748**

注: * 表示 $p<0.05$, ** 表示 $p<0.01$, 差异有统计学意义.

2.2.2 各因素对土壤 pH 影响效应分析

以与 pH 相关性达显著或极显著水平的海拔、碱解氮、交换性酸总量、交换性氢、交换性铝、阳离子交换量、盐基饱和度、交换性钙、交换性镁等指标为自变量, 以 pH 为因变量进行逐步回归分析, 定量分析各属性对 pH 空间变异的综合解释能力和不同属性对 pH 空间变异的独立解释能力. 各属性对 pH 的逐步回归分析结果见表 4, 土壤盐基饱和度对 pH 空间变异的影响最大, 能够独立解释其变量的 62.7%, 其次是交换性镁、交换性钙、交换性氢、碱解氮对 pH 的累计解释能力达 84.5%. 综上, 土壤 pH 是多个因子共同作用的结果. 结合土壤 pH 与土壤主要养分指标的相关分析可知, 碱解氮和交换性氢是铜仁市植烟土壤的主要致酸因子, 盐基饱和度、交换性钙和交换性镁是铜仁市植烟土壤的控制因子.

表 4 各因素与土壤 pH 的逐步回归分析结果

回归模型	变 量	R^2	校正决定系数	ΔR^2
模型 1	盐基饱和度	0.629	0.627	0.627
模型 2	盐基饱和度和、交换性镁	0.736	0.734	0.107
模型 3	盐基饱和度和、交换性镁、交换性钙	0.808	0.805	0.071
模型 4	盐基饱和度和、交换性镁、交换性钙、交换性氢	0.845	0.842	0.037
模型 6	盐基饱和度和、交换性镁、交换性钙、交换性氢、碱解氮	0.849	0.845	0.003

进一步采用平滑回归的方法探讨盐基饱和度、交换性镁、交换性钙、交换性氢、碱解氮对土壤 pH 的影响(图 3), 结果表明: pH 与盐基饱和度符合三次曲线模型, 曲线拟合度较好, 随着盐基饱和度的增大, pH 总体呈现先快速升高、中间趋于稳定、后快速升高的趋势. pH 与交换性镁、交换性钙符合三次曲线模型, 曲线拟合度较好, 随着交换性镁、交换性钙质量分数的增大, pH 呈现先升高后下降的趋势. pH 与交换性氢符合三次曲线模型, 曲线拟合度较好, 随着交换性氢的增大, pH 总体呈现先急剧下降、

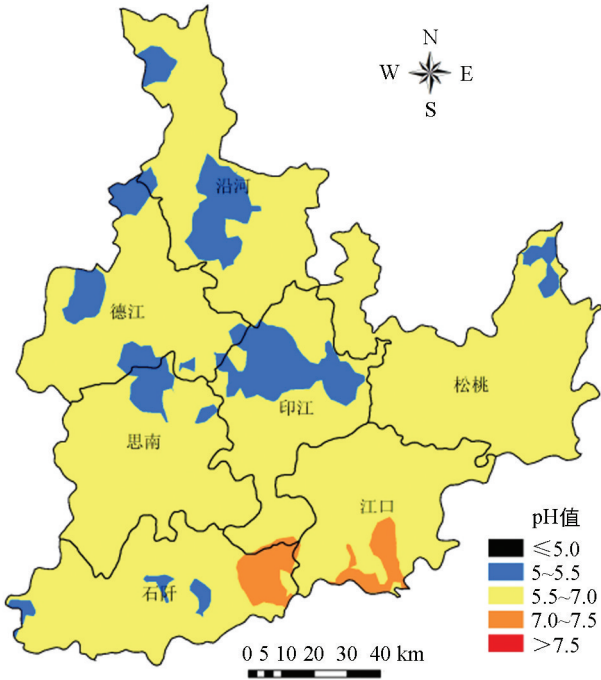


图 2 铜仁市植烟土壤 pH 空间分布

中间趋于稳定,后急剧降低的趋势. pH 与碱解氮符合指数模型,曲线拟合度一般,随着碱解氮的增大,pH 呈现急剧降低的趋势.

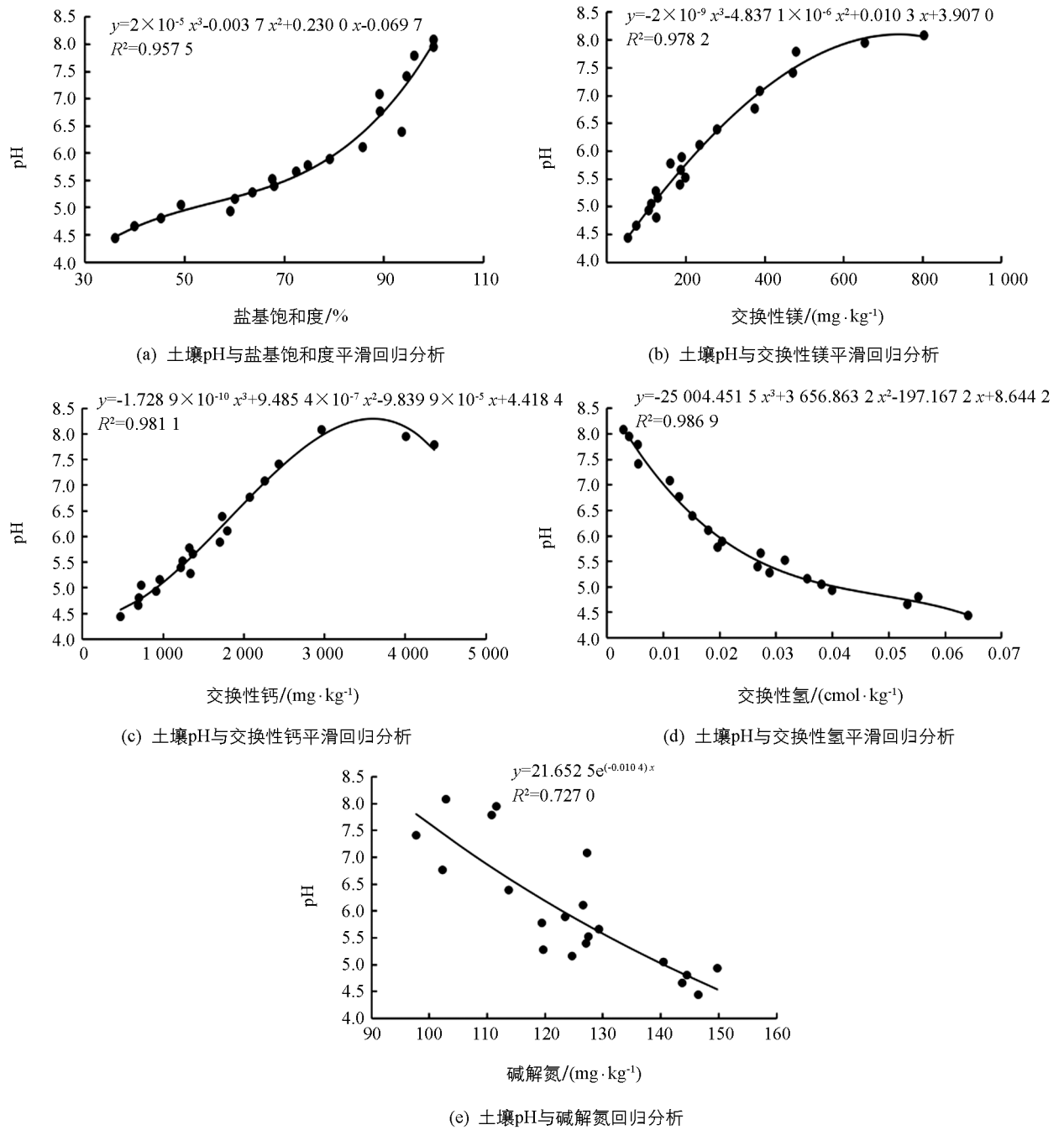


图 3 土壤 pH 与主要影响因素的平滑回归分析

3 讨论

铜仁市植烟土壤 pH 值变幅为 4.17~8.29,均值为 6.00,单从均值看属于适宜水平,但从样本分布情况来看,仅有 34.16%的植烟土壤 pH 处于适宜水平,42.08%的植烟土壤 pH 处于低或者极低水平.与其他烟区类似^[8-12],铜仁市植烟土壤也存在酸化的问题,其区域主要分布在沿河县(中部和北部)、印江县(中部)、思南县(北部)、德江县(零星分布)、石阡县(零星分布)、松桃县(北部).

半方差函数和空间插值的结果反映了铜仁市植烟土壤 pH 的空间变异是由结构性因素和随机性因素共同作用的结果.本文着重研究了与土壤 pH 存在显著相关性的海拔、碱解氮、交换性酸总量、交换性氢、交

换性铝、阳离子交换量、盐基饱和度、交换性钙和交换性镁等影响因素. 逐步回归分析结果表明: 碱解氮和交换性氢是铜仁市植烟土壤的主要致酸因子, 盐基饱和度、交换性钙和交换性镁是铜仁市植烟土壤酸化的控制因子, 铜仁市植烟土壤 pH 是多个因子共同作用的结果.

土壤酸化引发一系列土壤质量和环境问题: 一方面, 土壤酸化加速土壤中养分离子的流失, 土壤结构退化, 使烟叶产量及品质下降, 烟叶安全性降低; 另一方面, 土壤酸化造成土壤微生态失衡, 土壤酸化在不同程度上会影响微生物的种群变化, 从而影响整个土壤微生态系统^[13-16]. 此外, 土壤酸化导致烟草土传病害愈发严重, 对铜仁烟区而言, 主要是烟草青枯病、黑胫病、根腐病等根茎类病害, 威胁烤烟的优质和安全生产, 这一问题应当引起足够重视.

4 结 论

铜仁市 42.08% 的植烟土壤 pH 偏低, 植烟土壤存在酸化的问题. 碱解氮和交换性氢是铜仁市植烟土壤的主要致酸因子, 盐基饱和度、交换性钙和交换性镁是铜仁市植烟土壤酸化的控制因子. 因此应根据土壤 pH 区域差异, 适当增加含钙、镁物料的投入, 控制氮肥的使用, 以维持土壤的可持续利用.

参考文献:

[1] COHEN M J, DUNNE E J, BRULAND G L. Spatial Variability of Soil Properties in Cypress Domes Surrounded by Different Land Uses [J]. Wetlands, 2008, 28(2): 411-422.

[2] 艾永峰, 谭智勇, 刘 杰, 等. 植烟土壤酸化原因及改良措施研究进展 [J]. 农技服务, 2020, 37(12): 55-58.

[3] 毛 伟, 李文西, 高 晖, 等. 扬州市耕地土壤 pH 值 30 年演变及其驱动因子 [J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 883-893.

[4] 李 强, 张芸萍, 解 燕, 等. 曲靖植烟土壤 pH 分布特征及其影响因素研究 [J]. 核农学报, 2020, 34(4): 887-895.

[5] 彭玉龙, 郑梅迎, 刘明宏, 等. 遵义烟田土壤 pH 的空间分布与演变特征 [J]. 中国烟草科学, 2019, 40(3): 47-54.

[6] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[7] 陈文轩, 李 茜, 王 珍, 等. 中国农田土壤重金属空间分布特征及污染评价 [J]. 环境科学, 2020, 41(6): 2822-2833.

[8] DICK A C, MALHI S S, O'SULLIVAN P A, et al. Influence of Interactions of Barley Cultivars with Soil and Fertilizer K, and Soil pH on Grain Yield and Quality [J]. Plant and Soil, 1985, 86(2): 265-271.

[9] 王亚男, 徐梦洁, 代圆凤, 等. 毕节市耕地土壤 pH 的空间变异特征与影响因素 [J]. 土壤, 2018, 50(2): 385-390.

[10] 邓小华, 蔡 兴, 张明发, 等. 喀斯特地区湘西州植烟土壤 pH 分布特征及其影响因素 [J]. 水土保持学报, 2016, 30(6): 308-313.

[11] 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.

[12] 张 璐, 徐 宸, 石孝均, 等. 重庆市南川植烟区土壤养分演变趋势及施肥区划 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(8): 17-25.

[13] 姚梦碟. 土壤 pH 值对黄瓜枯萎病发生的影响 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.

[14] LI B, WANG S C, ZHANG Y, et al. Acid Soil Improvement Enhances Disease Tolerance in Citrus Infected by Candidatus Liberibacter asiaticus [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(10): 3614.

[15] 刘书哲. 设施蔬菜地土壤障碍因子调查与影响因素分析 [D]. 南京: 南京师范大学, 2020.

[16] 吴红森, 林文雄. 药用植物连作障碍研究评述和发展透视 [J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(6): 775-793.

责任编辑 周仁惠